



Vatnsveituhandbók Samorku

Elísabet Pálmadóttir

3.1 Leiðbeiningar um innra eftirlit - GÁMES

Efnisyfirlit:

3.1.1 Inngangur	3
3.1.2 Markmið	5
3.1.3 Stjórnskipulag	6
3.1.3.1 Starfsleyfi. Gildandi reglugerðir	6
3.1.3.2 Skipurit fyrir veituna	6
3.1.3.3 Starfsmenn	6
3.1.3.4 Tengsl mismunandi ábyrgðarsviða	7
3.1.4 Öryggismál	7
3.1.4.1 Öryggis og heilbrigðisstarfssemi	7
3.1.4.2 Upplýsingamiðlun til neytenda	7
3.1.4.3 Tilkynningaáætlun	8
3.1.5 Lög og reglugerðir sem gilda fyrir vatnsveitur	9
3.1.5.1 Staðlar	10
3.1.5.2 Leiðbeiningar	10
3.1.6 Eftirlitsaðilar	10
3.1.7 Ábyrgð varðandi Innra eftirlit	10
3.1.8 Þjálfun	11
3.1.9 Hreinlætisáætlun	11
3.1.10 Skjalastýring	12
3.1.11 Innra eftirlit	13
3.1.11.1 Áhættugreining	13
3.1.11.1.1 Greining áhættustaða og viðkvæmra ferla	13
3.1.11.1.2 Vatnasvæði/tilsigssvæði, vatnsból og inntaksmannvirki	13
3.1.11.1.3 Lagnakerfi og geymar	14
3.1.11.2 Aðalatriði innra eftirlits við afhendingu vatns	14
3.1.11.2.1 Umfang innra eftirlits	14
3.1.11.2.2 Innra eftirlit með vatni í vatnsbóli, vatnsinntaki og vatns-verndarsvæði	15
3.1.11.3 Innra eftirlit með dreifingu vatns	16
3.1.11.3.1 Almenn	16
3.1.11.3.2 Afhendingaröryggi og þrýstingur	16
3.1.11.3.3 Eftirlit með gæðum vatns í dreifikerfinu	16
3.1.11.3.4 Kvartanir, skráning pípurofs og hreinsun á pípum	18
3.1.11.4 Björgunaráætlun	18
3.1.12 Innri úttektir	19
3.1.12.1 Eigið eftirlit með kerfinu	19
3.1.12.2 Ytra eftirlit með kerfinu	19
3.1.13 Frávik	19
3.1.14 Úrbætur	20
3.1.15 Útboð, verktakar og birgjar	21
Viðauki A Dæmi um verklista þegar mengun hefur komist í neysluvatnið	22
Viðauki B Útdráttur úr ferli fyrir daglegt eftirlit með vatnsveitu	22
Viðauki C Dæmi um áhættuþætti við vatnsból og vatnsöflunarsvæði	23
Viðauki D Dæmi um gátlista fyrir eftirlit með vatnsöflunarsvæði	24
Viðauki E Dæmi um samanburð áhættuþætta á vatnsöflunarsvæði sem geta haft mengunarhættu í för með sér	24
Viðauki F Fyrirkomulag og tíðni greininga	25
Viðauki G Dæmi um mælipunkta fyrir gæðaeftirlit í dreifikerfi	27
Viðauki H Dæmi um eyðublað fyrir innri úttektir	28
Viðauki I - Eyðublað fyrir eftirlit og leiðbeiningar um viðbrögð við frávikum	29

3.1.1 Inngangur

Árið 1996 gaf Samorka út heftið Leiðbeiningar um Innra eftirlit og Innra eftirlit Vatnsveitu Sauðárkróks. Heftið var unnið af vinnuhóp á vegum Samorku sem samanstóð af Elísabeti Pálmadóttur, Eiríki Bjarnasyni, Jóhanni Bergmann, Maríu J. Gunnarsdóttur, Páli Pálssyni og Stefáni L. Stefánssyni. Ástæða þess að farið var í þessa vinnu var sú að á árinu 1994 kom til reglugerð um matvælaeftirlit og hollustuhætti við framleiðslu og dreifingu matvæla þar sem öllum sem framleiða og dreifa matvælum var gert skylt að koma á innra eftirlitskerfi til að tryggja gæði, öryggi og hollustu vörunnar, í okkar tilfalli neysluvatnsins. Tekið var mið af ákvæðum reglugerðar um neysluvatn frá 1995 og GAMES við gerð leiðbeininganna.

Leiðbeiningar voru þýddar og staðfærðar úr norskum leiðbeiningum sem gerðar höfðu verið fyrir Vinnuhóp um drykkjarvatn á vegum Norrænu ráðherranefndarinnar. Einnig var stuðst við kröfur reglugerðar um matvælaeftirlit og leiðbeiningar NORVAR (Norsk samtök vatnsveitna) um innra eftirlit.

Takmarkið með innra eftirliti á að vera að tryggja að drykkjarvatn sé ætíð afhent með þeim gæðum og hollustu sem krafist er í lögum og í því magni og með því afhendingaröryggi sem neytendur krefjast. Meta skal alla þá þætti veitunnar sem hafa áhrif á þessa þætti. Leggja skal sérstaka áherslu á viðkvæma staði í veitunni vegna þess að það er mjög þýðingarmikið að veiturnar hafi fyrirfram ákveðnar hugmyndir um hvar búast má við hættum og til hvaða aðgerða skal þá gripið.

Árið 2001 var reglugerð nr. 319/1995 um neysluvatn felld úr gildi með tilkomu nýrrar reglugerðar um neysluvatn nr. 536/2001. Ekki er um neina byltingu á reglum um neysluvatn að ræða en þó eru talsverðar breytingar sem hafa átt sér stað og þá sérstaklega varðandi eftirlit og rannsóknir. Hollustuvernd ríkisins er nú heimilt með ákveðnum takmörkunum og skilyrðum að veita undanþágu frá hámarksgildum í allt að þrjú ár. Fyrirkomulagi eftirlits og rannsókna hefur verið breytt bæði hvað snertir framkvæmdina sjálfa og hvaða efna- og eðlisfræðilegir þættir skuli skoðaðir. Efnafræðilegum þáttum í heildarúttekt hefur verið fækkað mikið, en öllum vatnsveitum sem dreifa vatni til fleiri en 500 íbúa hefur verið gert skylt að láta gera slíka heildarúttekt árlega eða oftár (fjölgar með fjölgandi íbúum) einnig hefur reglubundið eftirliti hjá Vatnsveitum með færri en 5000 íbúa verið minnkað.

Ennfremur kemur fram í reglugerðinni að gæði neysluvatns skuli uppfylla ákvæði reglugerðarinnar fyrir 5. desember 2003 og að fyrstu skýrslu Hollustuverndar ríkisins um ástand neysluvatns í þeim tilgangi að koma upplýsingum á framfæri við neytendur skuli birta árið 2004.

Efni leiðbeininganna hefur verið endurskoðað með tilliti til þessara breytinga.

Fyrir mjög litlar vatnsveitur mætti einfalda eftirlitið nokkuð og taka þá mið af áhersluspjöldum Hollustuverndar ríkisins þar sem byggt er á fimm skrefum fyrir vatnsveitur værum við þá að tala um:

1. Vatnsvernd: skilgreiningu vatnsverndarsvæða og aðgerðir og eftirlit til þess að koma í veg fyrir mengun vatnsbóla (Kafli 3.11.1 og Viðauki C).
2. Fræðsla fyrir starfsfólk (Kafli 3.8).
3. Hreinlætisáætlun (Kafli 3.9).
4. Eftirlit með vatnsgæðum (Kafli 3.11.2 og 3.11.3).
- 5.
6. Viðbrögð við frávikum (Kafli 3.13).

Fyrir þetta einfaldaða eftirlit hafa verið útbúin eyðublöðin 2-5, auk leiðbeininganna sem númeraðar eru 1 og 6.

Skilgreiningar

Innra eftirlit:

Eftirlit á vegum framleiðanda eða dreifanda í þeim tilgangi að tryggja gæði og heilnæmi vörunnar.

Innra eftirlitskerfi - GÁMES:

Kerfisbundið eftirlit sem byggir á greiningu áhættuþátta og mikilvægra eftirlitsstaða.

Markmið innra eftirlits:

Að tryggja að drykkjarvatn sé skilað með þeim gæðum sem yfirvöld krefjast og í því magni og áreiðanleika sem neytendur ætlast til.

Notkun innra eftirlits:

Handbók innra eftirlits lýsir eftirlitskerfinu fyrir vatnsverndarsvæði, borholur/lindir, dælustöðvar, lagnir, geyma, lokahús/brunna og brunahana.

Notkun Handbókarinnar:

- Sem upplýsingabanki við gerð áætlana um úrbætur á innra eftirlitskerfinu og við innri úttekt og eftirlit.
- Í daglegri umsjón með rekstri.
- Sem upplýsingabanki um verklags- og verklýsingar ásamt þjálfun.
- Sem upplýsingabanki við úttektir og eftirlit.

3.1.2 Markmið

Vatnsveitan þarf að setja sér markmið um öflun og dreifingu drykkjarvatns og innra eftirlit með starfsseminni. Hægt er að setja slík markmið fram á eftirfarandi hátt:

- **ætið** skal vera nægjanlegt drykkjarvatn sem fullnægi gæðakröfum með nægjanlegu öryggi.
- **ætið** sé nægjanlegt framboð vatns og það með þeim þrýstingi sem sveitarfélagið gerir kröfur um.
- **að tryggja** nauðsynlegt öryggi og viðbúnað svo að ekki verði rof á afhendingu vatns.
- **að koma** upp og viðhalda kerfi, sem tryggi stöðugt eftirlit með gæðum drykkjarvatnsins.
- **leitast við**, að byggja upp kerfi og vinnuaðferðir er tryggi hagkvæman rekstur veitunnar.
- **koma upp** og viðhalda verklagsreglum sem tryggi að mengandi (hættuleg) efni skaði ekki vinnuumhverfi né mengi umhverfi eða drykkjarvatn.

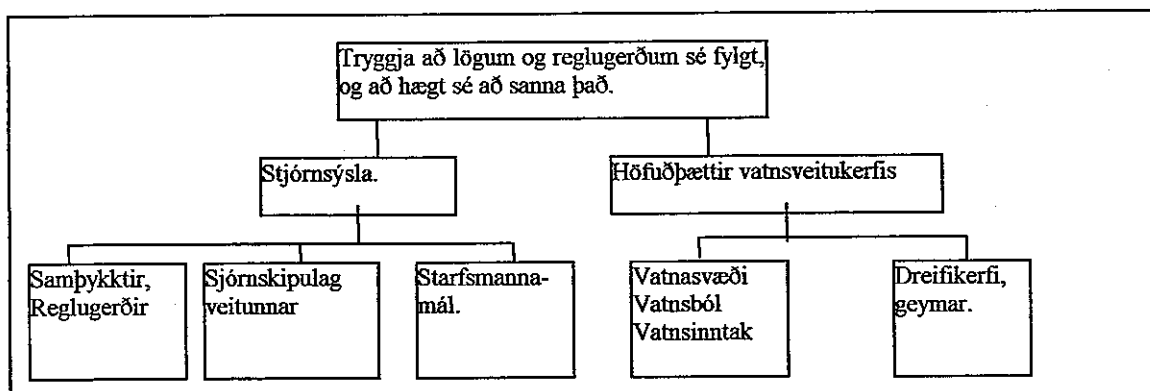
Markmið fyrir rekstur, viðhald, endurnýjun og nýbyggingar getur verið:

- **rekstur**, viðhald, endurnýjun og nýframkvæmdir vegna bygginga og búnaðar skal ætið vera í samræmi við gildandi reglugerðir. Þar skal taka tillit til hvorutveggja, þess sem hæfir afhendingu góðs drykkjarvatns og þess sem kemur starfsfólki veitunnar til góða.

Markmið um vinnuumhverfi getur verið:

- **að tryggja** starfsfólki öruggt og heilsusamlegt vinnuumhverfi.

Á mynd 1 má sjá, hvernig þessir þættir raðast í heild sem grunnur að innra eftirliti.



Mynd 1. Höfuðþættir vatnsveitu sem hafa þýðingu fyrir innra eftirliti.

Leiðbeiningar fyrir innra eftirlit þarf að byggja upp með verklagsreglum, þ.e. skriflegum leiðbeiningum innan hvers höfuðþáttar. Leiðbeiningarnar þarf að auglýsa þar sem viðkomandi verkþáttur fer fram, og dagbækur eiga að vera í stjórnherbergi. Einnig þarf að safna upplýsingum miðlægt.

3.1.3 Stjórnskipulag

3.1.3.1 Starfsleyfi. Gildandi reglugerðir.

Vatnsveitan verður að geta sýnt fram á að hún hafi skjalfest starfsleyfi og að hún afhendi vatn skv. gildandi reglugerðum. Gerð sé skrá um umsóknir um starfsleyfi, vottorð o.þ.h. þannig að ætíð sé yfirsýn yfir hvaða leyfi og vottorð veitan hefur eða hefur ekki. Þessari skrá sé viðhaldið af veitustjórn eftir þörfum. Dæmi um slíka skrá er í Viðauka 2a í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks.

Setja þarf verklagsreglur til að fylgjast með því, að starfsleyfi, vottorð og þ.h. séu í gildi. Skrána þarf að endurskoða reglulega og við eftirtaldar breytingar:

- **breytingar** á starfsleyfi (nýtt starfsleyfi, nýjar umsóknir) rekstrarbreytingar, nýjar reglugerðir (lög, reglur, gæðakröfur).
- **breytingar** á veitunni; ný vatnsból, ný inntaksmannvirki, breytingar á umgengni á vatnasvæði, breyting á meðhöndlun (hreinsun) vatnsins, ný svæði í dreifikerfi.
- **yfirfara** skrána reglulega a.m.k. einu sinni á ári.

Til að auðvelda feril starfsleyfisveitingar er gott að útbúa gátlista yfir þau atriði sem þarf að framkvæma til að koma ferlinu í höfn. Dæmi er sýnt í Viðauka 2b í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks.

3.1.3.2 Skipurit fyrir veituna.

Setja þarf skipurit fyrir veituna þar kemur fram ábyrgðarsvið, boðleiðir o.þ.h. Skipuritið þarf veitustjórn að endurskoða árlega eða eftir þörfum. T.d. við breytingu á starfslýsingum, nýráðningar o.s.frv. Dæmi um skipurit er í Viðauka 2c í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks.

3.1.3.3 Starfsmenn.

Við allar vatnsveitur skal vera a.m.k. einn fastráðinn verkstjóri og einn til vara. Báðir skulu þeir vera hæfir til að gegna starfinu og ef nauðsyn ber til, skulu þeir sendir á námskeið fyrir verkstjóra.

Hver einstakur starfsmaður skal fá upplýsingar um verksvið, ábyrgðarsvið, umboð, endurmenntun og þjálfun og allar verklagsreglur við framkvæmd innra eftirlits. Verk- og

ábyrgðarsvið endurskoðist árlega, eða eftir þörfum. Hvert nýtt stig endurmenntunar skal skráð. Dæmi um þjálfunareyðublað er í Viðauka 1a í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks.

Gera skal starfslýsingu fyrir hvert starf þar sem fram komi ábyrgðarsvið, staða í kerfinu, verksvið og hæfniskröfur. Þar skal vitnað til verklagsreglna sem viðkomandi skal fylgja. Að auki skal fylgja lýsing á þeirri menntun og hæfni sem krafist er fyrir hvert verk innan veitunnar ásamt yfirliti yfir hve marga mannmánuði þarf að ætla til hvers verkþáttar, vaktafyrirkomulag, varalið o.þ.h.

Lýsa skal áætlun um endurmenntun og þjálfun tengdri hverjum verkþætti Dæmi um starfslýsingu er í Viðauka 1b í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks og þjálfunaráætlun í Viðauka 1c.

3.1.3.4 Tengsl mismunandi ábyrgðarsviða.

Vatnsveita ber aðeins ábyrgð á vatninu *frá* veitunni, vatnsbólum og brunnsvæði en sveitarfélagið ber ábyrgð á vatnasvæðinu (grannsvæði og fjarsvæði). Oft hefur vatnsveitan engin yfirráð yfir ofankomusvæðinu.

Gera þarf skýra grein fyrir ábyrgðarsviði hvers aðila. Þar sem er um að ræða ábyrgðarsvið sem skiptast milli fleiri aðila, þurfa að liggja fyrir greinargóðir samningar sem tryggja góða samvinnu um innra eftirlitið. Sjá Viðauka 2d í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks.

3.1.4 Öryggismál

3.1.4.1 Öryggis og heilbrigðisstarfssemi

Öryggis og heilbrigðisstarfssemi skal vera samkvæmt kröfum laga um aðbúnað, hollustuhætti og öryggi á vinnustöðum.

Í samræmi við lög um aðbúnað, hollustuhætti og öryggi á vinnustöðum nr. 46/1980 og reglur um heilbrigðis- og öryggisstarfssemi innan fyrirtækja nr. 77/1982, skla stofnuð öryggisnefnd í fyrirtækjum með meira en 50 starfsmenn og öryggisverðir skulu tilnefndir í fyrirtækjum með fleiri en 10 starfsmenn. Skýra þarf frá hvernig starfssemi öryggismála er háttáð.

3.1.4.2 Upplýsingamiðlun til neytenda

Neytendum skal gert viðvart ef:

- Upp koma aðstæður sem gætu verið heilsuspillandi á löngum tíma, en þó ekki talið nauðsynlegt að loka fyrir vatnið strax, t.d. ef efni sem safnast í líkamann á löngum tíma fara yfir mörk neysluvatnsreglugerðar (t.d. þungmálmar)
- Óhapp eða mengun verður sem veldur því að vatnið verður illa útlítandi en þó ekki heilsuspillandi.

- Rof verður á lögnum, fram fer hreinsun/skolun á lögnum eða breytingar á tengingum og það veldur því, að vatnið verður litað og gruggugt um tíma.
- Nýtt vatnsból er tengt veitunni.
- Bilun verður í hreinsistöð sem veldur því að vatnið er gallað en ekki ónothæft.
- Breytt er um hreinsunarferil, þannig að neytendur verða varir við breytingar á vatninu:
 - alkalisering/tæringarvörn (annað bragð, græn slikja á hreinlætistækjum)
 - verður hvít- eða brúnleit)
 - klórun (breyting á lykt og bragði)
 - fjarlægja mold/agnir (annað bragð, tært vatn)
 - breyting á sótthreinsiaðferð (breyting á lykt og bragði)

Vatnsveitan kemur upplýsingum til neytenda með auglýsingum. Vatnsveitustjóri ber ábyrgð á að upplýsingum sé komið á framfæri. Í tilkynningum skal koma fram:

- Varúðarreglur (t.d. ekki þvo hvítan þvott)
- Hve lengi ástand varir.
- Stutt lýsing á afleiðingum þess, að fara ekki eftir varúðarreglum.
- Orsök óhapps eða mengunar, sé hún þekkt með vissu.

Sé orsök ný eða breytt vatnshreinsun, tenging nýrra vatnsbóla, tengibreytingar eða annað sem skipulagt er með fyrirvara, þá ber veitunni að undirbúa neytendur fyrir væntanlegar breytingar á eiginleikum vatnsins með því að birta nákvæma lýsingu á fyrirhugaðri framkvæmd, hvers vegna hún er gerð og við hvaða breytingum megi búast, og nefna þá bæði jákvæða og neikvæða þætti.

3.1.4.3 Tilkynningaáætlun

Neytendum skal gert viðvart um breytingar á afhendingu og gæðum vatnsins, eða ef hættu er á að vatn mengist.

Viðvörðunarkerfið er háð því, hversu alvarleg breytingin (hættan) er og hvort um er að ræða skyndihættu eða eitthvað sem veldur langtímaáverkun. Notaðar eru tvær aðferðir:

- Skyndiaðvörðun
- Venjulegar tilkynningar

Sá sem verður var við eða veldur mengun, skal þegar gera viðvart. Heilbrigðisyfirvöld ákveða hvort mengunin eða hættan á mengun, sé svo alvarleg að grípa þurfi til skyndiaðvörðunar, eða hvort venjuleg tilkynning nægi.

Skyndiaðvörðun er notuð þegar:

- Mengun eða brestur í vatnshreinsun verður sem hugsanlega getur valdið því, að drykkjarvatnið yrði heilsuspillandi, t.d. sjúkdómsberar eða eitrefni í svo miklum mæli að grípa þarf til skyndiaðgerða. Þá þarf að fyriskipa suðu á vatninu, eða bann við notkun þess.
- Lokað er fyrir vatnið, t.d. lagnarof, skemmdarverk o.þ.h. Aðvörðunin þarf að berast ekki seinna en samdægurs. Veitan ákveður, í samráði við heilbrigðisyfirvöld hvernig

staðið skuli að verki. Aðferðin fer eftir stærð og umfangi veitunnar t.d. í staðarútværpi og blöðum. Einnig ber að halda blaðamannafund degi síðar. Vatnsveitustjóri er ábyrgur fyrir því, að tilkynning komist til skila.

Í aðvöruninni skal eftirfarandi koma fram:

- Varúðarráðstafanir (t.d sjóða vatnið, ekki nota vatnið)
- Hve lengi ráðstafanirnar vara
- Lýsing á afleiðingum, sé varúðarráðstöfunum ekki fylgt
- Ástæða mengunar eða óhapps ef hún er þekkt.

Dæmi um ábyrgðarsvið og boðleiðir er í Viðauka 2d í Innra eftirlit Vatnsveitu Sauðárkróks og í Viðuka A.

3.1.5 Lög og reglugerðir sem gilda fyrir vatnsveitur

Eftirfarandi tafla sýnir hvaða lög og reglugerðir eiga við um vatnsveitur sérstaklega og hvern/hvað þeim er ætlað að vernda. Ekki eru talin til almenn lög og reglur um rekstur fyrirtækja.

Lög og reglugerðir	Hvern er lögum og/eða reglugerðum ætlað að vernda				
	Neytanda	Vatnsveituna	Mannvirki	Starfsfólk	Umhverfi
Vatnalög nr.15/1923	x	x			x
Lög um vatnsveitur sveitarfélaga nr.81/1991 með síðari breytingum	x	x			
Reglugerð um vatnsveitur sveitarfélaga nr.421/1992 með síðari breytingum	x	x			
Reglugerð um neysluvatn nr. 536/2001	x				
Reglugerð um matvælaeftirlit og hollustuhætti við framleiðslu og dreifingu matvæla. nr. 522/1994 með síðari breytingum	x				
Reglugerð nr. 35/94 um varnir gegn olíumengun frá starfsemi á landi.					x
Reglugerðir um varnir gegn mengun vatns nr. 796/1999, 797/1999 og 804/1999					x
Lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir.	x				x
Reglugerð um rennismæla fyrir kalt vatn. nr. 139/94	x				
Lög um vog, mál og faggildinu. nr. 100/1992	x				
Reglugerð um gildistíma löggildinga nr. 207/1995	x				
Lög og reglugerðir um vinnuvernd.				x	

Þessi lög og reglugerðir þurfa að vera til hjá vatnsveitum og aðgengileg hjá þeim sem á þurfa að halda.

3.1.5.1 Staðlar

Um veitukerfi vatnsveitu gilda ákvæði íslensks staðals eftir því sem við getur átt en norrænir staðlar og ISO staðlar skulu vera leiðbeinandi að öðru leyti. Ákvæði laga um skipulags-, byggingar- og heilbrigðismál gilda einnig eftir því sem við á.

3.1.5.2 Leiðbeiningar

Ýmsar leiðbeiningar eru til. Hér að neðan eru taldar upp þær helstu sem íslensk yfirvöld hafa gefið út.

Leiðbeiningar Hollustuverndar ríkisins um sýnameðferð (vatnssýna).

Leiðbeiningar Vinnueftirlits ríkisins um öryggi, skyldur og ábyrgð og vinnuverndarstarf.

3.1.6 Eftirlitsaðilar

Eftirlitsaðilar með framfylgd laganna eru:

Eftirlitsaðili

Hollustuvernd ríkisins.

Heilbrigðisfulltrúar.

Vinnueftirlit ríkisins.

Lög og/eða reglugerð sem haft er eftirlit með

Reglugerð um neysluvatn

Reglugerð um matvælaeftirlit

Lög og reglugerðir um vinnuvernd

3.1.7 Ábyrgð varðandi Innra eftirlit

Í flestum vatnsveitum er ekki raunhæft að ætla að byggja upp sér stöðugildi fyrir innra eftirlit. Það er því nauðsynlegt að finna lykilmann sem getur tekið að sér hlutverk ábyrgðaraðila í innra eftirlitakerfinu. Auk þess þurfa yfirmenn eða þeir sem þeir ráðstafa til verksins að bera ábyrgð á framkvæmd innra eftirlitsins.

Ábyrgðarmaður eftirlitskerfisins þarf að :

- sjá um að útbúin sé handbók fyrir innra eftirlit,
- undirbúa og framkvæma innri úttektir,
- leiðbeina öðru starfsfólki í tengslum við innra eftirlit,
- sjá til þess að yfirmenn framkvæmi innanhússpjálfun í innra eftirliti,
- sjá til þess að yfirmenn byggi upp innra eftirlitskerfi.

Nauðsynlegt er að fram komi á skipuritum hvaða stað ábyrgðaraðila eftirlitskerfisins er ætlað að hafa í heildarskipulaginu.

Það undirstrikast að stjórnendur vatnsveitunnar bera höfuðábyrgð, en að allir hafi sameiginlega ábyrgð um að fylgja eftirlitskerfinu eftir. Dæmi um hvernig hægt er að hafa fyrirkomulag á daglegu eftirliti er í Viðauka B.

3.1.8 Þjálfun

Vinnuveitandi ber ábyrgð á að öryggisverðir/öryggisnefndarmeðlimir fái nægilega þjálfun.

Setja þarf upp markmið um hvað er nauðsynleg þjálfun fyrir hverja deild. Þar er ekki átt við sérstaka menntun eða skóla, heldur hvaða kunnáttu um verklag og aðferðir þörf er á.

Til að tryggja að markmiðum sé náð, þarf að útbúa áætlun um hvernig kunnáttu er viðhaldið og hvernig staðið er að endurmenntun.

Sérstaklega er mikilvægt að nýir starfsmenn og afleysingafólk fái góða þjálfun í innanhússverklagi og hvernig staðið er að innra eftirliti og öryggismálum.

Til dæmis er hægt að skilja þjálfunarþörf upp í eftirfarandi þrjá þætti og kanna hvernig ástand vatnsveitunnar er hvað varðar kunnáttu í hinum mismunandi þáttum. Í flestum tilfellum þarf að gera einhverjar úrbætur á þjálfunarsviðinu en ef niðurstaðan er að næg kunnáttu sé til staðar um alla þættina er þjálfunin nægilega góð eins og hún er og einungis þörf á að viðhalda kunnáttunni.

Tæknileg	Útboð Ástand dreifikerfisins Gæði vatnsins Mengun og afleiðingar
Stjórnunarleg	Fjárhags og tímaáætlanir Bókhald Mannaforráð Viðskiptavinir
Öryggismál	Öryggis- og umhverfisvinna

3.1.9 Hreinlætisáætlun

Hreinlæti er áhrifaríkasta leiðin til að hindra mengun. Vatnsveitur þurfa að gera skriflegar hreinlætisáætlanir sem feli í sér eftirtalda þætti:

- Umgengnisreglur starfsfólks og gesta.
- Starfsfólk eigi greiðan aðgang að fatageymslum, heitu og köldu rennandi vatni, salernum, handlaugum, einnota pappírspurrkum, fljótandi handsápu og öðrum nauðsynlegum hreinlætisgögnum.
- Meindýravarnir
- Byggingum og búnaði lýst með tilliti til takmörkunar aðgengis
- Tiltektir, hreinsanir, þvott og gerileyðingu
 - a) Húsakynnum sé haldið hreinum og snyrtilegum. Þar sem einhvers konar starfsemi fer fram að staðaldri og þar sem það á við séu gólf þvegin reglulega.

- b) Áhöld og innanstokksmunir, lausir og fastir séu þvegnir eða hreinsaðir á viðeigandi hátt.
 - c) Allsherjar hreingerning eða málun fer fram eftir þörfum.
 - d) Almenn hreinsun á lóðum og lendum fer fram á hverju vori og endranær eftir þörfum.
- Áætlun um hreinsun lagnakerfisins og reglubundna hreinsun og hreinsun tengda viðgerðum og nýlögnum.
- Dæmi um hreinlætisáætlun er í Viðauka 7a í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks.

3.1.10 Skjalastýring

Setja þarf á fót skjalasafn fyrir öll skjöl og gögn vatnsveitunnar. Hvernig skjalasafninu er fyrirkomið er háð atriðum svo sem stærð og umfangi vatnsveitunnar og hversu langt er frá vatnsmeðhöndlunarstöð til bækistöðvar vatnsveitunnar. Gögn sem þarf að vista í skjalasafni eru:

- þær forskriftir og gæðakröfur sem í gildi eru á hverjum tíma,
- lýsing á vatnsveitunni,
- starfsleyfi og önnur leyfi og vottorð, leyfisumsóknir,
- skipurit,
- yfirlitskort yfir vatnsveituna,
- flæðirit yfir vatnsmeðhöndlunarstöð,
- kort yfir lagnakerfi veitunnar,
- yfirlitskort yfir vatnsból og ofankomu-/tilsigssvæði,
- hvaða takmarkanir gilda um umgengni/umferð á vatnsverndarsvæðum,
- skjöl er varða kaup eða viðgerðir á búnaði,
- skjöl er varða vatnsmeðhöndlunarefni: HUÖ- skjöl (heilsa-umhverfi-öryggi), skjöl er varða móttöku efna,
- rekstrarlýsingar, handbækur fyrir mælitæki og símæla,
- verklagsreglur fyrir greiningar,
- verklagslýsing fyrir innra eftirlit,
- viðvörunar og hættumörk fyrir gæðapætti,
- meðhöndlun frávíka, boðleiðir, ábyrgðarskipting,
- allar dagbækur, gátlistar, skráningar og frávikseyðublöð sem snerta vatnsveituna.

Skjöl er varða úttektir/mat og samninga eru geymdir hjá tæknideild sveitarstjórnarinnar. Þetta ræðst þó af stærð vatnsveitunnar.

Það er einnig mikilvægt að viðeigandi efni eins og t.d. kennslubækur, leiðbeiningar, ársskýrslur osfrv. sé vistað þannig að aðgengi sé gott fyrir starfsmenn vatnsveitunnar.

Undirgögn fyrir innra eftirlit eins og áhættugreiningu og björgunaráætlun þarf einnig að vista þannig að aðgengi sé gott og hægt sé að nýta sér þau gögn t.d. í tengslum við áætlanagerð, fyrir viðhald eða nýframkvæmdir.

3.1.11 Innra eftirlit

3.1.11.1 Áhættugreining

Í reglugerð um matvælaeftirlit kemur fram að vatnsveitur eigi að koma á Innra eftirliti með því að taka mið af Gámes eftirlitskerfinu. Gámes eftirlitskerfið felur í sér gerð flæðirita auk markvissra áhættugreininga og ákvörðun mikilvægra eftirlitsstaða. Áhættugreiningin er framkvæmd með því að finna alla áhættuþætti í ferli framleiðslu og dreifingar. Byggt er á upplýsingum úr flæðiritum, aðstæðum, vinnuaðferðum og þekkingu á örveru og efnafærði. Jafnframt eru ákvarðaðar fyrirbyggjandi aðgerðir og skýrt frá þeim forvörnum sem eru til staðar.

Ef áhættuþættirnir hafa þungt vægi eru eftirlitsaðgerðir ákvarðaðar, viðmiðunarmörk tilgreind og úrbætur ákveðnar. Í lýsingunni hér á eftir er stiklað á stóru í sambandi við hvaða gögn þurfa að vera til og hvað þarf að hafa í huga við gerð áhættugreiningar. Í viðauka 3g í innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks er sýnd áhættugreining.

3.1.11.1.1 Greining áhættustaða og viðkvæmra ferla

Áður en gerð er forskrift fyrir innra eftirlit þarf að fara fram greining á hverjir áhættustaðir geta verið. Til að geta fylgt verklagsreglum innra eftirlitsins, þurfa allir viðkomandi að fá yfirlit yfir þá staði á veitunni, þar sem ætla mætti að gætu orðið óhöpp, mengun o.þ.h. Til þessa er yfirlitskort af veitunni nauðsynlegt hjálpartæki og smám saman er hægt að skilgreina fleiri áhættustaði.

Yfirlitskortið er haft uppi við á viðeigandi stöðum. Á kortinu eiga að sjást upplýsingar um vatnsból, inntaksmannvirki, aðalæðar og dreifisvæði. Þessum upplýsingum er gjarnan safnað þegar sótt er um starfsleyfi fyrir veituna, sbr. kröfur heilbrigðisyfirvalda. Í Viðauka 3a í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks er dæmi um yfirlitskort. Kortið er yfirfarið og endurnýjað reglulega eftir þörfum.

Slíkt kort getur verið nægjanlegt fyrir litlar veitur t.d. fyrir veitu með eitt vatnsból og án sérstakrar meðhöndlunar. Fyrir stærri og flóknari veitur, er hentugra að skipta kortunum niður eins og lýst er hér á eftir. Einnig þurfa að vera til afrit í hentugri stærð til að hafa með við skoðun í mörkinni.

3.1.11.1.2 Vatnasvæði/tilsigssvæði, vatnsból og inntaksmannvirki

Vatnasvæði/tilsigssvæði (tilsigssvæði er það svæði sem vatn kemur af í vatnsbólið) Gert er yfirlitskort af vatnsbóli(um) ásamt vatnasvæði (ofankomusvæði) fyrir lindir eða tilsigssvæði fyrir vatnsból (borholur). Eftirtalin atriði þurfa að koma fram: mörk vatnasvæðis, ræktað land, beitiland þar sem áburði er dreift, íbúðarhús, býli og sumarhús. Sé um einhverja starfssemi að ræða sem getur valdið mengun er hún merkt sérstaklega, s.s. íbúðabyggð og fráveitur. Nákvæmari kort, t.d. í mælikvarða 1:5000 eru geymd á heppilegum stað. (Sjá kafla 3.10) Í Viðauka 3b í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks er kort yfir vatnsverndarsvæði. Inntaksmannvirki í stöðuvatni eða uppistöðulón.

Gert er þversnið af vatninu þar sem fram kemur; dýpt á inntaki, staðsetning inntaks, hæsta og lægsta vatnshæð, meðalvatnshæð og eiginleikar botns við inntakssvæðið.

Dýptarkort af vatninu geymist á hentugum stað. (Sjá kafla 3.10).

Inntaksmannvirki í á eða læk.

Gert er þversnið af inntakssvæði og inntaksbrunni og þar komi fram; dýpt á inntaki, staðsetning, hæsta og lægsta vatnshæð og meðalvatnshæð.

Grunnvatn.

Gerð er nákvæm lýsing af brunnum og/eða borholum, t.d. dýpt, þvermál og síun. Sýnt er hvar síun er komið fyrir og hvert er hæsta og lægsta vatnsborð. Sérstaklega eru merktir staðir, þar sem yfirborðsvatn getur komist í vatnsbólíð.

Öll kort eru yfirfarin og leiðreitt árlega. Sérstaklega er mikilvægt, að færa inn alla nýja starfsemi sem getur valdið mengun. Það verður að sjást á kortunum eða öðrum fylgigögnum, hvenar kortið var yfirfarið síðast.

3.1.11.1.3 Lagnakerfi og geymar.

Gert er yfirlitskort af lagnakerfinu, þ.e. inntakslögn, aðalæð og dreifikerfi. Kortið er til sýnis eða geymt á viðeigandi stað. Eftirfarandi upplýsingar skráist og merkist á kortið eða í tölvutækan gagnagrunn.

- lagnastærðir (lengdir og þvermál)
- lagnaefni
- hvenær lögð eða endurnýuð
- svæði með lágum þrýsting
- svæði þar sem klóríblöndun virkar fljótt (< 1/2 klst.)
- svæði þar sem lagnakerfi er lélegt
- svæði þar sem jarðvegur er óstöðugur, skriðuhætta, flóðahætta.
- svæði þar sem hafa verið vandræði vegna frosts í pípum
- svæði þar hefur orðið vart eða má ætla að utanaðkomandi vatn sogist inn í pípurnar
- svæði þar sem kvartað er um lélegt vatn eða þar sem orðið hefur vart við bakteriugróður, útfellingar og/eða tæringarvandamál.
- vatnsgeymar.

Sjá lista yfir kort í Viðauka 3c, 3d og 3e í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks.

3.1.11.2 Aðalatriði innra eftirlits við afhendingu vatns.

3.1.11.2.1 Umfang innra eftirlits.

Innra eftirlitið þarf að ná til allra þátta við öflun og afhendingu drykkjarvatns. Þetta á jafnt við um hráefnið (vatnsból og mengunarhættu á því) og dreifinguna (lagnakerfi og geyma).

Gera verður kerfisbundnar skýrslur um óhöpp og uppákomur. Það er mikilvægt að læra af því, hvernig bæta má innra eftirlitið. Einnig er gott að fylgjast með því sem fyrir kann að koma hjá öðrum vatnsveitum.

3.1.11.2.2 *Innra eftirlit með vatni í vatnsból, vatnsinntaki og vatns-verndarsvæði.*

Gerðar séu verklagsreglur fyrir innra eftirlit, sem taka mið af hvar áhættustaðir eru og hvar hætta sé á óhöppum. Í Viðauka C og D má sjá dæmi um hvar reynslan sýnir að aðgæslu sé þörf við vatnsból, inntak og ofankomusvæði og hvar nauðsynlegt er að hafa reglulegt eftirlit og sýnatöku. Þessi tafla er einungis hugsuð sem grunnur að innra eftirliti, en meta verður fyrir hverja veitu fyrir sig, hvar áhættustaðir eru og setja fram vinnureglur skv. því.

Eftirlit þjónar ýmsum tilgangi:

- finna veikleika í tíma, þannig að komist verði hjá spillingu vatns
- skrá óhöpp og mengun og þar með hindra að það endurtaki sig
- safna upplýsingum sem grunn fyrir nýjar aðgerðir
- greina óheppilega þróun sem hefur gerst á löngum tíma
- skráning aðstæðna fyrir eftirlitsaðila

Tíðni eftirlits með ofankomusvæðinu er háð fjölda mengunarvalda og stærð veitunnar. Einnig verður að skoða tíðnina í samhengi við vatnshreinsunina. Gerðar eru kröfur um tvöfalda hreinlætisvörn gegn mengun drykkjarvatns. Dæmi um slíka vörn er verndun tilsigssvæðis og vatnsbóls ásamt sótthreinsun ef um yfirborðsvatn er að ræða. Fyrir vatn úr lokuðum vatnsbólum felst hin tvöfalda vörn í eiginleikum grunnsins til að filtra vatnið og verndun tilsigssvæðis. Einnig þarf að yfirfara skrá um takmarkanir og verndunaraðgerðir á ofankomu/tilsigssvæðinu og kanna hvort reglur hafi verið brotnar og hvort girðingar og skilti séu í lagi.

Kanna þarf hvort starfsemi á svæðinu, sem ekki er háð takmörkunum, hafi tekið óhagstæðum breytingum, t.d. aukinn mannsöfnuður, húsbílastæði o.þ.h. sjá Viðauka E.

Upplýsingum sé safnað á þann hátt, að auðveldlega megi rekja orsakir mengunar sem kann að verða, og að sjá megi hvort og hvenær eitthvað óvenjulegt hafi gerst. Það er nauðsynlegt að finna ástæðu þess að vatnið í vatnsbólunni mengast, jafnvel þó það hafi e.t.v. ekki bein áhrif á gæði drykkjarvatnsins strax, þannig að öryggið sem felst í tvöföldu vörninni veikist ekki.

Eftirfarandi upplýsingar, sem eru nauðsynlegar fyrir innra eftirlit geymist á aðgengilegum stað.

- eftirlitsreglur fyrir vatnsból og ofankomusvæði
- upplýsingar um gæði vatnsins í vatnsbólunni.
- niðurstöður rannsókna á vatnsbólunni: vatnafræðilegar og vatnajarðfræðilegar upplýsingar (eðlis/efnafræði og veirufræði, þörungavöxstur o.þ.h.)
- skrá yfir verndunaraðgerðir á ofankomu/tilsigssvæði, bæði takmarkanir og raunverulegar aðgerðir.

- niðurstöður venjubundins eftirlits og sérrannsókana á ofankomu/tilsigssvæðinu

Sett séu varúðar- og hættumörk sem eru endurskoðuð reglulega. Varúðar- og hættumörk má skilgreina á eftirfarandi hátt.

- **Varúðarmörk:** Sé farið yfir varúðarmörk þarf að skoða aðstæður og reyna að finna orsök þessa og fjarlægja hana.
- **Hættumörk:** Sé farið yfir hættumörk fara í gang aðgerðir skv. björgunaráætlun (sjá kafla 3.11.4 Björgunaráætlun) t.d. með því að auka hreinsun, nýta varainntak, fyrirskipa suðu á vatni, fjarlægja mengunarvalda.

Hægt er að nota viðeigandi gagnagrunn eða teikna inn á millimetrappír. Gerður er samanburður mánaðar- ársfjórðungs- og árlega. Þessi samanburður þjónar tvennum tilgangi:

1. sýna breytingar á gæðum vatnsins, stigbreytingar til hins verra eða betra í gæðum vatnsins eða árstíðabundnar breytingar.
2. finna skyndilegar breytingar vegna aðgerða eða óhappa á ofankomusvæðinu.

Reglulega þarf að fylgjast með gæðum vatns í borholum og brunnum. Samskonar reglulegt eftirlit þarf að hafa með mælanlegu frárennsli frá mengunarvöldum á vatnsverndarsvæðinu.

3.1.11.3 Innra eftirlit með dreifingu vatns.

3.1.11.3.1 *Almennt*

Gæði og magn þess vatns sem neytandinn fær eru aðalþættir í innra eftirlitinu. Þetta eru einnig þeir þættir, sem erfiðast að fylgjast með vegna þeirra fjölmörgu atriða sem geta haft áhrif á vatnið í leiðslukerfinu frá vatnsbóli til neytanda.

3.1.11.3.2 *Afhendingaröryggi og þrýstingur.*

Þrýstisvæði eru afmörkuð á lagnakortinu. Veitan verður að sjá neytendum fyrir vatni með ákveðnum þrýstingi og afhendingaröryggi, og verður að gera neytendum, sem búa við lágan þrýsting, viðvart. Á þeim svæðum þarf að viðhafa samfelldar þrýstimælingar og leitast skal við að auka þrýsting með tiltækum ráðum, s.s. hæðargeymum, dælum, breytingum á dreifikerfi eða fjölgun aðfærsluæða.

3.1.11.3.3 *Eftirlit með gæðum vatns í dreifikerfinu.*

Eftirtaldir þættir geta haft áhrif á gæði vatns í dreifikerfinu:

1) Bein efnavirkni frá pípuefni.

- kalsíumkarbonat (asbeströr, sementshúðuð járnör og sementsfóðringar) » hærra pH
- járn (járnör) dökkar útfellingar í þvotti

- sink (galvaniseruð járnör og fittings) skýað vatn, vont bragð
- kopar (koparrör) grænleitt vatn, magaveiki
- blý (blöndunartæki, blý í samsetningum): heilsutjón
- kadmium (blöndunartæki): heilsutjón
- kvikasilfur (blöndunartæki): heilsutjón
- lífræn efni (PVC-rör): slæm lykt og bragð, heilsutjón?

2) Áhrif frá efnum sem hafa safnast saman í pípunum með útfellingu, gróðri og tæringu.

- gerlavöxtur (kóligerlar geta einnig verið í pípunum)
- slæm lykt og bragð vegna rotnunar botnfalls
- litur og agnir úr mold
- útfellingar af járn og mangan geta orsakað grugg í vatninu (jafnvel þó vatnið í vatnsbólun sé ekki auðugt af járn og mangan)

3) Áhrif á gæði neysluvatns frá innrenslum af menguðu vatni (holræsa - eða regnvatnslagnir sem liggja í sama skurði, mengun uppistöðulóna)

- sjúkdómar
- gerlamengað vatn
- slæm lykt og slæmt bragð af vatninu
- gruggugt og litað vatn

Vatnsveiturnar þurfa að hafa ákveðnar verklagsreglur um eftirlit með því vatni sem neytendur fá. Á lagnakortið eru innfærðar upplýsingar um lagnakerfið (þvermál, efni í pípum, aldur, vatnshraða) og út frá þeim, er skilgreint eftirlitskerfi fyrir vatnsgæði. Hvaða atriðum fylgst er með, ræðst af tegund lagnakerfis. Í neysluvatnsreglugerð er gefin lágmarkstíðni á eftirliti með ákveðnum fjölda atriða.

Tíðni sýnatöku ræðst af stærð og umfangi veitunnar. Í Viðauka F eru sýndar lágmarkskröfur neysluvatnsreglugerðar um fjölda sýnatöku.

Á atriðalistanum ætti einnig að vera eftirlit með lit eða heildarmagni lífræns kolefnis, TOC. Þar sem eru vandamál vegna útfellinga og tæringar, er kannað magn af járn, mangan, sinki, kopar, blý, kadmium og kvikasilfri.

Sýnatökustaðir eru valdir þannig, að þeir nái yfir svæði með mismunandi efni í pípum. Einnig þarf að ná með jaðargildum, s.s. endalögnum og svæðum þar sem mikið hefur borið á kvörtunum vegna vatnsins, einnig svæðum þar sem hafa verið vandkvæði vegna innstreymis mengaðs vatns. Skoða þarf hæðargeyma með jöfnu millibili. Í Viðauka G er sýnt dæmi um sýnatökustaði.

Sett eru varúðar- og hættumörk. Hættumörk fyrir neysluvatn eiga að vera þau sömu og lágmarkskröfur fyrir málma, pH, grugg og kímtölu (kímtala = heildarfjöldi gerla í sýninu), en samkvæmt eigin kröfum veitunnar um neysluvatn fyrir önnur atriði. Ákveðið magn málma,

þar sem lagnakerfið úr málm, ákveðnar breytingar á sýrustigi (pH), grugg og takmörkuð hækkun kímstölu í vatninu er ásættanlegt. Litur, slæm lykt, slæmt bragð og fjölgun kólí- og hitaþolinna gerla er hinsvegar ekki ásættanleg. Á bls. 2 í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks er sýnt dæmi um samanburð á hættumörkum fyrir neysluvatn ásamt gildandi gæðakröfum fyrir drykkjarvatn.

3.1.11.3.4 Kvartanir, skráning pípurofs og hreinsun á pípum.

Þrátt fyrir reglubundið eftirlit, þá finnast ekki allar bilanir sem upp koma. Gerlamengun t.d. frá innsogi í kerfið, deyr út á skömmum tíma og kemur því ekki fram við reglubundnar mælingar. Þetta getur orðið þrátt fyrir að bakteríurnar valdi sjúkdómsfaraldri. Því er nauðsynlegt, að veitan hafi náði samstarf við yfirlækni heilsugæslu í sveitarfélaginu og að sjálfsgöðu einnig við hinn almenna borgara. Nauðsynlegt er að hafa virkt kerfi til að taka við kvörtunum og afgreiða þær og bregðast við vandamálinu. Meta þarf, hvort kvörtun er meðhöndluð sem frávik (sjá 3.13).

Gott er að merkja kvartanir á lagnakortið. Upplýsingarnar eru metnar reglulega, t.d. ársfjórðungslega, og þá er hægt að skipuleggja langtímaaðgerðir til úrbóta, s.s. endurnýjun lagnakerfis. Hvenar endurnýjun á sér stað er fært á lagnakortið. Þessir möguleikar eru innbyggðir í flesta gagnagrunna. Veitan þarf að gera áætlun um endurnýjun dreifikerfisins, sem endurskoðast á hverju ári. Þessi áætlun þarf að taka mið af áætluðum líftíma pípa og annara þátta í dreifikerfinu.

Rof og viðgerðir eru færð á kortið. Gera þarf áætlun um reglubundna hreinsun og e.t.v. sótthreinsun ásamt viðhaldi á pípum og geymum. Sjá Viðauka 7a í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks. (Til eru ýmsar erlendar leiðbeiningar um hreinsun á geymum og lögnum).

Hægt er að komast hjá kvörtunum með því, að auglýsa rækilega viðgerðir og lokanir og hvaða áhrif þær geta haft á vatnið.

3.1.11.4 Björgunaráætlun.

Allar vatnsveitur skulu hafa neyðaráætlun um, hvernig hindra skuli mengun drykkjarvatns. Í viðauka 11a í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks er dæmi um björgunaráætlun.

Sé grunur um að neytendur geti sýkst af því að neyta vatnsins er farið eftir viðbragðsáætlun fyrir smit í vatni. Hjá veitunni skal vera skrá yfir þá aðila sem hafa þarf samband við, t.d. sjúkrahús og matvælaframleiðendur s.s., fiskvinnsluhús, sláturhús og mjólkurbú. Halda skal æfingu árlega.

3.1.12 Innri úttektir

3.1.12.1 Eigið eftirlit með kerfinu.

Veitan þarf að hafa einn starfsmann, sem er ábyrgur fyrir innra eftirlitskerfinu (sjá kafla 3.7). Helst ætti hann ekki að hafa aðra vinnuskyldu innan veitunnar. Við litlar veitur þar sem ekki er um fullt stöðugildi að ræða, er hægt að nota starfsmann úr öðrum geira sveitarfélagsins.

Gera þarf úttekt á virkni eftirlitskerfisins árlega. Ræða við þá sem vinna eftir kerfinu og sjá hvernig það virkar og hvað mætti betur fara og uppfæra síðan kerfið þannig að það sé ávallt virkt og lýsi hvernig unnið er í veitunni. Sjá dæmi í Viðauka H. Einnig þarf að yfirfara alla þætti innra eftirlitsins, kort dagbókarfærslu, samanburð mæligilda o.s.frv. Sjá kafla 3.15 og dæmi í Viðauka 9a í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks.

3.1.12.2 Ytra eftirlit með kerfinu.

Heilbrigðisyfirvöld skulu árlega yfirfara veitun og gæðakerfi hennar, eftir að veitan sjálf hefur yfirfarið eftirlitskerfið.
[Hér þurfa að koma til skilgreiningar frá Umhverfisstofnun.

3.1.13 Frávik

Búa þarf til verklagsreglu um fráviksmeðhöndlun. Í verklagsreglunni þarf að skilja á milli frávikstegunda:

- utanhússfrávik (frávik sem skulu tilkynnt heilbrigðisyfirvöldum)
- alvarleg innanhússfrávik
- minna alvarleg innanhússfrávik

Fráviksmeðhöndlunin veltur á því hversu alvarlegt frávik er. Ef grunur leikur á að neytendur geti veikst af neyslu vatnsins, skal viðbragðsáætlun (björgunaráætlun) framfylgt, sjá kafla 3.11.4.

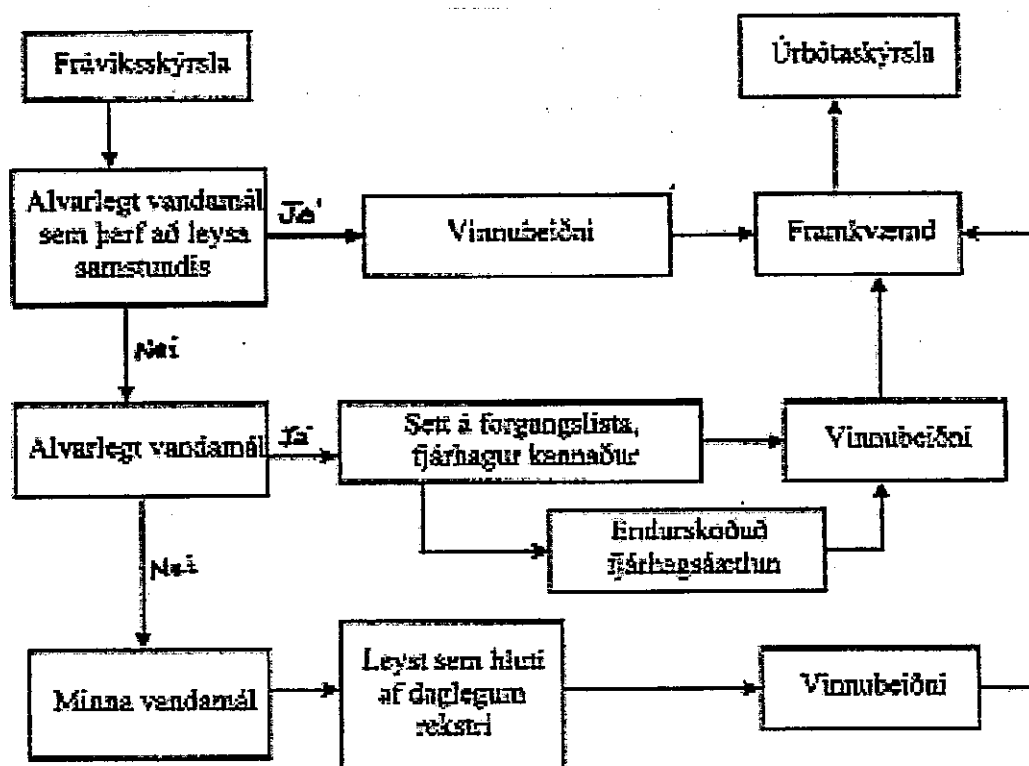
Sá sem uppgötvar minni frávik tilkynnir um þau og sendir fráviksskýrsluna til yfirmanns síns. Slík frávik geta t.d. verið að gildi eðlis- eða efnafræðilegra þátta fari yfir leyfileg mörk þannig að neytendur fái vatn með verri eiginleikum en markmið vatnsveitunnar er að skila frá sér í stuttan tíma t.d. skýað vatn. Dæmi um frávikseyðublað er í Viðauka 9a í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks. Farið er í gegnum áhættuþætti (sjá kafla 3.11) til að finna ástæðu fráviksins og úrbætur eru framkvæmdar. Upplýsingar eru gefnar til neytenda ef þess er þörf. Verklagslýsingu um upplýsingar til neytanda er fylgt. Ábyrgð hvers aðila verður að vera skýr í þessu samhengi. Fráviksskýrslan er síðan notuð til að meta hvort breyta þurfi verklagi. Æfingar þarf að halda reglulega þannig að hverjum og einum sé ljóst hvað hann á að gera þegar óhöpp gerast.

3.1.14 Úrbætur

Við tilkynningu um frávík þarf einnig að koma fram tillaga um úrbætur. Síðan þarf að ákveða úrbætur og framkvæma þær. Úrbætur geta verið ýmiss eðlis það geta verið viðgerðir, breytingar o.s.frv. eða leiðbeiningar, upplýsingar, þjálfun eða breyting á verklagi. Setja þarf upp forgangslista fyrir úrbætur og bera saman við fjárhagsáætlun. Dæmi um bilanaleitareyðublað er í óhappa Viðauka 6b í Innra eftirliti Vatnsveitu Sauðárkróks.

Mynd 2 sýnir hvernig ferill úrbóta er við mismunandi tegundir frávika. Frávíksskýrsla skal alltaf leiða til úrbóta, hvernig ferlið er fer eftir eðli frávíksins og kostnaði við úrbætur eins og sýnt er á mynd 2.

Sameiginlegt fyrir öll frávík er að þau leiða til að út er gefin vinnubeiðni og að hún er framkvæmd, að lokum skal skrifuð skýrsla um að frávíkið sé lagfært og úrbætur framkvæmdar.



Mynd 2 Ferill úrbóta við frávík.

Skýrslugerðir

Mikilvægt er að skýrslur séu unnar þannig að þær drekki ekki viðtakandanum í pappír heldur snúist um að greina frá meginatriðum.

Tillögur um samantektir:

- Rannsóknaniðurstöður frá Heilbrigðisnefnd
- Niðurstöður innri úttekta
- Niðurstöður frá fráviksmeðhöndlun
- Óhöpp og næstum óhöpp
- Slys- og veikindaskráningu
- Rekstrartruflanir
- Sérstök áhersluatriði s.s. lekaleit og önnur átök sem gerð eru.

Ágætt er að taka saman niðurstöður innra eftirlitsins í ársskýrslur þar sem m.a. komi fram:

- innri úttektir, hvernig reynist eftirlitskerfið
- hvernig eru frávik meðhöndluð
- hvort markmiðum sé náð

Ef ástæða þykir til séu gerðar ítarlegri skýrslur.

3.1.15 Útboð, verktakar og birgjar

Þegar gerðar eru kröfur til eigin fyrirtækis þýðir það jafnframt að gera verður ákveðnar kröfur til birgja og verktaka.

Eftirfarandi atriði þurfa að vera ljós:

- Hver hefur leyfi til að sjá um innkaup og fyrir hversu háar upphæðir.
- Hvaða stöðlum er fylgt og hvaða vottorða er krafist af vörum eða þjónustuaðilum.
- Tímaáætlanir.
- Greiðslufrestir og vextir.

Viðauki A Dæmi um verklista þegar mengun hefur komist í neysluvatnið (Skjören, 1995)

3.2 Verklísti þegar mengun hefur komist í neysluvatnið

BOÐ: Skráð er hvenær og hvernig vitneskja um grun um mengun er fengin

ÚRBÆTUR: Haft er samband við heilbrigðisyrivöld til að vega og meta úrbætur.

STERKKLÓRUN (CA 2,5 g/m³) ER EKKI FRAMKVÆMD ÁN MATS HEILBRIGÐISYFIRVALDA.

Forgangsröð þeirra sem boð er gefið til þegar grunur er um mengun neysluvatnsins:

Borgardýralæknir, J. Kristoffersen vs. 69 30 62 55, hs.69 39 01 32

Umhverfisyfirmaður, L. Solum " 6930 61 18, " 69 34 41 08

Annað starfsfólk með kunnáttu á heilbrigðismálum

Rekstrarstjóri Edgar Borgersen (innan hússími)

Yfirverkfræðingur Tormod Skjören (innan hússími)

TILKYNNING:

Sjá tilkynningalista hér að aftan

tilkynna neytendum um sterkklórun eða um nauðsyn þess að sjóða vatnið amk. í 5 min. Tilkynningin er gerð gegnum

Útvarp Fredrikstad	69 31 00 01
NRK (Ríkisútvarpið), Östfold	69 32 25 00
Fredrikstad blað	69 61 90 00
Fredrikstad blað Demokraten	69 31 99 99

MENGUNARUPPSPRETTAN:

Finnið og setjið í gang nauðsynlegar úrbætur eins og t.d klórun á dreifikerfi með klórvagni.

Viðauki B Útdráttur úr ferli fyrir daglegt eftirlit með vatnsveitu (Statens Institutt for Folkehelse, 1986a)

Hluti	Lýsing	Framkvæmt
Sikti	Eftirlit með þrýstifalli yfir sigti	_____
	Skoða sigti og festingar/umhverfi sigtis	_____
	Spúla sigti eftir þörfum	_____
Mótor	Gildir um alla mótora	_____
	Eftirlit með notkunarhitastigi	_____
	Eftirlit með óhljóðum og/eða olíuleikum	_____
Útfjólublá geislun (UV)	Aflestur af geislunarstyrk	_____
	Aflestur annars mælubúnaðar	_____
Alkalisering	Eftirlit með þrýstingi	_____
	Eftirlit með skömmtunarleiðslum (vegna stíflunar)	_____
	Eftirlit með pH mæli, samanburður við borð pH mæli.	_____
	Kvörðun	_____
	Eftirlit með öðrum mælubúnaði	_____
	Eftirlit með vökvahæð osfrv.	_____

Viðauki C Dæmi um áhættuþætti við vatnsból og vatnsöflunarsvæði

	Mikilvægir eftirlitsstaðir	Eftirlit	Forvarnir/fyrirbyggingandi aðgerðir	Urbætur
Vatnsöflunarsvæði	Frárennsli frá iðnaði	Sjónmat á botni og gæðum vatns við frárennsli. Öflun upplýsinga frá viðkomandi fyrirtæki. Mat á lykt	Sýni af frárennsli og mismunandi stöðum vatnsöflunarsvæðis	Hafa samband við fagyrirvöld varðandi sýnatöku- og rannsókná- prógram
	Frárennsli frá bóndabýlum, síló, mykjukjöllurum, dýr á beit	Sjónmat á botni og gæðum vatns við frárennsli. Mat á lykt	Sýni af frárennsli greinist með tilliti til örveruinnihalds, pH, grugg, lit, totalP og totalN	Hafa samband við fagyrirvöld varðandi sýnatöku- og rannsókná- prógram
	Nýframkvæmdir	Eftirlit		Hafa samband við fagyrirvöld
	Skilti um neysluvatn	Eftirlit með ástandi skilta		Ný skilti, jafnvel velja aðra staði fyrir skilti.
	Girðingar	Eftirlit með ástandi girðinga		Viðgerðir
	Fiskveiðar og útilíf	Eftirlit með vinsælum útivistarsvæðum um helgar	Reyna að meta aukningu í fjölda útivistarmanna (telja veiðimenn með föstu millibili)	Hafa samband við fagyrirvöld
	Fuglar og villt dýr		Reyna að meta aukningu í stofnunum (fuglatalningar með föstu millibili)	Hafa samband við fagyrirvöld varðandi sýnatöku- og rannsókná- prógram
	Vatnsból	Aðfærslulækir til aðalvatnsbóls	Sjónmat gæða vatns og botns, mat á lykt	
Vatnsstaða		Sjónmat		
Gæði vatnsins		Sjónmat, lykt og bragð		
Vatnsinntak	Inntaksrist	Köfun, eftirlit með ristinni, aðskotahlutir, fjarlægð milli inntaks og botns		
	Brunnur	Eftirlit með hættu á blöndun yfirborðsvatns í brunninn		
	Inntak í á	Eftirlit með inntakinu, aðskotahlutir, ís osfrv.		

Viðauki D Dæmi um gátlista fyrir eftirlit með vatnsöflunarsvæði

Svæði	Fullnægjandi	Nauðsynlegar úrbætur	Framkvæmt (Undirskrift, dags.)
Inntaksaðstæður	Að hluta	Athuga aðstæður botns	
Frárennsli frá ...	Já		
...			
...			
...			
Girðing umhverfis inntakið	Nei	Viðgerð	

Viðauki E Dæmi um samanburð áhættuþætta á vatnsöflunarsvæði sem geta haft mengunarhættu í för með sér

Áhættuþáttur	1993	1994	1995	1996
Fjöldi fastbúandi	500	600	600	
Fjöldi sumarhúsa	2	2	4	
Fjöldi móta	0	0	0	
Ræktað land (da)	200	200	200	
Bílslys á þjóðvegi 12	1	0	3	
<u>Nýframkvæmdir</u>				
■ golfvöllur við Vestby bóndabæ	0	0	9 holu völlur (upb. 100 manns á hverjum sunnudegi)	
■ ...				
■ ...				
■ ...				

Viðauki F Fyrirkomulag og tíðni greininga (Reglugerð nr 536/2001 um neysluvatn)

Lágmarkstíðni greininga.

ÍBÚAFJÖLDI Á VEITUSVÆÐI (1)	REGLUBUNDIÐ EFTIRLIT FJÖLDI SÝNA Á ÁRI (2), (3) OG (4)	HEILDARÚTTEKT FJÖLDI SÝNA Á ÁRI (2), (4) OG (5)
Færri en 150	1/2 (6)	Ákvörðun heilbrigðisnefndar í samráði við Hollustuvernd ríkisins
151 – 500	1	Ákvörðun heilbrigðisnefndar í samráði við Hollustuvernd ríkisins
501 – 1 000	4	1
1 001 – 5 000	4	1

1. Veitusvæði er landfræðilega afmarkað svæði þar sem neysluvatn kemur úr einu eða fleiri vatnsbólum og þar sem líta má svo á að gæði vatnsins séu hér um bil einsleit.
2. Ef um er að ræða ósamfellda skammtíavatsveitu úr tankbílum, tankvögnum eða tankskipum skal ákveða sýnafjölda/tíðni sérstaklega.
3. Hollustuvernd ríkisins getur heimilað allt að 50% frávik frá lágmarkstíðni greininga sem tilgreind eru í töflu 3 fyrir mismunandi rannsóknþætti í töflu 2 ef:
 - a. mæligildi úr sýnum sem tekin eru a.m.k. í 2 ár í röð eru stöðug og verulega lægri en hámarksgildin;
 - b. ekkert hefur komið í ljós sem líkur benda til að spilli gæðum neysluvatnsins.
4. Sýnatöku skal eftir því sem unnt er dreifa jafnt með tilliti til tíma og staðsetningar.
5. Mæla þarf alla þætti heildarúttektar nema að vatnsveita geti sýnt fram á með niðurstöðum mælinga eða á annan hátt að ólíklegt sé að tiltekinn rannsóknþáttur mælist yfir hámarksgildi.
6. ½ þýðir annað hvert ár, 1/3 þriðja hvert ár, ¼ fjórða hvert ár.

Örverufræðilegir þættir

RANNSÓKNÞÁTTUR	HÁMARKSGILDI	FLOKKUN	ATHUGASEMDIR
Heildargeriafjöldi við 22°C	Engin óeðlileg breyting	C	
Kólígerlar	0/100 ml	C	
Escherichia coli (E. Coli)	0/100 ml	A	
Clostridium perfringens (þ.m.t. gró)	0/100 ml	C	Aðeins fyrir yfirborðsvatn eða ef hættu er á mengun vatnsbóls frá yfirborðsvatni. Ef gildi mælast yfir hámarksgildi skal mæla sjúkdómsvaldandi örverur, s.s. Cryptosporidium

Reglubundið eftirlit – Efna- og eðlisfræðilegir þættir

RANNSÓKNAÐÁTTUR	HÁMARKSGILDI	FLOKKUN	ATHUGASEMDIR
Sýrustig (pH)	6,5 og 9,5	C	Kolsýrulaust átappað vatn má hafa pH niður í 4.5
Litur	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting	C	
Leiðni	2500 $\mu\text{S cm}^{-1}$ við 20°C	C	Vatnið skal ekki vera tærandi
Lykt	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting	C	
Bragð	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting	C	
Grugg	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting	C	

Viðauki G Dæmi um mælipunkta fyrir gæðaeftirlit í dreifikerfi

Yfirlit yfir mælistaði með lýsingu á efni í lögnum sem er í tengslum við vatnið á hverjum stað og mæliprógram fyrir hvern mælistað.

Mælistaður	Lýsing á efni og aldur efnis	Lagt árið:	Lýsing á sýnatökum
Sýnatökustaður			
S1 -S9 Bekkelaget	Steypujárn	?	Símælingar á tæringarhraða
Brunnar			
S2-1	Steypujárn	1965	Símælingar á tæringarhraða
S2-3	"	1960	
S2-4	Sementsfóðrað steypujárn	1983-84	
S2-5	"	1984-85	
Hús			
S3-S1 Texaco	Steypujárn	ca 1955	Tímabil 1 og 2
S3-S4 Rustadgrenda 2	"	?	Tímabil 1,2 og 3
S3-S5 Oberst Rhodes vei	"	1937	Tímabil 1,2 og 3
S3-S7 Frosts vei 7	"	?	Tímabil 1 og 2
S3-S8 Skullerud gård	"	?	Tímabil 1 og 2
S3-S10 Ljabruveien 94	?	?	Tímabil 1,2 og 3
S3-S11 Lanbertseter pumpeastasjon	"	ca 1955	Tímabil 1 og 2
S3-S12 Holmlia senter buss stasjon	Sementsfóðrað steypujárn	1983-84	Tímabil 1,2 og 3
S3-S13 OVA, Kastellhagen	Steypujárn	?	Tímabil 1,2 og 3
S3-S14 OVA, Ljabruveien pumpeastasjon	"	?	Tímabil 1,2 og 3
S3-S15 Lambertstien 1-3	"	ca 1955	Tímabil 1 og 2
S3-S16 Enebakkeveien 309	"	?	Tímabil 1 og 2
Sérstök hús			
S4-1 Holmlia apotek	Sementsfóðrað steypujárn	ca 1983-84	Tímabil 1,2 og 3
S4-2 Felsparveien 29	Steypujárn	ca 1955	Tímabil 1 og 2
S4-3 Langbølgen 1	"	ca 1955	Tímabil 1 og 2
S4-4 Gamlelinja 12c	?	?	Tímabil 1,2 og 3

Viðauki H Dæmi um eyðublað fyrir innri úttektir

Innri úttektin er framkvæmd af gæðastjóra (dags)	Fullnægjandi		Nauðsynlegar breytingar
	Já	Nei	
Vatnsveitan hefur starfsleyfi í samræmi við gildandi reglugerðir			
Tvöföld hreinlætisvörn			
Skipurit sýnir raunverulegt skipulag			
Nægileg og uppfærð útgáfa af skjölum um vatnsból			
Nægileg og uppfærð útgáfa af skjölum um vatnsmeðhöndlun			
Nægileg og uppfærð útgáfa af skjölum um dreifikerfi og geyma			
Veikir punktar rétt skilgreindir			
Efirlit með vatnsgæðum ¹			
Verklag við efirlit ¹			
Tekur rannsóknarstofan sem notuð er þátt í hringtilraunum eða því um líku með nægilega góðum árangri			
Rekstur vatnsveitunnar ¹			
Vatnsmeðhöndlun ¹			
Gæði vatnsins			
Gæði þjónustu (magn/þrýstingur)			
Efirlit með mengun frá vatnsveitunni			
Skjalasafn			
Þjörgunaráætlun fyrir vatnsveituna			
Þjörgunaráæfingar haldnar			
Rétt meðhöndlun frávíka			
Fullnægjandi verklagslýsing um tilkynningar og upplýsingar til neytenda			
Verklagslýsingu um tilkynningar og upplýsingar til neytenda framfylgt			

Ath. Hringtilraun er samanburður á rannsóknarniðurstöðum sýnis hjá mörgum rannsóknarstofum.

¹ Fyrir stærri vatnsveitur þarf að fara nánar í þessa punkta

Viðauki I - Eyðublöð fyrir eftirlit og leiðbeiningar um viðbrögð við frávikum

Flokkun vatns

Hér inn þarf að setja kort sem sýni ástand vatns á veitusvæði vatnsveitunnar jafnskjótt og sveitarstjórn og heilbrigðisnefnd hafa látið útbúa slíkt kort sem koma á fram á skipulagsuppráttum svæðis og aðalskipulags, auk þess að ástand vatns skal sýnt á skýringarupprætti með deiliskipulagi. Auk þess þarf að setja hér kort yfir vatnsból vatnsveitunnar og sýna á því brunnsvæði, grannsvæði og fjarsvæði. Einnig er gott að geyma hér kort yfir dreifikerfi veitunnar.

Eftirlitsáætlun vatnsverndarsvæðis fyrir árið _____

Útbúa þarf reiti fyrir öll vatnsverndarsvæði, 12 fyrir hvert brunnsvæði, 4 fyrir hvert grannsvæði og 1 fyrir hvert fjarsvæði þannig að hægt sé að kvitta fyrir framkvæmd á blaðið. Inn í eftirlitið þarf að taka þekkta þætti sem valda viðkvæmni hvers svæðis

Vatnsverndarsvæði	Flokkur	Eftirlit	Dagsetning og kvittun
	<i>Brunnsvæði</i>	Mánaðarlega athugað að girðing sé heil og í góðu ástandi. Athugað að mannvirki séu heil, hrein og í góðu ástandi. Gengið úr skugga um að ekkert óviðkomandi efni sé á brunnsvæði.	
	<i>Brunnsvæði</i>	Mánaðarlega athugað að girðing sé heil og í góðu ástandi. Athugað að mannvirki séu heil, hrein og í góðu ástandi. Gengið úr skugga um að ekkert óviðkomandi efni sé á brunnsvæði.	
	<i>Grannsvæði</i>	Ársfjórðungslega athugað að mannvirki séu í góðu ástandi. Gengið úr skugga um að ekkert sem spillt geti vatnsbóli sé á grannsvæði. Sérstaklega athugað að dýrahæ og annað sem valdið geti mengun séu fjarlægð.	
	<i>Grannsvæði</i>	Ársfjórðungslega athugað að mannvirki séu í góðu ástandi. Gengið úr skugga um að ekkert sem spillt geti vatnsbóli sé á grannsvæði. Sérstaklega athugað að dýrahæ og annað sem valdið geti mengun séu fjarlægð.	
	<i>Fjarsvæði</i>	Árlega farið um fjarsvæði til að ganga úr skugga um að þar sé ekkert sem spillt geti vatnsbóli. Sérstaklega athugað að dýrahæ og annað sem valdið geti mengun séu fjarlægð.	

Eftirlit með vatnsgæðum árið _____

Eftirlit með vatnsgæðum er háð stærð vatnsveitu. Í þessu eyðublaði er gert ráð fyrir að vatnsveitan þjóni ekki fleiri notendum en 1000 og engin meðhöndlun sé á vatninu, ef einhver meðhöndlun fer fram þarf að taka sérstaklega tillit til þess þegar eftirlit er ákvarðað.

Hreinlætisáætlun tryggir að leiðslur, dælur, geymar og annað sem notað er við vatnsveitu sé þannig viðhaldið að vatnsgæðin spillist ekki, þó er nauðsynlegt að hafa reglubundið eftirlit með vatnsgæðum. Reglubundið eftirlit annað en örverulega þætti geta vatnsveitur hæglega séð um sjálfar með einföldum búnaði, hitamæli, einföldum pH - og leiðnimæli. Sé vatnsveitan með færri en 501 notanda þarf einungis að taka árlega 1 sýni í reglubundnu eftirliti og heildarúttekt er gerð í samráði við heilbrigðisnefnd, séu notendur 501 eða fleiri skal árlegur fjöldi sýna vera 4 í reglubundnu eftirliti og 1 í heildarúttekt.

Sýnatökustaður	1 ársfj. Dags.		2. ársfj. Dags.		3. ársfj. Dags.		4 ársfj. Dags.	
Vatnsból Sýni tekið í heildarúttekt Dags.:	pH		pH		pH		pH	
	leiðni		leiðni		leiðni		leiðni	
	hiti		hiti		hiti		hiti	
	lykt		lykt		lykt		lykt	
	bragð		bragð		bragð		bragð	
	litur		litur		litur		litur	
	grugg		grugg		grugg		grugg	
Sjúkrahús	pH		pH		pH		pH	
	leiðni		leiðni		leiðni		leiðni	
	hiti		hiti		hiti		hiti	
	lykt		lykt		lykt		lykt	
	bragð		bragð		bragð		bragð	
	litur		litur		litur		litur	
	grugg		grugg		grugg		grugg	
Frystihús	pH		pH		pH		pH	
	leiðni		leiðni		leiðni		leiðni	
	hiti		hiti		hiti		hiti	
	lykt		lykt		lykt		lykt	
	bragð		bragð		bragð		bragð	
	litur		litur		litur		litur	
	grugg		grugg		grugg		grugg	
Skóli	pH		pH		pH		pH	
	leiðni		leiðni		leiðni		leiðni	
	hiti		hiti		hiti		hiti	
	lykt		lykt		lykt		lykt	
	bragð		bragð		bragð		bragð	
	litur		litur		litur		litur	
	grugg		grugg		grugg		grugg	

Fræðsla starfsfólks árið _____

Á eyðublaðið eru skráðar upplýsingar um námskeið, kynningar, ráðstefnur og annað sem miðar að því að auka þekkingu starfsmanna á innra eftirliti, vatnsvernd, hreinlæti og þrifum, nýlögnum og viðhaldi eða öðru því sem viðkemur gæðum vatnsins og góðum rekstri vatnsveitunnar

Nafn starfsmanns	Fræðsla	Dagsetning og kvittun

Hreinlætisáætlun

Mikilvægt er að hreinlætisáætlunin taki til þeirra staða sem mikilvægt er að hafa eftirlit með. Vatnsveitan verður því að meta hvaða áhætta er til staðar varðandi mengun t.d. vegna viðhalds, meindýra eða umgengni. Útbúa þarf jafnmargar línur og lokahús, dælubrunnar og tankar eru margir. Línu fyrir viðgerðir og nýlagnir þarf að bæta við eftir þörfum

Staður	Framkvæmd	Dagsetning og kvittun
Lokahús og dælubrunnar	Árlega er þrifið í lokahúsum og dælubrunnum, vélbúnaður og gólf þrifið eins og aðstæður leyfa.	
Tankar	Árlega eru tankar tæmdir, þrífir með háþrýstidælu og kústaðir ef þörf krefur, sótthreinsaðir með klórblöndu og síðan skolaðir með hreinu vatni.	
Dreifikerfi	Lagnir í dreifikerfi eru ekki þrífir nema í tengslum við nýlagnir eða viðgerðir.	
Viðgerðir	Við viðgerðir er lögn þrífur að utan eins og aðstæður leyfa, og sótthreinsuð ef ástæða þykir til. Vandað er til þess að ekki fari óhreyndi inn í dreifikerfið þegar lögn er tekin sundur til viðgerða og dæla notuð ef hætt er við að vatnsagi fari inn í lögnina. Ef ástæða þykir til þarf að sótthreinsa lögnina eftir viðgerð og er það gert í samráði við heilbrigðisfulltrúa og er þá gætt fyllstu varúðar að klórmengað vatn fari ekki til neytenda.	
Nýlagnir	Vandað er til þess að ekki fari óhreyndi inn í dreifikerfið þegar lögn er lögð og dæla notuð ef hætt er við að vatnsagi fari inn í lögnina. Sótthreinsa þarf lögnina eftir að hún hefur verið lögð og er það gert í samráði við heilbrigðisfulltrúa og gætt fyllstu varúðar að klórmengað vatn fari ekki til neytenda.	

Viðbrögð við frávikum

Ef niðurstöður greininga vegna sýnatöku eftirlitsaðila, vegna heildarúttektar eða vegna reglubundins eftirlits, fara yfir hámarksgildi eða aðrar vísbendingar eru um ónóg gæði vatnsafhendingar eru þau tilvik þegar rannsókuð m.a. með bilana- og/eða lekaleit í því skyni að greina orsök þeirra og meta hvort líkur eru á að heilsu manna stafi hættu af.

Verkstjóra ber að upplýsa vatnsveitustjóra ef útlit er fyrir að grípa þurfi til einhverra neðangreindra aðgerða vegna ástands vatnsbóls eða veitukerfis. Vatnsveitustjóri ber ábyrgð á að upplýsa heilbrigðisnefnd um þá hættu sem beinist að neysluvatninu, t.d. ef vatnsverndarsvæði eru ekki nægjanlega vel skilgreind.

Ef niðurstöður greininga vegna eigin eftirlits fara yfir hámarksgildi tilkynnir verkstjóri vatnsveitustjóra og heilbrigðisnefnd það án tafar.

Rannsóknáættilir eru flokkaðir í flokka A, B og C eftir því til hvaða aðgerða ber að grípa ef gildi mælist hærra en hámarksgildi viðkomandi þátta. Mælist gildi yfir hámarksgildi fyrir framangreinda flokka er gripið til eftirfarandi aðgerða

Flokkur A:

Gripið er til nauðsynlegra aðgerða til úrbóta til að endurheimta vatnsgæðin. Dreifingu eða notkun neysluvatnsins er bönnuð, nema eftir nauðsynlegar aðgerðir til verndar heilsu manna. Neytendum eru tafarlaust veittar upplýsingar og ráðgjöf.

Flokkur B:

Gripið er til nauðsynlegra aðgerða til úrbóta til að endurheimta vatnsgæðin. Aðgerðir ráðast af því hve mikið greining er yfir hámarksgildi og þeirri hættu sem heilsu manna er búin. Sé ástæða til að banna dreifingu neysluvatnsins eða takmarka notkun skal það gert með hliðsjón af þeirri hættu sem það kann að skapa. Í slíkum tilvikum er neytendum tafarlaust veittar upplýsingar og nauðsynleg ráðgjöf.

Flokkur C:

Metið er í samvinnu við heilbrigðisnefnd hvort heilsu manna er hættu búin. Gripið er til aðgerða til að endurheimta vatnsgæðin. Neytendum er tilkynnt um aðgerðir nema um óverulegt frávik sé að ræða

Nafn vatnsveitu

Setja mynd og skjaldamerki sveitarfélags/vatnsveitu

Innra eftirlit fyrir minni vatnsveitur

- fimm skref -

Ágúst 2009

Efnisyfirlit:

<u>1. SKILGREINING OG LÝSING Á VATNSVEITU OG VATNSTÖKU.....</u>	4
1.1 VATNSVEITA HÚNAÞINGS VESTRA ----HVAMMSTANGL.....	4
1.2 STARFSLEYFI , SKYLDUR OG GÆÐAMARKMIÐ VATNSVEITUNNAR	4
1.3 FJÖLDI NOTENDA	5
1.4 MATVÆLAFYRIRTÆKI Á VEITUSVÆÐINU.....	5
1.5 VATNSNOTKUN	6
1.6 GERÐ OG FJÖLDI VATNSBÓLA.....	7
1.7 KORT AF VATNSVERNDARSVÆÐI.....	8
1.8 MIÐLUNARGEYMIR OG LOKAHÚS	9
1.9 LAGNIR – GERÐ, STÆRÐ OG LENGÐ	9
1.10 BRUNAHANAR – GERÐ, STÆRÐ OG FJÖLDI	9
1.11 ÁHÆTTUÞÆTTIR Á VATNSVERNDARSVÆÐI OG Í VEITUKERFI	10
LÍKUR OG ALVARLEIKI - SKILGREININGAR.....	10
ÁHÆTTUGREINING.....	10
MAT Á LÍKUM OG ALVARLEIKA ÚT FRÁ ÁHÆTTUGREININGU	12
1.12 UMBÆTUR	12
<u>2 FRÆÐSLA FYRIR STARFSFÓLK.....</u>	13
2.1 STARFSMENN.....	13
2.2 FRÆÐSLA STARFSMANNA.....	13
2.3 HEILSUFARSSKÝRSLUR.....	13
<u>3 HREINLÆTISÁÆTLUN</u>	14
3.1 ÞRIFAÁÆTLUN.....	14
3.2 ALMENNAR UMGENGISREGLUR – GÁTLISTI.....	15
3.3 VERKLAGSREGLUR VIÐ HREINSUN JARÐVEGS	16
3.4 VERKLAGSREGLUR VIÐ HREINSUN Á LOKAHÚSI.....	16
3.5 VERKLAGSREGLUR VIÐ HREINSUN Á TÖNKUM.....	16
3.6 VERKLAGSREGLUR VIÐ HREINSUN LAGNA	17
3.7 VERKLAGSREGLUR VIÐ ÚTSKOLUN Á BRUNAHÖNUM	17
3.8 VERKLAGSREGLUR VIÐ AÐGANG AÐ BRUNAHÖNUM VEGNA VATNSTÖKU.....	17
3.9 LEYFÐ HREINSIEFNI.....	17
<u>4 EFTIRLIT MEÐ GÆÐUM.....</u>	18
4.1 TÍÐNI YTRA EFTIRLITS MEÐ VATNSGÆÐUM	18
4.2 ÁÆTLUN UM REGLULEGT EFTIRLIT MEÐ VATNSTÖKUSVÆÐUM OG VATNSBÓLUM .	18
4.3 REKSTRAREFTIRLIT MEÐ GEYMI OG LOKAHÚSI.....	19
4.4 INNRI ÚTTEKTIR VATNSVEITUNNAR Á INNRA EFTIRLITI.....	19

4.5 YTRI ÚTTEKTIR HEILBRIGÐISEFTIRLITS NORÐURLANDS VESTRA..... 19
5 VIÐBRÖGÐ VIÐ FRÁVIKUM 20

5.1	ÁBYRGÐASKIPTING	20
5.2	VIÐBRAGÐSÁÆTLUN VIÐ NEYÐARTILVIKUM - VERKLAGSREGLUR	20
5.3	VERKLAGSREGLUR VIÐ MEIRIHÁTTAR FRÁVIK	21
	VATNSSKORTUR	21
	MENGUNARSLYS AF VÖLDUM OLÍU EÐA SPILLIEFNA	21
	ÖRVERUMENGUN YFIR MÖRKUM	21
5.4	KVARTANIR	22
5.5	BILANA- OG LEKALEIT	22
Viðauki 1	Lýsing á vatnsveitu - Matvælafyrirtæki með starfsleyfi.....	24
Viðauki 2	Starfsfólk – fræðsla og heilsufar	25
Viðauki 3	Þrif á mannvirkjum vatnsveitunnar	27
Viðauki 4	Efnagreiningar og eftirlit með mannvirkjum vatnsveitunnar	29
Viðauki 5	Frávik, kvartanir og bilanir	33
Viðauki 6	Lög og reglugerðir	35
Viðauki 7	Starfsleyfi	36

Töfluskrá

Tafla 1	Fjöldi notenda	5
Tafla 2	Upplýsingar um rennsli og vatnsnotkun	6
Tafla 3	Gerð og fjöldi vatnsbóla.....	7
Tafla 4	Lýsing á miðlunartanki:	9
Tafla 5	Röragerðir, þvermál, lengd og lagningarár	9
Tafla 6	Brunahanar.....	10
Tafla 7	Áhættugreining fyrir Vatnsveitu ?	11
Tafla 8	Nauðsynlegar umbætur skv. Áhættugreiningu	12
Tafla 9	Þrifaáætlun á mannvirkjum vatnsveitunnar	14
Tafla 10	Skipulag á eftirliti með vatnsverndarsvæði.....	18
Tafla 11	Matvælafyrirtæki á svæðinu sem hafa starfsleyfi -??	24
Tafla 12	Námskeið sem starfsmenn hafa sótt - bæta við.....	25
Tafla 13	Heilsufarsskýrsla	26
Tafla 14	Árlegt þrif á lokahúsi - sjá töflu 9	27
Tafla 15	Þrif á tanki a.m.k. fimm ára fresti - sjá töflu 9	27
Tafla 16	Hreinsun lagna framkvæmd eftir þörfum – sjá töflu 9	27
Tafla 17	Árleg útskolun á brunahönum - sjá töflu 9	27
Tafla 18	Árlegt eftirlit með vatnstökusvæði.....	31
Tafla 19	Mánaðarlegt eftirlit með geymi og dæluhúsi.....	32
Tafla 20	Skráning á frávikum og aðgerðum.....	33
Tafla 21	Kvartanaskráning	33

1. Skilgreining og lýsing á vatnsveitu og vatnstöku

1.1 Vatnsveita ?

Mynd af mannvirkjum vatnsveitu

Mynd 1

Skrifa hér helstu þætti í sögu og framkvæmdum vatnsveitunnar.

1.2 Starfsleyfi , skyldur og gæðamarkmið vatnsveitunnar

Heilbrigðiseftirlit Suðurlands annast reglubundið eftirlit með vatnsveitunni skv. reglugerð um neysluvatn. Lágmarksfjöldi sýna á ári vegna reglubundins eftirlits eru ?. Heildarefnagreining er skv. reglugerð ???. Þar eru greind helstu efni er valdið geta mengun vatnsins.

Tilgreina markmið veitunnar

Dæmi um markmið sem vatnsveita setur sér:

- Hafa ávallt til nægt vatn af bestu gæðum fyrir almenning, heimili, og fyrirtæki, með þeim vatnsþrýstingi sem sveitarfélagið gerir kröfu um.
- Tryggja öryggi og viðbúnað í vatnsafhendingu.
- Við rekstur, viðhald og nýframkvæmdir verði ávallt unnið með viðurkennd efni og fyllsta hreinlætis gætt í samræmi við 10 gr. reglugerðar um neysluvatn .
- Tryggja hagkvæman rekstur vatnsveitunnar.
- Að uppfylla kröfur um afhendingu vatns til brunavarna.
- Tryggja starfsfólki öruggt og heilsusamlegt umhverfi.
- Hvetja notendur til að sóa ekki vatni og fara vel með auðlindina.

Vatnsveitan starfar eftir lögum og reglugerð um vatnsveitur sveitarfélaga, einnig eftir reglugerð um neysluvatn og reglugerð um matvælaeftirlit og hollustuhætti við framleiðslu og dreifingu matvæla. Vatnsveita er skilgreind í lögum sem matvælafyrirtæki og á því að starfrækja innra eftirlit.

Í viðauka 6 er listi yfir helstu lög og reglugerðir sem veitan þarf að uppfylla.

Starfsleyfi vatnsveitunnar er gefið út af Heilbrigðiseftirliti Suðurlands skv. reglugerð. Það er geymt í viðauka 7.

1.3 Fjöldi notenda

Í töflu 1 er skráður fjöldi einstaklinga sem fá vatn frá veitunni. Einnig fjöldi gjaldenda og fjöldi inntaka. Í samræmi við reglugerð um vatnsveitur sveitarfélaga er heimilt að innheimta notkunargjald af annarri notkun en heimilisnotkun. Skráður er fjöldi notenda sem greiðir notkunargjald skv. mæli til annarra nota en heimilisnota. Mannfjöldatölur eru miðað er við 1. des. ár hvert en aðrar tölur við 31. des.

Tafla 1 Fjöldi notenda

Upplýsingar	Árið 2008 Fjöldi	Árið 2009 Fjöldi	Árið 2010 Fjöldi
Íbúar sem fá vatn frá vatnsveitunni			
Gjaldendur			
Inntök			
Notkunargjaldsmælar			

1.4 Matvælafyrirtæki á veitusvæðinu

Matvælafyrirtæki eru skráð og flokkuð samkvæmt íslensku atvinnugreinaflokkuninni ISAT. Sjá nánar um flokkun á vefsíðunni: www.hagstofan.is

Fyrirtæki á veitusvæðinu, sem eru skilgreind sem matvælafyrirtæki og háð starfsleyfi frá Heilbrigðiseftirliti Suðurlands eru sýnd í töflu 11 í viðauka 1.

1.5 Vatnsnotkun

Í töflu 2 hér að neðan eru upplýsingar um hámarksálag þ.e. það álag sem vatnsveitan og dreifikerfið þarf að geta annað svo og meðalnotkun á sólahring og næturrennsli, þ.e. þegar álagið er í lágmarki, og yfirfallsrennsli. Hátt næturrennsli gefur vísbendingu um leka í kerfinu. Einnig eru upplýsingar um árlega heildarnotkun og síðan það magn sem selt er eftir mæli.

Tafla 2 Upplýsingar um rennsli og vatnsnotkun

Dagleg vatnsnotkun	Árið 2008 lítrar/sek	Árið 2009 lítrar/sek	Árið 2010 lítrar/sek
Hámarksálag			
Meðalnotkun á sólahring			
Næturrennsli			
Yfirfallsrennsli			
Árleg vatnsnotkun	Ár 2008 m ³ /ári	Ár 2009 m ³ /ári	Ár 2010 m ³ /ári
Heildarnotkun			
Þar af selt eftir mælum			

1.6 Gerð og fjöldi vatnsbóla

Vatnsból vatnsveitunnar eru ?. Lýsa vatnsbólum. Upplýsingar um vatnsbólin eru í töflu 3.

Tafla 3 Gerð og fjöldi vatnsbóla

Heiti vatnsbóls	Ár	Gerð vatnsbóls	Hnit norður, vestur	Hæð m y.s.	Sjálfrennsli/dæling S/D	Áætluð afkastageta l/sek
Samtals						

1.7 Kort af vatnsverndarsvæði

1.8 Miðlunargeymir og lokahús

Lýsa miðlunargeymum. Sjá staðsetningu hans á korti í kafla 1.7. Í töflu 4 hér að neðan eru upplýsingar um tankinn. i.

Tafla 4 Lýsing á miðlunartanki:

Heiti /staðsetning	Byggingar efni	Stærð m ³	Byggingarár	Hæðarkóti m	Er útloftun já/nei	Er hæðarstýring í tanki já/nei

1.9 Lagnir – gerð, stærð og lengd

Lýsa lagnakerfi í fáum orðum. Í töflu 5 hér að neðan er gerð grein fyrir gerð og lengd lagna sem eru í lagnakerfi veitunnar og því skipt í aðveituæð og dreifikerfi. Lengdir eru gefnar í metrum og einnig er getið um u.þ.b. hvenær rörin voru lögð. *Stefnt að því við hönnun veitulagna í framtíðinni að aðskilja fráveitu og vatnslagnir.*

Tafla 5 Röragerðir, þvermál, lengd og lagningarár

Heiti lagna	Röragerð	Þvermál mm	Lengd í metrum	Lagt árið
Aðveituæð				
Heildarlengd aðveituæða				
Dreifikerfi				
Dreifikerfi í þéttbýli				
Heildarlengd lagna				

1.10 Brunahanar – gerð, stærð og fjöldi

Lýsa brunahönum í fáum orðum. Brunahanar eru ?? talsins. Í töflu 6 eru upplýsingar um brunahanana.

Tafla 6 Brunahanar

Gerð	Þvermál tommur	Úrtök tommur	Fjöldi
Samtals			

1.11 Áhættuþættir á vatnsverndarsvæði og í veitukerfi

Lýsa helstu áhættuþáttum á vatnsverndarsvæðum og í lagnakerfi.

Líkur og alvarleiki - skilgreiningar

Til að fá mat á nauðsyn þess að hafa reglulegt eftirlit með hinum ýmsu þáttum í starfsemi vatnsveitunnar er lagt mat á líkur og alvarleika. Fyrst er metið hversu miklar líkur eru á að atvikið geti átt sér stað og síðan hversu alvarlegt væri ef það kæmi fyrir. Síðan eru tölurnar lagðar saman og við gildi sem er 6 eða hærra er haft reglulegt eftirlit með eða gerðar verklagsreglur til að minnka áhættuna. Ef gildið er 7 eða hærra eru gerðar sérstakar ráðstafanir og umbætur. Annar umbætur eru skráðar í töflu 8.

Eftirfarandi eru skilgreiningar á líkum:

Líkur	1	Mjög litlar	Sjaldnar enn 1/100 ár
	2	Litlar	1/10 - 1/100 ár
	3	Meðal	1/1 - 1/10 ár
	4	Miklar	1/1 viku - 1/1 ár
	5	Mjög miklar	Oftar en 1/1 viku

Alvarleiki áhættuþáttar er mat á afleiðingum óhapps sem kynni að eiga sér stað ef áhættuþátturinn yrði að óhappi/slysi, með eftirfarandi skilgreiningu á vægi:

Vægi	1	Ekki greinanleg
	2	Minniháttar áhrif á bragðgæði
	3	Mikil áhrif á bragð
	4	Veikindi líkleg við neyslu vatnsins.
	5	Dauðsföll líkleg við neyslu.

Áhættugreining

Áhættugreining er gerð fyrir fjóra hluta vatnsveitukerfisins. Aðeins eru sýndir þeir þættir sem fengu samtals fjórir eða hærra hinum er sleppt. Í töflu 7 eru sýnd áhættugreiningin.

Tafla 7 **Áhættugreining fyrir Vatnsveitu ?**

Nr.	Áhættuatriði	Líkur	Vægi	Samtals	Eftirlit og fyrirbyggjandi ráðstafanir
I	Vatnsverndarsvæðið				
1	Landbúnaður, kindur og hestar				
2	Leysingar				
3	Vegir				
II	Brunnsvæði				
1					
2					
3					
4					
5					
III	Geymar, lokahús og aðveituæðar				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
IV	Dreifikerfi og heimæðar				
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
V	Brunahanar				
1					
2					
3					
4					

Mat á líkum og alvarleika út frá áhættugreiningu

Til að meta niðurstöður úr töflu 7 er eftirfarandi mynd skoðuð. Þau tilvik sem eru lenda inn á rauða svæðinu krefjast tafalausra aðgerða, þau sem lenda á gula svæðinu eru atriði sem þarf að gera áætlun um að laga eða hafa eftirlit með en það sem er grænt er í lagi. Til að bregðast við áhættu er stundum þörf á að ákveða umbætur á veitunni og eru þær skráðar í töflu í næsta kafla. Einnig er vísað í hreinlætisreglur og eftirlit til að fyrirbyggja áhættuatriði.

Mat á áhættu

		Vægi / alvarleiki				
		Mjög lítið 1	Lítið 2	Meðal 3	Mikið 4	Mjög mikið 5
Líkur	Mjög miklar 5: Oftar 1/1 viku	6	7	8	9	10
	Miklar 4: 1/1 viku – 1/1 ári	5	6	7	8	9
	Meðal 3: 1/1 viku – 1/10 ári	4	5	6	7	8
	Litlar 2: 1/10- 1/100 ár	3	4	5	6	7
	Mjög litlar 1: < 1/100 ári	2	3	4	5	6

1.12 Umbætur

Við áhættugreiningu í kafla 1.11 kemur í ljós að nauðsynlegt er að gera umbætur og endurbætur á vatnsveitukerfinu t.d. bæta frágang við vatnsból, lagfæra lokahús eða setja upp meindýravarnir svo eitthvað sé nefnt. Nauðsynlegt er að skrá þessar nauðsynlegu umbætur og síðan að skrá þegar þær eru framkvæmdar. Nauðsynlegar umbætur eru skráðar í töflu 8. Umbótum er lýst, hvenær áætlað er að framkvæma þær og síðan þegar þær eru framkvæmdar.

Tafla 8 Nauðsynlegar umbætur skv. Áhættugreiningu

Nr.	Áhættu- stig	Nauðsynlegar umbætur – lýsing	Áætlaður framkvæmda- tími Dags.	Framkvæmd Dags.

2 Fræðsla fyrir starfsfólk

2.1 Starfsmenn

Starfsmenn áhaldahúss Húnaþings vestra annast viðhald og daglegt eftirlit veitunnar. Hver starfsmaður fær upplýsingar um sitt verkssvið og verklagsreglur innra eftirlits. Verktakar sem vinna fyrir veituna eru líka upplýstir um alla þætti vatnveitunnar, kröfur um hreinlæti og verklagsreglur við vinnu við hana.

Í starfslýsingum starfsmanna verður skilgreint að innra eftirlit sé hluti af starfi starfsmanna og þeir upplýstir um umgengnisreglur og mikilvægi hreinlætis við vatnsveituna. Markmið veitunnar er að tryggja öryggi og góðan aðbúnað starfsmanna á vinnustað. Slysaskráning og öryggisreglur eru í samræmi við kröfur Vinnueftirlits ríkisins.

Nafn starfsmanns	Starfsheiti	Starfshlutfall
Ólafur H. Stefánsson	Forstöðumaður Tæknideildar	
Guðmundur R. Erlendsson	Verkstjóri	50 %

2.2 Fræðsla starfsmanna

Stefna vatnsveitunnar er að allir starfsmenn vatnsveitunnar fái grunnfræðslu um innra eftirlit, mengunarhættur í vatni og mikilvægi hreinlætis. Einnig eru námskeið um viðhald og lekaleit mikilvæg. *Í viðauka 2 eru skrá yfir námskeið og fræðslu sem starfsmenn sækja.*

2.3 Heilsufarsskýrslur

Samningur er gerður við alla starfsmenn um að þeir tilkynni veikindi sem geta borist með vatni. Veikindi starfsmanna skal skrá inn í bók og dagsetja til að hægt sé að rekja smit í vatni.

Í reglugerð nr. 522/1994 (í viðauka 2 um almennt hreinlæti) um matvælaeftirlit og hollustuhætti við framleiðslu og dreifingu matvæla segir um hreinlæti starfsfólks sem vinnur við matvælafyrirtæki að þeir sem vinna við matvæli, beint eða óbeint, skulu gæta fyllsta hreinlætis og klæðast hreinum og hentugum klæðnaði og hlífðarfatnaði þar sem það á við.

Einnig að þeir sem vitað er eða grunur leikur á að sé smitberi eða með smitandi sjúkdóm sem gæti dreifst með matvælum, eða eru með opið sár, sýkingu í sári, smitandi húðsjúkdóm, fleiður, hálsbólgu eða niðurgang, mega ekki vinna þar sem matvæli eru meðhöndluð.

Í viðauka 2 er staðlað eyðublað frá Umhverfisstofnun fyrir starfsfólk sem vinnur í matvælaíðnaði þar sem það skrifar undir að það muni tilkynna um veikindi sem gætu borist með matvælum, í þessu tilfelli vatni. *Hver starfsmaður Vatnsveitu Húnaþings vestra, Hvammstanga hefur skrifað undir slíkt skjal sem geymt er í viðauka 2.*

3 Hreinlætisáætlun

Í þessum kafla er áætlun um þrif á mannvirkjum vatnsveitunnar og verklagsreglur. Verklagsreglurnar eru einnig hengdar upp á viðkomandi stöðum fyrir starfsmenn.

3.1 Þrifaáætlun

Gerð hefur verið áætlun um nauðsyn þess að þrifa mannvirki vatnsveitunnar. Í töflu 9 er tilgreindur nauðsynlegur þrifnaður á mannvirkjum til að tryggja hreinleika vatnsins.

Aðgerðir skal skrá í töflur 14- 17 í viðauka 3.

Tafla 9 Þrifaáætlun á mannvirkjum vatnsveitunnar

Mannvirki	Tíðni	Vélar/áhöld	Verklagsregla við þrif
Lokahús	??	Kústar / klútar	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sópa gólfið, ryksuga eða spúla. 2. Vélbúnaður þrifinn með rökum klút. 3. Gólf, veggir og gluggar þrifin með sápu. 4. Hreinsað úr niðurföllum og loftsum. 5. Allt rusl fjarlæggt. 6. Fara yfir meindýravarnir. 7. Skrá aðgerðir í töflu 14.
Tankar	??	Háþrýsti-dæla, kústar og fötur Hreinn hlífðar-fatnaður	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tæma tankinn. 2. Hleypa vatni framhjá á meðan hreinsun fer fram. 3. Vera í hreinum einnota galla og nýjum hreinum stígvélum. Nota hreina sóttþreinsaða kústa, fötur og slöngur. Auk þess að gæta hreinlætis í hvítvetna við verkið og sóttþreinsa öll áhöld áður en farið er með þau inn í tankinn. 4. Tæma og skola út jarðvegsset. 5. Hliðar og botn háþrýsti þvegið og skrúbbað og allur þörungagróður hreinsaður burt. 6. Tankur þveginn með klórblönduðu vatni (ath. hlutföll). Ef vart hefur orðið við mengun er tankur hreinsaður í samráði við Heilbrigðieftirlitið. 7. Sóttþreinsa ef vatnið mengast. 8. Skrá aðgerðir í töflu 15
Lagnir: Nýlagnir Viðgerðir	??		<ol style="list-style-type: none"> 1. Aldrei vinna við neysluvatnslagnir þegar skolplagnir eru opnar í nágrenninu 2. Við þrýstifall skal stefnt að því að hafa brunahana opna til að koma í veg fyrir sog. 3. Hreinsið lagnir a utan fyrir opnun og ef grunur

Mannvirki	Tíðni	Vélar/áhöld	Verklagsregla við þrif
			um skolpmengun á sóttþreinsið lagnir að utan áður en opnað er. 4. Meðan á viðgerð stendur haldið lögn lokaðri eins og hægt er til að koma í veg fyrir að óhreinindi eða meindýr berist inn í lögnina. 5. Láta vatn renna um lagnirnar eftir viðgerð og nýlagnir eftir þörfum. 6. Skrá aðgerðir í töflu 6.
Dauðar endar	??	Lykill að brunahana og slanga með slöngustút	1. Athuga virkni, opnun, lokun og aftæming. 2. Skola út. 3. Eldri gerðir brunahana þarf að gera frostfría. 4. Skrá í töflu 17. . Stefnt er að aftengingu/lokun dauðra lagna

3.2 Almennar umgengisreglur – gátlisti

Umgengisreglur við vinnu við vatnslagnir og vatnsból er varðar hreinlæti eru eftirfarandi:

1. Persónulegt hreinlæti er viðhaft og vinnufatnaður er þrifinn reglulega.
2. Fólk með smitsjúkdóma sem geta borist með vatni á ekki að vinna í beinni snertingu við vatnið á vatnsveitunni.
3. Hreinlæti er viðhaft við alla vinnu við lagnir og þess gætt að nota ekki sömu verkfæri í vatnsveitu og fráveitu. Ef ekki er hægt að komast hjá því þarf að þrifa og sóttþreinsa vel áhöld sem notuð hafa verið í frárennsli eða í annað. Sérstaklega er gætt að hreinlæti þegar vatnslagnir eru í sama skurði og frárennsli.
4. Vélar og tæki eru höfð hrein og í lagi og þess sérstaklega gætt að olíuleki sé ekki frá tækjum og sérstaklega á þetta við um tæki sem notuð eru á vatnsverndarsvæðum.
5. Gæta þess að loka alltaf hliðum.
6. Gæta þess að hafa lausn á frárennsli áður en farið er í útskolanir á brunnsvæði og skal vatni veitt út af svæðinu.
7. Varúð er viðhöfð við meðferð efna s.s. olíu og hreinsiefna og ekki nota áburðarefni í nánd við vatnsból.
8. Lok er sett á lagnaefni til að koma í veg fyrir aðskotahlutir, meindýr og óhreinindi komist inn í rörin við geymslu.

9. Forðast er eins og kostur er að valda spjöllum á umhverfi og leitast við að ganga frá í sama horf og fyrir framkvæmdir.

Þessar verklagsreglur eiga við starfsfólk, verktaka og gesti sem heimsækja vatnsveituna.

Þær hanga uppi í brunnhúsi við tanka og í áhaldahúsi.

3.3 Verklagsreglur við hreinsun jarðvegs

1. Mengaður jarðvegur fjarlægður.
2. Jarðvegi fargað á löglegan hátt.
3. Ómengaður jarðvegur settur í staðinn ef þörf krefur.
4. Gengið frá á vettvangi eins vel og kostur er, sáð eða tyrft.

3.4 Verklagsreglur við hreinsun á lokahúsi

2. Sópa gólfið eða ryksuga.
3. Vélbúnaður þrífinn með rökum klút.
4. Gólf þriffin með sápu.
5. Hreinsað úr niðurföllum.
6. Allt rusl fjarlægt.
7. Skrá í töflu 14.

3.5 Verklagsreglur við hreinsun á tönkum

1. Tæma tankinn.
2. Hleypta vatni framhjá á meðan hreinsun fer fram.
3. Vera í hreinum einnota galla og nýjum hreinum stígvélum. Nota hreina sóttgreinsaða kústa, fötur og slöngur. Auk þess að gæta hreinlætis í hvívetna við verkið og sóttgreinsa öll áhöld áður en þau fara inn í tankinn.
4. Tæma og skola út jarðvegsset.
5. Hliðar og botn háþrýsti þvegið og skrúbbað og allur þörungagróður hreinsaður burt.
6. Tankur þvegin með klórblönduðu vatni ??? (ath. hlutföll). Ef vart hefur orðið við mengun er tankur hreinsaður í samráði við Heilbrigðieftirlitið.
7. Sóttgreinsa ef vatnið mengast.
8. Skrá aðgerðir í töflu 15.

3.6 Verklagsreglur við hreinsun lagna

7. Aldrei vinna við neysluvatnslagnir þegar skolplagnir eru opnar í nágrenninu
8. Við þrýstifall skal stefnt að því að hafa brunahana opna til að koma í veg fyrir sog.
9. Hreinsið lagnir a utan fyrir opnun og ef grunur um skolpmengun á sóttgreinsið lagnir að utan áður en opnað er.
10. Meðan á viðgerð stendur haldið lögnum lokaðri eins og hægt er til að koma í veg fyrir að óhreinindi eða meindýr berist inn í lögnum.
11. Láta vatn renna um lagnirnar eftir viðgerð og nýlagnir eftir þörfum.
12. Skrá í töflu 16.

3.7 Verklagsreglur við útskolun á brunahönum

Brunahanar eru skolaðir út til að hreina út óhreinindi úr lögnum sérstaklega vegna dauðra lagnaenda. Verklagsreglur eru eftirfarandi:

5. Athuga virkni, opnun, lokun og aftæming.
6. Skola út.
7. Eldri gerðir brunahana þarf að gera frostfría.
8. Skrá í töflu 17.

3.8 Verklagsreglur við aðgang að brunahönum vegna vatnstöku

1. Einungis er heimilt með leyfi starfsmanna vatnsveitunnar að fara í skilgreindan brunahana með sérstökum búnaði sem fenginn er í áhaldahúsi.
2. Fara skal eftir leiðbeiningum og þrifa skal búnaðinn að lokinni notkun.
3. Búnaðinum skal skila aftur í áhaldahús strax að lokinni notkun.

3.9 Leyfð hreinsiefni

Upplýsingar um leyfð hreinsiefni og hvaða fyrirtæki selja þau er á heimasíðu Umhverfisstofnunar á slóðinni (<http://www.ust.is/Matvaeli/grein/317>).

Mælt er með því að nota hreinsiefni sem eru með viðurkenndu umhverfismerki s.s. eins og Norræna Svaninum. Það tryggir að efnin valdi sem minnstu skaða á umhverfinu. Upplýsingar um umhverfismerki er að finna á sama vef.



4 Eftirlit með gæðum

Í þessum kafla er lýsing á eftirliti sem haft er með vatnsveitunni. Í fyrsta lagi eftirlit heilbrigðisfulltrúa með vatnsgæðum og í öðru lagi innra eftirlit vatnsveitunnar sem framkvæmt er af starfsmönnum veitunnar. Eftirlitið vatnsveitunnar byggir á áhættu-greiningu í kafla 1.11 og er áherslan á að fyrirbyggja það sem þar getur farið úrskeiðis.

Niðurstöður efnagreininga og skráning á eftirlitinu er í viðauka 4.

4.1 Tíðni ytra eftirlits með vatnsgæðum.

Tíðni reglubundins eftirlits og heildarefnagreininga er í samræmi við neysluvatnsreglugerð. Sýnatöku annast Heilbrigðiseftirlit Suðurlands.

Staður	Íbúafjöldi Des. 2008	Reglubundið eftirlit fjöldi sýna á ári.	Heildarúttekt
--------	-------------------------	--	---------------

4.2 Áætlun um reglulegt eftirlit með vatnstökusvæðum og vatnsbólum

Í töflu 10 er sýnt skipulag á reglulegu eftirliti vatnsveitunnar á aðveituaðum, vatnsbólum og vatnsverndarsvæðum. *Aðgerðir eru skráðar í töflu 18 í viðauka 4.*

Tafla 10 Skipulag á eftirliti með vatnsverndarsvæði

Flokkur	Eftirlit
Brunnsvæði	A.m.k. árlega er athugað að mannvirki séu heil, hrein og í góðu ástandi, t.d. brunnar lok og læsingar. Gengið úr skugga um að ekkert óviðkomandi efni sé á brunnsvæði. Meindýravarnir eru athugaðar. Sérstaklega er haft í huga að eftirlitið fari fram að vorin eftir leysingar og einnig að hausti ef þörf er talin á. <i>Aðgerðir skráðar í töflu 18.</i>
Grannsvæði	A.m.k. árlega er gengið úr skugga um að ekkert sem spillt geti vatnsból sé á grannsvæði. Sérstaklega athugað að dýrahæ og annað sem valdið geti mengun séu fjarlægð. Skoðað er meðfram vegum á vatnsverndarsvæðum. <i>Aðgerðir skráðar í töflu 18.</i>
Fjarsvæði	Árlega metið hvort þörf sé á að skoða fjarsvæði til að ganga úr skugga um að þar sé ekkert sem spillt geti vatnsból. Sérstaklega hugað að því sem valdið getur mengun. <i>Aðgerðir skráðar í töflu 18.</i>
Aðveituaðar	Metið – fylgst með rennslisbreytingum. <i>Aðgerðir skráðar í töflu 18</i>

4.3 Rekstrareftirlit með geymi og lokahúsi

Eftirlitið felst í að skoða og skrá ástand lagna, vatnshæð í tanki, hitastig inn á dreifikerfi og fylgjast með síum og hreinsa ef með þarf. Eftirlitið tekur einnig til meindýravarna.

Eftirlit með geymi og lokahúsi er mánaðarlega/vikulega?? og er það skráð í töflu 19 í viðauka 4.

4.4 Innri úttektir vatnsveitunnar á innra eftirliti

Vatnsveitan gerir einu sinni á ári innri úttekt á innra eftirliti vatnsveitunnar. Í ársbyrjun er gerð samantekt fyrir árið á undan á framkvæmd eftirlitsins. Tekið saman frávik sem orðið hafa, niðurstöður efnagreininga og öllum eftirlitsþáttum og starfshópur sem í eiga sæti veitustjóri, umsjónamaður eftirlits, verkstjóri og fulltrúa starfsmanna sem vinna eftirlitþættina á vettvangi fara yfir niðurstöður. Gera skal skýrslu og skrifa fundargerð sem varðveittar eru og geymdar með innra eftirlitsmöppu.

4.5 Ytri úttektir Heilbrigðiseftirlits Suðurlands (HES)

Innra eftirlit vatnsveitunnar er samþykkt af HES og er skilyrði fyrir starfleyfi vatnsveitunnar. Starfsleyfi vatnsveitunnar er til ?? ára en æskilegt er að HES geri reglulega ytri úttektir og meti árangur af innra eftirliti. Árlegar skýrslur frá innri úttekt frá starfshóp vatnsveitunnar eru afhentar HES.

5 Viðbrögð við frávikum

5.1 Ábyrgðaskipting

Eftirfarandi skipurit sýnir hver ábyrðarskipting er við vatnsveituna. Sveitarstjórn fer með stjórn vatnsveitunnar og ber ábyrgð á henni. Kvartanir og bilanir skal tilkynna til starfsmanna veitunnar í vaktsíma.

Vaktsími vatnsveitunnar er ??.

[Setja hér skipurit fyrir vatnsveituna](#)

5.2 Viðbragðsáætlun við neyðartilvikum - verklagsreglur

Eftirfarandi eru drög að viðbragðsáætlun fyrir vatnsveituna við vatnsskorti og við mengunarslysi. Viðbrögð og upplýsingar til neytenda við menguðu neysluvatni eru í samræmi við 14. gr. reglugerðar um neysluvatn. Brunavarnir hafa forgangsfhendingu á vatni og þá er einnig hægt að nota sjó til að fullnægja vatnspörf til slökkvistarfa.

Öll frávik og viðbrögð við þeim s.s. mengunartilvik og olíumengaður jarðvegur skal skrá í töflu 20. Allar kvartanir eru skráðar í töflu 21. Bilanir eru skráðar á eyðublað í töflu 22. .

5.3 Verklagsreglur við meiriháttar frávik

Vatnsskortur

Við vatnsskort verður gripið til ráðstafana og verða þær í samræmi við alvarleika og hversu varanlegar vatns skortur verður. Ráðstafanir eru eftirfarandi:

1. Tilkynnt um bilun
2. Vatn skammtað og hvatt til sparnaðar
3. Fyrirtækjum gert að loka fyrir vatn
4. Flytja vatn á tankbílum og setja inn á kerfið frá öðrum vatnstökusvæðum Vatnveitu Húnaþings vestra
5. Skráð aðgerðir í töflu 20 í Viðauka 5.

Mengunarslys af völdum olíu eða spilliefna

Við mengunarslys verður gripið til eftirfarandi ráðstafana í samráði við heilbrigðisfulltrúa, Umhverfisstofnun og Almannavarnir ??.

1. Tilkynna skal tafarlaust um mengun af völdum olíu eða annarra spilliefna í vaktsíma vatnsveitunnar ????
2. Ástand metið í samráði við formann veitustjórnar, slökkvilið og heilbrigðisyfirvöld
3. Hefta frekari útbreiðslu og stöðva leka
4. Mengaður jarðvegur fjarlægður með tækjum og þar til gerðum efnum slökkviliðsins.
5. Ef vatnið er ónothæft verður farið eftir áætlun um vatnsskort.
6. Tilkynna neytendum í samræmi við neysluvatnsreglugerð gr. 14 og lið B. Dreifing neysluvatnsins verður bannað eða takmarkað með hliðsjón af þeirri hættu sem það kanna skapa og hve mikið greining efnanna er yfir leyfðum mörkum.
7. Fargað á löglegan hátt
8. Ómengaður jarðvegur settur í staðinn ef þörf krefur.
9. Gengið frá á vettvangi eins vel og kostur er, sáð eða tyrft.
10. Skrá aðgerðir í töflu 20 í Viðauka 5..

Örverumengun yfir mörkum

Ef örverumengun er yfir mörkum neysluvatnsreglugerðarinnar fer það eftir hvaða örverur það eru sem eru yfir mörkum um aðgerðir skv. neysluvatnsreglugerðinni. Alltaf skal skipuleggja aðgerðir í samráði við heilbrigðisyfirvöld og tilkynna sóttvarnalækni um hugsanlega smithættu í samræmi við sóttvarnalög nr. 19/1997:

1. Tilkynna neytendum í samræmi við neysluvatnsreglugerð gr. 14.
2. Ef þörf er á er gerð krafa um að sjóða vatnið.
3. Ef vatnið er ónothæft verður farið eftir áætlun um vatnsskort.
4. Skrá aðgerðir í töflu 20 í Viðauka 5.

5.4 Kvartanir

Haldið er utan um allar kvartanir og þær nýttar til að fylgjast með veikleikum í kerfinu og til að bæta þjónustu við íbúana. Kvartanir eru teknar saman í lok árs og lagðar fyrir fund um innri úttekt sbr. 4.4.

Allar kvartanir og viðbrögð við þeim eru skráðar í töflu 21 í viðauka 5.

5.5 Bilana- og lekaleit

Upplýsingar og leiðbeiningar um bilanaleit er að finna í Kafla 8 um lekaleit í Vatnsveituhandbók Samorku. Bilanir eru teknar saman í lok árs og lagðar fyrir fund um innri úttekt sbr. kafla 4.4

Til að skrá og fylgjast með bilunum er fyllt út bilanaeyðublað í töflu 22 í viðauka 5.

Viðaukar 1 - 7

Viðauki 1 Lýsing á vatnsveitu - Matvælafyrirtæki með starfsleyfi**Tafla 11 Matvælafyrirtæki á svæðinu sem hafa starfsleyfi -??**

Atvinnu- greina- flokkun skv. ISAT 95	Fyrirtæki	Heimilisfang	Starfssemi

Viðauki 2 Starfsfólk – fræðsla og heilsufar**Tafla 12 Námskeið sem starfsmenn hafa sótt - bæta við**

Nafn starfsmanns	Fræðsla/námskeið	Dags./kvittun

Tafla 13 Heilsufarsskýrsla

<u>Heilsufarsskýrsla starfsmanna í matvælafyrirtækjum</u>			
Upplýsingar um starfsmann			
Nafn		Deild	
Kennitala		Starfssvið	
<p>Ég mun tilkynna verkstjóra/yfirmanni tafarlaust um veikindi, hálsbólgu eða sár á höndum. Ég er samkvæmt bestu vitund ekki með, né hef nýlega fengið smitandi sjúkdóm sem gæti dreifst með matvælum, eða með opið sár, sýkingu í sár, smitandi húðsjúkdóm, fleiður, hálsbólgu eða niðurgang.</p>			
Dags.	Undirskrift starfsmanns	Dags.	Undirskrift yfirmanns

Viðauki 3 Þrif á mannvirkjum vatnsveitunnar

Tafla 14 Árlegt þrif á lokahúsi - sjá töflu 9

Hreinsun dags.	Athugasemdir	Kvittun starfsmanns

Tafla 15 Þrif á tanki a.m.k. fimm ára fresti - sjá töflu 9

Hreinsun dags.	Framkvæmd	Athugasemdir	Kvittun starfsmanns
Áætluð hreinsun sumarið 2004			

Tafla 16 Hreinsun lagna framkvæmd eftir þörfum – sjá töflu 9

Hreinsun dags.	Framkvæmd	Athugasemdir	Kvittun starfsmanns

Tafla 17 Árleg útskolun á brunahönum - sjá töflu 9

Hreinsun dags.	Fjöldi brunahana	Ástand brunahana	Athugasemdir	Kvittun starfsmanns

--	--	--	--	--

Viðauki 4 Efnagreiningar og eftirlit með mannvirkjum vatnsveitunnar

Hér eru geymdar niðurstöður efnagreininga bæði heildarefnagreininga og reglulegs eftirlits.

Rannsóknarþáttur	Mæli-eining			Hámark skv neysluv. reglug. nr 536/2001	Meðaltal 38 mælinga vatnsveitna ²
Eðlis- og efnafræðilegir þættir					
Útlit sýnis					
Hitastig	°C			25 °C	
Sýrustig (pH)	pH eining			>6,5 - <9,5	8,03
Leiðni	µS/cm			2500	101
Litur	mgPt/l			Engin óeðlileg breyting	5,4
TOC	mg/l			Engin óeðlileg breyting	0,98
Efni sem eru óæskileg í miklu magni					
Ammonium (NH ₄ -N)	mg/l			0,5	0,0034
Nítrat (NO ₃ -N)	mg/l			10	0,37
Nítrít (NO ₂ -N)	mg/l			0,1	0,0043
Ál (Al)	µg/l			200	7,14
Bór (B)	µg/l			1000	9,46
Flúoríð (F)	mg/l			1,5	0,13
Járn (Fe)	mg/l			0,2	0,011
Klóríð (Cl)	mg/l			250	10,2
Kopar (Cu)	µg/l			2000	1,82
Mangan (Mn)	µg/l			50	0,43
Natríum (Na)	mg/l			200	8,3
Súlfat (SO ₄)	mg/l			250	4,3
Eitruð efni – þungmálmur, PAH efni, leysiefni og varnarefni					
Antimon (Sb)	µg/l			5	<0,011
Arsen (As)	µg/l			10	0,276
Blý (Pb)	µg/l			10	<0,107
Kadmíum (Cd)	µg/l			5	<0,004
Króm (Cr)	µg/l			50	0,409
Kvikasilfur (Hg)	µg/l			1	<0,002
Nikkel (Ni)	µg/l			20	0,98
Selen (Se)	µg/l			10	0,112
Sýaníð (CN)	µg/l			50	<4,8
1,2-diklóretan	µg/l			3	<0,671
Akrýlamíð- ef vatn er hreinsað	µg/l			0,1	e.m.

Rannsóknarpáttur	Mæli- eining			Hámark skv neysluv. reglug. nr 536/2001	Meðaltal 38 mælinga vatns- veitna ²
PAH efni - Aromatísk fjölhringa kolvatnsefni	µg/l			0,1	<0,016
Bensen	µg/l			1	<0,2
Bens(a)pyren	µg/l			0,01	<0,002
Brómat (BrO ₃)- ef vatn er ósonerað	µg/l			10	e.m.
Epiklórhýdrin – mælt ef vatn er klórað	µg/l			0,1	e.m.
Tetraklóreten og tríklóreten	µg/l			10	<0,253
Tríhalómetan- skal mælt ef vatn er klórað	µg/l			100	<0,68
Varnarefni einstakt (mismunandi eftir efnunum)	µg/l			0,1/0,03	e.m.
Heildarmagn varnarefna	µg/l			0,5	e.m.
Víníklóríð	µg/l			0,5	e.m.

e.m. = ekki mælt

- 1) Efnagreining gerð hjá Analytica í Svíþjóð undir umsjá Matís ohf
- 2) Meðaltal mælinga hjá 38 vatnsveitum. Fjöldi mælinga í meðaltali fyrir pH er 13 og, 30 fyrir lit og 12 fyrir leiðni.

Tafla 18 Árlegt eftirlit með vatnstökusvæði

Flokkur	Eftirlit	Athugasemdir	Dags. og kvittun starfsmanns
Brunnsvæði	<p>Árlega athugað að mannvirki séu heil, hrein og í góðu ástandi, t.d. brunnar lok og læsingar. Gengið úr skugga um að ekkert óviðkomandi efni sé á brunnsvæði og meindýravarnir séu í lagi.</p>		
Brunnsvæði	<p>Árlega athugað að mannvirki séu heil, hrein og í góðu ástandi, t.d. brunnar lok og læsingar. Gengið úr skugga um að ekkert óviðkomandi efni sé á brunnsvæði og meindýravarnir séu í lagi.</p>		
Grannsvæði	<p>Árlega Gengið úr skugga um að ekkert sem spillt geti vatnsbólí sé á grannsvæði. Sérstaklega athugað að dýrahæ og annað sem valdið geti mengun séu fjarlægð. Einnig gengið úr skugga um að ekkert sem valdið getur mengun sé við vegi.</p>		
Fjarsvæði	<p>Árlega metið hvort þörf sé á að skoða fjarsvæði til að ganga úr skugga um að þar sé ekkert sem spillt geti vatnsbólí. Sérstaklega hugað að því sem valdið getur mengun.</p>		

Athuga að laga þessa töflu að ykkar þörfum

Tafla 19 Mánaðarlegt eftirlit með geymi og dæluhúsi

Dags.	Lagnir	Síur	Meindýra- varnir	Hita- stig °C	Vatns- hæð m	Sýrustig pH	Leiðni	Athugasemdir	Hver skoðaði

Viðauka 5 Frávik, kvartanir og bilanir

Tafla 20 Skráning á fráviki og aðgerðum

Dags.	Frávik - lýsing	Aðgerð	Dagsetn. úrbóta og ábyrgðarmaður.

Tafla 21 Kvartanaskráning

Dags.	Nafn kvartanda	Kvörtun um	Staðsetning	Úrbót og dags.

Tafla 22 Bilanaskráning

Bilunarstaður _____	Dags. _____
Hvað bilaði _____	
1 Upplýsingar um lagnir	
1.1	Aðveita Dreifikerfi Heimæð
1.2	Byggingarár
1.3	Stærð röra (Dy/Di)
1.4	Gerð röra Plaströr _____ Járnsteypurör _____ Seigjárnsteypurör _____ Stálrör _____ Asbeströr _____ Annað/óvíst _____
2. Hvernig uppgötvast bilunin	
2.1	Sást við eftirlit _____ Tilkynning frá húseigenda eða öðrum _____ Vatnstap _____ Þrýstifall _____ Raki í jarðvegi _____ Annað _____
3. Orsök bilunar	
3.1	Efnisgalli: Rör _____ Loki _____ Annað _____
3.2	Lagningagalli Við meðhöndlun _____ Við lögn _____ Við jarðvinnu _____ Annað _____
3.3	Ytri áverkar Jarðvinnutæki _____ Annað _____
3.4	Hönnunargalli _____
3.5	Annað _____
4. Sennilegur aðdragandi bilunar	

5. Umfang bilunar	
5.1	Rör _____ Fjöldi _____ Metrar _____
5.2	Annað _____
6. Kostnaður	
6.1	Bráðab.viðgerð _____ þús.kr.
6.2	Endanleg viðgerð _____ þús.kr.
6.3	Endunnýjum _____ metrar _____ þús.kr.
6.4	Samtals viðgerð _____ þús.kr.
Undirskrift _____ dags. _____	

Viðauki 6 Lög og reglugerðir

Helstu reglugerðir sem þarf að uppfylla.

Reglugerð nr. 522/1994 um matvælaeftirlit og hollustuhætti við framleiðslu og dreifingu matvæla

Reglugerð nr. 536/2001 um neysluvatn

Reglugerð nr. 796/1999 með breytingum nr. 533/2001 um varnir gegn mengun vatns

Reglugerð nr. 797/1999 um varnir gegn mengun grunnvatns

Reglugerð nr. 401/2005 um vatnsveitur sveitarfélaga

Skipulagsreglugerð nr. 400/1998

Helstu lög sem gilda um vatnsveitur:

Vatnalögin nr. 15/1923

Lög nr. 32/2004 um vatnsveitur sveitarfélaga

Lög nr. 93/1995 um matvæli

Lög nr. 7/1998 um hollustuhætti og mengunarvarnir

Lög nr. 57/1998 um rannsóknir og nýtingu á auðlindum í jörðu

Lög nr. 75/2000 um brunavarnir

Skipulags- og byggingarlög nr. 73/1997

Lög nr. 106/2000 um mat á umhverfisáhrifum

Lögin er að finna á Alþingisvefnum www.althingi.is og reglugerðirnar á vef Stjórnarráðsins www.reglugerd.is. Og þar eru einnig nýjustu breytingar á þessum reglugerðum og þær sem eru í gildi. Fylgjast þarf vel með breytingum og skoða lögin og reglugerðir með nýjustu breytingum.

Viðauki 7 Starfsleyfi

Staður í möppunni fyrir útgefið starfsleyfi frá Heilbrigðisnefnd sveitarfélagsins

Kaflí 4

Vatnsleit og virkjun vatnsbóla

Freysteinn Sigurðsson / Árni Hjartarson / Þórólfur H. Hafstað

Orkustofnun

Mars 1998.

EFNISYFIRLIT

4.1. INNGANGUR:

- 4.1.1. Nytjavatn og vatnsöflun.
- 4.1.2. Ferill vatns í vatnsvinnslu

4.2. VATNAFAR, VATNSHAGUR OG ÁSTAND VATNS

- 4.2.1. Hringrás vatnsins og vatnshagur
- 4.2.2. Grunnvatnsrennsli og vatnajarðfræðilegar stærðir
- 4.2.3. Veitar og veitagerðir
- 4.2.4. Jarðmyndanir og vatnsgæfni veita
- 4.2.5. Efnainnihald vatns og veitagerðir

4.3. VATNSÖFLUN OG VATNSGÆSLA

- 4.3.1. Vatnspörf, vatnsgæðakröfur og vatnsauðgi
- 4.3.2. Vatnsleit og vatnsbólaval
- 4.3.3. Vatnsvernd

4.4. VATNSBÓL OG VEITAR

- 4.4.1. Almenn atriði við vatnsbólagerð
- 4.4.2. Lindir
- 4.4.3. Opin vatnsból
- 4.4.4. Brunnar og ræsi í laus jarðlög
- 4.4.5. Borholur í fast berg eða laus jarðlög

4.5. VATNSGÆÐI, MENGUN OG VATNSVERND

- 4.5.1. Vatnsgæði, þarfir, kröfur og viðmiðanir
- 4.5.2. Mengun og mengunarhættur
- 4.5.3. Vatnshreinsun
- 4.5.4. Vatnsverndarsvæði
- 4.5.5. Vatnsgæsla og eftirlit

4.6. VATNSLEITAR- OG VATNSÖFLUNARRANNSÓKNIR

- 4.6.1. Forkönnun og yfirlitsrannsóknir
- 4.6.2. Undirbúnings- og hönnunarrannsóknir
- 4.6.3. Afkastamat og prófanir
- 4.6.4. Vatnsverndarrannsóknir
- 4.6.5. Eftirlit og langtímamat

HEIMILDIR OG ÍTAREFNI

4.1. INNGANGUR

Í fyrirbyggjandi kafla 4 er fjallað um vatnsöflun til vatnsveitna, einkum úr grunnvatni, leit að vænlegum vatnstökusvæðum og gerð vatnsbóla. Í því skyni er fyrst greint frá atriðum í hringrás vatnsins, rennsli þess sem grunnvatns og ástandi þess (sjá kafla 4.2.), þá er dregið á nokkur atriði varðandi aðgerðaferilinn frá vatnsleit til vatnsbólagerðar og eftirlits með vatnstökusvæðum (sjá kafla 4.3.), síðan fjallað um gerð vatnsbóla eftir vatnajarðfræðilegum aðstæðum (sjá kafla 4.4.), þar næst um atriði varðandi vörslu vatnsgæða, mengunarhættur og vatnsvernd (sjá kafla 4.5.), og að lokum um ýmis stig rannsókna við vatnsleit og mat á vatnsbólum (sjá kafla 4.6.).

Hér á eftir er örstutt lýst, eftir hverju er verið að sækjast með vatnsleit og vatnsöflun (4.1.1. Nytjavatn og vatnsöflun) og síðan, hvað ræður aðgerðum við að afla viðunandi neysluvatns (4.1.2. Ferill vatns í vatnsvinnslu).

4.1.1. Nytjavatn og vatnsöflun

Neysluvatn er drykkjarhæft vatn, sem aflað er til drykkjar, heimilisnota, matvælaíðnaðar og annars þess, sem hreint vatn þarf til. Ekki þarf allt vatn að vera af neysluvatnsgæðum, sem notað er. Skolvatn ýmislegt, kælivatn, áveituvatn til ræktunar, vatn til sumra þátta fiskeldis o.s.frv. þarf ekki að uppfylla allar kröfur til neysluvatns um efnainnihald, lykt og bragð, gerlamengun o.fl. Þetta óvandaðra vatn hefur stundum verið kallað "verkavatn", en allt það vatn, sem tekið er til nota hefur verið kallað nytjavatn. Stórnotendur taka sumir "verkavatn" til sinna þarfa og þess eru dæmi, að vatnsveitur taka slíkt vatn í sérveitum handa slíkum notendum. Annars er yfirleitt stefnt að því, að vatn það, sem vatnsveitur taka til dreifingar á sínu svæði, sé af neysluvatnsgæðum. Hér á eftir er jafnan miðað við slíkt vatn.

Kröfur til neysluvatns hafa farið harðnandi í tímans rás, eftir því sem hollustuvitund, tæknigeta og fjárráð hafa þróast. Má vænta þess, að sú þróun haldi áfram enn um sinn, en afleiðing hennar hefur verið, að nú þykja ekki lengur fullnægjandi ýmsar vatnsveitur eða vatnsból, sem nógu góð voru á sínum tíma. Af því leiðir þörf á að endurnýja vatnsból, auk þess að mæta vaxandi vatnspörf og tryggja betur en fyrr vernd og gæði neysluvatnsins. Vatnsöflun vatnsveitna þarf því að vera í stöðugri endurskoðun og undir stöðugu eftirliti af hálfu vatnsveitnanna sjálfra.

4.1.2. Ferill vatns í vatnsvinnslu

Neysluvatn er tekið úr náttúrulegri auðlind, þar sem er hringrás vatnsins, en eftir notkun er því veitt aftur inn í þessa hringrás. Hér er einungis litið til töku vatnsins og þeirra vatnafræðilegu og jarðfræðilegu vandamála, sem fylgja vatnstökunni. Vatnið er tekið úr vatnsbóli, en það er uppspretta sú eða vatnslag, sem vatnið er tekið úr, ásamt mannvirki því, sem til þess er gert. Þessi skilgreining á jafnan við "vatnsból" hér á eftir. Vatnsból geta verið mörg fyrir sömu veitu á litlu svæði og er það þá hér á eftir oft kallað vatnstökusvæði. Vatn rennur til vatnstökusvæðis af mun stærra svæðið, sem hér á eftir

4.1.2.

er kallað aðrennslissvæði vatnsbóls eða vatnstökusvæðis, eða vatnasvið þess. Það skilst af vatnaskilum frá aðrennslissvæðum annarra staða eða svæða. Vatnsleit er yfirleitt könnun á vatnsöflunarmöguleikum á tilteknu vatnasviði, en til þess þarf oft að afmarka það fyrst. Frá vatnsbólunum er vatninu veitt til notendanna og er ekki fjallað um það frekar hér.

Náttúrulegar aðstæður (vatnafar og jarðgerð) eru forsendur vatnstöku, en hinu má ekki gleyma, að möguleikar til vatnsöflunar eru líka háðir mannlegri getu. Hún getur haft veruleg áhrif á leið þá, sem valin er til vatnsöflunar, oft afgerandi áhrif. Þar skal fyrst telja kostnað við vatnsöflunina. Kostnaður eykst mjög með miklum mannvirkjum við vatnsbólagerð og löngum aðveitum, auk þess sem dæling vatns getur verið mjög þungur liður í rekstri. Landshættir og aðgengd geta verið til tæknilegra vandræða og aukið þar með á kostnað. Fjárráð vatnsveitna setja því nýtingu náttúrulegra aðstæðna vissar skorður. Annað atriði er réttur til vatnsins, sem lagalega séð er að öðru jöfnu ekki mikill tálmi fyrir opinberar vatnsveitur. Andstaða getur þó verið hjá landhöfum við vatnstöku, af margvíslegum ástæðum, og getur það valdið ýmsum félagslegum erfiðleikum við nýtingu réttar vatnsveitna til vatnstöku. Sams konar vandamál geta komið upp vegna nauðsynlegrar vatnsverndar um vatnsból, en verndin þarf oft að ná til stórra svæða með ýmis konar nýtingu og athafnasemi. Fyrir utan félagslega vandann geta komið til bætur fyrir landsspjöll, nýtingarskerðingu eða uppkaup hagsmuna, en allt eykur það á kostnað. Um þessa þætti verður ekki fjallað nánar hér, en hafa verður hugfast, að þeir geta skert möguleika vatnsveitna til vatnsöflunar og hafa þannig áhrif á vatnsleit og tillögur um vatnsbólsstæði og vatnsvernd, umfram það sem náttúrulegar aðstæður gefa efni til.

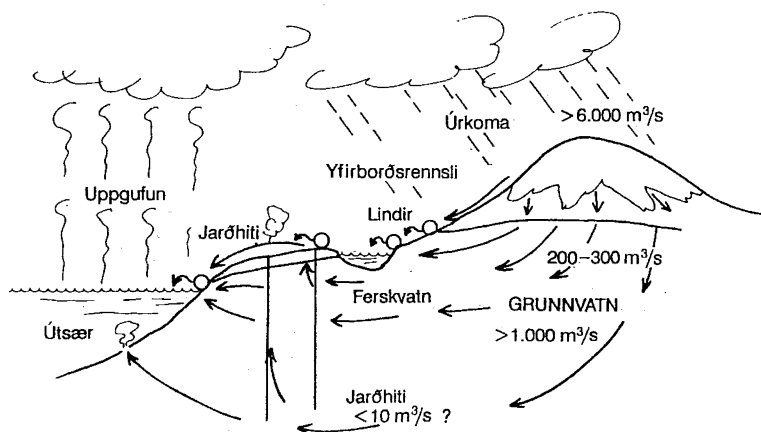
4.2. VATNAFAR: VATNSHAGUR OG ÁSTAND VATNS

Í þessum kafla er fjallað stutt um helstu atriði í vatnafari, hvað grunnvatn varðar. Drepið er á atriði, sem hafa áhrif á vatnshag grunnvatnsins í hringrás vatnsins (4.2.1.), lýst er meginatriðum í grunnvatnsrennsli og skilgreind hugtök í vatnajarðfræði (4.2.2.) og fjallað um veita og stemma (4.2.3.). Þá er drepið á **helstu** gerðir grunnvatnsveita og tengsl þeirra við jarðmyndanir (4.2.4.) Loks er efnainihaldi grunnvatns á landinu lýst stutt, helstu upprunabáttum þess og tengslum þess við tilteknar veitagerðir (4.2.5.).

4.2.1. Hringrás vatnsins og vatnshagur

Grunnvatnið er hlekkur eða áfangi í hringrás vatnsins. **Vatnshagur** þess (vatnsbúskapur, vatnsjöfnuður; water balance, hydrological regime) segir til um **hversu mikið vatn er til ráðstöfunar á tilteknu grunnvatnssvæði**. Vatnshagur grunnvatnsins er háður öðrum áföngum í hringrás vatnsins. Helstu áfangar í hringrás vatnsins eru eftirfarandi:

- Úrkoma á yfirborð jarðar frá raka í andrúmsloftinu
- Tímabundin miðlun í snjó, jöklum og jarðvegi
- Afrennsli á yfirborði eða írennsli til grunnvatns
- **Grunnvatnsrennsli neðanjarðar**
- **Lindauppsprettur, seytl og vætur.**
- Rennsli til sjávar og uppgufun þar eða af jarðaryfirborði
- Raki í loftmössum andrúmsloftsins. Þar með er hringrásinni lokað



Mynd 4.2. - 1: Hringrás vatnsins.

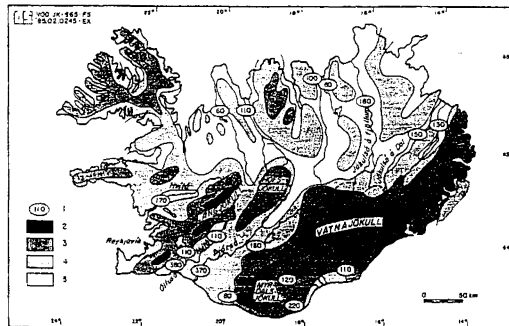
Ísland er úrkomusamt (um 60 l/s á km^2 að meðaltali) og tiltölulega auðugt af grunnvatni, sem er um sjöttungur alls afrennslisins. (Gerð eftir: Freysteinn Sigurðsson 1994)

Helstu þættir, sem líta þarf til við að reyna að meta vatnshag grunnvatnsins eru eftirfarandi:

4.2.2.

- *Úrkoma* á grunnvatnssvæðinu, dreifing hennar á svæðið og yfir árið, skifting hennar í regn og snjó.
- *Aðrennslissvæði linda og vatnsbóla (vatnasvið)*, mörk og stærð grunnvatnssvæðisins, landslag og jarðgerð á því.
- *Írennsli til grunnvatns*, afrennsli á yfirborði, uppgufun frá yfirborði, miðlun í snjó og jarðvegi.
- *Grunnvatnssstreymi*, geta lekra jarðlaga (veitar, aquifers) til að flytja grunnvatnið, leiðni (transmissivity) jarðlaganna.
- *Vatnsmegin* ("rennsli", í l/s eða m³/s) linda og vatnsbóla. Auk stærri linda er víða seytl og vatnssmit, sem erfitt er að henda reiður á.

Úrkoman er mæld á um 120 veðurathugunarstöðvum og úrkomumælistöðvum á landinu, langflestum í byggð, en að auki á um 20 safnmælistöðvum, öllum í óbyggð. Úrkoman er mæld í millimetrum, sem samsvarar þykkt þess vatnslags, er úrkoman legði á yfirborð jarðar, ef ekkert rynni brott. Algeng ársúrkoma hérlendis í byggð er 500 - 1.500 mm, þ.e. 1/2 - 1 1/2 m á ári. Ekki skilar sér öll úrkoman í mælana. Hluti fýkur úr safnuskálinni á mælunum og jafnan því meira sem hvassara er. Einkum fýkur snjór úr mælunum og er því mælatapið því meira, að öðru jöfnu, sem hlutfall snævar á móti regni er hærra í ársúrkomunni. Ýmislegt hefur verið reynt til að meta eða reikna mælatapið, en þar kemur svo margt til, að ekki hefur enn tekist að finna nákvæmar reglur um það. Algengt mælatap mun vera 25 - 50 %, þar sem hvasst er og snjóasamt.



Mynd 4.2. - 2: Úrkomukort af Íslandi, einfaldað.

Skýringar: 1: Meðalrennsli fallvatna í m³/s; 2: Úrkoma > 3.200 mm/ári; 3: Úrkoma 1.600 - 3.200 mm/ári; 4: 800 - 1.600 mm/ári; 5: < 800 mm/ári.

Úrkoman er langmest á Suður- og Austurlandi, en víða lítil á Norðurlandi. (*Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson 1985 / 1990*).

Úrkomumælingarnar segja að sjálfsögðu aðeins til um úrkomuna á mælistaðnum sjálfum. Gríðarmikill munur getur verið á úrkomu milli nálægra staða. Munar þar einna mest um eftirtalin atriði:

- Lega við aðalúrkomuáttum.
- Hæð yfir sjó.
- Bratti lands.

Úrkoma er mest í hafáttum og eru því oft úrkomuskuggar (þ.e. lítil úrkoma) bak við meiri háttar fjöll og ofan í breiðum dölum. Mest er úrkoman, þar sem rakir loftmassar lyftast yfir há og brött fjöll. Vegna vindhraðans á loftmössunum fellur hluti af þessari úrkomu eftir að kemur yfir hákamba fjallanna. Sú úrkoma nær þó sjaldnast nema nokkra kílómetra yfir þá. Loftmassarnir hlýna, þegar þeir síga ofan af fjöllunum (hnúkaþeyr), og snardregur þá oft úr úrkomunni. Við úrkomuna dregur úr rakanum í loftmössunum og minnkar því úrkoma úr þeim inn til landsins, nema helst þar sem landið fer stighækkandi. Gróf þumalfingursregla er, að úrkoman aukist um 10 % við hverja 100 m í hæð, á móti aðalúrkomuáttinni, en hún á þó hvergi nærri alls staðar við. Úrkoman frá Reykjavík (um 800 mm/ári) og upp í Bláfjöll (yfir 3.000 mm/ári) eykst um nærri 20 % á hverja 100 m, en þar er aðalúrkomuáttin á suðaustan og er aukningin frá Þorlákshöfn (um 1.600 mm/ári) og upp í Bláfjöll mun nær þumalfingursreglunni. Til þessara atriða - og fleiri slíkra - þarf að líta, þegar reynt er að meta úrkomu á hinum ýmsu hlutum vatnasviðanna.

Úrkoman er uppspretta alls vatns og því er magn hennar afgerandi fyrir vatnsmagn það, sem er til umráða á vatnasviðunum. Hvað grunnvatnið varðar takmarkast það enn fremur af írennsli til **grunnvatns**. Írennslið er fyrst og fremst háð gerð jarðlaganna og lekt þeirra. Um þau atriði er fjallað nánar í kafla 4.2.4. Afdrif úrkomunnar á jarðaryfirborði eru með þrennu móti:

1. *Uppgufun við yfirborð*: Hluti gufar upp úr jarðvegi, lausum jarðlögum, vötnum og pollum, eða út úr plöntum að sumarlagi. Talað er um gnóttargufun (potential evapotranspiration), en þá er miðað við að nóg vatn sé jafnan til staðar, og raungufun (actual evapotranspiration), sem er háð því hversu mikið og hversu oft vatn er til staðar á yfirborði. Hún er hérlendis líklega víða 200 - 300 mm/ári og verður nær öll að sumarlagi. Oft er raungufun látin ganga á móti mælatapi (t.d. eru 25 % af 1.000 mm/ári um 250 mm/ári) og miðað beint við úrkomutölur sem fyrstu nálgun um vatn til ráðstöfunar.
2. *Afrennsli á yfirborði*: Miða má við, að 1.000 mm/ári úrkoma skili 32 l/s af hverjum km² að ársmeðaltali. Yfirborðsafrennsli fer mest fram um læki og ár. Sé rennsli þeirra (vatnsmegin) þekkt yfir árið, er hægt að reikna afrennslið í l/s / km². Afgangurinn er þá til ráðstöfunar, sem írennsli til grunnvatns. Mest er afrennsli á yfirborði, þar sem jarðlög eru þétt (lítið lek) og bratti lands mikill.
3. *Írennsli til grunnvatns*: Nálgast má grunnvatnsrennsli (l/s / km², heildarrennsli sem l/s eða m³/s) á tvennu vegu: Sem afgangsstærð af úrkomu að frádregnu yfirborðsafrennsli (að viðbættu mælatapi og frádreginni raungufun, þegar við á), eða með því að mæla eða meta sem mest af lindarennsli af svæðinu. Fyrri stærðin er hámarksstærð og sú síðari lágmarksstærð.

Dreifing úrkomunnar yfir árið hefur mikil áhrif á írennsli til grunnvatns. Snjór er frosið vatn og skilar sér ekki til írennslis, fyrr en snjórinn bráðnar og jörð þíðnar, svo að vatnið geti lekið niður. Því herra hlutfall úrkomunnar fellur sem snjór, sem land liggur hærra og lofthiti er lægri. Staðbundnar aðstæður ráða líka miklu um snjóalög. Fannir skefur saman undan vissum áttum og á vissa staði, miklu meira þíðnar móti sól en í skugga o.s.frv. Vanir menn geta metið þessar aðstæður nokkuð vel, en um þessar aðstæður eru upplýsingar frá glöggum, athugulum og staðkunnugum heimamönnum að öðru jöfnu

4.2.4.

bestar. Því meiri sem snjóalög eru, því meiri líkur eru á miklu yfirborðsafrennsli í leysingum og þá minna írennsli til grunnvatns að tiltölu. Þíðtími á ári hverju er yfirleitt því styttri, sem land er hærra, en honum samsvarar þá aðalírennslistími grunnvatns. Grunnvatnspurrð getur því varað lengur hátt til fjalla en á láglandi. Grunnvatnsrennsli og lindarennisli getur þorrið mjög í og undan litlum og vel lekum grunnvatnssvæðum á löngum og ströngum vetrum. Árstíðasveiflur eru algengar á lindarennisli undan smærri svæðum, með lágstöðu síðsumars (sumarþurrkar og hitar) og oft mestu lágstöðu undir vor (vetrarfrerar og snjóbinding), en mesta hámarki oft á vorin (leysingar) og stundum eða sums staðar með öðru hámarki á haustin (haustrigningar). Sveiflur í rennsli (vatnsmegini) og ástandi lindavatnsins eru yfirleitt því minni sem vatnasviðið er stærra og aðrennislisleiðir lengri.

4.2.2. Grunnvatnsrennsli og vatnajarðfræðilegar stærðir:

Grunnvatnið rennur gegnum samtengd göt í jarðlögum. Um þau atriði er fjallað nánar í kafla 4.2.4. Vatnið loðir við veggina í götunum og hefur sjálft að auki vissa samloðun, svo að beita verður það afli til að fá það til að renna í gegnum götin. Aflið sem knýr grunnvatnsstrauminn er þyngdarafli jarðar, sem togar í grunnvatnið. Því samsvarar þyngd (þrýstingur) vatnssúlu, sem nemur hæðarmun á grunnvatnsborði milli staða. Þannig hefur 10 m há vatnssúla þyngd sem samsvarar 1 kg (rétt væri að tala um þrýsting, þ.e. kraftur á flöt, eða massi með þyngdarhröðun á flatarmál, $\text{kg} \times \text{m/s}^2 / \text{m}^2$). Þetta afl knýr vatnið leiðina á milli staða með mishátt grunnvatnsborð. Viðnámið við rennslinu er í heild því meira, sem rennislisleiðin er lengri, en það er einnig háð gerð og eðli jarðlaganna, þ.e. lekt þeirra. Þrýstifallið yfir vegalengd rennislisleiðar samsvarar þannig bratta eða halla grunnvatnsborðsins, þ.e. hæðarmuni yfir vegalengd:

$$i = h / l;$$

i: Bratti falls grunnvatnsborðs (m/m).

h: Hæðarmunur grunnvatnsborðs (lóðrétt) milli staða (m).

l: Vegalengd (lárétt) milli staða (m).

Lekt jarðlaganna og bratti (halli) grunnvatnsborðsins ráða því rennlishraða grunnvatnsins. Um það gildir svokallað Darcy-lögmál, sem Frakki að nafni Darcy, vatnsveitustjóri í Dijon í Frakklandi, uppgötvaði um miðja 19. öld:

$$v = K \times i;$$

v: Rennlishraði vatnsmassans ("Darcy-hraði") (m/s).

K: Lekt (lektarstuðull, "streymislekt") (m/s).

i: Bratti (halli) grunnvatnsborðs (m/m).

Þetta er grundvallarlögmál um grunnvatnsrennsli. Hraði þessa rennslis er yfirleitt mjög lítill, oft ekki nema brot úr mm/sek. Við þetta hæga rennsli og í þröngum götunum í jarðlögum er grunnvatnsstreymið lagskift rennsli eða **lagstreymi**, þar sem vatnsgagnirnar hreyfast samhliða og beint eftir götunum, þ.e. straumlinur í grunnvatninu eru beinar og samhliða. Við mun meiri hraða (cm/s og meira að stærðargráðu) og í víðari götum (cm og þaðan af meira) myndast straumhvirlar í rennslinu, það verður

iðustreymi. Vatnsagnirnar renna þá í krókum og hlykkjum og straumlínurnar eru ekki beinar. Við það verða vatnsagnirnar að fara mun lengri leið og er því rennslis hraði vatnsins að sama skapi minni en ella. Um það gildir eftirfarandi lögmál:

$$v = K \times \sqrt{sr i};$$

Lagstreymi er ríkjandi í grunnvatnsstreymi í jarðlögunum, en iðustreymi í opnu vatni (skurðum, gjám og fallvötnum), í borholum og yfirleitt í víðum götum í fóðringum í borholum. Það nær oft nokkuð út í bergið umhverfis brunna og borholur við kröftuga dælingu. Aðstæður við beinar mælingar og prófanir í vatnsbólum eru því yfirleitt við iðustreymi og getur það valdið ruglingi í túlkunum á ýmsum sviðum í tengslum við samband jarðlaga og vatnsstreymisins.

Lekt sú, sem hér um ræðir, hefur verið kölluð "streymislekt" (hydraulic conductivity), en hún er háð seigju (viscosity) vatnsins. Seigjan fer eftir hita vatnsins, einnig vegna breytingar á eðlisþyngd með hækkunum hita.

Seigjan er um þriðjung minni við 20 °C en við 4 °C (þ.e. rennsli um 50 % hraðara) og um fimmfalt minni við 100 °C. Þessi munur skiftir miklu máli fyrir rennsli jarðhitavatns, en grunnvatn og lindavatn hér á landi er yfirleitt að hita til á bilinu 2 - 6 °C, svo að þessi munur skiftir sára litlu máli fyrir rennsli kalda vatnsins. Talað er um raunlekt (intrinsic permeability) jarðlaga, sem er óháð hita vatnsins. Tengslin milli streymislektar, raunlektar og seigju ("hreyfiseigja", kinematic viscosity) eru einföld:

$$K = g \times k / \nu;$$

K: Streymislekt (m/s).

g: Hröðun þyngdaraflsins (m/s²).

k: Raunlekt (eining darcy eða millidarcy, md, m²).

ν : Seigja (m²/s).

Hér á eftir verður jafnan átt við "streymislekt" (hydraulic conductivity), þegar talað er um lekt.

Rennslis hraði sá, sem hér hefur verið talað um, miðast við hraða vatnsmassans í gegnum jarðlögin (opið rými), en raunverulegur hraði vatnsins er annar og meiri, þar eð hann rennur einungis í gegnum þann hluta jarðlaganna, sem samsvarar nógu víðum og samtengdum götum í því. Rúmmálshlutfall gata (opins rýmis) í jarðlögunum er kallað **grop** (porosity). Það er táknað með n eða p (en p getur ruglast saman við tákn fyrir þrýsting, svo að margir nota frekar n) og er tjáð í % (hundraðshlutum, prósentum) af heildarrýminu, eða hlutfallstölum (10 % = 0,1). Gropið er mjög hátt í jarðlögum eins og leir (oft kringum 50 %), en götin ("gropurnar") eru svo þröng í honum, að ekkert vatn rennur í gegnum mikinn hluta þeirra við venjulegar aðstæður og afar tregt í gegnum hinar. Lektin er því sára lítil. Enn er í ræðu manna á milli oft ruglað saman gropi og lekt og talað um "gljúp" eða "gropin" jarðlög, þegar menn meina jarðlög, sem hleypa vatni greitt í gegnum sig, þ.e.a.s. "lek" jarðlög. Ekkert vatn rennur í gegnum ofurþröngar eða ósamtengdar holur, þó að þær séu annars fullar af vatni. Hins vegar bregðast allar vatnsfullar holur eins við vissum jarðeðlisfræðilegum mælingum í borholum og verður því með þeim ekki greint á milli heildargrops (total porosity) og virks grops.

4.2.6.

Grunnvatnsrennslið er einungis um nógu víðar og samtengdar holur, svokallað **virkt grop**, sem er líka tjáð í % eða hlutfallstölum.

Því minna sem virka gropið er, því hraðar verður vatnið að renna til að koma sama vatnsmagni á tímaeiningu í gegnum sama þversnið í jarðlögum. Þá gildir:

$$v \text{ (raunverulegt)} = v / n;$$

Vatnsmagnið, sem rennur í gegnum tiltekið þversnið í jarðlögum er háð stærð þversniðsins og rennslisraða vatnsmassans:

$$Q = v \times A = K \times i \times A;$$

Q: Vatnsmegin (l/s, m³/s).

v: Rennslisraði (m/s).

A: Flatarmál þversniðs (m²).

K: Lekt (m/s).

i: Þrýstingsfall, vatnshalli (m/m)

Við vatnsvinnslu skiftir þykkt vatnsgæfra jarðlaga miklu máli. Boraðar eru holur í þau, sem eru nánast einvitt mannvirki í þrívíðu jarðlagi, þar sem þessi eina vídd hefur samsvörun í þykkt jarðlagsins. Einkenni þessa jarðlags fyrir vatnsgæfni í borholum er því margfeldi af lekt þess og þykkt, sem hefur verið kölluð **leiðni** (transmissivity, eiginlega "gegnumlátssemi"). Leiðnin er einkennisgildi tiltekins jarðlags og samband hennar við lektina mjög einfalt:

$$T = K \times m;$$

T: Leiðni (m²/s)

K: Lekt (m/s).

m: Þykkt jarðlags (m).

Úr jarðlögum verður að öðru jöfnu ekki tekið meira vatn en er í virka gropinu. Því samsvarar því **geymd** (forðastuðull, storage) jarðlagsins, sem er þá líka tjáð í % eða hlutfallstölum. **Forði** vatnsins í tilteknu jarðlagi er þá margfeldi heildarrýmis jarðlagsins og geymdar þess:

$$F = V \times S;$$

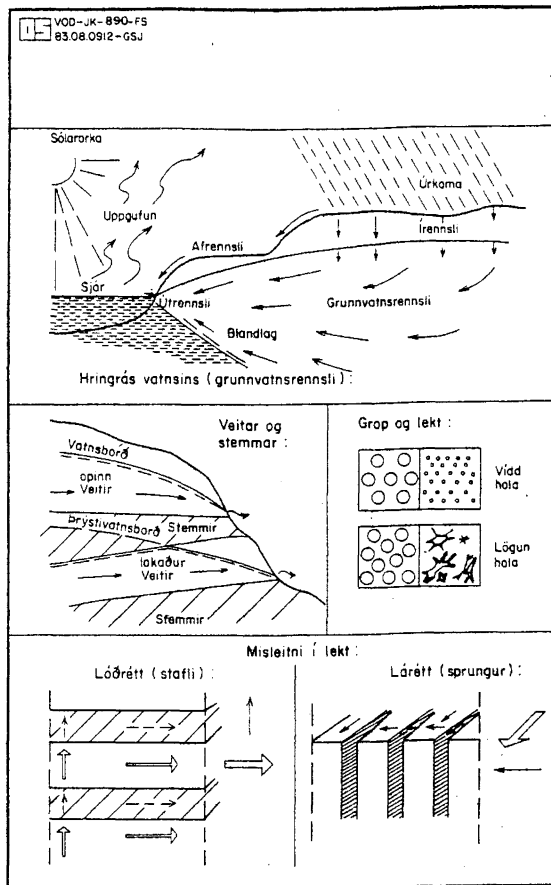
F: Forði (m³).

V: Rúmmál jarðlags (m³).

S: Geymd (%).

Lekt og geymd eru þýðingarmestu einkennisgildi tiltekinna jarðlagsgerða, en leiðni og forði eru tæknilega þýðingarmestu einkennisgildi tiltekins jarðlags, sem m.a. mælast eða reiknast við dæluprófanir og notuð eru við líkanreikninga á vatnstökusvæðunum og afkastamat á vatnsbólunum.

4.2.3. Veitar og veitagerðir:



Jarðlög eru afar misvel lek. Þau sem eru vel lek og flytja greiðlega vatn, eru kölluð **veitar** (aquifer), en þau sem eru nauða lítið lek og hamla vatnsrænnisli, eru kölluð **stemmar** (aquiclude). Ýmis millistig eru skilgreind í fræðunum, en þau hafa yfirleitt litla þýðingu í notkun. Munurinn á veitum og stemmum er afstæður. Þannig er jökulgormsfyllt grágrýti undir ungu kargahrauni stemmir undir veiti, en sams konar grágrýti ofan á gömlu og ummynduðu basalti er veitir ofan á stemmi, og hefur þetta jarðlag þar með skift um hlutverk, í afstæðum samanburði.

Mynd 4.2. - 3: Vatnajarðfræðileg skýringarmynd.

Sýnd eru nokkur helstu atriði í jarðgerð, sem áhrif hafa á grunnvatnsrænnisli. (Freysteinn Sigurðsson 1985)

Mismunandi hlutar sama jarðlags geta verið misvel lekir. Þetta gildir t.d. um hraunlög, en landið er að mestu byggt upp úr hraunum (af ýmsum aldri, frá tertíer til nútíma). Á efra og neðra borði hraunlaganna er yfirleitt gjall- eða kargalag, sem er vel opið og vel lekt í hraunum frá nútíma.

Í miðju hraunlagsins er meira eða minna þétt hraunstál, þar sem op eru einungis í glufunum milli stuðlanna, og lekt þess miklu minni en í kargalögunum. Fyrir vikið er lektin góð eftir hraunlaginu (í lagfletinum) en lítil þvert á hraunlagið (upp og niður). Þetta veldur **misleitni** (anisotropy) í hraunlaginu (sjá mynd 4.2. - 3). Misleitnin er afar mikilvæg og mjög algeng í jarðlögum og jarðlagastöflum hér á landi. Hún er yfirleitt þannig, að lekt er góð í jarðlagi, hluta jarðlags eða opinni sprungu, sem hefur flatarlega útbreiðslu, en lítil þvert á veitinn, sem þá afmarkast af stemmum.

Svona veitar inni á milli stemma eru kallaðir **lokaðir veitar** (confined aquifer). Vatn getur runnið inn í þá (t.d. vegna hæðar grunnvatnsborðs), þar sem opið er í þá, en rennur tregar út úr þeim í gegnum stemmana. Vatnsþrýstingur getur þá hlaðist upp í þeim, meiri en þarf til að knýja rennsli vatnsins. Við borun í þá getur því vatnsborðið risið verulega undan þrýstingnum, jafnvel upp fyrir jarðaryfirborð. Hæð þess (í borholum, með þrýstihæðinni) er kallað **þrýstivatsborð** (piezometric surface) (sjá mynd 4.2. - 3). Þrengsli eða tregða einhvers staðar í lokuðum veiti getur leitt til þess, að minna vatn sé í honum en greiðlega gæti runnið um hann annars staðar. Þrýstifallið verður þá að sama skapi minna og undirþrýstingur getur myndast í honum. Vatnsborð getur þá "hrapað"

4.2.8.

ofan í veitinn, þegar borað er í hann. Lokaðir veitar, með þrýstingi frábrugðnum þrýstingi í aðliggjandi jarðlögum, geta leitt til þess, að vatn renni upp eða niður eftir borholu, en sé ekki í jafnvægi. Hitamælingar, eða aðrar mælingar í vatninu í borholunni, gefa þá ekki rétta mynd af ástandinu úti í jarðlögum við ótruflaðar aðstæður. Á lokaða veita verka þrýstibreytingar í borholum, t.d. loftþrýstingur, þannig að vatnsborð hækkar eða lækkar.

Veitar á yfirborði eru yfirleitt **opnir veitar** (unconfined aquifer), þar sem vatn getur runnið greiðlega niður frá yfirborði og upp til yfirborðs. Grunnvatnsborð er þar því hvarvetna í jafnvægi við þrýsting andrúmsloftsins og breytist því ekki við breytingar á loftþrýstingi. Við dælingu úr opnum veiti lækkar grunnvatnsborðið umhverfis dælistað í samræmi við lekt og leiðni veitisins. Við dælingu úr lokuðum veiti lækkar þrýstingur í veitinum (fyrir eða síðar), en breytingar á grunnvatnsborði (við yfirborð) eru oft sára litlar og láta standa á sér. Margir veitar eru hvorki fyllilega opnir né fyllilega lokaðir. Viðbrögð vatns í þeim gagnvart ytri öflum (dælingu, loftþrýstingsbreytingum) sýna þá að hluta til viðbrögð hvorrar veitagerðar fyrir sig. Slíkir veitar eru kallaðir hálflokaðir veitar (semiconfined aquifer).

Þegar borað er niður í lokaðan veiti getur vatn flætt skyndilega inn í borholuna í miklum mæli eða undir þrýstingi. Oft er talað um "að hitta á æð" í því sambandi. Æð væri sem næst línulegt fyrirbæri, en línulegir veitar eru næsta sjaldgæfir í náttúrunni (helst fornir árfarvegir undir seti eða hrauni). Tal um "vatnsæðar" er því eðlisfræðilega kjaftæði, sem á reyndar rót sína að rekja til blóðtökumanna miðalda. Það er þó fyrir löngu orðið fastur liður í verkætunitali margra bormanna og sumra jarðfræðinga og annarra ráðgjafa en aðrir taka það eftir þeim. Þetta á samt ekki að valda vandræðum í þessu samhengi, ef allir eru sér meðvitaðir um eðli þess. Engu að síður verða allir aðilar að hafa stöðugt hugfast, að þessar "æðar" eru gat ofan í flatarlegan veiti en ekki einhver línuleg "pípa" í jörðinni. Annað getur valdið einkar slæmum ruglingi.

Algengt er, að vatn vætli úr jörðu, eða myndi jafnvel vatnslag, sem er langt fyrir ofan samfelld grunnvatn í jarðlögum. Slíkt vatn er kallað **villuvatn** og það leka jarðlag, sem vatnið er í, stundum villuveitir, því að það birtist á sama hátt og grunnvatn í vatnsgæfum veitum. Villuvatn kemur einkum fyrir með þrennu móti:

1. Í og ofan á þéttum jarðlögum við yfirborð, t.d. jarðvegi, einkum mýrjarðvegi, finu seti í pollum og tjarnstæðum, ískoluðu seti efst eða yst í bergi o.fl. Brunnar voru víða áður í villuvatn í jarðvegstorfum á hraunum. Rennsli er yfirleitt lítið úr svona veitum og þá einkum eftir rigningar og leysingar.
2. Á stummum í jarðlagastafla, t.d. í basaltstöflum. Þar eru hraunstálin eða þéttuð millilög (oft ummynduð) oftast stummarnir. Dæmi eru um villivatn á mörgum "hæðum" í svona stöflum. Vatnið getur runnið fram á stummunum og vætlað út úr berginu, jafnvel í smálindum.
3. Svipaðar aðstæður geta komið fyrir í móbergi, nema hvað þar er sjaldnar um beina lagskiftingu að ræða, heldur mismunandi hami ("ásýnd", facies) eða misfellur eins og sprungur og skriðfleti.

Fyrir utan jarðfræðilegar aðstæður eru helstu einkenni villuvatns, að vatnslaus jarðlög eru neðan villuveitanna, rennsli úr þeim er yfirleitt mjög sveiflukennt og ástand vatnsins líka (t.d. vatnshiti).

4.2.4. Jarðmyndanir og vatnsgæfni veita:

Veita er hægt að flokka eftir jarðfræðilegri gerð þeirra. Grófasta flokkun er eftirfarandi:

- Laus jarðlög á yfirborði (setlög).
- Fast berg.
- Sprungur, sprunguskarar og uppbrotið berg.

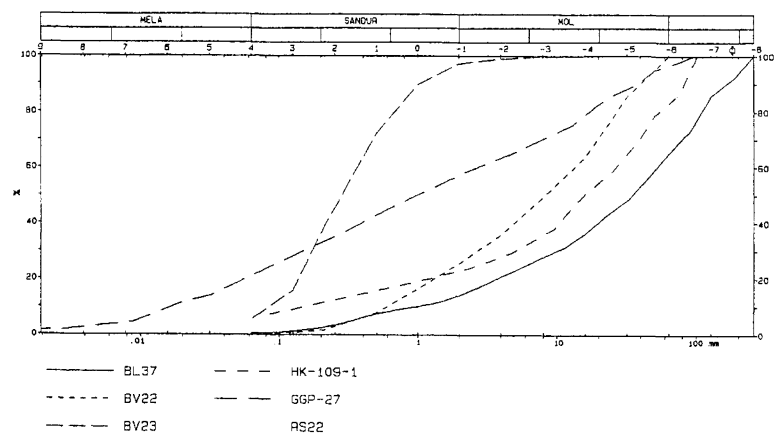
Laus jarðlög (set) eru samsett úr lausum kornum, misstórum og margvíslega löguðum. Vatnið rennur í gegnum götin á milli kornanna. Rennslið er því meira, sem götin eru víðari og fer nærri, að rennslið sé í réttu hlutfalli við fjórða veldi víddar gatsins. Því stærri sem götin eru, því færri eru þau líka (sjá mynd 4.2. - 3) og lætur nærri, að lekt jarðlagsins sé í réttu hlutfalli við annað veldi víddar gatanna:

$K \propto d^2$;

K: Lekt (m/s).

d: Þvermál gats (m).

Kornastærðin í setlögum skiftir því verulegu máli fyrir lektina. Lögun gatanna og áferð veggja þeirra skiftir líka máli. Hrjúf áferð og kræklótt göt valda mikilli viðloðun og draga úr lektinni. Slétt og núin korn hafa minnsta viðloðun og því er lekt meiri í slíku seti. Minni korn geta raðað sér í götin milli stærri korna og fyllt upp í þau að verulegu leyti og þrengt þau göt, sem eftir verða. Það fer eftir kornastærðardreifingunni, hversu mikið og hvernig kornin fylla í götin á milli stærri kornanna. Sé svo mikið af finum kornum, að þau fylli alveg í götin á milli stærri kornanna, - eða enn meira, svo að stóru kornin "fljóti" í "fyllid" (matrix) finni korna, - þá eru það finu kornin, sem ráða lektinni, en ekki þau stóru. **Við mat á lekt setlaga þarf því fyrst og fremst að gefa gaum að kornastærð og magni (hlutdeild) finni kornastærða, en síður að stærð stærstu korna.**



Mynd 4.2. - 4: Kornastærðardreifing í mismunandi settegundum.

4.2.10.

Á lóðréttu ásnum er summa hluta einstakra kornastærða (í % á hvern stærðarflokk) en stærðarflokkarnir á lárétta ásnum. Einkorna set (brattir ferlar) eru oftast vel lek, en set fyllt af finni kornum (flatari ferlar) eru illa lek. Í blönduðu seti með tilteknum, ríkjandi kornastærðum (brattir kaflar á sveigðum ferlum) er hlutur finefnanna oft ráðandi fyrir lektina. Skýringar við ferlana: BL 37: Gróf áreyri. BV 22: Árset (fín ármöl); BV 23: Foksandur. HK-109-1: Aurkeila. GGP-27: Jökulruðningur. RS 22: Fjörusandur. (Skúli Víkingsson 1998).

Lekust eru setlög af eftirfarandi gerðum:

- Vel aðgreint ("sorterað") set, þ.e. sem mest einkorna eða með einn ríkjandi kornastærðarflokk (t.d. sjávarmöl, sumar áreyrar, sumar skriður og urðir, foksandur o.s.frv.).
- Ríkjandi kornastærð sem grófust (t.d. grjóturðir, gróf og hrein mól, hreinn grófsandur o.s.frv.).
- Kornin vel núin og sléttuð (t.d. sjávarmöl, ármöl o.s.frv.).

Minnst lek eru setlög af eftirfarandi gerðum:

- Illa aðgreind set með ríkjandi finum kornastærðum (t.d. jökulruðningur, flóðaset, sum framhlaup o.s.frv.).
- Ríkjandi kornastærðir finar (t.d. "sjávarleir" í strandhjöllum og undir jarðvegi, sumir jökulaurar, finsandar í fjarðarbotnum og óshólmum o.s.frv.).
- Kornin hrufótt og hornótt (t.d. sumar skriður og framhlaup, sumar jökulurðir o.s.frv.).

Samræn ("hómógen", einsleit, einskynja) setlög þekja sjaldan stór svæði hér á landi. Stærst eru jökuláurur, fornir og nýir. Margar tegundir (flokkar) setlaga eru sundurleitar að gerð, t.d. áreyrar og framhlaup. Því geta sumir hlutar þeirra verið vel lekir en aðrir miður. Í áreyrum skiftast á malarlög og sandlinsur, vel aðgreint set úr fyrrverandi straumálum og fínt eða illa aðgreint set úr áflæði eða straumhléi, svo dæmi sé nefnt. Fyrir vikið geta vatnsbólmannvirki (brunnar, borholur) verið verulega misjöfn í vatnsgæfni í sama jarðlagi og staðsett nærri hvert öðru. Það verður ekki líkt því alltaf séð á yfirborði, hvernig setgerðin muni vera dýpra í jarðlaginu.

Meðal góðra **setveita** má telja eftirfarandi:

- Áreyrar, einkum malarríkar og með vel aðgreindar kornastærðir.
- Malarásar (eftir jökla), sumir jaðarhjallar jökla.
- Sumar aursvuntur undan giljakjöftum, einkum vel aðgreindar.
- Sum framhlaup, sem vænar lindir koma undan.
- Sumar skriður, sem stöðugar lindir eru undan.

Ýmis vel lek setlög (t.d. fornar strandmalir, foksandsbreiður o.fl.) koma yfirleitt fyrir í svo litlum mæli, eru svo þunn eða á annan hátt rýr, að vatnsgæfni þeirra er mjög takmörkuð og þýðing þeirra lítil fyrir vatnstöku. Önnur setlög eru sjaldan vænleg til að vera vatnsgæfir veitar: Jökulruðningur, fínkorna jökulaurar, flóðaset, sum framhlaup, jarðvegur, fornar sjávarleir o.fl. delim `` gfont R

Áreyrar og aursvuntur liggja nærri láréttnu og kemur grunnvatn ekki alltaf til yfirborðs í afmörkuðum lindum úr þeim. Þessi jarðlög eru yfirleitt ekki nema nokkra m á þykkt, stundum þó yfir 10 m. Úr þeim þarf yfirleitt að dæla vatni úr víðeigandi vatnsbólum (brunnum, borholum). Lekt getur verið allgóð í svona veitum, oft `10 sup -4` - `10 sup -3` m/s í áreyrum, en þó meiri í hreinni möl. Geymd er veruleg í þessum veitum, oft 20 - 25 %, svo að verulegur vatnsforði getur verið í þeim, þó að flatarmál þeirra sé ekki alltaf mikið. Þar kemur á móti, að fallvötn þau, sem um þá renna, halda uppi grunnvatni í þeim. Algengt er að vinna megi grunnvatn úr áreyrum svo skiftir tugum l/s, en þó sjaldan miklu meira.

Framhlaup og skriður eru samsettari að gerð, grunnvatnið er þar á ferð í mjög mislekum hlutum jarðlagsins, sem er oftast en hitt í halla, svo að grunnvatnið rennur niður jarðlögin og sprettur upp í lindum við rætur þeirra, eða á hallaskilum. Grunnvatnið rennur líklega oft í þeim í betur eða verr afmörkuðum rásum. Sjaldan má ná meira vatni en kemur sýnilega fram í uppsprettum. Lekt getur verið mjög mikil í skriðum og vatnsmegin linda undan þeim að sama skapi sveiflukennt. Svipað gildir um framhlaup, en þó er jöfnun rennslis yfirleitt mun betri í þeim. Þar sem vatnsrennslisli verður sjaldan aukið úr þessum veitum með mannvirkjum, þá er til lítills að fjalla um gildi fyrir lekt og geymd í þeim. Undantekning er sumar þykkar, hallalitlar og miðlungi lekar skriður, sem líkjast meira áreyrum í vatnajarðfræðilegum eiginleikum sínum.

Lekt er afar lítil í "sjávarleir" (kornastærð er oft méla, "silt"), eða líklega `10 sup -6` - `10 sup -9` m/s, og í mójardvegi `10 sup -6` - `10 sup -7` m/s, en heldur meiri í öskurikum, grófkorna jarðvegi. Mélurík fyllt (matrix) í jökulruðningi gæti verið álíka lek lítið og sjávarleirinn, en grófari fyllt hefur meiri lekt. Ekki fer fjarri, að jarðlög með minni lekt en `10 sup -4` - `10 sup -5` m/s hafi ekki nægjanlega lekt fyrir vatnsból vatnsveitna, þó mjatla megi úr þeim stundum nægjanlegt vatn fyrir einstaka notendur. Jarðlög með meiri lekt en `10 sup -4` - `10 sup -3` m/s eru yfirleitt nægjanlega vatnsgæfir fyrir vatnsból, er duga vatnsveitum, þó stærð veitis (forði) og innri gerð jarðlags (vatnsbólsgerð) hafi þar einnig áhrif.

Lekt (m/s)	1	0,1	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Lektin er	Mjög mikil - mikil			Nokkur - lítil				Överuleg - nánast engin		
Jarðlag	Hrein möl		Hreinn sandur		Finn sandur, silt		Leir			
	Hraun kargi		Ungt grágrýti		Tertfert basalt setberg					
	Hraun		basalt		Árkvarter setberg					
	bólstraberg b.brekka t.brekka tófl		Móberg							
Aðferð við mat á lekt	Tvíþólprófun			Langtímadæluþrófun		Prepadæling				
						Með þrýsti- skynjara		Pakkari		
						Gryfjur		Mælingar á óbreyðum sýnum á tilraunastofu		

Mynd 4.2. - 5: Lekt íslenskra jarðefna.

4.2.12.

Hver tegund jarðlaga (t.d. hraun, móberg) hefur lekt á vissu bili, allt eftir því hvernig gerð þess er í hverju tilfalli (t.d. hlutfall fínkorna efna í möl og sandi, gjall og kargi í hraunlagi o.s.frv.). (Freysteinn Sigurðsson og Jón Ingimarsson 1990)

Fast berg skiftist í tvennt eftir gerð þess:

1. **"Gropberg"**, sem er mikið gropið og rennsli vatns að verulegu leyti í holum milli samfastra korna. Hér til heyra ýmsar vel lekar gerðir af setbergi (einkum völuberg (konglomerat) og grófur sandsteinn) og móbergi (einkum "túff" og þursaberg), en einnig illa lekt berg eins og jökulberg, ummynduð öskulög og fínkorna setlög. Setbergið er yfirleitt millilög í hraunlagastöflum, en móbergið myndar stórar hrúgur og fjöll. Geymd í gropberginu er oft 10 - 30 %, eftir því hversu fyllt er í götin af ummyndunarsteindum eða við samlíminguna.
2. **"Glufuberg"**, þar sem rennsli vatns er mest um glufur milli stuðla og bergbúta. Hér til heyra fyrst og fremst hraunstálin í basalthraununum, en einnig flest annað storkuberg, sem ekki hefur splundrast við kælingu, eins og móberg (innskot, kubbaberg, bólstraberg að vissu marki). Glufuberg kemur einkum fyrir í lagskiftum stöflum, eða lagskifting er oft í því, svo að misleitni er oft mikil í því. Geymd er mun minni í glufuberginu, eða oft 1 - 10 %, eftir því hversu fyllt er í glufurnar.

Gropberg er yfirleitt einnig sprungið eða klofið í stuðla, svo að glufulekt er líka fyrir hendi í því. Eins er oft verulegt virkt grop í glufubergi, t.d. gjall og kargi í hraunum. Geymd þess er þá að sama skapi meiri, líklega oft 10 - 20 %. Ummyndun og útfellingar í eldra bergi, eða öðru því bergi, sem orðið hefur fyrir jarðhitaáhrifum, dregur yfirleitt úr lektinni með því að þétta í eða þrengja gropur og glufur í berginu.

Góðir veitar í föstu bergi eru einkum eftirtaldir:

- Hraun frá nútíma (eftir lok ísaldar fyrir 10.000 - 14.000 árum).
- Grágrýti (hraun frá hlýskeyðum ísaldar).
- Óholufyllt basalt (einkum í efri hluta fjalla í blágrýtinu).
- Bólstraberg (í móbergi, því betra því hreinna sem það er).
- Sumt lítið ummyndað móberg (túff og þursaberg)
- Sumt lítið ummyndað og fyllt völuberg og sandsteinn.

Jökulberg, fín millilög, ummyndað berg, fínkorna móberg og þétt hraunstál í basalti eru yfirleitt lélegir veitar. Gjallkend og uppbrotin hraun eru einhverjir bestu veitar hér á landi, oft með lekt yfir $10 \text{ sup } -2'$ m/s. Grágrýti, sem ekki hefur fyllst af jökulgormi eða öðru seti, er líka oft mjög góðir veitar, iðulega með lekt yfir $10 \text{ sup } -3'$ m/s. Bólstraberg getur haft álíka góða lekt. Forn og ummyndað basalt, jökulberg og annað illa lekt berg hefur líklega iðulega ekki meiri lekt en $10 \text{ sup } -5'$ - $10 \text{ sup } -7'$ m/s. Þessi mikli munur veldur í berglagastafla misleitni, sem getur verið allt að 100-föld, þannig að lekt í lagfleti er 100 sinnum meiri en þvert á jarðlagastaflann.

Sprungur geta verið afar vel lekar, ef þær eru galopnar og víðar. Svo eru þær yfirleitt ekki, nema á virkum sprungusvæðum og þá einkum í ungum hraunum. Þar geta sprungurnar aukið á lekt stórra svæði sem samsvarar lekt af stærðinni $10 \text{ sup } -1'$ - $10 \text{ sup } -2'$ m/s. Fínni sprungur (hársprungur og aðrir brestir) valda mun minni lekt (svæðisbundið), sennilega sjaldan yfir $10 \text{ sup } -3'$ m/s, en þó yfirleitt miklu minni.

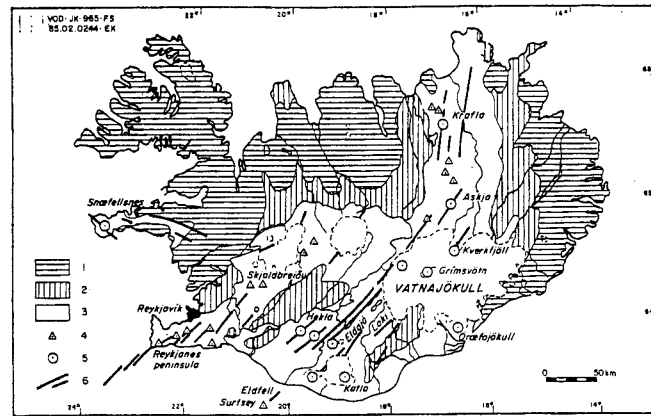
"Kassprungið" berg, með þröngum glufum, er því oft ótrúlega lítið lekt, þó að það sé rakt af smiti um glufurnar. "Lekt" á hér í sjálfu sér ekki við möguleika til rennslis um einstakar sprungur, en á betur við um sprungusvæði. Sprungur og gjár fyllast fljótt af hrúni nærri yfirborði en lekt getur verið veruleg í þessu hrungrjóti. Á meira dýpi eru sprungurnar meira eða minna lokaðar, m.a. vegna berg- og vatnsþrýstings í jarðlögum. Við þeirra getur þó verið einhverjir mm eða cm (sjaldan meira) og nægir það til að flytja verulegt vatn. Viðdin er yfirleitt misjöfn, því að sprunguveggirnir eru sjaldnast sléttir. Því geta verið kaflar og blettir á sprungunum, þar sem þær eru nánast lokaðar, en svo kaflar á milli þar sem þær eru nokkuð víðar og vel lekar. Það er því jafnaðarlega nokkurt happdrætti að hitta á lekan kafla í sprungum við boranir. Á sprungusvæðum eru sprungur þannig misvel opnar og einnig misvel tengdar, hver við aðra. Íðulega er það því aðeins hluti af sprungunum eða kaflar á þeim, sem skifta máli fyrir grunnvatnsrennslis og vatnstöku.

Við höggular (tektóniskar) hreyfingar, t.d. landsig, misgengi og jarðskjálfta, getur berg brotnað upp við sprungur. Nuddist sprunguveggirnir fast saman við hreyfingarnar getur myndast "malberg" (mylonit), sem getur verið býsna þétt á vatn. Það er fremur sjaldgæft hérlendis. Hins vegar brotnar berg oft umhverfis sprungur við svona hreyfingar og verkar brotaberg þetta svipað og hrungrjót í gjám, þannig að sæmilegasta lekt getur verið í því, þó að sprungan sjálf sé ekki galopin. Svona "brotabyrði" meðfram sprungum eru oft einhverjir tugir cm til einhverjir m á breidd og hafa oft verulega útbreiðslu. Þau geta því verið ágætir veitar. Hins vegar fer fjarri því, að svona brotabyrði séu með öllum eða flestum sprungum. Í eldra bergi eru oft miklar útfellingar í svona brotabyrðum, sem draga mjög úr lekt þeirra.

Sprungufletirnir liggja yfirleitt nærri lóðréttu, en þó hallar þeim oft nokkuð, einkum í eldri og snöruðum jarðmyndunum. Lekt er þá góð í þeim upp og niður (lóðrétt) en einnig lárétt eftir sprungufletinum. Þær valda því verulegri misleitni í sprungustefnuna. Ungar og nývirkar sprungur í nokkuð þéttu bergi (t.d. fínkorna og ummynduðu móbergi) geta valdið misleitni sem er allt að 100-föld. Sama getur verið með "endurvirkar" ("afturgengnar", rejuvenated) sprungur í eldra og þéttu bergi, t.d. blágrýti, þó að lekt sprungusvæðana sé sjálf ekki endilega mikil (minni en $10 \text{ sup } -3' - 10 \text{ sup } -4' \text{ m/s}$). Þessi misleitni gildir líka lóðrétt (upp- og niðurrennsli vatns), einkum í lagskiftum jarðmyndunum úr misþéttum lögum.

Einstakar sprungur ná sjaldan langar leiðir, sjaldnast meira en einhver hundruð m eða einhverja km. Þær skarast yfirleitt og taka nýjar sprungur við, sem mynda þó saman langa en oft mjóa sprunguskara, sprungubelti, sprungureinar eða sprungusvæði. Innan þessara sprungureina dreifast stefnur sprungna yfirleitt eitthvað í kringum meginstefnu (meðalstefnu) þeirra, berg er oft nokkuð brotið upp og þverbrestir koma jafnvel fyrir. Vatnið getur því dreifst nokkuð innan sprunguskarans, en haldist næsta vel afmarkað innan hans. **Fyrir vatnsgæfni vatnstökusvæða hafa sprunguskarar og sprungureinar meginþýðingu, en einstakar sprungur fyrir vatnsgæfni einstakra vatnsbóla.**

Sumir jarðfræðingar og aðrir ráðgjafar hafa stundum einblínt nokkuð á sprungur sem veita og vatnsgjafa, en lítið meira fram hjá því, að jarðlögin eru líka lek. Vel lekar sprungur eru vitaskuld ágætis veitar til að gera í vatnsgæf vatnsból, en "fleira er matur en feitt ket" í því sambandi, nokkuð happdrætti er með vatnsgæfni í sprungum og þeim fylgir ekki alltaf mikill vatnsforði í svæðinu umhverfis. Bestu veitarnir, hvað varðar líklega vatnsgæfni vatnsbóls og ríkulegan forða svæðis, eru vel opnar sprungur í lekum jarðlögum. Stærstu lindir landsins koma úr slíkum veitum.

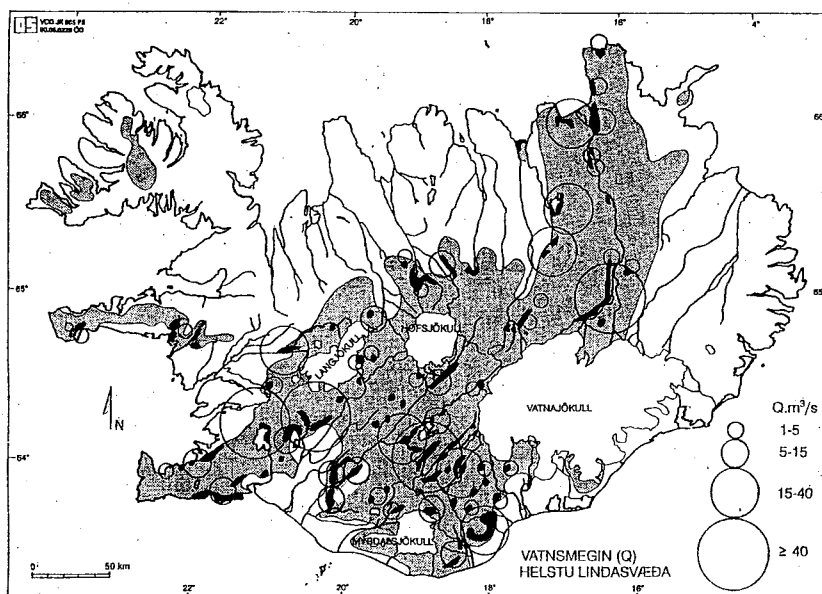


Mynd 4.2. - 6: Einfaldað jarðfræðikort af Íslandi.

Skýringar: 1: Tertíer blágrýtissvæði; 2: Arkvartert basalt og móberg; 3: Ungu gosbeltin, hraun, móberg og grágrýti; 4: Grágrýtisdýngjur; 5: Virkar megineldstöðvar (með háhitasvæðum); 6: Gossprungureinar.

Lekt í bergi er yfirleitt miklu meiri á ungu gosbeltunum en á gömlu blágrýtissvæðunum. (Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson 1985)

Í samræmi við jarðgerð landsins eru bestu veitarnir og vatnsgæfustu svæðin á virku gosbeltunum. Þar eru hraun, grágrýti, bólstraberg og opnar sprungur víða. Þar koma líka upp allar stærstu lindir landsins, sumar yfir 100 l/s að vatnsmegini. Heildarrensli sumra lindasvæða (Þingvallavatn, Mývatn, láglendishraun í Skaftárhreppi o.fl.) nemur tugum m^3/s . Á Höfuðborgarsvæðinu renna fram líklega vel yfir 10 m^3/s , frá Heiðmörk til Straumsvíkur. Verulegur hluti þess vatns rennur út neðansjávar í vel lekum hraunum. Sama er um grunnvatnsrensli frá Þorlákshöfn til Selvogs, en þar renna fram um 30 m^3/s . Tugir m^3/s renna til sjávar í Kelduhverfi og Öxarfirði. Á blágrýtissvæðunum (Vestur-, Norður- og Austurlandi) er berg miklu minna lekt. Þar er á nokkrum stöðum ófyllt berg uppi í fjöllum (einkum á Vestfjörðum, Breiðadalshéiði, o.fl.) og endurvirk sprungusvæði koma fyrir en annars er vatnsgæfni fasts bergs þar yfirleitt lítil. Helstu veitar eru þar laus jarðlög, einkum áreyrar og framhlaup. Lindir eru þar sjaldan yfir 10 l/s. Á þessum svæðum er vatnsöflun víða örðug.



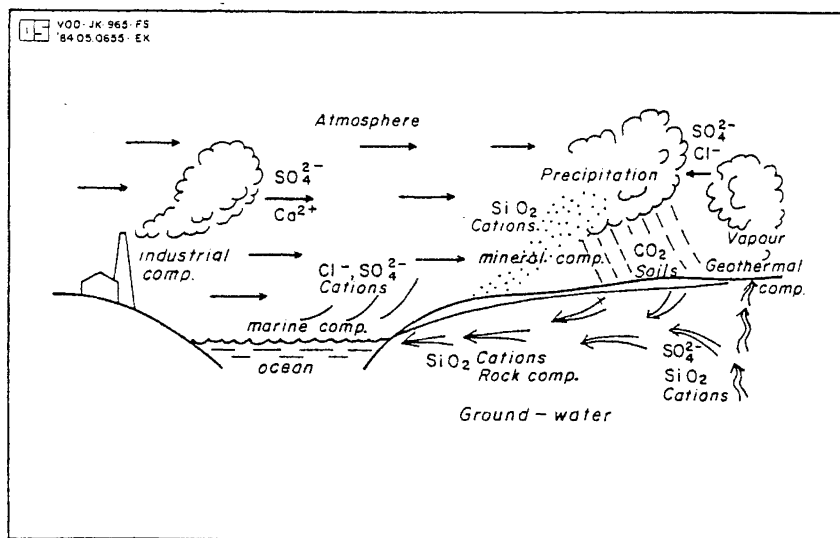
Mynd 4.2. - 7: Kort af afrennisláusum svæðum og lindasvæðum á Íslandi.

Skýringar: Gráu svæðin sýna svæði með verulegu írennsli til grunnvatns; svörtu svæðin sýna lindasvæði en hringirnir vatnsmegin á lindasvæðunum.

Á ungu gosbeltunum er lekt jarðlaga svo mikil, að mest öll úrkoman sígur í jörð niður og sprettur að miklu leyti aftur upp á lindasvæðum. (Freysteinn Sigurðsson 1991)

4.2.5. Efnainnihald vatns og veitagerðir

Ferskt grunnvatn á Íslandi er yfirleitt efnasnautt, borið saman við önnur lönd. **Uppruni efnainnihaldsins er einkum af fernum toga:**



Mynd 4.2. - 8: Uppruni efnainnihalds í íslensku grunnvatni.

Helstu þættir efnainnihaldsins eru sjávarsalt í úrkomunni og steinefni leyst úr bergi ("Cations" eru einkum Na, K, Ca, Mg). (Freysteinn Sigurðsson 1991)

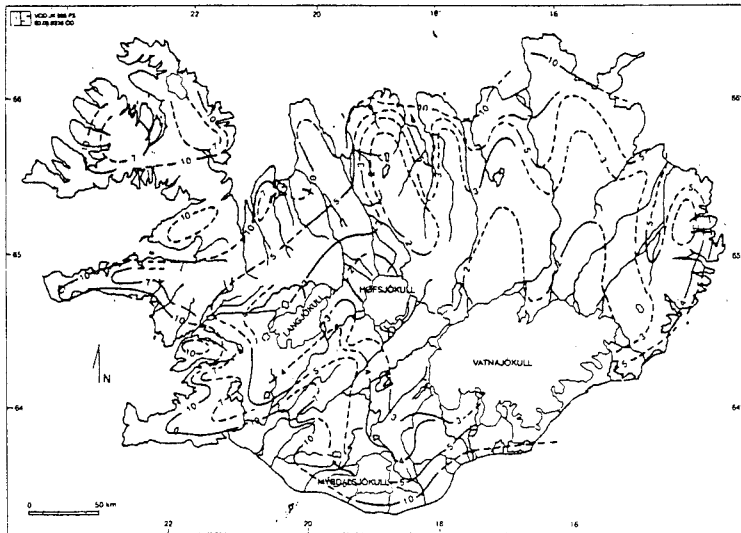
1. Sjávarsölt úr úrkomu, sem berast með saltryki eða sælðöri (dropum) inn yfir landið. Einkum natríumklóríð (NaCl), sulfat (SO_4^{2-}), magnesíum (Mg) og kalsíum (Ca). Hlutföllin eru svipuð og í sjávarseltu, nema hvað styrkur SO_4^{2-} og Ca er heldur meiri. Klóríð er einkennisefni sjávarseltu og úrkomu, en það hvarfast mjög lítið við berg við lágan vatnshita í venjulegu ferskvatni.
2. Lífræn efni frá gróðurlendum, einkum kolefnissambönd (C, "kolsýra", koltvíldi, CO_2 , karbónat, HCO_3^- , CO_3^{2-}), en einnig nítrat (NO_3^-), þó í miklu minni mæli sé. Svo er að sjá sem töluvert CO_2 komi einnig upp um sprungur eða á annan hátt úr jörðu á eldvirku svæðunum. Vatn tekur upp CO_2 úr loftinu, en það eyðist hins vegar í lokuðum veitum vegna efnahvarfa við berg (t.d. djúpum sprungum).
3. Steinefni frá efnahvörfum við jarðlög, einkum kísill (SiO_2), natríum (Na), kalsíum (Ca), magnesíum (Mg) og kalíum (K). Upplausn efna er yfirleitt því meiri, sem vatnshitinn er hærri og magn kolsýru meiri í vatninu. Í lokuðum veitum við hátt sýrustig (pH, basískt vatn) þverr styrkur magnesíum svo að það næstum hverfur.

4.2.16.

4. Íblöndun frá jarðhita, einkum kísill, sulfat og ýmis steinefni önnur. Aukinn styrkur kísils og sulfats eru helstu ábendingar, en veruleg aukning getur einnig orðið í klóríði og kolsýru.

Mismunandi vægi þessara þætta eftir aðstæðum leiðir til mismunandi samsetningar á efnainnihaldi vatnsins. Þetta má nota til að ráða í uppruna og feril vatnsins og þar með í veita og vatnasvið. Skal það hér rakið stuttlega.

Klóríð er einkennisefni **úrkomunnar**. Það er mest við ströndina, yfirleitt yfir 10 mg/l, en yfir 20 mg/l á Suðurnesjum og víðar. Undan háfjöllum inn til dala er það sums staðar komið niður fyrir 2 mg/l. Dreifing klóríðs í úrkomunni er regluleg og einnig þurrð þess inn til landsins og upp um fjöll. Styrkur klóríðs (og annarra sjávarsalta) er meiri á veturna en á sumrin, einkum suðvestanlands, þar sem munurinn getur verið allt að fimmfaldur. Árstíðasveifla í klóríðstyrk grunnvatns getur því verið ábending um stærð vatnasviða (eða smæð), en tímatöf í árssveiflunni ábending um framrennslistíma vatnsins. Bein fylgni klóríðsstyrk við árstíðir og óregla í styrk þess eftir veðurhæð og vindátt getur verið ábending um stutt að runnið úrkomuvatn í lindavatni eða grunnvatni. Því fylgja yfirleitt miklar sveiflur á rennsli og lítil síun og hreinsun í jörðu.



Mynd 4.2. - 9: Klóríð í grunnvatni á Íslandi.

Klóríð er mest í grunnvatni við ströndina, einkum á Suður- og Vesturlandi. (Freysteinn Sigurðsson 1991)

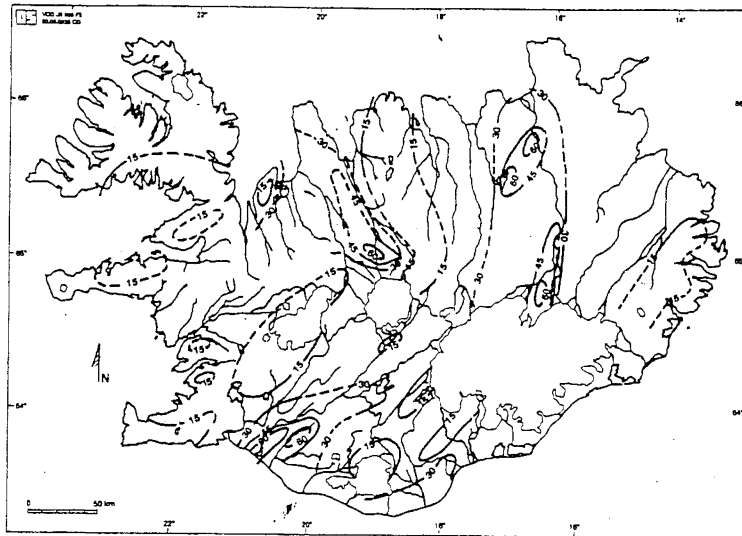
Önnur sjávarsölt fylgja klóríði að miklu leyti í sömu hlutföllum og í sjóvatni:

- Natríum (Na) um 55 % (rúmlega helmingur).
- Sulfat (SO_4) um 13 % (u.þ.b. 1/8).
- Magnesíum (Mg) um 6,7 % (u.þ.b. 1/15).

Kalsíum (Ca) og kalíum (K) eru nærri 4 % af klóríðstyrk í sjó, en K fylgir Na nokkuð vel í úrkomu (u.þ.b. 1/25 af Cl). Kalsíum er yfirleitt nokkru meira í úrkomu en í sjávarsalti og sulfat er oft einnig nokkru meira. Þessi efni berast sem gifsagnir (með seltudropum) inn yfir landið, einkum fyrir þurrum og hvössum vindum. Með því að

draga hlutfallslegan styrk framangreindra efna (á móti klóríði) frá styrk þeirra í grunnvatninu má finna íbót þeirra frá öðrum þáttum, einkum aukningu frá efnahvörfum við berg.

Uppleyst kolefni er oft tilgreint sem "kolsýra" (CO sub 2 , kolvíoxíð) í efnagreiningum en stundum sem karbónat (oftast HCO sub 3 , massahlutfall HCO sub 3 á móti CO sub 2 er nærri 61 : 44 eða u.þ.b. 1,4). Á láglendi er styrkur CO sub 2 í grunnvatni oftast 15 - 30 mg/l. Í háfjallavatni er hann oft undir 15 mg/l en í vatni undan vel grónu landi yfir 30 mg/l. Í mýravatni og jarðhitaskotnu vatni er hann oft yfir 40 - 50 mg/l. Við meiri styrk en 30 mg/l CO sub 2 fer aukning steinefna, einkum Mg og Ca, að verða áberandi. Þessi aukning virðist vera háð aðstæðum og er ekki regluleg en aukning í Mg er nokkuð oft nærri 20 % af CO sub 2 -styrk umfram 30 mg/l.



Mynd 4.2. - 10: Kolsýra í grunnvatni á Íslandi.

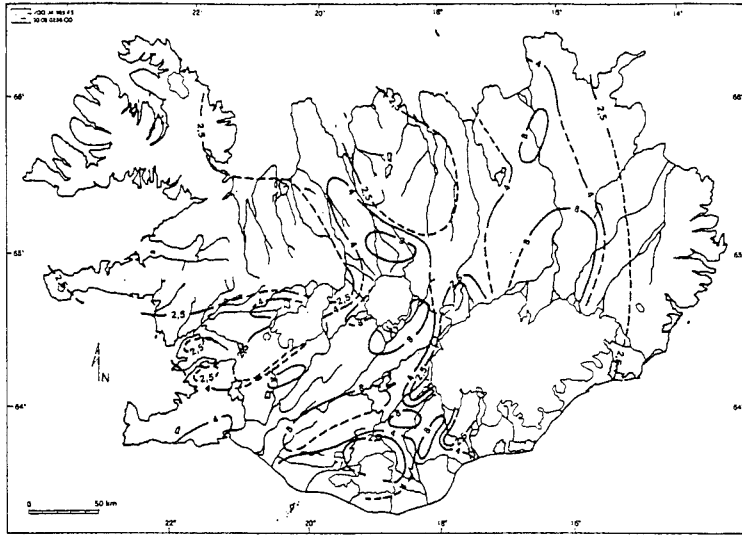
Kolsýra er mest í grunnvatni á eldvirkni-, jarðhita- og mýrasvæðum. (Freysteinn Sigurðsson 1991)

Nítratstyrkur (NO sub 3) er lítill í íslensku grunnvatni við náttúrulegar aðstæður. Á hálendi og undan háum eða gróðursnauðum fjöllum er NO sub 3 oft 0,1 - 0,15 mg/l en á grónu láglendi oft 0,2 - 0,4 mg/l. Styrkur yfir 0,5 mg/l er yfirleitt ábending um áburð eða aðra manngerða mengun.

Efnahvörf grunnvatnsins við jarðlögin eru háð berggerð jarðlaga, vatnshita og sýrustigi vatns, hvort veitar eru opnir eða lokaðir og ýmsu fleiru. Efnastyrkur **steinefna** er því nokkuð mismunandi. Styrkur kísils (SiO sub 2) er einkum háður vatnshita. Við venjulegan grunnvatnshita (3 - 5 °C) er hann oft 14 - 18 mg/l. Styrkur undir 10 mg/l kemur fyrir í háfjallavatni og skammt að runnu úrkomuvatni. Styrkur yfir 20 - 25 mg/l bendir oft til herra hitastigs, íblöndunar jarðhitavatns eða verulegra áhrifa mýravatns. Háfjallavatn eða skammt að runnið vatn er yfirleitt efnasnautt. Leiðrétt efnaleif (sjá hér að framan, leiðrétt fyrir klóríðstyrk) er yfirleitt meiri á virku gosbeltunum (móbergssvæðunum) en á gömlu blágrýtissvæðunum. Algengt efnainnihald (efnaleif, að frádregnum efnunum úr úrkomu) á þessum svæðum er sem hér segir:

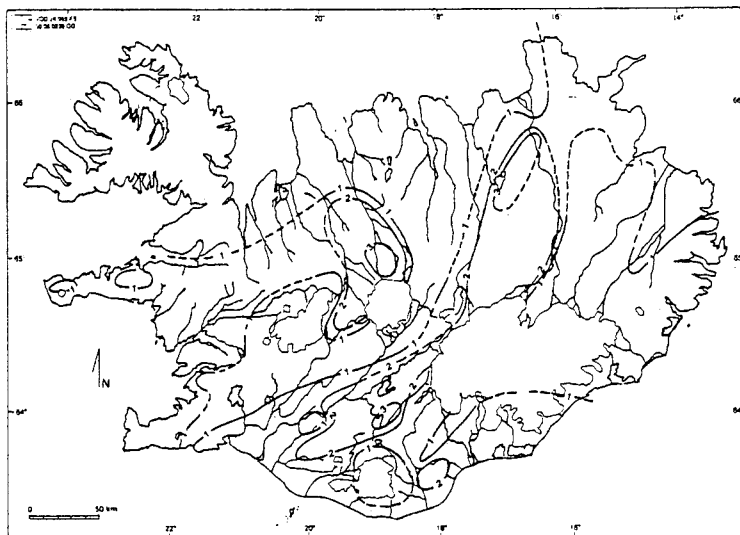
4.2.18.

Á öflugum sprungusvæðum er oft áberandi aukning á Na (> 8 mg/l) og þurrð á Mg (< 1 mg/l). Því fylgir oft líka þurrð á 'CO sub 2'.



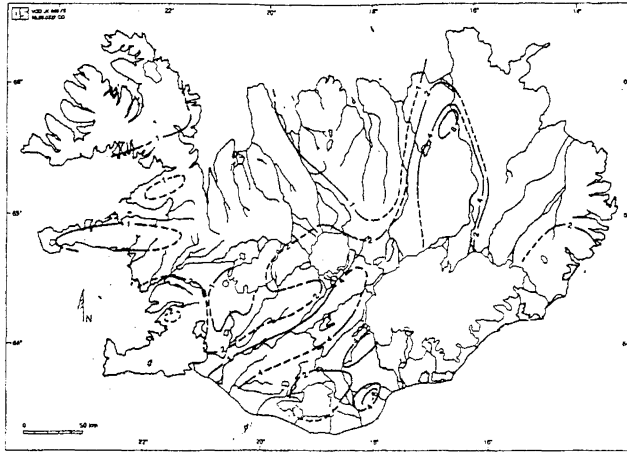
Mynd 4.2. - 11: Natrium í grunnvatni á Íslandi (leiðrétt fyrir klóríðstyrk)

Natrium er mest í grunnvatni á sprungusvæðum á ungu gosbeltunum. (Freysteinn Sigurðsson 1991)



Mynd 4.2. - 12: Magnesium í grunnvatni á Íslandi (leiðrétt fyrir klóríðstyrk)

Magnesium er mest í grunnvatni í tengslum við virkar megineldstöðvar en minnst á sprungusvæðum og háfjallasvæðum (Freysteinn Sigurðsson 1991).



Mynd 4.2. - 13: Súlfat í grunnvatni á Íslandi (leiðrétt fyrir klóríðstyrk)

Súlfat er mest í grunnvatni í tengslum við jarðhita- og eldvirknisvæði. (Freysteinn Sigurðsson 1991)

Sýrustig (pH) í vatni lýsir styrk vetnisjóna (H^+) og hýdroxíðjóna (OH^-) í vatnslaun, en margfeldi af styrk (mólstyrk) þeirra er að öðru jöfnu fasti, 1×10^{-14} mol/l. Vaxi styrkur annars, þá rénar styrkur hins að sama skapi. Sýrustigið er veldisvísirinn af styrk vetnisjónanna ("pótens" af "hydrogenstyrk", þess vegna p og H), en mínusmerkinu er sleppt til hagræðis. Því fylgir aftur það óhagræði, að "súrinn" er minnstur við hæst "sýrustig", þ.e. hæst tölugildi á pH. Við pH 7 er jafn mikið af vetnis- og hýdroxíðjónum og vatnið því "hlutlaust". Við pH undir 7 er vatnið súrt, en ofan 7 er það basískt. Þetta getur valdið ruglingi, því að stundum er talað um hærra sýrustig, þegar vatnið er súrt og pH lágt, en þó oftast, þegar pH er hátt. Því þarf oft að gæta að hverju sinni, hvað er kallað hærra eða lægra sýrustig.

Sýrustig (pH) vatnsins er háð vatnajarðfræðilegum aðstæðum. Í sprungulindum er það mjög oft pH 9 - 10 (mjög basískt, en oft þunnt), úr opnum veitum pH 7,5 - 8,5, í opnu vatni (yfirborðsvatni) um pH 7,5 og af mýrlendi pH 6 - 7. Vatn í jarðvegi í mýrum hefur mjög lágt sýrustig (súrt, pH um 4,5). Til samanburðar má nefna, að kaffi hefur oft sýrustig pH 4 - 5, sumir kóladrykkir pH 2 - 2,5, en sjór og mannsblóð pH 7,9. Vatn með sýrustig undir pH 7 er oft varhugavert og fylgir því oft tæring eða útfellingar í veiturörum og tækjum. Vatn yfir pH 9 er erlendis talið varhugavert (vegna tengsla þess þar við ammoníak, NH_3 og áburðar- eða skólþveitumengun), en hér á landi er það einkum bendlað við húðþurrk, með réttu eða röngu.

Efnainnihald íslensks grunnvatns er yfirleitt langt innan við háþörk staðla, erlendra sem innlendra. Styrkur klóríðs og súlfats á ekki að vera meiri en 200 - 250 mg/l, styrkur kalsíums ekki yfir 100 mg/l og nítrats ekki yfir 10 - 50 mg/l, mismunandi eftir stöðlum. Járn skal ekki vera í meiri styrk en 0,2 mg/l. Það er hins vegar þó nokkuð víða til vandræða í íslensku neysluvatni (þó sjaldan hjá vatnsveitum). Í einn stað er mýraskotið vatn notað nokkuð víða enn, einkum í einka- og atvinnuvatnsbólum, en einnig eru járnbakteríur víða að verki í vatnsbólum, einkum járnreknum eins og í mörgum borholum. Líklegt er, að þær hafi borist með bortækjum í sum vatnsbólum. Járnbakteríur eru víða til vandræða í vatnsbólum erlendis. Hefur þar gengið illa að ráða niðurlögum þeirra, en ýmsum misdýrum og misgóðum aðferðum verið beitt til að halda þeim í skefjum, með misjöfnum árangri.

4.3. VATNSÖFLUN OG VATNSGÆSLA

Hér eru raktir helstu áfangar í vatnsöflun og vatnsgæslu og að hverju er að hyggja við það ferli. Nánar er fjallað um þau atriði í öðrum köflum (vatnsból í kafla 4.4, vatnsgæði og vatnsvernd í kafla 4.5, vatnsleit í kafla 4.6). Þessi kafli er yfirlit og eins konar minnisatriðaskrá.

4.3.1. Vatnspörf, vatnsgæðakröfur og vatnsauði:

Í upphafi þarf að gera sér grein fyrir vatnspörf vatnsveitna og hvernig megi mæta henni við þær vatnafarslegu aðstæður, sem fyrir hendi eru. Það er háð gerð aðgengilegra og tiltækra veita, hvernig vatnshag þeirra er varið og hvaða gerð vatnsbóla er hentugust í þeim. Jafnframt þarf að gera sér grein fyrir því í upphafi, hvort vatnsgæði tiltæks vatns uppfylli þær kröfur, sem gerðar eru, hvernig megi bæta gæði vatnsins með hreinsun, ef þeim er ábótavant, og hvaða vatnsvernd þurfi að beita til að viðhalda vatnsgæðunum. Þessara upplýsinga þarf yfirleitt að afla með viðeigandi athugunum og rannsóknum, þ.e. vatnsleit.

Vatnspörf vatnsveitna breytist með tíma, bæði með mannfjölda og vatnspörf á nef hvert, en hún er m.a. háð atvinnurekstri og atvinnuháttum. Hingað til hefur vatnspörf á nef hvert í heimilisneyslu yfirleitt aukist jafnt og þétt með tímanum, með bættum efnahag, aukinni neyslu og meiri þægindum. Auknar hreinlætiskröfur í matvælaiðnaði hafa einnig kallað á aukna vatnsnotkun. Á árunum 1930 - 1980 þrefaldaðist vatnstaka (í l/dag) á íbúa í Reykjavík.

Líkur eru á, að úr þesarri aukningu sé að draga, en það gæti þó verið tímabundið. Vatnspörfinni má skifta í þrjá aðalþætti:

1. *Vatn til heimilisnota:* Sú notkun er svipuð á flestum stöðum og hefur verið talin vera nálægt 120 - 300 l/íbúa/dag. Þessi notkun er mun meiri en í sumum nágrannalöndum okkar.
2. *Vatn til atvinnureksturs:* Í matvælaiðnaði er notkun oftast á bilinu 1 - 20 l/s á 1 kg afurðar (í mörgum tilfellum um 5 l/s). Hérlandis er þessi notkun sums staðar í heild yfirleitt jafnmikil eða mun meiri en heimilisnotkun, jafnvel margföld (fiskvinnsla, rækjuvinnsla).
3. *Lekar og sóun:* Lekar eru miklir í sumum eldri vatnsveitukerfum (allt að 50 - 70 % á einstaka stað), en sírennsli á heimilum (vatnskassar og kranar) og vinnustöðum (opnir kranar) er oft einnig mikið. Dæmi eru um þrefalda eyðslu vatns umfram þörf í fiskiðju áður en til aðhalds kom.

Gróf nálgun um vatnspörf er 10 l/s á 1.000 íbúa, mun meiri á fámennum stöðum og útgerðarstöðum en talsvert minni í Reykjavík og á öðrum stórum stöðum. Tímabundin hámarksnotkun vatns getur hæglega verið tvöfalt meiri en meðaltalsnotkun yfir

4.3.2.

sólarhringinn. Miðlun er því víða brýn nauðsyn, einkum þar sem vatnsgæfni vatnsbólanna sjálfra er takmörkuð. Mikil og góð miðlun dregur úr þörf á mjög vatnsgæfum vatnsbólum (í l/s) og aðveitum að sama skapi. Mikill munur getur verið á vatnspörf á milli árstíða (vertíðarútgerð, sláturhús), en mesta vatnsnotkun ber oft upp á þá árstíma, þegar vatnshagur er í lágmarki, t.d. síðla vetrar í lindum og setveitum á blágrýtissvæðunum. Vatnsból og miðlun þarf að hanna til að anna þessum þörfum. Því þarf að líta á eftirfarandi stærðir:

1. Hámarksvatnsnotkun, t.d. á klukkutíma, en við hana þarf að miða vatnsgæfni vatnsbólanna og miðlun í samræmi við hana.
2. Hámarksnotkun á sólarhring, en við hana er venja að miða miðlunarþörf.
3. Meðaltalsnotkun yfir árið, en hún takmarkast af vatnsgæfni og forða vatnstökusvæðanna.

Ýmsar reynslutölur og viðmiðunarreglur eru til um vatnsnotkun, misgóðar. Út frá þessum stærðum má reikna líklega vatnspörf, að þekktum gefnum forsendum um mannfjölda, atvinnurekstur o.s.frv. Sú niðurstaða er oft önnur en reynslan sýnir. Það getur verið vegna leka, eða vegna sóunar, en einnig geta verið skekkjur í forsendum og viðmiðunartölum. Að því má þá huga. Svona reikningar geta því verið gagnlegir, þó þeir gefi ekki örugga niðurstöðu. Með aðhaldi og ráðdeildarsemi og viðeigandi vatnssölukerfum má draga stórmikið úr vatnsnotkun, en einnig með lekaleit og ráðgjöf um notkun.

Vatnsgæði þurfa að taka mið af neyslu fólks (drykkjarhæft vatn), en sömu kröfur eru gerðar til vatns til matvælaíðnaðar, að flestu leyti. Kröfur þessar eru settar fram í opinberum reglugerðum. Vegna aðildar Íslands að Evrópska efnahagssvæðinu munu þessar kröfur verða að fylgja meira eða minna reglum Evrópusambandsins um þessi mál. Þær eru í ýmsum greinum sniðnar fyrir lönd með 200 íbúa á km² og mikinn og mengandi íðnað og því um margt harðari en hér væri þörf. Sama gildir um ákvæði um vatnsvernd. Breytingar geta orðið fyrirvaralítið á þessum kröfum, án þess að hérlendis aðilar geti haft ríkjandi áhrif á þær. Helstu atriði í vatnsgæðum eru eftirtalin:

1. *Gerlamengun*: Miðað er við heildarfjölda gerla eða einstaka gerlaflokka í ml vatns. Gerlamengun er alls ekki sjaldgæf og þá oft vegna ófullnægjandi frágangs á vatnsbólum.
2. *Aðalefni (steinefni)*: Magn þessara efna (í mg/l) er í íslensku grunnvatni yfirleitt langt innan hámarka.
3. *Áburðarefni*: (Einkum níturat, fosfór o.fl.) og skyld úrgangsefni (í mg/l). Svona mengun er sjaldan til staðar nema vegna rangs vals á vatnsbólssæði, vegna slægrar vatnsverndar, eða óheimilaðra athafna á vatnasviðinu.
4. *Járn, þungmálmar*: Einnig aðrir málmar (í mg/l eða \backslash (*mg/l). Jármengun kemur fyrir og þá stundum vegna mengunar við vatnsbólagerð (járnbakteríur). Þungmálmamengun mun vera sjaldgæf hérlendis.

5. *Oliur og lífræn efnamengun*: Svona mengun á ekki að vera til staðar, nema vegna lélegrar og sóðalegrar umgengni, óþarfrar umferðar og slælegrar vatnsverndar (mengandi mannvirki og athafnir á vatnasviðinu).

Hugað er að fleiri atriðum, svo sem lit, lykt, bragði og gruggi, sem eru yfirleitt frekar auðsæ eða auðkennd. Kröfur hafa stöðugt verið hertar um vatnsgæðin undanfarið. Flokkast því sum vatnsból nú sem menguð, sem áður voru talin óaðfínanleg. Þessi þróun gæti haldið áfram, eftir því sem evrópskir staðlar og reglur verða meira ráðandi héraðs. Því er vissara að vera vel og örugglega innan settra marka um hreinleika vatnsins.

Vatnsauði og hreinleiki vatns eru mjög mismunandi eftir stöðum. Víða á blágrýtissvæðunum á Vestur-, Norður- og Austurlandi er snautt um vinnsluhæft grunnvatn í bergi og takmarkað vatn í lausum jarðlögum. Þar hefur á vissum stöðum verið notað yfirborðsvatn, en hreinsun á því hefur gengið misjafnlega og er varla viðunandi nema á lindárvatni. Árstíðasveiflur eru verulegar á lindarennslum og oft líka í grunnvatni á þessum svæðum. Á vatnsgjöfum svæðum (nú tíma hraun, sprungusvæði) er sá vandi fyrir hendi, að mengun á þar yfirleitt greiða leið til grunnvatns og getur því þar þurft mjög stór vatnsverndarsvæði og harða vatnsvernd. Því þarf að haga vatnstöku á hverjum stað eftir aðstæðum, en um þær þarf að afla þekkingar með viðeigandi könnun. Aðstæður til vatnstöku má gróft flokka sem hér segir, litið til vatnsgæfni og hreinleika vatns:

1. *Vatnsmiklar lindir*, helst sjálfrennandi til notenda, úr djúpum veitum eða hátt til fjalla, en þá er vatnið helst hreint.
2. *Lindasöp úr smálindum*, sumum með skammt að runnu vatni og með verulegum árstíðasveiflum í rennslum. Aukin hætta á mengun og vatnsþurrð.
3. *Vatnsgæf vatnsból í vatnsmiklum veitum* (hraun, sprungusvæði, stórar áreyrar o.s.frv.). Dælingar þörf og stórra vatnsverndarsvæða.
4. *Vatnstreg vatnsból í litlum eða vatnsrýrum veitum*. Söfnun á vatni, oft um langa vegu, dreifð dæling, en ekki alltaf stór vatnsverndarsvæði.
5. *Íveitur yfirborðsvatns* í sámlaga leka, en litla og vatnsrýra veita. Hætta á ónógri hreinsun yfirborðsvatns og þörf á stöðugum rekstri.
6. *Yfirborðsvatn*. Gruggvatn úr dragám nánast óhreinsandi í flóðum. Lindalækir og vatn úr djúpum stöðuvötnum viðráðanlegra í hreinsun, en kostar þó ávallt hreinsibúnað, dælingu og stöðugan rekstur.

Sums staðar hagar svo til, að nýta má lindir (jafnvel sjálfrennandi) stóran hluta ársins og úrdæld vatnsból einungis til vara á vatnsrýrum tímabilum. Vatnsöflun getur því verið furðu flókin og varðar miklu, að vel sé að henni staðið. Allur undirbúningur að vatnstöku er því hagfelldari og ódýrari sem gengið er skipulegar að honum og með meiri fyrirhyggju.

4.3.2. Vatnsleit og vatnsbólaval:

Tvenns er að gæta við **vatnsleit og vatnsöflun**:

1. Kanna aðstæður í rétttri röð og framkvæma aðgerðir sömuleiðis í rétttri röð. Eitt byggir á öðru og er nauðsyn að fylgja þeirri röð til að fyrirbyggja mistök og óþarfa kostnað og fyrirhöfn.
2. Kanna aðstæður í skynsamlegum áföngum og ætla sér nægjanlegan tíma til þess. Ótrúlega mikill sparnaður og hagræði er að því að ganga þannig að málinu.

Í grófum dráttum má skifta vatnsleit og vatnsöflun á eftirfarandi áfanga og þrep:

1. *Vatnsþarfaráætlun*: Meta þarf hámarkspörf, hámarkspörf á sólarhring og meðalvatnspörf til samsvarandi tímalengdar og fyrirhuguðum vatnsbólum er ætlað að anna vatnspörfinni.
2. *Yfirlit um vatnsöflunarmöguleika*: Kanna þarf lauslega og án dýrra rannsókna líkleg vatnstökusvæði, sem þörf er talin á innan þeirrar fjarlægðar, sem viðráðanleg er talin vegna kostnaðar. Oft eru góð vatnstökusvæði í næstu nánd við notendur, sem einsýnt er að nýta. Stundum þarf að leita vítt og breitt að nýtanlegum svæðum. Meta þarf aðgengi, vatnsréttindi, vatnsbólagerð, veitutilhögun, miðlunarþörf og líklegan kostnað við hina ýmsu möguleika.
3. *Vatnsöflunaráætlun*: Á grundvelli þessa yfirlits er gerð áætlun um mannvirki vegna vatnsöflunar, tímaröðun þeirra, vatnsverndarþörf og önnur framkvæmdatriði. Þá liggur fyrir hvaða kost eigi að velja.
4. *Vatnsöflunarrannsóknir*: Tímanlega þarf að rannsaka eftir þörfum vatnstökusvæði og vatnsbólástæði, eftir því sem við á og með hliðsjón af tímaröðun í vatnsöflunarrannsóknum. Iðulega þarf að afla tímaraða um rennsli linda, grunnvatnsstöðu og ástand vatns vegna árstíða- eða áramunar. **Slíkar tímaraðir fást aldrei eftir á og því nauðsyn að afla þeirra í tæka tíð.** Kostnaður við þær er yfirleitt ekki yfirþyrmandi, ef heimamenn annast mælingar. Svona vatnsöflunarrannsóknir eru oft stigskiftar eða í áföngum og þarf því að ætla nægan tíma fyrir þær í upphafi. Sjá nánar kafla 4.6. (um vatnsleit).
5. *Vatnsbólagerð og vatnsverndarákvæði*: Vatnsbólástæði og gerð og hönnun vatnsbóla eru valin á grundvelli fyrrnefndra rannsókna, en þá liggur fyrir hvernig eigi að standa að öflun vatnsins. Ýmsar upplýsingar koma oft í ljós við gerð vatnsbólanna, sem ekki verður auðveldlega aflað síðar. Prófa þarf afköst vatnsbólanna og viðbrögð þeirra við vatnstöku. Ákveða þarf vatnsvernd, legu vatnsverndarsvæða og verndarákvæði. Það er hlutverk heilbrigðisnefnda, en þær þurfa að leggja vatnajarðfræðilegar rannsóknir til grundvallar ákvörðunum sínum. Ella er hætt við mistökum.
6. *Eftirlit með rekstri*: Jafnan þarf að fylgjast með rekstri vatnsveitu, þ.m.t. ástandi vatnsbóla, ástandi og magni vatnsins, stundum með grunnvatnsstöðu, framkvæmd vatnsverndar og ýmsum öðrum atriðum (sjá kafla 3. og 7.).

Réttur til vatnstöku byggir enn að mestu á Vatnalögunum nr. 15/1923 (hér skammstafað VL), en þau eru eðlilega orðin ófullnægjandi á marga vegu. Um hríð hefur

verið unnið að undirbúningi nýrra laga um ýmis atriði, svo sem eignar- og umráðarétt á grunnvatni, vatnsvernd o.fl. og má búast við því, að sum þeirra a.m.k. verði að lögum á næstu árum. Þangað til gilda ákvæði VL og annarra, nýrra laga. Þau eru gloppótt, miðað við núverandi aðstæður, en nokkur grundvallaratriði koma þó fram í þeim:

1. Landareign fylgir réttur til umráða og hagnýtingar vatns á henni (VL 2. gr.).
2. Aðrir aðilar geta haft aðgang að nytjavatni á landareign, en þó þannig að viss forgangsörð ríki um mismunandi þarfir, landeigandi hafi jafnan forgang til samkynja nota og bætur komi fyrir landsspjöll, tjón eða óhagræði landeigenda (VL 11. gr., 18. gr., 31. gr., 32. gr., o.fl.).
3. Forgangsörð vatnsþarfa er eftirfarandi: Heimilisþörf (til neyslu fólks og heimilisnota) - Búsþörf (til búreksturs á landareign, þ.e. þarfa eigin atvinnu og búsetu landeigenda eða ábúenda) - Iðnaðar- eða iðjuþörf (þ.e. til atvinnurekstrar, annars en búrekstrar, oftast utan landareignar) (VL 15. gr. 31. gr., 32. gr., o.fl.).
4. Vatnsveitur sveitarfélaga (a.m.k. bæja eða kaupstaða) virðast hafa mestan rétt til vatnstöku á eftir landeigenda. Vatnsnotkun úr vatnsveitu verður ekki aðskilin eftir mismunandi þörfum og flokkast því að öðru jöfnu sem vatn til heimilis- og búsþarfa (VL 25. gr.).
5. Skylt er landeiganda að þola vatnstöku, jarðrask og vatnsvernd vegna þarfa vatnsveitu, enda komi fullar bætur fyrir (VL 26. og 27. gr.), en almennt er bannað að spilla vatni (VL 84. gr., mengunarvarnareglugerðir og heilbrigðisreglugerðir). **Landeigandi hefur því að lögum ekki heimild til að gera eða láta gera hvað sem er á landi sínu, þegar vatn er annars vegar, og er því vatnsvernd ekki sama skerðing á rétti hans og stundum er ætlað.**

Sem fyrr segir má búast við breytingum á lögum um vatnsréttindi á næstunni. Nánar um gildandi ákvæði vísast annars til kafla 2 (Lög og reglugerðir) hér í Vatnsveituhandbókinni.

4.3.3. Vatnsvernd:

Vatnsvernd hefur að markmiði að halda vatni neysluhæfu í vatnsbólum eða á vatnasviðum. Um vatnsvernd gilda nú ákvæði reglugerðar 319/1995 (einkum 8. - 13. gr.), en einnig ákvæði í skipulagslögum, í lögum um hollustuhætti og í reglugerðum um mengunarvarnir og heilbrigðiseftirlit. M.a. gilda eftirfarandi ákvæði: "Hlutaðeigandi heilbrigðisnefnd ákvarðar stærð, lögun og fjölda verndarsvæða með tilliti til land- og jarðfræðilegra aðstæðna á vatnasviði vatnsbólsins" (reg. 319/1995, 9. gr.), og "Heilbrigðisnefndum sveitarfélaga er heimilt að gera tillögur að reglum til verndar ónýttum vatnsbólum og grunnvatnssvæðum ef brýna nauðsyn ber til og að undangenginni rannsókn á viðkomandi vatnasvæði" (reg. 319/1995, 13. gr.). Heilbrigðisnefndir hafa vandann af að afmarka og ákveða vatnsverndarsvæðin, en **höfuðmáli skiftir, að byggja á vandaðri, faglegri ráðgjöf um grunnvatnsfar svæðanna.**

4.3.6.

Vatnsverndin byggir á að takmarka umferð, landnýtingu, meðferð og geymslu hættulegra efna (olíur, eiturefni, áburðarefni, skólþ og fráveitur o.s.frv.), byggingar og önnur mengunarhættuleg mannvirki og starfsemi o.s.frv. (reg. 319/1995, 11. - 13. gr.). Í því skyni er verndarsvæðum skift upp í svæði eftir afstöðu til og fjarlægð frá vatnsbóli (reg. 319/1995, 9. gr. og viðauki 4). Svæði þessi eru eftirtalin:

1. *Brunnsvæði*: Algjörlega friðað athafnasvæði vatnsveitunnar umhverfis vatnsból. Yfirleitt afgirt.
2. *Grannsvæði*: Svæði með strangri vernd næst vatnsbólinu. Erlendis (t.d. í Noregi) er þessum svæðum tvískift og einnig er víða erlendis miðað við tiltekinn rennslistíma frá mörkum svæðisins til vatnsbóls, iðulega á bilinu 40 - 70 dagar. Engin slík ákvæði eru (enn þá) í gildi hérlendis.
3. *Fjarsvæði*: Svæði með ekki eins strangri vernd utan um grann- og brunnsvæði. Eigi vel að vera, þarf svæði þetta að ná til alls vatnasviðs vatnsbólanna utan grannsvæðanna.

Sem fyrr segir draga gæðakröfur til vatns og vatnsvernd dóm af erlendum fyrirmyndum og ákvæðum, en eru samt yfirleitt mun ónákvæmar útfærð hér og þó í sumum tilvikum strangari en aðstæður í strjálbýli og óbyggðum Íslands gefa efni til, en í öðrum greinum ekki nógu strangar. Búast má við því, að breytingar verði í þesum eignum á næstu árum, þegar stjórnvöldum vinnst tími til að taka þessi umhverfismál traustum tókum.

4.3.4. Vatnsgæsla

Vatnsgæsla felur í sér eftirlit með vatnsveitumannvirkjum, vatnstöku og ástandi vatns og vatnstökusvæða. Sem slík er hún hluti af innra eftirliti vatnsveitnanna, sjá kafla 3 (Gæðakerfi - Innra eftirlit) og 7 (eftirlitskerfi) hér í Vatnsveituhandbókinni. Hér er einungis dregið á vatnafræðilega og vatnajarðfræðilega þætti til frekari áréttingar í nauðsyn þeirra. Nauðsyn er að fylgjast með og skrá vatnstöku, þó ekki væri af öðru en af rekstrartæknilegum ástæðum. Skýlt er að fylgjast með gæðum neysluvatns í vatnsveitum. Minna hefur víða verið gert að því að fylgjast með ástandinu á vatnstökusvæðunum. Slíkt eftirlit lýtur að magni vatns og gæðum. Helstu eftirlitsathuganir vegna vatnsmagns eru eftirtaldar:

1. Mælingar á lindarennslí, þar sem það á við.
2. Mælingar á grunnvatnsstöðu, í rannsóknar- eða eftirlitsholum.
3. Mælingar á úrkomu á vatnasviði vatnsbóla.

Hér er verið að fylgjast með hinum tímabreytilega þætti vatnsins, en jarðgerð svæðanna helst að öðru jöfnu óbreytt og þarf því sjaldan að fylgjast með henni, ef hún hefur verið nógu vel könnuð í upphafi. Misjafnt er, hverra eftirlitsathugana er þörf og hversu tíðar þær þurfa að vera. Þarf að ákveða það hverju sinni.

Eftirlitsathuganir á ástandi vatnsins lúta einkum að eftirfarandi atriðum:

1. Vatnshiti, sýrustig og rafleiðni vatns í vatnsbólum og á vatnasviði þeirra.
2. Efnainnihald vatns. Oft duga tiltekin auðkenniefni (klóríð, kísill, súlfat o.fl.).
3. Mengunarbættir (gerlar, grugg, járn, olíur, nítrat og önnur áburðarefni).

Um þetta eftirlit gildir líka, að það er ákaflega mismunandi með hvaða atriðum þarf að fylgjast og hversu títt. Það fer eftir aðstæðum hverju sinni.

4.4. VATNSBÓL OG VEITAR

Hér á eftir er stuttlega lýst vatnajarðfræðilegum aðstæðum við gerð vatnsbóla og helstu gerðum vatnsbóla og vatnsverndar við þau. Fyrst er greint frá nokkrum *almennum atriðum við vatnsbólagerð (4.4.1)* og er þar sérstaklega fjallað um almenn atriði við *brunngerð, þá er greint frá lindum (4.4.2)* og *opnum vatnsbólum (4.4.3)*, þá frá *brunnnum og ræsum (safnlögnum) í lekum jarðlögum (4.4.4)* og loks er fjallað um *borholur í föstu bergi og lausum jarðlögum. (4.4.5.)*. Áhersla er á vatnajarðfræðileg atriði og hvers beri að gæta, þeirra vegna, en minna er fjallað um tæknilega eða efnislega smíði og gerð vatnsbólanna, enda eru það verktæknileg atriði, sem eru í nánara samhengi við veitulagnir í heild og tæknilegan veiturekstur.

4.4.1 Almenn atriði við vatnsbólagerð:

Að sams konar atriðum þarf að huga við gerð flestra gerða vatnsbóla, nýtingu og vernd vatnstökusvæða. Þau eru helst eftirtalin:

1. *Forathuganir:* Mismunandi eftir gerð vatnsbóla, spanna stundum talsverðan tíma, en eru til mikils hagræðis og sparnaðar.
2. *Gröftur eða borun vatnsbóls:* Ýmis vandkvæði geta komið upp við gröft (borun) vatnsbóls, sem sneiða má hjá.
3. *Vatnsgæfni:* Segja má með nokkrum líkum fyrir um vatnsgæfni vatnsbóla, en ýmsar aðferðir eru til að auka hana við vissar aðstæður.
4. *Vatnstaka:* Vatnstaka úr vatnsbóli er mjög háð gerð þess, en sveiflur á vatnstöku eru háðar ástandi vatnstökusvæðisins.
5. *Vatnsgæði:* Ýmis atriði geta haft áhrif á vatnsgæði úr mismunandi gerðum vatnsbóla.
6. *Mannvirki vatnsbólsins:* Gerð (smíði) vatnsbólsins verður að fara eftir vatnajarðfræðilegum aðstæðum á vatnsbólsstað.
7. *Hreinsun á vatnsbólum:* Yfirleitt þarf að hreinsa vatnsból eftir gerð þeirra, bæði til að glæða vatnsgæfni þeirra og til að tryggja vatnsgæði.
8. *Prófanir:* Vatnsgæfni vatnsbóla þarf að kanna með prófunum vegna dæluvals og ákvarðana um vatnstöku, auk áhrifa vatnstöku á ástand vatnstökusvæðisins.
9. *Frágangur:* Miklu máli skiftir vegna mengunarhættu að ganga vel frá vatnsbólum og umhverfi þeirra.
10. *Mengunarhættur:* Margvíslegar hættur geta verið á mengun í vatnsbólum og verður að haga vatnsvernd um þau í samræmi við þær.

4.4.2.

Hér á eftir verður dregið á þessi atriði varðandi mismunandi gerðir vatnsbóla, eftir því sem við á hverju sinni.

Um **brunngerð** er hér fjallað sérstaklega, en brunnar eru grafnir að lindum, í laus jarðlög (setlög) og stundum við opin vatnsból, en stundum hlaðnir út í þau. Sjálfrennandi er úr lindum, og því yfirleitt úr lindabrunnum líka, en dæla verður úr öðrum brunnnum með viðeigandi búnaði og lögnum. Verður að byggja brunnana í samræmi við þennan mun á vatnstökunni. Eftir gröft verður að setja brunnvirki í brunninn til vatnstöku, frágangur á brunni og brunnsvæði er nauðsynlegur til varnar gegn mengun, en yfirleitt er einhver hreinsun á brunni og brunnsvæði nauðsynleg. Loks þarf yfirleitt að prófa vatnsgjöf brunnsins og forða svæðisins.

•**Brunngröftur eða brunnhleðsla:** Markmið brunngraftarins er að koma brunnvirki hentuglega fyrir og að tryggja hreint innrennsli í brunninn. Um leið gefst tækifæri til að rýma fyrir síunarefni umhverfis brunnvirkið, ef þess er talin þörf. Vandamál geta verið við að grafa fyrir brunnnum neðan vatnsborðs vegna hrúnhættu í setinu, sem í er grafið. Sandrík mól er oft aðalveitilagið í brunninn, en hún rennur yfirleitt til í vatni og myndar skriður með 25 - 30 ° halla, þ.e. dýpt "brunntrehtarinnar" er aðeins 1:4 (dýpt:þvermál). Í lausum sandi getur hallinn verið enn minni. Hins vegar geta vel þökkuð malarlög staðið mun betur, einkum úr sandsnaðri og illa núinni mól. En eitt hrungjarnt lag getur dugað til að steypa niður þykkum malarstafla, þó sjálft sé það þunnt. Brunnar verða afarvíðir, ef grafa þarf þá í samræmi við þennan halla (> 4 m fyrir 1 m dýpt, > 8 m fyrir 2 m dýpt o.s.frv.).

Ýmsum aðferðum hefur verið beitt til að sneiða hjá þessum greftri. Hentugasta leiðin er líklega sú að lækka vatnsborð með dælingu, meðan á greftri stendur. Þá getur að vísu þurft að hafa hraðar hendur við frágang og fyllingu að brunni, áður en vatnið ris of mikið aftur. Í hallandi setlögum (framhlaup, skriður, jarðvegur í halla) má búast við jarðsili (solifluktion) eða jarðskriði, sem geta skekkt brunnvirkin og fært þau til. Jarðsil lýsir sér oft í smástöllum í jarðvegi eða öðrum óreglum. Verður þá annað hvort að hafa mjög traust mannvirki eða gera þau til skamms tíma, þannig að "fórna" megi þeim, ef til kemur.

Við opin vatnsból (ár og stöðuvötn) er oft hentugra að hlaða eða smíða brunninn út í vatnið, heldur en að grafa hann í jarðlög á bakka þeirra. Fer þá saman í raun hleðsla brunnsins og gerð brunnvirkis. Þessa brunna þarf jafnaðarlega að verja fyrir ölduróti eða vatnagangi. Það má gera með grjótvörn, en brunna í ám þarf oft að steypa.

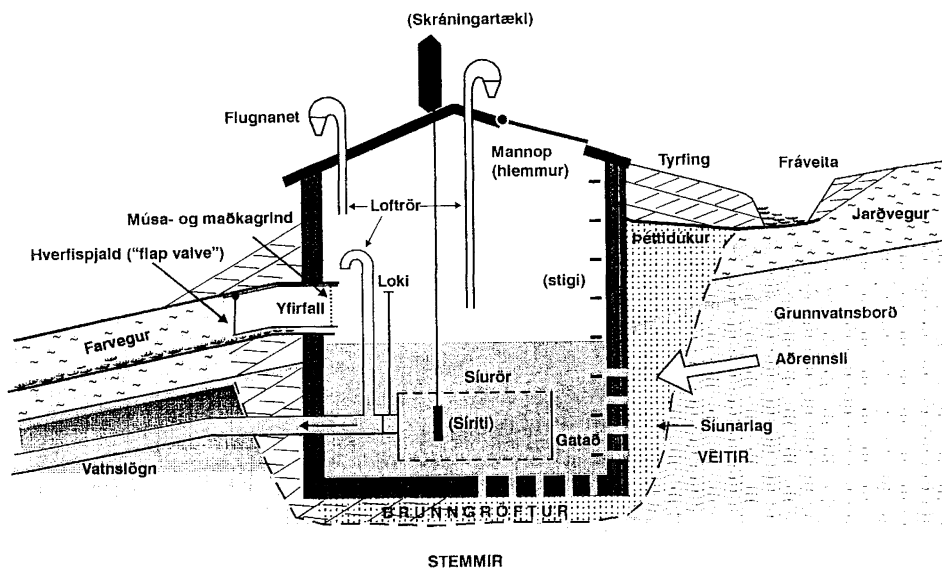
Við brunngröft er oft mokað upp jarðvegi, mýrarauðablandinni mól, finefnablöndnu seti og öðrum óhreinindum. Þessi uppmokstur getur valdið mengun, auk þess sem lekt hans er oft lítil. Því þarf að koma honum til hliðar í upphafi og nota hann helst ekki til uppfyllingar í brunninn og þá síst af öllu í kringum brunnvirkið sjálft. Með viðeigandi frágangi (t.d. þéttidúk) má nota hann til að þekja að brunninum.

•**Brunnvirkin** sjálf geta verið með ýmsu móti. Gildir það bæði um efni, stærð og lögun. Í smærri brunna má nota tunnur, keröld, geyma og sérgerða brunna úr steypu, stáli eða plasti, en í stærri brunna stálgeyma og ýmis önnur ílát. Þessi brunnvirki verða að vera það traust, að þau standist álag og jarðvegshreyfingar, þegar það á við. Þau verða að byrgja vatnið fyrir sólarljósi og annarri birtu, svo að ekki fari á kreik í því þörungagróður eða annað lífríki. Hvítt og hálfagnsætt plast getur því verið

varhugavert, nema vel sé að því hlaðið. Plast í brunnnum má ekki innihalda uppleysanleg eiturefni. Timbur er ekki hentugt efni, því að það getur verið lífgrunnur fyrir fúasveppi og aðra sveppi, þörungum (slý) og annað lífríki.

Yfirfall verður að vera úr brunnnum, músa- og maðkahelt (net, síur), og nógu vítt til þess að flytja allt það umframvatn, sem til brunnsins kann að renna í vatnavöxtum eða af öðrum náttúrulegum ástæðum. Þetta yfirfallsvatn getur grafið frá brunnum og valdið annarri röskun með rofi. Þarf því að gera ráð fyrir fráveitu þess. Við lindir er best að veita því í hinn forna farveg lindalækjarins, en ella kann að þurfa að gera fráveituskurði. Loftun verður að vera á brunnum, til að hindra þrýstisveiflur, slaga og loftlaus efnahvörf í vatninu. Loftrör verða að vera flugna- og fuglaheld, snúa opi niður (undan úrkomu) og helst með víkkun bak við inntak til að slæva snjófok. Æskilegt er að hafa loftrörin tvö og láta þau ná misdjúpt ofan í mannvirkið ofan vatnsborðs til að tryggja greiða hringrás loftsins. Nauðsynlegt er, að vatnsbólið sé aðgengilegt til hreinsunar og til sýnatöku og annars eftirlits (t.d. með hlemmi og "mannopi").

Brunnvirkin verður að setja svo í brunnana, að þau séu stöðug og varin ytra álagi. Í linum og lausum jarðlögum getur þurft að setja burðarlag undir það úr mól eða grjóti. Það býður einnig upp á að veita vatni inn í brunnninn að neðan. Þar sem vatnið kemur inn til hliðar við brunnvirkið þarf að gera ráð fyrir síuefni þeim megin og opum inn í brunnvirkið. Samband verður að vera á milli kornastærðar í síuefninu og stærð gata á inntökunum, þannig að kornin berist ekki í brunnninn. Því er oft betra að hafa mörg göt og smá, til að halda brunnum hreinum, en þau mega þó ekki vera svo þröng, að þau hleypi of litlu vatni í gegn. Götun og síun þarf að ákveða hverju sinni eftir stærð brunns og fyrirhugaðri vatnstöku.



Mynd 4.4. - 1.: Frágangur á lindabrunni.

Frágangur brunna er um margt svipaður, hvort sem þeir eru um sjálfrennandi lindir eða um brunna, sem grafnir eru til úrdælingar í laus jarðlög. Hér eru sýnd flest þau atriði, sem getið er í texta um brunnvirkið. Stærðir geta verið í ýmsum öðrum hlutföllum en hér er sýnt (Freysteinn Sigurðsson 1998, Vatnsveituhandbókin).

æskilegt, og oft nauðsynlegt, að hreinsa brunnana með úrdælingu, eða "snýtingu" með skarpri loftdælingu, sem iðulega þarf að endurtaka nokkrum sinnum. Þetta eru vel þekktar aðferðir hjá borverktökum, en loftdælingin getur verið örðug í grunnnum og víðum brunnum.

Iðulega þarf að hreinsa brunna annað veifið á nýtingarævi þeirra. Grugg og slý getur safnast í brunna og síunarlög við þá, auk þess sem fínsandur og annað fínefni getur borist að brunnum með grunnvatnsstreyminu og fyllt í göt milli korna og dregið þar með úr lekt umhverfis brunnana. Úrdæling, "snýting" og bakdæling (dælt í brunnana) eru mikið notaðar aðferðir. Góðar "þumal fingursreglur" eru ekki tiltækar um þessar aðferðir, en þær fara mjög eftir aðstæðum hverju sinni, sem eru afar mismunandi.

Mengunarhættur geta verið margvíslegar til staðar, þó ítrasta aðgát sé höfð við brunngerð og vandlega hreinsað úr brunnum. Þær hættur stafa einkum frá rennandi vatni á yfirborði og niðurrennsli mengunar á vatnasviðinu. Yfirborðsvatn getur borið með sér gerla, þörungum, grugg, áburð, olíur og önnur efni af yfirborðinu. Hættan er mest, ef það nær að renna í brunn eða getur sígið niður í grunnvatnsveitinn nærri brunni. Til þessa þarf að taka við staðsetningu á brunnum, frágang og varnavirki við þá. Mesta hættan er að sjálfsögðu í opnum vatnsbólum í fallvötnum, en einnig víða á flæðieyrum og lægðardrögum í brattlendi. Náttúruleg mengun er mest frá mýrlendi (mýrarauði, "kolsýra", jarðvegssýrur o.fl.), gerla- og örverumengun úr jarðvegi og sums staðar grugg frá flæðivötnum og jökulvötnum. Mengun af mannavöldum getur einkum verið frá fráveitum frá byggð og sumarhúsum, frá iðjurekstri, umferð, búfjárhaldi, safnhaugum, efnageymslum o.s.frv. Þar er komið inn á svið vatnsverndar.

•**Prófanir** á vatnsgæfni brunna eru nauðsynlegar, eða a.m.k. æskilegar. Úr sjálfrennandi lindabrunnum er nóg að mæla frárennslið. Til þess eru ýmsar aðferðir. Lítið rennsli er hægt að mæla í fötu eða annað ílát og taka tímann með skeiðklukku. Til þess þarf að veita frárennslinu um rör eða yfir plötu, svo að beina megi því ofan í mælikerið. Þessi aðferð dugur ekki nema fyrir fáeina l/s, en það er þó háð stærð mælikersins, í tunnur er t.d. hægt að mæla nokkra tugi l/s með sæmilegri nákvæmni, ef hægt er að beina vatninu ofan í þær. Einnig má setja rennismæla á rör frá lindunum og mæla vatnsmeginið þannig beint, ef hægt er að ná vatninu í þau. Hafa verður þá næga lengd og viðunandi halla á rörunum, svo að vatnið renni í jafnvægi, auk þess sem loka þarf á þau til að halda þeim fullum. Því eru takmörk sett, hversu mikið rennsli er viðráðanlegt með þessu móti. Meira vatn þarf oftast að mæla um yfirfall, en það skilar sæmilegri nákvæmni upp í fáein hundruð l/s, sem er yfirleitt fullnægjandi. Til þess þarf að gera stíflu í frárennslisfarveginn og í henni svokallað "V - yfirfall", yfirleitt 90 ° vít, þ.e. rétt horn í klaufarbotninum. Um þetta er fjallað nánar í kafla 4.6.3.

Afköst dælubrunna þarf að prófa með úrdælingu, þ.e. þeirra brunna, sem grafnir eru niður í grunnvatnið til vatnstöku, en ekki rennur úr af sjálfsdádum. Við úrdælinguna lækkar vatnsborðið í brunnum, en við það eykst halli þess umhverfis hann og grunnvatnið streymir örrar til hans. Fræðilega kemst á jafnvægi milli úrdælingar og lækkunar vatnsborðsins, eða *niðurdráttar*, eftir einhvern tíma, nema gengið sé á forðann í veitinum. Þessar *dæluprófanir* lúta því að því, að mæla dælt vatnsmegin (l/s), sjá hér á undan, og niðurdrátt í brunnum (cm, m) eða í einhverri tiltekinni fjarlægð frá honum sem fall af tíma. Iðustreymi í brunnum og í jarðlögunum næst við hann getur valdið truflunum á mælingu niðurdráttar, þó þær séu miklu minni en við prófanir á þröngum borholum. Því getur verið nauðsyn að mæla vatnsborðslækkunina utan við brunnum, en

4.4.6.

til þess þarf þá aðra brunna, gryfjur, eða borholur (mæliholur). Um dæluþrófanir er einnig fjallað nánar í kafla 4.6.3.

Vatnsgæfni brunna fer einkum eftir fernu, fyrir utan gerð brunnvirkja og frágang (sama gildir um borholur):

- *Lekt jarðlagsins* umhverfis brunninn (k í m/s). Vatnsgæfnin (í l/s) stendur í beinu hlutfalli við lektina.

. - *Dýpt brunnsins*, eða öllu heldur þykkt vatnsgæfa og vatnsfyllta lagsins um brunninn. Vatnsgæfnin stendur einnig í beinu hlutfalli við þykkt þessa lags (þ.e. leiðni leka lagsins, sjá 4.2.2.), en dýpi þess niður fyrir brunnbotn skiftir einnig máli, og svo getur vatnið grynnt í jarðlaginu við niðurdráttinn.

- *Vídd brunnsins* skiftir minna máli, því að fræðilega eykst vatnsgæfnin einungis lógaritmiskt með aukinni vídd brunnsins.

- *Niðurdrátturinn* veldur næstum beinni aukningu úrdælingar, meðan hann er lítill, en við meiri niðurdrátt fer að gæta grynningar í vatnslaginu, iðustreymis í brunninum og við hann o.fl., sem dregur úr aukinni dælingu með auknum niðurdrætti.

Af þessum stærðum er langmestur munur á lektinni, í mól getur hún t.d. verið á bilinu $1 \times 10^{\text{sup } -5}$ - $1 \times 10^{\text{sup } -2}$ m/s, eða allt að þúsundfaldur munur. Brunndýptinni eru takmörk sett, því að kostnaður eykst hratt með dýpi og eins er þykkt vatnsgæfa lagsins oft takmörkuð. Aukinn niðurdráttur kostar aukna orku, auk þess sem grynning vatns í brunninum setur honum takmörk. Vídd brunns hefur einna minnst áhrif, en uppmokað efni (rúmmál) eykst í öðru veldi með víddinni og kostnaður um leið í áttina að því sama. Mestu máli skiftir því að staðsetja brunninn í sem lekustu og þykkustu, vatnsgæfu jarðlagi. Því er oft meiri sparnaður í því að vanda vel til vals á brunnstæðinu en leggja mikið í verkframkvæmd brunngerðarinnar.

Af framansögðu má ljóst vera, að hver brunnur og hvert vatnsból hefur sín séreinkenni og standa verður að gerð þeirra í samræmi við aðstæður hverju sinni. Þær eru mjög fjölbreytilegar og því misjafnt, hvaða aðferðir gefast best hverju sinni. Því ríður á miklu, að vatnsveitumenn gefi þessum atriðum gaum, þegar þessi mál ber að, og haldi til haga upplýsingum um hvað gefist best og hvað beri helst að varast. Það er allra hagur til framtíðar litið.

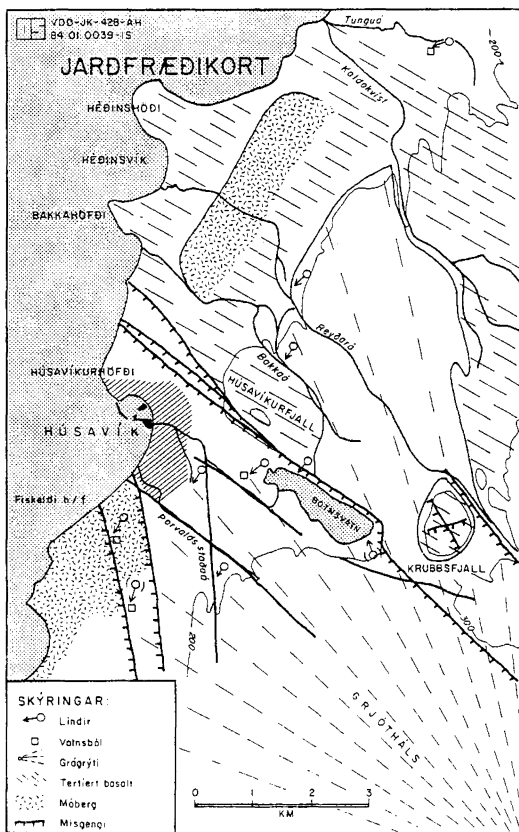
4.4.2. Lindir:

Ætla má, að fyrir nokkrum árum (Árni Hjartarson 1993) hafi 25 - 45 % alls vatnsveituvatns á blágrýtissvæðunum verið tekið úr lindum en 80 - 90 % vatns á gosbeltunum í Þingeyjarþingi og Suðurlandi.

Um lindir þarf að gera brunna til varnar gegn óhreinindum og til hægari vatnstöku (sama gildir líka um opin vatnsból (vötn og ár), en þar þurfa brunnarnir líka að þjóna því hlutverki að sía mestu óhreinindin úr vatninu, því að óhreinindi eru alltaf til staðar í yfirborðsvatni, þó mismikil séu). Yfirleitt er litið eða ekki hægt að auka rennsli úr lindum með vatnsbólagerð.

Helstu gerðir linda eru eftirtaldar:

- *Lindir úr leku bergi:* Algengastar á virku gosbeltunum og jöðrum þeirra. Koma einkum úr ungum hraunum, grágrýti, óholufylltu basalti og bólstrabergi. Veitar eru yfirleitt við yfirborð en oft þaktir jarðvegi eða setlögum (t.d.jökulmel). Þeir eru oft lagskiftir og misleitnir en þó opnir veitar, nema helst bólstrabergshrúgur, sem eru oft jafnleitnar (isotrop) í lekt. Þær koma þó fyrir sem lokaðir veitar í misleitnum jarðlagastöflum. Vatnsmegin svona linda er oft 5 - 100 l/s, vatnasvið eru oft stór og ástand lindavatsins yfirleitt stöðugt. Grunnvatnsrennsli er hratt að lindunum og mengunarhætta frá yfirborði oft töluverð.
- *Lindir úr vatnstregu bergi:* Einkum í eldra bergi (árkvarter, tertíer) og þéttu móbergi. Koma einkum fram á lagamótum í jarðlagastöflum eða misfellum í móbergi. Stundum sem villuvatn ofan á stemmum og þá oft sveiflukenndar í rennsli. Veitarnir eru stundum lokaðir með rásir til yfirborðs um sprungur. Smálindir eru stundum í stuðlasprungum vegna spennuléttis við yfirborð. Vatnsmegin svona linda er sjaldan meira en 1 - 10 l/s og oft sveiflukennt eftir árstíðum. Vatnasvið eru sjaldan stór en ástand vatns oft frekar stöðugt vegna tregs rennslis. Mengunarhætta er mismikil eftir aðstæðum.



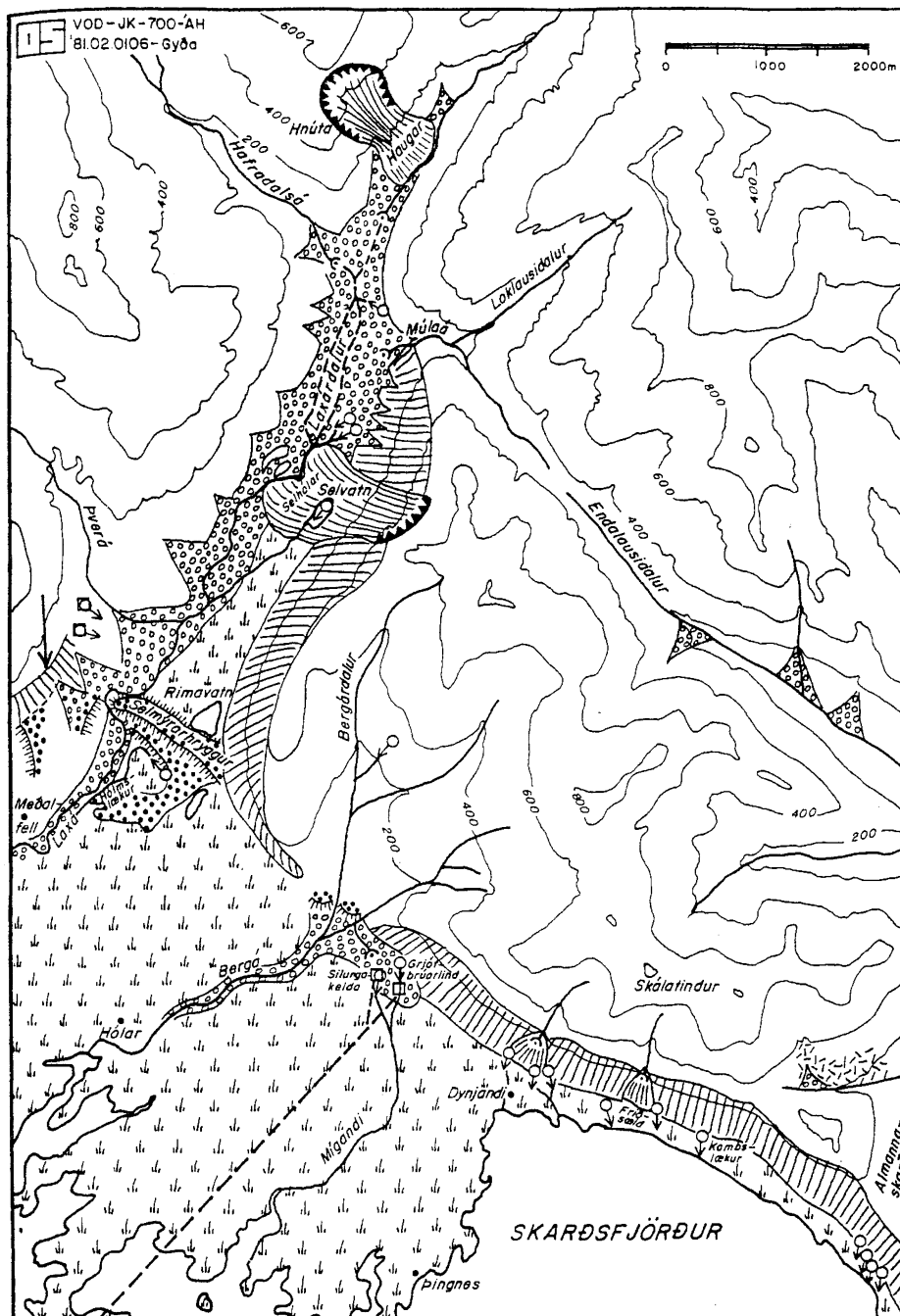
Mest er um lindir úr leku bergi og sprungulindir á ungu gosbeltunum (Þingeyjarþingi og Suðurlandi), en þar er vatnspörf að mestu leyti mætt með vatnstöku úr lindum (Árni Hjartarson 1984).

Mynd 4.4. - 3: Lindir úr leku bergi og sprungulindir við Húsavík:

- *Sprungulindir:* Einkum á sprunguskörum á virku gosbeltunum og jöðrum þeirra, en einnig til á stöku stöðum (sprunguskörum) á blágrýtissvæðunum, þó þar séu ekki jafn vatnsmiklar lindir. Koma einkum upp, þar sem lægðir eða brattlendi skera sprunguskara. Í vel opnum, ungum sprungum liggja lindir yfirleitt lágt í landi, en geta komið upp hátt uppi í hlíðum úr miður lekum sprungum í eldri jarðmyndunum. Ungar og opnar sprungur eru oft opnir veitar en djúpt

liggjandi sprungur lokaðir veitar. Vatnasviðin eru mjög misstór og sveiflur í vatnsmegini og ástandi vatns að sama skapi. Vatnsgæfni í sprungunum sjálfum er oft mikil en forði í sprungum oft takmarkaður og misvel lekt berg ráðandi um vatnsforðann. Vatnsmegin svona linda er oft á bilinu 1 - 100 l/s. Rennsli að þeim er yfirleitt hratt og mengunarhættur verulegar á sprungusvæðunum vegna greiðra rennslisleiða upp og niður eftir sprungunum

- *Skriðulindir*: Viða undan þykkum og stórum skriðum í fjallahlíðum, einkum á þéttu bergi. Vatnasvið eru einkum í skriðunum sjálfum og þær eru oftast opnir veitar. Sveiflur eru oft mjög miklar á vatnsmegini og verulegar á ástandi vatns. Vatnsmegin svona linda er oft 1 - 5 l/s, en þær eru gjarnan margar undan sömu skriðum. Mjög mikil hættu er á mengun í ógrónum skriðum.

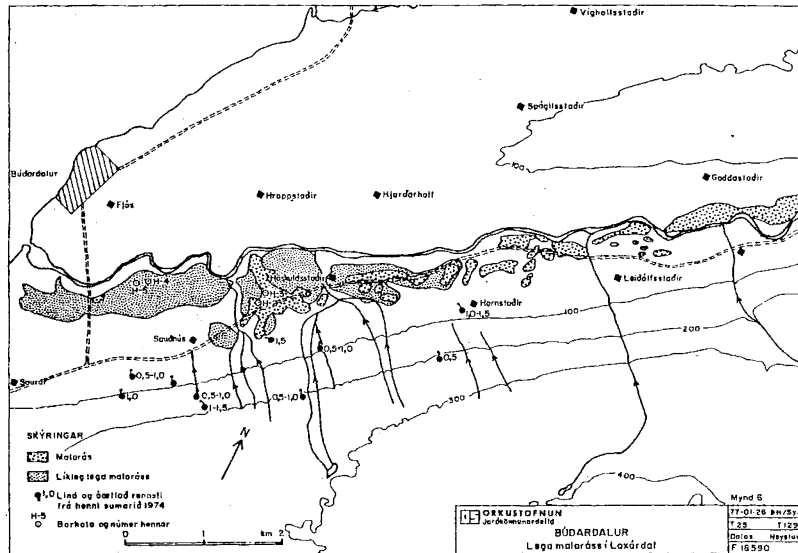


Mynd 4.4. - 5: Skriðulindir í Hornafirði.

Skriðulindir eru algengar móti hafi í rofnum megineldstöðvum á Suðausturlandi (Árni Hjartarson o.fl. 1981).

4.4.10.

- *Dýjaveitur og jarðvegslindir:* Einkum úr grónum, neðri hluta fjallahlíða á þéttu bergi, þ.e. á blágrýtissvæðunum. Dýjavætlur koma víða úr urðum hátt til fjalla, en eru þá oft mjög óstöðugar í rennsli. Veitarnir eru oft hálfopnir, vatnasviðin lítil og sveiflur miklar í vatnsmegini og ástandi vatns. Vatnsmegin svona linda er oft 1 - 5 l/s. Mengunarvörn er sæmleg í þykkum jarðvegi en þó er hætt við jarðvegsmengun (jarðvegsbakteríur, mýraraudi o.fl.).



Mynd 4.4. - 6: Dýjaveitur og smálindir í Laxárdal í Dalabyggð

Smálindir og dýjaveitur koma oft fyrir í grónum hlíðum á blágrýtissvæðunum (Þórólfur H. Hafstað 1978)

- *Áreyralindir:* Sprettu upp á hallandi aursvuntum og áreyrum. Vatnsgæfar áreyrar eru einkum við dragár (eyrar oft rýrar við lindár og finsandríkar við jökulvötn) og þess vegna eru þær einkum á blágrýtissvæðunum. Þær eru opnir veitar og vatnasvið þeirra oft lítil en í rennsli frá fallvötnunum heldur oft uppi vatni í þeim. Miklar sveiflur eru á vatnsmegini og ástandi vatns. Vatnsmegin svona linda er oft 1 - 10 l/s. Veruleg hætta er á mengun, einkum á ógrónum eyrum.

Aðrar og sjaldgæfari tegundir linda eru einnig til. Vatnsmiklar lindir eru einkum á og við gosbeltin og yfirleitt frekar stöðugar í rennsli. Lindir úr lokuðum veitum í jarðlagastafla eru einnig oft stöðugar, en vatnsminni lindir með lítil vatnasvið úr setlögum og tregleku bergi sveiflast oft í rennsli eftir árstíðum. Skriðu- og áreyralindir sveiflast mest með úrkomu og leysingum, en sumar sprungulindir með lítil vatnasvið líka verulega. Nokkrar sveiflur eru einnig oft á framhlaupalindum.

Huga verður að eftirtöldum **almennum atriðum við gerð lindavatsnbóla:**

1. *Forathuganir:* Æskilegt er - og raunar oftast nauðsynlegt - að fylgjast með lindum um lengri eða skemmri tíma, áður en í virkjun er ráðist (einkum vatnsmegin og ástand vatns, t.d. vatnshiti), vegna veðurfarsháðra og árstíðabundinna sveiflna. Víðast hvar og yfirleitt er nóg að skrá upplýsingarnar á tveggja vikna fresti, en sums staðar getur verið hagkvæmara að koma fyrir síritum (t.d. vegna snjóalaga og aðgengis, eða vegna örra sveiflna). Könnunartíminn þarf oft að spanna heilt ár (tölf mánuði, þ.e. eitt heilt vatnafarsár), en stundum þó fleiri ár, þar sem áramunur er

mikill á veðurfari, snjóalögum o.s.frv. Við þessar kannanir þarf að huga að snjóalögum og aðgengd, þar sem það á við.

2. *Vatnsbólsgroftur*: Jafnan þarf að gera brunn að lindum, sem virkja skal til vatnstöku, bæði til varnar gegn mengun vatns í lindinni og til að auðvelda vatnstökuna. Í flestum tilfellum þarf að grafa lindirnar út við brunngerðina. Sá gröftur verður að vera nægjanlegur til að koma brunnvirkinu fyrir en einnig til að opna vel og hreinlega fyrir innrennslið í lindina / brunninn. Tilgangslaust er yfirleitt að reyna hækka vatnsborð í lindinni um leið. Það breytir þrýstingi vatnsins og bægir því brott frá lindinni. Sjá annars 4.4.1.
3. *Vatnsgæfni*: Á móbergssvæðunum / gosbeltunum eru stærri lindir úr hraunum, sprungum og bólstrabergi oft 10 - 100 l/s að vatnsmegini, en á blágrýtissvæðunum eru stærri lindir (framhlaup, ófyllt basalt, hallandi áreyrar) oft 1 - 10 l/s að vatnsmegini. Enn stærri lindir finnast á hvoru tveggja svæðunum, en oft er þó að snapa verður vatn saman úr nokkrum smærri lindum á sama lindasvæði til að fá nægjanlegt vatn.
4. *Vatnstaka*: Sveiflur eru því meiri á rennsli linda sem vatnasviðið er minna (og rennslið !) og veitirinn er lekari (t.d. skriður). Yfirleitt eru vatnsmiklar lindir stöðugri en vatnslitlar, en þó geta sumar vatnslitlar lindir verið furðu stöðugar. Vatnsmegin linda verður ekki kannað nema með mælingum eða markvissu mati. Reynslan sýnir, að jafnvel glöggir og athugulir menn taka ekki eftir stærðargráðumun á rennsli, nema þeir gefi því sérstaklega gaum. Stöðugt rennsli og stöðugt ástand vatns (t.d. vatnshiti) fara yfirleitt saman og því geta frávik frá algengum lindavatnshita (oftast 3 - 5 °C) verið ábending um óstöðugt rennsli. Sjaldan er hægt að ná meira vatni úr lindum en úr þeim rennur við náttúrulegar aðstæður. Undantekningar eru þar sem lindir eru "yfirfall" úr gjöfulem grunnvatnsveiti, t.d. sumar áreyrar eða hraun. Vatn rennur sjálfkrafa úr lindum, en þær liggja ekki alltaf svo, að vatn sé sjálfrennandi frá þeim til notenda. Þá getur þurft að dæla vatninu og er það hönnunarlegt hagkvæmdarmál, hvort dælt er beint úr brunni, úr úttakslögn eða frá einhverjum þeim stað, þar sem fá má vatnið sjálfrennandi. Sjá 4.4.1.
5. *Vatnsgæði*: Í vatnsmiklum lindum er vatn að öðru jöfnu hreint og gott, enda hefur vatnið þá runnið djúpt og lengi í jörðu. Annars er lindavatn oft misjafnt að gæðum.
6. *Mannvirki*: Brunnar í lindum geta verið með ýmsu móti, sjá 4.4.1.
7. *Hreinsun*: Hreinsa þarf yfirleitt brunnstæði og lindirnar stundum annað veifið, sjá 4.4.1.
8. *Prófanir*: Lindir gefa yfirleitt ekki meira vatn en í náttúrulegu sjálfrennsli og þarf því ekki að prófa afköst þeirra umfram mælingu á rennsli fyrir virkjun og eftir.
9. *Frágangur*: Yfirleitt þarf að hlaða að brunnum eða gera hús yfir þá, til einangrunar fyrir veðurfarsveiflum, til styrktar og stuðnings mannvirkinu og til varnar gegn mengun, sjá 4.4.1.
10. *Mengunarhættur*: Oft er grunnt á aðrennslisvatn til lindanna (grunnvatn) í nágrenni þeirra, svo að mengun getur borist auðveldlega til brunnsins, sjá 4.4.1.

4.4.3. Opin vatnsból.

Til skamms tíma var líklega allt að 20 % vatns á blágrýtissvæðunum tekið úr yfirborðsvatni, á Vestfjörðum yfir 50 % (Árni Hjartarson 1993). Á ungu gosbeltunum var yfirborðsvatn nánast ekki tekið í vatnsveitum. Úr þessari vatnstöku úr yfirborðsvatni hefur dregið verulega á síðustu árum og er líklegt, að sú þróun haldi áfram.

Opin vatnsból eru í ám (fallvötnum) eða stöðuvötnum. Í einstaka tilfellum má gera brunna í bakka vatnanna, en yfirleitt þarf að gera inntaksmannvirki út í vötnin sjálf. Hagkvæmast er, að forhreinsa (grófsía) vatnið í vatnsbólunni eða við það, en **yfirborðsvatn þarf undantekningarlaust að hreinsa og gerilsneyða.**

Erlendis er neysluvatn víða tekið úr stöðuvötnum (t.d. í Noregi, Þýskalandi, Skotlandi og víðar), en í þeim hreinsast grugg við tilsetningu (a.m.k. að vissu marki), sumt lífríki og efni (við loftun, oxun og önnur efnahvörf). Þetta vatn þarf þá miklu minni hreinsunar við en dragárvatn og tjarnarpollavatn hér á landi. Nánast eina meiri háttar vatnstaka úr stöðuvatni hér á landi er vatnstaka Hitaveitu Reykjavíkur vegna Nesjavallaveitu úr Þingvallavatni. Það er rúmtaksmesta stöðuvatn í byggð (næstum 3.000 Gl eða nærri 3 milljarðar m³) og í það renna a.m.k. 80 m³/s af tæru lindavatni en yfirborðsrennsli til þess er lítið annað en Öxará og smáár í Grafningi. Vatnið er því vel hreint (að lífverum undanskildum) og er síað að auki í gegnum hraun til vatnstökubrunnanna.

Árvatn er sjaldan notað beint erlendis, heldur síað í gegnum eyrar og bakka. Hér á landi hefur árvatn verið tekið til neyslu hjá nokkrum vatnsveitum (fer fækkandi !) og er lindavatsstofn í sumum en önnur með miðlun í stöðuvötnum að hluta, sem bætir hvort tveggja nokkuð úr skák, því að dragárvatn verður víðast hvar svo gruggþrungið í vatnavöxtum, að það hefur reynst óhreisandi með viðráðanlegum aðferðum, svo að aldrei verði brestur á.

Eftirtalin **almenn atriði** eiga við um vatnsból í yfirborðsvatni:

1. *Forathuganir:* Kanna þarf vatnsmegin, rennslissveiflur, flóðahætti og aurburð (grugg og grjótburð) þeirra fallvatna, sem virkja skal, en upprót botnfena í grunnum stöðuvötnum (tjörnum). Grjótburður og flóðvatnshnútar í ám verða mestir í bratta og þrengslum og því oft haganlegast að byggja vatnstökumannvirkin á flötum eyrum.
2. *Vatnsbólagerð:* Í stöðuvötnum þarf að velja brunnunum stað með hliðsjón af innrennsli fallvatna (grugghætta), hentugum úttaksstað, dýpi og botngerð (grugghætta o.fl., ísalög og ísrekshætta, bylgjubrot o.fl.). Í fallvötnum er æskilegt að hafa mannvirkin sem mest til hlés til að forðast ánauð af vatnagangi, ísreki og grjótburði, sjá frekar 4.4.1.
3. *Vatnsgæfni:* Brunnstærð og nauðsynleg síunarvirki setja vatnsgæfni brunnanna skorður. Minni - og verri - síun leyfir stærri brunna og meira vatn. Gildir þar: Meira vatn og minni gæði eða meiri gæði og minna vatn. Því minni og verri sem forhreinsunin er, því meiri þarf eftirhreinsunin að vera, en þau hreinsivirki eru yfirleitt dýrari í stofnkostnaði og rekstri. Er því oft hæpinn hagnaður að því að spara við forhreinsivirkin, þó að ná megi meira vatni úr jafnstóru brunnvirki með því móti.

4. *Vatnstaka*: Lágmarksrennsli fallvatna og aðrennslis stöðuvatna setur vatnstökunni skorður. Miðlun (vatnsforði) er að auki í stöðuvötnunum, sem oft dugar til að mæta dægursveiflum og stundum til að mæta álagssveiflum til lengri tíma. Það þarf að mæla og meta hverju sinni.
5. *Vatnsgæði*: Yfirborðsvatn er að öðru jöfnu óhreinna og mengaðra en grunnvatn, og það oft svo miklu munar. Það er því neyðarbrauð að nota yfirborðsvatn og það þarf alltaf mikillar hreinsunar við.
6. *Mannvirki*: Í brunnnum í stöðuvötnum þarf að vera dælubrunnur og utan um hann síunarlag (yfirleitt úr jarðefnum, stundum með síudúk) og varnarlag úr grjóti yst til varnar gegn ölduróti og ísreki. Auk þess þarf dælubúnað, dæluskýli, spennistöð og raflögn, því að neysluhæf stöðuvötn eru sjaldnast þétt við mannabyggð. Brunnar við fallvötn eru um margt svipaðir, en þurfa yfirleitt að vera rammgerðari vegna stríðari vatnagangs. Sjálfrennsli má stundum fá frá þeim, sem sparar raflagnir og dælur.
7. *Hreinsun*: Brunnnum í opnum vatnsbólum er sérlega hætt við óhreinindum. Flóðvatn getur brotist inn í fallvatnabrunna og þarf þá yfirleitt að hreinsa þá aftur. Í flóðum getur einnig borist aur að inntökum í brunnana, sem þarf þá að hreinsa frá. Yfirleitt þarf að fylgjast nokkuð vel með svona brunnnum, svo að ekki verði vatnspurrð eða óhreinindaslys.
8. *Prófanir*: Prófa þarf vatnsból þessi, einkum dælubrunna, sjá 4.4.1. og 4.6.3.
9. *Frágangur*: Varnarvirki (varnargarð) getur þurft í nánd við brunna í fallvötnum og jafnvel í stórum stöðuvötnum (þar einkum vegna ísreks), en annars lýtur frágangurinn að brunnvirkinu sjálfu.
10. *Mengunarhættur*: Yfirborðsvatn flytur mengun hraðara og minna hreinsað til vatnsbólanna en grunnvatn, sem síast í gegnum jarðlög. Vatnsvernd verður því að vera að sama skapi strangari á vatnasviðum yfirborðsvatnsbóla en grunnvatnsbóla. Hafa verður hugfast með yfirborðsvatnsból, að vatnsvernd verður að ná til alls vatnasviðs þeirra og vatnsverndarsvæði verða að vera að því skapi til muna stærri en við grunnvatnsból, sem mengunin berst hraðar að þeim.

Brunnar til **vatnstöku úr stöðuvötnum** eru jafnaðarlega dælubrunnar. Í stöðuvötnum er best að hlaða upp brunna úti í vatninu eða við bakka, eftir því sem við á. Dælubrunnur er í miðju, þar sem dælu er komið fyrir og hægt er að komast í til hreinsunar o.fl. Utan um hann er hentugt að hafa grófa grjótfyllingu til að auðvelda innrennsli og utan um hana síulag (síudúk, sandlag eða önnur síun) til að grófhreinsa vatnið. Stundum verður að setja botnlag úr mól í brunninn til að hefta upprót finefna á botninum, eða jafnvel síunarlag í botninn. Gæta verður þess, að sandur berist ekki í dælur úr síunarlaginu, eða botni brunnsins, t.d. með kornastærðarskiptingu í síunarlögum. Sú aðferð er mjög vel þekkt erlendis en hefur ekki mikið verið notuð hérlendis. Síudúkar hafa haft tilhneigingu til að þéttast, þar sem vatn er sogið í gegnum þá í vatnsbólum. Hentugt er að hafa síunarlagið sem víðast að ummáli utan um dælubrunninn, bæði til að halda rennslisraða inn í brunninn sem minnstum, en hratt rennsli dregur að þéttandi sand- og melukorn, og til að hafa sem stærst flatarmál á gegnrennslisfletinum. Síun er því betri sem göt milli korna eru þrengri og síunarlagið þykkara, en um leið er lekt þess að sama skapi minni og þarf þá eftir því meira flatarmál til að ná sem mestu vatni í gegn.

4.4.14.

Dæmi:

Vídd dælubrunns: 1 m; þykkt grófs lags um brunn: 0,5 m; dýpi brunns: 2 m; virkt grop í síunarsandi: 20 %; úrdæling: 10 l/s.

Þá er virkt gegnrennslisflatarmál innan á sandlagi: $(1 + 2 \times 0,5) \times (p \times 2 \times 0,2) = 2,52 \text{ m}^2$ og rennslis hraði: $0,010 \text{ (m}^3/\text{s)} / 2,5 \text{ (m}^2) = 0,004 \text{ m/s} = 4 \text{ mm/s}$.

Þetta er skaplegur rennslis hraði, sem hvorki á að valda umtalsverðu iðustreymi milli sandkornanna né draga að sandkorn í neinum meiri háttar mæli. Miðað við líklega lekt í sandi þarf þrýsting (sog), sem svarar til 0,05 - 1 kg (bar) til að draga vatnið í gegnum þetta síunarlag.

Því þykkara sem sandlagið (síunarlagið) er, því betri er síunin, en þó verða ekki gerlar né sýklar síaðir úr, né örgrugg, "kolloid" og uppleyst efni. Því þarf að fínsía og gerilsneyða þetta vatn (geislun, klórur, "ósonering") áður en því er dreift til notenda. Fyrir vikið eru því takmörk sett, hvað borgar sig að hafa grófsíunina mikla og síunarlagið þykkt. Þó er æskilegt að hafa það a.m.k. 0,5 - 1 m á þykkt. Brunnana þarf að grjótvörja að utan gegn öldugangi og ísreki, en sú grjótvörn er alla jafna vel lek. Ýmis tilbrigði má hafa um gerð svona brunna, umfram það sem hér er talið, svo sem safnrör á vatnsbotni o.fl. Þeir eru þó jafnan töluverð mannvirki.

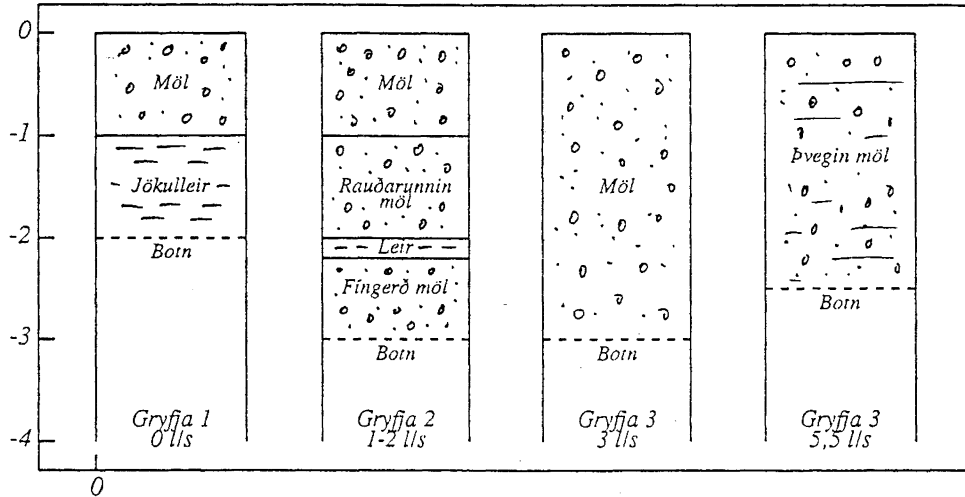
Brunnar til **vatnstöku úr ám** eru í mörgum atriðum svipaðir brunnum í stöðuvötnum. Straumbungi, aurburður og ísrek er mun öflugra í ánum, a.m.k. í flóðgjörnum vötnum. Því þarf að hafa brunnana traustari (steypa eða stórgrýtta) en í stöðuvötnum. Einnig þarf oft að hafa forhólf við brunninn til að lægja straumhraðann í vatninu, ef ekki er hægt að gera uppistöðulón í ána, sem byggja má brunninn við. Á forhólfinu verður að vera inntaksop við eða neðan vatnsborðs árinna, en vandræði hljóttast oft að aðburði aurs að svona inntaksopum. Í forhólfinu verður að vera op eða yfirfall til brunns og grófsíuvirkja. Oft er torvelt að ná vatnsborði upp í þetta op, án þess að aur og sandur berist með vatninu í síurnar. Grjótvörja má inntaksopin, en flóðvatn getur þó borið fint eða illa aðgreint efni að henni og þettað hana, þó svo að það rjúfi hana ekki. Svona brunngerð er því yfirleitt vandkvæðum háð, nema völ sé á úrtakslóni til að taka vatnið úr. Ár falla yfirleitt í nokkrum bratta og er þá iðulega fall frá inntakslóni til brunns eða grófhreinsistöðvar, svo að hægt er að veita vatni þangað í lögn með inntak vel yfir vatnsbotni og þarf þá ekki alltaf að byggja fullt brunnvirki í eða við ána eða inntakslónið.

4.4.4. Brunnar og ræsi (safnlagnir) í laus jarðlög:

Á blágrýtissvæðunum hafa líklega um 25 % neysluvatns verið tekin úr brunnum í lausum jarðlögum (Árni Hjartarson 1993), en sáralítið á ungu gosbeltunum.

atnsgæf, laus jarðlög, sem vinna má vatn úr að staðaldri umfram lindarennslu, eru fyrst og fremst **áreyrar eða aursvuntur við gilkjafna**. Þeim er það sameiginlegt, að aðstreymi vatnsins byggist fyrst og fremst á irennslu árvatns inn í veitinn, en ekki á úrkomu eða leka úr bergi inn í veitinn, þó þess geti líka gætt. Úr þeim þunnu veitum, sem fá vatn sitt meira frá berglekum og úrkomu, sprettur vatnið yfirleitt aftur fram sem

lindir og er þá virkjað í lindabrunnum. Iðulega þarf að vísu að grafa djúpt eftir vatninu í þannig veitum, en vatn fæst oft sjálfrennandi úr þeim. Úr áreyrum þarf yfirleitt að dæla vatninu. Oftast eru áreyraveitarnir frekar smáir, tugir eða hundruð metra í árstefnuna, metrar eða tugir metra þvert á hana og fáeinir metrar á þykkt. Þó finnast mun stærri áreyrar að flatarmáli og sumar eyrar, einkum á aursvuntum, geta verið yfir 10 m á þykkt. Mestar eru vatnsgæfar eyrar að dragám, en þá eru þær um leið oft óstöðugar og hætt við flóðum.



Mynd 4.4. - 7: Jarðlög í gryfjum á áreyri.

Jarðlög geta verið með ýmsu móti á sömu áreyrunum, þannig að vatnsgæf lög eru á einum stað en vatnstreg eða mengandi (óhrein lög) á öðrum. (Arni Hjartarson 1996).

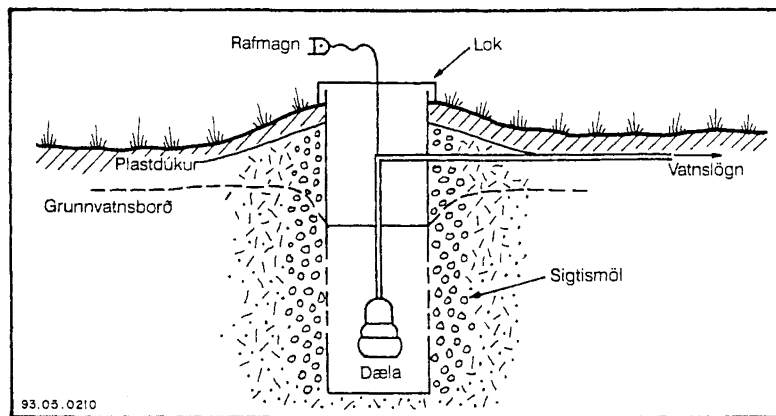
Að sönnu eru miklu stærri eyrar að sumum jökulvötnum, en þær eru oft sand- og méluríkar og miðlungi vatnsgæfar, auk þess sem jökulvötnin rása gjarnan um þær og láta ekkert í friði í flóðum sínum. Jökulgormað vatn getur komið upp á aurunum tugi metra frá fallvatninu sjálfu, þó að ekkert sé það hjá ósköpunum í hraunum, en þar getur gormað vatn runnið 1 - 2 km í gegnum hraunin, án þess að hreinsast að gagni. Í þunnum áreyrum (< 5 m á þykkt) eru brunnar yfirleitt hentugustu vatnsbólín. Eigi að afla mikils vatns, eða séu eyrarnar vatnstregar, getur þurft að leggja ræsi að þeim (brunnræsi, "drenlagnir", "safnlagnir"), sem grafin eru í veitinn. Í þykkum eyrum (> 10 m) eru borholur yfirleitt hentugri sem vatnsból, en á bilinu 5 - 10 m má segja að sé álitamál, hvaða gerð vatnsbólá sé hentugust.

("Safnlagnir" er líka notað um það aðveitukerfi, þegar vatn er tekið á mörgum stöðum, t.d. snöp úr smálindum eða vatnstaka úr mörgum brunnum. Þar á það bókstaflega við, en "brunnræsið" er eitt vatnsbólsvirki, þó að það teygi sig talsverða vegalengd. Það getur valdið ruglingi að nota sama heitið um tvönn konar vatnsbólavirki.)

Brunnar eru stundum gerðir í **aðrar gerðir veita**. Í lekum og sprungnum hraunum hafa verið gerðir brunnar eða sambærileg vatnsból í gjám og öðrum vatnsopum. Hafa slík vatnsból einkum verið gerð á Suðurnesjum. Brunnar geta einnig verið hentug vatnsból í mjög vel lekum jarðlögum (hraun, grágrýti), þar sem mjög grunnt er niður á grunnvatnsborð. Að fornu fari voru víða grafnir og hlaðnir brunnar niður í eða niður í gegnum jarðveg og laus jarðlög, sem voru margir metrar á dýpt, en sjaldan voru slíkir brunnar sérlega vatnsgæfir. Á blágrýtissvæðunum er nokkuð um brunna í jarðveg og laus setlög, sem dæla verður vatninu úr, en aðrennslið er úr berglögum eða setfyllum.

4.4.16.

Þar er einnig nokkuð um brunna í grónar skriður og framhlaup, sem eru þá yfirleitt í upphafi gerðir um lindir, en síðan grafnir dýpra eða víðar til að ná vatni, sem seytlar fram en kemur ekki í stærri lindum. Þessir brunnar eru um ýmsa hluti bil beggja milli lindabrunna og lausjarðlagabrunna.



Mynd 4.4. - 8: Brunnur grafnir í gróna eyri, einföld skýringarmynd.

Höfuðatriði eru að greiða vatni leið inn í brunninn (sigtismöl) og hindra óhreinindi í að komast ofan í hann (þéttidúkur, tyrfing) (Árni Hjartarson 1993).

Eftirtalin **almenn atriði** eiga við um brunna í lek og laus jarðlög:

1. *Forathuganir*: Oft þarf að kanna dýpi á grunnvatnsborð og / eða þykkt veitisins með könnunarborholum eða holugreftri. Einnig þarf oft að kanna sveiflur á grunnvatnsborði í veitinum um lengri tíma (stundum eitt ár, sjaldan lengur nema rennslisveiflur séu miklar milli ára í ám þeim, sem leggja til vatnið).
2. *Brunngröftur*. Aðalvandinn við brunngröftinn er hrun í lauspökkuðum jarðlögum, einkum neðan vatnsborðs, en hætta er á mengun og óhreinindum frá jarðvegi og mýrarauða- eða leirlögum í jarðlagastaflanaum, sjá 4.4.1. Til að ná meira vatni úr veitinum er oft hagkvæmt að leggja ræsi um hann (brunnræsi eða "drenlögn"). Þau eru lögð út frá brunnunum, en stundum eru brunnar á báðum endum þeirra. Um brunnræsi er fjallað nánar hér á eftir.
3. *Vatnsgæfni*: Sæmilega vatnsgæfir brunnar á áreyrum geta oft gefið 5 - 20 l/s.
4. *Vatnstaka*: Til lengri tíma séð er vatnstakan háð aðrennsli vatns í veitinum, en ekki beint afköstum dælingar úr brunnvirkinu. Í áreyrum er það fyrst og fremst endurnýjun vatns frá hlutaðeigandi fallvatni sem ræður vatnstökunni. Forði er að vísu jafnan nokkur í eyrunum, því meiri sem þær eru stærri, sem getur dugað til að jafna út dægursveiflur á álagi (úrdælingu) eða vatnsmegini árinna, eða jafnvel sveiflur til lengri tíma. Endurnýjunin frá ánni er að öðru jöfnu því meiri sem fjarlægðin frá ánni er minni, því að þá er vatnshallinn (þrýstingsbrattinn) frá á til brunns meiri. Sá hængur er á, að síunin (hreinunin) í mölinni er því minni sem rennslisleiðin er styttri, en rennslisraðinn eykst einnig með meiri vatnshalla og þar

með styttest rennslistímínn og útrýmingartími gerla og lífríkis. Litlar rannsóknir hafa (enn þá) verið gerðar á æskilegri eða viðunandi fjarlægð brunns frá á, en þess er getið til af fenginni reynslu, að brunnar skyldu helst ekki vera nær fallvatninu en 10 m og aðstreymið verði iðulega lítið, þegar fjarlægðin er komin yfir 50 m og dælingin verður að standa undir aðsogi vatnsins. Þessi fjarlægð má greinilega vera mun meiri, þar sem náttúrulegur grunnvatnsstraumur er í eyrunum, og er þá sjálfsagt að nýta sér það eftir föngum til að fá betri síun og hreinsun á vatninu. Stundum þarf að veita vatni í áreyraveita (eða önnur lek og laus jarðlög) til þess að tryggja nægjanlega endurnýjun vatns í þeim. Oftast er veitt yfirborðsvatni, misvel hreinu, í tjarnir, brunna eða borholur, þar sem það síast inn í veitinn og hreinsast að vissu marki á leiðinni til vatnsbólísins. Þessi íveituvirki þarf að hreinsa annað veifið eða eftir tilefnum. Um íveitur er fjallað nánar hér á eftir.

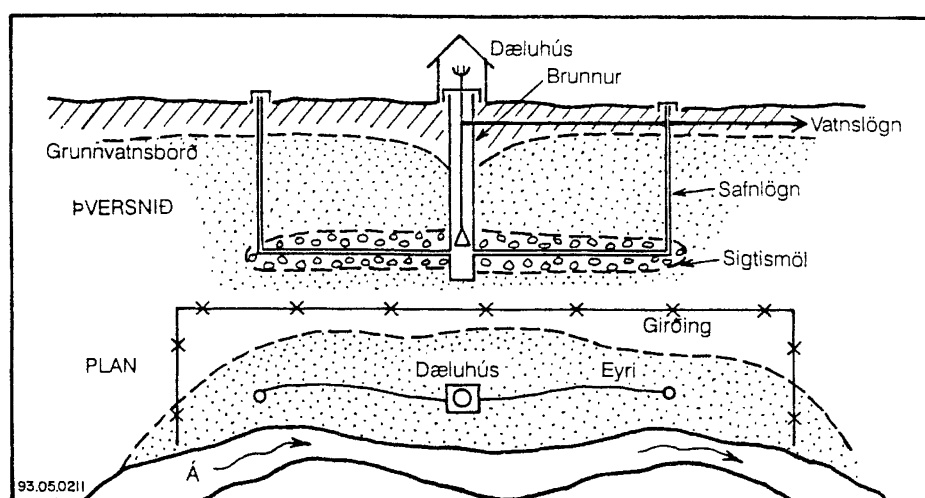
5. *Vatnsgæði:* Vatn er sjaldan eins hreint og gott í svona áreyrarveitum og í stærri og dýpri veitum. Grugg síast yfirleitt sámlæga úr árvatninu, gerlar eyðast að vissu marki en uppleyst efni eyðast lítið sem ekki. Þessi hreinsun er þó háð fjarlægð frá fallvatninu, grófleika og lekt malarinnar og rennslisraða vatnsins og þar með dælingu eða náttúrulegu streymi. Flóðvatn upp á eyrarnar getur lekið beint ofan í veitinn eða jafnvel vatnsbólíð og valdið verulegri mengun. Vatn úr svona veitum þarf oft að gerilsneyða, ef vel á að vera.
6. *Mannvirki:* Við gerð svona brunna þarf að huga meira eða minna að sömu atriðum og við gerð lindabrunna, sjá 4.4.1.
7. *Hreinsun:* Æskilegt, og oftast nauðsynlegt, er að hreinsa brunna fyrir notkun, og raunar stundum síðar, sjá 4.4.1.
8. *Prófanir:* Æskilegt er að dæluprófa brunna strax eftir gröft (eða jafnvel meðan á greftri stendur), þó svo að ónákvæmt sé, til að fá hugmynd um vatnsgæfni þeirra. Stundum borgar sig ekki að virkja grafna brunna vegna tregrar vatnsgæfni og má þá spara brunnvirkjagerð í þeim, sjá 4.4.1.
9. *Frágangur:* Að svipuðum atriðum er að huga og við lindabrunna, sjá 4.4.1. Við endurnýjunarvötnin (ár) getur þurft að gera varnargarða til að hindra landbrot og rennsli flóðvatns inn á veitinn (eyrarnar).
10. *Mengunarhættur:* Veitar, sem svona brunnar eru grafnir í, eru oft vel lekir, stutt af þeim til vatnsbólís, grunnt niður á grunnvatn og gróður- og jarðvegsþekja oft rýr. Mengun í umhverfi brunnanna á því oft greiða leið niður í grunnvatnið og til vatnsbólíð. Því verður að setja nokkuð stranga vernd á veitinn sjálfan. Vatnsverndin verður einnig að ná til alls vatnasviðs ár þeirrar, er endurnýjar vatnið í veitinum.

Brunnræsi ("drenlagnir", safnlagnir) eru gjarnan gerð, þar sem afla þarf mikils vatns úr áreyrum, svo að nemur tugum l/s. Stakir brunnar gefa oft ekki nema 5 - 10 l/s og þarf þá nokkurn fjölda þeirra til að ná tilskildu vatnsmagni. Þá geta brunnræsi verið ódýrari í gerð og einfaldari í rekstri, því að vatnið er þá oftast tekið úr einum eða tveimur brunnum. Brunnræsin eru nokkurs konar sogrör út frá brunnum. Þeim er yfirleitt ætlað að sjúga vatn í gegnum veitinn frá nærliggjandi ám. Þau eru því oft lögð samhliða ánum. Í bröttum eyrum og aursvuntum getur verið álitamál að leggja þær meira á ská

4.4.18.

eða þvert á árnar, þar sem von getur verið á öflugum grunnvatnsstraumi samhliða ánni, ofan eftir veitinum.

Brunnræsin eru yfirleitt grafin vel niður fyrir vatnsborð, því að þau geta sjálf ræst vatnið fram - og lækkað þar með vatnsborðið - eða dælusogið í þeim veldur því. Reynt er að sjálfsögðu að leggja þau sem mest í vatnsgæfum hlutum veitisins, en hann getur verið misjafn að gerð. Einnig þarf að huga að því að hafa tregleka þekju ofan á rörunum í ræsinu, til að hindra sem mest niðurrennsli óhreins vatns frá yfirborði. Í því skyni getur verið gagnlegt að leggja síudúk yfir síumölina utan um rörin, eða jafnvel að þekja með þéttum dúki. Í sumum tilvikum getur verið æskilegt að setja upphækkaðan mæni eða röst yfir ræsisstæðið að lokum til að beina yfirborðsvatni frá upprótuðu ræsisstæðinu. Stundum verður sig yfir greftrinum með tímanum, svo að lægð verður eftir, sem safnar þá til sín yfirborðsvatni. Móti því má vinna með svona upphækkun.



Mynd 4.4. - 9: Brunnræsi (safnlögn), einföld skýringarmynd.

Brunnræsi eru eins konar "sogrör" til brunna, sem dælt er úr (*Árni Hjartarson 1993*).

Venjuleg húsgrunna- og lóðarör ("drenrör") eru yfirleitt of lítið götuð til að hleypa nógu miklu vatni inn í rörin. Því þarf oft sérstök rör í ræsin, einkum ef veitirinn er mjög vatnsgæfur og taka skal mikið vatn. Verulegt vatn rennur um rörin og þurfa þau því að vera nokkuð víð til að geta flutt vatnið við það þrýstingsfall, sem dæling getur valdið í þeim. Til alls þessa þarf að líta, þegar brunnræsi eru gerð. Sú gerð er nokkuð flókið mál og er því rétt að fá ráðgjöf reyndra og sérfróðra manna (verkfræðinga, jarðfræðinga eða annarra vatnsveitumanna; einungis fáir aðilar hafa einhverja reynslu og þekkingu á þessum málum), hafi hlutaðeigandi ekki lagt brunnræsi sjálfir fyrr.

Íveitur tíðkast þar sem veitar gefa ekki nóg vatn vegna jarðfræðilegra ástæðna eða landslags. Veitt er yfirborðsvatni frá nærliggjandi vatnsfalli út á veitinn, þannig að það sígur niður, síast og hreinsast, og kemur aftur fram í brunni eða lind. Vatninu er yfirleitt veitt í brunna eða smálón. Vatn úr dragám þéttir smám saman íveitustaðina með tilsettu gruggi. Því þarf að hreinsa þau annað veifið til að viðhalda niðursígi íveituvatnsins. Íveitur eru sjaldgæfar hér á landi (enda dragárvatnið ekki fýsilegt til íveitu), en er algengt erlendis, þar sem ekki er á betri kostum völ.

4.4.5. Borholur í fast berg eða laus jarðlög.

Á blágrýtissvæðunum hafa 10 - 20 % vatns verið tekin úr borholum (Árni Hjartarson 1993), en þetta hlutfall gæti farið hækkandi vegna framfara í bortækni, lækkandi borkostnaðar og meiri reynslu í vatnsleit á þessum svæðum. Á ungu gosbeltunum (Þingeyjarþingi og Suðurlandi) hefur þetta hlutfall verið enn lægra, en það gæti farið hækkandi af sömu ástæðum. Á Reykjanesskaga (Höfuðborgarsvæðið, Suðurnes, Þorlákshöfn) er vatn nú tekið nær einvörðungu úr borholum í hraun eða brunnnum í gjám í hraunum, sem eru nánast ígildi borhola. Líklega fá fyrir vikið um eða yfir 60 % landsmanna vatn sitt úr borholum.

Borholur eru gerðar sem vatnsból þar sem djúpt er á vatn eða veitir þykkur. Þar er annars vegar um fast berg og sprungusvæði að ræða, en hins vegar um þykk og laus jarðlög. Nokkur munur er á borun eftir jarðgerð og á frágangi sömuleiðis, einkum fóðrun holunnar. Að miklu leyti er þó vatnsbólsgerðin svipuð við flestar aðstæður.

Við borun í **fast berg** getur sprungið berg eða hrungjörn lög verið til vandræða. Þarf þá stundum að þétta í hrunbilin í holunni, steypa í þau, eða fóðra þau af. Að öðru jöfnu þarf að fóðra holurnar með röri eftir borun, en í heilu bergi og hrunlausu er þess ekki alltaf þörf. Sá galli er á, að hrungjörnu lögin (t.d. gjalllög milli hraunlaga eða malarlög í setbergi) eru oft og tíðum líka þau lekustu og vatnsgæfustu og því illt að loka þeim frá holunni. Þar verður stundum að velja og hafna, þegar kemur vel niður fyrir vatnsborð í vatnsgæf jarðlög, sem gætu orðið helsti vatnsgjafinn í holunni.

Misjafnt er, hversu djúpar borholur þurfa að vera. Þar er fyrst dýpi niður að vatnsborði og síðan nauðsynlegt dýpi neðan vatnsborðs til að ná því vatni, sem stefnt er að. Í leku bergi (hraun, grágrýti) er stundum nokkuð djúpt á vatn, jafnvel tugir metra. Í þéttara bergi er yfirleitt grynna á vatn, en þar á móti kemur, að dýpra verður oft að bora neðan vatnsborðs til að ná tilskildu vatni, þar sem bergið er ekki líkt því eins lekt og leiðnin ("transmissivity") að sama skapi minni við sömu dýpt holunnar.

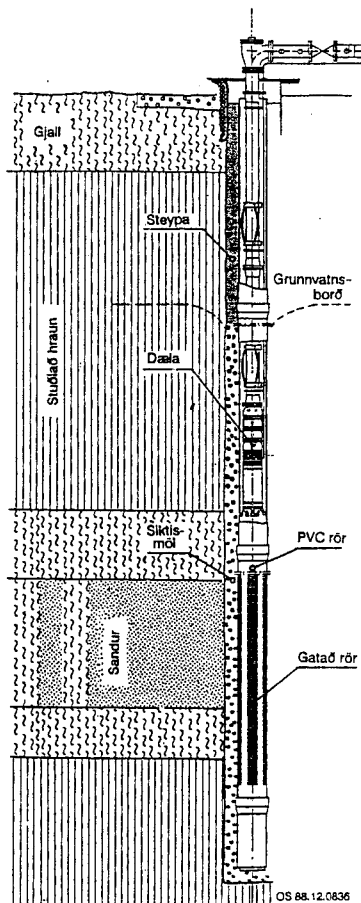
Um *vídd* holanna gildir sama og um brunnana (sjá kafla 4.4.1.), að vatnsgæfnin eykst einungis lógaritmískt með vídd holunnar. Þar er þó sá munur á, að brunnarnir eru alltaf nógu víðir til þess að vatnið geti flætt um þá og eins valda dælur í þeim sjaldnast nokkrum þrengingum. Þessu er öðru vísi varið með borholurnar. Í þær þarf að setja dælur og dælurör, sem geta farið langt með að fylla upp í fóðurrörið, einkum dælurnar. Dæmi eru þess, að inntaksop á dælunum hafi verið öfugu megin á þeim, miðað við staðsetningu dælu og legu vatnsgæfra jarðlaga í holunni, með þeim afleiðingum, að holurnar gáfu ekki nema hluta af því vatni, sem vól var á. Því þarf að hafa holur frekar víðar í vatnsgæfu bergi, en þær mega vera þrengri í tregara og miður vatnsgæfu bergi, því að þar má nota minni og mjórri dælur.

Vatnsgæfust eru hraun frá nútíma, en þar er vatnsgæfnin mest í gjalllögum en minnst í hraunstálunum miðjum. Hrun er oft mikið í gjallinu og stundum í lausu efra byrði hraunanna. Yfirleitt er frekar auðvelt að bora í grágrýti. Kólfarnir milli stuðlasprungnanna eru oft stórir og heilir og kemur stundum ekki vatnsdropi úr þeim við borun, fyrr en niður úr þeim kemur, eða sprunga verður á vegi borsins. Þá getur vatn flætt undir þrýstingi inn í borholuna og vatnsborð hækkað verulega í henni. Minnst er lektin í fornu og fylltu blágrýti. Vatnsgæfnin er oft svo lítil í því, að til skamms tíma var vart hægt að vinna vatn úr því með viðráðanlegum kostnaði. Framfarir í bortækni leyfa

4.4.20.

nú að bora holur um 100 m á dýpt til að ná 0,1 - 1 l/s fyrir smánotendur. Dæmi eru ýmis um vatnsgæfari holur í blágrýtinu, en þó er jafnan nokkuð happdrætti að fá viðunandi vatn við borun í það. Fyrir kemur í blágrýtinu, að mest vatn kemur í einu eða tveimur "vatnslögum" (lekum jarðlögum, sprungum) í holunni, en hitt er oftast, að vatnið er að mjatlast inn í holuna á mörgum stöðum. Sprungur í grágrýti (og öðru föstu bergi) geta verið mjög vel vatnsleiðandi, þó ekki séu þær það allar.

Um **boranir í laus jarðlög** gildir svipað um margt. Þar er þó hrun yfirleitt miklu meira, enda jarðlögin sjálf laus í sér. Þarf því að öllu öðru jöfnu að fódra holur í lausum jarðlögum. Helst er borað í þykkar áreyrar og skriðufyllur. Í þessum lausu jarðlögum er



yfirleitt veruleg vatnsgæfni í miklum hluta setstaflans, öfugt við það sem oft er í föstu bergi. Þar er yfirleitt minni hluti staflans vel lekur. Í lausum jarðlögum eru oft gerðar svokallaðar ODEX-boranir, þar sem borað er með hjámiðjaðri borkrónu en hún dregur þá fódningu á eftir sér niður. Borkrónan er í lokin miðjuð og dregin upp um fódurrörið. Þetta heldur úti hruni og ekki er þá þörf á því að reka niður fódurrör eftir borun, en það er oft vandasamt. einn helsti óhagur þessarar aðferðar er sá, að ákveða verður dýpi síuröra fyrir fram, þó að stundum sé hægt að renna þeim niður eftir á og draga fódningu upp á móti, eða setja heilfóðruð rör innan á síurör til þéttingar, eftir á.

Mynd 4.4. - 10: Borhola í hraunastafla, einföld skýringarmynd.

Staðsetja verður síurör og dælur í samræmi við jarðlögin um holuna (Arni Hjartarson 1993)

Um borholur sem vatnsból gilda annars yfirleitt eftirtalin *almenn atriði*.

1. *Forathuganir:* Stundum getur verið ráðlegt að bora þröngar ("grannar") könnunarholur á vatnstökusvæðum, ef jarðgerð og grunnvatnsstaða eru mjög óviss, en einnig til eftirlits með breytingum á grunnvatnsborði og á ástandi grunnvatnsins .
2. *Holuborun:* Í vel lekum jarðlögum (hraun, grágrýti, malarlög) eru holur oft grunnar neðan vatnsborðs (10 - 30 m), en dýpi á vatnsborðs getur verið misjafnt (10 - 30 m í bergi, 1 - 10 m í mól). Þessar holur eru oft vatnsgæfar og því hafðar víðar (20 - 30 cm (8 - 12 tommur) eða meira), líka til þess að koma nógu stórum dælum í þær. Dæmi eru um mun dýpri neysluvatnsholur, t.d. hjá Vatnsveitu Reykjavíkur, enda er þá vatnsgæfni þeirra jafnan mikil. Í þéttu bergi (blágrýti) eru holur oft dýpri (50 -

150 m) og þrengri (oft aðeins 10 - 15 cm (4 - 6 tommur), sjaldnast þrengri), enda gefa þær miklu minna vatn og mun grennri dælur þarf í þær.

3. *Vatnsgæfni*: Borholur í vel leku bergi, eða við opnar sprungur í leku bergi, geta gefið 10 - 100 l/s, í möl oft 5 - 20 l/s en í gömlu blágrýti oft aðeins 0,1 - 1 l/s. Þetta litla vatn getur þó verið nóg fyrir einn notenda (sveitabæ, sumarbústað) en nokkurn fjölda af slíkum holum þarf til að mæta vatnspörf vatnsveitna í þéttbýli. Vatnsgæfari holur eru þekktar í blágrýti. Borholur í óholufylltu blágrýti (sem ekki er mjög víða) geta gefið vatn á borð við holur í grágrýti, og þá stundum undir þrýstingi vegna misleitni stafans og halla hans, sem gerir vatnsgæf lög á dýpi að lokuðum veitum.
4. *Vatnstaka*: Í leku bergi eru vatnasvið og mengunarsvæði yfirleitt mun stærri umhverfis borholurnar en í vatnstregu bergi. Holur eru því að öðru jöfnu dreifðari á vatnstökusvæðum í leku bergi, nema þær séu fleiri saman vegna öryggis í rekstri. Í vatnstregu bergi er síður sogið sama vatnið til fleiri hola í senn við dælingu, þó að þær standi þröngt og nærri hver annarri. Miklu máli skiftir fyrir vatnstöku úr einstökum holum að stilla saman dæludigurð og vídd holu, staðsetningu dælu og legu vatnsgæfra jarðlaga í holunni. Vatn úr þeim jarðlögum þarf að hafa greiðan gang inn í holuna og má því hvorki fylla að fódruingu með illa leku efni á móts við vatnsgæfa lagið, né láta það standast á við heila fódruingu, svo að vatnið verði að streyma að inntakinu í þrengingum meðfram fódruingunni.
5. *Vatnsgæði*: Yfirleitt er vatn hreinna úr borholum en öðrum vatnsbólum (nema e.t.v. úr stórum lindum), enda tekið á meira dýpi og lausara við áhrif yfirborðsvatns. Sérstök hættu í borholum er rauðamyndun af völdum járngerla, sem borist geta með óhreinum bortækjum eða úr jarðvegi. Því getur þurft að þvó og gerilsneyða (t.d. með klórun) bortæki fyrir borun. Járnmenkun getur einnig orðið við óhentuga efnasamsetningu, sýrustig eða rafspennu í fódruingu. Við borun getur olía (eða "glussi") borist í holurnar, sem eimi lengi eftir af. Til varnar því þekkist að nota einungis matarolíu eða aðrar "ætar" olíur við borun eftir neysluvatni.
6. *Mannvirki*: Heilfóðra þarf vel niður fyrir vatnsborð, þar sem hættu er á léttri og fljóttandi yfirborðsmengun (olíur o.fl.) og úrkomu eða ofanrennsli yfirborðsvatns í efstu metrum vatnslagsins. Síurör eiga að vera um dælu og á móts við vatnsgæf jarðlög, með nógu víðum götum og nógu löng (leiðni röranna eða vatnslagsins !) til að veita nógu vatni inn í holuna. Síurör ("sigtisrör") eru oft framleidd með þröngum götum, til að halda úti seti, og miðuð við kornastærðarskiptar síur, sem víða tíðkast erlendis. Hérlendis hleypa þessi göt oft ekki nógu vatni í gegnum sig, t.d. í hriplekum hraunum, sprungnu bergi og í öðrum ámóta lekum veitum. Neðan síurörs þarf að hafa heilfóðraðan enda með botnloka, til að taka við gruggi og halda frá innstreymi um holubotn með sandburði og öðrum óhreinindum, helst u.þ.b. 1 m á lengd eða meira. Úr þessum "gruggbrunni" er þá hægt að dæla eða moka tilsettum óhreinindum. Vel þarf að ganga í upphafi frá holutoppi, helst þannig að mælingum verði viðkomið í holunni, án þess að rífa þurfi ofan af henni. Á ógirtum svæðum þarf að ganga rammlega frá holutoppi, því að dæmi eru til þess, að óviðkomandi aðilar hafi beitt verkfærum til að opna holur og henda ofan í þær grjóti og spýtum. Til síðs hefur verið að fylla að fódruörum með "sigtismöl", sem er yfirleitt einkorna og frekar fin í kornastærð. Mölin styður að fódruingunni og síar vatnið nokkuð. Þess eru dæmi, að lekt malarinnar sé það lítil, að hún dragi úr innrennsli í holur í

hriplekum jarðlögum. Kornastærð er samt yfirleitt of gróf til að sía finefni og grugg úr vatninu. Notkun sigtismalar er því oft matsatriði.

7. *Hreinsun*: Jafnan skal hreinsa borsvarf og sand úr borholum og jarðlögnum næst holunni með skarpri dælingu, rykkjóttri dælingu, loftblæstri ("snýtingu") eða með öðru móti. Oft þarf að hreinsa holur öðru hvoru vegna aðstreymis finefna með aðsoginu inn í holuna, eða frá niðurstreymi með fóðringu.
8. *Prófanir*: Borholur ætti jafnan að dæluþróa fyrir notkun (þrepaðela) til að fá mat á vatnsgæfni þeirra og hentuga dælustærð. Langtímadælingar geta verið nauðsynlegar, ef hætta er á vatnspurrð í veitinum (vatnstökusvæðinu).
9. *Frágangur*: Umhverfis holutopp þarf að þétta með þéttidúk, steypuþötu eða með öðru móti, svo að úrkoma og yfirborðsvatn renni ekki niður með fóðringu. Til verndar holutoppi getur þurft að gera hús eða skýli yfir holurnar, en það er oft nauðsyn til að vernda þær fyrir spellvirkjum og til að hafa greiðan og þurran aðgang að þeim og rafvirkjum þeim, sem þarf til dælingar. Ekki skal staðsetja borholur ofan í lægðum, ef hjá því má komast, vegna aðrennslis og uppistöðum á yfirborðsvatni.
10. *Mengunarhættur*: Um mengun og aðburð hennar gildir svipað fyrir borholur og um brunna og lindir.

Bortæki og bortækni eru nokkuð mismunandi og henta misvel við hinar ýmsu aðstæður. Borverktakar með reynslu og færni eru fáir (en góðir) hér á landi, en miklu munar hvað þessir ráða vel fram úr alls konar vandræðum, sem upp geta komið við borun. Því getur verið vel þess virði að leita ráðgjafar og tilboða um borverk hjá þessum fáu aðilum.

4.5. VATNSGÆÐI, MENGUN, VATNSVERND

Í þessum kafla er fjallað um gæði íslensks vatns, náttúrulega mengun og náttúrulega hreinsun á vatninu, manngerða mengun, vatnshreinsun og vatnsvernd hvað varðar áhrif á val og gerð vatnsbóla og vatnsverndarsvæða. Ekki er fjallað um heilbrigðiseftirlit með neysluvatni, en það er í umsjá heilbrigðisnefnda (heilbrigðiseftirlit sveitarfélaga og Hollustuvernd ríkisins sjá um framkvæmd eftirlitsins), einstök atriði í stöðlum um vatnsgæðin né tæknileg atriði við framkvæmd eftirlitsins.

Fjallað er fyrst um *vatnsgæðin* (4.5.1.) (hita, sýrustig, efnainnihald, gerlainnihald, hreinleika) og hvernig þau uppfylla opinberar kröfur, þá um *mengun og mengunarhættur* (4.5.2.), bæði náttúrulega og af mannavöldum, síðan stuttlega um vatnshreinsun (4.5.3.), en óvída hefur verið til hennar gripið hér á landi, enda flókin aðgerð og nokkuð kostnaðarsöm, ef vel á að vera, þá um *vatnsvernd og ákvörðun vatnsverndarsvæða* (4.5.4.), þó ekki sé fjallað ítarlega um vatnsverndarákvæði, sem er í umsjá heilbrigðisnefnda að setja á hverjum stað, og loks er fjallað stutt um atriði í vatnsgæslu (4.5.5.), sem lúta að vatnajarðfræðilegu eftirliti með vatnasviðum og vatnsbólu.

4.5.1. Vatnsgæði: Þarfir, kröfur og viðmiðanir:

Hollustuástandi íslensks grunnvatns og neysluvatns má almennt lýsa svo, að það sé *kalt, hreint, efnasnautt, mjúkt og mengunarsnautt*. Það er því að öðru jöfnu heilnæmt. Þó geta komið fyrir ýmis frávik við tiltekna aðstæður.

Vatnshiti á grunnvatni í byggð er yfirleitt á bilinu 3,5 - 5,5 °C. Kaldara vatn kemur fyrir í vatnsbólum uppi í fjöllum. Í árvatni getur vatnshitinn sveiflast á bilinu 0 - 15 °C eftir árstíðum og dregur vatn úr brunnum á áreyrum dóm af því. Vatn hitnar yfirleitt í lögnum í húsum og mun vera oft um eða yfir 10 °C úr krönum. Leyfður hámarkshiti er 25 °C, en æskilegt er talið, að neysluvatn sé um eða innan við 10 °C. Yfir 15 °C fer vatnið að missa ferskleika sinn, en undir 5 °C getur það valdið meltingartruflunum hjá mönnum og dýrum, ef það er drukkið í miklum mæli í einu. Hærri grunnvatnshiti en 6 °C er oft ábending um jarðhitaáhrif, nema um árssveiflur sé að ræða í skammt að runnu grunnvatni. Slíkar hitasveiflur geta verið ábending um ónóga hreinsun og því viðsjárvert vatn til neyslu.

Grugg eða litur eiga ekki að sjást á neysluvatni. Grugg bendir til ónógrar síunar og hreinsunar á vatni frá yfirborði, en því getur fylgt gerlamengun og önnur óhollusta. Grunnvatn hérlendis er yfirleitt tært og litlaust, nema þar sem járn er verulegt í vatninu. Það leynir sér sjaldan til lengdar í rauðalitun á vöskum o.s.frv.

Gerlamengun hefur verið nokkuð tíð í vatnsbólum hérlendis. Mest hefur borið á henni í yfirborðsvatni, þar sem allt að helmingur sýna hefur stundum reynst gallaður eða ónothæfur. Dregið mun hafa úr henni í seinni tíð, bæði vegna minni vatnstöku úr yfirborðsvatni og vegna meiri og betri hreinsunar. Minnst hefur gerlamengun verið í

4.5.2.

borholum, en þó hefur hennar gætt í þeim svo mark er að. Þar er einkum um að kenna niðurrennsli yfirborðsvatns með borholum (utan með fóðringum) eða á lekum svæðum í næsta nágrenni borholanna. Veruleg mengunarhætta virðist vera í snjóleysingum á vorin, þegar frost er að fara úr jörðu og leysingarvatnið getur staðið uppi í lægðum og pollum. Þá eru líka gróðurleifar frá árinu áður að byrja að rotna og gerlagróðurinn að vakna til lífsins á ný. Nokkuð hefur borið á gerlamengun í lindum og er það að öllum líkindum af sömu sökum: Rennsli yfirborðsvatns í lindirnar í leysingum og stórringningum og niðurleki í grennd við þær. Undirstrikar þetta allt þörfina á því að ganga vel frá vatnsbólum og huga að fráveitum yfirborðsvatns í nágrenni við þau, þar sem það á við.

Sýrustig á hérlendis að vera á bilinu pH 6,5 - 9,5 en erlendis eru efri mörkin víða við pH 8,5. Er það m.a. til að sneyða frá ammoníakmengunni vatni, en því fylgir margvisleg mengun. Því er ekki (enn a.m.k.) til að dreifa hérlendis í neinum umtalsverðum mæli. Hér á landi er mikið vatn tekið úr djúpum og lokuðum veitum í jarðlagastöflum og sprungum (t.d. á Höfuðborgarsvæðinu), sem runnið hefur um ungt, glerríkt og hvarfgjarnt basalt. Sýrustigið í þessu vatni er um pH 9, sem væri ofan leyfilegra marka erlendis. Við loftun (upptöku kolsýru) lækkar sýrustigið í þessu vatni. Vatn þetta er efnasnautt, eins og annað íslenskt grunnvatn yfirleitt, og því ekki tærandi að ráði, þrátt fyrir þetta háa sýrustig. Þó er talað um, að það geti (óloftað eða ómeðhöndlað) valdið ertingu og þurrki á húð, a.m.k. hjá viðkvæmu fólki. Bragðglöggf fólk finnur örlítið beiskjubragð af þetta basisku vatni. Vatn með sýrustig undir pH 7 er hérlendis yfirleitt auðugt af kolsýru og getur því verið tærandi á málma, t.d. í lögnum, einkum þegar klóríðs (oftast sjávarseltu) gætir líka.

Aðalefni eru yfirleitt langt undir leyfilegum hámarksstyrk. Styrkur klóríðs er t.d. víðast á bilinu 3 - 15 mg/l í stærri vatnsveitum, en hámarksstyrkur er 250 mg/l. Um það bil fer að finnast saltbragð í kaffi, en af hreinu vatni við heldur meiri styrk. Hvað mestur er klóríðstyrkurinn hjá Vatnsveitu Suðurnesja (um 70 mg/l), sem hefur nokkra sérstöðu í þeim efnum. Íslenskt grunnvatn og lindavatn er yfirleitt heldur í lægri kantinum, hvað æskilegt efnainnihald varðar, en uppleyst efni eru oftast á bilinu 30 - 100 mg/l. Jarðalkalímálmarnir kalsíum og magnesíum valda svokallaðri "hörku" vatns að mestu leyti, en styrkur þeirra er sjaldan mikill í íslensku neysluvatni (kalsíum oftast 2 - 10 mg/l, magnesíum 1 - 5 mg/l). Harka hefur verið metin í "hörkugráðum", mismunandi eftir löndum, en hér sem víðar mun mest hafa verið notuð "þýsk hörkugráða" (°dH), sem samsvarar um 7 mg/l kalsíum eða 4 1/2 mg/l magnesíum. Íslenskt neysluvatn hefur því víðast hvar hörkuna 1/2 - 2 1/2 °dH, sem flokkast undir "mjög mjúkt vatn." Svona vatn hefur ýmsa kosti: Það fer mjög vel með þvott, bragð helst afburðavel í kaffi, tei, "djús" og "longdrinks", en litun og útfellingar í sömu drykkjum eru með minnsta móti. Einnig fer svona mjúkt vatn mjög vel með húðina, og segja sumir, að annáluð fegurð íslenskra kvenna eigi þar eina af mörgum rótum sínum.

Járn hefur víða verið til vandræða í íslensku neysluvatni, einkum í vatnsbólum a sveitabæjum, sem nota djújavatn, jarðvegsbrunna eða vatn af mýrlendum svæðum. Í vatnsveitum þéttbýlisstaða mun styrkur járn oftast vera innan við 0,05 mg/l og oft mun minni. Þó eru nokkrir staðir þar sem járn hefur verið til vandræða, einkum á hraunum eða söndum með mýrlend vatnasvið. Við meiri járnstyrk en 0,2 - 0,3 mg/l fer járn að mynda ryðrauðar útfellingar og málmbragð fer að finnast af vatninu. Járn er einkum í upplausn í súru vatni (kolsýruríku, jarðvegssýruríku) og súrefnissnauðu og þá stundum bundið í "komplexum" við jarðvegssýruafleiður. Við loftun (oxun) losnar járníð og

fellur út sem járnhýdroxíð (ryð), en einnig geta járnbakteríur fellt það út sem ljósbrúnt "slý", en þær vinna orku úr oxun járnsins eins og aðrar lífverur flestar úr oxun kolefnis. Járnbakteríur eru og hafa verið til vandræða í ýmsum borholum (járnfóðruðum), en erlendis eru þær víða meiri háttar plága, sem ýmsum brögðum er beitt gegn (klórun, loftun og síun o.fl.). Járnvandamálin hafa lítið verið rannsökuð hérlendis.

Áburðarefni eru algeng og til vandræða víða í þéttbýlum löndum. Eitt helsta einkennisefni þeirra er nítrat, sem í náttúrulegu grunnvatni og lindum hérlendis virðist vera á bilinu 0,05 - 0,5 mg/l að styrk. Hámarksstyrkur er hérlendis settur við 25 mg/l, svipað og í Evrópulöndum. Þar hefur þessi setti hámarksstyrkur farið lækkandi á undanförunum áratugum (úr 90 mg/l í 40 mg/l og nú í 25 mg/l). Lengi hefur verið vitað, að nítratstyrkur ætti ekki að vera yfir 25 - 30 mg/l, svo að vera má, að þessi mörk verði lækkuð eitthvað enn í náninni framtíð. Því er tryggara, að miða vatnsgæði hvað nítratstyrk varðar við lægri gildi en núverandi hámark. Hér á landi er nítratstyrkur yfir 1 mg/l yfirleitt ábending um mengun frá áburði, búfjárhaldi eða byggð. Erlendis (t.d. í Danmörku og Hollandi) hefur svona mengun numið tugum mg/l. Gilda á bilinu 1 - 20 mg/l hefur orðið vart í vatnsbólum hérlendis og er að öllum líkindum ástæða til að gefa mengunarhættum þar nánari gaum í sumum tilfellum. Árstíðasveiflur eru í nitrati í árvatni og öðru yfirborðsvatni af grónu landi. Nitratið er bundið í gróðri og öðrum skammlífum lífverum yfir sumarið en losnar á haustin og stundum við blota og leysingar á veturna og vorin.

4.5.2. Mengun og mengunarhættur:

Mengun veldur spjöllum á neysluvatni, en hún getur bæði verið af náttúrulegum ástæðum og af mannavöldum. Um ýmis atriði náttúrulegrar mengunar er fjallað hér að framan. Sú mengun berst í vatnið á þrennum áföngum þess: Í lofti (úrkoma), við jarðaryfirborð (yfirborðsvatn) og neðanjarðar (grunnvatn).

Úrkomumengun er ekki mikil hér á landi. Líklega verður vart við súrt regn frá iðnaðarlöndum við Norður-Atlantshaf hér á landi, einkum suðaustanlands. Þar má líklega greina lítilsháttar aukningu í sulfatstyrk í grunnvatni, sem rekja má til úrkomu. Í nánd við öflug jarðhitasvæði verður efnaaukningar vart (súlfat o.fl.) undan vindi frá svæðunum. Þessi áhrif virðast sjaldan vera mikil né varanleg. Fyrir kemur að steinefnaaukningar verður vart frá moldroki og eins virðist verða vart við aukningu á kalsíum í þéttbýli á helstu húsbyggingatímum ársins. Ekki er enn hægt að tala um alvarlega mengun í þessum tilvikum, en svæðis- og tímabundin mengun í meiri háttar eldgosum virðist hins vegar hafa getað verið mikil og skaðvænleg.

Mengun við yfirborð virðist geta verið miklu alvarlegri. Þar má fyrst telja aur og grugg í vatnavöxtum, sem ber með sér alls kyns aðra mengun af yfirborðinu, þar á meðal gerlamengun. Gerlar og sveppir þrífast á rotandi gróðri en koma einnig fyrir í jarðvegi og þar með í moldburði í flóðvatni. Dýrahæ, fuglahæ, dýraskítur og fugladritur eru uppsprettur að sýklum, eiturefnum og annarri mengun, sem á greiðan aðgang í yfirborðsvatn. Sömu leið fer sorpefnaburður með fuglum frá opnum ruslahaugum. Örverumengunin espast upp í hitum og er því að öðru jöfnu mun meira áberandi að sumarlagi. Áburðarefni í vatni geta orðið meiri en hefðbundin vistkerfi vatnanna ráða við, sem getur leitt til blómstrunar óæskilegra þörungna (slý o.fl.). Enn er að nefna

4.5.4.

járnmengun frá mýravatni, auk annarar mengunar, sem því tengist. Öll þessi mengun veldur því, að yfirborðsvatn er varhugavert til neyslu, beint og óhreinsað.

Neðanjarðarmengun er varla umtalsverð, nema frá jarðhita og sjóvatni, en hvort tveggja veldur aukningu í efnastyrk, sem getur verið til vandræða. Þær aðstæður eru þó óviða fyrir hendi og yfirleitt auðþekkjanlegar fyrir fram.

Mengun af mannavöldum er, sem betur fer, ekki algeng né mikil á vatnstökusvæðum hérlendis. Hætta er þó mikil á því, að hún fari vaxandi með aukinni umferð fólks og athafnasemi utan byggðar. Uppsprettum manngerðrar mengunar má skifta á þrjár aðaldeildir: Byggð og mannavist, umferð og útivist, atvinnurekstur og efnisnám. Varsla og förgun tilfallandi úrgangs og sorps fylgir hverri deild.

Mengun frá mannabyggð er alvarlegust frá lekum fráveitum og rotþróm, þó oftast sé hún tilfallandi og tímabundin. Sú mengun verður vegna slysa eða bilunar og er ekki fyrirsjáanleg, en mengun frá sorpförgun og ruslahaugum er það hins vegar. Því er hægt að gera fyrirbyggjandi ráðstafanir gegn mengun frá sorpstöðvum og öðrum slíkum ruslastöðum. Að vissu marki gildir það sama um aðallagnir í fráveitum, þó að þar verði ekki fyrir séð, hvar lekar kunni að verða. Minni mengun á tímaeiningu er stöðug mengun frá mannavist, ökutækjum og ýmis konar vafstri. Hennar gætir því nánast í sífellu og verður vart fyrir hana girt. Því er alltaf viss mengun frá mannabyggð, líka frá sumarhúsabyggð, og að auki tilfallandi mengun vegna bilana í fráveitum eða rotþróm. Þessi mengun hefur ekki verið könnuð kerfisbundin hérlendis, og er það sérlega bagalegt, hvað sumarhúsabyggðir varðar, því að mikil ásókn er í að setja þær byggðir á æskileg vatnsverndarsvæði.

Mengun frá umferð er einnig að hluta til tilfallandi og að hluta til stöðug. Undir tilfallandi eða slysamengun má telja leka frá olíuflutningabifreiðum. Síðan 1975 hafa a.m.k. 6 olíubílar oltið eða farið út af vegi hérlendis, en ekki lak þó olía úr þeim öllum. Í a.m.k einu tilfelli munu þó nokkur hundruð lítrar hafa lekið út. Þetta virðist ekki mikil hætta, tölfræðilega séð, en hún er þó samt til staðar. Því getur verið ástæða til að útiloka með öllu olíuflutninga og vörslu olíu í nánd við vatnsból eða ofan við þau á vatnasviðum þeirra, einkum þar og þegar ekki er um aðra möguleika á vatnsöflun að ræða eða jafnvel engin neyðarúrræði til þess eru fyrir hendi. Sömuleiðis er ástæða til að útiloka slíka flutninga almennt á vatnstökusvæðum, ef þeirra er ekki þörf vegna annarra og enn mikilvægari nauðsynja. Þessi grundvallaratriði gilda einnig um flestar aðrar uppsprettur og tegundir mengunar. Útblástur bifreiða veldur stöðugri mengun, þó hún sé ekki mikil á tímaeiningu. Mikið af þeim olíum og sóti, sem þannig berst á jarðaryfirborð við vegi, eyðist við loftun og vegna súrefnis í úrkomuvatni, eða vegna efnahvarfa við berg og jarðveg. Þó er ástæða til að reyna að velja vatnsbólum stað fjarri vegum, ef þess er kostur og aðrar aðstæður leyfa.

Mengun frá atvinnurekstri er stærst í sniðum, ef til hennar kemur. Gildir það bæði um stöðugan rekstur og um vörslu rekstrarefna eða vörslu og förgun úrgangs. Mest er hætta frá efnaverksmiðjum, þar sem farið er með eiturefni eða önnur heilsuspillandi efni. Mikil hætta er einnig frá olíustöðvum, loðdýrabúum, fiskeldi og úrgangi frá matvælaiðju, svo sem fiskiðju, sláturhúsum og mjólkurbúum. Á miklu ríður, að vel sé gengið frá undirstöðum undir allar geymslur eða vörslustaði svona efna, safnrunnar fyrir úrkomu séu til staðar á "plönum" og annar frágangur sé í samræmi við lögboðnar

og fyrirmæltar mengunarvarnir. Lengi getur eimt eftir af svona mengun, ef hún berst í jörð niður og kemst í grunnvatn. Þarf oft ótrúlega lítið magn til að gera grunnvatn óhæft til neyslu, t.d. af olíu og ýmsum lífrænum eiturefnum. Leyfilegt hámark jarðolíu í neysluvatni er 0,01 mg/l, eða um 1 lítri í 100.000 m³/s af vatni, sem samsvarar nærri því vatninu í 1 metra þykku jarðlagi (grágrýti, hrauni) á 1 km². Má af því sjá, hvílik mengun væri frá t.d. 1 tonni af olíu, sem niður læki.

Öðru máli gegnir að vissu marki með hefðbundinn búrekstur, safnhauga þá, er honum fylgja og áburðardreifingu, t.d. vegna landgræðslu eða skógræktar. Þar er leyfður styrkur mengandi efna miklu meiri (leyfilegt hámark af nitrati samsvarar um 21/2 t á hvern metra vatnslags á 1 km²), uppsprettur má fjarlægja nokkuð rækilega (t.d. safnhauga) og mengunin þverr tiltölulega fljótt með tímanum (t.d. áburðargjöf, tilbúinn áburður er auðuppleysanlegur). Þó þarf líka að gæta þar vendilega hófs. Stærð og fjöldi líklegra mengunarvalda af þessum toga (atvinnurekstur og áburður) eru enn þá smámunir hér á landi, þegar lítið er til stærðar margra vatnstökusvæða, miðað við erlendar aðstæður. Auk þess er oftast þarfleysa að setja þá niður á skaðvænlegum stöðum á vatnasviðunum, en þess eru þó allt of oft dæmi og vitnar það um glópsku, fyrirhyggjuleysi, kæruleysi eða skort á skipulagi, en ekkert af þessu á að geta ráðið ákvörðunum í slíkum tilfellum. Skaðminnst er að sjálfsögðu að setja mengunarvaldana niður neðan við vatnsbólín á vatnsviðunum, eða þá sem neðst á óvirkjuðum vatnasvæðum.

Náttúruleg hreinsun á grunnvatni á sér stað í vissum mæli. Grugg, slý og önnur gróf óhreinindi eru síuð úr í þröngum götum jarðlaganna, því betur sem götin eru þrengri og lekt jarðlaganna minni. Því er sú "klípa" (dilemma) til staðar, að síun er yfirleitt því verri sem lekt og vatnsgæfni eru betri. Það krefst lengri rennislisleiða á vatnsgæfum svæðum til að hreinsa vatnið, og að sama skapi langs rennlistíma, til að útrýma gerlum í ljósleysi jarðdjúpanna. Þurfa því vatnsverndarsvæði í slíkum tilvikum að vera stór. Nokkur bót er þó í því máli, að saman fara oft mikil vatnstaka og þörf á stórum vatnsverndarsvæðum og treg vatnstaka og viðunandi hreinsun á smáum svæðum. Frátekið flatarmál (km²) vatnsverndarsvæða er því í vissu hlutfalli við vatnsmegin vatnstökunnar (l/s).

Á leið grunnvatnsins gegnum jarðlögin eyðast sum aðskotaefni í því vegna efnahvarfa við súrefni vatnsins, berg jarðlaganna eða af öðrum orsökum, auk þess sem sum efni bindast eða loða við jarðlagsagnirnar og skila sér seint eða ekki til uppsprettna og vatnsbola. Náttúran hefur því sjálf vissan hreinsunarmátt og því óþarfi að leitast við að gjörhreinsa vatnið á hringrás þess. Lítið er þekkt um þennan hreinsunarmátt hér á landi og því tryggara að ofætla honum ekki og gæta þess með því að ofgera honum ekki.

4.5.3. Vatnshreinsun:

Erlendis er vatn yfirleitt hreinsað og þá með gífurlegum tilfæringum. Á það ekki lítinn þátt í kostnaðarmuni við vatnsvinnslu, en í þéttbýlislöndum í Evrópu er neysluvatn 10 - 20 sinnum dýrara en hér. Hér á landi hefur nánast ekki annað en yfirborðsvatn verið hreinsað, en vinnsla þess fer þverrandi. Vera má, að kröfur um vatnsgæði verði hertar hérlendis í fyrirsjáanlegri framtíð og verði þá að taka upp einhverja hreinsun á vatni úr sumum lokuðum vatnsbólum. Það bíður þó síns tíma.

4.5.6.

Hér á landi lýtur hreinsun einkum að tveimur áföngum, sem kalla mætti *gruggsneyðingu* og *gerilsneyðingu*. Erlendis er efnaútfelling að auki stór liður í hreinsuninni. Þó allt sé einfaldara og smærra í sniðum í vatnshreinsun hérlendis, þá er hún samt svo flókin aðgerð, að hiklaust ber að leita sérfræðilegrar ráðgjafar. Ekki mun vera nema einn maður sérhlærður í þeim efnum hérlendis, enn þá, þó fleiri hafi fengist við svona verk. Hér er aðeins dregið á nokkur höfuðatriði til minnis.

"Gruggsneyðing" fer fram með síun. Gífurlegur aurburður getur orðið í ám í vatnavöxtum og er því æskilegt að hafa sem stærst inntakslón til að fella út grófasta aurburðinn. Því verður ekki alltaf komið við og verður þá að sía í gegnum grjót-, malar- og sandsíur, helst lagskiftar. Þær geta verið fyrir lárétt streymi (frá hlið) og verða lögin þá að vera a.m.k. einhverja tugi cm á þykkt. Því þykkari, því betri, en þá er síunarleiðin lengri. Í öðrum er síað með niðursígi árennslis, sem flæðir þá yfir töluvert stóran flöt. Best er að hafa síur þessar hólfadar, þannig að undan þeirri fyrstu og grófustu renni út á þá næstu og finni og þannig koll af kolli. Svona síur eru einnig byggðar inn í geyma og vatni dælt í gegnum þær. Síur þarf að hreinsa annað veifið, yfirleitt með hraustlegri bakskolon, sem stundum er stýrt sjálfvirkt yfir þrýstinginn í gegnum síurnar, þ.e. þéttingu þeirra og minni lekt, en þá þarf meiri þrýsting til að koma vatninu í gegnum sírnar. Fínasta gruggið er stundum síað úr í gegnum dúka eða himnur (menbran), en til þess þarf vatnið að vera virkilega vel hreinsað með síun. Síunarmannvirki eru dýr og vanda verður til rekstrar þeirra.

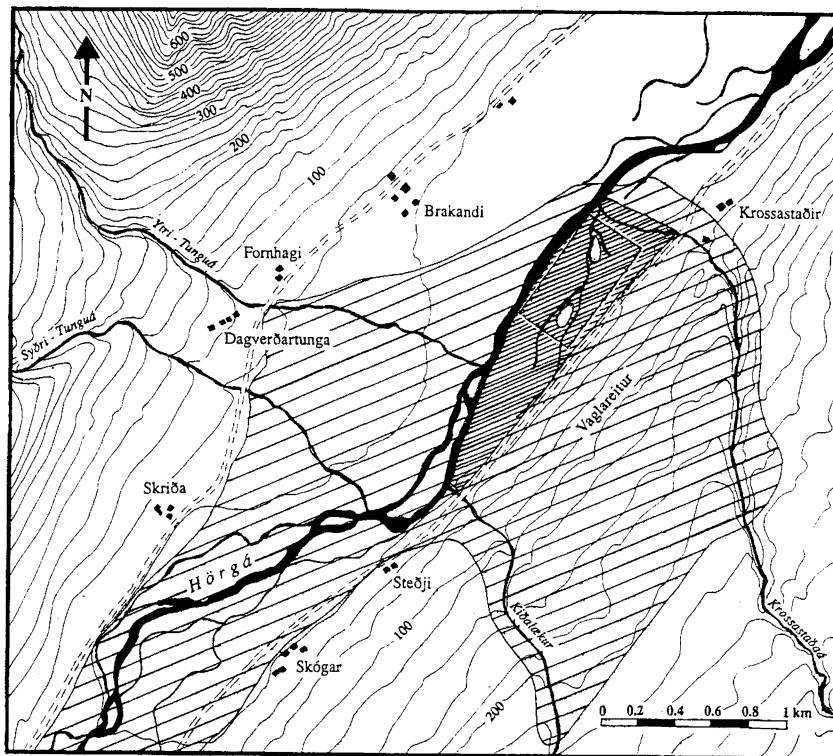
Gerilsneyðingu er yfirleitt ekki hægt að beita nema á tærhreinsað vatn. Ýmsum aðferðum hefur verið beitt. Klórur hefur verið mikið notuð, en hún hefur nokkra eftirvirkni, sem er kostur. Hins vegar fylgir henni klórbragð, sem er til ama, þó ekki sé það heilsuspillandi. Óson hefur einnig verið notað, en ekki er eftirkeimur af því. Útfjólublá geislun er virk og góð aðferð, en vatnið verður að vera alveg gruggfrítt. Vatnið er þá látið renna í gegnum kerfi af lömpum, sem komið er fyrir í vatnsrásinni. Með rækilegri gerilsneyðingu er yfirleitt hægt að ná þokkalega hreinu vatnsi, svo fremi sem tekist hefur að sía það gruggfrítt, en það er ekki alltaf auðvelt í dragárflóðvatni. Búnaður til gerilsneyðingar er yfirleitt mun ódýrari en síunarbúnaður, en krefst að sjálfsögðu góðs eftirlits og viðhalds. Sem fyrr segir, er ekki ósennilegt, að í framtíðinni þurfi að gerilsneyða tært vatn úr sumum lokuðum vatnsbólum.

4.5.4. Vatnsverndarsvæði:

Sem fyrr segir er ákvæði um vatnsverndarsvæði að finna í reglugerð nr. 319/1995 og er þeim skift í þrenns konar svæði: Brunnsvæði, grannsvæði og fjarsvæði. Heilbrigðisnefndum er ætlað að afmarka vatnsverndarsvæði "með tilliti til land- og jarðfræðilegra aðstæðna á vatnasviði vatnsbólsins." Hér verður einkum fjallað um, hvernig taka beri tillit til vatnajarðfræðilegra aðstæðana á vatnasviðunum. Vísast til kafla 4.2. um vatnajarðfræðina og til kafla 4.3.3. um vatnsvernd almennt.

Brunnsvæðin eru til þess ætluð að koma í veg fyrir ofanrennslis óhreins yfirborðsvatns í brunna, mengun hið næsta vatnsbólum og spjöll á vatnsbólunum sjálfum. Vel er þekkt, að búfé leitar oft skjóls og hæginda við vatnsbólsvirki, sem getur valdið áburðarmengun. Verra er hitt, að vandræðamenn eiga til að níðast á mannvirkjum úti á víðavangi, sem þeir rekast á. Því getur þurft að setja mannheldar girðingar með læstum

hliðum utan um sum brunnsvæði, þó að við aðrar aðstæður og minni mannaferð dugi að hafa fjárheldar girðingar.



Mynd 4.5. - 1: Brunnsvæði Vaglaeyrabóla, Vatnsveita Akureyrar.

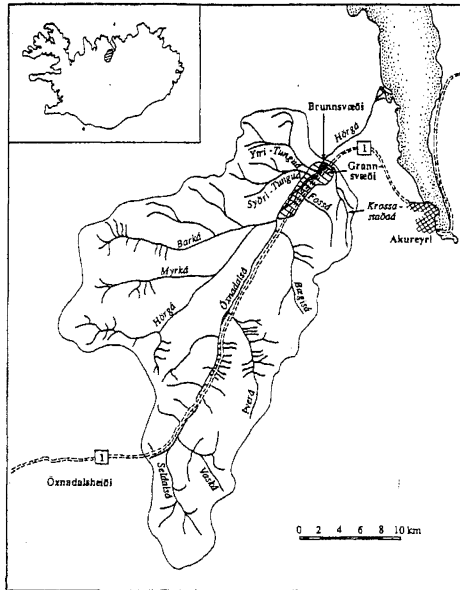
Brunnsvæðið umlykur athafnasvæði við vatnsbólín og líkleg niðurlekasvæði á lekum áreyrunum. Það er girt mannheldri girðingu og frágangur allur til fyrimyndar (Þórólfur H. Hafstað o.fl. 1994).

Frágangssvæði umhverfis vatnsból þarf helst að vera innan girðingar, svo að frágangsmannvirkjum (tyrfingu, fráveituskurðum o.fl.) verði ekki raskað. Girðingar þessar þurfa einnig að vera það víðar, að vatnsveitumenn hafi gott rými til athafna sinna við vatnsbólín. Innan þessara girðinga getur stundum verið hentugt að geyma mengunarfríar birgðir vatnsveitunnar, eins og rör og annað slíkt efni. Af öllum þessum ástæðum þurfa brunnsvæðin yfirleitt að vera mun stærra en það lágmark ("minnst 5 metra frá vatnsbólí"), sem fyrir er mælt í reglugerð. Vandí er víða um land, þar sem vatnsból liggja uppi til fjalla eða á öðrum snjóþungum svæðum, að verja girðingar fyrir snjóslegi. Það verður helst gert með því að leggja þær um ríma og brúnir og hefur það þá áhrif á stærð og afmörkun svæðisins. Sums staðar til fjalla er hægt að notast við fjárheldar rafmagnsgirðingar að sumarlagi, þó að allt fenni í kaf á veturna, ef búfé er þá ekki þar á ferð. Vatnsveitumenn hafa víða um land tekið tillit til þessara atriða og afmarkað við brunnsvæði og girt þau stórmannlega. Inn á brunnsvæðin eiga helst ekki aðrir að koma en vatnsveitumenn, menn á þeirra vegum og opinberir eftirlitsaðilar.

Verndin á grannsvæðunum fellst í því að banna birgðavörslu mengandi efna á svæðinu og nýjar byggingar, þ.m.t. sumarbústaði. Öll starfsemi innan svæðisins skal vera undir ströngu eftirliti, þ.m.t. áburðarnotkun. Hún er sem sé ekki bönnuð heldur skal henni stillt í hóf. Eldri byggingar geta ekki síður verið mengunarvaldar en nýjar. Til þeirra er þó ekki tekið í ákvæðunum, þó að þær séu að mörgu leyti líklegri til mengunar. En hér er til tvenns lítið: Fjarlæging eldri bygginga getur kallað á skaðabætur og þær eru ekki í svipinn álitnar skaðlegar, ef mengunar verður ekki vart frá þeim. Sama gildir í rauninni um starfsemi á verndarsvæðinu, svo sem búfjárhald, útivist o.fl. Í ýmsum tilvikum getur raunar hreinsunarmáttur svæðisins verið slíkur, að hann megni að hreinsa mengun frá mun meiri byggingum eða starfsemi en eru á svæðinu, en nýbyggingar eru þó bannaðar vegna þess að þar væri um nýja viðbót að ræða. Hér gætir því nokkurs misræmis í verndunarákvæðunum, sem gæti að verulega leyti átt rót sína að rekja til ótta við skaðabætur. Hvernig sem því er varið, þá er að öðru jöfnu ekki sýnileg ástæða til að amast við tilverandi byggingum og starfsemi á grannsvæðunum, svo fremi sem ekki verður vart mengunar frá þeim og ekki eru umtalsverðar líkur á því, að svo muni verða. Ella kann að þurfa að gera ráðstafanir til að fyrirbyggja slíka mengun.

Að öðru jöfnu þarf verndin að vera því strangari sem nær dregur vatnsbólina. Líta þarf einnig til jarðvegsþekju á svæðinu, en þó ekki síður til dýpis á jarðvatn og lekt jarðlaga niður að grunnvatnsborði. Þessir þættir ráða mestu um hreinsun á hugsanlegri mengun, áður en úrkoma og yfirborðsvatn nær niður til grunnvatns. Enn þarf að líta til vatnsmegins grunnvatnsstrauma á vatnasviðinu, en það ræður miklu um þynningu á mengun, sem kann að berast í grunnvatnið og einnig um hugsanlega eyðingu mengunar (oxun, efnahvörf við berg) í grunnvatnsstraumnum. Æskileg mengunarmörk segja til um, hversu mikil mengun megni berast til vatnsbóls, en líkleg náttúruleg hreinsun, hversu mikið mengun þverr frá yfirborði til vatnsbóls. Á þessum grundvelli er stundum hægt að meta mengunarhættur og takmörkun leyfilegrar starfsemi á vatnasviðinu, þegar tekið hefur verið fullt tillit til nauðsynlegra öryggismarka. Slíkt mat getur gefið tilefni til tvískiftingar grannsvæðisins eftir strangleika verndunarinnar.

Fjarsvæði þarf að ná til afgangins af vatnasviðinu, ef vel á að vera. Þar vill víða svo vel til, að fjarsvæðið liggur uppi til fjalla, þar sem verndun verður auðveldlega komið við, án verulegs ágreinings. Því er ekki alltaf til að dreifa í byggð og vandkvæði geta stundum verið á að vernda vatnasvið fallvatna, sem fæða brunna á áreyrum og svipuð vatnsból. Oft er þó verndin ekki harðari en svo, að banna verður efnaverksmiðjur og aðra stórfellda mengunarvalda á vatnasviðinu, en lítið eða ekki þarf að hrófla við tilverandi byggð, hefðbundnum búskap, hefðbundinni athafnasemi og umferð. Hefðbundin búseta veldur sjaldnast svo stórfelldri mengun, að hún sé til vandræða, a.m.k. svo fremi sem ákvæðum heilbrigðis- og mengunarreglugerða er fullnægt á svæðinu, t.d. hvað varðar fráveitur og sorp. Sama gildir um venjulega umferð.



Mynd 4.5. - 4: Fjarsvæði Vaglaeyrabóla, Vatnsveita Akureyrar.

Fjarsvæðið nær til alls vatnasviðsins, en verndin þarf ekki að skerða hefðbundinn búskap og umferð á svæðinu.

Sérstaklega er vísað til varúðar við sprungur og misgengi í reglugerð (viðauki 4). Það er naumast nóg, því að margs konar jarðlög geta einnig veitt rækilega og skjótt fram menguðu vatni, ef lekt þeirra er nógu mikil. Eins geta fallvötn á yfirborði veitt mengun rakleiðis til vatnstökusvæða. Þessi afmörkun þarf því í reynd að vera mun ítarlegri en reglugerð kveður á. Af þessum orsökum getur einnig þurft að tvískifta fjarsvæðum, þannig að "snarveitar" séu sérstaklega afmarkaðir. Gildir um það svipað og um slíka skiftingu á grannsvæðunum. Af þessum ástæðum er vandileg og sérfræðileg úttekt á fjarsvæðunum einnig að vissu marki nauðsynleg til að afmarka fjarsvæðin.

4.5.5. Vatnsgæsla til vatnsveitu:

Hér er einungis fjallað um vatnsgæslu þá, sem þörf er á til að fá viðunandi vatn í veitu frá vatnsbóli. Hún lýtur einkum að þrennu (sjá einnig 4.3.4.): Nógu vatni frá vatnsbóli, nægum gæðum vatnsins og nauðsynlegri vernd á vatnasviðunum.

Vatnsmegins á lindasvæðum verður best gætt með rennslismælingum á lindum (sjá 4.6.1. og 4.6.3.). Á stórum og vatnsgæfum lindasvæðum er yfirleitt ekki þörf að mæla rennslid oft á hverju ári. Í upphafi þarf þó að kanna, hvort árstíðasveiflur eru á rennslinu. Sé svo, þarf að miða samanburðarmælingar milli ára við þessar sveiflur. Ekki er alltaf auðhitt á þær, því að nokkur óregla getur verið á hámarks- eða lágmarksstöðu á þeim. Þarf þá að mæla oftár. Úr litlum lindum þarf að mæla títt. Á slíkum lindasvæðum er "fasamunur" á hinum ýmsu lindum og þarf því með könnun í upphafi að velja þær lindir, sem best samsvara vatnsmegini vatnsbólanna, eða heildarrennslu af lindasvæðinu. Í mörgum tilfellum getur verið nóg að fylgjast með þessu heildarrennslu. Að sjálfsögðu þarf samtímis að mæla tekið vatn, sem er liður af innra eftirliti veiturekstrarins. Í grófum

dráttum má segja, að af stórum og stöðugum lindasvæðum (100 l/s eða meira) sé víða ekki þörf að mæla vatnsmeginið oftar en 1 - 4 sinnum á ári. Af minna vatnsgæfum svæðum þarf iðulega að mæla þéttar, en sjaldan á þó að vera þörf að mæla oftar en mánaðarlega. Þó getur þurft að mæla þéttar, þegar lindarennslí er í lágmarki (síðvetrar og síðsumars).

Markmið þessa eftirlits er að þekkja vatnsgæfni (afköst) svæðisins og hversu mikið vatn megi taka af því. Ræðst það einkum af lágmarksrennsli, en út frá svona reglubundnum mælingum má með tímanum hanna svokallaðar "langæislínur", sem segja til um líkur á vatnspurrð á mislöngum árabílum. Auk þess bjóða mælingarnar upp á að finna tengsl úrkomu og snjóleysinga við lindarennslí, en það gefur aftur færi á því að segja fyrir með vissum líkum, hvernig lágmarksrennslið verði - líklega - um tiltekið, ókomið tímabil. Þessar túlkunir eru sérfræðilegar en gagnanna til þeirra verður ekki aflað, nema með mælingum á vettvangi. Þær eru að sjálfsögðu ódýrastar í höndum heimamanna.

Á grunnvatnssvæðum (dæld vatnsból) þarf að öðru jöfnu að fylgjast með stöðu grunnvatnsborðs. Þar er síður um náttúrulega þurrð að ræða en á lindasvæðum, þar eð verulegur forði er yfirleitt í vatnsbólsveitinum. Hins vegar er þá líka mögulegt að taka meira vatn úr honum en við bætist af náttúrulegum orsökum og getur þá forðinn gengið til þurrðar vegna ofnýtingar (ofdælingar). Yfirleitt þarf að mæla nokkuð víða á veitissvæðinu (þ.e. á útbreiðslusvæði veitisins) og nokkuð oft. Sveiflur í vatnsmegini linda eru nokkuð auðsæar, en sveiflur á grunnvatnsborði síður og þarf því að mæla þær þéttar. Best er auðvitað að sírita sveiflurnar í þar til gerðum eftirlitsholum, en því fylgir töluverður stofnkostnaður. Þar á móti kemur, að talsverð vinna er við að handmæla grunnvatnshæðina sérstaklega. Þarf því oft að velja tilhögun mælinga svo, að kostnaður verði sem minnstur.

Nytsemi mælinganna er svipuð og sambærileg og við gæslu lindasvæða. Í grunnvatnsgæslunni bætist við eftirlit og viðvörun um ofnýtingu. Til þess þarf samanburðarmælingar, annað hvort á grunnvatnsborði fjarri vatnsbóli eða jafnvel á lindarennslí nærlendis, til að greina að náttúrulegar sveiflur og sveiflur vegna úrdælingar.

Vatnsgæði lýsa sér að vissu marki í fyrirskipuðu heilbrigðiseftirliti með vatni í vatnsveitum. Auk þess er æskilegt að fylgjast með ástandi vatnsins í eða við vatnsból og jafnvel úti á vatnasviðinu. Einfalt er að fylgjast með hitastigi, rafleiðni, sýrustigi með einföldum handmælitækjum. Grugg er auðsætt, ef það er mikið, en tilsetning í sýnaflösku á gruggi (eða járn) á nokkrum dögum er einnig auðsæ. Hentugt er að mæla þessar einföldu stærðir samtímis lindamælingum, þar sem það á við. Mælitæki til mælinga í borholum eru dýrari og viðkvæmari fyrir ýmis konar truflunum, svo að þær verða yfirleitt að fara fram á grundvelli sérfræðilegrar ráðgjafar. Til eru einnig fremur einföld tól og aðferðir til að greina aðra þætti, t.d. súrefni í vetni eða gerlagróður, en það er nokkuð vandmeðfarið stundum og nákvæmni ekki alltaf mjög góð. Því er það aðstæðum háð, hvort þörf er á slíku eftirliti, og þá hvernig því skuli hagað.

Markmið vatnsgæðagæslu er að fylgjast með náttúrulegu ástandi vatnsins og breytingum á því. Þær geta orðið af ýmsum orsökum, náttúrulegum eða af mannavöldum. Því er svona vatnsgæsla einnig liður í vatnsvernd. Með tímaröðum um ástand vatnsins skapast einnig bakgrunnur þekkingar á svæðinu, sem er ómissandi í alls

4.5.12.

kyns deilumálum, hvort sem er um vatnsspjöll á svæðinu, notagildi vatnsins eða skiftingu þess.

Vatnsverndargæsla felst að hluta til í framangreindri vatnsgæðagæslu en að hluta til hreinlega í eftirliti með hugsanlegum mengunárvöldum á vatnsverndarsvæðunum, svo sem hvort einhver mannvirkjagerð, starfsemi, umferð eða athafnasemi sé þar, sem ekki er heimil samkvæmt vatnsverndarákvæðum, eða með öðru móti en heimilað var. Þarna er sjón sögu ríkari og gæslutíðni fer eftir tilefnum.

4.6. VATNSLEITAR- OG VATNSÖFLUNARRANNSÓKNIR

Vatnsöflun á sér jafnan nokkurn aðdraganda, eins og víða er drepið á hér að framan. Þessum aðdraganda má skifta á nokkur þrep eða stig, sem hafa tiltekin markmið og tilteknar rannsóknaraðferðir. Eftirfarandi skifting hefur gefist vel í framkvæmd:

1. *Forkönnun*: Markmið: Val á vatnstökusvæði og gerð (tegund) vatnsbóls. Aðferðir: Fyrst og fremst yfirborðsrannsóknir, tímaraðir á mælingum. Rannsóknartími: Dagar, þarf stundum að endurtaka á öðrum árstímum; mánuðir eða ár fyrir tímaraðir.
2. *Undirbúningur vatnsbólsgerðar*: Markmið: Val á vatnsbólsstað og hönnun á vatnsbóli. Aðferðir: Tímaraðir um vatnafarsþætti, könnunarholur og gryfjur, tilraunavatnsból. Rannsóknartími: Tímaraðir í mánuðum eða árum; aðrar rannsóknir í vikum eða dögum.
3. *Prófun vatnsbóls*: Markmið: Afköst vatnsbóls og vatnstökusvæðis. Aðferðir: Dæluþrófanir (þrepaðælingar og langtímadælingar), líkangerð. Rannsóknartími: Dagar fyrir þrepaðælingar; vikur og mánuðir fyrir langtímadælingar og líkangerð.
4. *Vatnsverndarrannsóknir*: Markmið: Afmörkun verndarsvæða, hömlur á mengunarvalda. Aðferðir: Kortlagning aðrennslis, könnun á mengunarvöldum, mengunarlíkön. Rannsóknartími: Dagar; vikur eða mánuðir fyrir líkön.
5. *Eftirlitsrannsóknir*: Markmið: Tryggt vatnsmegin og vatnsgæði. Aðferðir: Tímaraðir á vatnafarsþáttum, skráning breytinga. Rannsóknartími: Meðan vatnsból er notað.

Þessum rannsóknarstigum verður stuttlega lýst hér á eftir.

4.6.1. Forkönnun og yfirlitsrannsóknir:

Forkönnun getur verið misvel nákvæm og jafnvel farið fram í fleiri en einum áfanga. Oft er byrjað á "skyndiskoðun" til að fá gróft yfirlit um þá möguleika, sem eru fyrir hendi. Slík skoðun tekur oft ekki nema dag eða hluta úr degi. Rannsóknarþættir eru svipaðir og á síðari áföngum, eins og lýst er hér á eftir, en bæði strjállli, hvað athuganir varðar, og ónákvæmari, hvað stærðamat varðar. Við þessa fyrstu skoðun er oft þrengt það svæði, sem athugunum er beint að. Í kjölfarið fylgir oft "aðalskoðun" og fyrir kemur, að eftirskoðun sé gerð, til að ganga úr skugga um vafaatriði eða fylla í mynd af aðstæðum. Sem fyrr segir eru rannsóknaraðferðir svipaðar á öllum áföngum þessa rannsóknarstigs.

Aðalþættir á þessu stigi eru eftirfarandi:

- Yfirlit um vatnafar og vatnshag.
- Yfirlit um vatnajarðfræði vatnstökusvæðis og vatnasviðs.
- Yfirlit um líkleg vatnsgæði og mengunarvalda.

4.6.2.

Samtímis þessum rannsóknum þarf að liggja fyrir vatnsþarfaráætlun (sjá 4.3.1., 4.3.2.) til einhvers tíma (t.d. með 10 - 20 ár sem langtímahorf). Þegar yfirlit úr forkönnun liggur fyrir má gera sér grein fyrir *vatnsöflunarmöguleikum* (sjá 4.3.2.). Á grundvelli þeirra og vatnsþarfaráætlunar má þá gera vatnsöflunaráætlun (sjá 4.3.2.) til sambærilegs tíma og vatnsþarfaráætlunina. Á grundvelli vatnsöflunaráætlunar og vatnsöflunarmöguleika má þá gera vatnsöflunarrannsóknááætlun, (sjá 4.3.2.) í samræmi við undirbúning og þarfir vatnsöflunar.

Könnun á vatnafari og vatnshag (sjá 4.2.1.) lýtur að lindum, grunnvatnsborði og úrkomufari, en könnun á líklegum vatnsgæðum (sjá 4.5.1.) og mengunarhættum (4.5.2.) fer yfirlétt að mestu leyti fram samtímis. Hvað **lindir og lindasvæði** varðar þarf að kanna eftirfarandi:

- Staðsetning (á korti eða loftmynd og í hæð)
- Vatnsmegin (rennsli, l/s, stærð farvegs lindalækjar)
- Ástand vatns (hiti, rafleiðni, sýrustig, jafnvel efnaeinkenni)
- Vatnajarðfræðilegar aðstæður (veitir, vatnasvið)
- Mengunarvaldar (hús og mannvirki, umferð, aðrir mengunarvaldar)

Sjaldnast eru þessir þættir kannaðir fyrir hverja einustu lind, oftast eru einungis kannaðar valdar lindir, sem metið er að séu einkennandi fyrir lindasvæði. Þar sem lindasvæði eru mörg og smá, er stundum nóg að kanna heildarrennsli frá þeim. Vatnajarðfræði og mengunarvaldar eru yfirlétt könnuð fyrir vatnasviðið í heild. Lindakönnunin gefur yfirlit um vatnsmegin þeirra linda, sem eru með nógu góðu vatni og firrtar mengun, auk þess að vera lágmarksgildi fyrir grunnvatnshag vatnasviðsins. Í svona skyndikönnun vantar tímabreytingar, nema sérstaklega sé til þeirra efnt (sjá einnig 4.5.5.). Iðulega er ástæða til þess, einkum þar sem búast má við verulegum árstíðasveiflum. Er þá stundum fylgst með einstökum lindum, en stundum er nóg að fylgjast með heildarrennsli.

Grunnvatnsborð lýsir sér í hæðarlegu linda, grunnvatnshæð í borholum, yfirborði sumra stöðuvatna (til eru vötn og tjarnir yfir grunnvatnsborði, a.m.k. að hluta til) og stundum í deigjum og votlendi. Til að fá viðunandi hugmynd um grunnvatnsborð þarf iðulega að bora könnunarholur. Á forkönnunarstiginu er yfirlétt reynt að halda slíkum borunum í lágmarki, vegna kostnaðar. Hæðarlega grunnvatnsborð leggur til halla þess og þar með þrýsting á grunnvatnið, sem ræður rennsli í gegnum veitinn, ásamt lekt hans, þykkt og útbreiðslu, sem einnig má meta eða geta sér til um (sjá 4.2.2.). Einnig lýsir lega grunnvatnsborðs mörkum vatnasviðsins (vatnaskilum), því að vatn rennur ekki upp á móti í opnum veitum. Stærð vatnasviðsins ræðst af mörkum þess, en það hefur áhrif á vatnshaginn. Svona úttekt gefur því hugmynd um vatnshag veita neðanjarðar og útbreiðslu vatnasviða. Á vatnasviðum, þar sem grunnvatnsrennsli er mest neðanjarðar, þarf að sjálfsögðu að kanna vatnajarðfræði og mengunarhættur, eins og á lindasvæðunum. Eftir könnun á lindum, grunnvatnsborði og vatnajarðfræði er hægt að gera einföld vatnafarskort og vatnajarðfræðikort.

Vatnshagsmat byggir á framangreindum rannsóknum, en við það bætist mat á veðurfari, einkum úrkomu, og rennsli fallvatna á svæðinu. Upplýsingar um veðurfar fást hjá Veðurstofu Íslands (útdráttur í ritröðinni "Veðráttan") en upplýsingar um fallvatnafar hjá Vatnamælingum Orkustofnunar (sjá 4.2.1). Upplýsingar um staðbundar

aðstæður fást yfirleitt ekki nema hjá athugulum heimamönnum. Samtúlkun allra þessara upplýsinga er sérfræðiverk.

Töluverðan hluta af þessari forkönnun geta vatnsveitumenn sjálfir unnið, eða aðrir heimamenn, í samráði við sérfræðinga. Þar má einkum telja lindamælingar, grunnvatnsmælingar og skráningu mengunarvalda. Lindamælingar má gera með ódýrum tækjum og einföldum aðferðum. Skal því aðeins nánar lýst:

- *Hitamælingar* er öruggast að gera með kvikasilfursmæli, kvörðuðum upp á 1/10 °C, sem best er að hafa í málmhúsi til varnar hnjaski. Þeir mælar mæla oft ekki hærri hita en 30 °C, en þess gerist heldur ekki þörf.
- *Rafleiðnimælingar* er hægt að gera með handhægum handmælum, sem mæla furðu nákvæmt með góðri meðferð. Mælinákvæmni getur verið 1 - 5 % (*mS/cm).
- *Sýrustigsmælingar* er einnig hægt að gera með handmælum. Nákvæmni þeirra er ekki ýkja mikil, aflestur oft upp á 0,1 pH-stig, en skekkja getur sennilega oft verið nokkru meiri. Miklu máli skiftir að hafa mæla þessa vatnshelda, ef þess er kostur, því að ella vilja þeir skemmast í vatnssullinu.
- *Hæðarmælingar* má oft gera nógu nákvæmar með vasahæðarmæli (loftþrýstimæli), sem leyfir aflestur upp á ± 2 m. Jafnan eru mældar afstæðar hæðir frá einhverjum punkti innan vatnasviðsins. Sé veður ekki þeim mun óstöðugur (breytingar á loftþrýstingi miklar á mælitíma) eða hæðarmunur mikill (aukin ónákvæmni), þá er skekkja á afstæðum hæðarmuni ekki endilega yfir 5 m.
- *Vatnsmeginsmælingar* má gera með ýmsu móti. Þær má gera með yfirföllum eða um rör og jafnvel rennismæla (sjá 4.6.3.), en það er töluverð fyrirhöfn og yfirleitt meiri en borgar sig í svona forkönnun. Hins vegar eru til nokkrar einfaldar (og ónákvæmar) aðferðir. Litlar lindir er hægt að mæla í fötu með skeiðklukku. Til eru lítrakvarðaðar fötur, en annars eru þær eins og keilustubbur í laginu og því hægt að reikna vatnshrúmmálið í þeim með því að mæla dýptina á vatninu. Stærri lindalæki er hægt að mæla með "hrossaskítismælingu" eða líkum aðferðum. Þá þarf að velja kafla í læknum, þar sem halli er lítill og sem jafnastur og farvegur ekki stórbreytilegur að dýpt og breidd. Þarf þá ekki annað en tommustokk eða málband til að mæla lengdir og skeiðklukku til að mæla rennlishraðann. Á valda kaflanum er mæld vegalengd til að mæla rennlishraðann með flotholti, sem getur verið þurr hrossaskítur, mosakló eða grasvisk. Þessum er að vísu hætt við að reka undan vindi, ef hann er einhver. Best er að nota litla plastflösku (t.d. 100 ml) eða álíka ílát, festa spotta í hálsinn og rúmlega hálfylla hana af vatni, svo að hún mari í hálfu kafi. Straumurinn nær þá sterkari tókum á henni en vindurinn. Á mælikaflanum er mæld meðalbreidd, sem meðaltal af helst a.m.k. 3 - 5 mælingum, og meðaldýpi á sömu stöðum, helst á a.m.k. 3 stöðum (gjarnan í miðju og u.þ.b. 1/6 frá hvorum bakka). Meðaltal meðaldýpanna er þá notað fyrir dýpi. Vegna dreifingar straums í þversniði lækjarins, lögum þversniðs og viðnámi við botn og bakka þarf að margfalda með stuðli, sem oft er talinn vera nærri 0,7, lægri í stórgrýttum og ósléttum farvegum en jafnvel aðeins hærri í sléttum og straumlínusniðnum farvegum.

4.6.4.

Formúlan er þá einföld:

$$Q = 0,7 \times B \times D \times V ;$$

Þar sem er: B : breidd, D : dýpi, V : hraði.

Fljótlegast er auðvitað að mæla eða giska á breidd farvegar, mestu dýpt vatns og hraða rennslis á yfirborði á einum stað í læknum, þar sem hann rennur einhvern spöl í svipuðum farvegi, helst beinum og jafnt dýpkandi frá báðum bökkum. Þá þarf að vísu að margfalda í viðbót með "lögunarstuðli" fyrir farveginn, sem liggur oftast á milli þríhyrnu (stuðull 0,5) og sporbaugshelftar ($\pi/4$ eða nærri 0,8). Í slíkum tilfellum er þá notaður stuðullinn 0,5 í formúlunni hér að framan (þ.e. $0,7 \times (0,5 - 0,8)$), en nákvæmnin er auðvitað mun minni við svona einfalda mats-mælingu.

Athugulir menn með gott sjónminni geta orðið ótrúlega glöggir að giska á vatnsmegin í lindalækjum, eftir að hafa mælt nokkra læki með mismiklu vatnsmegini. Hins eru einnig dæmi, að hálærðir menn í vatnavísindum giska alltaf vitlaust, jafnvel svo nemur heilli stærðargráðu. Þessi aðferð er því ekki nothæf fyrir hvern sem er, en þeir sem hafa hana á valdi sínu eru vitaskuld mikið fljóttari í lindamatinu, en ef þeir þurfa að mæla allt.

Á þessu stigi eru oft tekin sýni til efnagreiningar, ekki síst á auðkennisefnum (klóríð, súlfat, magnesíum o.fl.), sem veita fyrstu upplýsingar um uppruna vatnsins og um vatnajarðfræði svæðisins.

Að lokinni forkönnun á að öðru jöfnu að liggja fyrir mat á möguleikum til vatnsöflunar, með vissri nákvæmni. Það er misjafnt eftir aðstæðum, hvort tímaraðir (lindarennslí, grunnvatnsstaða o.s.frv.), eru teknar með í forkönnuninni, eða geymdar þar til á undirbúningsstigi að vatnsbólsgerð. Því fyrr sem þær eru gerðar, því betra, að öðru jöfnu, því að þeirra verður ekki aflað í skyndi og alls ekki eftir á.

4.6.3. Undirbúnings- og hönnunarrannsóknir:

Þetta rannsóknarstig hefst, þegar ákvörðun hefur verið tekin um tegund (gerð) vatnsból - eða vatnsbóla - og vatnstökusvæði. Markmið þeirra er að velja stað fyrir vatnsból og ákveða gerð þess, stærð, frágang og önnur atriði við virkjun. Stundum eru niðurstöður forkönnunar nægjanlegar til að velja stað og gerð án teljandi frekari rannsókna (t.d. þegar rakið er að virkja stórar og stöðugar lindir). Annars eru þessar rannsóknir einkum þrenns konar:

- Tímaraðamælingar, ef þeirra hefur ekki þegar verið aflað.
- Nákvæmnisathuganir, í svipuðum dúr og á forkönnunarstiginu, nema þéttari og nákvæmari.
- Tilraunavatnsból, könnunarholur og -gryfjur, tilraunadælingar.

Tímaraðir lúta einkum að lindarennslí, grunnvatnsstöðu og ástandi vatnsins. Meðal annars koma hér tímaraðir á einhverjum fjölda linda, sem til álita koma sem vatnsból.

Þeim er ætlað að skera úr um, hver þeirra eða hverjar séu álitlegastar. Einnig veita þær upplýsingar um líklegt vatnsmegin á hverjum stað, en þær þarf til að áætla og hanna stærð vatnsból, lagna, dæla o.s.frv. Framkvæmd þessara mælinga er eins og lýst er hér að framan (4.6.1.), en um mæliaðferðir vísast til 4.6.3. Hér koma einnig mælingar á grunnvatnsstöðu í könnunarholum, sem þörf getur verið á, þegar virkja skal ný og ókönnuð svæði. Mælingar á ástandi vatnsins (hiti, leiðni, sýrustig) fylgja öðrum mælingum eftir fönngum, svo að upplýsingarnar séu samtíma. Það tryggir alla túlkun á breytingum, ef einhverjar eru. Til að velja lindir (eða borholur) til tímaraðamælinga þarf yfirleitt að gera **nákvæmnisathugun** á öllum þeim stöðum, sem til greina koma. Slíkar athuganir duga sjálfar stundum til að skera úr um, hvaða lindir eða brunnstæði / borholustæði séu vænlegust til vatnsgæfni. Aðferðir við rannsóknir eru í meginatriðum þær sömu og lýst er hér að framan.

Eftir þessar athuganir liggur yfirleitt fyrir mat á vatnsgæfni, vatnsgæðum, lágmarksrennsli eða lágmarksstöðu og þar með á líklegum stöðugleika vatnsmegins og vatnsgæða. Mat er einnig komið á líklegan forða, lekt og vatnsgæfni í grunnvatnsveitum, stærð vatnasviðs, líklega afmörkun verndarsvæða og annað það, sem áhrif hefur á vatnsvinnsluna og vatnstökusvæðið. Einnig er þá yfirleitt búið að þrengja hringinn að vatnsbóli eða vænlegu vatnsbólssvæði. Mat þetta byggir að mismiklu leyti á beinum mælingum og er því oft veruleg óvissa í því, einkum um flestar stærðir og tölugildi. Enn er einnig oft til staðar óvissa um jarðgerð, vatnsgæfni og hugsanlega mengun í jarðlögum, svo að bora verður könnunarholur eða gera tilraunavatnsból.

Könnunarholur geta þjónað þrennum tilgangi:

- Finna þykkt veitis, en til þess eru stundum notaðir einfaldir slagborar (kóbra-borar) í lausum jarðlögum.
- Finna dýpi á grunnvatn og ástand þess (hiti, rafleiðni, lagskifting). Holan verður að vera a.m.k. 2 - 3 þumlunga við til að koma mælitækjum auðveldlega ofan í hana.
- Kanna jarðlag það, sem grunnvatnið er í og gefa skal vatnið. Það sést á gangi borunar og svarfi (bergbrotum), sem upp berst.

Eftir niðurstöðum könnunarborana - og öðrum rannsóknum - fer val milli brunns og borholu, dýpi á jarðlag og hvort moka (ýta) þarf ofan af niður undir grunnvatn við brunngerð, dýpt í vatnsgæfu lagi o.s.frv. Á fyrirhuguðum borsvæðum gefa svona könnunarholur upplýsingar um líklegan framgang borunar, borstærðir (víddir á holu), legu veitis, fódrun og götun, frágang við holutopp o.fl. Könnunarholur eru einnig notaðar til að mæla í þeim tímaraðir (sveiflur á grunnvatnsborði, hiti vatns o.fl.), ef og þegar þess er talin þörf. Nokkur kostnaður er við könnunarholur og er þeim því oft sleppt, ef aðrar upplýsingar eru taldar nægja til að taka ákvarðanir um vatnsból af viðunandi öryggi.

Tilraunavatnsból þjóna að hluta til sama markmiði og könnunarholur, nefnilega að kanna vatnsgæfa jarðlagið (veitinn), þykkt hans, gerð og vatnsgæfni, en einnig að gera grunnvatnið aðgengilegt til mælinga og sýnatöku. Ekki síst eru tilraunavatnsbólín til að gera á dæluþrófanir til að kanna vatnsgæfnina, og í sumum tilfellum forðann í veitinum. Aðferðum við þær þrófanir er lýst í 4.6.3.

Það er alltaf nokkuð matsatriði, hvaða rannsóknir er hagkvæmt að gera á þessu stigi. Þeim fylgir jafnan einhver kostnaður og þær taka einhvern tíma. Hins vegar geta þær

4.6.6.

dregið veruleg úr stofnkostnaði með réttu vali á vatnsbólsstað og vatnsbólsgerð, en hvort tveggja leiðir einnig til hagkvæmari rekstrar. Sjaldan verður trúlega hitt á besta hóf og nákvæmlega á hinn gullna meðalveg og þarf því að vanda vel til ákvarðana um rannsóknirnar. Nákvæmt samráð vatnsbólshafa og ráðgjafa er mjög mikilvægt á þessu stigi.

4.6.3. Afkastamat og prófanir:

"Afkastamælingar" (prófun á vatnsgæfni) eru einkum til þrennra nota:

- Sem forkönnun á gröfnum brunnum eða borholum, áður en gengið er frá þeim. Þær eru til að ganga úr skugga um, hvort vatnsbólið sé nógu vatnsgæft til að nýta það. Þessar prófanir eru yfirleitt ekki ýkja nákvæmar.
- Prófanir á frágengnum brunnum eða borholum til að velja dælur í vatnsbólin og til að ákveða hæfilega dælingu.
- Langtímaprófanir til að kanna forða í veiti eða endurnýjun vatns í honum.

Prófanir þessar fara yfirleitt þannig fram, að vatni er dælt úr vatnsbólinu og úrdælt vatnsmegin mælt. Samtímis er mæld lækkun vatnsborðs í vatnsbólinu eða umhverfis það og lækkunin (niðurdráttur vatnsborðs) skoðuð sem fall af úrdælingu og tíma. Þetta samspil er svo túlkað yfir í vatnsgæfni vatnsbóls (l/s, m³/s) með ýmsum reikningslegum aðferðum.

Mikil fræði hafa verið skrifuð um þessar aðferðir, en flestum er það sameiginlegt, að gera verður ráð fyrir einhverjum einfölduðum aðstæðum (veitir á að vera jafnþykkur, jafnlekur og stundum óendanlega víður o.s.frv., vatnshagur í veitinum verður að vera stöðugur, meðan á prófun stendur o.m.fl.). Vik frá þessari einfölduðu mynd verða einnig að vera einföld (veitir endar í tiltekinni fjarlægð við beinan "vegg", þykktarbreyting veitis er stöðug o.s.frv.). Flóknari fyrirbæri eru erfiðari í eðlisfræðilegri meðferð, þó svo að þau væru betur í samræmi við hina fjölbreytilegu náttúru. Þar að auki er ekki vinnandi vegur að setja upp reikningsleg tilfelli fyrir öll tilfelli fjölbreytilegrar náttúrunnar. Hér er því viss klípa ("dilemma") fyrir hendi: Einfaldar forsendur samsvara ekki nema einfaldaðri mynd af raunverulegum aðstæðum - og gefa því ekki nema ónákvæmar niðurstöður - , en flóknari forsendur hitta alls ekki alltaf saman við flóknari mynd af raunverulegum aðstæðum - og gefa því hugsanlega ranga mynd af niðurstöðum - .

Þetta vandamál kemur fyrst og fremst upp við túlkun á prófunum, en að sjálfsögðu verður að haga prófunum sjálfum þannig, að þær geti skilað tilætluðum mæliniðurstöðum. Fyrir vikið verður oft að velja á milli einfaldra dæluprófana, sem vitað er að munu ekki skila nema ónákvæmum niðurstöðum, og vendilegra dæluprófana, sem gætu skilað nákvæmari niðurstöðum, ef forsendur færu nærri lagi. Búnaður til prófana er að miklu leyti sá sami, hvort sem mælt er vel eða verr. Tími og tilkostnaður er oft mun minni við einfaldar mælingar. Því getur verið skynsamlegt að gera þær fyrst og vandlegar mælingar síðan, ef það þykir þá vænlegt. Kostnaður og fyrirhöfn við uppsetningu mælibúnaðar og niðurstöðum á dælum er sá sami eða svipaður í báðum tilfellum og því hagkvæmt að gera hvorar tveggja í sama farinu, ef þess gerist þörf.

Búnaður til prófunar er samt mismunandi eftir gerð vatnsbóls, þó að mælibúnaður sá sé svipaður, sem notaður er:

- *Lindir* eru sjálfrennandi og þarf því ekki annan búnað en þann til að mæla vatnsmegin þeirra.
- *Brunnar* ná sjaldnast nema grunnt í jörð niður og eru oft víðir og aðgengilegir. Fyrir vikið er hægt að nota sogdælur með barka, dælur sem settar eru ofan í brunninn ("haugsugur") og aðrar slíkar dælur, en þær eru oft knúnar með bensínmotor, þannig að ekki þarf endilega tengingu við rafmagn. Brottveiting dælds vatns þarf ekki heldur alltaf að ná langt, t.d. út í næsta fallvatn á áreyrum. Þó þarf til þess rör eða slöngur. Plaströr eru sveigjanleg og því þægilegri en málmrör. Loka er gagnlegt að hafa á fráveiturörunum, við útfall eða við dælu. Með honum má stilla dælt vatnsmegin, sem annars er einnig hægt með stillingu á dælu. Best er að samstillja hvort tveggja.
- *Borholur* ná oft nokkuð djúpt í jörðu niður og svo djúpt getur verið á grunnvatn, að vatni verður ekki dælt upp nema með þrýstidælu (djúpdælu), þ.e. meira en 5 - 10 m. Borholur eru það þröngar, að ekki verður nema grönnum dælum komið ofan í þær (borholudælum). Þær eru yfirleitt rafknúnar og getur því þurft að hafa rafstöð á staðnum til dæluprófunar. Aflvirki sumra dælanna er ofan hola og er þá dælan sjálf knúin með dæluskafti í dæluröri, sem leiðir vatnið upp. Töluverð fyrirhöfn er að koma slíkum dælum fyrir og þarf oft til þess nokkurn tækjabúnað. Aðrar eru með dælu og aflvirki niðri og er þá hægt að dæla vatni upp um málmrör, plaströr eða slöngur, en það fer eftir gerð hola, fóðrun o.fl. hvað er hentugast. Oft þarf að veita dældu vatni nokkuð langt burt frá borholunni, ef jarðlög eru lek kringum hana og halli grunnvatnsborðs lítill. Ella getur vatnið lekið skjótt niður til grunnvatns og aftur til holunnar. Þess er að gæta með uppdælt vatn að veita því burtu undan grunnvatnshalla.

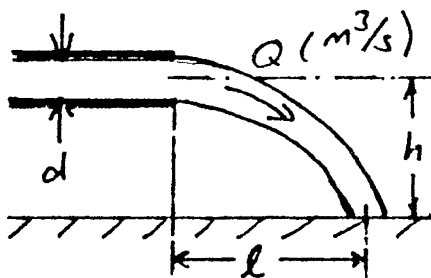
Það sem lýtur að mælingum er einkum tvennt: Mæling á dældu vatnsmegini og mæling á niðurdrætti yfir tíma. Auk þess er oft mældur vatnshiti og aðrar breytur, sem geta sýnt breytingar á vatninu við dælingu (t.d. breytingar á hlutföllum í framlagi mismunandi veita, einkum í borholum). Þær mælingar eru þó minna mál (um slíkar mælingar, sjá 4.6.1). Hér á eftir verður stuttlega fjallað um mælingar á vatnsmegini og mælingar á grunnvatnsstöðu.

Vatnsmegin (l/s, m³/s) má mæla með ýmsu móti:

- *Rennslismælir á röri*. Þessi aðferð er oft hentug við borholur, þar sem þarf að tengja rör hvort eð er við dæluvirkin til brottveitu. Hún getur einnig átt við, þegar dælt er úr brunnum, en síst við mælingar á lindum. Mælt er með því, að lengd röra beggja vegna við mæli sé helst ekki undir tífaldrí vidd röra, svo að fyrirferð mælibúnaður getur verið nokkur. Hægt er að sírita rennsli með þessari aðferð.
- *Rennsli um rör eða slöngu í fötu eða tunnu* (sjá 4.6.1.). Með þessu móti er ekki hægt að mæla nema nokkra l/s (í fötu) eða fáeina tugi l/s (í tunnu).

4.6.8.

- *Mæla bunu úr láréttu, vatnsfylltu röri.* Þá er mæld fallhæðin úr miðju röri, þar til bunan kemur lóðrétt til jarðar (h), vegalengd sú, sem er frá rörenda í miðja bunu á "lendingarstað" vatnsbununnar (l) og vídd rörsins (d).



Mynd 4.6. -1.: Vatnsmeginsmæling úr röri.

Mæling þessi er einföld en skekkjur geta verið verulegar (Jón Ingimarsson 1983).

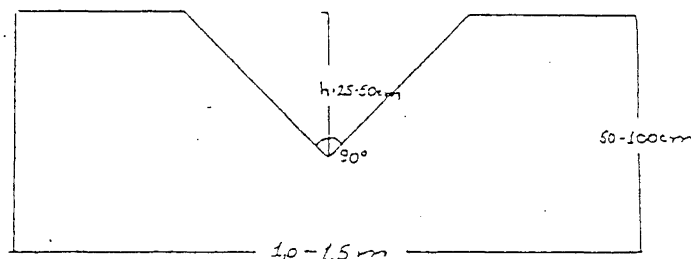
Um það gildir þá einföld formúla:

$$Q = 1,75 \times d^2 \times l / \sqrt{sr h};$$

Stærðirnar h og l eru sjaldan sérlega nákvæmar, enda er þessi aðferð varla nema til grófs ásláttar um vatnsmeginið.

- *Mæla um rétthyrnt yfirfall (V - laga yfirfall).* Þessi aðferð er mikið notuð við lækjamælingar (t.d. lindalæki). Þá er lækurinn stíflaður uppi, svo að lón myndast ofan stíflu, a.m.k. nokkra metra á lengd, en helst því lengra sem vatnsmeginið er meira. Klaufлага skarð, 90° vítt, er ofan í stífluna, sem vatnið rennur um. Mæld er "hæð" vatnsins í skarðinu. Það má gera með ýmsu móti. Hefðbundna aðferðin er að mæla hæðina á kvarða, sem er það langt uppi í lóninu að áhrifa útfallsins gæti ekki. Önnur er að mæla hæð niður á vatn frá sléttri efri brún stíflunnar (s), helst beggja vegna skarðsins og í sömu fjarlægð, ef stíflan er skökk (meðaltal). Dýpt skarðsins (H) er þekkt frá smíði stíflunnar og hæð vatnsins í því (h) er þá dýpt þess að frádreginni hæðinni niður að því:

$$h = H - s;$$



Éfni: 8-18mm vatnspöttur krossviður
Afh: 25cm djúp rauf mælir allt að 43 l/s
50cm rauf mælir allt að 240 l/s

Mynd 4.6. - 2.: Vatnsmegin mælt um yfirfall.

Mælibúnaður og mæling eru einföld, en mælingin er sæmilega nákvæm fyrir rennsli frá fáeinum l/s og upp í nokkur hundruðl/s (*Þórólfur H. Hafstað 1989*).

Þá er einföld formúla fyrir vatnsmeginu um skarðið:

$$Q = 1,33 \times h \text{ í veldinu } 2,5;$$

Yfirleitt eru notaðar töflur til að slá upp á vatnsmegini eftir vatnshæð á yfirfallinu. Auðvitað er hægt að mæla vatnsborðshæðina með flotholti eða þrýstiskynjara og þar með er hægt að sírita hana, ef vill.

- *Mæliker með yfirfalli.* Ker þessi eru yfirleitt rétthyrndir kassar (úr vatnsheldum krossviði, málmí eða einhverju öðru vatnspétu og stöðugu efni). Þeim er skift í tvö hólf, sem eru samtengd niður undir botni. Í annað er vatninu dælt en úr hinu er það mælt. Tilgangurinn með hólfuninni er sá að slæva gusuganginn í dælingunni, sem tekst þó ekki alltaf vel, ef mikið vatn er á ferðinni. Ýmislegt er gert til að brjóta vatnsstrauminn, eins og að setja grjót eða kaðalhankir í kerin, en ekkert af því dugar í miklu vatni. Til þess eru kerin þá einfaldlega ekki nógu stór (þau eru upp í fáeina metra á lengd og mannhæð á hæð og breidd, en oft minni). Við minna rennsli eru truflanirnar miklu minni. Einna best hefur gefist að tengja mælihólfíð (yfirfallshólfíð) djúpt niðri um þröngar pípur við enn eitt hólfíð, þar sem mæla má vatnshæðina tiltölulega friðsamlega, t.d. með vatnsborðssíríta. Bæði slævist ólgan í þrengslunum og svo sveiflast lítið vatn í gegn um pípunar, sem virkar þá lítið á mikinn vatnsmassa í viðbótarkerinu.

Dýpi á vatnsborð er hægt að mæla með ýmsu móti:

- *Mælikvarða* er hægt að setja í opna brunna eða lindir og er það handhæg aðferð.
- *Handmæla má með flotholti á streng*, en það er sjaldan mjög nákvæmt.
- *Handmæla má með rafrænum vatnsborðsmælum*, sem kveikja ljós eða ýla, þegar þeir koma í vatn. Þá leiðir rafstraum á milli skauta í mælinum. Þessi aðferð bregst stundum í háfjallavatni, sökum þess hve þunnt og efnasnautt það er. Annars er þetta handhæg aðferð, einkum í borholum.
- *Síríta má vatnsborð með flotholtsmælum.* Það er hin hefðbundna aðferð við vatnamælingar og vatnsborðsmælingar. Tækin eru nokkuð dýr og vandmeðfarin.
- *Síríta má vatnsborð með þrýstiskynjurum*, sem gefa "púlsta" inn á skráningartæki. Þetta er þægileg aðferð, einkum í síritun, en þeim fylgir sama áhætta og hjá öðrum rafskráningartækjum, nefnilega að þeir leiði út, verði rafmagnslausir eða það gleymist að kveikja á þeim. Tæki þessi eru líka nokkuð dýr og þarf að fara vel með þau, en eru annars einkar þægileg í notkun og áreiðanleg með viðeigandi aðgæslu. Vatnamælingar (Orkustofnun) hafa langmesta reynslu og sérþekkingu á svona síritun vatnsborðs hér á landi.

Dæluþrófunum á brunnum og borholum má skifta á þrjár höfuðaðferðir: Tilraunadælingar, þrepaðælingar og langtímadælingar. Auk þess eru til aðferðir eins og ádælingar (eru í raun úrdælingar "á hvolfi", þar sem vatnsborð hækkar við ádælingu og

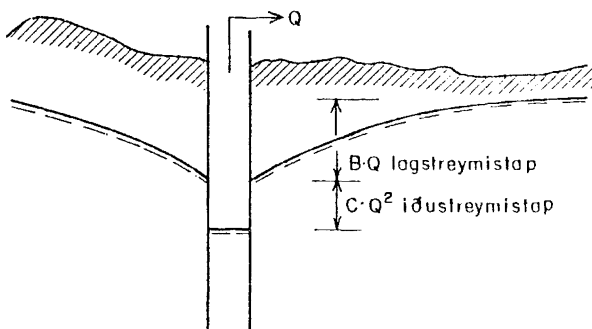
4.6.10.

lækkar síðan sígandi að henni lokinni) og tvíþólsdælingar, þar sem dælt úr einni holu en ofan í aðra. Þetta er mjög góð aðferð til að kanna leiðni (transmissivity) jarðlaga, en er nokkuð fyrirhafnarmikil.

Tilraunadælingar er hér notað sem samheiti um alls kyns einfaldar dælingar. Við hreinsun á borholum með loftblæstri kemur yfirleitt mun meira vatn úr þeim, en við stöðuga dælingu. Þar fæst þó oft fyrsta ábending um vatnsgæfni. Skjótt sést í opnum brunnnum (fyrir frágang), hvort vatnsborð lækkar í þeim við úrdælingu eða nær jafnvægi. Tæmist þeir við litla úrdælingu eru þeir til lítilla afkasta. Sama gildir, ef þeir eru ná jafnvægi við mjög litla úrdælingu. Með þessu móti má dæma árangur strax að brunninum gröfnum. Í vatnsgæfari brunnnum kemst yfirleitt á jafnvægi við tiltekna dælingu og tiltekinn niðurdrátt. Gildir það jafnt um brunna og borholur. Þetta jafnvægi gefur þá fyrstu (eða aðra) ábendingu um vatnsgæfni vatnsbólsins. Hún er ónákvæm, en getur dugað til að kveða á um virkjun vatnsbólsins eða jafnvel um dælustærð og úrdælingu.

Þrepaðæling er hefðbundin og vel þróuð aðferð. Þá er dælt vatnsmegin aukið í þrepum, sem vara yfirleitt tugi mínútna eða nokkra klukkutíma hvert. Hálf tími til klukkutími er algeng þreplengd. Æskilegt er að hafa þrepin jafnlöng. Þrepin verða að vera a.m.k. þrjú, æskilegt er að þau séu ekki færri en fimm eða sex en lítið bætist oft við nákvæmnina, þó að þau séu fleiri en tíu. Gera má tilraunadælingu í upphafi til að meta, hvað vatnsborð lækkar mikið við dælingu. Út frá því má velja mun milli þrepa í dælingu og fjölda þrepa. Best er að hafa vatnsmeginsbreytingarnar sem jafnast milli þrepa.

Vatnsborð er oft mælt í vatnsbólunum sjálfu, enda er ekki alltaf annars kostur. Í þröngum borholum verður töluverð vatnsborðslækkun vegna iðustreymis við mikla dælingu ("holutap"). Þessa gætir lítið sem ekki í víðum brunnnum. Stundum eru sett grönn mælirör niður með fódurrörum, en vandkvæði geta verið á því, að koma vatnsborðsmælum (t.d. þrýstiskynjurum) niður fyrir dælur í borholunum sjálfum. Íðulega er boruð (eða grafin) mæliholu í næstu nánd við vatnsbólið til að mæla lækkun grunnvatnsborðs umhverfis það. Albest er að hafa tvær mæliholur í mismikilli fjarlægð frá vatnsbólunum. Vatnsbólslækkun verður oft mikil og skyndileg í vatnsbólunum sjálfu við aukningu á dælingu. Er oft erfitt að mæla þá lækkun af nákvæmni, en allt gengur heldur hægar í fjarlægð frá holunni. Fjarlægð mæliholu frá vatnsbóli er oft fáeinir metrar en sjaldan tugir metra. Það fer eftir vatnsgæfni veitisins. Niðurdráttur er lítill í mjög vatnsgæfum veitum og verður þá að hafa mæliholur nærri vatnsbólunum, svo að eitthvað mælist. Í mjög tregum veitum er niðurdráttarkeilan þröng og lítil framan af og verður þá líka að hafa mæliholur nærri vatnsbólunum.



Vatnsborðslækkun er oft mun meiri inni í vatnsbólunum sjálfum heldur en rétt utan við þau vegna iðustreymis í vatnsbólunum (Jón Ingimarsson 1983).

Mynd 4.6. - 3.: Niðurdráttur: Lagstreymislækkun og iðustreymi ("holutap").

Við dælingu sogast fyrst til vatnsbólís það vatn, sem er næst því. Lækkar því vatnsborðið fyrst í og við vatnsbólíð. Síðan breiðast áhrifin út og ná æ lengra frá vatnsbólínu en minnka um leið. Þar kemur að þau verða ekki mælanleg í einhverri tiltekinni fjarlægð frá vatnsbólínu. Við lækkun vatnsborðs fjær vatnsbólínu minnkaði halli grunnvatnsborðs til þess, ef ekki lækkaði í vatnsbólínu sjálfu um leið. Því fer mælt vatnsborð yfirleitt lækkandi með tíma, ört fyrst en hægar svo. Jafnlækkunarlínurnar breiðast út allt í kringum vatnsbólíð líkt og hringir í vatni, sem steini er kastað í. Rúmmál vatnsins, sem streymir til holunnar er í hlutfalli við niðurdráttaraukann við vatnsbólíð og við sístækkandi stærð flatarinns innan jafnlækkunarlínanna. Fyrir vikið er aukning niðurdráttarins ekki í beinu hlutfalli við tímalengd dælingarinnar, heldur í hlutfalli við téðan flöt, þ.e. í beinu hlutfalli við lógaritma tímalengdarinnar. Úr vatnsborðslækkuninni dregur því með tímanum og er tímalengd þrepanna í þrepaðælingunni valin með hliðsjón af því, að lækkunin sé orðin lítil í lok hvers þreps, þ.e. vatnsborð farið að nálgast stöðugt ástand og niðurdráttarferillinn að verða flatur. Fræðilega séð heldur vatnsborðið áfram að lækka meðan vatn (forði) er í veitinum, nema það sé endurnýjað. Þá kemst á raunverulegt jafnvægi. Því er hægt að kanna forða í veiti með langtímadælingu (eiginlega aðeins lágmarksforða). Við hvert nýtt þrep í þrepaðælingu stefnir að nýju jafnvægi, sem þó næst sjaldnast sem slíkt. Mældur niðurdráttur á hverju þrepi er því yfirleitt heldur minni en í jafnvægi og reiknuð vatnsgæfni (l/s á cm eða m niðurdrátt) því heldur meiri en raunveruleg.

Úrvinnsla þrepaðælinga gefur vatnsgæfnina (vatnsmegin sem fall af niðurdrætti). Þegar mælt er í vatnsbólínu sjálfu eykst niðurdrátturinn yfirleitt meira en línulega með aukinni úrdælingu. Því veldur iðustreymið (holutapið). Að því frátöldu er aukning dælds vatns nærri því línulegt fall af niðurdrættinum, meðan hann er ekki mjög mikill. Við mikinn niðurdrátt getur virk (vatnsfyllt) þykkt veitisins minnkað og við mikla úrdælingu getur verið dælt meira vatni en veitirinn getur flutt að, einkum í tregu bergi með litla leiðni. Veldur hvort tveggja truflunum á ferlinum. Hér verður ekki fjallað um fræðilegar forsendur og útleiðingar formúla þeirra, sem notaðar eru við úrvinnsluna, en við einfaldar aðstæður og takmarkaðan niðurdrátt gildir eftirfarandi:

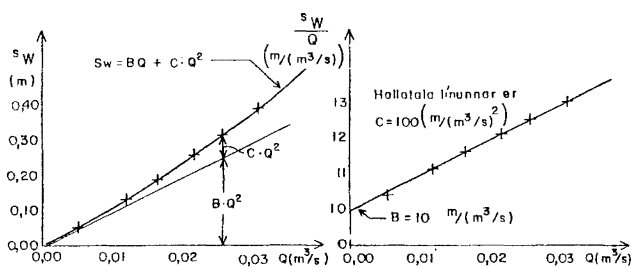
$$s = B \times Q + C \times Q^2;$$

s: Niðurdráttur (cm, m).

Q: Vatnsmegin (l/s, m³/s)

B: Stuðull fyrir vatnsgæfni (lagstreymisþáttur) (m / m³/s, cm / l/s).

C: Stuðull fyrir dælutap (iðustreymisstuðull) (m / m³/s², cm / l/s²).



Mynd 4.6. - 4.: Túlkun á þrepaðælingu:

Takist þrepaðæling vel og án verulegra truflana, þá má finna stuðla fyrir lagstreymisþáttun (B) og iðustreymistap (C) með einföldu móti (Jón Ingimarsson 1983).

4.6.12.

Úr þessu er leyst með því að draga upp niðurdrátt yfir vatnsmegini (s/Q : $m / m^3/s$) á línurit sem fall af vatnsmegini (Q : m^3/s). Fræðilega á það að gefa beina línu, þar sem C er hallatala línunnar og B er gildi skurðpunktar línunnar við lóðásinn (s/Q). Óhagkvæmt er að dæla við mikið iðustreymi og má því meta það á grunni þessarar úrvinnslu. Ferill niðurdráttar (s) yfir dældu vatnsmegini (Q) er hins vegar gagnlegur, ef ekki nauðsynlegur, til að velja dælu stað eða dýpi í borholum. Við flóknari aðferðir og úrvinnslu er ráðlegt að fá til sérfræðilega ráðgjöf. Benda verður á, að ýmsir telja sig kallaða til að fást við dæluprófanir en fáir eru þar útvaldir, sem hafa næga reynslu og kunnáttu til þeirra verka. Ganga verður úr skugga um færni ráðgjafa.

Langtímadælingar fara yfirleitt fram við stöðuga úrdælingu (Q stöðugt), þar sem niðurdráttur eykst hægt og sígandi með tímanum, að uppfylltum gefnum forsendum. Þær eru í einn stað tilraunadæling, þar sem verið er að kanna forða veitis, í annan stað aðferð til að finna leiðni (T) veitins, en út frá þykkt hans (m) má þá reikna lekt hans (k), sjá kafla 4.2.2. Sem tilraunadæling kemur langtímadæling einkum að gagni í litlum eða vatnstregum veitum. Því er t.d. til að dreifa á smáum eyrum eða í þéttu bergi með litla leiðni í veitum í því (t.d. gamalt og holufyllt blágrýti með þunnum millilögum eða þröngum sprungum). Þá snarfellur vatnsborðið (niðurdráttur snareykst), þegar forðinn er þrotinn í veitinum, uns nýtt jafnvægi kemst á við naumt aðrennslið í tregum veitum. Jafnvægi kemst einnig á, þegar niðurdráttur í áreyri fer að draga til sín vatn úr ánni. Að því þarf oft að leita, því að það segir til um hámarksvatnsgæfni vatnsbólans til lengri tíma. Sem tilraunadæling hefur langtímadæling einkum svona jafnvægisástand að markmiði.

Leiðnin er fundin með því að draga niðurdráttinn (s) fyrir tiltekna dælingu (Q) upp sem fall af lógaritmanum af dælingartímanum (t), þ.e. tímanum frá upphafi í dælingar (aðferð Jacobs). Fræðilega á ferillinn þá eftir vissan tíma að verða bein lína. Á því vill að vísu verða misbrestur, því að fræðilegu forsendurnar eru hvergi nærri alltaf fyrir hendi. Þegar svo vel vill til, að ferillinn verður beinn, þá gildir sem nálgun eftirfarandi:

$$T = Q \times \ln(10) / 4 \times (*p \times sD; \text{ eða}$$

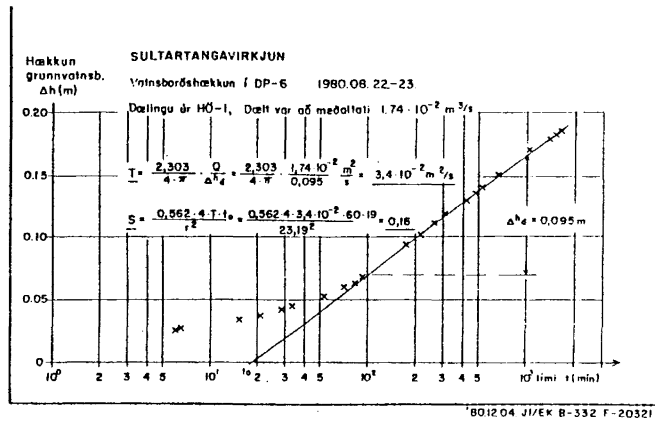
$$T = 0,183 \times Q / sD;$$

T : Leiðni (m^2/s).

Q : Vatnsmegin (m^3/s).

sD : Niðurdráttur (m) á einu tugabili (t), t.d. frá 10 - 100 mínútum.

Það skiftir í sjálfu sér ekki máli, hvaða tímaeining er valin (mín, sek, klst.), því að viðmiðunin er hér tíföldun á tíma, óháð stærð. Vegna þess að tíminn er hafður á lógaritmiskum kvarða, þá lengist ferillinn á línuritinu mjög hægt, þegar dælt hefur verið lengi. Af því leiðir, að lítið bætist við í nákvæmni á ákvörðun á legu beinu línunnar þrátt fyrir gifurlega ábót á tímalengd dælingar og kostnaði við hana. Sérfræðingar í dæluprófunum og forðafræði nota tölvureikninga til að finna þetta beinlínufall og þar kemur löng dæling miklu betur að notum og eykur verulega við nákvæmnina. Langtímadælingar standa gjarnan nokkrar vikur, nokkrir dagar skila sjaldan nógu öruggum árangri og mánaðalöng dæling er yfirleitt of dýr og bætir ekki nógu miklu við. Þó geta þær aðstæður komið fyrir.



Mynd 4.6. - 5.: Tílkun á langtímadælingu.

Úrvinnsla langtímadælinga er einföld, þegar forsendur standast og dæling og mælingar eru ótruflaðar (Jón Ingimarsson 1983).

Þessa aðferð má líka nota til að finna forðastuðullinn í veitinum, að gefnum forsendum uppfylltum. Hentugast er að gera það með því að framlengja beinlínuferilinn, þar til hann sker láásinn (tímaásinn) við tímupunktinn tS. Þá gildir:

$$S = 2,25 \times T \times tS / r^2;$$

S: Forðastuðull (t.d. 0,1).

T: Leiðni (m²/s).

tS: "Skurðtími" á tímaás (sek).

r: Fjarlægð mælistaðar frá miðju vatnsból (m).

Reynslan sýnir, að gildi fyrir T og S verða ósjaldan fjarri lagi í þessum reikningum, en þar er oftast en hitt um óuppfylltar forsendur að ræða, t.d. misþykkir og mislekir veitar o.s.frv.

Bestar niðurstöður fást oft, ef mælt er í tveimur borholum í mismikilli fjarlægð (r1 og r2) frá dældu vatnsbóli. Þar verða að vísu líka gefnar forsendur að vera uppfylltar. Á litlu svæði umhverfis vatnsbólið er þess þó frekar von en langt út á aðdráttarsvið þess. Gildir þá einfaldað og nálgað eftirfarandi:

$$T = Q \times \ln(r2/r1) / 2 \times (*p \times (s1 - s2));$$

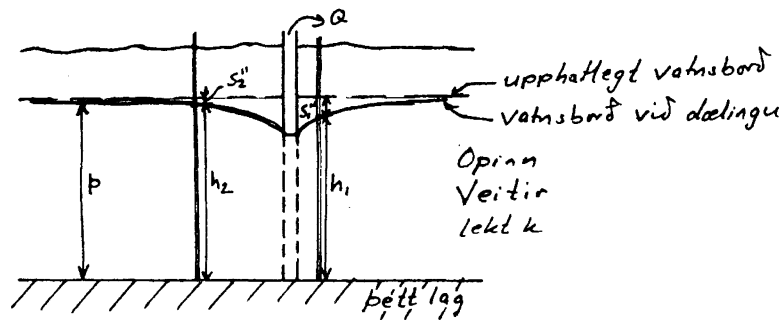
T: Leiðni (m²/s).

Q: Vatnsmegin (m³/s).

r2, r1: Fjarlægð frá miðju vatnsbóli, r2 fjær (m).

s1, s2: Niðurdráttur, s2 í fjarholunni (m).

4.6.14.



Mynd 4.6. - 6.: Dæluþrófun með tvær mæliholur:

Truflana í vatnsbólum gættir ekki, ef niðurdráttur er mældur í mæliholum í nánd við vatnsbólid (Jón Ingimarsson 1983).

Fleiri aðferðir eru til og fjöldinn allur af nálgunarformúlum, sem byggjast á ýmsum og ólíkum forsendum. Verður það ekki rakið nánar hér, þó að ýmsar þeirra geti verið gagnlegar.

Ýmislegt getur skekkt vatnsborðsmælingar, en hér skal aðeins tvenns getið: Svæðisbundnar sveiflur eftir veðurfari, sjávarfallasveiflur nærri ströndu. Þar sem jarðlög eru lek, geta sjávarfallasveiflur náð hundruð metra inn til lands, jafnvel fleiri kílómetra. Þær slævast þó fljótlega inn til landsins, uns þær eru ekki lengur mælanlegar. Árstíðasveiflur og veðurfarsveiflur geta verið miklu meiri en breytingar þær, sem verið er að mæla í mæliholum eða vatnsbólum í langtímamælingum. Töluvert mál getur verið að leiðrétta fyrir þær. Ef vel á að vera þarf að samræma sveiflur í mæliholunum við sveiflur í nálægum holum, sem eru helst í sama veiti en þó svo fjarri, að áhrifa dælingar gættir ekki. Þessu er sjaldan til að dreifa, en stundum getur verið þörf á slíkum holum úti á vatnasviðinu til að fylgjast með grunnvatnsstöðu á því í öruggri fjarlægð frá vatnsbólum (sjá 4.5.5.).

Afkastamat og dæluþrófanir veita upplýsingar um líklega vatnsgæfni (afköst) vatnsbóla og vatnstökusvæða. Einnig veita þær að vissu marki eða í sumum tilfellum upplýsingar um heildarvatnsgæfni vatnsviðsins / grunnvatnssvæðisins. Fyllri upplýsingar má fá með gerð vatnafarslíkans / grunnvatnslíkans af svæðinu, sem byggir á landfræðilegum, vatnajarðfræðilegum, vatnafarslegum og veðurfarslegum upplýsingum. Hér skal gerð þessara líkana ekki nánar lýst en grunnur þeirra er eftirtalin kort: Vatnajarðfræðikort, grunnvatnskort (grunnvatnshæð, lindir o.fl.), úrkomukort. Niðurstöður líkanreikninganna eru einkum sýndar á kortum, en þar má sjá m.a.: Reiknuð hæð grunnvatnsborðs (neðanjarðar), grunnvatnsstraumar (stefna og styrkur), varasöm lekasvæði o.m.fl. Á grundvelli líkananna má reikna áhrif tiltekinnar vatnstöku á tilteknum stað á grunnvatnsborð og grunnvatnstreymi, dreifingu efna (mengunar) frá tilteknum stað og margt fleira, sem að gangi má koma við nýtingu og vernd vatnasviða.

Grunnvatnslíkanerð er flókin aðgerð, nokkuð dýr og tímafrek, auk þess sem líkanið verður aldrei betra en upplýsingar þær, sem það byggir á. Það gleymist stundum. Því þarf að meta vel þörfina fyrir grunnvatnslíkon, en gagnsemi þeirra er gríðarmikil, ef vel er til þeirra vandað. Hér á landi hefur Verkfræðistofan Vatnaskil langmesta reynslu af gerð svona líkana.

4.6.4. Vatnsverndarrannsóknir:

Fjallað er um vatnsvernd og vatnsverndarsvæði í köflum 4.3.3. og 4.5.4., en um forkannanir vegna vatnsverndar í kafla 4.6.1. Hér verður einkum litið til rannsókna þeirra, sem gera þarf vegna afmörkunar vatnsverndar og vatnsverndarákvæða, eftir að ákvörðun hefur verið tekin um vatnsbólshæð og vatnstökusvæði. Þar þarf að líta á eftirtalin atriði:

- Afmörkun aðrennslissvæðis (vatnasviðs) vatnsbóla, en hún byggir á hæð grunnvatnsborðs og vatnajarðfræði.
- Greining megingrunnvatnsstrauma á vatnasviðinu til vatnsbóla. Byggir á sömu þáttum að viðbættum ástandi vatnsins (hiti, efni o.fl.), lindafari og öðrum upplýsingum. Á þessum grunni má ráða í vatnsmegin grunnvatnsstraumanna (líklega þynningu mengunar), rennslisraða og skiftingu vatnasviðsins (sjá kafla 4.2. og 4.6.1.).
- Jarðvegsþekja og önnur treglek jarðlög við yfirborð, dýpi á grunnvatn, síunarhæfni veita o.fl., sem áhrif hefur á síun og hreinsuns grunnvatnsins á leið þess (sjá 4.2.4. og 4.5.2.).
- Mengunarvaldar, náttúrulegir og af mannavöldum, líkleg ásókn mengunarvalda (t.d. sumarbústaðasvæði, útivist, þéttsett hrossabeit o.fl.) og annað, sem kann að valda mengun (sjá 4.5.2.).

Þessi atriði er best að fella inn á kort. Þannig eru þau auðsýnileg og hægt að hafa yfirlit um allt svæðið (eða valda hluta þess) í einu lagi. Kort þessi eru ekki alltaf mjög nákvæm eftir forkönnun, en þó leiðbeinandi um framhaldið. Korttækar upplýsingar bætast við á síðari rannsóknarstigum (sjá 4.6.2., 4.6.3.), en samhliða þeim rannsóknum þarf oft að kortleggja framangreind atriði að vissu marki betur og nákvæmar vegna vatnsverndarinnar. Við þessar athuganir getur þurft að taka sýni til efnagreininga eða gerlagreininga (sjá 4.2.5. og 4.5.1.), ef grunur leikur á mengun. Líklega útbreiðslu mengunar má kanna fljótt og nokkuð örugglega með líkanreikningum, þar sem grunnvatnslíkan er fyrir hendi. Á grundvelli þess má einnig byggja kort yfir grunnvatnsstrauma, rennslisraða o.fl. Þau eru því til mjög mikils gagns við ákvörðun vatnsverndar og vatnsverndarsvæða. Á þessum grunni má svo afmarka vatnsverndarsvæðin (sjá 4.5.4.) og kveða á um vernd á þeim. Svo þarf að hafa eftirlit með mengun og líklegum mengunurvöldum meðan á rekstri stendur (4.3.4., 4.5.2., 4.5.4. og 4.5.5.) **Greining á grunnvatnsfari og afmörkun vatnsverndarsvæða er flókið mál, sem sérfræðipækkingu þarf til, í vatnafræði og vatnajarðfræði.** Reynslulítillir verkfræðingar, jarðfræðingar eða heilbrigðisfulltrúar hafa yfirleitt ekki nægjanlega kunnáttu til þessara verka, þó svo að þeir séu að taka slíkt að sér.

4.6.5. Eftirlit og langtímat:

Eftirlit þarf að hafa með vatnsbólum og vatnasviðum þeirra í rekstri, bæði vatnsmegini og vatnsgæðum (4.2.1., 4.3.4. og 4.5.5.). Þarf þá oft að mæla einhverjar tímaraddir. Um þessi atriði er fjallað hér að framan (sjá einkum 4.5.5.). Við þetta eftirlit bætast við ýmislegar upplýsingar, en svo er einnig við gerð nýrra vatnsbóla, rekstur vatnsbólanna, mengunareftirlit og ýmsar aðrar rannsóknir á vatnasviðinu. Efni geta því orðið til að endurskoða þá mynd, sem dregin hefur verið upp af vatnasviðinu. Fyrsti áfangi í því er

4.6.16.

að skoða og meta hin nýju gögn. Sú skoðun getur bent til, að hinni fyrri mynd hafi verið svo mikið áfátt, að það hafi eða geti haft áhrif á vatnsvinnsluna og fyrirkomulag hennar. Þá þarf að fara fram ítarlegri endurskoðun. Einnig getur komið í ljós, að lítilla breytinga sé að vænta á fyrri mynd, eða þær hafi lítil áhrif á vatnsvinnsluna. Þarf þá ekki því sinni að fylgja því máli lengra eftir. Svona matsskoðun á gögnum er yfirleitt lítið mál og því ekki frágangssök að láta framkvæma hana eftir tilefnum. Ítarleg endurskoðun gagna er yfirleitt mun meira fyrirtæki og borgar sig því að láta matsskoðun fara fyrst fram.

HEIMILDIR OG ÍTAREFNI

Árni Hjartarson 1984: Lindamælingar við Húsavík 1982 - 1983. OS-84001/VOD-01 B. Orkustofnun. Reykjavík. 7 s.

Árni Hjartarson 1993: Vatnsveitur og vatnsból. Samantekt um vatnsveitumál. OS-93061/VOD-04. Orkustofnun. Reykjavík. 50 s.

Árni Hjartarson 1996: Seyðisfjarðarbær. Athuganir á möguleikum til vatnsöflunar. Greinargerð ÁH-96/05. Orkustofnun. Reykjavík. 6 s.

Árni Hjartarson, Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur H. Hafstað 1981: Vatnsbúskapur Austurlands III. Lokaskýrsla. OS81006/VOD04. Orkustofnun. Reykjavík. 198 s.

Freysteinn Sigurðsson 1985: Jarðvatn og vatnajarðfræði á utanverðum Reykjanesskaga. I: Yfirlitsskýrsla, 102 s. II-IV: Viðaukar 186 s. OS-85075/VOD-06. Orkustofnun. Reykjavík. Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja.

Freysteinn Sigurðsson 1991: Groundwater from glacial areas in Iceland. Jökull, No. 40, 1990. 119 - 146.

Freysteinn Sigurðsson 1994: Nytjavatnsauðlindin. Hvers virði er vatnið ? AVS. Arkitektúr-Verktækni-Skipulag. 15. árg., 1. tbl. 10 - 13.

Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson 1985: Groundwater in Iceland. Paper presented at the Nordic Hydrological Conference, Nyborg, 6. - 8. August 1984. OS-85038/VOD-02. Orkustofnun. Reykjavík. 13 s.

Freysteinn Sigurðsson og Jón Ingimarsson 1990: Lekt íslenskra jarðefna. Í: Vatnið og landið. Ritstjóri Guttormur Sigbjarnarson. Orkustofnun. Reykjavík. 121 - 128.

Jón Ingimarsson 1983: Straumfræði og dæluþrófanir. Í: Kver með fróðleiksmolum um vatnajarðfræði, dæluþrófun og lektun (7 höfundar), 3. kafli, 33 - 72. OS-83022/VOD-12 B. Orkustofnun. Reykjavík.

Skúli Víkingsson 1998: Kornaferlar. Nokkrir dæmigerðir ferlar ýmissa setgerða. Greinargerð SV-98/1. Orkustofnun. Reykjavík. 8 s.

Þórólfur H. Hafstað 1978: Búðardalur. Leit að framtíðarvatnsbóli. OS JKD 7803. Orkustofnun. Reykjavík. 33 s. + 8 myndir.

Þórólfur H. Hafstað 1989: Leiðarvísir um rennislismælingar með yfirfalli. Fjölrítaður einblöðungur. Orkustofnun. Reykjavík.

Þórólfur H. Hafstað, Halldór G. Pétursson og Freysteinn Sigurðsson 1994: Vatnsveita Akureyrar. Vatnsból og vatnsvernd. OS-94059/VOD-05. Orkustofnun. Reykjavík. Unnið fyrir Vatnsveitu Akureyrar. 46 s.

Hér eru einkum tilgreindar heimildir að myndum í kaflanum, en ekki hefur verið elst við að tilgreina heimildir fróðleiks í texta, umfram framangreind rit. Þar er einkum um að ræða mikinn fjölda skýrsla um vatnsleit, vatnsöflun og vatnsvernd á ýmsum stöðum á landinu. Ítarlegar og almennar samantektir um vatnafar og grunnvatn hér á landi eru ekki tiltækar, né í raun lýsingar á jarðfræði landsins. Til erlendra kennslubóka, sem lítt lýsa íslenskum aðstæðum, er ekki vísað.

Vatnsveituhandbók Samorku

Kaflí 5

Dælur og stjórnþæki

Guðmundur Þóroddsson og Björgvin Guðmundsson

Vatnsveitu Reykjavíkur

Maí 1999

Efnisyfirlit

5.1. Dætur.....	3
5.1.1. Helstu tegundir dæla fyrir vatnsveitur	3
5.1.2. Almenn	4
5.1.3. Láréttar dætur	4
5.1.4. Lóðréttar dætur	5
5.1.5. Lóðréttar dætur notaðar til að auka þrýstihæð	8
5.1.6. Notkun dælurita.....	8
5.1.7. Snúningshraði dælu.....	17
5.1.8. Fyrirbyggjandi viðhald og eftirlit.....	17
5.1.9. Rakavarnir á rökakerfum - Loftþurrkarar.....	17
5.2. Hraðastýringar.....	25
5.3. Stjórnþæki.....	28
5.3.1. Reglar.....	28
5.3.2. Kerfiráður (Sjá einnig kafla 7.5).....	29
5.3.3. Samskiptabúnaður	31
5.3.4. Fjarstýringar.....	33
5.3.5. Gagnasöfnun.....	34
5.3.6. Öryggismál.....	34
5.4. Heimildaskrá:.....	35

5.1. Dælur

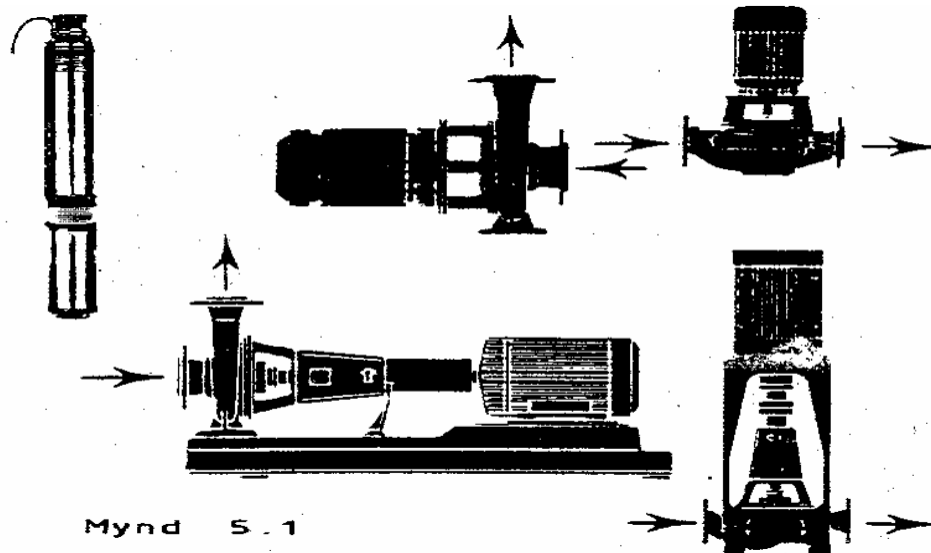
Í kafla þeim sem hér fer á eftir er gert ráð fyrir því að þeir sem lesi hafi nokkra þekkingu á því sem um er fjallað og séu vanir að umgangast dælur og dælustöðvar. Hins vegar er farið mjög grunnt í efnið. Fyrir þá sem ekki eru vanir vatnsveitum og dælukerfum er til mjög góð bók sem gefin er út af Grundfors og heitir **Vandforsyning** og fjallar fyrst og fremst um dælur á einfaldan og aðgengilegan hátt. Fyrir þá sem vilja fara dýpra í málin er hægt að mæla með bókinni **Pumpestábi** og til að fá enn dýpri umfjöllun er bókin **Centrifugal pumps** ágæt. Almennari upplýsingar má svo yfirleitt fá úr handbókum framleiðenda.

5.1.1. Helstu tegundir dæla fyrir vatnsveitur

Fyrir vatnsveitur koma varla til greina aðrar dælugerðir en hefðbundnar miðflóttaafls dælur. Ástæðan fyrir því er að vatn á Íslandi er vökvi með litla seigju og fá vandamál. Vandamál tengd vatnsveitu svo sem óhreinindi eða tæring er best að leysa áður en vatninu er dælt inn í dreifikerfið. Aðrar dælugerðir svo sem snigildælur, tannhjóladælur, membrudælur og “loftdælur” koma ekki til greina þegar dæla á venjulegu vatni vegna verðs, áreiðanleika, endingar, nýtingar og fleiri atriða. Þær geta hins vegar hentað í sérstökum tilvikum, t.d. við skömmtnu eða við hreinsun á borholum.

Efnisval í dælum fyrir vatnsveitur er einfalt því yfirleitt eru notaðar hefðbundnar dælur úr steypujárni með hjólum úr koparblöndu. Rétt er að taka vara á því að ef nota þarf dælur úr öðrum efnum getur þurft að einangra þær galvanískt frá lagna-kerfinu og/eða borholu. Sérstaklega á þetta við um ryðfrítt stál sem getur auðveldlega valdið óðatæringu eða tærst sjálft ef það er beintengt við svart stál.

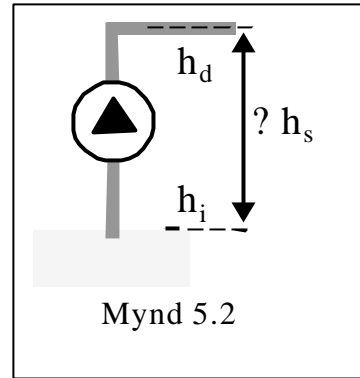
Af venjulegum dælum eru helst tvær gerðir notaðar, með dæluhjólin lóðrétt eða með dæluhjólin lárétt. (sjá mynd 5.1)



Mynd 5.1

5.1.2. Almennt

Við val á dælu þarf almennt að skilgreina þrýstihæð og soghæð dælu. Gæta þarf að við hvaða þrýsting dælan á að vinna. Einnig þarf að skoða hvort loftbólur koma til með að myndast á blöðum dælu vegna undirþrýstings. Það er skoðað með því að finna þrýstinginn við inntak dælu og bera hann saman við leyfilegan þrýsting við inntak. Með þrýstihæð er átt við þá þrýstingshækkun sem verður við dælinguna og með sogþrýsting er átt við þá lyftihæð sem er frá vatnsborði að inntaki dælu að meðtöldum töpum vegna viðnáms (sjá mynd 5.2) Oft er sogþrýstingur neikvæður, þ.e. vatnið streymir sjálfst að inntaki dælu. Þetta á við þegar verið er að hækka þrýsting í lögn með dælingu og einnig er þetta yfirleitt raunin í lóðréttum borholudælum. Sogþrýsting er sérstaklega mikilvægt að skilgreina rétt þar sem hann ræður mestu um það hvort loftbólur myndast á dæluþöðum með tilheyrandi skemmdum á hjólum og búnaði. Einnig þarf stundum að gæta að því að þótt hækkun á þrýstingi sé ekki mikil þá getur hann samt orðið meiri en dælan ræður við ef bakþrýstingur er hár. Þá er efni í dæluhúsi og áspéttingum ekki gert fyrir þann þrýsting sem verður í dæluhúsinu.



5.1.3. Láréttar dælu

Munurinn á láréttum dælum og lóðréttum er að í láréttum dælum eru öxlanir láréttir en í lóðréttum eru öxlanir lóðréttir. Láréttar dælu eru algengustu gerðir dælu. eru þær yfirleitt eins þreps en verða fljótt hlutfallslega dýrar ef þrep eru fleiri. Láréttar dælu henta sérstaklega vel til að hækka þrýsting um allt að 10-15 bör (100 til 150 m) sem auðveldlega næst í eins þreps dælu. Þegar dælu er valin þarf að skilgreina hvernig inntökum á að vera háttað, þ.e. hvort inntakið á að vera að miðju hjólinu, við hliðina á miðjunni eða inn um hlið hússins. Á sama hátt þarf að skilgreina hvort úttakið á að vera um topp dælu eða á hlið hennar, út um topp fyrir miðju eða til hliðar. (sjá mynd 5.3)

Design	Pump size	Discharge nozzle positions as seen from the motor side									
		1 normal	1a rotated 30° right	1b rotated 30° left	2a rotated 45° right	2b rotated 45° left	3a rotated 60° right	3b rotated 60° left	4a rotated 90° right	4b rotated 90° left	
Pump casing flanged on in overhung position, radial discharge nozzle	32-125 — 32-250										
	40-125 — 40-250										
	50-125 — 50-250										
	65-125 — 65-250										
	80-160 — 80-250										
Pump casing flanged on in overhung position, radial discharge nozzle	40-315										
	65-315										
	80-315										
	100-315										
Pump casing on 2 supports, radial discharge nozzle	80-400										
	100-400										
	125-315										
	125-400										
	150-200										
	150-250										

Mynd 5.3

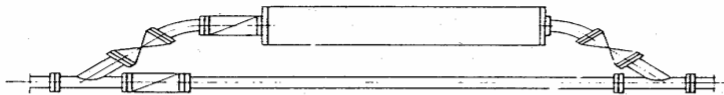
1) Extra charge and longer delivery time

Dælu sem taka vatn inn um hlið og skila því út um hina hliðina eru kallaðar línu-dælu, "in line", og henta vel þegar lögnin sem hækka á þrýsting í fer í gegn um dælu-

stöðina og með því að nota aðeins eina línudælu þarf ekki að breyta lagnarlínunni neitt. (sjá mynd 5.1 og 5.4.)

Þegar verið er að dæla á lokað þrýstikerfi (enginn tankur) er ráðlegt að miða við að nota 3 til 4 dælur. Það fer svo eftir notkunarmynstri svæðisins hvort allar dælunar eiga að vera af sömu stærð. Kanna þarf vel notkunarferil svæðisins yfir sólarhringin, yfir vikuna og helst yfir árið líka. Besta nýtingin getur fengist með því að hafa dælurnar misstórar en gagnvart viðhaldi og varahlutum er best að hafa allar af sömu stærð og gerð. Dælunar eru þá valdar þannig að ein dæla ráði vel við grunnrennslið eða meðalrennslið þar sem grunnrennsli er mjög lítið. Næsta dæla, gjarnan hraðastýrð eða með þrýstikút, sjái um toppinn ásamt einhverju af brunavatninu og þriðja dælan sjái um brunavatn. Fjórða dælan er svo til vara ef einhver hinna bilar.

Oft er réttlætjanlegt að nota einungis 3 dælur, sérstaklega ef svæðið no tar mikið vatn og brunavatn er ekki stór hluti af heildarnotkun. Ef þannig hagar til að kerfisþrýstingur er nægur fyrir efstu brunahana en dælingar er þörf til að bæta þrýsting hjá notendum þá er óþarfi að geta dælt öllu brunavatninu heldur nægir að hafa einstreymisloka hliðtengdan við dælurnar sem hleypir vatni framhjá ef dælur hafa ekki undan. Raunar er góð regla að hliðtengja alltaf einstreymisloka með dælum sem hleypir framhjá þeim t.d. í rafmagnsleysi.



Mynd 5.4
Lárétt borholudæla
notuð sem in line dæla.

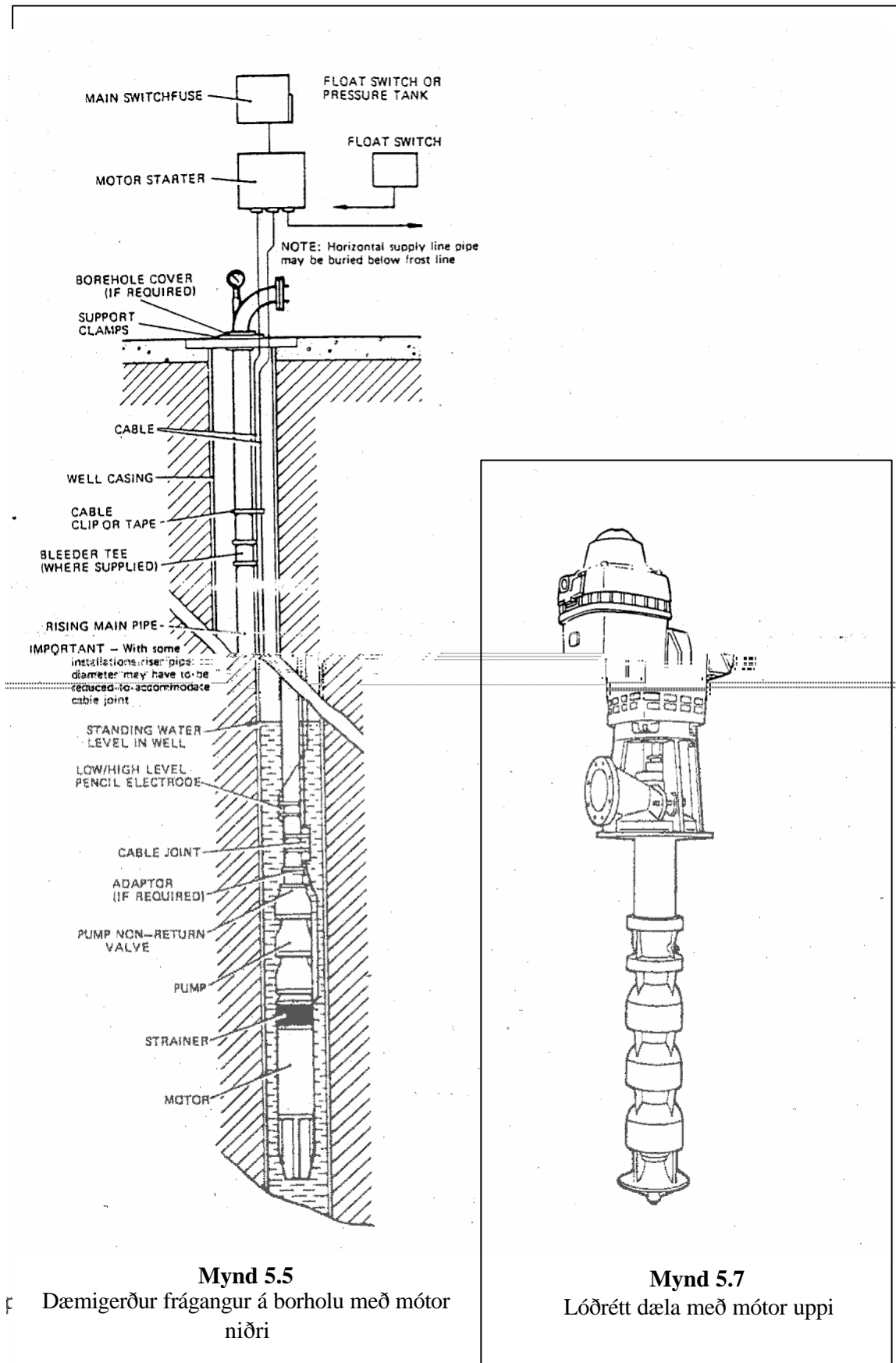
5.1.4. Lóðréttar dælur

Borholudælur:

Algengast er að nota lóðréttar dælur við dælingu úr borholum. Lóðréttum dælum má skipta í tvo flokka, dælur með mótörinn uppi og með mótörinn niðri (sjá mynd 5.5). Í báðum tilvikum er dælan niðri í vatninu og því engin soghæð. Í sérstökum tilvikum er hægt að nota venjulegar láréttar dælur en þá aðeins sé stutt niður á vatn. (Fræðilegt hámark er lofttæmi eða u.þ.b. 10 metra vatnssúla en í reynd er hámarkið einhvers staðar innan við 7 metrana, misjafnt eftir dæluhjólsgerðum (sjá umfjöllun um NPSH).

Ef nota á lárétta dælu þarf að gera ráð fyrir því að hún geti lofttæmt sig sjálf eða setja upp sérstaka loftdælu sem sér um tæminguna. Einnig er hægt að hafa möguleika á áfyllingu og vera með einstreymisloka framan við dæluna. (sjá mynd 5.6) Ekki er mælt með þessari útfærslu nema í sérstökum tilvikum og þá aðeins fyrir litla soghæð. Dæluframleiðendur gefa ævinlega upp NPSH (Net Pressure Suction Head), sem er sá þrýstingur sem þarf að vera við inntak dælu án þess að loftbólur byrji að myndast á dæluspöðunum. NPSH er þrýstingur yfir lofttæmi, absolut þrýstingur, sem er ekki sama viðmið og venjulega er notað í vatnsveitum þar sem yfirleitt er miðað við andrúmsloftþrýsting. Samband þessara tveggja

Þrýstiviðmiða er að -1 bar miðað við andrúmsloft er 0 á „absolut“ meðan 1 bar „absolut“ er sama og 0 þegar miðað er við andrúmsloft.



Samanburður á mismunandi gerðum lóðréttra dæla:

Mótor uppi:

Kostir:

- ? ódýrari í grunnnum holum
- ? rafmagnshluti á þurru
- ? hægt að þjónusta mótur án þess að taka upp dælu
- ? stærri dælur komast í sömu vídd borholu
- ? kemst neðar í borholuna
- ? Ókostir:
- ? öxull gengur eftir öllu rörinu sem tefur niðursetningu og upptekt

Öxullinn þarf stýringar með reglulegu millibili - borholur þurfa að vera mjög beinar (lóðréttar) svo öxullinn liggi ekki í stýringunum og eyðileggi þær

Mótor niðri

Kostir:

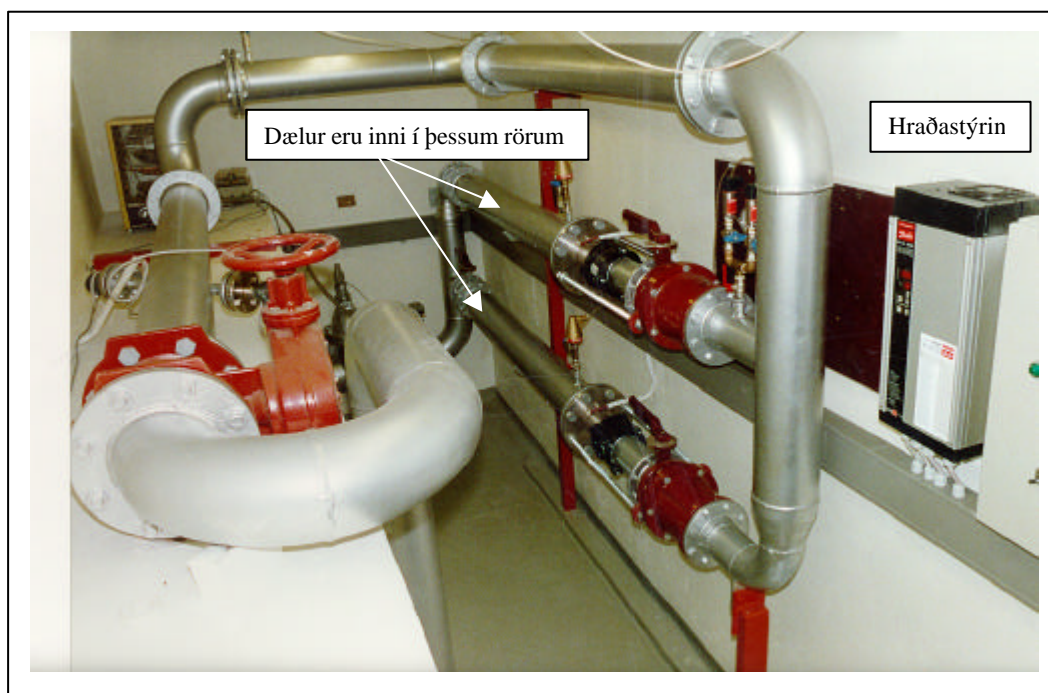
- ? fljótlegt að setja niður/taka upp
- ? holur þurfa ekki að vera beinar
- ? hægt að tengja við plaströr
- ? dælustöðin þarf ekki nauðsynlega að vera beint yfir borholunni, sama hús getur þess vegna þjónað mörgum borholum

Ókostir:

- ? dýrar
- ? ekki hægt að ná sama niðurdrætti

Gæta þarf sérstaklega að kælingu á mótur (þ.e. vatn þarf að streyma meðfram móturum þ.a.l. þarf mótur að vera fyrir ofan innstreymið í holuna) og að þvermál móturs meira en dælu sem takmarkar hversu afkastamikil dæla kemst niður í ákveðið þvermál af borholu

Af þessari upptalningu sést að það verður að ráðast af aðstæðum hverju sinni hvort valin er dæla með móturinn uppi eða niðri. Það helsta sem horfa þarf til er hvort borholan er nægjanlega bein fyrir mótur uppi eða nægjanlega víð og djúp fyrir mótur niðri.



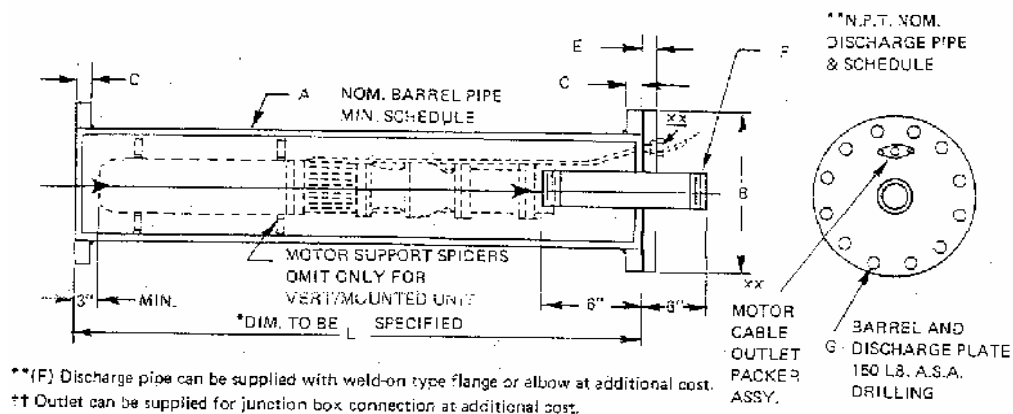
Mynd 5.8: Dælustöð Eiríksgötu. Dæmi um láréttar borholudælur

Hjá báðum gerðum þarf að taka tillit til hvar einstreymislokinn er staðsettur.

Í dælukerfi verður alltaf að vera einstreymisloki ef vatn getur runnið til baka úr kerfinu. Dælurnar halda ekki aftur af streyminu heldur mun vatnið renna til baka niður í borholuna eða inn í lágþrýstari hluta kerfisins. Verði öflugt bakstreymi í gegn um dælu getur hún snúist öfugt og sé reynt að ræsa hana í því ástandi skapar það mikið álag á mótör og rafbúnað. Með því að staðsetja einstreymislokann beint fyrir aftan dæluna niðri í holunni er tryggt að þetta gerist ekki. Einnig helst dælurörið fullt og ekki þarf að fylla það í hvert sinn, nokkuð sem getur skipt máli ef stutt er á milli gangsetninga. Hins vegar ef eitthvað bilar þá þurfa menn að vera reiðubúnir að lyfta rörunum fullum af vatni (öflugri kranar) og einnig að gera ráð fyrir að fá mikið af vatni inn á gólf dæluhússins. Ef einstreymislokinn er hins vegar staðsettur uppi strax eftir borholuna er smá hætt á að dælan og þar með mótörinn sé að snúast öfugt ef gangsett er fljótt aftur.

5.1.5. Lóðréttar dælu notaðar til að auka þrýstihæð

Stundum hentar að nota lóðréttar dælu til að auka þrýstihæð t.d. þegar lagnakjallarinn er á einni hæð og vélasalurinn á annarri. Einnig getur verið hentugt að nota lóðréttar dælu með mótörinn neðan á til að stinga inn í rör þar sem rými er lítið (mynd frá Eiríksgötu). (Ath. gæta þarf þess að legur séu gerðar fyrir það að liggja á hlið). Sjá mynd 5.8 frá Eiríksgötu og mynd 5.9. sem sýnir þversnið af lóðréttri dælu sem er lárétt inni í röri.



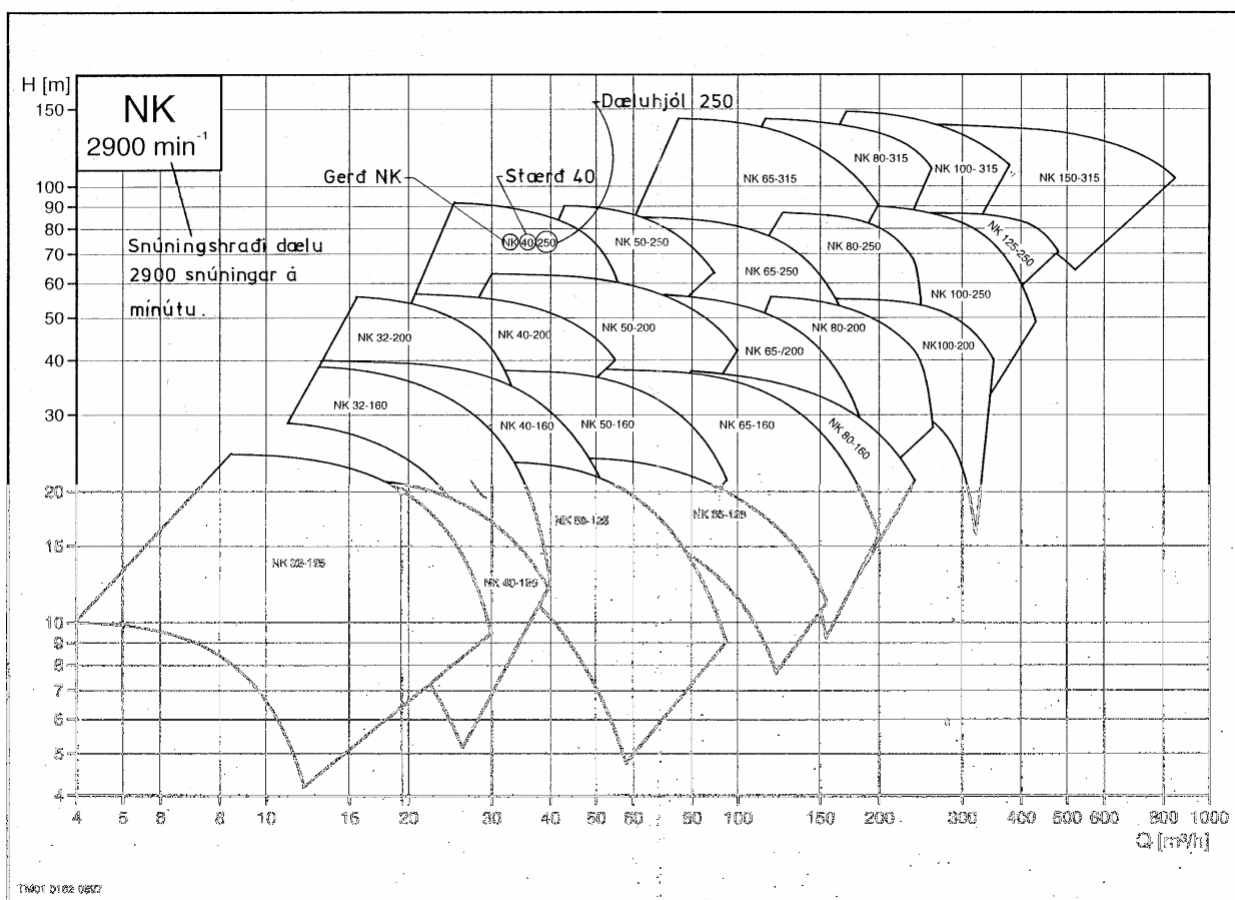
Mynd 5.9

5.1.6. Notkun dælurita.

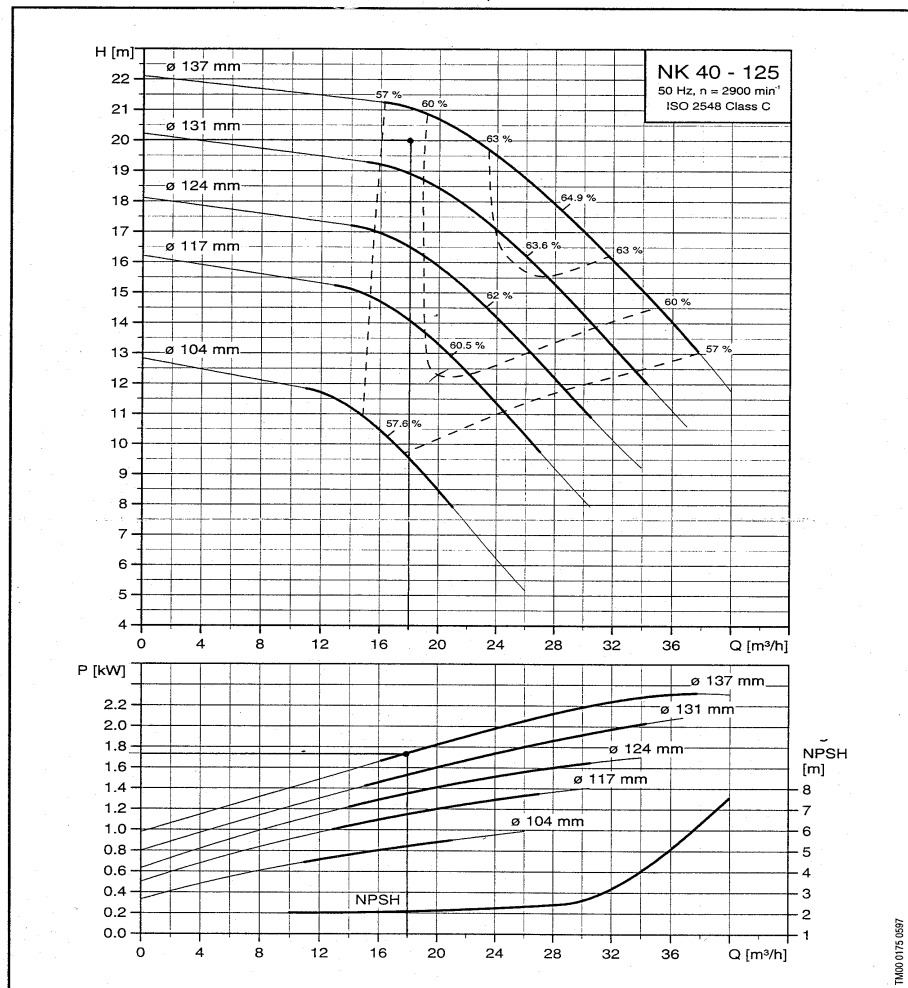
Þegar velja á dælu er nauðsynlegt að skoða dælurit hennar. Góðum upplýsingum um dælu fylgja yfirleitt nokkur línurit sem gefa upplýsingar um val á dælum út frá magni og þrýstihæð, magni og aflþörf, magni og nýtni og magni og NPSH. Síðast nefnda línuritíð upplýsir um hættu á “cavitation” hjá dælunni. Þegar talað er um “cavitation” er átt við loftbólur sem myndast við hjólspaðana vegna undirþrýstings annað hvort vegna suðu vatnsins eða að uppleyst loft í vatninu safnast saman. Loftbólur á spöðunum minnka endingartíma þeirra mjög verulega og viðhald eykst. Alltaf er reynt að forðast að þetta gerist. Einstaka sinnum eru tvö eða fleiri af þessu línuritum sett á sama ritið. Hver dæla getur svo haft mismunandi hjólstærðir sem aðallega hefur áhrif á samband lyftihæðar og magns, en síður á “cavitation” eiginleika og nýtni. Með sömu dælu er unnt að ná mismunandi afköstum með því að breyta hjólstærðinni. Mismunandi dæluhjólstærðir eru settar sem tölur inn á kúrvurnar, (sjá mynd 5.10, 5.11) a.m.k. tvö dælurit, eitt sem gefur upp hvaða dælu koma til greina miðað við ákveðnar forsendur um lyftihæð og vatnsmagn, svokallað q-h rit sjá myndir 5.10 og myndir 5.11a og 5.11b.

Dæmi um notkun dælurita:

Ef lyfta á vatninu um 20 m og hámarks dælingarþörf er 50 l/s er farið inn á línuritíð á mynd 5.10 á lóðréttu ásinn við 20 m og á láréttu ásinn við 50 l/s (=3000 l/min= 18000 l/klst=18 m³ á klst= 18 m³/h) og dregnar hornréttar línur á hvorn ás fyrir sig. Þar sem línurnar skerast er vinnusvið dælnnar. Hér eru það dælur NK32-125 og NK40-125 sem koma til greina. Þessir tveir (eða fleiri) möguleikar eru síðan kannaðir nánar í dæluriti nr. 2 (sjá mynd 5.11 a og b) þar sem nýtni dæla nna er gefin. Ef farið er inn á 5.11a fyrir NK-32-125 með 18 m³/h sést strax af efra línuritinu að komið er út fyrir eðlilegt vinnusvið dælnnar. Á ritinu fyrir NK-40-125 hinsvegar förum við inn fyrir 18 m³/h og finnum skurðpunktinn við 20 m lyftihæð. Þá sjáum við að nýtnin verður rúmlega 58% og að við verðum að nota hjólstærðina 137 mm. Af neðra línuritinu finnum við svo að aflþörf dælnnar við þessa dælingu er 1,7 kW. Jafnframt sjáum við að NPSH er tveir metrar.



Mynd 5.10 Q-H rit.



Mynd 5.11.b
 Dæmi um nýtnikúrvur, aflþörf og NPSH.

Dæmi um nýtnikúrvur, aflþörf og NPSH

Oft þarf að skipta um hjól í dælu vegna breyttra aðstæðna á dælusvæðinu. Reynt er að velja dælu þannig að hámarksnýtni verði þar sem algengasti rekstur dælunar verður. Ef hraðastýringar eru notaðar hliðrast dæluúrvurnar þannig að hámarksnýtni fæst fyrir nokkuð vítt svið. Hægt er að auka dælingu tímabundið í 120% með sömu þrýstihækkun með því að hækka snúningshraða dælunnar.

Áður en dælan er endanlega valin þarf að fara inn í línuritid fyrir magn – NPSH (sjá 5.11.b) og kanna hvort hætta sé á undirþrýstingi og loftmyndun á blöðum dælunnar (cavitation).

Ritid yfir NPSH er notað til að finna hámarks mögulega soghæð fyrir dæluna við þetta magn. Jafnan fyrir hámarks leyfilega soghæð er :

$$H_{\text{sog,max}} = A - \text{NPSH} - ? h_{\text{fd}} - H_v - H_s$$

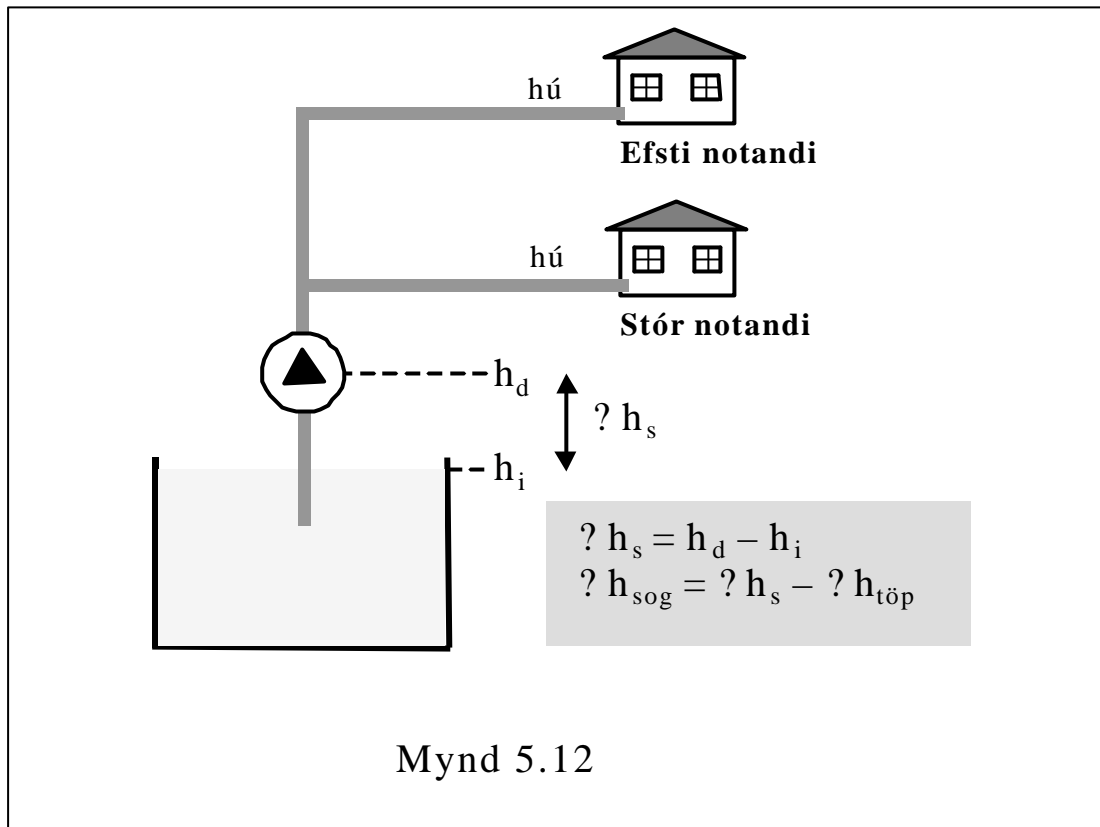
þar sem

$H_{\text{sog,max}}$ = Hámarks möguleg lyftihæð eða sogþrýstingur

A = Andrúmsloftsþrýstingur

? h_{fd} = Þrýstifall vegna núninga í leiðslum og fittings frá inntaki að inntaki dælu

H_v = Gufuþrýstingur vatns við hitastig vatnsins.



H_s =Öryggistuðull sem settur er

Þar sem gufuprýstingur vatns er sáralítill meðan hitastigs vatnsins er undir 20 gráðum er hægt að sleppa þeim lið. Nægjanleg nákvæmni fæst yfirleitt með því að segja að andrúmsloftsprýstingur sé 10 m. Oft er einnig reiknað með að öryggisstuðullinn sé 2 m. Ef þessar forsendur eru notaðar þá má einfalda formúluna þannig að hún verður:

$H_{sog,max} = 10 - NPSH - ? h_{fd} - 2 = 8 - NPSH - ? h_{fd}$ $H_{sog,max}$ er svo borinn saman við raunverulega lyftihæð $? H_s = h_d - h_i$ (sjá mynd 5.12)

Ef $H_{sog,max}$ er stærri en $? H_s$ er í lagi með þá dælu sem valin hefur verið með tilliti til “cavitationar”

Prýstingsútreikningar.

Þegar velja á dælu er nauðsynlegt að finna nokkrar prýstingsstærðir. Fyrst er að finna soghæð dællunnar.

5.1.6.1. Sogprýstingur

Einungis er talað um sogprýsting ef dælan þarf að draga að sér vatn, þ.e. ef prýstingurinn er minni en andrúmsloftsprýstingur við inntak dællunnar. Þegar finna á sogprýsting þarf að huga að tvennu (sjá mynd 5.12) hæðarmun dælu frá vatni að inntaki dælu $? h_s$ og prýstitöp á leiðinni frá inntaki að inntaki dælu $? h_{fd}$. Hæðarmuninn má finna á einfaldan hátt með því að mæla lóðréttan hæðarmun milli inntaks og dælu, $? h_s = h_d - h_i$ (h miðað við sjávarmál).

Prýstingstöpin í leiðslunni geta verið heldur flóknari en finnast skv. aðferðum í kafla 5.1.7.5 Heildarsoghæð dælu er því $? H_s = ? h_s + ? h_{fd}$.

5.1.6.2. Þrýstihækkun dælu ? H_D

Þrýstihækkunin yfir dælu er einn mikilvægasti þátturinn í vali hennar. Nauðsynleg þrýstihækkun ákvarðast af hver þrýstingurinn á að vera hjá efsta notanda, Hú. Efsti notandi getur einnig verið vatnstankur vatnsveitu. Þrýstihækkun sú sem dælan þarf að skila er þá ? H_D = Hú – Hi +? H_f

Nauðsynlegt er að Hú og Hi séu vatnshæðir yfir sjávarmáli. Ef einungis er þekktur þrýstingur á hvorum stað, hi og hú, verður formúlan ? $H_D = h_i - h_u +? H_f +? H_{iú}$ þar sem ? $H_{iú}$ er hækkunin í landhæð milli staðanna tveggja ? H_f eru þrýstingstöp í leiðslum og fittings sbr. kafla 5.1.10-5.1.12. (Ef svo óvenjulega vill til að verið er að dæla á stað sem liggur lægra í landslagi en dælan verður ? $H_{iú}$ mínus stærð)

Í einstaka tilfellum geta þrýstingstöp verið það mikil vegna mikillar notkunar eða lítils þvermáls að efsta hús er ekki ráðandi heldur þarf að miða þrýstingsþörfina við notanda sem stendur neðar. Ef svo háttar til eru reikningarnir framkvæmdir fyrir bæði efsta notanda og þar sem grunur leikur á að töpin séu mest. Það ? H_D sem er hærra er þá það sem valið er fyrir dæluna. Fyrir flókin kerfi þar sem þrýstifall getur verið víða og verið afgerandi stærð eru til forrit þar sem hægt er að reikna heilu dreifikerfin og fá góða mynd af væntanlegum þrýstingi í kerfinu. Þessi forrit er bæði hægt að kaupa sér og einnig eru nokkrar verkfræðistofur með þessi forrit og kunnáttu í að nota þau.

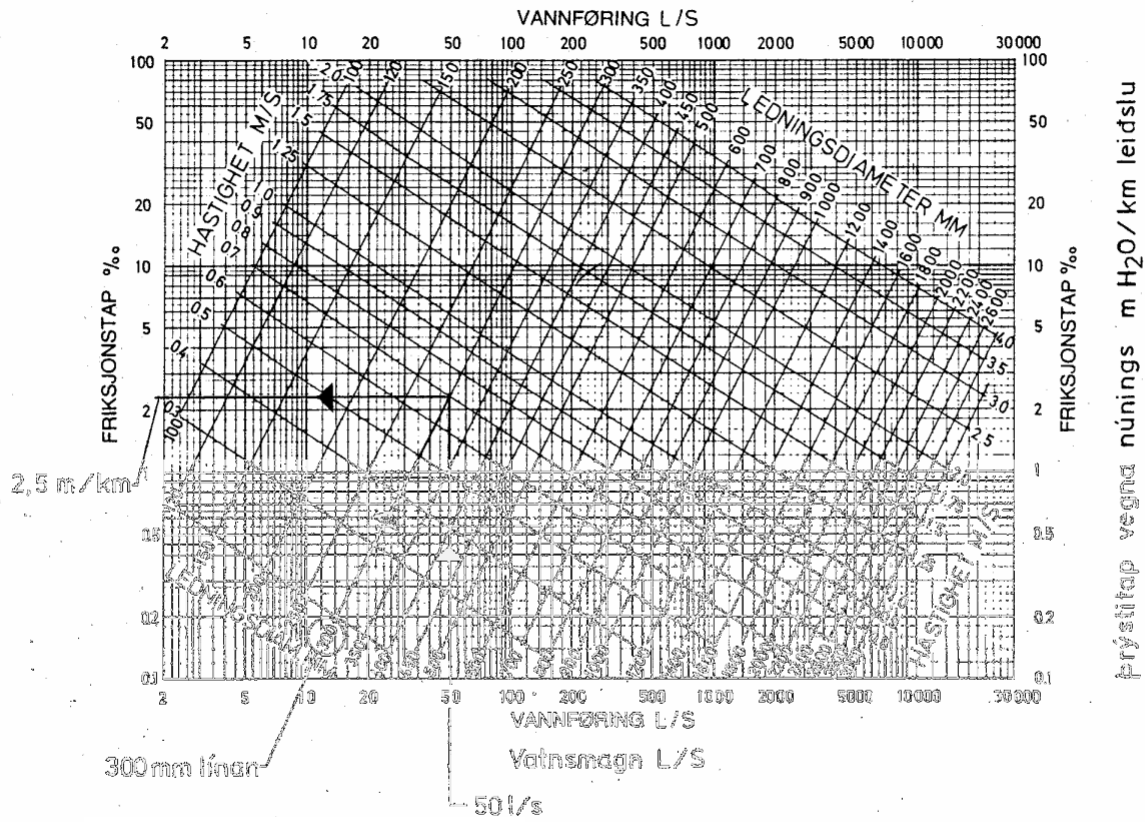
5.1.6.3. Útreikningur á þrýstitöpum vegna núnings.

Fljótleg leið til að átta sig á stærð tapanna er gefin hér á eftir. Þrýstitöpin eru yfirleitt reiknuð í tveimur skrefum, töp í beinum leiðslum og töp í fittings. Töpin í beinum leiðslum má finna með línuritunum á mynd 5.13 og 5.14, annað gefur góða hugmynd um hvert tapið verður í öðrum leiðslum en plastleiðslum, og línuritid þar á eftir gefur þau töp sem búast má við í plasti. Línuritin eru notuð þannig að farið er lóðrétt upp frá því streymi sem á að vera í pípunni upp í skurðpunkt þess þvermáls sem er á pípunni. Frá

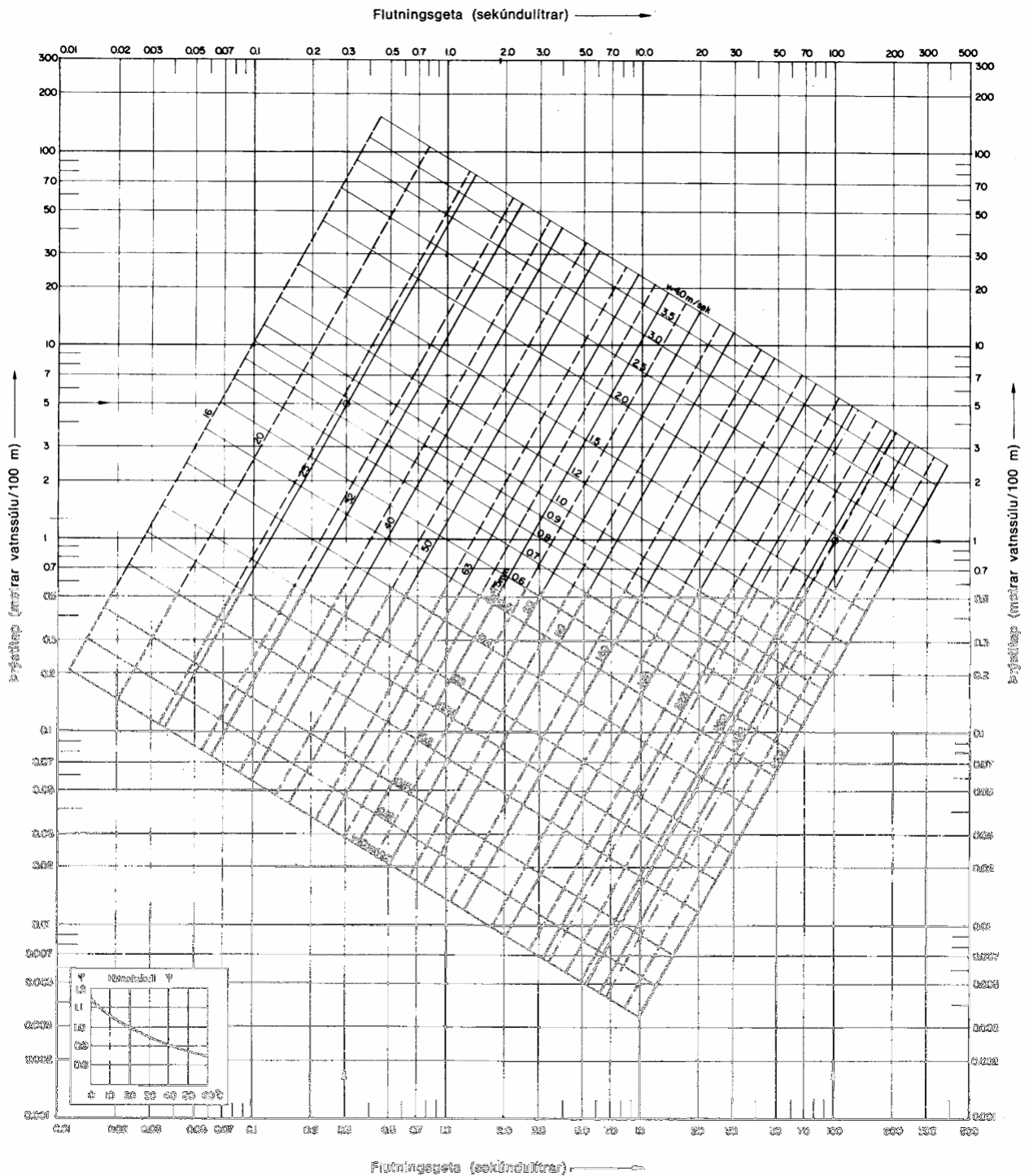
skurðpunktinum er svo farið lárétt til hægri eða vinstri og þar fæst þrýstitap í m á hvern km leiðslu. Þá er ? $H_{fb} = L *? h_L$. þ.s .L= lengd leiðslu í km og ? h_L = töp á km leiðslu. Þetta gildir einungis fyrir leiðslur með köldu vatni, ef vatnið fer að hitna þarf að breyta um rit vegna þrýstitaps og verður ekki farið yfir það hér. Oft fylgja rörum upplýsingar um hrjúfleika og er þá hægt að finna þrýstingstapið nákvæmar, þær aðferðir sem hér eru sýndar gefa einungis grófa nálgun fyrir þrýstitöpin í lagnakerfinu.

5.1.6.4. Dæmi um þrýstifallsútreikning í beinum leiðslum.

Dæmið sem sýnt er á mynd 5.13a sýnir okkur að fyrir 50 l/s streymi í 300 mm leiðslu er þrýstingstap vegna núnings 2,5 m á hvern km. Ef við erum að fara 5 km leið er heildartap vegna núnings 2,5*5= 12,5 m vatnssúla. Ef rörin eru af mismunandi sverleika, er reiknað þrýstitap fyrir hvern sverleika fyrir sig og töpin svo lögð saman. Sama gildir ef magnið er mismunandi sem rennur um pípunar t.d. ef þær greinast í tvær áttir Reiknað er fyrir hvert streymi fyrir sig og töpin lögð saman.



Mynd 5.13a
Þrýstítap í beinum leiðslum
fyrir utan plast (Gróf)



Mynd 5.13b
Þrygðingagæði í beinum
plastleiðslum

5.1.6.5. Þrýstifall í fittings

Töp í fittings má finna með því að telja saman z – faktorana skv. mynd 5.15 og reikna svo.

$$? H_{fi} = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) \frac{V^2}{11,3D^4}$$

z = þrýstifallsfaktor hvers fittings

V= rúmmálsstreymi m³/s í pípunni

D = þvermál lagnar í m

? H_{fi} = þrýstitöp vegna fittings, m H₂O

Dæmi um þrýstifallsútreikninga fyrir fittings.

Ef við höldum áfram með dæmið hér fyrir ofan þar sem við vorum með 50 l/s rennsli í 300 mm rörum og gerum ráð fyrir því að það séu þrjár 90 gráðu beygjur með radíus beygjunnar jafnan þvermáli rörsins, eitt T stykki þar sem okkar rennsli beygir ekki, einn einstreymisloki með kúlu, tveir venjulegir rennilokar þá getum við farið inn í mynd 5.15 og fundið z gildin (z=? á mynd 5.15) Framleiðendur gefa oft nákvæmari z gildi fyrir sína framleiðslu, sérstaklega í einstreymislokum og lokum þar sem z gildið getur verið mjög breytilegt eftir tegundum.

Heiti	Fjöldi	z gildi	Margfeldi z og fjölda
90 gráðu beygja	3	0,4	1,2
T stykki	1	0,1	0,1
Einstreymisloki með kúlu	1	1,2	1,2 (farin millivegur meðan ekki er vitað betur, sjá framleiðendur)
Rennilokar	2	0,2	0,4
		Samtals	2,9

Mynd 5.14; Z-gildi í dæmi um þrýstifallsútreikninga

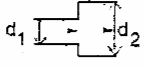
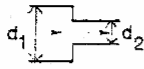
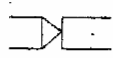




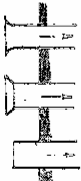
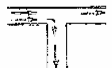

Töp vegna fitting verða þá:

$$? H_{fi} = (Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4) \frac{V^2}{11,3D^4}$$

$$? H_{fi} = 2,9 * 0,05^2 / (11,3 * 0,3^4) = 0,08 \text{ m vatnssúla}$$

Heildarþrýstingstöp vegna viðnáms eru þá ? H_f = ? H_{fb} + ? H_{fi}

Eða í dæminu okkar ? H_f = 12,5 + 0,08 = 12,6 m vatnssúla

	<p>skyndileg þvermáts aukning</p> <table border="1"> <tr> <td>d_2/d_1</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>2,5</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>0,3</td> <td>0,6</td> <td>0,7</td> <td>1</td> </tr> </table>	d_2/d_1	1,5	2	2,5	10	ζ	0,3	0,6	0,7	1
d_2/d_1	1,5	2	2,5	10							
ζ	0,3	0,6	0,7	1							
	<p>skyndileg þvermáts minkun</p> <table border="1"> <tr> <td>d_2/d_1</td> <td>1</td> <td>0,8</td> <td>0,6</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>ζ</td> <td>0</td> <td>0,2</td> <td>0,3</td> <td>0,4</td> </tr> </table>	d_2/d_1	1	0,8	0,6	0,4	ζ	0	0,2	0,3	0,4
d_2/d_1	1	0,8	0,6	0,4							
ζ	0	0,2	0,3	0,4							
	<p>einstreymislóki - fullopin</p> <p>hlemmur $\zeta \approx 1-0,4$ Nákvæm gildi frá hverjum framleiðanda fyrir sig.</p> <p>kúla $\zeta \approx 2-0,5$</p>										
	<p>lökur - fullopin</p> <p>rennilökar $\zeta \approx 0,2$ Nákvæm gildi frá hverjum framleiðanda fyrir sig.</p> <p>spjald $\zeta \approx 0,2$</p> <p>kúlulökar $\zeta \approx 0,1$</p> <p>dreifir</p>										
	<p>$\zeta = \zeta' \left[1 - \left(\frac{d_1}{d_2} \right)^2 \right]$</p> <table border="1"> <tr> <td>ϕ</td> <td>0°</td> <td>15°</td> <td>30°</td> <td>45°</td> </tr> <tr> <td>ζ'</td> <td>0</td> <td>0,2</td> <td>0,7</td> <td>1</td> </tr> </table>	ϕ	0°	15°	30°	45°	ζ'	0	0,2	0,7	1
ϕ	0°	15°	30°	45°							
ζ'	0	0,2	0,7	1							
	<p>90° beygja</p> <p>$r > 4d \quad \zeta \approx 0,2$</p> <p>$r = d \quad \zeta \approx 0,4$</p> <p>180° beygja $\zeta \approx 2 \times 90^\circ$</p>										
	<p>beittir kantar $\zeta \approx 0,5$</p> <p>rúnaðir kantar $\zeta \approx 0,25$</p>										
	<p>inntak dysa $\zeta \approx 0,05$</p> <p>inntak trékt $\zeta \approx 0,2$</p> <p>inntak rör $\zeta \approx 1,5$</p>										
	<p>T-stykki</p> <p>$\zeta \approx 0,1$ gegnumstreymi</p> <p>$\zeta \approx 0,9$ streymi sem beygjur</p>										
	<p>T-stykki - straumar sameinast</p> <p>$\zeta \approx 0,4$ gegnumstreymi</p> <p>$\zeta \approx 0,2$ streymi sem beygjur</p>										

5
sgna fittings.

Mynd 5.1
Z-gildi w

5.1.7. Snúningshraði dælu.

Dælar eru yfirleitt annað hvort með 1450 eða 2900 sn/mín mótorum. Við sérstakar aðstæður þar sem forðast verður hávaða eru notaðir 960 sn mótorar sem eru hins vegar mjög dýrir. Hvor gerð um sig 1450 eða 2900 sn/mín hefur kosti og ókosti, og fer það eftir aðstæðum hvor snúningshraðinn er valinn. 1450 snúninga mótorar eru hljóðlátari og endingarbetri en 2900 snúninga eru yfirleitt minni og ódýrari. Hærrí snúningshraði þýðir minni dæla fyrir sama magn og þrýsting en hins vegar meiri hávaði.

5.1.8. Fyrirbyggjandi viðhald og eftirlit.

Dælar sem rétt er frá gengið og dæla einungis hreinu köldu vatni endast yfirleitt mjög lengi. Öll óhreinindi í vatninu og aðskotahlutir stytta hins vegar líftíma dælnnar. Mikilvægt er að fylgjast reglulega með dælum og þreifa hitastig á legum og mótör og ef hægt er, að mæla og skrá titring í legum reglulega. Verði marktæk auking á titringi þarf að huga að upptekt á legum. Önnur ágæt aðferð er að skipta um legur með föstu árabili þegar reynsla er komin á endingartíma þeirra. Þegar dælar eru settar saman er mikilvægt að afstaða mótors og dælu sé rétt og er mælt með því að fengnir séu til þess vélfræðingar eða aðrir vanir menn með tilheyrandi tæki og tól til að stilla saman öxlana. Ef ekki er rétt staðið að uppsetningunni og skekkja er í afstöðunni minnkar líftíminn mjög verulega.

Áspéttingar dæla þurfa einnig viðhald og endurnýjun. Það skiptir máli hvaða gerðir áspéttinga eru notaðar og ber að varast að nota þéttingar sem geta gefið frá sér olúsmit í neysluvatnið. Ef smyrja þarf einhvern hluta dælnnar er af sömu ástæðu varhugavert að nota venjulega smurolíu eða koppafeiti. Hjá Vatnsveitu Reykjavíkur er notuð matarolíu og pálmaolíu til smurnings þegar þess þarf. "Mekanískir áspéttar" eru of dýr kostur fyrir vatnsveitur og hjá Vatnsveitu Reykjavíkur eru nú í flestum tilfellum notaðar graffit pakkningar til áspéttingar og hafa þær gefist mjög vel.

5.1.9. Rakavarnir á rörakerfum - Loftþurrkarar

Eitt af þeim vandamálum sem algeng eru í dælustöðvum og lokahúsum er daggarmyndum á köldum flötum lagnakerfisins. Þessi daggarmyndun leiðir til þess að rörin eru alltaf rök, vatnsgelgur er á gólfum og öll þrif verða mjög erfið. Það að lagnakerfin eru stöðugt rök verður einnig til þess að ryðmyndun er hröð og er erfið að verjast því. Þegar allt er svo orðið vaðandi í vatni og ryði þá leiðir það til þess að síður verður vart við alvarlegar bilanir í tíma og fyrirbyggjandi viðhaldi verður síður við komið. Þessi vatns og ryðmyndun setur einnig mjög leiðinlegan svip á húsakynnin og er ekki góð auglýsing fyrir veituna. Sérstaklega eru illa þrifnir ryðgaðir lagnastaðir þar sem allt er vaðandi í vatni slæm auglýsing fyrir fyrirtæki sem vilja láta líta á sig sem matvælafyrirtæki.

Orsökinn fyrir því að það daggar á rörin er að næst rorunum verður staðbundið loftslag þar sem hitastigið er það sama og á yfirborði röranna. Hins vegar er herbergishitinn gjarnan nokkrum gráðum hærri. Góð loftræsting hjálpar ekki þar sem útihiti og rakastig er stóran hluta ársins þannig að útiloft daggar á köldum rörum. Það hjálpar heldur ekki að hækka hitastigið í rýminu því það hvort vatn fellur út á kaldan flöt er ekki háð rakastigi loftsins heldur einungis vatnsinnihaldi þess, kg vatn/kg loft. Með upphitun er rakastigi loftsins breytt en ekki vatnsinnihaldinu. Raunar getur upphitun aukið vatnsinnihald loftsins þar sem rakajafnvægi við umhverfið verður annað (vatn kemur í gegn um vegg, úr vöskum, salernum, og niðurföllum en ekki bara utanfrá) þannig að vatnsinnihaldið getur hækkað þrátt fyrir það að rakastigið lækki. Rakastig er hlutfall milli vatnsinnihalds loftsins og þess hversu mikið loftið getur borið við metnun. Heitt loft getur borið meira vatn en kalt loft þar af leiðir að rakastigið

lækkar við upphitun þar sem burðargetan verður meiri. Aðalatriðið er að gera sér grein fyrir því að það er vatnsinnihald loftsins sem ræður því hvort fellur á flötinn en ekki rakastig þess.

Daggarmark lofts er það hitastig sem loftið er metnað af raka við. Sé loftmassi kældur niður fyrir daggarmark sitt þá byrjaði að falla úr honum vatn (rigna). Daggarmark lofts má finna á svokölluðum loft-raka línuritum, sem oft eru kölluð Mollier-línurit. Ef yfirborðshiti röranna er lægri en daggarmark loftmassans umhverfis þau þá fellur út raki á rörin en annars ekki. Hvernig daggarmark er fundið má sjá í kafla 5.1.10.5.

Til að verjast rakamyndun á rörakerfinu eru tveir möguleikar, annars vegar að hækka yfirborðshitastig röranna og hins vegar að lækka daggarmark loftsins.

Til að hækka yfirborðshita röranna eru þekktar tvær aðferðir, einangrun á rörunum og að blása heitu lofti yfir rörin. Til að lækka daggarmarkið er einungis ein aðferð, að fjarlægja vatn úr loftinu.

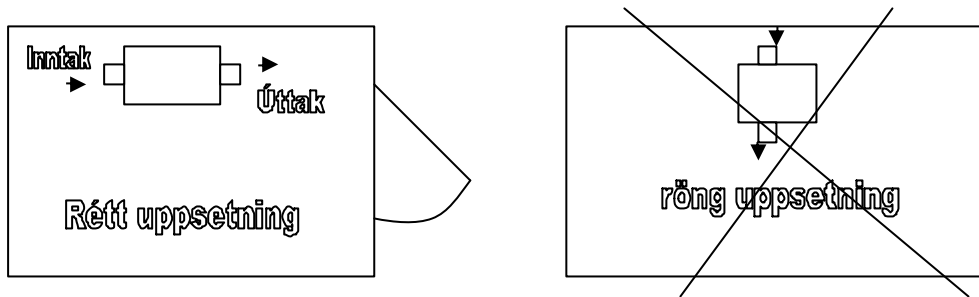
Kostir og ókostir aðferðanna:

	Loftþurrkun	Einangrun
Kostir	Mjög örugg lítill stofnkostnaður fljótlegt	Lítill rekstrarkostnaður þarf ekki rafmagn hávaðalaust í rekstri
Ókostir	Hávaði í tækjum þarf rafmagn rekstrarkostnaður nokkur	Mjög hár stofnkostnaður Ekki mjög öruggt Viðkvæmt fyrir áverkum Felur ryðmyndun

5.1.9.1. Lækkun rakainnihalds.

Þegar ætlunin er að lækka rakainnihald eru til þess notaðir loftþurrkarar. Loftþurrkarar fjarlægja vatn úr loftinu og eru tvær megináðferðir notaðar til þess. Annars vegar er vatn látið falla út á kaldan flöt og hins vegar vatn tekið upp í kristalla. Betur er fjallað um mismunandi gerðir loftþurrkara hér á eftir. Þegar loftþurrkarar eru notaðir er nauðsynlegt að halda loftskiptum í lágmarki. Ein helsta leið raka inn í rými er með röku útilofti. Einnig þarf að gæta þess að ekki séu pollar á gólfum eða rennandi vatn í rýminu.

Ein meginforsenda þess að loftþurrkun skili árangri er að meðhöndlað sé allt loft í rýminu. Því þarf að leggja inntak og úttak frá loftþurrkunartæki þannig að allt loftið sé meðhöndlað. Þegar inntaksstaðir eru valdir fyrir loftþurrkara verður að hafa í huga að **rakt loft er léttara en þurrt** og því er best að hafa inntak loftþurrkarans nálægt lofti rýmisins. Margir eiga erfitt með að setta sig við að rakt loft sé léttara en þurrt en það á sér eðlilega skýringu. Mólmassi þurrs lofts er u.þ.b. 29 meðan mólmassi vatns er 18. Því er loft sem blandað er vatnsgufu með lægri mólmassa en þurrt loft og þar af leiðir með lægri eðlilspýngd. Úttakið þarf svo að staðsetja þannig að líklegt sé að allt loftið komist í snertingu við þurra loftið. Í litlu rými, 20 til 30 m² er oftast óþarfi að hafa langar lagnir að og frá þurrkurunum, heldur eru þeir settir upp á vegg og látnir snúa þannig að loftstreymið í gegn um þá myndi hringstreymi í herberginu. (sjá mynd 5.16)



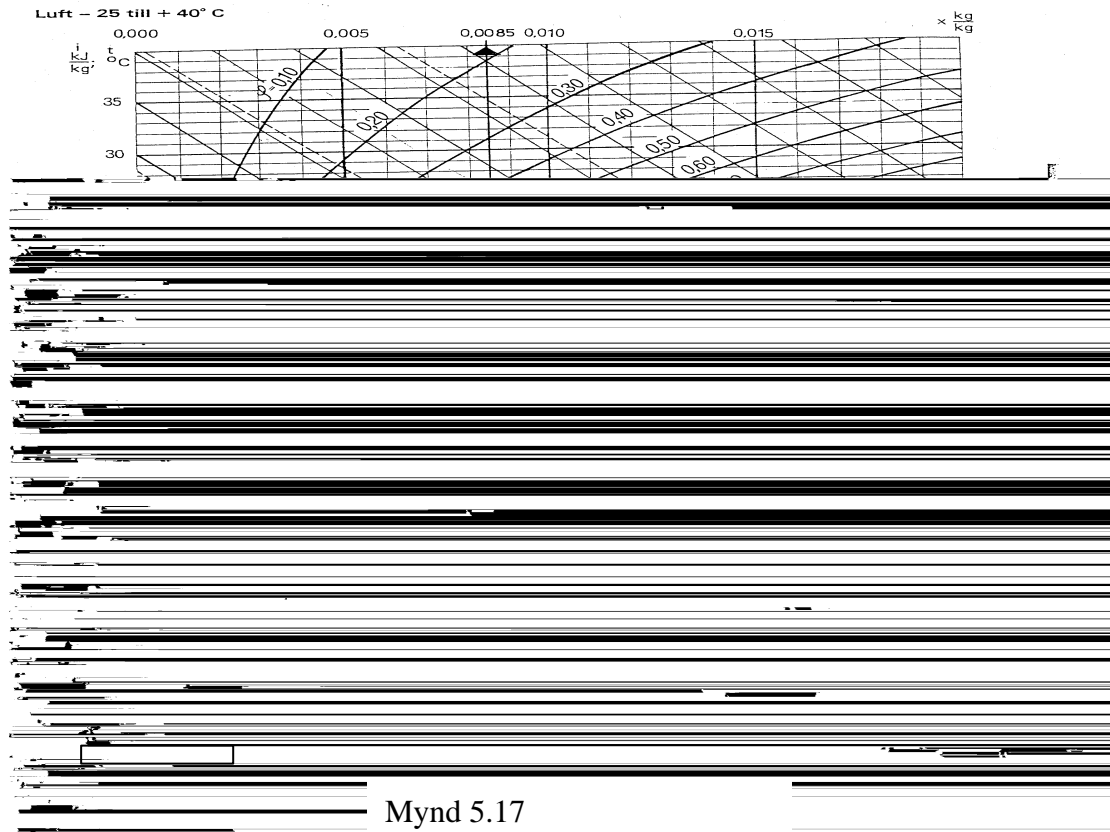
Mynd 5.16 Uppsetning loftþurrkara í litlum rýmum.

Einstaka sinnum gerist það að ekki er hægt að takmarka loftskipti í rými vegna mikillar umferðar eða gerð húsnæðis. Þegar svo háttar til verður að leggja loftstokka þannig að þurra loftinu sé blásið yfir rörin og með því skapaðar staðbundnar aðstæður næst rörinum með þurrara lofti. Þessi aðferð getur einnig hentað þegar rörakerfið er í mjög stóru rými en tiltölulega lítill hluti rýmisins er notaður fyrir rörakerfið.

5.1.9.2. Stýring loftþurrkunar

Loftþurrkarar koma yfirleitt með einhverri stýringu, oftast með rakastigsstýringu og einstaka sinnum með daggarmarksstýringu. Æskilegast er að stýra eftir daggarmarki, þ.e. að hætta að þurka loftið þegar vatnsinnihald er komið niðurfyrir það sem fellur út á rörinum. Hingað til hafa daggarmarksstýringar verið sjaldséðar, dýrar og óáreiðanlegar svo að varla er hægt að mæla með því að menn bindi sig við þær. Þegar hitastig í herbergi sveiflast lítið, 4 til 5 gráður, nægir að nota rakastigsstýringu og stilla hana við það rakastig að ekki falli út á rörin við herra almenna hitastigið í herberginu. Sem dæmi má taka að ef hitastig rýmis fer sjaldan upp fyrir 10°C og sjaldan niðurfyrir 5°C og hitastig vatnsins er 4°C er upplagt að stilla rakastigsstillinguna þannig að loftþurrkarinn haldi loftinu innan við 65%. Þetta er ákveðið þannig að farið er inn á línuritið á mynd 5.17 og fundinn skurðpunktur 4 gráða hita og 100% raka. frá þeim skurðpunkti er svo haldið lóðrétt upp eftir vatnsinnihaldslínum upp að 10 °C línunni. Sá skurðpunktur segir til um æskilegt hámarks vatnsinnihald við 10 °C sem er þegar loftrakin er 65%. Rakastigsstillinguna má þá stilla á 65% sem tryggir að ekki falli út á rörinum fyrir en herbergishitinn fer upp fyrir 10 °C.

Mollierdiagram för fuktig luft



5.1.9.3. Mismunandi gerðir af loftþurrkurum.

Af loftþurrkurum eru eins og áður segir tvær megingerðir. Annarsvegar þar sem þurrkað er með því að láta falla út vatn á kaldan flöt og hins vegar með því að taka rakann upp í rakadræga kristalla. Engar meginreglur eru til um hvor aðferðin er betri en yfirleitt hefur verið hagstæðara að nota kristallaþurrkun í stærri rýmum en kalda fleti í minni rýmum.

Þurrkarar sem nota kaldan flöt.

Þegar þessi aðferð er notuð þá er kaldri flöturinn fenginn með því að nota kælipressur. Í einstaka tilfellum væri hægt að nota kalt vatn en þar sem hitastig flatarins þarf að vera lægra en röranna sem verið er að vernda gengur það ekki í vatnsveitum. Þegar valdir eru þurrkarar þarf að gæta þess að kælipressurnar í þeim séu með vistvænan kælimiðil. Dæmigerður loftþurrkari með kæliáferðinni er sýndur á mynd 5.18. Gæta þarf þess að tæma reglulega safnlát vatnsins eða að leiða slöngu í niðurfall frá söfnunarstað.

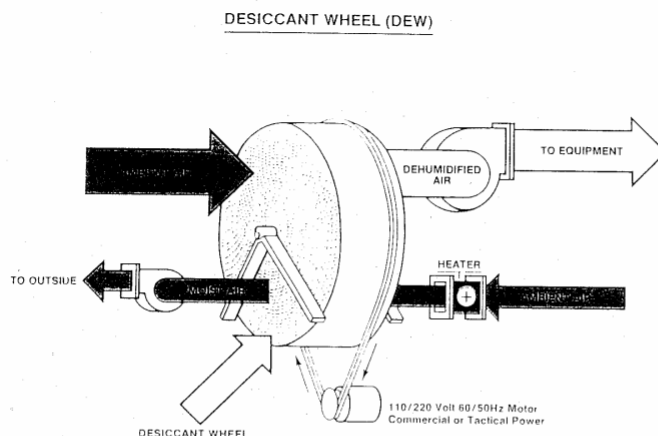
Þar sem hitastig flatarins er undir frostmarki safnast ís fyrir í þessum tækjum. Tækin þurfa því að vera búin búnaði til að afþíða kalda flötinn.



Algengasta og ódýrasta aðferðin til að gera það er að nota klukku sem slekkur reglulega á tækinu til að gefa ísnum tíma til að bráðna. Þessi aðferð gengur hins vegar ekki ef herbergishitinn er mjög lágur, eins og hann er oft hjá vatnsveitum. Hjá Vatnsveitu Reykjavíkur er sú þumalfingursreglu að nota helst ekki klukkuafþíðingu í rými sem er almennt kaldara en 8 °C. Þegar svo háttar til að ekki er hægt að nota klukku er tvennt til. Annars vegar að það sé hitaþráður með kæliflötum sem bræði ísinn af þegar klukkan drepur á tækinu og hins vegar að hægt sé að snúa við þétti og uppgufara meðan afþíðingin fer fram. Síðari aðferðin hefur gefist mjög vel hjá Vatnsveitu Reykjavíkur.

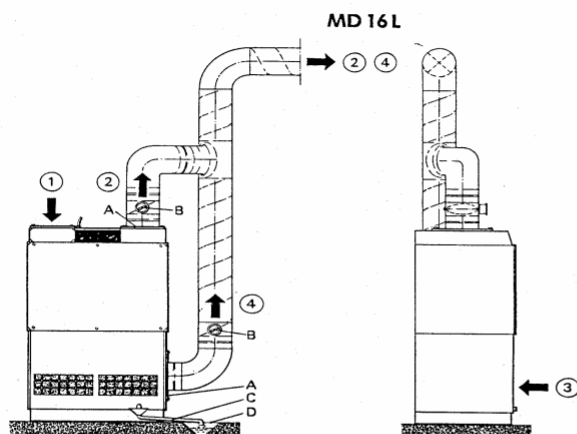
Purrkarar sem nota kristalla.

Á mynd 5.19 má sjá hvernig þessir loftþurrkarar vinna. Herbergisloftið er tekið og því blásið í gegnum síu þar sem yfirborðið er þakið rakadrægum kristöllum. Kristallanir draga í sig rakan og þurrt loft kemur út úr síunni. Mikilvægt er að leggja loftstokka að og/eða frá loftþurrkaranum þannig að hann þurrki ekki einungis lítinn hluta af loftinu næst sér. Sían sem loftið fer í gegnum er hjól sem snýst og eru rakafylltir kristallar settir stöðugt inn í sér hólfi þar sem heitu lofti er blásið yfir þá. Við það er vatnið rekið úr þeim aftur og þeir eru tilbúnir í aðra umferð í þurrkhlutanum. Heita loftið sem tekur við vatninu úr kristöllum verður svo að meðhöndla sérstaklega. Tvær leiðir eru færar til að losna við raka loftið, annað hvort að leiða heita raka loftið út úr rýminu sem verið er að þurrka eða að kæla loftið niður með herbergisloftinu og hita það svo aftur. Ef valin er sú leið að leiða heita raka loftið út úr herberginu er spurning hvort ekki eigi að leiða sérstaklega inn loft til að hita upp í þessu skyni til að halda loftskiptum í lágmarki. Fyrir vatnsveitumannvirki þar sem á að nota kristaltæki er yfirleitt hægt að mæla með að nota hringrásarkerfi þar sem vatnið er numið úr heita raka loftinu með kælingu sem framkvæmd er með innloftinu. Á mynd 5.19 má sjá dæmigerðan kristalsþurrkara með hringrásakerfi.



Mynd 5.19
Loftþurrkari sem notar kristalla.

Á mynd 5.20 má sjá hvernig herbergisloftið er tekið beint inn í þurrkaran en svo leitt í stokk frá þurrkaranum. Loft-loft varmaskiptirinn er svo í neðri partinum og er herbergisloft tekið í varmaskiptin til kælingar á heita raka loftinu en er svo leitt saman við þurra loftið frá þurrkaranum. Bæði þurrkunin og endurvinnslan hafa hitað loftið þannig að vatnsburðargeta þess hefur aukist og þurrkar það því vel fleti sem því er blásið yfir og virkar einnig til upphitunar í herberginu.



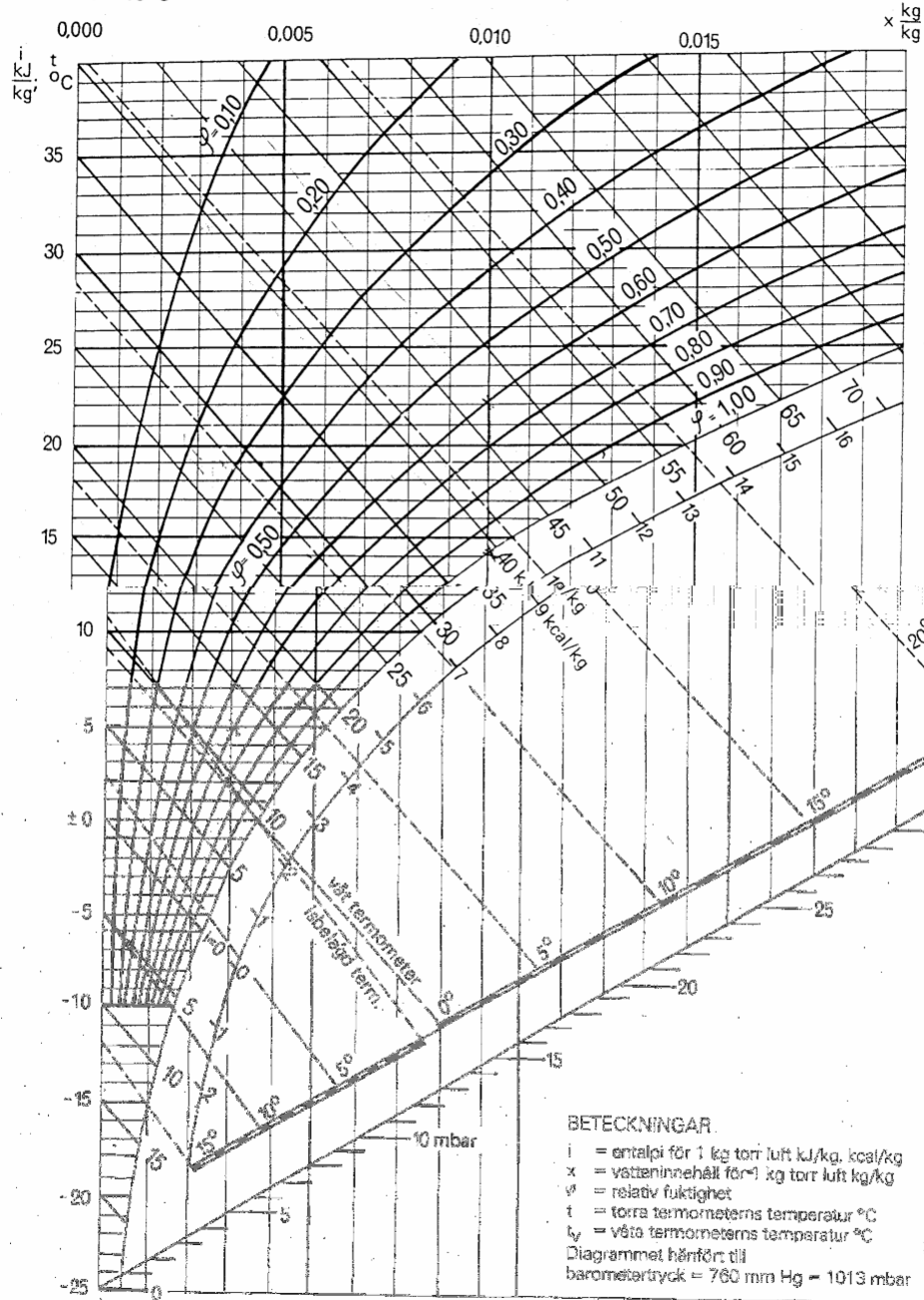
Mynd 5.20
 Krystallþurrkari með loft-loft
 kælingu til þéttingar á heitu
 raku lofti.

5.1.9.4. Notkun einangrunar til að verjast rakamyndun á rörakerfum.

Kostir einangrunar við að verjast rakamyndun á rörakerfum er að það er lítil rekstar-kostnaður við hana, eftir að hún hefur verið sett á dugar hún mjög lengi nema hún hafi orðið fyrir hnjaski. Stofnkostnaður við einangrunina er hins vegar mjög mikill og erfitt er að tryggja að allir hlutar rörakerfisins séu vel einangraðir. Til eru tvær aðferðir til að nota einangrun í þessum tilgangi. Annars vegar einangrun sem er í fullkomlega raka-þéttri kápu og hins vegar einangrun sem hefur rakdræg lög sem sjá um að flytja rakann undan einangruninni í jafnvægisástand við herbergið í hærra hitastigi. Óhætt er að fullyrða að nánast óhugsandi er að ná fullkomlega rakapéttri einangrun sem ekki hleypir raka í gegn um sig. Minnsta gat orsakar það að "diffusion" kraftar fara á stað og raki síast smám saman inn í einangrunina og þéttist á rörunum. Þannig getur einangrunin smám saman farið að fela raka og tæringu og jafnvel gert illt verra. Sérstaklega er erfitt að ganga frá samsetningum og lokum og öðrum flóknum stykkjum með einangrun þannig að vel sé. Eina einangrunin sem er nokkurnvegin örugg í þessu skyni er einangrun sem hrindir frá sér vatni og er algjörlega límd við flötin eins og til dæmis bikmottur. Engin verulega góð einangrun hefur hins vegar komið fram sem hefur þennan kost.

Mollierdiagram för fuktig luft

Luft – 25 till + 40° C



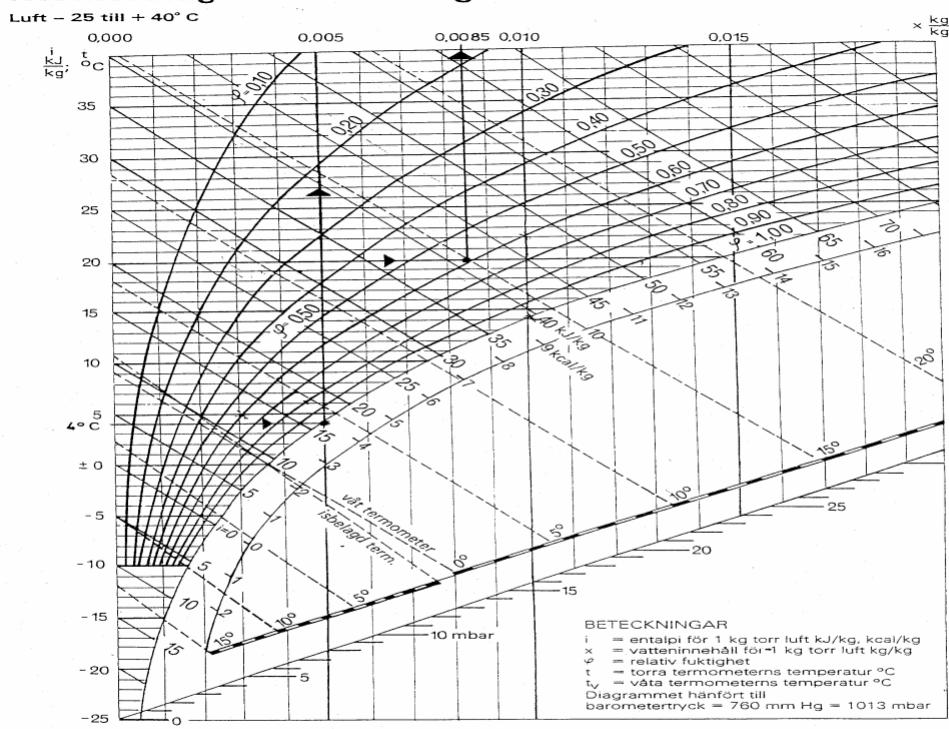
Mynd 5.22 Mollierlífurit fyrir rakt loft

Nýlega kom fram á sjónarsviðið einangrunarkerfi sem hefur rakadræga filmu næst kalda fletinum sem einangra á. Rakadræga filmann er svo með “glugga” út til umhverfisins fyrir utan einangrunina þar sem vatnið gufar upp. Hárpípukraftar sjá svo um að flytja rakann eftir rakadræga laginu út fyrir einangrunina. Þessi aðferð hentar vel þar sem einangra þarf hvort eð er vegna hitastigs herbergisins, eða þar sem rörakerfið er inni í vinnurými því loftþurrkun getur virkað illa á loftgæði í sumum

tilvikum og þar sem loftskipti eru það tíð að illmögulegt er að beita loftþurrkun. Þess þarf þó að gæta að einangra eða a.m.k. setja rakadræga lagið á alla fleti sem eru kaldir svo ekki myndist rakir blettir á flötunum.

Dæmi: Ef vatnið í rörakerfinu er 4 °C og ætlunin er að setja upp þurrkerfi er farið að á eftirfarandi hátt. Sjá mynd 5.23. Farið er inn á Y-ásinn við 4 gráður og þaðan haldið lárétt til hægri þar til línan skerst við 100% rakastigskúrvuna. Þaðan er haldið lóðrétt upp á X-ásinn og þá sjáum við að hámarks vatnsinnihald í loftinu er 0,005 kg vatn/kg loft. Allt loft sem er vinstra megin við þess línu er þá í lagi en allt loft sem er hægra megin þarf að þurrka. Ef herbergisloftið er t.d. 20 gráðu heitt og 60% rakt þá er farið inn á 20 °C línuna og farið til hægri þar til 60% rakalínan er skorin (sjá mynd 5.23). Við sjáum að þessi punktur er hægra megin við áður dregna línu úr 4°C í rörakerfinu upp í 0,005 kr/kg og þarf því að þurrka loftið. Til að finna hversu mikið þarf að þurrka loftið förum við lóðrétt upp á X-ásinn og finnum skurðpunktinn við hann. Þá sjáum við að vatnsinnihald herbergisloftsins er 0,0085 kgvatn/kgloft. Leyfilegt var 0,005 til að ekki félli út á rörin. Því þarf að fjarlægja (0,0085-0,005) =0,0035 kgvatn/kgloft úr loftinu til að það sé í lagi. Sem þumalfingursreglu er hægt að nota að í 1 m³ lofts sé 1,2 kg. Því þarf að fjarlægja úr hverjum m³ lofts 0,0035/1,2=0,003 kg vatn/m³ loft. Ef inn í rýmið streymir 2000 m³ af lofti með þessa eiginleika á sólarhring þarf loftþurrkarinn að afkasta 2000*0,003 =6 kg af vatni á sólarhring. Það þarf að gæta að því að loftþurrkarinn er að vinna við það hitastig sem er í rörarýminu þó svo að loftið að utan hafi aðra eiginleika og því þarf hann að afkasta þessum 6 kg í hitastigi sem er 10 gráður og rakastigi sem er max 65% (svo ekki falli á) ef við gefum okkur að hitastig rýmisins sé 10 gráður.

Mollierdiagram för fuktig luft



Mynd 5.23 Dæmi um notkun á Mollierlínuriti.

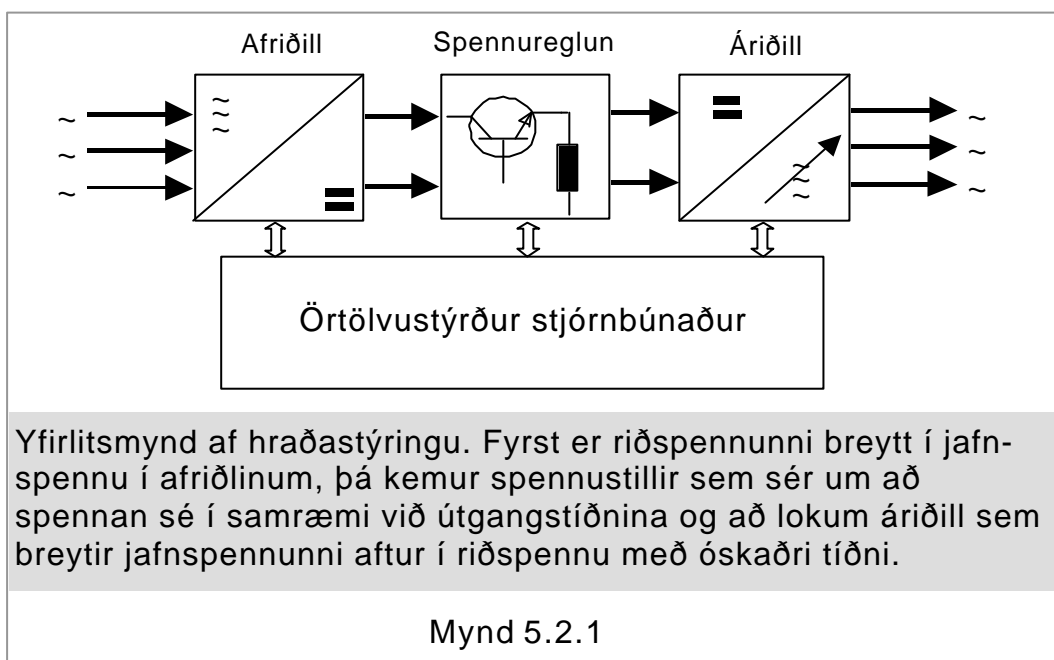
5.2. Hraðastýringar

Hraðastýringar (öðru nafni “tíðnibreytar”) hafa verið á markaðnum í yfir 30 ár. Miklar framfarir síðasta áratugar í hálfleiðaratækni hafa skilað sér í búnaði með lægri bilanatíðni, hærri nýtni, minni fyrirferð og lægra verði. Hraðastýringar koma því til skoðunar til lausnar á sífellt fleiri verkefnum í nútíma stjórnkerfum ekki síst í vatnsveitukerfum.

Tæknileg lýsing

Hraðastýring er í rauninni töluvert flókið tæki. Ástæðan er meðal annars sú að til að stjórna snúningshraða rafmótors er ekki nóg að umbreyta netspennunni í riðspennu með breytilegri tíðni heldur verður spennan að breytast líka í takt við tíðnina. Meginreglan er línulegt samhengi tíðni og spennu en við gangsetningu og við mjög lágan snúning er spennan hlutfallslega hærri.

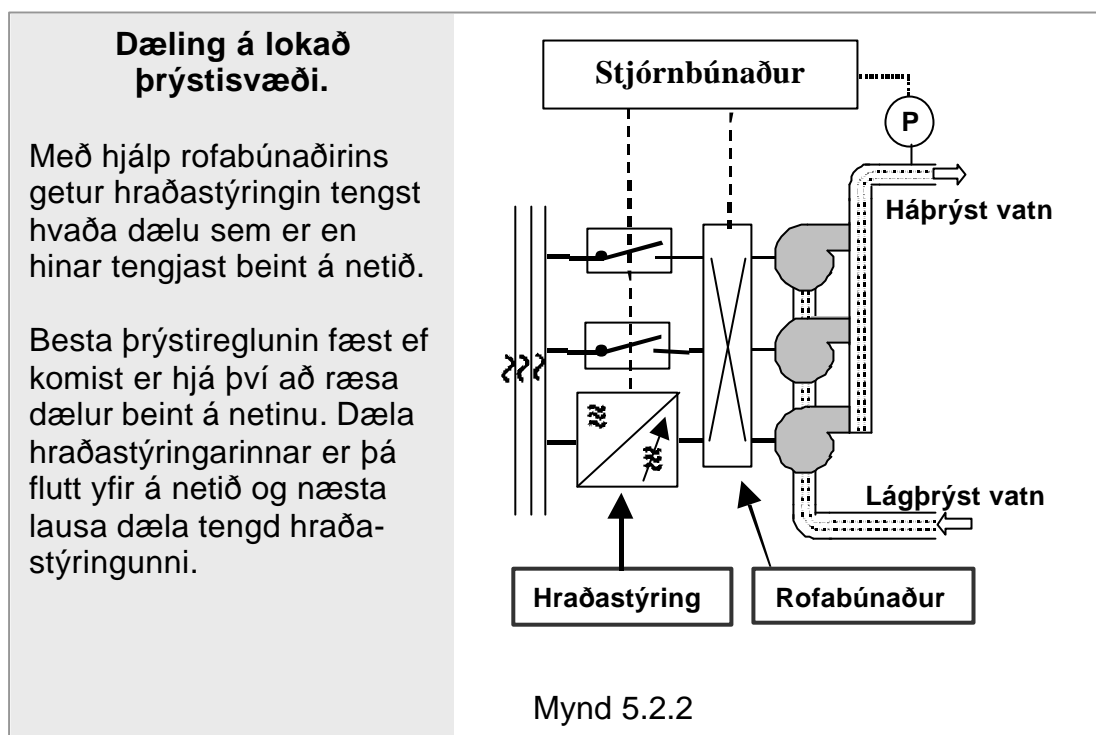
Nútíma hraðastýring er byggð upp af örtölvustýrði stjórneiningu sem sér um alla innri stjórnun ásamt samskiptum við notandann. Þau samskipti fara oftast fram um sérstakan stjórnskjá og hnappaborð á stýringunni en yfirleitt er líka boðið upp á fjarstýringu frá stjórn tölvu. Margar hraðastýringar eru að auki með innbyggðum regli sem gerir kleift að láta þær annast einfaldar stýringar með lágmarks aukabúnaði.



Eins og sést á skýringarmynd 5.2.1 þá fer raforkan í gegn um nokkrar myndbreytingar á leið sinni í um hraðastýringuna og verður ekki hjá því komist að slíkt leiði af sér orkutap sem kemur fram sem hitamyndun í búnaðinum. Framleiðendur gefa upp að nýtni stýringa þeirra sé allt að 96% við fullan snúningshraða og hún falli lítið fyrir en fyrir neðan hálfan snúningshraða. Þar sem dæmigerðar vatnsdælur eru að mestu hættar að dæla við svo lágan snúningshraða má áætla að töp í hraðastýringu í vatnsveitukerfi séu á bilinu 5-10%. Þótt þetta séu ekki mikil töp þá er ljóst að til viðbótar upphafskostnaði við kaup og uppsetningu hraðastýringar þá kostar líka að reka hana. Dæla knúin af hraðastýringu verður aldrei eins örugg í rekstri og nettengd dæla þótt þar hafið orðið mikil breyting á seinni árin. Að auki getur hraðastýring sent frá sér staðbundnar rafmagnstruflunir sem geta haft áhrif á viðkvæm mæli- og stjórn tæki. Það þurfa því að vera gild rök fyrir þeirri ákvörðun að setja upp hraðastýringu.

Það er ekki hægt að koma með einfalda reglu um hvenær hraðastýring á rétt á sér heldur verður að skoða hvert tilfelli sérstaklega. Hér á eftir er stillt upp nokkrum dæmum þar sem hraðastýring hentar vel.

Hraðastýring hentar vel til að halda uppi jöfnum þrýstingi á lokað þrýstisvæði. Fljótt á litið væri einfaldast að hafa eina stóra dælu og hraðastýringu stýrða af útþrýstingi en slík lausn er oft ekki ásættanleg. Í fyrsta lagi er rekstraröryggi ábótavant þar sem bilun í hraðastýringu eða í dælu myndi valda rekstrarstöðvun. Í öðru lagi er hætt við að rekstur verði óhagkvæmur þar sem afköst búnaðarins verða að miðast við hámarks álag á dælusvæðinu en mestan hluta sólarhringsins er álagið minna en helmingur þess.



Ein lausn á þessu er að fjölga dælunum og þá jafnframt hafa þær afkastaminni. Hraðastýringin tengist þá einni dælunni en hinar eru tengdar beint á netið eftir þörfum. Stjórnþúnaðurinn vinnur þannig að sé hraðastýringin komin á fullt en nái samt ekki að halda uppi þrýstingi er viðbótardæla sett inn. Ef hinsvegar hraðastýringin er komin í hægagang og þrýstingur samt of hár er dælu slegið út.

Þessari uppsetningu fylgir sú hættu að sé notkunin um lengri tíma á afkastamörkum tveggja dæla eru þær sífellt að slá út og inn, nokkuð sem veldur stórlega auknu álagi á allan búnað og að auki verða alltaf til einhverjar þrýstingstruflanir við hverja skiptingu.

Þá þarf einnig að hugsa fyrir því að jafna álaginu á milli dæla þannig að sama dælan sé ekki alltaf tengd hraðastýringunni. Að lokum þarf helst að tryggja að allar dælu fari í gang t.d. einu sinni á sólarhring bæði til að vatnið í þeim spillist ekki og til að halda þeim í góðu lagi. Öll þessi atriði útheimta nokkuð flókna stýringu sem best verður útfærð með iðntölvu.

Við vissar aðstæður er hraðastýring nauðsynleg við dælingu úr borholu. Sé yfir borðsvatn í grennd við holuna og fari vatnsborð hennar niður fyrir vatnsborð tjarnarinnar vegna niðurdráttar er hættu á megnun vatnsbólans. Hraðastýrð dæla og stjórnþúnaður sem mælir

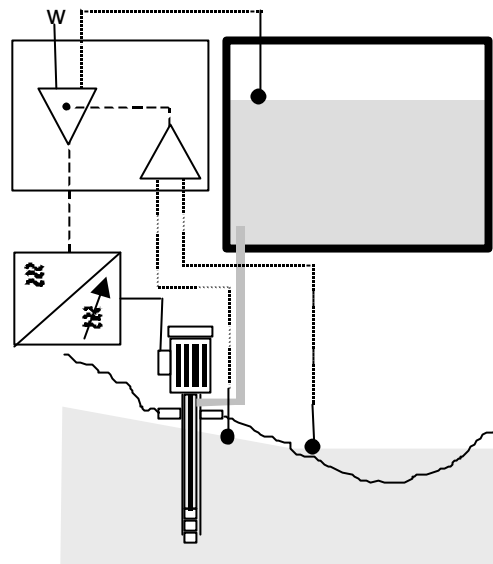
vatnsborð tjarnarinnar og ber það saman við vatnsborðið í holunni kemur í veg fyrir þessa hættu.

Sé hættu á að vatnsborð holu fari niður fyrir þau mörk sem dælan leyfir, t.d. vegna þurrka, þarf að vera búnaður á henni sem stöðvar hana eða dregur úr dælingu við þær aðstæður. Með hraðastýringu og stjórnbúnaði eins og á mynd 5.2.3 hér að ofan er hægt að nýta holuna að fullu án þess að hætta á að skemma dæluna.

Dæling úr borholu í nálægð yfirborðsvatns

Staða vatnsborðs tjarnarinnar er mæld og hún borin saman við mælingu á vatnsborði mitt á milli tjarnar og borholu.

Á meðan tjörnin er lægri stýrist dælingin af innstilltu óskgildi (w) og vatnsborði tanksins en annars dregur stjórnbúnaðurinn úr dælingu eða stöðvar hana.



Mynd 5.2.3

5.3. Stjórnþæki.

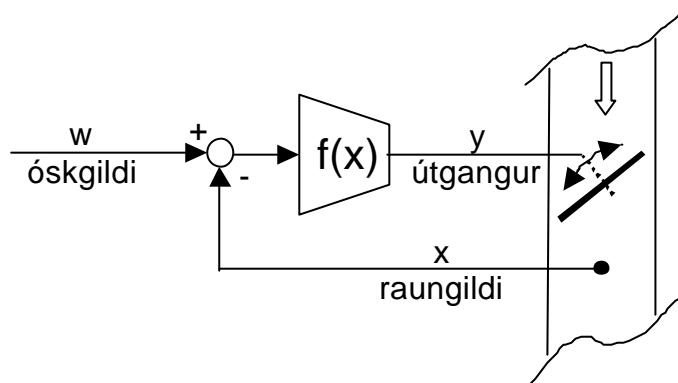
Í þessum kafla verður farið í gegn um helstu þætti stýringa í vatnsveitukerfi. Grunnþættir reglunar verða skýrðir og fjallað um hlutverk iðntölva í reglun og stýringum. Þá er fjallað um kerfiráðshugbúnað og nokkuð ítarlega um samskipti hans við útstöðvar.

5.3.1. Reglar

Reglun er nokkuð sem við verðum vitni að og erum þátttakendur í á hverjum degi. Sem dæmi erum við að framkvæma all flókna reglun þegar við skrúfum frá blöndunartækjunum við handþvott. Við mælum hitastig vatnsins með því að hafa aðra höndina undir bununni og notum hina til að stilla blöndunartækin þar til óska hitastiginu er náð.

Þetta er í grunnatriðum það sem öll reglun gengur út á, það að stilla **útmerkið** (stöðu blöndunartækjanna) þannig að **raungildið** (hitastig vatnsins) sé sem næst **óskgildinu**.

Þegar talað er um “**regli**” er ekki alltaf verið að tala um sama hlut. Reglir getur verið sjálfstætt rafeindatæki með hliðrænum inngangi til að mæla raungildið, með útgangi sem stjórnar t.d. mótorkloka og með hnappaborði til að slá inn óskgildið og önnur stilligildi. Að auki þarf slíkt tæki að hafa talnaglugga eða skjá til að sýna ástand reglunarinnar helst á myndrænan hátt. Kjarni flestra svona “sjálfstæðra regla” er lítil tölva sem er forrituð fyrir þetta sérstaka verk.



Grunnþættir reglunar:

Óskgildið (w) er borið saman við mældra raungildið (x), mismunur þeirra er meðhöndlaður stærðfræðilega (margfaldaður, tegraður, diffráður, ..) eftir því hvers eðlis reglunin er og útkoman stýrir svo útganginum (y) þannig að frávík raungildisins (x) frá óskgildinu (w) sé sem minnst.

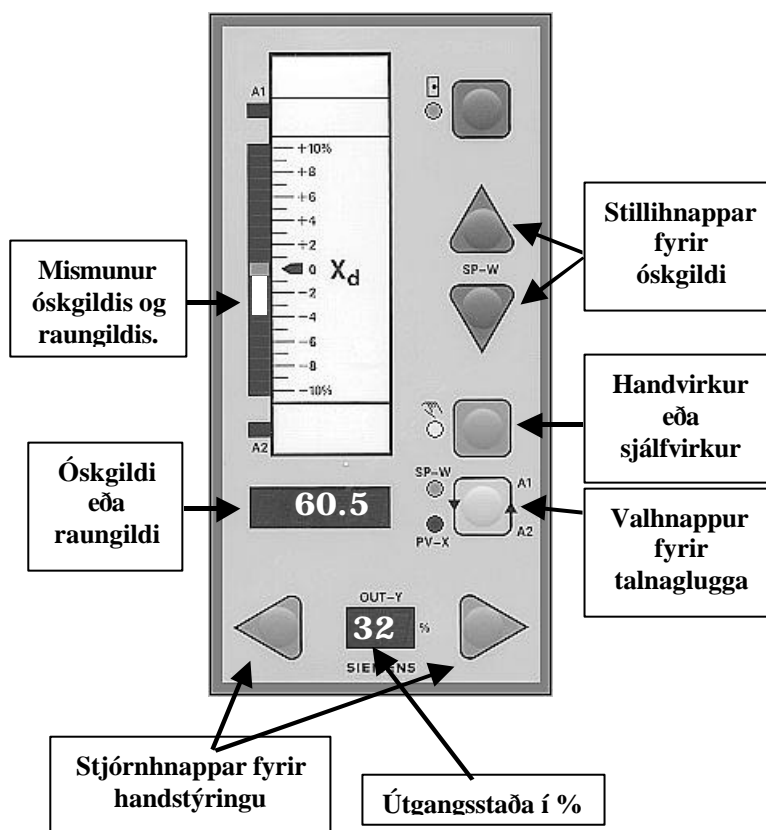
Mynd 5.3.1

Reglir getur líka verið hluti af iðntölvu (sjá kafla 7.4.23). Í iðntölvunni er þá tilbúið reglunarforrit og notandinn þarf aðeins að tengja raungildi og óskgildi við innganga iðntölvunnar og útmerkið við einhvern útgang hennar. Til að fylgjast með ástandi og breyta stilligildum slíks reglis þarf að hafa einhvern tölvubúnað á staðnum þannig að byrjunarkostnaður búnaðarins getur orðið nokkuð hár. Á móti kemur að hægt að er að hafa marga “regla” í einni iðntölvu og hún getur yfirleitt annast allar aðrar stýringar á svæðinu.

Hér er sýnd framhlið dæmigerðs reglis. Hann er með talnagugga til sýna raungildið eða innstillt óskgildi og ljósasúlu sem sýnir hlutfallslegt frávik raungildis frá óskgildi.

Þá er hann með stjórnhnappa til að breyta óskgildinu, hnapp sem skiptir milli sjálfvirs og handvirs háttar og hnappa til að stýra útgangi beint (t.d. stjórnloka) í handvirkum hætti.

Hvernig sem útfærsla reglisins annars er (vélbúnaður eða hugbúnaður) byggjast notendaskilin alltaf á þessum sömu grunnatriðum.



Mynd 5.3.2

5.3.2. Kerfiráður (Sjá einnig kafla 7.5)

Orðið kerfiráður er notað hér fyrir það sem á ensku er kallað “Supervisory Control And Data Acquisition” skammstafað “SCADA”. Kerfiráður samanstendur af hugbúnaði og vélbúnaði til eftirlits og stjórnunar á ferli eins og t.d. vatnsveitu eða hitaveitu.

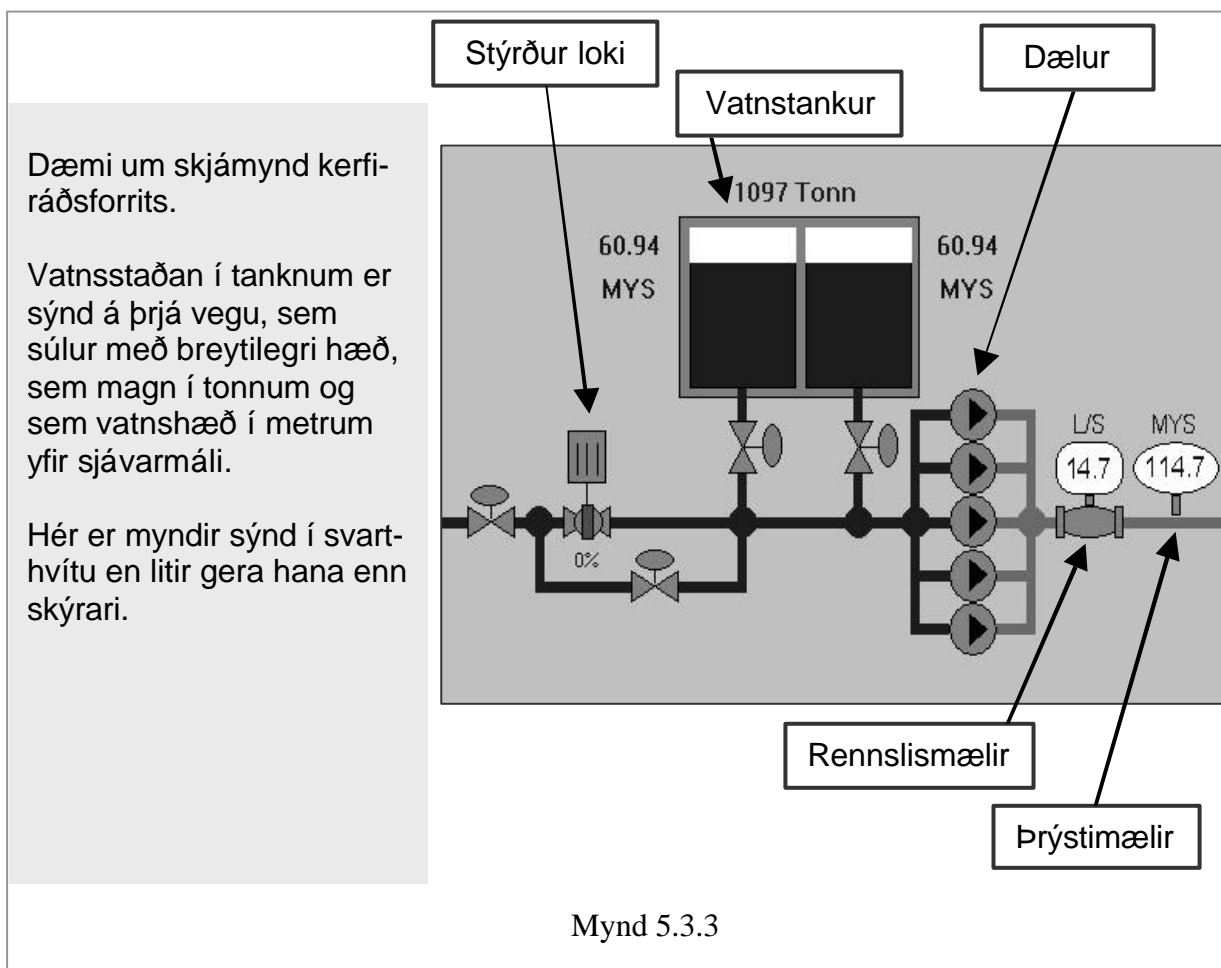
Meginhlutverk kerfiráðs eru:

- ? Að veita yfirsýn yfir dreift og/eða flókið kerfi.
- ? Gera kleift að framkvæma fjarstýringar.
- ? Fylgjast með og vara við fari mæligildi út fyrir leyfileg mörk.
- ? Safna gögnum um mæligildi og atburði.
- ? Sjálfvirk inngríp.

Vatnsveitur eru oftast víðfeðm kerfi og því mikið hagræði ef hægt er að fylgjast með öllum mæligildum frá einum tölvuskjá. Helstu mæligildi í vatnsveitukerfi eru vatnsrennsli og þrýstingur í æðfærsluæðum og vatnsborðsmæling í tönkum og borholum. Auk þess koma til margs konar önnur mæligildi og stöðuvísun svo sem rafmagnsnotkun, gangtími dæla, staða á mótorklokum, merki frá reykskynjurum, o.s.fr.

Dæmigerður kerfiráðshugbúnaður keyrir á PC-tölvu með Windows eða NT-stýrikerfi. Tengsl hugbúnaðarins við veitukerfið eru í gegnum útstöðvar sem tengjast tölvunni með þar til gerðum samskiptabúnaði, t.d. símalínu og tveimur módöldum eða þráðlaust með radióbúnaði. Hver mælistaður er svo tengdur inn í næstu útstöð, gjarnan með leigulínu ef um einhverjar fjarlægðir er að ræða. Það er svo háð aðstæðum hverju sinni hvort hagkvæmt er að fjölga útstöðvum og með því fækka og eða stytta þær símalínur sem þarf að leiga.

Til eru margar tegundir útstöðva allt frá einföldum mælibrettum til fullbúinna iðntölva. Sé þörf á stýringum á mælistað er rétt að velja iðntölvu sem annast þá bæði stýringar og mælingar. Samskipti milli útstöðvar og módurstöðvar fara fram á mismunandi “tungumáli”



eftir tegundum og er mikilvægt að velja búnað sem talar “tungumál” sem víða er notað. Það eykur líftíma búnaðirins og gefur meiri sveigjanleika í innkaupum.

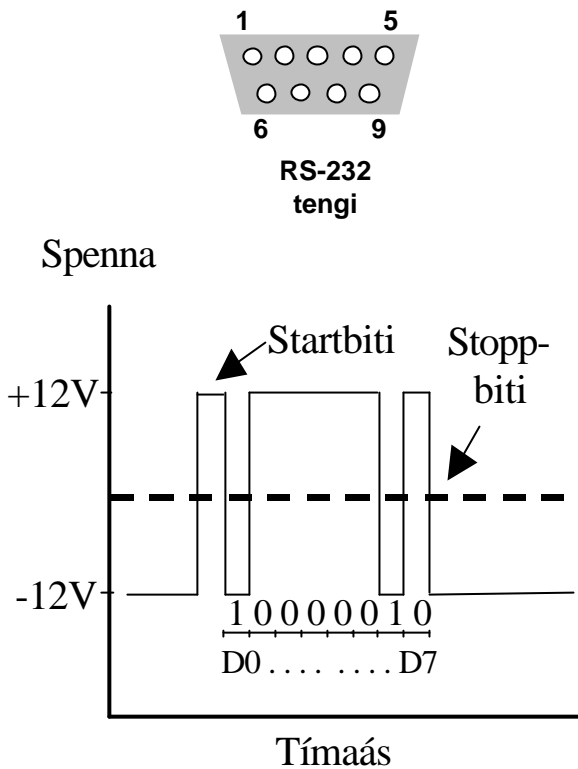
5.3.3. Samskiptabúnaður

Samskipti tölvu við útstöð fara oftast fram um svokallað raðtengi tölvunnar (í PC-tölvum kölluð COM1, COM2, .. o.s.fr) og samsvarandi tengi á útstöðinni. Verður hér á eftir greint nokkuð ítarlega frá eðli slíkra tenginga.

Hér er sýnd púlsaröðin á sendipinna RS232-raðtengis við sendingu bókstafsins 'A'. Hann er táknður með tölunni 65 sem samsvarar tvenndartölunni '01000001'.

Eins og sést eru auk gagna-bitanna átta sendur einn startbiti á undan og einn stoppbíti á eftir, alls 10 bitar.

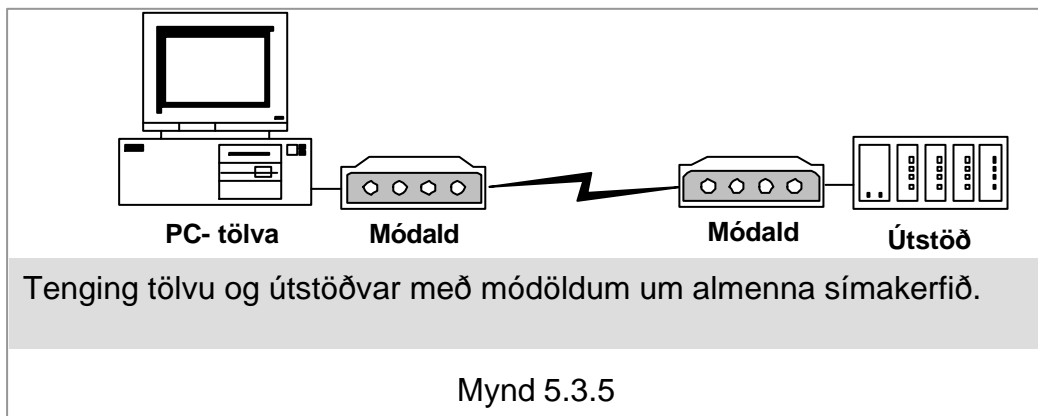
Þá sést að aftasti stafur tölvunnar er sendur fyrst og sá fremsti seinast og einnig að tölustafurinn '1' er táknður með -12V spennu og '0' með +12V spennu.



Mynd 5.3.4

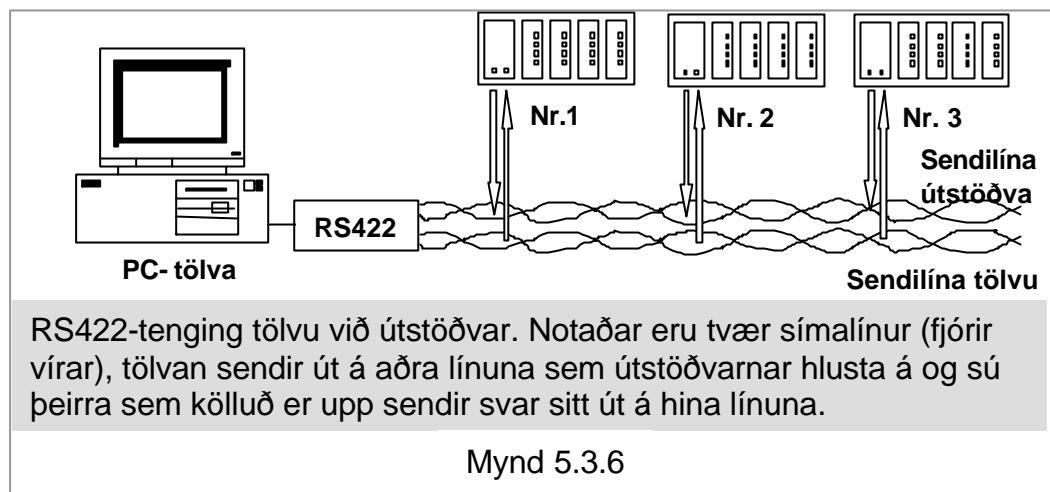
Í hverju raðtengi er einn tengipinni til að senda gögn um og annar til að taka við gögnum og tengjast þeir alltaf á víxl, þ.e. sendipinni tengist í móttökupinna á hinum endanum og öfugt. Í 9-pinna útgáfu af tenginu (það er líka til 25-pinna útgáfa) sem sýnt er á mynd 5.3.4 fer sending um pinna-3 (TX) og móttaka um pinna-2 (RX). Gögnin eru send sem röð spennupúlsa og sveiflast spennan á bilinu -12V til +12V miðað við pinna-5 (GND).

Á skýringarmynd 5.3.4 er sýnt hvernig bókstafurinn 'A' birtist þegar hann er sendur út um raðtengi tölvu. Samskiptahraðinn er gefinn upp í "bitum á sekúndu" og miðað við að 10 "bita"

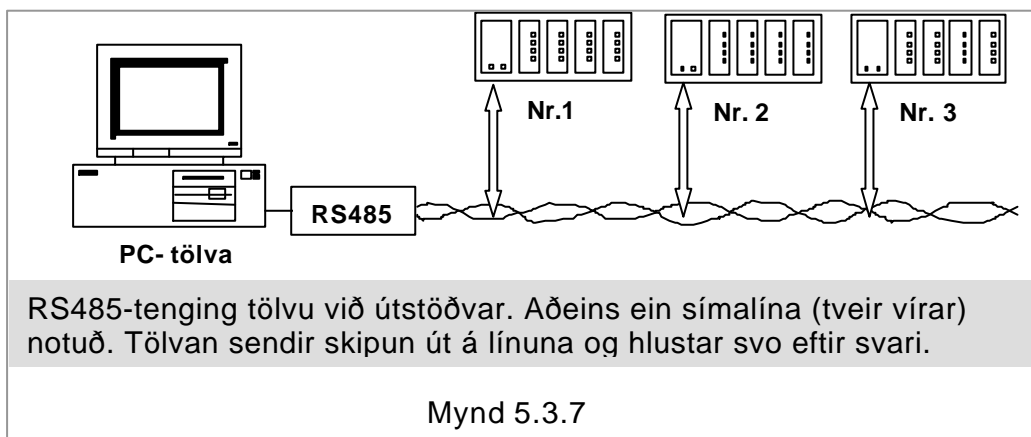


Mynd 5.3.5

þurfi fyrir hvert tákn samsvarar hraðinn 9600 BÁS því að hægt er mest að senda 960 tákn/sek. um línuna. Til að tölva og útstöð geti talað saman á þennan hátt verða bæði að vera stillt á sama samskiptahraða. Þessi sendistaðall er kallaður RS-232 og er líklega mest notaði staðall í tölvusamskiptum en er takmarkaður við fjarlægðir upp að 100 metrum við allra bestu aðstæður.

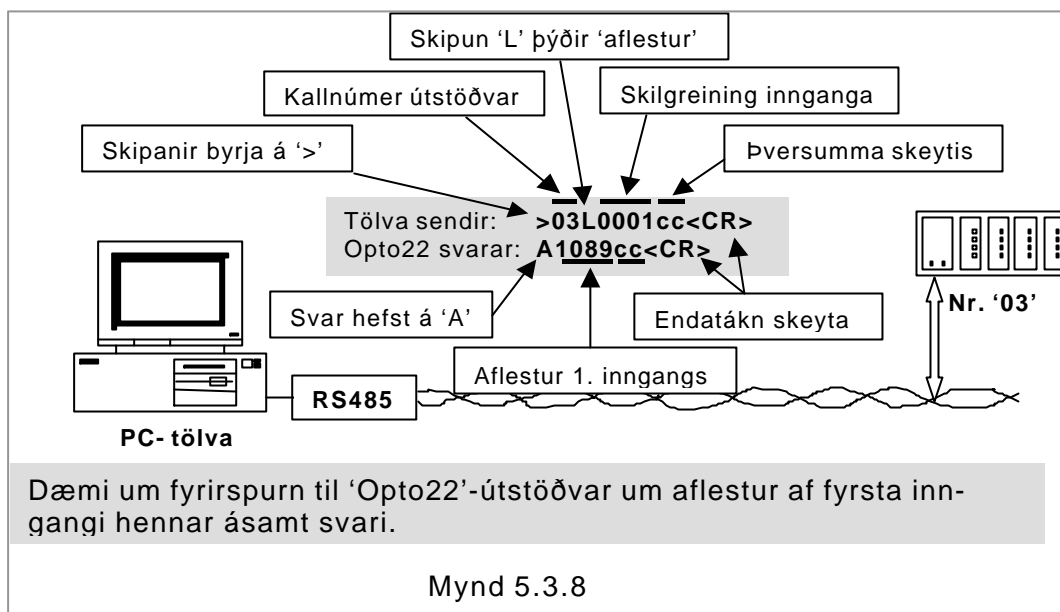


Fyrir lengri vegalengdir er notaður umbreytir sem breytir púlsunum frá raðtenginu í merki sem draga miklu lengra, allt upp í tugi kílómetra. Til að slík tenging vinni rétt þarf búnaðurinn í báðum endum að vera samhæfður þ.e. að notuð sé sama aðferð við kóðun og afkóðun beggja megin. Algengasti umbreytir af þessu tagi er svokallað “upphringimótald” þar sem púlsunum frá raðtenginu er breytt í hljóðmerki sem henta almenna símakerfinu og gera með því kleift að ná sambandi við tölvubúnað út um allan heim.



Annar staðall sem mikið er notuður í samskiptum tölvu og iðntölva og einnig iðntölva á milli er RS422-staðallinn. Hann byggir á sama púlsaformi og RS232-staðallinn en í stað þess að nota einn vír fyrir sendingu og annan fyrir móttöku er í RS422-staðlinum notaðir tveir vírar fyrir hvort. Drifspennan er 0-5V og er annar vírinn knúinn í réttum fasa en hinn í öfugum fasa. Móttöku megin er svo næmur magnari og með þessum einfalda búnaði er með góðri símalínu hægt að ná samskiptahraða upp í 9600 BÁS yfir allt að 10 km vegalengd.

Einnar línu útfærsla af RS422 er RS485, en þá er sama lína notuð fyrir sendingu og móttöku. Bæði RS422- og RS485-staðallinn gerir ráð fyrir því að mörg tæki geti tengst inn á sömu



línuna, oftast ein tölva og margar útstöðvar. Það byggist á því að aðeins tölvan sendir út að fyrra bragði en útstöðvarnar hlusta og svara aðeins ef sérstaklega er á kallað þær. Dæmi um samskipti af þessu tagi eru sýnd á mynd-5.3.8 þar sem tölvan biður OPTO22-úststöð um að senda sér mæligildið frá fyrsta hliðræna inngangi. Eins og sést eru þessi samskipti ákaflega einföld. Tölvan sendir fyrirspurn út á RS485-línuna og bíður svo eftir svari. Allar útstöðvar á línunni skoða skeytið frá tölvunni en aðeins sú með rétta kallnúmerið svarar. Í skeytaforminu er innbyggð villuprófun þannig að ef truflanir rugla sendinguna er fyrirspurnin endurtekin. Eftir því sem útstöðin er flóknara tæki með fleiri möguleikum verður samskiptamál hennar jafnframt flóknara en er samt í grunnatriðum svipað því sem lýst er hér að framan. Hugbúnaðarframleiðendur ásamt framleiðendur iðntölva og annarra útstöðva sjá til þess að til séu samskiptaforrit milli helstu kerfiráðsforrita og útstöðva. Það er þó vissara við val á búnaði að ganga tryggilega úr skugga um að öll samskiptamál séu leyst.

Tækniþróun á sviði samskipta og samskiptabúnaðar er mjög ör og hætt við að það sem er nýjast á markaðnum þegar þetta er skifað sé það ekki lengur nú þegar þetta er lesið. Framleiðendur mæli- og stjórnþúnaðar eru stöðugt að reyna að koma saman stöðlum fyrir sinn búnað en þessi öra tækniþróun gerir slíka vinnu erfiða.

Í tölvuheiminum er *ethernet* á *10BaseT*-vírakerfi orðinn ráðandi netstaðall og eftir því sem iðntölvurnar verða öflugri er það fýsilegri kostur að nota sama staðal fyrir þær líka. Annað sem ýtir undir þá þróun er að búnaður til að tengja saman fjarlæg staðanet verður sífellt ódýrari og meðfærilegri. Þar er um að velja radíó-búnað með 2Mbás (og 10Mbás innan skamms) yfir allt að 10 km sjónlínu, módöld fyrir símalínur sem ná upp undir 1Mbás á sömu fjarlægð og ekki má gleyma ljósleiðurum sem geta flutt tugi sjónvarpsrása eftir einum þræði.

Þegar slík flutningsgeta er komin á milli fjarlæggra staða í veitukerfi býður það upp á ýmsa möguleika svo sem fjargæslu með stafrænum myndavélum og hlustun yfir netið.

5.3.4. Fjarstýringar.

Eins og áður hefur komið fram þá eru vatnsveitur á Íslandi frekar einfaldar að uppbyggingu ekki síst vegna þess að ekki þarf að meðhöndla vatnið áður en því er hleypt á kerfið. Þörf á fjarstýringum er því oft ekki mikil en við hönnun á nýjum búnaði er sjálfsagt að hugsa fyrir því að hægt sé bæta slíku við seinna.

Fjarstýringar snúa helst að þáttum eins og:

- ? Álagstýringu milli virkjunarsvæða.
- ? Vatnsborði í tönkum.
- ? Þrýstingi á veitusvæði.
- ? Inngripa vegna bilana eða annars óvenjulegs ástands.
- ? Stýra vatnstöku eftir ytri aðstæðum svo sem úrkomu, flóðum, mengunarhættu, niðurdrætti, ..

Fjarstýring er oftast annað hvort breyting á óskgildi reglunarslaufu (t.d. óskgildi þrýstings) eða breyting á stöðu tækis (t.d. ræsa/stöðva dælu). Hlutverk kerfiráðs í fjarstýriáðgerð er í megindráttum það að að taka við skipun frá stjórnanda og senda hana áfram til þeirrar iðntölvu sem viðkomandi búnaður tengist við.

5.3.5. Gagnasöfnun.

Gagnasöfnun er mjög mikilvægur þáttur kerfiráðs fyrir vatnsveitu. Á virkjunarsvæðinu þarf að skrá niður grunnvatnsstöðu og dælingu, og í dreifikerfinu vatnsnotkun og þrýsting. Markmið skránnar er tvíþætt. Annars vegar er hún nauðsynleg í hinum daglega rekstri til að sjá hvernig og hversu hratt kerfið bregst við breytingum og hins vegar til að fylgjast með langtímaþróun vatnsbóla og veitukerfis (t.d. lekum í dreifikerfi). Dæmigerður kerfiráðshugbúnaður er ágætlega hentugur til að þjóna fyrra hlutverkinu en til að vista gögn til lengri tíma þarf önnur hjálpartæki með.

Í fyrsta lagi þarf að fara í gegnum öll gögn og lagfæra þau áður en gengið er frá þeim til geymslu. Þar koma til margir þættir svo sem bilanir í mælibúnaði, rafmagnsleysi á mælistað, röng kvörðun mælis, o.s.fr.

Þá er einnig æskilegt að forvinna gögnin áður en þau eru vistuð, svo sem reikna út meðtöl og önnur lykilgildi hvers sólarhrings. Slík forvinnsla flýtir fyrir þegar seinna á að meðhöndla gögn sem spanna jafnvel fleiri ár.

Fyrir mælingu á grunnvatnsborði er óþarfi að geyma annað en sólarhrings meðaltöl en fyrir notkun í íbúahverfi er hins vegar nauðsynlegt að geta skoðað dagssveifluna en til þess þarf að skrá niður 10 mínútna meðaltöl eða jafnvel þéttar.

Safngögn frá kerfiráði eru mikilvægt verkfæri í rekstri hvernar vatnsveitu. Með þeim er hægt greina ástand kerfisins og sjá í hvað stefnir bæði hvað varðar rekstur vatnsbóla og dreifikerfis. Þar sem þessi gögn hafa gildi um ókomna framtíð er því mikilvægt að afrit af þeim sé alltaf til á einhverju því formi sem lifir af byltingar tölvuheimsins.

5.3.6. Öryggismál.

Öryggismál eru mjög mikilvæg í uppbygginginu nútímalegs kerfiráðs. Með möguleikum á tengingu við talna- eða textabóðtæki eða við SMS-þjónustu GSM-kerfisins getur vel hannað öryggiskerfi með bakvakt tryggt álíka rekstraröryggi og full sólarhringsvakt gæfi. Þar sem vatnsveitukerfi er í eðli sínu mjög dreift hefur umsjónarmaður kerfisins álíka möguleika á inngrípum eða öðrum viðbrögðum hvort heldur hann situr við tölvu heima hjá sér eða á vinnustað.

Helstu tilefni aðvarana í vatnsveitukerfi eru:

- ? Of lág staða í miðlunartanki
- ? Of lágur þrýstingur í dreifikerfi

? Bilun í dælustöð (fyrirboði hinna tveggja)

Þetta eru merki um að það ástand sé að skapast að veitukerfið geti brugðist því megin hlutverki sínu að útvega vatn með nægum þrýstingi. Bilun í dælustöð getur verið rafmagnsleysi, bilun í raf- eða vélbúnaði, vatn á gólfi, boð frá reykskynjara eða eitthvað það sem raskað getur rekstri stöðvarinnar.

Dæmi um önnur en ekki eins alvarleg tilefni aðvarana eru:

- ? Óeðlileg vatnsnotkun, of mikil eða jafnvel of lítil.
- ? Óeðlileg breyting á vatnsnotkun
- ? Boð frá öryggiskerfi
- ? Álagstoppur í rafnotkun
- ? Óeðlileg breyting á vatnsgæðum, t.d. hitastigi, PH-gildi, leiðni o.s.fr.

Þessi aðvörunartilefni eru á svolítið gráu svæði og þau verða að fá aðra og léttvægari meðhöndlun en fyrri flokkurinn. Sem dæmi getur vatnsrennsli til lítils íbúahverfis tvöfaldast við að skrúfað er frá brunahana vegna bruna, prófana eða vatnstöku. Ef slíkt setur af stað sömu viðbrögð og yfirvofandi vatnsleysi leiðir það til vantrúar á aðvörunarkerfinu.

5.4. Heimildaskrá:

1. John W. Dufour et. al Centrifugal Pump Sourcebook McGraw-Hill Inc. 1992
 2. Grundfors Vandforsyning. Grundfos International a/s 1988
 3. Norsk Pumpemarked Ingeniörforlager A/S 1978
 4. IngersollRand Pumps Ingersoll Rand Co. 1987
 5. NK Standard Pumps Grundfos dæluatalog 1997
 6. Water Supply by submersible units, World Pumps 1982
 7. Mollier-graf PM Luft, Handbók
 8. Handbók yfir þurrktæki, Munters international
 9. Framleiðsuhandbók yfir Plaströr – Reykjalundur
 10. Værd at vide om frekvensomformere – Danfoss 1991
- VLT5000 Operating Instructions - Danfoss

**Ásbjörn Einarsson
Páll Árnason**

6. kafli

Efnisval – Tæringarvarnir

Maí, 2000

Efnisyfirlit.

6.1 Inngangur.

6.2 Málmar í vatnsveitum.

- 6.2.1 Almenn
- 6.2.2 Smíðastál
- 6.2.3 Galvanhúðað stál
- 6.2.4 Öxulstál
- 6.2.5 Verkfærastál
- 6.2.6 Járnsteypa
- 6.2.7 Ryðfrítt stál
- 6.2.8 Eir og eirblöndur
- 6.2.9 Ál og álblöndur
- 6.2.10 Títan

6.3 Plast í vatnsveitum.

- 6.3.1 Almenn
- 6.3.2 Eiginleikar plastefna í vatnsrörum.
 - 6.3.2.1 Mál á rörum.
 - 6.3.2.2 Styrkeiginleikar.
 - 6.3.2.3 Öldrun.
 - 6.3.2.4 Þrýstipól.
 - 6.3.2.5 Rispuþol.
 - 6.3.2.6 Ljósþol.
 - 6.3.2.7 Efnapól.
 - 6.3.2.8 Gegndræpi.
- 6.3.3 Pólýetýlen (PE)
- 6.3.4 Pólýprópýlen (PP)
- 6.3.5 Pólýbútýlen (PB)
- 6.3.6 PEX
- 6.3.7 PVC
- 6.3.8 Trefjaplast
- 6.3.9 Plast/ál/plast
- 6.3.10 Súrefnissperra
- 6.3.11 Límefni

6.4 Önnur efni í vatnsveitum.

- 6.4.1 Steinsteypa og sementshúð.
- 6.4.2 Asbest
- 6.4.3 Gúmmí
- 6.4.4 Bikhúð og plasthúð
- 6.4.5 Málning

6.5 Málmtæring, grundvallaratriði.

- 6.5.1 Almennt
- 6.5.2 Elektrókemísk málmtæring
- 6.5.3 Galvanísk tæring
- 6.5.4 Jöfn tæring – pyttatæring
- 6.5.5 Rifutæring
- 6.5.6 Spennutæring
- 6.5.7 Valtæring
- 6.5.8 Þreytutæring
- 6.5.9 Kornamarkatæring
- 6.5.10 Ólgutæring
- 6.5.11 Slittæring
- 6.5.12 Útleiðsla
- 6.5.13 Tæring vegna örvera - gerlatæring

6.6 Málmtæring í köldu vatni.

- 6.6.1 Kalt vatn á Íslandi
- 6.6.2 Helstu áhrifaþættir tæringar
 - 6.6.2.1 Uppleyst súrefni
 - 6.6.2.2 pH-gildi (sýrustig)
 - 6.6.2.3 Klóríð
 - 6.6.2.4 Harka og bíkarbónat
 - 6.6.2.5 Kalsíum, magnesíum og kísill
 - 6.6.2.6 Önnur efni
- 6.6.3 Hitastig
- 6.6.4 Millirennslí
- 6.6.5 Rennslíhraði
- 6.6.6 Blöndun á heitu og köldu vatni
- 6.6.7 Áhrif málmtæringar á neysluhæfni.
- 6.6.8 Gerlar og málmtæring í lögnum.
- 6.6.9 Tæringarvarnir með breytingu á vatnsgæðum
- 6.6.10 Eftirlit með efnasamsetningu vatns.

6.7 Plastefni og neysluvatn.

- 6.7.1 Áhrif plastefna á vatnsgæði
- 6.7.2 Áhrif óhreinna úr umhverfi
- 6.7.3 Mat á endingu plaströra
 - 6.7.3.1 Staðlar
 - 6.7.3.2 Kröfur til röra
 - 6.7.3.3 Mat á líftíma röra
 - 6.7.3.4 Mat á líftíma tenginga með tengistykkjum
 - 6.7.3.5 Mat á líftíma spegilsuða

6.8 Efnisval í vatnsveitum.

- 6.8.1 Inngangur
- 6.8.2 Vatnsöflun – Borholur
- 6.8.3 Miðlunargeymar
- 6.8.4 Stofnæðar og dreifikerfi
- 6.8.5 Heimæðar
- 6.8.6 Mælar, lokar og síur í inntaki
- 6.8.7 Lagnir innanhúss fyrir kalt vatn
- 6.8.8 Blöndunartæki
- 6.8.9 Lagnir innanhúss fyrir upphitað kalt vatn
- 6.8.10 Hringrásarkerfi-hitakerfi
- 6.8.11 Vottun lagnaefna
- 6.8.12 Tæringareftirlit

6.1 Inngangur.

Lítill opinber umræða hefur verið um efnisval, tæringu og tæringarvarnir í vatnsveitum. Það er aðeins nú nýlega, þegar tæring galvanhúðaðra stálröra komst í fréttir, að breyting varð þar á. Verður því að telja, að ástandið í þessum málum hafi lengst af verið viðunandi.

Fyrstu rannsóknir, sem vitað er um á tæringu í köldu vatni hér á landi eru frá um 1970, þegar farið var að nota mjúk eirrör í innanhússlagnir fyrir kalt vatn. Tærðust rörin pyttatæringu eftir fárra ára notkun. Var kolefnishimnu innan í rörinum, sem myndaðist við afglódun í framleiðslunni, kennt um. Eitthvað var einnig um tæringu í rörum, sem ekki áttu að innihalda kolefnishimnu, þannig að málið var greinilega flóknara en það. Þetta hefur þó aldrei verið skoðað síðan, og nú eru eirrör sennilega hvergi almennt notuð í kaldavatnslagnir hér á landi nema á Suðurnesjum.

Það er síðan um 1990, að það fór að bera á meiri tæringu í galvanhúðuðum stálrörum í Reykjavík, en talið var, að áður hefði verið. Á svipuðum tíma aukast einnig dæmi um tæringu í galvanhúðuðum kaldavatnslögnum á Suðurnesjum. Einar Þorsteinsson á Lagnadeild Rannsóknastofnunar byggingariðnaðarins (Rb) og Pétur Sigurðsson hófu rannsókn á tæringarhraða galvanhúðaðra röra í nokkrum vatnsveitum eftir þetta, en þeim athugunum er ekki lokið. Einnig hafði Rb frumkvæði að forrannsókn á áhrifum íblöndunarefna í kalt vatn til þess að draga úr tæringu í samvinnu við Verkfræðistofu Guðmundar og Kristjáns, Vatnsveitu Reykjavíkur og Ásbjörn Einarsson. Voru þar einkum skoðaðar aðferðir, sem nýta mætti í einstökum byggingum. Frekara fjármagn hefur ekki fengist í það verkefni. Nýlega hefur síðan hafist umræða um útgáfu leiðbeininga um efnisval í vatnsveitum og hitaveitum á Íslandi, sem gefnar yrðu út bæði í bókarformi og sem gagnagrunnur á Netinu. Vatnstjórnaráð, Rb og Iðntæknistofnun hafa haft forgöngu um það mál.

Í þessum kafla er fjallað um efnisval og málm-tæringu í vatnsveitum. Áður hefur verið skrifaður sambærilegur kafla í Hitaveituhandbókina (Kafli 9), og er óhjákvæmlegt að um nokkrar endurtekningar sé að ræða. Einnig er það svo, að mun fleiri dæmi eru þekkt um tæringu og skemmdir á efnum í heitu vatni en köldu, þannig að dæmi í þessum kafla eru oftast úr hitaveitum en vatnsveitum. Þótti betra að hafa þau en að sleppa að mestu dæmisögum.

Í fyrstu þremur hlutum þessa kafla (6.2-6.4) er fjallað um efnisfræði málma, plasts og annarra efna fyrir vatnsveitur. Síðan tekur við almenn umfjöllun um málm-tæringu (6.5) og nánari skoðun á tæringu í köldu vatni á Íslandi (6.6). Næst er fjallað um plastefni og neysluvatn (6.7) og kaflanum lýkur með yfirliti yfir efnisval fyrir vatnsveitur (6.8). Hlutar 6.2 og 6.5 eru einnig í Hitaveituhandbókinni, en þeir hafa verið auknir og endurbættir hér. Kaflar 8 og 10 í þessari bók fjalla einnig að hluta um efnisval og er vísað til þeirra, þar sem við á.

Þegar þetta verkefni hófst, áttu höfundar þessa kafla að vera þrír, Ásbjörn Einarsson, Einar Þorsteinsson og Páll Árnason. Einar lést hins vegar af slysförum, áður en að hans þætti kom. Einar var mjög áhugasamur um tæringu og efnisval fyrir kalt vatn, eins og sjá má á verkefnalýsingu á tæringarrannsóknum hér að ofan. Er mikill missir af frumkvæði hans og þekkingu fyrir alla lagnastarfsemi í landinu.

6.2 Málmar í vatnsveitum.

6.2.1 Almenn.

Í þessum kafla verður fjallað um eftirtalin efni:

- Smíðastál, sem skilgreint er sem stál með minna en 0.25% kolefni.
- Galvanhúðað stál, sem er smíðastál, sem húðað hefur verið með sínki.
- Öxulstál en það inniheldur meira magn kolefnis en smíðastál og er oft blandað efnum til að auka styrk og hersluhæfni.
- Verkfærastál, þar sem náð er mikilli hörku og slitstyrk.
- Járnsteypu, sem er járn-kolefnisblanda með meira en 2% kolefni.
- Ryðfrítt stál, sem skv. skilgreiningu inniheldur minnst 12% króm.
- Eir og eirmelmi.
- Ál.
- Títan.

6.2.2 Smíðastál.

Smíðastál er skilgreint sem járn-kolefnisblanda með minna en 0.25% kolefni. Smíðastál á að vera vel suðuhæft með rafsuðu og logsuðu án hitameðferðar.

Smíðastál er flokkað með tilliti til annarra íblöndunarefna en kolefnis. Tveir flokkar eru algengastir:

- Lágkolstál (svart stál). Þetta er langalgengasti flokkur smíðastáls.
- Kol-mangan stál.

Breytingar hafa orðið á nafngiftum á smíðastáli samkvæmt stöðlum á síðustu 10 árum. Nú gildir íslenskur staðall ÍST-EN-10025(1990) ásamt viðauka A1(1993). Einfaldasta efnið samkvæmt honum er *Stál S185*, sem er nánast án allra upplýsinga um gæði. Talan 185 sýnir flotmörk efnisins, þ.e. 185 N/mm².

Það efni, sem margir kannast við sem *Stál 37* eftir gömlum DIN-stöðlum, hét *Fe-360* frá 1990 til 1993 en heitir nú *S235*. Þetta er lágkolstál með kolefni minna en 0.25%. Einnig er gefið upp hámark aukaefna eins og brennisteins (S), fosfórs (P) og köfnunarefnis (N). Flotmörk eru um 235 N/mm² og togþol er um 360 N/mm². Síðan má fá mismunandi gæðaflokka eftir kröfum um höggþol efnisins, þ.e. hvenær efnið verður stökkt í kulda. Flokkar G3 og G4 hafa mest höggþol við lágt hitastig.

Það stál sem venjulega gengur undir nafninu *Stál 52* heitir nú *S355*. Það stál er kol/mangan stál og inniheldur upp í 1.6% mangan (Mn) sem íblöndunarefni. Eykur það styrk stálsins miðað við stál *S235* án þess að rýra suðuhæfni þess. Flotmörk þess eru um 355 N/mm² og togþol um 510 N/mm².

6.2.2

Á síðari árum hafa komið fram stáltegundir, sem hafa mun meiri styrk en hinar hefðbundnu tegundir, án þess að suðuhæfni minnki umtalsvert. Er þar um að ræða flokkana *fínkornótt smíðastál* (*míkróblandað stál*) og *hástyrksstál* (*HSLA-stál*). Í fyrrnefnda flokknum eru íblöndunarefni eins og vanadíum, níóbíum og köfnunarefni notuð til þess að ná flotstyrk upp í 600-700 N/mm² með því að minnka stærð korna í stálinu. Örlítið meiri íblöndun er notuð í hástyrksstálið. Eru margar gerðir til með togþol um 1000-1200 N/mm² og þær sterkustu ná upp undir 2000 N/mm². Þessar nýju stáltegundir eru t.d. notaðar í bifreiðar, flugvélar og önnur flutningatæki til þess að minnka þyngd þeirra.

Almennt má segja, að smíðastál tærist í snertingu við raka eða vatn, ef súrefni er til staðar í vatninu. Rakinn í andrúmsloftinu nægir þar til. Því þarf oftast að verja stálið gegn tæringu með málningu eða öðrum húðunaraðferðum. Þar sem enginn raki eða ekkert súrefni er í umhverfi stálsins, getur það hins vegar enst mjög vel óvarið.

Til er afbrigði af smíðastáli, sem almennt er kallað *Corten-stál*. Það inniheldur um 0,2-0,5% af eir (Cu). Það er notað óvarið, en þegar það ryðgar myndar ryðið þetta húð á yfirborðinu og ver hún stálið gegn frekari tæringu. Þetta efni er notað t.d. í reykháfa og útilistaverk.

6.2.3 Galvanhúðað stál.

Ein algengasta aðferð til þess að verja smíðastál gegn tæringu er að húða það með sínki (Zn). Sínið myndar varnarhúð úr sínkoxíði og sínkkarbónati á yfirborði sínu og ver hún málminn oft gegn frekari tæringu.

Algengasta aðferð til að sínkhúða stál er að dýfa því niður í bráðið sínk, þ.e. *heithúðun*. Með því fæst mjög góð viðloðun á sínkhúðinni við stálið og þykkt húðarinnar verður tiltölulega mikil. Algeng þykkt er á bilinu 0.05-0.15 mm. Heitsínkhúðuð stálrör og tengihlutir, þ.e. galvanhúðuð (galvaníseruð) rör, hafa oftast verið með um 0.06 mm þykkt á sínkhúðinni. Evrópustaðallinn EN 10240, sem fjallar um þykkt á sínkhúð á stálrörum, miðar við lágmarksþykkt 0.045-0.055 mm.

Aðrar húðunaraðferðir eru *rafhúðun* og *sprautusínkun*. Rafhúðun gefur áferðarfallega en mjög þunna húð. Hún er því ekki ætluð sem vörn í mjög tærandi umhverfi. Sprautusínkun, þar sem bráðnu sínki er sprautað á stálið, er notuð á hluti, sem ekki er hægt að heithúða vegna stærðar og lögunar. Hægt er að ná góðri þykkt (0.05-0.12 mm) og ágætri viðloðun. Sprautusínkun er mjög góður grunnur undir málningu.

Á síðari árum er einnig farið að húða smíðastál með áli (Al) eða ál/sínk melmum. *Alusínk* er algeng blanda á plötustál, þar sem ál er 55%, sínk 44.3% og kísill (Si) 1.6%. Töluverð þróun er í húðunaraðferðum og efnum og eru ný húðunarefni stöðugt að koma á markað.

6.2.4 Öxulstál.

Öxulstál inniheldur yfirleitt meira kolefni en smíðastál eða um 0.22-0.6%. Einnig innihalda þessar stáltegnundir oft ýmis önnur íblöndunarefni svo sem króm (Cr), molybden (Mo) og vanadíum (V). Þessi efni auka hersluhæfni með hitameðferð, styrk og þreytuþol.

Öxulstál er hægt að herða með því að hita það upp í um 800°C og hraðkæla síðan í olíu eða vatni. Verður það þá mjög hart og stökkt. Með því að hita það aftur um stund upp í lægra hitastig (temprun) mýkist það aðeins, og þannig má ná fram hæfilegri blöndu af styrk, sveigjanleika og þreytuþoli. Öxulstál er yfirleitt notað óhert við smíðar hér á landi.

Öxulstál er oftast ekki suðuhæft nema með hitameðferð, sem venjulega felur í sér bæði forhitun og eftirhitun. Svonefnt *komprimerað öxulstál*, sem töluvert er notað hér á landi, er hins vegar ekki eiginlegt öxulstál, heldur er um að ræða smíðastál S235 eða S355, sem hefur verið kalddregið til þess að fá fram góða yfirborðsáferð. Það efni er að sjálfsögðu suðuhæft.

Algengustu tegundir öxulstáls bera heitin C22, C35, C45 og C60. Kolefnismagnið er 0.22% fyrir C22, 0.60% fyrir C60 og samsvarandi fyrir hinar tegundirnar. Þessi efni eru yfirleitt notuð í hertu ástandi erlendis, en algengt er, að þau séu notuð óhert hér.

Silfurstál er kalddregið og fínslípað stál með glansandi yfirborðsáferð. Ýmsar gerðir eru til og eru íblöndunarefni oft króm, wolfram (W) og vanadíum. Togþol er um 700-800 N/mm² í óhertu ástandi, en hægt er að ná fram mun meiri styrk og mikilli hörku með hitameðferð.

Ryðfrítt stál er nú töluvert notað sem öxulstál hér á landi í stað hefðbundins krómhúðaðs öxulstáls, t.d. í jarðvarmavirkjunum (sbr. grein 6.2.7).

6.2.5 Verkfærastál.

Verkfærastál inniheldur venjulega mun meira af íblöndunarefnum en öxulstál til þess að gefa sem mesta möguleika á herslu, styrk, slitþoli og háhituþoli. Helstu íblöndunarefni eru króm, molybden, vanadíum og volfram. Þegar verkfærastál er keypt til vinnslu er það oftast í mjúkglóðuðu ástandi, sem gerir vinnslu og formbreytingar auðveldari.

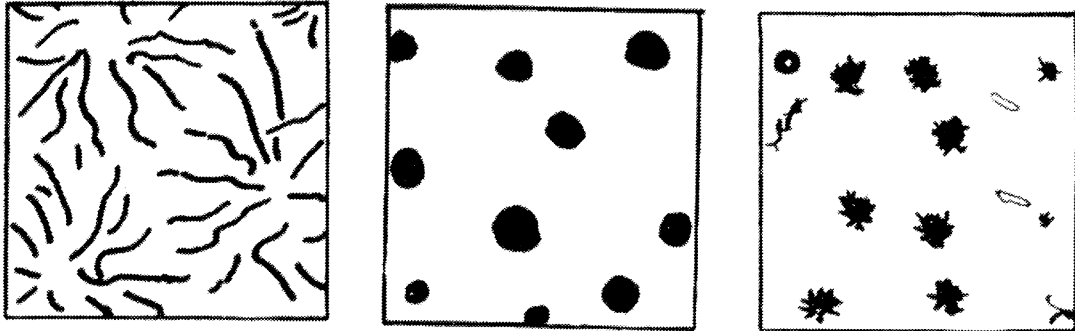
Hadfield-stál er afbrigði af verkfærastáli. Það inniheldur um 12-15% mangan og 1-1.4% kolefni. Efnið er tiltölulega mjúkt en herðist gífurlega við álag og verður þá mjög hart og slitsterkt. Það er notað í mulningsvélar og ýmis jarðvinnslutæki.

6.2.6 Járnsteypa.

Járnsteypa (pottur) er járn-kolefnisblanda með meira en 2% kolefni. Algengt er að kolefnismagnið sé um 3%. Kolefnið er að mestu sem annað hvort grafít (C) eða járnkarbíð (Fe₃C, cementít).

Algengasti flokkur járnsteypu er *grájárn*, sem oft er kallað *pottur*. Fær það nafn sitt af því, að brotsár þess er gráleitt. Kolefnið er að mestu sem grafítflögur í steypunni, sbr. mynd 6.2.1. Efnið verður því mjög stökkt og með lítinn styrk, en það hefur gott þreytuþol og dempunarhæfni á titring. Steypuhæfni er mjög góð. Tæringarþol grájárns er gott. Stafar það af því, að grafítið hindrar myndun tæringarpytta, þannig að tæring efnisins verður að mestu jöfn. Þar sem efnisþykkt steyptra hluta er oftast mikil, verður endingin góð. Valtæring, þar sem járneið tærist burtu en grafítið situr eftir, er algengasta form tæringar á grájárni, sbr. grein 6.5.7. Brunnlok, niðurföll, pottofnar, pottrör og vélaundirstöður eru dæmi um hluti, sem steypdir eru úr grájárni.

Pottrör eða grájánsrör eru mjög stökk og þola illa allt sveigjuálag. Þau hafa að mestu vikið fyrir duktil-rörum, sem hafa mun betri styrkeiginleika en minna tæringarþol.



MYND 6.2.1 Grafít í járnsteypu. Grájárn til vinstri, seigjárn (kúlusteypa) í miðju og hnoðrasteypa til hægri.

Með íblöndun á magnesíum eða cerium er hægt að láta grafítflögurnar í grájárninu umbreytast í kúlur í efninu. Nefnist steypan þá *seigjárn* eða *kúlusteypa* (*duktíl-járn*). Með þessu fást mun betri styrkeiginleikar, þ.e. stökknin hverfur og efnið verður líkara stáli að eiginleikum. Einnig má rafsjóða seigjárn með hitameðferð. Tæringarþol minnkar hins vegar miðað við grájárnið, þannig að seigjárn er mun nær stáli, hvað tæringu varðar. Seigjárn er notað í sveifarása, hásingar og vélablokkir. Einnig er það notað í frárennslis- og kaldavatnslagnir og jafnvel í tengihluti (fittings). Rörin eru stöðluð skv. ISO 2531, sbr. kafla 10, gr. 10.4.3.. Verja þarf seigjárnsmör á svipaðan máta og stálmör gegn innri og ytri tæringu sbr. grein 6.4.4.

Hnoðrasteypa er svipuð seigjárninu að eiginleikum. Kolefnið myndar óreglulega hnoðra í steypunni í stað kúlna. Ef hlutir úr hnoðrasteypu eru hitaðir í oxandi umhverfi, má láta meginhluta kolefnisins hverfa við hitameðferðina. Þannig má t.d. framleiða með steypu og hitameðferð suðutengistykki (suðufittings), sem hafa sömu suðuhæfni og eiginleika og smíðastál (minna en 0.2% kolefni).

Ástæða þess, að yfirleitt er notuð járnsteypa en ekki stálsteypa við framleiðslu steyptra hluta og síðan reynt að ná fram eiginleikum stáls með hitameðferð eða efnaíblöndun er sú, að stálsteypa er mun erfiðari í framkvæmd. Rýrnun við storknun er meiri og storknunarmark hærra.

6.2.7 Ryðfrítt stál.

Samkvæmt skilgreiningu þarf ryðfrítt stál að innihalda minnst 12% króm sem íblöndunarefni. Tæringarþol ryðfría stálsins stafar af því, að súrefni gengur í efnasamband við krómið og myndar mjög sterka krómoxíðhúð á yfirborði stálsins. Kemur hún í veg fyrir frekari tæringu með því að loka yfirborðinu. Ef húðin verður fyrir skemmdum endurnýjast hún, ef súrefni er til staðar í umhverfinu.

Krómoxíðhúðin þolir illa seltu (klóríð) við stályfirborðið. Við þau skilyrði getur myndast krómklóríð í stað krómoxíðs. Er það gagnslaust til tæringarvarna. Yfirleitt gerist þetta á smáblettum á yfirborðinu og myndast þar hröð pyttatæring. Því þarf mikillar varúðar við, þegar ryðfrítt stál er valið við aðstæður, þar sem selta er fyrir hendi. Sem dæmi má nefna, að ryðfrí

Útiklæðning ryðgar oft hratt við íslensk veðurskilyrði, þar sem selta er í lofti vegna nálægðar við sjó.

Ryðfríu stáli má skipta í nokkra flokka eftir kornabyggingu efnisins. Þeir helstu eru:

- Ástenískt ryðfrítt stál
- Ferrískt ryðfrítt stál
- Martensískt ryðfrítt stál
- Ferrískt-ástenískt ryðfrítt stál

Ástenískt ryðfrítt stál er lang algengasta ryðfría stálið. Helstu tegundir eru *18/8 stál* (einnig nefnt *AISI 304*), sem inniheldur um 18% króm og 8% nikkell (ÍST EN-10088, Efni 1.4301) og *stál 18/8/2* (einnig nefnt *AISI 316*), sem inniheldur auk króms og nikkels um 2% af molybden (ÍST EN-10088, Efni 1.4401). Síðarnefnda tegundin er oft nefnd *sýruhelt ryðfrítt stál* og er hún venjulega mun betri m.t.t. tæringar.

Ástenískt ryðfrítt stál þekkt á því, að það tekur ekki segul, nema í kaldhertu ástandi. Það hefur gott tæringarþol, en ef selta (klóríð) er í umhverfinu getur það bæði ryðgað og pyttatærst. Dæmi eru um þetta, þar sem salt vatn slettist utan á ryðfrí kaldavatnsrör í fiskiðnaði. Einnig getur stálið sprungið vegna spennutæringar (sjá grein 6.5.6), ef það er notað við hitastig yfir 60°C, þar sem salt og súrefni er í umhverfinu. Val á ástenísku ryðfríu stáli krefst því mikillar þekkingar á umhverfi því, sem stálið er notað í. Sérstaklega er rétt benda á, að utanaðkomandi raki er oft mun alvarlegri tæringarvaldur á ryðfríum hlutum en tæring innan frá. Vatnið gufar upp, en söltin úr því sitja eftir og valda tæringunni. Ástenískt ryðfrítt stál er vel suðuhæft. Ef suðan á að hafa mjög gott tæringarþol, eru valdar tegundir með lágu kolefni, sem oft eru auðkenndar með bókstafnum L. Einnig má nota tegundir, sem blandaðar eru með örlitlu títan eða níóbíum, sbr. grein 6.5.9.

Ferrískt ryðfrítt stál inniheldur oftast 12-27% króm en lítið af öðrum íblöndunarefnum. Það tekur segul. Það er ódýrara en ástenískt ryðfrítt stál og algengt í ýmsum tækjum og búnaði t.d. dælum og lokum. Það hefur mun minna almennt tæringarþol en ástenískt stál, en springur hins vegar ekki vegna spennutæringar. Flestar gerðir eru suðuhæfar.

Martensískt ryðfrítt stál inniheldur oftast um 12-17% af krómi og meira kolefni en ferrískt ryðfrítt eða allt upp í 1%. Það er því harðara efni og með mun meiri slitstyrk. Almennt tæringarþol er svipað eða minna en á ferrísku ryðfríu stáli. Þetta efni er algengt í hnífum og öðrum eggverkfærum og ýmsum búnaði, þar sem mikils slitstyrks er krafist auk sámlags tæringarþols. Það er einnig notað í gufuhverfla í jarðvarmavirkjunum. Yfirleitt þarf bæði forhitun og eftirhitun, ef reyna á að sjóða martensískt ryðfrítt stál með góðum árangri.

Ferrískt-ástenískt ryðfrítt stál eða *Duplex-stál*, eins og það er almennt kallað, er nú stöðugt að ryðja sér meira til rúms. Margar tegundir eru til í þessum flokki og innihalda þær oft um 24-28% króm, 2.5-5% nikkell og 1-2% molybden. Sú algengasta, sem notuð er hér á landi er kölluð *SAF 2205* (ÍST EN-10088 Efni 1.4462). Inniheldur hún um 22% króm, 5% nikkell og 3% molybden. Duplex-stál sameinar kosti ástenískis og ferrískis stáls, hvað tæringu varðar, þ.e. það hefur svipað almennt tæringarþol og ástenískt stál en springur mun síður eða ekki vegna spennutæringar. Styrkur þessra efna er einnig mjög góður. Flotmörk eru um 400 N/mm², sem er um tvöfalt herra en hjá 18/8 stáli. Duplex-stál hefur verið notað í öxla í lokum og ýmsan annan búnað, þar sem

tæringarþol og góðir styrkeigninleikar nýtast vel. Notkun þess hefur einnig aukist mikið í jarðvarmavirkjunum, t.d. Orkuveri OV5 í Svartsengi.

Ýmsar sérhæfðar ryðfríar stáltegundir hafa einnig verið notaðar eða prófaðar hér á landi einkum í sambandi við gufuvirkjanir. Má þar nefna 254 SMO sem inniheldur 20%Cr, 18%Ni og 6% Mo. Þetta stál er mjög dýrt vegna mikillar efnaþblöndunar, en það hefur ákaflega gott tæringarþol jafnvel í söltu og súru umhverfi.

6.2.8 Eir og eirmelmi.

Eir er notað hér yfir frumefnið Cu, en ekki nafnið kopar, þar sem orðið kopar hefur verið notað á mjög mismunandi hátt. Sumir nota kopar yfir blöndur eirs og annarra málma, en hér verður talað um *eirmelmi* sem safnheiti fyrir þessar blöndur, t.d. *brons*, *látún* o.s.frv.

Eirrör eru framleidd úr hreinum eir (Cu), sem blandaður er örlitlum fosfór (P) (0.03%) til þess að koma í veg fyrir stökkni við hitun t.d. við lóðum.

Eir er veikur málmur, sem herða má með kaldálagsherslu. Eirrör eru framleidd með kalldrætti, sem herðir þau. Þau eru síðan annað hvort seld sem hörð, hálfhörð eða afglóðuð eftir hitameðferð að loknum kalldrættinum. Togþol er frá 300 N/mm² eftir herslugráðu. Á eirinn myndast varnarhúð úr eiroxíði, ef raki og súrefni eru í umhverfinu. Oxíðhúðin ver málminn gegn frekari tæringu. Húðin er hins vegar tiltölulega veik gegn álagi t.d. miklum straumhraða eða hvirflum í vatnsrörum. Því þarf að setja mörk á rennslisraða í eirrörum. Hámark rennslisraða lækkar með aukinni seltu í vatninu, sbr. grein 6.5.10 og íslenskan staðal ÍST 67.

Í hitaveituvatni með súlfíði myndast eirsúlfíð varnarhúð í stað eiroxíðhúðar. Eirsúlfíðhúðin er mun veikari gegn álagi en eiroxíð, þannig að þar verður hámarksrennslisraði að vera mun minni en í venjulegu neysluvatni.

Fjölmargar gerðir af eirmelmum eru notaðar í vatnsveitum og hitaveitum, t.d. í loka, hús rennslismæla, dælur, legur og aðra steypa smáhluti og hafa þær reynst misjafnlega í einstökum veitum. Koma þar til bæði áhrif af súlfíði í hitaveituvatni og valtæring á eir/sínk melmum (sbr. grein 6.5.7), þar sem sínkíð leysist upp en eirinn situr eftir.

Skipta má eirmelmum í tvo meginhluta:

- *Látún* = *messing* = *brass*. Í þessum flokki er sínk aðalþblöndunarefnið.
- *Brons*. Upphaflega var tin aðalþblöndunarefnið, en nú er nafnið notað um öll eirmelmi önnur en látún.

Helstu flokkar af látúni eru:

85/15 *látún* inniheldur um 85% eir og 15% sínk. Það er stundum kallað gyllingarmálmur vegna gullins litar. Afbrigði af því, sem er millistig milli brons og látúns, er stundum nefnt *rauðmálmur*. Hann er notaður í steypa hluti, t.d. loka, dælur og mælahús, og inniheldur um 85% eir, 5% blý, 5% sínk og 5% tin. Þessi efni tærast ekki valtæringu (sbr. grein 6.5.7), en hins vegar getur súlfíð tært þau. Nýjustu prófanir benda þó til frekar lítils tæringarhraða í hitaveituvatni með súlfíði, nema að súrefni sé einnig til staðar í vatninu.

70/30 látún inniheldur um 70% eir og 30% sínk. Er það oft nefnt *skothylkjamálmur*. Þessi blanda getur tærst í valtæringu (sbr. grein 6.5.7). Ýmis afbrigði eru til, þar sem blý, tin eða ál eru sett í stað hluta sínsins. Einnig má bæta við örlitlu af arsen til þess að draga úr líkum á valtæringu. Blanda með 60% eir, 28% sínki, 1% blýi og 1% tini er kölluð *gult steypulátún* og er algengt í loka og aðra hluti til vatnslagna.

60/40 látún inniheldur 58% eir og 40% sínk, og nefnist það *Muntz-málmur*. Oft er bætt í hann um 2% af blýi til þess að auðvelda rennismíði, þar sem blýið styttr spóninn. Er það algengasta tegund látúns í stöngum. Þessar blöndur geta tærst í valtæringu.

Ofangreindir aðalflokkar skiptast síðan í fjölmarga undirflokkar og afbrigði. Ýmsar sérhæfðar tegundir af látúni eru nú að ryðja sér rúms í lagnahlutum. Má þar nefn *Enkotál*, *Esmatur A* og *Esmatur B*. Þessar tegundir eru sérstaklega framleiddar með tilliti til almenns tæringarþols og þó sérstaklega þols gegn valtæringu.

Af bronzi eru einnig til margir flokkar. Nefna má sem dæmi *manganbrons*, *kísilbrons*, *tinbrons*, *fosfórbrons*, *álbrons* og *eir/nikkel*. Í hverjum flokki eru margir undirflokkar. Þessi efni eru yfirleitt sterkari, tæringaþolnari og dýrari en látún. Algeng efni eru *byssumálmur*, sem inniheldur um 10% tin og 2% sínk. Hann er skyldur rauðmálminum, sem nefndur var hér að framan, en er sterkari og með meiri brotlengingu. *Fosfórbrons* með um 5-13% af tini og 0.3-1% af fosfór er algengt í renniloka.

Margar gerðir lóðmálma fyrir eir þola mjög illa súlfíð í vatni, sbr. grein 6.5.7. Tærast þeir valtæringu og er tæringin sérstaklega hröð ef bæði súlfíð og súrefni eru í vatninu. Á það sérstaklega við lóðmálma, sem innihalda hátt hlutfall af eir, t.d. eir-fosfór-lóðmálma og eirríka silfur-lóðmálma. Frekari upplýsingar um prófanir á lóðmálum má finna á upplýsingablaði Rannsóknastofnunar byggingariðnaðarins, Rb-blað (53) 006, júní 1999.

6.2.9 Ál og álmelmi.

Ál hefur í mörgum tilfellum betra tæringarþol en stál vegna mjög sterkar oxíðhúðar sem á því myndast (Al_2O_3). Húðin ver álið mjög vel gegn áhrifum margra tærandi efna. Hægt er að auka þykkt hennar á álhlutum með anóðísingru, sem fram fer í súru rafbaði, þar sem rafstraumur er látinn auka oxíðmyndunina. Einnig er hægt að lita húðina um leið.

Súrefni í vatni hefur ekki áhrif á tæringu áls. Sá galli er hins vegar á notkun þess í vatni, að áloxíðhúðin fer að leysast upp við pH-gildi vatns um og yfir 8.5. Ál reynist þó yfirleitt vel í köldu vatni, jafnvel þótt pH-gildið fari upp í 9. Hins vegar er hitaveituvatn, sem hefur pH-gildi frá 8.8 til 9.6 á mörkum hins viðuráðanlega fyrir álhluti. Prófanir á áli og álmelmum hafa þannig sýnt mjög misvísandi niðurstöður í jarðhitavatni hjá Orkuveitu Reykjavíkur.

Hreint ál er mjög veikur málmur með togþol um 70-100 N/mm². Því eru oft notuð ýmis íblöndunarefni til þess að styrkja það. Þau helstu eru mangan, magnesíum og kísill. Álmagnesíum melmi með 2.5-3% magnesíum eru kölluð *seltufrítt ál*. Tæringarþol þessa efnis er svipað og hreináls en togþol um 250 N/mm². Eir er einnig algengt íblöndunarefni í ál, þar sem ná á fram miklum styrk, t.d. í flutningatækjum. Næst þá fram togþol um 400-600 N/mm².

6.2.8

Tæringarþol og suðuhæfni ál/eirmelma eru hins vegar lítil. Þessi efni eru því oft húðuð með örþunnu lagi af hreináli til þess að ná fram sæmilegu tæringarþoli.

Ál-kísilmelmi eru algeng í steypa áhluti. Tæringarþol er svipað og á hreináli og steypuhæfni góð.

6.2.10 Títan.

Títan (Ti) er sá málmur, sem hefur hvað hæstan styrk miðað við þyngd. Títan hefur einnig mjög gott tæringarþol vegna myndunar sterkrar oxíðhúðar á yfirborði málsins. Það er að þessu leyti svipað ryðfríu stáli utan þess, að selta hefur engin áhrif á oxíðhúðina. Títan tekur því oft við, þar sem ryðfrítt stál dugar ekki. Títan er t.d. algengur málmur í varmaskiptaplötum í jarðvarmavirkjunum, þar sem venjulegt ryðfrítt stál hefur ekki þolað aðstæður. Er það svipað í kostnaði og dýrustu gerðir af ryðfríu stáli, t.d. 254 SMO.

6.3 Plast í vatnsveitum

6.3.1 Almennt

Plast var fyrst framleitt á seinni hluta 19. aldar, en tæki (extrúder) til að framleiða rör úr því varð fyrst til í Þýskalandi 1935. Framleiðsla á plastefnum úr olíu og jarðgasi hafði hafist um 1930 og urðu þau plastefni fljótt nær allsráðandi plastheiminum.

Plast er lífrænt efni. Það eru langar kolefniskeðjur þar sem sama grunneiningin, eins og t.d. etýlen, endurtekur sig 10.000 - 100.000 sinnum. Í það er svo bætt ýmsum aukaefnum í litlu magni til að bæta vinnslueiginleika og notkunareiginleika vörunnar. Í rörum eru andoxunarefni (0,1-0,3 % íblöndun) þau íblöndunarefni sem mestu skipta, enda ráða þau mestu um endingu efnisins.

Plastiðnaðurinn fer að breiðast út um heiminn eftir stríð og á Íslandi stofnar Jón Þórðarson fyrirtækið Plastik hf. árið 1947, sem sex árum síðar verður hluti af Reykjalundi. Þar hefst plaströraframleiðsla úr LDPE árið 1956 og 1965 var farið yfir í HDPE. Síðan hafa fleiri komið til sögunnar í innlendri framleiðslu plaströra, þeir urðu flestir sjö, en hefur fækkað hratt aftur. Á árinu 1998 keypti Set þannig röraframleiðslutæki Sæplasts og Hampiðjunnar. Bjarg á Akureyri framleiðir rafmagnsrör og Plasmótun í Ölfusi framleiðir staura og getur framleitt rör, en einungis tveir framleiðendur eru virkir á roramarkaðinum eins og sjá má í töflu hér að neðan.

Fyrirtæki	Framleiðsla
Reykjalundur	Frárennslisrör úr HDPE Kaldavatnsrör úr HDPE Snjóbræðslurör úr PP og MDPE Rör fyrir "kaldar" hitaveitur úr PP
Set	Frárennslisrör úr PVC Frárennslisrör úr PP Rafmagnsrör úr PVC Kaldavatnsrör úr HDPE Snjóbræðslurör úr PP og MDPE Rör fyrir "kaldar" hitaveitur úr PP Rör fyrir "kaldar" hitaveitur úr PB Foreinangruð hitaveiturör

Tafla 6.3.1 Framleiðendur plaströra á Íslandi árið 2000.

Allnokkrar gerðir plastefna eru notaðar í rör eins og sjá má í töflu 6.3.2 hér á næstu síðu, sem tekin er úr bókinni "Plastic pipes for water supply and sewage disposal", frá Borealis. Plastefnunum er hér raðað eftir því, hvenær fyrst var framleitt rör úr þeim.

6.3.2

Plasttegund	Tákn	Fyrst framl.	Eðlisþyngd (kg/m ³)	Hönnunarálag, 20°C (MPa)	Þvermál röra (mm)
Pólývínýlklóríð	PVC	1935	1400	10,0-14,0	40 - 630
Eðlislétt pólýetýlen	LDPE	1945	930-940	2,5-3,2	16 - 160
Eðlisþungt pólýetýlen	HDPE	1955	950-965	5,0-6,3	25 - 1600
Pólýprópýlen	PP	1955	910-925	5,0*	25 - 1600
Pólýbútýlen	PB	1955	920	5,0*	25 - 160
Trefjaplást (pólýestri)	GRP	1955	1700	≥100	200-2400
Krossbundið pólýetýlen	PEX	1968	930-965	5,0*	25 - 160
Meðalþungt pólýetýlen	MDPE	1971	940-950	5,0-6,3	25 - 1600
Línul. eðlisl. pólýetýlen	LLDPE	1986	935-940	5,0	16 - 160
Pólýetýlen 100	HDPE100	1990	950-965	8,0	25 - 1600

* Hægt er að leyfa hærra hitastig en 20°C við þetta hönnunarálag.

Tafla 6.3.2 Plastefni, sem notuð eru í rör. Efnunum er raðað eftir fyrsta framleiðsluártali.

Í þessa töflu vantar ABS plast sem nokkuð er notað í lagnir í Bandaríkjunum og hefur verið notað í Keflavíkurflugvelli, en mjög lítið notað í Evrópu.

Notkunarviði og eiginleikum helstu plastefna í lögnum er lýst hér í hluta 6.3, en plastlagna í hluta 6.7 og einnig í 10. kafla Vatnsveituhandbókarinnar:

6.3.2 Eiginleikar plastefna í vatnsrörum.

Hér eru raktir helstu eiginleikar sem skipta máli. Það eru mál á rörum og breytingar á þeim, styrkeiginleikar, öldrun, þrýstipól röra, rispuþól, ljósþól, efnapól og gegndræpi.

6.3.2.1 Mál á rörum og þensla þeirra.

Röng mál eru líklegast lang algengasti galli á plaströrum en þetta er einnig sá galli, sem notendur ættu að eiga auðveldast með að greina.

Fyrir kemur að mjóar rákir eru eftir endilöngu rörinu, ýmist 'að utan eða innan, og rýra slíkar rákir þrýstipolið, sem veggþykktarminnkuninni nemur. Einnig kemur það fyrir að rör séu of þykk, grönn eða sver, sem getur valdið því, að tengistykki verða óþétt, rör dragast úr tengistykkjum með tímanum eða spegilsuða verður ójöfn. Að mál á rörum séu rétt skiptir því mjög miklu máli.

Við framleiðslu á plaströrum, þar sem mótað er heitt efni, þurfa framleiðslutækin að taka mið af því að efnið rýrnar við kælinguna niður í 20°C og málin breytast þó nokkuð. Mikilvæg mál á plaströrum eru aðallega veggþykkt, þvermál og mál á múffum, lengd röranna skiptir oftast minna máli.

Þótt það skipti oftast ekki miklu máli hvort 6 m rör sé nokkrum cm lengra eða styttra, þá skiptir miklu máli, að ekki sé of mikil innri spennan í lengdarstefnu röranna eftir framleiðsluna. Þá geta rörin haft of mikla tilhneigingu til að stytast með tímunum, dregist út úr múffum frárennslisröra

eða sett óhóflegt álag á tengi vatnsröra. Mat er fengið á þennan eiginleika með því að hita upp rörbút í ákveðinn tíma og sjá hvað hann styttist við að kólna aftur (krafa um hámarks hitaaflogun, sjá grein 6.7.3.2).

Í töflu hér að meðan er hitaþensla ýmissa plastefna sýnd í mm á hvern metra fyrir hverja gráðu sem það hitnar og samanburður við stál.

Efni	Þensla í mm/m°C	Efni	Þensla í mm/m°C
LDPE	0,10 - 0,20	PB	0,13 - 0,15
HDPE	0,06 - 0,10	PVC	0,05 - 0,10
PEX	U.þ.b. 0,10	Trefjaplast	0,02 - 0,03
PP	0,07 - 0,10	Stál	U.þ.b. 0,01

Tafla 6.3.3 Hitaþensla plastefna.

6.3.2.2 Styrkeiginleikar.

Efni í vatnsrörum þarf bæði að hafa nægilegan togstyrk til að þola þrýstitoppa í notkun alveg til loka áætlaðs líftíma og höggþol (seiglu) til að þola hefðbunda meðhöndlun við lagnavinnu að vetri. Togstyrkurinn minnkar með tímanum.

Höggþol plastefna er mjög mismikið. Sumar tegundir brotna alls ekki við hefðbundið notkunarhitastig plastefna, en aðrar geta verið mjög stökkar. Öll plastefni ná því þó að verða stökk í kulda, ef hitastigið verður nógu lágt. Af hefðbundnum röraefnum eru það aðallega sum PP efni (hómópólýmer) og PVC (ómýkt), sem þola illa högg í kulda.

6.3.2.3 Öldrun.

Plastefni aldrast, þ.e.a.s. styrkur þeirra og seigla minnkar með árunum. Þetta stafar bæði af kemísku niðurbroti plastefnisins, sem alltaf á sér að einhverju leyti stað af völdum hita, súrefnis og ljóss. Aukaefni sem eru í öllu plasti, þ.e. andoxunarefni og ljósþolsefni, eiga að halda því í lágmarki. Einnig hefur það mekaníska álag, sem flestir hlutir verða fyrir, áhrif. Talið er nauðsynlegt, að öldrunarhraðinn (breytingar á styrk með tíma) liggi ljós fyrir, svo hægt sé að hanna plastlagnakerfi til langs tíma. Frekari umfjöllun um öldrun er í grein 6.7.3.3 og dæmi um öldrunarlínurit er sýnt á mynd 6.7.1.

6.3.2.4 Þrýstipól.

Þrýstipól röra ákvarðast af togstyrk plastefnisins og öldrun við það hitastig og þrýsting, sem nota á rörin við. Það eru til staðlar sem lýsa lágmarks þrýstipóli plaströraefna (sjá grein 6.7.3). Út frá þeim hefur svo veggþykkt fyrir hvern þrýstiflokk verið ákvörðuð, með tilheyrandi öryggisstuðlum. Þessir öryggisstuðlar eru mismunandi milli landa.

Þrýstiflokkar hafa lengi verið notaðir til að skilgreina misþrýstipólin rör. Þrýstiflokkurinn PN6 hefur þýtt að rörið þoli 6 bara þrýsting við 20°C í 50 ár. Þessi skilgreining er hins vegar ekki heppileg þegar um er að ræða heitavatnsrör og getur valdið misskilningi, enda er þrýstipólið miklu lægra við 60°C en 20°C. Í nýjustu stöðlunum hefur þrýstiflokks-hugtakið því verið lagt niður og í staðin tekin upp rörasería S. Rörasería S lýsir sambandinu milli þvermáls og

6.3.4

veggþykktar röranna og að jafnaði gildir að veggspenna rörsins $\sigma = P \times S$, þar sem P er þrýstingurinn í rörinu (Sjá einnig grein 6.7.3.3 og töflu 6.7.1).

6.3.2.5 Rispuþol.

Það er mjög mismunandi, hve vel rör þola að rispast. Það fer eftir plastefninu, gæðum röraframleiðslunnar og lögun rispu. Ein rannsókn hefur sýnt, að allnokkrar rispur á vel framleiddu röri úr góðu PE efni hafi nánast engin áhrif á þrýstipól rörsins. Aðrar rannsóknir hafa sýnt, að slæmar rispur geti leitt til ófullnægjandi endingar röra. Þegar Danir hófu lagningu gasröra að nýju fyrir 15 árum síðan úr Norðursjónum og í hús, þá var pípulagningarmönnum skylt að taka úr umferð öll plaströr með rispum, sem voru annaðhvort skarpar eða dýpri en 10% af veggþykktinni.

Niðurstöður athugana á rispuþoli plaströra eru eitthvað misvísandi en þó hægt að draga eftirfarandi ályktanir:

- Deig rispa, sem leiðir til þynningar rörveggisins á nokkra sentimetra línu langsum eftir rörinu, veldur minnkun þrýstipóls sem nemur þynningunni og þar með styttri endingu.
- Stökk rispa á röri, þótt grunn sé, getur valdið minna höggþoli í kulda (stökk plastefni). Hún getur einnig vaxið inn og dýpkað með tímanum (þreyta).

6.3.2.6 Ljósþol.

Sólarljós og þá aðallega útfjólubláir geislar brjóta niður plastefni. Það er mjög mismunandi, hve vel hin einstöku plastefni þola sólarljós. Til þess að bæta ljósþolið er oft bætt í plastið aukaefnum. Eitt það algengasta er kolaryk (sót), sem eyðir ljósgeislunum um leið og þeir koma á yfirborð plastsins og breytir þeim í hitaorku. Það veldur því einnig, að plastið verður svart. Þetta þekkjum við best úr vatnsrörum og svörtum plastpokum. Hins vegar eru einnig til efni, sem eyða slæmum áhrifum sólarljóss og hafa annan lit eða alls engan lit.

Það er ekki hægt að tilgreina, hvað einstakar plaströregundir þola langvarandi sólarljós (hvort það sé mánuð, ár, 5 ár eða 25 ár). Notendur ættu hins vegar að hafa eftirfarandi í huga við geymslu og umbúnað plaströra.

- Rörastaðlar gera engar kröfur til ljósþols efnisins.
- Röri skemmast ekki verulega á stuttum tíma í sól.
- Ljósþolið ræðst mest af aukaefnaíblöndun hráefnaframleiðandans, sem notandinn veit yfirleitt ekkert um (nema röri séu svört).
- Ljós brýtur niður plastefni. Sé ætlunin að láta rör verða fyrir geislun í langan tíma er eðlilegt að kaupandinn óski eftir gögnum um ljósþol efnisins og áhrif ljóss á endingu röra í notkun.

6.3.2.7 Efnapol.

Efnapol plastefna er mjög mismunandi. Til er aragrúi af allskyns töflum um efnapol mismunandi efna, sem byggðar eru á mismunandi forsendum. Fyrir lagnamenn er hentugast að leita í staðlinum ISO/TR 10358 (1993) um efnapol röraefnanna LDPE, HDPE, PP, PB, U-PVC, C-PVC, ABS, PVDF OG PEX, eða í þýskum stöðlum fyrir mismunandi lagnaefni, en þeir eru m.a.:

DIN 8075, viðauki 1	fyrir HDPE
DIN 8078, viðauki 1	fyrir PP
DIN 8061, viðauki 1	fyrir PVC-hart

6.3.2.8 Gegndræpi.

Öll plastefni hleypa í gegnum sig lofttegundum og lífrænum efnum. Plastefnin eru þó misþétt fyrir hinum ýmsu efnum. Fyrir plaströr getur þar skipt máli, að súrefni kemst inn, raki kemst út, frostlögur kemst út og ef óholl eða bragðvond lífræn efnasambönd liggja að vatnsröri þá geta þau komist inn. Þessi gegndræpni er mjög lítil að öllu jöfnu, þannig að ekki þarf að hafa áhyggjur af henni í vatnsrörum fyrir kalt vatn, en hún vex mjög hratt með hækkun hitastigs. Þó ber að hafa í huga að leggja aldrei vatnsrör í olíu- eða leysiefnamengaðan jarðveg.

6.3.3 Pólýetýlen (PE).

Pólýetýlen efni er skipt í nokkra grunnflokka eftir eðlisþyngd og eiginleikum eins og fram kemur töflunni í grein 6.3.1. Fyrst kom það eðlislétta og mjúka (LDPE), þá eðlisþungt og sterkara (HDPE). Næst var farið að krossbinda það (PEX, sjá grein 6.3.6) og að framleiða meðaleðlisþungt með lítilsháttar aukið hitaþol (MDPE). Síðan komu nýjar útgáfur af eðlisléttu og eðlisþungu efni, sem eru sterkari (LLDPE og HDPE100).

Notkunarvið þessara mismunandi PE efna er eftirfarandi:

- LDPE hefur ekkert verið notað í lagnir hér á landi síðan Reykjalundur hætti að framleiða LDPE vatnsrör árið 1965. Þróunin var svipuð annarsstaðar í Evrópu.
- HDPE er algengasta plastefnið í rörum fyrir kalt vatn. Tveir framleiðendur eru af þeim hér á landi, Reykjalundur og Set.
- MDPE hefur aðallega verið notað snjóbræðslulagnir.
- LLDPE hefur nánast ekkert verið notað í lagnir í Evrópu.
- HDPE100 er ný og sterkari gerð af HDPE sem fyrst og fremst nýtur sín í sverum vatnslögnum og frárennsli. Gera má ráð fyrir aukningu í notkun þessa efnis.

Eins og sést á upptalningunni hér að ofan, er það fyrst og fremst HDPE (stundum kallað PEH), sem notað er í stofnæðar og dreifikerfi vatnsveitna. Ekki er að vænta annarra breytinga en að efnisþykkt sé minnkuð í sverari lögnum með notkun HDPE100, sem er sterkara en hefðbundið efni.

Innanhúss hafa vatnsrör úr plasti lítið verið notuð en búast má við aukningu í notkun plaströra sem dregin eru í hlífðarrör ("rör í rör"). Hlífðarrörið er þá að jafnaði pólýetýlen (LDPE eða HDPE).

Skv. ISO staðli og drögum að Evrópustöðlum er PE ætlað fyrir kalt vatn ($\leq 20^{\circ}\text{C}$) en áætlaður líftími skerðist við hærra hitastig (< 50 ár). Þó má búast við EN staðli innan fárra ára sem leyfir MDPE við hærra hitastig í 50 ár.

6.3.4 Pólýprópýlen.

PP er aðallega notað í frárennislagnir innanhúss, í snjóbræðslu og í hóflega heitar dreifbýlishitaveitur. Í frárennislagnirnar er notað hreint PP, PP-h (hómópólýmer), en í hinum rörunum er PP blanda, PP-c, PP-r eða PP-b, sem er höggþolnari í kulda hin rörin.

Helsti ókostur PP sem lagnaefnis fyrir kalt vatn er hve viðkvæmt það er í kulda. Eini kosturinn sem það hefur fram yfir HDPE er að það þolir betur heitt vatn, sem stundum skemmir kaldavatslagnir, t.d við millirennisli eða þegar heitavatslagnir gefa sig.

Skv. ISO staðli og drögum að Evrópustöðlum má leyfa PP upp í 70°C stöðuga notkun, en efasemdir eru um það hér á landi að svo hátt hitastig sé í öllum tilfellum ráðlegt.

6.3.5 Pólýbútýlen.

PB er aðallega notað hérlendis í snjóbræðslu og í hóflega heitar dreifbýlishitaveitur. Í Evrópu hefur það einnig verið notað í innra rör í "rör-í-rör" kerfum. Í Bandaríkjunum hefur PB allnokkuð verið notað í hitalagnir með tengistykkjum úr asetali plasti. Þessi tengistykki hafa reynst svo afar illa, að þau hafa eyðilaggt markaðinn þar fyrir PB rör.

Skv. ISO staðli og drögum að Evrópustöðlum má leyfa PB upp í 70°C stöðuga notkun.

6.3.6 PEX.

PEX er krossbundið PE efni. Það er að því leyti frábrugðið þeim efnum, sem að framan eru talin, PE, PP og PB, að það er ekki hægt að bræða efnið og sjóða rörin saman. Málmtengi þarf til. PEX hefur aðallega verið notað sem innra rörið í svokölluðum "rör í rör" kerfum og fyrir slíka notkun kemur ekki annað en PEX og PB til greina. Þessi tvö efni hafa þann kost að vera nokkuð þjál og þau þola einnig heitt vatn, sem er nánast nauðsynlegt vegna hættu á víxlun lagna eða millirennisli á heitu vatni.

Skv. ISO staðli og drögum að Evrópustöðlum má leyfa PEX upp í 70°C stöðuga notkun.

6.3.7 PVC.

PVC vatnsrör geta verið þynnri en PE og eru sumstaðar talinn ódýr og góður valkostur. Þau hafa nokkuð verið notuð hér í fiskeldisfyrirtækjum og sundlaugum. Þau eru viðkvæm í meðförum, sérstaklega í kulda og erfitt að mæla með þeim, þar sem hefð og verkþekking eru ekki til staðar.

PVC er fyrst og fremst notað í frárennislagnir utanhúss og í sumum löndum Evrópu er nokkur hefð fyrir notkun PVC röra í vatnsveitum. Rörin eru að jafnaði límd saman.

6.3.8 Trefjaplast.

6.3.7

Hefðbundið trefjaplast er úr glertrefjastyrktum pólýestra, skammstafað GRP á ensku. Það hefur nánast ekkert verið notað í rör hér á landi, en er þekkt í sverum lögnum og iðnaðarlögnum erlendis. Fleiri trefjastyrkt plastefni eru notuð í rör, s.s. glertrefjastyrkt fenolplast (tregbrennandi) og koltrefjastyrkt epoxíð (notað í mjög ætandi umhverfi).

Vegna framfara í PE lögnum er núverandi notkunarsvið trefjaplastlagna fyrst og fremst sérlausnir í efnaiðnaði. Litlar líkur eru á, að mikið af svona lögnum eigi eftir að sjást hér á landi.

6.3.9 Plast/ál/plast.

Fyrir allnokkrum árum komu fram plaströr með álkápu til að hindra gegndræpi súrefnis. Vandamál þessara röra var að hitaþensla álsins er miklu minni en plastsins. Því var hætt við, að álkápan losnaði frá og rifnaði við hreyfingarnar í plastinu. Á síðustu árum hafa síðan komið á markaðinn samsett rör til innanhússlagna, sem gjarnan eru kölluð plast/ál/plast, þar sem álið er nógu þykkt til að vera ráðandi í hreyfingum röranna og taka upp álag. Límlag er milli áls og plasts, sem á að halda plastinu á sínum stað.

Hér hafa verið á markaði þýsk PEX/ál/PEX rör og rör, sem uppfylla danskar VA-viðurkenningarreglur yfir þessi rör. Þau eru þar skilgreind sem álrör með þykku plastlagi utaná og innaná, þar sem innra plastlagið er úr PEXi og það ytra úr pólýólefínplasti (PE, PEX, PP, eða PB). Rörin eru ætluð til dreifingar á köldu eða heitu vatni innanhúss.

Þessi rör eru að því leiti frábrugðin þeim plaströrum, sem að undan eru talin, að engin staðall er til yfir þau. Þau hafa hins vegar fengist viðurkennd í sumum löndum til ákveðinnar notkunar. Það er ljóst, að plastefnin endast ekkert lengur, eða þola meiri hita en í hreinu plastkerfi. Það sem sagt er hér um hitaþol plastefnanna á því jafn vel við um þessi rör. Til viðbótar við hefðbundin plaströr þarf einnig að vera tryggt að límingin við álið haldi í 50 ár og því er flóknara að sýna fram á endinguna með prófunum.

6.3.10 Súrefnissperra.

Eins og fram kemur í grein 6.3.2.8 þá er ekkert plastefni þétt gagnvart súrefni. Plastefnin eru hins vegar mjög misþétt, og þótt ekki sé hægt að koma algerlega í veg fyrir súrefnisupptöku vatns í gegnum plast, þá er hægt að draga mjög verulega úr henni með notkun súrefnissperra úr plasti. Algengustu sperruefnin eru PVdC og EVOH (etýlen vinýl alkóhól). Algengustu sperrur á plaströrum eru tæplega 0,1 mm þunn EVOH plastfilma.

Súrefnisgegndræpi plaströra er áhyggjuefni, þar sem heitt eða volgt vatnið á eftir að fara um lagnahluta úr stáli, s.s. ofna. Súrefnisgegndræpið eykst mjög hratt með hækkandi hitastigi og mikilvægt að sperran uppfylli kröfur við vinnuhitastig kerfisins, sem oft er hærra héraðs og varir lengri tíma ársins en erlendar prófanir á sperrunni miða við.

Það er mjög sérstætt, að hvorki ISO- eða prEN-staðlar gera neinar kröfur um gæði súrefnissperra á hitaþolnum plaströrum. Eini staðallinn, sem skilgreinir gæði súrefnissperra, er DIN 4726, en hann fjallar um gólfhitakerfi. Röraframleiðendur vísa oft í þennan staðal. Krafa er: Súrefnisinnstreymi $\leq 0,10$ g/m³ af vatni á sólarhring við 40°C. Sé miðað við 10 m langt rör

6.3.8

með innra þvermál 10 mm og rennsli 0,2 l/mín, eins og algengt er í ofnakerfum, verður súrefnisaukningin í vatninu mest 0,3 ppb við 40°C skv. DIN 4726. Þetta er ásættanlegt, a.m.k. þar sem vatn er ekki mjög salt.

Mælingar, sem gerðar hafa verið hér á landi með óvörðum rörum, gáfu um 6 ppb við sömu skilyrði og um 24 ppb við 80°C. Ofnar entust oft um 8-12 ár í kerfum með óvörðum rörum, og er það í samræmi við þetta súrefnismagn.

Á margan hátt er krafa staðalsins ágæt viðmiðun og eðlilegt að setja þá kröfu hér á landi, að súrefnissperra á hitaþolnum plaströrum fullnægi sömu kröfu og í DIN 4726 en upp í notkunarhitastig, hvort sem það er 40°C, 60°C, 70°C eða hærra. Skv. þeim gögnum, sem fyrir liggja, lítur hins vegar ekki út fyrir að sperrurnar standist þessar kröfur fyrir grannar lagnir (16-25mm) nema upp í u.þ.b. 70°C.

6.3.11 Límfefni.

Nánast öll lím (að undanskildu sementi og gipsi) eru plastefni. Það sem áður hefur verið sagt um efnisfræði plasts gildir því líka um lím.

Rör sem eru límd saman eru:

- PVC-rör eru límd með PVC lími. Límið er uppleyst PVC, sem leysir einnig upp yfirborð límflatanna og samlagast þeim.
- ABS rör eru límd saman með þar til gerðu lími.
- Trefjaplast rör (úr pólýestra, epoxíði eða fenóli) eru oftast límd með tvíþátta epoxíð lími.

Til þess að lagnirnar uppfylli kröfur um endingu, þarf límið ekki einungis að grípa vel í röryfirborðið, heldur einnig að uppfylla sömu kröfur um hitaþol og öldrunareiginleika og efnið í rörunum sjálfum.

Að líma saman stífa hluti og langa (eins og rör), sem ætla má að allnokkuð álag geti verið á, gerir feikilega miklar kröfur til bæði límfefnis og handverks. Eftirfarandi þættir valda ófullnægjandi límingu:

- Límfefni rangt valið.
- Límfefni of gamalt.
- Límfúga rangt löguð.
- Undirbúningur yfirborðs ófullnægjandi.

Þegar líming gefur sig, er það annað hvort þannig að límið sjálft hefur brotnað, eða það, sem ekki er síður algengt, að límið losnar alfarið af öðru yfirborðinu. Líming, sem í upphafi var blýföst, getur með tímanum losnað frá öðru yfirborðinu. Orsökina má oftlega rekja til þess, að verklýsingu um hreinsun slípun eða grunnun yfirborðs hefur ekki verið fylgt.

6.4 Önnur efni í vatnsveitum.

6.4.1 Steinsteypa og sementshúð.

Steinsteypa er notuð í geyma fyrir kalt vatn og einnig sem húð innan í stál- og seigjárnsrör til þess að verja þau gegn tæringu. Sementshúð er einnig notuð til þess að verja miðlunargeyma úr stáli gegn tæringu bæði í vatnsveitum og hitaveitum. Sementið í steypunni er að mestu blanda af kalsíum silikati og kalsíum aluminati. Þegar kalsíum silikatið binst vatni og harðnar, umbreytist hluti þess í kalsíum hydroxíð (Ca(OH)_2). Kalda vatnið hér á landi er mjúkt, sbr. grein 6.6.2.4, og hefur tilhneigingu til þess að þvo kalsíum hydroxíðið úr steypunni með tímanum. Það gerist þó mjög hægt vegna hins lága hitastigs vatnsins, og upplausnin hefur ekki umtalsverð áhrif á endingu húðarinnar. Stundum má þó greina í gömlum sementshúðuðum rörum fyrir kalt vatn, að húðin hefur mýkst á yfirborðinu vegna upplausnar á kalsíum hydroxíði.

Sements- eða steypuhúð í rörum er um 2.5-9.0 mm þykk og stöðluð skv. ISO 4179, sbr kafla 10.4.3. Húðin á miðlunargeymum er þynnri eða oft um 0.6-1.5 mm. Sementshúðin virkar á tvönnan hátt til tæringarvarna. Annars vegar hindrar hún, að vatn komist að málmyfirborðinu. Hins vegar verður það vatn, sem kemst að yfirborðinu í gegnum húðina og situr þar, mjög basískt eða með pH-gildi um 12-13. Þar með verður tæring á stáli í því vatni mjög hæg.

6.4.2 Asbest.

Asbeströr eru framleidd úr sementi og um 11-19% af asbestrefjum. Asbestrefjarnar eru náttúrulegar magnesíum-silikat trefjar, sem hafa gífurlegt þol gegn flestum tærandi efnum. Ryk þeirra er talið krabbameinsvaldandi, og því er notkun asbests nú bönnuð víða um lönd þar á meðal hér á Íslandi sbr. Reglugerð um bann við innflutningi og notkun asbests frá 1983. Við vinnu með asbest og förgum þess þarf því að gæta fyllstu varúðar að ekki myndist asbestryk í andrúmsloftinu.

Asbeströr voru töluvert notuð hjá vatnsveitum og hitaveitum hér á landi í aðveituæðar, og eru því enn í notkun. Vatnið leysir smám saman upp sementið innan úr rörunum. Gerist það mjög hægt í köldu vatni, en upplausnin getur orðið mun hraðari í hitaveituvatni, einkum þegar rörin eru ný. Auðvelt er að mæla þetta með því að skoða kalsíummagn í vatninu fyrir og eftir asbeströrin. Í sumum hitaveitum hefur kalsíumaukningin gert vatnið hart, þannig að útfelling kalks (kalsíum karbónat) hefur myndast eftir asbestlögnina. Upplausn sements úr asbeströrum hefur minnkað og nær stöðvast með tímanum nema í einni hitaveitu, svo vitað sé.

6.4.3 Gúmmí.

Ýmsar gúmmítegundir eru notaðar í búnað fyrir heitt og kalt vatn, t.d. mæla, loka, hemla, blöndunartæki og pakkningar. Algengast þeirra er EPDM, en af því eru til ýmis afbrigði. Flestar gúmmítegundir endast vel í köldu vatni. Hitapol gúmmítegunda er hins vegar takmarkað og harðna þær því fyrr, þeim mun hærra sem hitastig vatnsins er. Samfara hörðnuninni fer oftast sprungumyndun og rúmmálsbreyting. Brennisteinssambönd (t.d. súlfíð) og súrefni í hitaveituvatni geta aukið hraða skemmdanna verulega. Mikið vantar á þekkingu á eiginleikum gúmmítegunda í hitaveituvatni hér á landi, en niðurstöður fyrstu rannsókna á þessu sviði eru að koma út (Ragnheiður Inga Þórarinsdóttir, Rb).

6.4.4 Bikhúð og plasthúð.

Bikhúð er notuð til þess að verja stál- og seigjárnsrör gegn tæringu. Hún er t.d. stöðluð skv. þýska staðlinum DIN 30674-T4 sbr. kafla 10.4.3. Bikið er þykkfljótandi tjöruefni, oft styrkt með dúkvafningum utan á rörunum. Hlutverk bikhúðarinnar er eingöngu að hindra, að vatn komist að málmyfirborðinu. Hún ver málminn hins vegar ekki, ef göt koma á hana. Því þarf að vanda vel til meðferðar og lagningar bikhúðaðra röra, þannig að jarðfyllingin í kringum þau myndi ekki göt á húðina með tímanum. Óvarlegt er að treysta bikhúð á svæðum, þar sem jarðvatn, sérstaklega mýrarvatn (súrt), getur legið á rörunum langtímum saman. Á það bæði við um stál- og seigjárnsrör.

Á seinni árum hefur plasthúðun farið að koma í stað bikhúðar og sementshúðar. Má þar nefna, að PE-húð er sett ofan á sínkhúð utan á rör. Sínið ver þá málminn, ef örlítið göt koma á plasthúðina. Sú vörn varir þó ekki lengi við tærandi aðstæður. Einnig er epoxyhúð notuð bæði innan á og utan á rör.

6.4.5 Málning.

Tilgangur málunar er að hindra, að raki komist að málmyfirborðinu, þannig að engin tæring nái að myndast. Sumar gerðir málningar innihalda einnig tæringarvarnarefni, þannig að þær eiga að verja málminn um tíma, þótt einhver raki komist í gegnum málningarhúðina.

Þegar velja á málningu fyrir stál, ræður undirbúningur grunnflatarins fyrir málum einna mestu um það, hvaða kerfi er heppilegast og hve löng ending fæst á málninguna. Því vandaðri sem hreinsunin er, þeim mun lengri á endingin að verða.

Undirbúningsvinna fyrir málningu hefur verið flokkuð í ISO-staðli 8501-1 og sænskum staðli SIS 05 5900. Flokkarnir eru:

- St 2 og St 3 tákna handhreinsun annars vegar með vírbursta (St 2) og hins vegar með vélbúnaði (St 3).
- Sa 1, Sa 2, Sa 2½ og Sa 3 sýna mismunandi sandblástur. Sa 1 er minnsta hreinsum en Sa 3 sú mesta. Sa 2½ er algengt val, þar sem ná á mjög góðri endingu við erfiðar aðstæður.

Grunnmálning er notuð til þess að tryggja viðloðun milli málsins og yfirmálningarinnar. Gamla *blýmenjan* var grunnmálning, sem hentaði vel á lítið hreinsað yfirborð (St 2), en hún fæst ekki lengur af heilsufarsástæðum. Þau efni, sem komið hafa í stað hennar, þurfa almennt betri

hreinsum, ef viðunandi árangur á að nást. Tveir meginflokkar eru algengastir. *Ætigrunnar* eru súr efni, sem notuð eru á sínk (galvanhúð), ál og stál. Hámarksþykkt húðarinnar er um 0.01 mm (10 μ m). *Smíðjugrunnur* er notaður á sandblásið stál. Hann hindrar ekki suðu á stálinu. Hámarksþykkt húðarinnar er um 0.02 mm (20 μ m).

Yfirmálningin þarf að vera vel rakapétt. Sem dæmi um málningargerðir má nefna *vinýl-, klórgúmmí-, epoxy-, akríl-, polyúretan- og tjörumálningu*. Algengt er, að hafa filmuþykkt málningarinnar minnst um 0.2 mm (200 μ m), ef um tærandi aðstæður er að ræða, til þess að ná viðunandi þéttleika á húðina. Einfaldir mælar fást til þess að mæla filmuþykk málningar, bæði blautfilmu- og þurrfilmumælar. Yfirleitt eru einfaldir blautfilmumælar fánlegir hjá málningarframleiðendum og þeir aðstoða einnig við útvegum þurrfilmumæla.

Að lokum er rétt að ítreka, að lítil tilgangur er í því að nota dýr málningarkerfi, ef ekki er lögð vinna í góða hreinsun yfirborðsins fyrir málun.

6.5. Málmtæring. Grundvallaratriði.

6.5.1 Almenn.

Flestir málmar, sem notaðir eru í vatnsveitum og hitaveitum, eru unnir úr efnasamböndum, sem finnast í náttúrunni. Þessi efnasambönd geta verið sambönd málms og súrefnis (oxíð, hydroxíð), brennisteins (súlfíð, súlföt) eða annarra efna.

Eftir framleiðslu úr efnasamböndunum hafa þessir málmar tilhneigingu til þess að mynda efnasambönd að nýju, þ.e. þeir vilja tærast. Málmtæring er því eðlileg afleiðing hins náttúrulega eðlis málma til þess að mynda efnasambönd.

6.5.2 Elektrókemísk málmtæring.

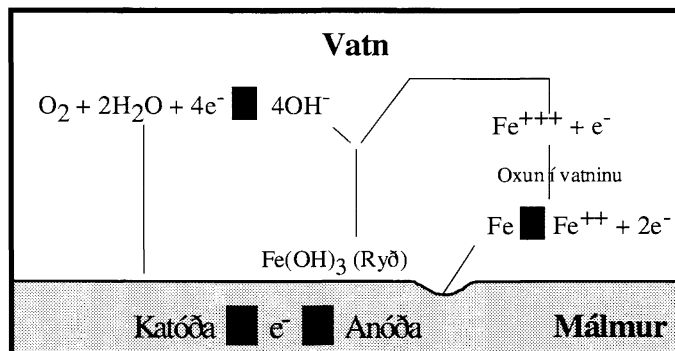
Öll tæring, sem fram kemur í vatnsveitum, er í eðli sínu elektrókemísk. Til þess að tæringin myndist, þarf vökva á málmyfirborðinu. Þessi vökvi þarf ekki að vera sýnilegur, heldur nægir sú rakafilma, sem yfirleitt er á hlutum í andrúmslofti.

Tvær gerðir rafskauta myndast á röku málmyfirborðinu, anóða og katóða. Málmurinn leysist upp á anóðusvæðinu og myndar málmjónir í vökvanum en jafnframt verður eftir rafhleðsla í grunnefninu. Grunnefnið þarf síðan að losna við rafhleðsluna til þess að uplausnin (tæringin) geti haldið áfram. Það gerist með efnabreytingum við katóðuna. Helsta efnahvarf, sem þar getur komið fram, er eyðing súrefnis:



Uppleyst súrefni + vatn + rafhleðsla \Rightarrow hydroxíð

Mynd 6.5.1 skýrir þetta fyrir stál. Járnjónirnar, sem myndast við anóðuna og hydroxíðjónirnar, sem myndast við katóðuna, ganga í efnasamband og falla út sem ryð. Ryðið sest yfirleitt mun nær katóðunni en anóðunni.



Mynd 6.5.1 Tæring á stáli.

6.5.2

Þar sem tæringin felur í sér flutning á raffhleðslu, skiptir rafleiðni í vökvanum við málmyfirborðið milli anóðu og katóðu miklu máli um tæringarhraðann. Því betri leiðni, þeim mun hraðari tæring. Aukin selta vatns eykur því yfirleitt tæringarhraðann.

Með því að skoða mynd 6.5.1 má ljóslega sjá, hvernig helstu grundvallaraðferðir tæringarvarna eru fengnar:

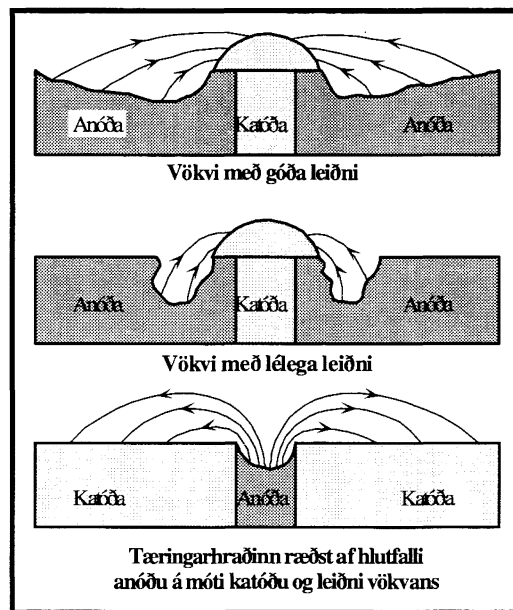
- Að losna við rakann af málmyfirborðinu. Varnaraðferð: Málun, sementshúðun.
- Að losna við katóðuefnabreytinguna. Varnaraðferð: Súrefniseyðing úr vatni.
- Að skipta um málm í snertingu við rakann. Varnaraðferð: Málmhúðun
- Að eyðileggja anóðurnar/katóðurnar. Varnaraðferð: Tæringarvarnarefni.

6.5.3 Galvanísk tæring.

Hver málmur hefur ákveðna rafspennu í vökva. Þessi rafspenna er mismunandi hjá mismunandi málmmum. Tafla 6.5.1 sýnir spennuröð helstu smíðamálma.

Tafla 6.5.1 Spennuröð málma.
Anóðuendi, tærist frekar.
Magnesíum
Sínk, galvanhúðað stál
Ál, álmelmi án eirs
Kadmíum
Stál, seigjárn, pottur
Ryðfrítt stál 13% króm
Ástenískt ryðfrítt stál án oxíðhúðar (aktíft)
Eir og eirmelmi
Nikkel
Monel
Ástenískt ryðfrítt stál með oxíðhúð (passíft)
Silfur
Grafít
Katóðuendi, tærist síður.

Þegar tveir málmur eru tengdir saman í leiðandi vökva eykur spennumismunur milli þeirra tæringu þess málms, sem ofar er í töflu 6.5.1 en dregur úr tæringu hins næst tengistaðnum. Með þessu móti getur komið fram hröð staðbundin tæring, einkum ef málmarnir liggja langt frá hvor öðrum í spennuröðinni (mynd 6.5.2).



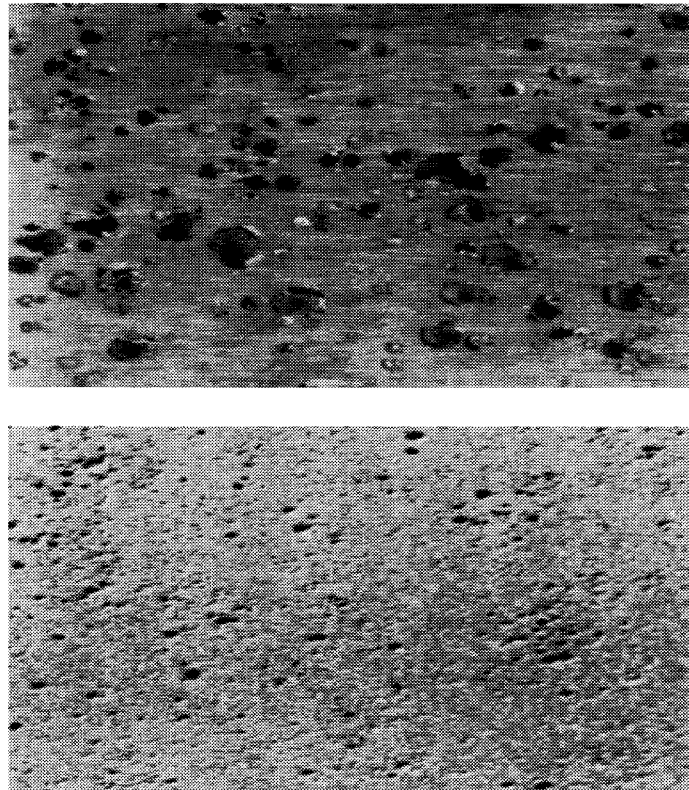
Mynd 6.5.2 Galvanísk tæring.

Um galvaníska tæringu gilda sömu lögmál og um aðra elektrókemíska tæringu, þ.e. að aukin leiðni vökvans eykur tæringarhraðann og einnig, að einhverja efnabreytingu þarf við katóðuna til þess að losa málminn við rafhleðslu, t.d. eyðingu súrefnis. Galvanísk tæring er því algengust og hröðust í söltu vatni, þar sem súrefni er til staðar, t.d. í sjó. Hún á að vera hæg í köldu neysluvatni, nema að vatnið innihaldi töluvert af klóríði (sjá grein 6.6.2.3). Þó má oft sjá verulega tæringu innan í galvanhúðuðum rörum í kaldavatnslögnum, þar sem rörin tengjast lokum eða öðrum hlutum úr eirmelmum, jafnvel þótt vatnið sé lítið salt. Myndast þá oft staðbundinn tappi úr ryði í rörið við samskeytin. Lítil tengistykki úr galvanhúðuðu stáli hafa einnig tærst hratt í lögnum úr ryðfríu stáli eða eir, enda er spennunurinn mikill skv. töflu 6.5.1 og stærðarhlutföll málmanna óhagstæð sínkinu. Í hitaveituvatni vantar oftast efnabreytingu við katóðuna, svo galvanísk tæring verður lítil.

6.5.4 Jöfn tæring - pyttatæring.

Þegar anóður og katóður myndast á málmum og tæring hefst, er um tvo möguleika að ræða um framhaldið. Annar er sá, að anóðurnar og katóðurnar skipti stöðugt um staði eftir því sem tæringarmyndanirnar hlaðast upp og/eða óhreinindi koma fram í málmyfirborðinu. Myndast þá tiltölulega jöfn tæring, sem venjulega veldur ekki verulegum vandamálum.

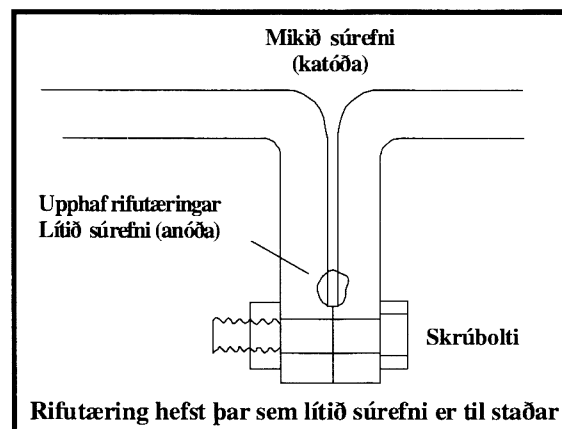
Hinn möguleikinn er sá, að anóðurnar setjist fastar á ákveðna staði, þannig að málmurinn eyðist þar stöðugt og djúpar holur myndast. Nefnist það pyttatæring og holurnar kallast tæringarpyttir (mynd 6.5.3). Algengasta orsök pyttatæringar er, að ófullkomin varnarhúð hafi myndast á málmum, þannig að aðeins einstaka blettir séu opnir fyrir anóðumyndun. Þessi varnarhúð getur til dæmis verið oxíðhúð, sem myndast þegar málmurinn byrjar að tærast. Þetta getur m.a. gerst á ryðfríu stáli, eir og sínski, en þessir málmur byggja tæringarþol sitt á varnarhúð á yfirborðinu. Á smíðstáli og seigjárnmi myndast pyttir frekar undir óhreinindum, sem setjast á málmum eða vegna óhreininda, sem koma fram í málmyfirborðinu.



Mynd 6.5.3. Pyttatæring. Að ofan er plata með ófullkominni varnarhúð, t.d. ryðfrítt stál í söltu vatni. Fáir afmarkaðir djúpir pyttir myndast. Að neðan er plata úr svörtu stáli í tærandi umhverfi. Pyttirnir eru margir og smáir, og einnig er jöfn tæring á öllu yfirborðinu

6.5.5 Rifutæring.

Í þröngum vökvafylltum rifum er tilhneiging til þess að staðbundin tæring myndist, ef súrefni er í vatninu. Þetta kallast rifutæring (mynd 6.5.4). Málmurinn leysist upp inni í rifunni, þar sem súrefnið eyðist fljótt úr vökvannum, en katóðan verður utan við rifuna.

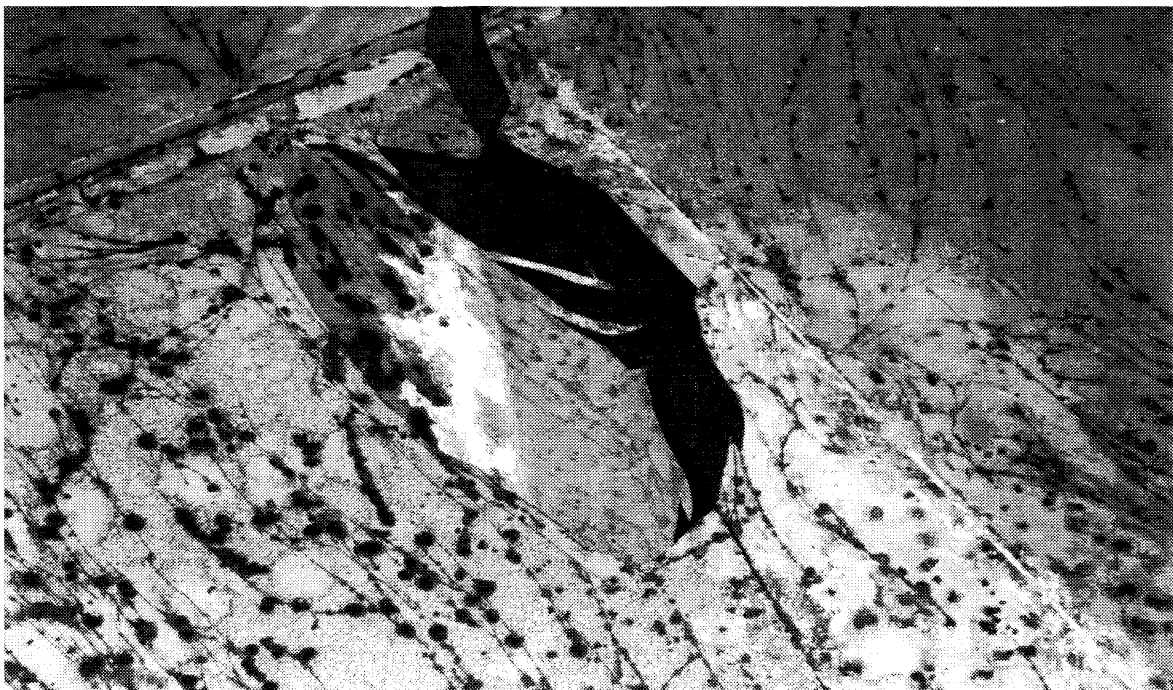


Mynd 6.5.4 Rifutæring á boltuðum samskeytum.

Rifutæring er algeng í ryðfríu stáli. Af þeim sökum er þess víða krafist, að *stál 316* sé lágmarksgæðakrafa í lagnir með þrýstítengjum, en þar myndast rifur í hverri samsetningu. Rifutæring er einnig algeng undir þakningum. Sérstaklega er varúðar þörf með grafitþakningar, en grafitið vinnur að auki sem eðalmálmur við að flýta tæringunni, sbr. töflu 6.5.1.

6.5.6 Spennutæring.

Spennutæring hefur einnig verið nefnd álagstæring (Stress Corrosion Cracking, SCC). Hún myndast af samverkandi þáttum álagsspennu í málminum og málmtæringar. Í stað þess að pyttir myndist, koma fram sprungur í málminum (mynd 6.5.5). Algengast er að sjá þessa tæringu í ryðfríu ástenísku stáli (304 og 316) við hitastig yfir 60-70°C. Auk hitans þarf klóríð (selta) að

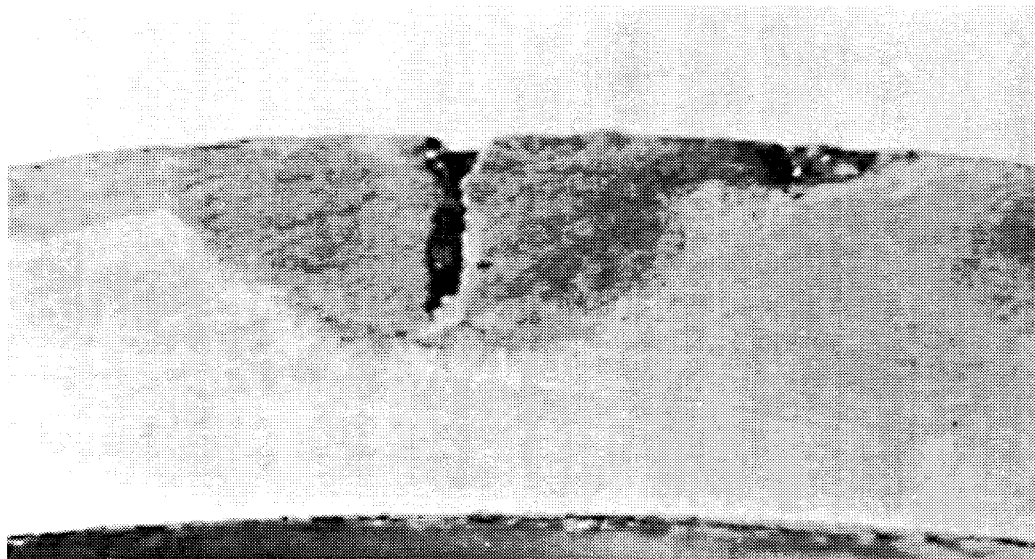


Mynd 6.5.5. Spennutæring á ryðfríu stáli AISI 304. Myndin er af flotábreiðu í hitaveitugeymi. Vatn gufar upp af efra yfirborði stálsins en skilur steinefnin eftir. Við það myndast þar kjöraðstæður fyrir tæringuna. Línurnar á myndinni eru sprungur og dökku punktarnir ryð. Gatið myndaðist, þegar annar höfunda þessa kafla steig í gegnum stálið.

vera fyrir hendi á málmyfirborðinu. Algeng dæmi um ryðfría hluti, sem hafa tærst spennutæringu, eru annars vegar varmaskiptaplötur, pípulagnir og afloftarar í jarðvarmavirkjunum og hins vegar þenslubarkar, þenslustykki og ryðfríir lokar í dreifikerfi hitaveitna. Tæringin myndast utan á þessum hlutum vegna utanaðkomandi raka eða vegna leka. Vatnið gufar upp af heitum hlutum en skilur eftir saltið, sem í því er. Myndast þannig smám saman kjöraðstæður fyrir álagstæringu utan á hlutum vegna samspils salts, raka og súrefnis. Notkun á ástenísku ryðfríu stáli við hitastig yfir 60-70°C, þarfnast því mikillar varúðar með tilliti til utanaðkomandi raka.

6.5.7 Valtæring.

Í ýmsum melmum (málmblöndum), sem byggð eru upp úr fleiri en einni gerð af kornum, getur einn málmurinn í blöndunni tærst burtu. Eftir situr frauðkenndur massi, sem heldur lögun hlutarins óbreyttri en hefur nær engan styrk (mynd 6.5.6). Þannig velur tæringin einn þátt efnisins til eyðingar. Algengustu efni, sem tærast valtæringu, eru grájárn (pottur) og ýmis eirmelmi. Margir þekkja dæmi þess, að hægt sé að tálga gamla potthluti, sem veriða hafa í köldu vatni eða sjó. Hefur járneið þá tærst burtu, en grafítið situr eftir.



Mynd 6.5.6. Valtæring utan frá á pottörri. Á svartra svæðinu er járneið horfið, en grafítið situr eftir. Hægt er að skera með hníf í skemmdina.

Ýmsis eir-sínk melmi eru viðkvæm fyrir valtæringu í mjúku köldu vatni, sbr. grein 6.6.2.4. Samkvæmt breskum heimildum er vatn með hörkuna 1 °dH og klóríðmagn um 15 mg/l á mörkum þess að tæra eir-sínk melmi valtæringu. Eru þetta svipuð gildi og víða finnast í vatni hér. Ekki er þó vitað til þess, að valtæring hafi komið fram í umtalsverðum mæli í köldu vatni hér á landi. Sumir lóðmálmur fyrir eir tærast hins vegar valtæringu í hitaveitvatni með súlfíði (sbr. grein 6.2.7).

6.5.8 Þreytutæring.

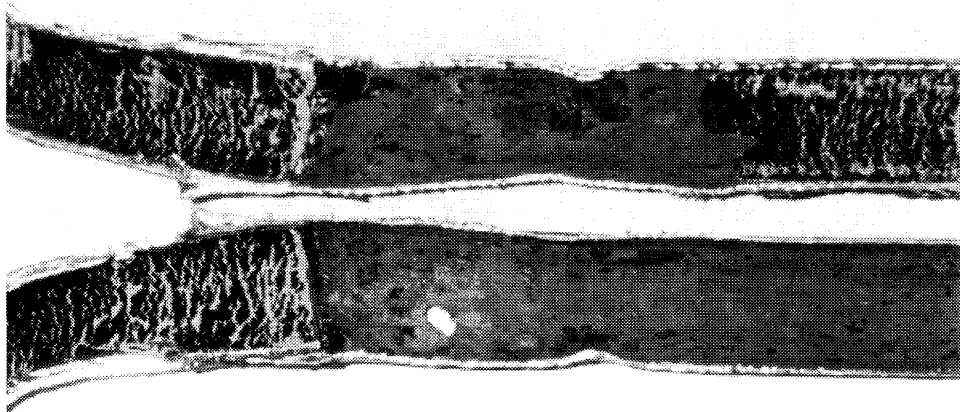
Þreytutæring (corrosion fatigue) stafar af samverkandi áhrifum tæringar og málmþreytu. Getur tæringin bæði valdið myndun þreytusprungna t.d. út frá tæringarpyttum eða flýtt fyrir framgangi sprungnanna, eftir að þær hafa myndast. Dæmi eru um, að þreytutæring hafi valdið sprungumyndun í gufulögnum í jarðvarmavirkjunum. Sprungurnar myndast innan frá í suðumörkum rafsúðu á rörunum, þar sem innri spennur eru mestar í efninu. Súrt þéttivatn, sem myndast í lögnum, skapar tæringarþáttinn.

6.5.9 Kornamarkatæring.

Í sumum ryðfríum stáltegundum geta króm og kolefni bundist saman í krómkarbíð, ef efnið er hitað t.d. við rafsuðu. Hraði samrunans verður langmestur í kornamörkum efnisins. Getur krómið þá ekki lengur sinnt hlutverki sínu til tæringarvarna. Við tærandi aðstæður leitar tæringin því með miklum hraða eftir kornamörkum efnisins og kornin losna einfaldlega burtu. Af þessum sökum eru ryðfríar stáltegundir með mjög lágu kolefnisinnihaldi (algengt um 0.03% C) oftast valdar í rafsoðna hluti, sem nota á við tærandi aðstæður. Þessar tegundir eru oft merktar með bókstafnum *L*, t.d. 316L. Annar möguleiki, sem ekki er eins algengur hér á landi, er að nota ryðfrítt stál, sem blandað er með örlitlu títan eða níóbíum. Þessi efni ganga hraðar í samband við kolefni en krómið, þannig að það helst óbundið til tæringarvarna, þótt efnið sé hitað.

6.5.10 Ólgutæring.

Ólgutæring stafar af því, að straumhvirflar í vatni, t.d. í beygjum á rörum, rífa með sér þá tæringarvarnarhúð, sem málmurinn hefur myndað. Ólgutæring lýsir sér yfirleitt sem skeifulaga pyttir með skarpar brúnir og eru þeir undirgrafnir í straumstefnuna. Þetta tæringarafbrigði sést mest í eirrörum, þar sem rennslis hraði er mikill og hvirflar rífa stöðugt burtu þá oxíð- eða súlfíðhúð, sem eirinn myndar sér til varnar (mynd 6.5.7). Í íslenskum staðli ÍST 67 eru settar kröfur um hámarksrennslis hraða í eirlögnum, sem eiga við um kalt vatn og upphitað kalt vatn. Er hann frá 1.3 upp í 12 m/s eftir aðgengi lagna og vatnshitastigi. Hámarkshraðinn í lögnum með súlfíðríku hitaveituvatni þarf að vera mun minni. Tillaga hefur sést um 0.2 m/s. Mörg þekkt dæmi eru um ólgutæringu í eirlögnum á Keflavíkurflugvelli (ekkert súlfíð) og fjölmörg dæmi eru um eyðileggingu á hitaelementum fyrir lofthitablásara, þar sem súlfíð er í hitaveituvatni.



Mynd 6.5.7. Ólgutæring í eirröri úr lofthitaelementi. Þegar vatnið kemur út úr beygjuni til vinstri, myndast straumhvirflar, sem rífa burtu eirsúlfíðhúðina í rörinu. Rörið heldur því áfram að tærast og gat hefur myndast á neðri hlutanum.

6.5.11 Slitttæring.

Sandur og önnur óhreinindi geta rifið burtu tæringarvarnarhimnur svipað og straumhvirlarnir, sem rætt var um í ólgutæringunni hér að ofan. Er þetta sambland af sliti og tæringu algengt í dælubúnaði við vatnsöflun.

Afbrigði af slitttæringu er "kavitation"-tæring. Hún kemur meðal annars fram í kælikerfum véla, skipsskrúfum og dælum. Stafar hún af sífelldum þrýstingsbreytingum við málmyfirborðið t.d. vegna titrings. Við lágan þrýsting myndast staðbundnar loftbólur við málmyfirborðið. Þegar þrýstingurinn hækkar þrýstast bólurnar saman og springa. Rífa þær þá burtu tæringarvarnarhúðina og jafnvel agnir úr málminum sjálfum. Tæringin ræðst síðan á óvörðu svæðin jafnóðum og þau myndast, og djúpir pyttir koma í málminn.

6.5.12 Útleiðsla.

Lekastraumur (stray-current) veldur stundum tæringu, sérstaklega þegar hann fer aðra leið til jarðar en honum er ætlað. Lekastraumur, sem veldur tæringu, getur orðið til í dælum og öðrum raftengdum búnaði. Dæmi er um, að ójarðtengd dæla í borholu fyrir kalt vatn hafi eyðilagst af tæringu á skömmum tíma vegna útleiðslu. Við tæringu vegna útleiðslu myndast tæringarskemmdin þar sem straumurinn fer út úr málminum til jarðar, eða þar sem hann fer á milli málma, sem einangraðir eru hvor frá öðrum, á leið sinni til jarðtengingar. Nær útilokað er, að útleiðsla valdi tæringu innan í vatnskerfum innanhúss, nema að heimæðar vatns- og hitaveitu séu báðar úr plasti og ekki sé fullkomið jarðskaut við húsið. Með aukinni notkun plaströra í heimæðar, getur tæring vegna útleiðslu því orðið vaxandi vandamál.

6.5.13 Tæring vegna örvera - gerlatæring.

Rannsóknir á þætti örvera í tæringu í vatnskerfum (microbiological corrosion) fara stöðugt vaxandi erlendis. Áhrif örvera á tæringu utan á lögnum í jörðu hafa lengi verið þekkt. Helsta dæmið er, að örverur ("sulphate reducing bacteria") brjóta niður súlfat (SO_4) í jarðvatni og jarðvegi og breyta því í súlfíð (HS^-). Súlfíðið veldur síðan tæringu á stáli og járnsteypu í jarðvatninu. Helst má ekkert súrefni vera í umhverfinu, svo örverurnar nái sér á strik.

Á seinni árum hefur athyglin mest beinst að áhrifum örvera á tæringu í hringrásarkerfum. Geta þær aðallega haft tvenns konar áhrif:

- Að framleiða tæringarvaldandi efni í kerfunum, t.d. súlfíð úr súlfíti eða súlfati.
- Að stuðla að uppsöfnun óhreininda á málmyfirborðinu, þannig að þar myndist pyttatæring. Örverur, sem oxa tvígildar járnjónir upp í þrígildar og flýta þannig útfellingu ryðs, eru sérstaklega áhrifamiklar í þessu.

Þessi tæring af völdum örvera í hringrásarkerfum hefur oft tengst notkum tæringarvarnarefna inn á kerfin, en þau hafa virkað sem fóður fyrir örverurnar.

Skylt vandamál hefur nokkrum sinnum komið upp hér á landi í lokuðum snjóbræðslukerfum og gólfhitakerfum, þar sem frostlögur er notaður. Hafa örverur komist í kerfin og nærst á frostleginum og fjölgað sér. Smá saman fyllast kerfin svo og stíflast af lífrænni leðju úr örverunum. Sumir eigendur stórra snjóbræðslukerfa bæta nú bakteríueyðandi efnum reglulega inn á þau til þess að koma í veg fyrir þetta vandamál.

6.6 Málmtæring í köldu vatni.

6.6.1 Kalt vatn á Íslandi.

Einkenni á köldu neysluvatni á Íslandi er, að það inniheldur í flestum tilfellum mjög lítið af uppleystum efnum. Það er einungis þar sem sjór kemst í vatnið, eða það er tekið af gömlum sjávarsvæðum, að töluverð selta getur verið í vatninu.

Tafla 6.6.1 sýnir nokkur dæmi um kalt vatn í íslenskum vatnsveitum. Vatnið er alls staðar mjúkt, þ.e. það inniheldur lítið af kalsíum og magnesíum. Samfara því er magn af bíkARBÓNATI lágt miðað við vatn erlendis. Þetta er talið slæmt með tilliti til málmtæringar á flestum málum samkvæmt erlendum stöðlum. Hvergi er notuð íblöndun til þess að breyta vatnsgæðum hér nema hjá Varnarliðinu á Keflavíkurflugvelli.

6.6.2 Helstu áhrifaþættir tæringar í köldu vatni.

Hér á eftir verður farið yfir áhrif helstu efnisþátta í köldu vatni á tæringareiginleika vatnsins.

6.6.2.1 Uppleyst súrefni.

Kalt neysluvatn inniheldur oftast um 10-11 mg/l (ppm) af uppleystu súrefni. Er það nálægt metnun miðað við hitastig. Súrefni er nauðsynlegt í köldu neysluvatni vegna bragðsins, þannig að breytingar á því koma ekki til greina sem tæringarvörn, ef nota á vatnið til neyslu. Brunakerfi byggja hins vegar oftast tæringarvörn sína á því, að súrefnið eyðist og hverfi, þar sem vatnið stendur kyrrt í lokuðum lögnum.

6.6.2.2 pH-gildi.

Yfirleitt er pH-gildi í köldu vatni á bilinu 7-9. Á þessu bili má telja, að aukið pH-gildi dragi úr tæringu flestra málma nema etv. áls. Munurinn er þó ekki mikill, þannig að pH-gildið hefur lítil áhrif á efnisval. Ef pH-gildið fer hins vegar niður fyrir 7 geta farið að koma fram breytingar. Þannig tærast eirrör hjá Varnarliðinu á Keflavíkurflugvelli, þar sem notað er vatn úr Vatnsveitu Suðurnesja, sem reynst hefur ágætlega í eirrörum. Munurinn er sá, að vegna íblöndunar á klór og fleiri efnum, lækkar pH-gildi vatns á flugvellingum úr 7.5 niður í um 6.6. Virðist það líklegasta skýringin á tæringunni, þar sem íblöndunarefnin eru algeng í vatni í eirlögnum erlendis og valda þar ekki skaða.

6.6.2.3 Klóríð.

Aukið klóríð í vatni eykur tæringarhættu sérstaklega á svörtu, galvanhúðuðu og ryðfríu stáli. Því hærra sem klóríðið er, þeim mun meiri hættu er á ryðburði úr galvanhúðuðum lögnum og stíflum í þeim af ryðhraukum.

Tafla 6.6.1 Dæmi um efnainnihald í köldu vatni.

Staður	Dags. sýnatöku	pH/°C	Natríum Na ⁺ mg/l	Kalsíum Ca ⁺⁺ mg/l	Magnesium Mg ⁺⁺ mg/l	Klóríð Cl ⁻ mg/l	Bíkarbónat HCO ₃ ⁻ mg/l	Kísill SiO ₂ mg/l	Súlfat SO ₄ ⁻⁻ mg/l	Leiðni μS/cm	Uppleyst steinefni mg/l
Vatnsveita Árborgar	7.7.1999	9.11	11	6.4	1	8.8			2.2	86	
Vatnsveita Borgarness	95/96	7.19	5.9	6.6	1.3	7.9		8.2	0.9	80	52.3
Vatnsveita Garðabæjar	maí.95	8.9	17	6	0.5	14.2				113	75.8
Vatnsveita Hafnarjarðar	19.5.1994	8.55/25	9.2	4.5	2.4	10.2					56.8
Vatnsveita Hveragerðis	12.10.1995	7.92/21	8.6	5.5	2	11.7	25.8	16.5	4		38
Vatnsveita Neskaupsstaðar	8.11.1994	6.80/22	4.2	3.9	1.6	3.4		9.5	0.5		50
Vatnsveita Reykjavíkur	V19/1995	8.9/25	10.7	3.8	1.01	10.3	24.5	13.1	3.1	87	68
Vatnsveita Sauðárkróks	7.1.1992	8.7	14.8	12.8	1.4	7		9	3	60	90
Vatnsveita Stykkishólms	1998-0577	7.2/21	6.5	2.2	1.5	7.9	30.6*	11.3	1.7	60	
Vatnsveita Suðurnesja	18.11.1998	7.63/22	32.1	7.1	6.4	62.2	22.2*	13.9	9.0	282	132

Dæmi um erlendar leiðbeiningar vegna tæringar í galvanhúðum

rörum:

Noregur	7.5-8.5	15-25									
Þýskaland, DIN 50930		>20					36-60				
							>120				

* Reiknað eftir mælingu á heildarkarbónati mælt sem heildar-CO₂

Danskar leiðbeiningar setja mörk á klóríði við 150 mg/l fyrir ryðfrí stálrör úr AISI 316 með þrýstítengjum. Þýskar leiðbeiningar setja mörkin við 250 mg/l.

Það er aðeins í eirrörum, að klóríðið er til bóta. Þannig reynast eirrör ágætlega í köldu vatni á Suðurnesjum, þar sem klóríð er um 75 mg/l, þótt þau tærist pyttatæringu, þar sem seltan er minni. Ástæðan er líklega sú, að rörin þurfi nokkuð tærandi aðstæður til að ná að mynda fullkomna oxíðvarnarhúð í mjúku og efnasnaudu vatni.

6.6.2.4 Harka og bíkarbónat.

Vatn á Íslandi er yfirleitt mjög mjúkt. Harkan er mæld með því að mæla, hve mikið af sápuefnum bindast kalsíum og magnesíum í vatninu og mynda sápustein. Flestir þekkja þessi áhrif, eftir að hafa þvegið sér með sápu erlendis. Harkan er reiknuð sem kalsíum-jafngildi og er magn af kalsíum og magnesíum í vatninu stærstu þættirnir í þeim útreikningi. Magnesíum vegur nær tvöfalt meira en kalsíum í útreikningnum. Ef vatnið inniheldur 0-14 mg/l af kalsíum reiknað sem kalsíumjafngildi telst það mjög mjúkt, en mörkin á mjúku og hörðu vatni eru við 36 mg/l. Harkan er einnig oft reiknuð í hörkugráðum. eru þær mismunandi eftir löndum. Ein þýsk hörkugráða (dH) samsvarar kalsíumjafngildinu 7.2 mg/l af Ca. Harka vatns í Reykjavík er um 1°dH, þ.e. um 4 mg/l af kalsíum og 1 mg/l af magnesíum (x2).

Samfara lítilli hörku inniheldur vatnið lítið af bíkarbónati (HCO_3^-), þannig að lítill möguleiki er á myndun varnarhúðar úr kalki (kalsíum karbónati, CaCO_3) eða öðrum karbónat-samböndum í lagnakerfum.

Mjög algengt er erlendis, að efnasamsetningu vatns sé stýrt með íblöndun til þess að ná fram heppilegri hörku og bíkarbónati m.t.t. málmþæringar. Er það t.d. gert með kolsýrugasi (CO_2) og kalsíum hydroxíði ($\text{Ca}(\text{OH})_2$). Norskar gæðakröfur miða við að kalsíumjafngildi sé 15- 25 mg/l og bíkarbónat 36-60 mg/l. Þýski staðallinn DIN 50930 miðar við minnst 20 mg/l af kalsíum og 120 mg/l af bíkarbónati. Vatn hér á landi nær hvergi þeim kröfum, sem gerðar eru erlendis til hörku og bíkarbónats vatns, ef nota á galvanhúðuð stálrör.

Vegna lítillar hörku kalda vatnsins eru kalkútfellingar hins vegar ekki algengar í tækjum, sem nota kalt vatn. Útfellingar kalsíum og magnesíum silikata eru þannig mun algengari í gufukötlum, rakatækjum og öðrum ámóta búnaði sbr. grein 6.6.2.5.

6.6.2.5 Kalsíum, magnesíum og kísill.

Kísill í köldu vatni er það lítill að hann skiptir vart neinu máli varðandi tæringareiginleika vatnsins. Við uppgufun, t.d. í gufukötlum og ýmisskonar rakagjöfum, eiga kísill, magnesíum og kalsíum hins vegar mjög auðvelt með að mynda efnasambönd og valda þannig útfellingum. Þekktasta dæmið er þó myndun magnesíum silikat útfellinga í hitaveitum, sem sjóða vatn til nýtingar í opnum hitaveitukerfum (Nesjavellir, Svartsengi o.fl.). Hefðbundin erlend hreinsiefni fyrir kalkútfellingar, t.d. í gufukötlum, vinna ekki á þessum kísilsamböndum.

Stöðugt eykst notkun búnaðar til þess að hreinsa uppleyst steinefni úr vatninu og koma þannig í veg fyrir myndun útfellinga við uppgufun eða suðu. Má nefna sem dæmi:

- Mýkingartæki, sem hreinsa kalsíum og magnesíum úr vatni.
- Afjónunartæki, sem hreinsa efni, sem eru á jónaformi úr vatni.
- “Reverse osmosis”-tæki, sem hreinsa allar gerðir steinefna úr vatninu.

Töluverður mismunur getur verið á hreinsihæfni þessara tækja eftir tegundum.

6.6.2.6 Önnur efni.

Önnur ólífræn efni en talin hafa verið upp hér að ofan, hafa ekki umtalsverð áhrif á tæringu í köldu neysluvatni. Hins vegar geta lífræn efni, eða frekar skortur á þeim, haft veruleg áhrif. Þekkt er erlendis, að þegar farið var að taka kalt neysluvatn úr borholum, þar sem yfirborðsvatn var notað áður, að tæring á galvanhúðuðu stáli og eirlögnum jókst oft verulega. Var það jafnvel þótt hefðbundin vatnsefnagreining benti ekki til umtalsverðs mismunar. Ástæðan var rakin til þess, að minna var af lífrænum efnum í borholuvatninu en yfirborðsvatninu. Var talið, að lífrænu efnin, þótt í litlum mæli væru, hjálpuðu til við myndun varnarlags innan í rörinum. Þetta hefur ekki verið skoðað hér á landi, en athyglisvert er þó, að tæring á galvanhúðuðu stáli hefur aukist bæði í Reykjavík og á Suðurnesjum á síðari árum, en á sama tíma hefur vatnsöflun breyst yfir í “hreinna vatn” með notkun á borholum o.fl. Samanburður er hins vegar erfiður, þar sem ekki eru til fullkomnar efnagreiningar á gamla vatninu, sem nota má til samanburðar, svo vitað sé. *Rétt er hins vegar að gera ráð fyrir, að tæringarhætta aukist í köldu neysluvatni með bættum vatnsgæðum og hvetur það enn frekar til varúðar í efnisvali í framtíðinni.*

6.6.3 Hitastig.

Aukið vatnshitastig á köldu neysluvatni eykur tæringarhraða á galvanhúðuðu stáli mjög hratt. Algengast er, að lagnir þar sem mikill ryðburður er með vatni úr krönum, skili oftast einnig tiltölulega volgu vatni. Þessar lagnir liggja oft í stokkum með heitum rörum, eru í “fölskum loftum” ofan við ljósabúnað eða eru með litlu rennsli og oft kyrrstæðu vatni langtímum saman. Virðist víða lítil áhersla vera lögð á uppröðun lagna, einangrun og fjarlægð milli þeirra.

Þegar að upphituðu köldu vatni kemur, er oft talið, að við hitastig um 55-60°C verði stökkbreyting á tæringarhraða á galvanhúðuðu stáli hér eins og erlendis. Þetta kemur m.a. fram í íslenskum staðli ÍST 67, 1980. Reynsla sýnir hins vegar, að tæring í galvanhúðuðum rörum er nú oftast orðin mjög hröð við 15-20°C og fer hraðvaxandi með auknu hitastigi. Stökkbreytingin týnist því í allri tæringunni. Reglan er því einföld: *Notið aldrei galvanhúðað stál fyrir upphitað kalt vatn.*

Tæringarhraði eirs eykst einnig með auknu hitastigi. Þetta skiptir ekki miklu máli í lögnum fyrir kalt neysluvatn, annað hvort myndast pyttir eða ekki. Hins vegar verður tæringin nægilega hröð til þess að stuðla að myndun öruggar oxíðhúðar, þegar að upphituðu köldu vatni kemur. Eir reynist því ágætlega í upphituðu köldu vatni, þótt hann dugi ekki fyrir kalda vatnið fyrir upphitun.

Vatnshitastig skiptir litlu máli fyrir tæringu innan frá í ryðfrúu stáli, nema þar sem mikil selta hvetur til rifutæringar (sbr. grein 6.6.2.3). Einnig er spurning um spennutæringu utan frá við vatnshitastig yfir 55-60°C (sbr. grein 6.5.6).

6.6.4 Millirennslí.

Millirennslí á heitu vatni yfir í kalda vatnið, t.d. í gegnum blöndunartæki, getur aukið hitastig á kalda vatninu og þar með tæringu. Einnig kemur þá oft slæmt bragð af vatninu (“hitaveitubragð”). Þetta getur bæði gerst innanhúss og einnig eru dæmi um að heitt vatn hafi borist úr húsum inn í dreifikerfi kalda vatnsins og þar með til næstu notenda. Í einu tilfalli, sem vitað er um, þurfti að láta kalda vatnið renna í nær 30 mínútur við inntak húss, áður en hitaveituáhrifin hurfu. Millirennslí getur einnig valdið útfellingum sbr. grein 6.6.6.

6.6.5 Rennlishraði.

Aukinn rennlishraði dregur yfirleitt úr tæringu á galvanhúðuðu stáli í köldu vatni. Kemur þar bæði til, að vatnshitastig verður lægra, og svo að aukinn straumhraði vinnur á móti pyttamyndun. Eirrör eru hins vegar viðkvæm fyrir miklum straumhraða vegna ólgutæringar. Eru mörg dæmi um tæringu af því tagi, t.d. á Keflavíkurflugvelli. ÍST 67 gefur reglur um hámarkshraða í eirlögnum fyrir kalt vatn og upphitað kalt vatn. Ef súlfíð er í vatni, eykst hætta á ólgutæringu verulega, þar sem þá þurfa straumhvirlarnir einungis að fjarlægja mjúka súlfíðhúðina til þess að viðhalda tæringunni, sbr. grein 6.3.10.

6.6.6 Blöndun á jarðhitavatni og köldu vatni.

Magnesium í kalda vatninu gerir íblöndun þess við jarðhitavatn varhugaverða. Í jarðhitavatninu er venjulega miklu meiri kísill (um 60-180 mg/l) en í kalda vatninu en hins vegar vart mælanlegt magn af magnesium. Við blöndun á jarðhitavatni og köldu vatni koma magnesium og kísillinn saman, og skilyrði myndast til útfellinga. Þetta olli miklum vandamálum í upphafi nýtingar Nesjavallavatns samhliða jarðhitavatni í sama dreifikerfi. Þetta veldur einnig auknum útfellingum eftir blöndum á jarðhitavatni og köldu vatni í blöndunartækjum, eins og flestir þekkja, þar sem blandað vatn er notað í böð og til þvotta. Bein uppblöndun á jarðhitavatni með köldu vatni til þess að lækka vatnshitastig í stórum kerfum fyrir heitt kranavatn er því mjög varhugaverð með tilliti til útfellinga. Í mörgum tilfellum verða einnig bæði súlfíð og súrefni í vatninu eftir blöndun, og þá má búast má við hraðari tæringu á öllum hlutum úr eir og eirmelum, t.d. mælum og öðrum stjórnbúnaði. Því er mælt með, að notaðir séu varmaskiptar til þess að hita upp kalt vatn fyrir stór kranavatnskerfi t.d. í íþróttahúsum og sundlaugum. Sú aðgerð dregur einnig verulega úr kostnaði og erfiðleikum við þrif á baðklefunum.

6.6.7 Áhrif málmæringar á neysluhæfni.

Þegar tæring myndast í galvanhúðuðum rörum, eykst bæði uppleyst járn og sínk í vatninu. Getur magnið farið upp fyrir leyfileg mörk í neysluvatni, þar sem tæringin er mikil. Þessi mörk eru 0,2 mg/l af járn og 3 mg/l af sínki skv. reglugerð 319/1995. Aukningin verður einkum, þar sem vatn hefur staðið í langan tíma í lögnum og náð að hitna. Samfara þessari aukningu uppleystra efna, berst yfirleitt einnig töluvert af gruggi með vatninu. Er það venjulega “leirkennt” duft, sem inniheldur rauðleit járnambönd og hvít korn úr sínksamböndum. Ef þetta er að gerast í lögnum, er nauðsynlegt að láta vatnið renna um stund og hreinsa sig, áður en það er notað til neyslu.

Einstaka dæmi eru um það, að vatn verði grænleitt í eirörum vegna tæringar röranna. Þessi dæmi hafa ekki verið skoðuð sérstaklega svo vitað sé.

6.6.8 Gerlar og málmþæring í lögnum.

Dæmi eru um, að mjög aukið gerlamagn mælist í vatni úr galvanhúðuðum lögnum, þar sem grugg berst úr krönum. Líklegasta skýring á þessu er, að kjörskilyrði fyrir þæringu og fjölgun gerla fari saman, þ.e. kyrrstætt vatn, sem nær að hitna. Ekki er eins líklegt, að þæringin fjölgi gerlunum eða öfugt. Ef þessi skýring er rétt, mun notkun þæringarþolnari lagnaefna engu breyta um aukið gerlamagn. Því þarf að breyta lagnahönnun þannig, að sem minnst sé um lagnir með kyrrstæðu vatni, sem nær að standa og hitna í langan tíma. Einn aðaltilgangur íblöndunar klórs í neysluvatn erlendis er að hindra fjölgun gerla í lögnum með kyrrstæðu vatni.

6.6.9 Tæringarvarnir með breytingu á vatnsgæðum.

Íblöndun í kalt neysluvatn til þess að breyta vatnsgæðum er mjög algeng erlendis. Þekktustu dæmin eru íblöndun á klór til eyðingar gerla og íblöndun á flúor til tannverndar. Íblöndun af þessu tagi er notuð hjá Varnarliðinu á Keflavíkurflugvelli, og hefur hún aukið þæringu í lögnum. Ef lagnakerfi, þar sem vatn nær að standa og hitna, verða stöðugt stærri og algengari hér á landi, gæti hins vegar farið svo, að grípa verði til ráðstafana til að halda niðri gerlamagni. Er þá íblöndun eina leiðin.

Mjög víða erlendis er notuð stýring á pH-gildi, bíkarbónati og kalsíum í köldu neysluvatni til þess að draga úr þæringu lagna úr galvanhúðuðu stáli og eir, sbr. grein 6.6.2.4. Til er búnaður af þessu tagi til nota í stærri byggingum. Það hefur verið stefnt að prófun á honum hér, en það hefur ekki enn komist í framkvæmd.

Öðru hverju kemur á markaðinn ýmiss annar búnaður, sem ætlaður er til að draga úr þæringu í galvanhúðuðum lögnum. Má nefna sem dæmi íblöndun fosfats, segultæki og eðalmálmsíur. Dæmi eru um, að þessi búnaður hafi dregið úr gruggi í vatni, en óljóst er, hvort það sé vegna minni þæringar eða vegna þess, að hann umbreyti þæringarsamböndunum þannig, að þau sjáist minna. Í skýrslunni *Tæringarvarnir fyrir sínkhúðuð neysluvatnsrör II*, Rb, maí 1999, eru sýndar mælingar á áhrifum fosfatíblöndunar og eðalmálmsíu. Hvorug aðferðin gerir þar umtalsvert gagn.

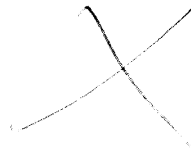
6.6.10 Eftirlit með efnasamsetningu vatns.

Gera má ráð fyrir, að auknar kröfur um eftirlit með vatnsgæðum vegna Evrópu- og EB-staðla muni tryggja betur en áður, að fylgst sé með langtíma breytingum á efnasamsetningu á köldu neysluvatni, sbr. Reglugerð 98/83/EC. Árstíðabundnar sveiflur geta hins vegar komið fram t.d. í klóríðmagni og pH-gildi. Mælur fyrir pH-gildi og leiðni vatns (ræðst mikið af klóríði) verða stöðugt einfaldari í notkun og ódýrari. Því er spurning, hvort a.m.k þær veitur, sem langt eru frá rannsóknastofum, eigi ekki að sinna sjálfar lágmarkseftirliti með vatninu með þessum mælingum, sbr. grein 6.8.12.

6.7 Plastefni og neysluvatn.

6.7.1 Áhrif plastefna á vatnsgæði.

Til er ESB-tilskipun um plastefni í snertingu má nota við plastframleiðsluna og hve m Samsvarandi íslensk reglugerð er til (nr. 531/ er að snerta matvæli). Mun hægar hefur ger mögulegt ætti að vera að byggja á sömu hugi



hráefni
á dag.
n ætlað
ör, þótt

Á vegum CEN er verið að semja staðla um r nefna:

- EN852. Plastic piping systems for the t Migration assessment.
- Influence of organic materials on water intended for human consumption - Organoleptic assessment of water in storage system.
- Influence of organic materials on water intended for human consumption -Determination of colour and turbidity assessment of water in piping systems.

Fyrsti staðallinn sem hefur þegar tekið gildi fjallar um mælingar á magni efna sem leysast úr plastlögnum. Síðari tveir staðlarnir, sem verið er að semja, lýsa aðferðum til að leggja mat á áhrif lífrænna efna í vatnstönkum og lögnum á bragð, lykt, lit og gegnsæi vatnsins. Með því að semja samræmda evrópska staðla fyrir mat á áhrifum lagnaefna á vatnsgæði hefur verið skapaður grundvöllur fyrir samræmdar kröfur til lagna.

Vegna skorts á samræmdum evrópskum reglum og stöðlum um áhrif lagna á drykkjarvatn, er mismunandi hvernig lagnastaðlar útfæra kröfuna um drykkjarhæfni vatnsins. Í sumum tilfellum segja staðlar og vottunarreglur, að lagnirnar megi ekki leiða til þess að drykkjarvatn uppfylli ekki ESB-tilskipun eða landskröfur til drykkjarvatns. Annars staðar er gerð sú almenna krafa, að lagnirnar hafi ekki áhrif á gæði drykkjarvatns. Áherslumunur er milli landa, hvernig þessar kröfur eru skilgreindar, t.d. er í dönskum reglugerðum sú krafa, að við skilgreinda bragð- og lyktarprófun hafi ekki fundist munur á vatni sem geymt hefur verið í lögnum og nýju vatni, en sú krafa er ekki í reglugerðum nágrannalanda.

Þótt leiðinlegt sé að hafa óljósar kröfur, þá hefur það ekki skapað veruleg vandræði, því notast má við viðmið frá mismunandi stöðum. Við framleiðslu á PE og PP efnum eru hreinlega ekki notuð efni, sem geta leitt til þess að rörin uppfylli ekki eðlilegar kröfur. Hér voru þó á markaðnum fyrir áratug PB-rör (gulbrún), seld sem snjóbræðslurör, sem ekki uppfylltu bandarískar reglur um innihald, en slíkt PB efni er ekki framleitt eða fáanlegt lengur. Notendur ættu því ekki að þurfa að hafa áhyggjur af PE, PP eða PB efnum.

Málið verður flóknara þegar kemur að öðrum rörum. Til eru nokkrar mismunandi aðferðir til að krossbinda PEX-rör, sem hafa mismikil áhrif á efnainnihald vatnsins. Til eru PEX-rör sem örugglega uppfylla eðlilegar kröfur til drykkjarvatnslagna og önnur sem þykja vafasöm. Með PEX-rörum fylgja því að jafnaði yfirlýsingar frá framleiðendum um það, hvort þau séu ætluð til drykkjarvatnslagna, en slíkt er talið óþarfi fyrir PE, PP og PB rör.

6.7.2 Áhrif óhreininda úr umhverfi.

Á sama hátt og lofttegundir eins og súrefni og raki komast í gegnum rörveggi plaströra, komast einnig í gegn lífræn efni og þá sérstaklega efni sem eru rokgjörn eða efnafræðilega skyld plastinu. Flestir hafa séð terpentínu eða skyld efni á plastbrúsa, sem er orðinn samanfallinn á nokkrum mánuðum af því að svo mikil terpentína hefur gufað út. Á sama hátt og með lofttegundirnar gerist þetta án tillits til þrýstings eða undirþrýstings í brúsanum. Sama gildir um plaströr og því getur lífræn efnamengun í jarðvegi, þar sem rörið liggur, einnig mengað drykkjarvatn. Gegndræpið er mest fyrir olíur (efnafræðilega skyldar plastinu), en lífræn lyktar- og bragðefni geta einnig borist í gegn.

6.7.3 Mat á endingu plastlagna

6.7.3.1 Staðlar.

Eftirfarandi þýskir plaströrastaðlar hafa helst verið notaðir á Íslandi:

DIN 8074 og DIN 8075 fyrir HDPE vatnsrör

DIN 8077 og DIN 8078 fyrir PP vatnsrör

DIN 16968 og DIN 16969 fyrir PB vatnsrör

Nú er hins vegar fyrirsjáanleg sú breyting á næstu árum, að evrópskir staðlar taka við af þeim þýsku. Þeir eru til sem frumvörp, sem áætlað er að fáist samþykkt og taki gildi haustið 2000. Þegar þeir hafa tekið gildi koma þeir til með að heita:

EN 12201 fyrir PE vatnsrör

EN 12202 fyrir PP vatnsrör

EN 12318 fyrir PEX vatnsrör

EN 12319 fyrir PB vatnsrör

Kröfur EN staðlanna fyrir vatnsrör byggja að nokkru á staðlinum:

ISO 10508 Plaströr og tengistykki heit og köld vatnslagnakerfi.

Eins og fyrri staðlar gera þessir staðlar ráð fyrir að PE sé einungis notað fyrir kalt vatn, en PP, PB og PEX upp í stöðugt hitastig 70°C í 50 ár. CEN hefur hins vegar í undirbúningi staðall fyrir PE í gólfhita og önnur hitakerfi og áætlað að hann verði til í árslok 2003.

Í nýju stöðlunum er ýmsu breytt frá því sem áður hefur verið:

- Staðallinn fyrir PE gerir ráð fyrir mörgum styrkleikaflokkum á PE-efninu, þar á meðal PE80 og PE100 (styrkkjöfur 80 og 100 MPa veggspenna eftir 50 ár við 20°C), sem eru sterkari en staðlar hafa gert ráð fyrir að væru til og því hægt að framleiða þynnri rör en áður í hverjum þrýstiflokki.
- Vegna aukinnar reynslu af plaströrum eru öryggisstuðlar fyrir vatnsrör lækkaðir. Fyrir PE notaði þýski staðallinn stuðulinn 1,6, hönnuðir hafa mikið notað 1,3, en nýji staðallinn notar 1,25. Fyrir PP og PB er stuðullinn kominn niður í 1,5 fyrir vinnuhitastig (hitastig í 49 ár af 50), hann er 1,3 fyrir hámarkshitastig (1 ár af 50) og 1,0 fyrir yfirhitastig.

Í raun má segja að staðlarnir geri ekki annað en viðurkenna þá þróun, sem orðin er. Þannig eru nú bæði héraendis og erlendis notuð PE100 rör með öryggisstuðlinum 1,3.

6.7.3.2 Kröfur til röra.

Það eru til staðlar fyrir framleiðslu flestra tegunda plaströra, bæði vatnsröra og frárennslisröra, en enginn sem skyldar framleiðendur að fara eftir þeim stöðlum. Sem dæmi um kröfur staðla getum við tekið kröfur þýsku staðlanna DIN 8074 og DIN 8075 til 40mm HDPE vatnsröra í þrýstiflokknum PN6 (ath. í stað þrýstiflokks er að koma rörería S). Staðlarnir kveða á um eftirfarandi:

Þvermál	40,0 - 40,4 mm
Veggþykkt	2,30 - 2,80 mm
Hitaaflogun	≤ 3 %
Þrýstiþol	≥ 170 klst. við 80°C og 4,0 MPa veggspennu

Jafnframt gera staðlarnir tillögu um, að rörin séu merkt með 1m millibili með vörumerki, gæða- eða gæðaefirlitstákni, hráefni, númeri framleiðslustaðals, þrýstiflokki, þvermáli, veggþykkt, framleiðsludegi og númeri vélar.

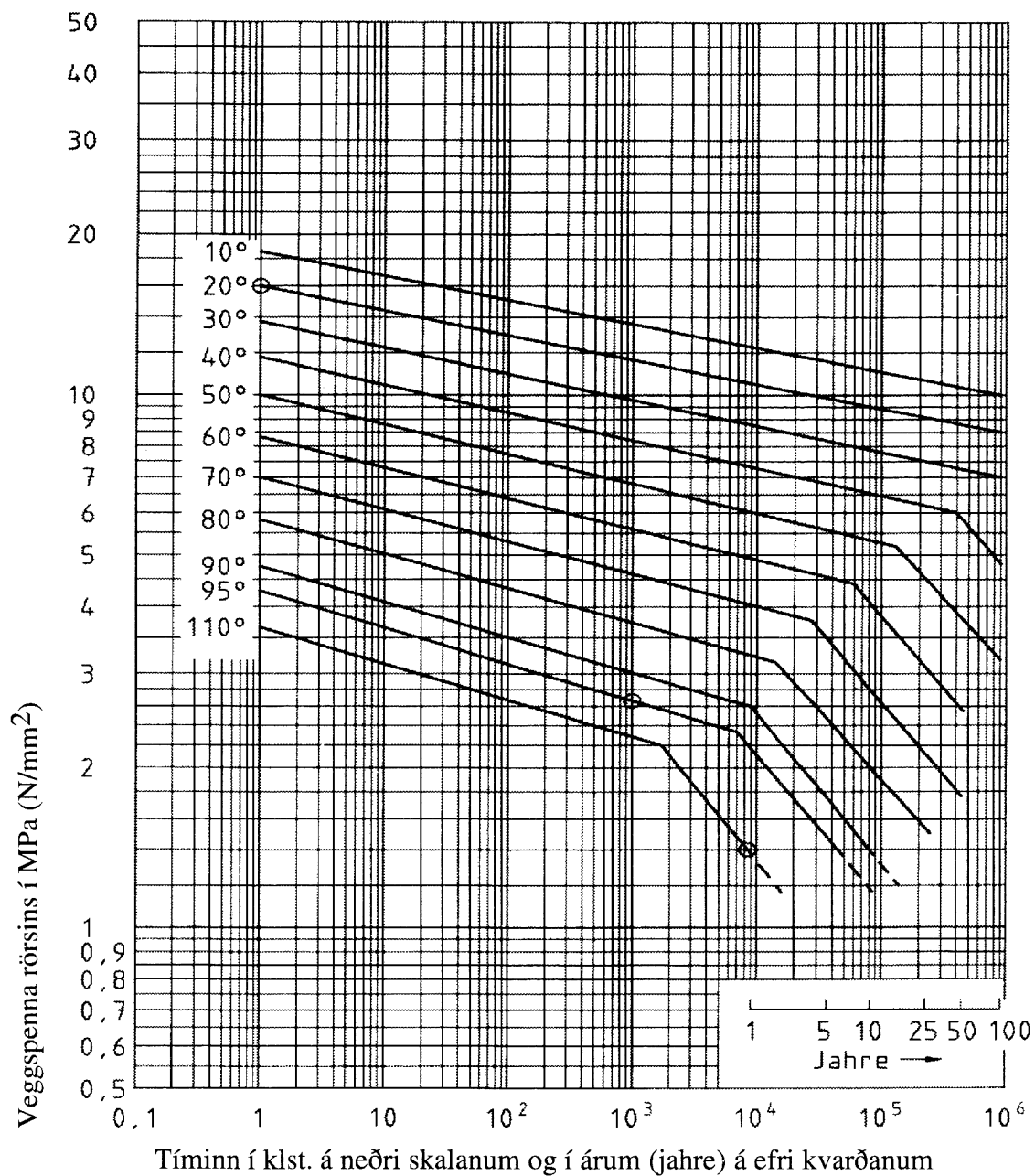
Svipaðir staðlar eru til fyrir aðrar gerðir röra, sem framleiðendur hafa gjarnan sem viðmiðun, en mjög misjafnt er hversu vel þeir fylgja stöðlunum og hversu vel þeir fylgjast með framleiðslunni til þess að tryggja að rörin séu innan þeirra marka sem þeir hafa sett sér. Í þessu felst gæðamunur plaströra.

6.7.3.3 Mat á líftíma röra.

Í stöðlum eru línurit og töflur sem sýna samband hitastigs, þrýstings og líftíma vatnsröra. Það getur síðan farið eftir notkunarviði kerfisins hvort farið er eftir töflunum, eða gerðar aðrar öryggiskröfur. Það má t.d. spyrja sig, hvort ástæða sé til að gera sömu öryggiskröfur til innanhúslagna og dreifikerfis í strjálbýli, þar sem lögnin liggur í skurðbarmi. Með lækun öryggisstuðuls, eins og gert er hér í strjálbýlinu, má þynna sverari rör í sama hlutfalli.

Á næstu síðu má sjá dæmigert línurit fyrir samband hitastigs, álagsþols og líftíma vatnsröra. Öldrunarkúrfa fyrir vatnsrör, hvort sem það er PE, PP, PB eða PVC, hefur sambærilega lögun við það sem sést hér á næstu síðu, þótt tölugildin séu mjög mismunandi. Þetta línurit er fyrir PP-B og er úr þýska staðlinum DIN 8078:1996.

6.7.4



Mynd 6.7.1 Öldrunarlínurit fyrir PP-B.

Tafla fyrir PP-B 80 er á næstu síðu (tafla 6.7.1). Hún er úr staðlinum DIN 8077:1997, sem sýnir hámarks vinnuþrýsting röra úr PP-B 80 efni við ákveðið hitastig, miðað við ákveðinn líftíma. Búið er að reikna öryggisstuðulinn 1,5 inn í þessa töflu. Í þessum staðli er einnig tafla fyrir lágsta leyfilega öryggisstuðul 1,25

Hitastig (°C)	Líftími	Rörasería S							
		20	16	12,5	8,3	5	3,2	2,5	2
		Þvermáls-veggþykktar-hlutfall SDR							
		41	33	26	17,6	11	7,4	6	5
Vinnubrýstingur miðað við öryggisstuðul 1,5. Einingin er bör.									
10	1	4,1	5,2	6,5	9,8	16,4	25,9	32,6	41,1
	5	3,8	4,8	6,1	9,2	15,3	24,2	30,5	38,4
	10	3,7	4,7	5,9	8,9	14,8	23,4	29,5	37,1
	25	3,6	4,5	5,7	8,6	14,2	22,6	28,4	35,8
	50	3,5	4,4	5,5	8,3	13,8	21,9	27,6	34,7
	100	3,4	4,2	5,3	8,1	13,4	21,3	26,8	33,7
20	1	3,5	4,4	5,5	8,3	13,8	21,9	27,6	34,7
	5	3,2	4,1	5,1	7,8	12,9	20,4	25,7	32,4
	10	3,1	4,0	5,0	7,5	12,5	19,8	24,9	31,4
	25	3,0	3,8	4,8	7,2	12,0	19,0	23,9	30,1
	50	2,9	3,7	4,6	7,0	11,6	18,3	23,1	29,1
	100	2,8	3,5	4,4	6,7	11,2	17,7	22,3	28,1
30	1	2,9	3,7	4,7	7,0	11,7	18,6	23,4	29,4
	5	2,7	3,4	4,3	6,5	10,8	17,1	21,5	27,1
	10	2,6	3,3	4,1	6,2	10,4	16,4	20,7	26,1
	25	2,5	3,2	4,0	6,0	10,0	15,8	19,9	25,1
	50	2,4	3,0	3,8	5,8	9,6	15,2	19,1	24,1
	100	2,3	2,9	3,7	5,6	9,3	14,8	18,6	23,4
40	1	2,4	3,1	3,9	5,8	9,7	15,4	19,4	24,4
	5	2,2	2,8	3,5	5,4	8,9	14,1	17,8	22,4
	10	2,2	2,7	3,4	5,2	8,6	13,7	17,3	21,7
	25	2,1	2,6	3,3	5,0	8,2	13,1	16,5	20,7
	50	1,9	2,4	3,1	4,6	7,7	12,2	15,4	19,4
	100	1,6	2,0	2,5	3,8	6,4	10,1	12,7	16,0
50	1	2,0	2,5	3,2	4,8	8,0	12,6	15,9	20,0
	5	1,8	2,3	2,9	4,4	7,3	11,6	14,6	18,4
	10	1,8	2,2	2,8	4,2	7,0	11,2	14,1	17,7
	25	1,5	1,9	2,4	3,7	6,1	9,7	12,2	15,4
	50	1,3	1,6	2,0	3,0	5,1	8,0	10,1	12,7
	100	1,1	1,3	1,7	2,6	4,3	6,7	8,5	10,7
60	1	1,6	2,1	2,6	3,9	6,5	10,3	13,0	16,4
	5	1,5	1,9	2,4	3,6	6,0	9,5	11,9	15,0
	10	1,3	1,6	2,1	3,1	5,2	8,2	10,4	13,0
	25	1,0	1,3	1,6	2,5	4,1	6,5	8,2	10,4
	50	-	1,1	1,4	2,1	3,5	5,5	6,9	8,7
	100	-	-	-	-	-	-	-	-
70	1	1,3	1,7	2,1	3,2	5,3	8,4	10,6	13,4
	5	1,1	1,4	1,7	2,6	4,4	7,0	8,8	11,0
	10	-	1,1	1,4	2,2	3,6	5,7	7,2	9,0
	25	-	-	1,1	1,7	2,8	4,4	5,6	7,0
	50	-	-	1,0	1,4	2,4	3,8	4,8	6,0
	100	-	-	-	-	-	-	-	-
80	1	1,1	1,3	1,7	2,6	4,3	6,7	8,5	10,7
	5	-	1,0	1,2	1,8	3,1	4,8	6,1	7,7
	10	-	-	1,0	1,5	2,5	4,0	5,0	6,3
	25	-	-	-	1,2	2,0	3,2	4,0	5,0
95	1	-	-	1,1	1,7	2,8	4,4	5,6	7,0
	5	-	-	-	1,1	1,9	3,0	3,7	4,7
	(10) ¹	-	-	-	(1,0) ¹	(1,6) ¹	(2,5) ¹	(3,2) ¹	(4,0) ¹
		-	-	-	-	-	-	-	-

1) Gildin í sviga eru einungis fyrir efni sem enst hafa lengur en eitt ár í prófun við 110°C

Tafla 6.7.1 Dæmi um þrýstipólstöflu (þrýstingur vatns í börum) úr nýlegum staðli. Þrýstiflokkar (PN) sem notaðir voru í eldri stöðlum hafa verið lagðir af og serían S komin í staðin.

6.7.6

Öll hráefni eiga að vera prófuð við nokkur mismunandi hitastig og sannreynt að þau standist þessar lágmarkskröfur staðalsins sem sýndar eru í öldrunarkúrfunni. Síðan þarf röraframleiðandinn að prófa rörin reglulega til að sannreyna, að þau standist kröfurnar, en þá eru einungis teknir 1-2 punktar á línuritinu. Við prófun á PP-B rörum er t.d. athugað hvort þau þoli 16 N/mm^2 veggspennu við 20°C í 1 klst. og $2,6 \text{ N/mm}^2$ veggspennu við 95°C í 1000 klst. Þessir punktar eru sýndir með hring á öldrunarkúrfunni.

Prófanirnar eru framkvæmdar á rannsóknastofu skv. stöðlunum ISO 1167 eða DIN 53759.

6.7.3.4 Mat á líftíma tenginga með tengistykkjum.

Þótt almennt séu gerðar sömu notkunarkröfur (styrkur, engin mengun drykkjarvatns,...) til samsetninga og til röranna sjálfra, þá hefur reynslan fyrir löngu kennt okkur, að samsetningar eru oft veikir punktar og bilanir í lagnakerfum eru oft í samsetningunum. Áhættuþættirnir eru þar þrír:

- Að röraefni standi ekki mál.
- Að tengið passi ekki fyrir viðkomandi röraefni eða vatnshita.
- Röng handbrögð við tengingar.

Samsvarandi krafa um þrýstipól og enga mengun drykkjarvatns er gerð til samsetninganna og röranna sjálfra, en að auki eru gerðar kröfur um að tengingarnar þoli beygjupróf, togpróf, lekapróf í lofttæmi, 5.000 hitastigssveiflur og 10.000 þrýstingssveiflur. Hvað hitastigs- og þrýstingssveiflurnar við prófunina eru stórar, fer eftir hámarks vinnuhitastigi og hámarks vinnuþrýstingi, sem má vera á kerfunum. Vegna þess að tengin ná einnig misgóðu gripi í mismunandi hörð plastefni, þá eru tengi viðurkennd fyrir ákveðin plastefni, upp í ákveðið hitastig og þrýsting. *Tengi skal ekki nota fyrir annað plastefni, hitastig eða þrýsting, en það er viðurkennt fyrir.*

Tengi geta verið bæði með eða án innleggs. Séu þau án innleggs, reynir mun meira á, að rörin standist mál og að tengin henti fyrir viðkomandi rör.

6.7.3.5 Mat á líftíma spegilsuða.

Suða skal uppfylla allar þær kröfur, sem rörið sjálf á að gera. Það er hins vegar ekki auðvelt að ná fullum efnisstyrk í suðu, að láta efnið fljóta svo vel saman, að efnisstyrkur á flatareiningu verði sem í heilu röri. Í spegilsuðu er talið, að ekki náist nema 90% af styrk efnis í röri, 80% í múffusuðu og 50-60% í “extrúsjón”-suðu. Í múffusuðu og “extrúsjón”-suðu er auðvelt að bæta þetta upp með því, að suðufloöturinn er mikið stærri en þvermál rörsins og í spegilsuðu verður oftast einnig meira flatarmál í suðunni en í þverskurði rörsins. Fullum togstyrk er því yfirleitt náð í suðu og fullu þrýstipóli einnig vegna þykktaraukningarinnar.

Fullur styrkur næst þó ekki nema rétt sé að suðu staðið:

- Að efnin hafi sama bræðslumark og munur á MFI-gildi sé minni en 0,5.
- Að suðufletirnir séu rétt skornir og fita og vax hreinsuð af (einnig þörf á nýju röri).
- Réttur suðutími, suðuhitastig og suðuþrýstingur.

Suðu er hægt að prófa með sama hætti og rör. Við það er suðan skemmd og því þarf að viðhafa annarskonar eftirlit með framkvæmdum. Stundum eru suðurnar þrýstiprófaðar, en með slíkri tækni er eingöngu hægt að ná til suða, sem hreinlega leka frá byrjun. Algengast er því að leggja sjónrænt mat á suðuna, sem tryggir að vísu ekki gæði suðunnar, þar sem þættir eins og hreinsun yfirborðs hafa ekki áhrif á útlit hennar. Þetta gefur samt sterka vísbendingu um handbrögðin að öðru leyti. Í dönskum staðli fyrir spegilsuðu á pólýólefin (þ.e. PE, PP og PB) plaströrum, DS/INF 70 frá 1992, er aðallega lögð áhersla á útlitsskoðunina. Sé talin þörf á frekara mati á gæðum suðunnar, þá eru sniðnir út prófstafir þvert á hana, sem síðan eru álagsprófaðir í heitu sápuvatni í 120 klst.

6.8 Efnisval í vatnsveitum.

6.8.1 Almennt.

Hér á eftir verður farið yfir helstu þætti í efnisvali fyrir kalt vatn. Yfirleitt heyrir lítið um vandamál varðandi tæringu og efnisval fyrir vatnsveitur. Er það annað hvort vegna þess, að þau eru lítil eða að þau eru ekki borin á torg. Því væri fróðlegt, að fá athugasemdir og ábendingar, sem bæta mætti inn í síðari útgáfu þessa kafla.

6.8.2 Vatnsöflun - borholur.

Í fóðurrörum, dælubúnaði, sigtISRörum og lokum má finna svart stál, járnsteypu, ryðfrítt stál, eirmelmi og etv. fleiri efni. Yfirleitt er rennslisraði mikill í þessum búnaði, þannig að lítil hætta er á pyttatæringu. Tæringarhraðinn ræðst mest af seltu vatnsins og slitáhrifum vegna sands og steinefna. Eitt dæmi er þekkt er um hraða tæringu í þessum búnaði, þegar útleiðsla eyðilagði dælubúnað í kaldavatnsholu í Svartsengi.

Gerðar voru tilraunir fyrir fjölmörgum árum með að hengja magnesíumskaut í borholur fyrir kalt vatn í Svartsengi til þess að vernda holubúnaðinn, en þar er vatnið tiltölulega salt. Þetta hafði einhver áhrif til bóta, en breytingin var ekki talin nægileg til þess að halda því áfram.

6.8.3 Miðlunargeymar.

Miðlunargeymar fyrir kalt vatn eru yfirleitt steinsteyptir, en dæmi eru einnig um stálgeyma, t.d. á Nesjavöllum og á Akranesi.

Steyptir geymar eru annað hvort hafðir óvarðir að innan eða sementskústaðir til þess að auka endinguna. Steinsteypnan leysist örliðið upp í vatninu á löngum tíma, en það hefur ekki verið til vandræða. Viðgerðir eru einkum vegna þess, að vatnið nær að tæra steypustyrktarstálið og sprengja steypuna frá því. Sést hafa erlendar ráðleggingar um galvanhúðað steypustyrktarstál við þessar aðstæður. Galvanhúðin á að endast vel í steypunni. Vatnið, sem kemst að því, hefur bætt í sig kalsíum úr steinsteypunni og er því minna tærandi gagnvart sínki en venjulega.

Stálgeymar fyrir kalt vatn eru sumsstaðar sementskústaðir eða sementsþvegnir að innan eins og einnig er gert við miðlunargeyma hitaveitna. Þessi gamla aðferð reyndist oftast ágætlega en hana þarf að endurtaka reglulega. Á síðari árum hafa komið fram málningar- og biktegundir, sem vottaðar eru fyrir neysluvatn, og ætlaðar í stað sementshúðarinnar. Þessi efni þurfa venjulega sandblásið yfirborð til þess að gefa viðunandi árangur. Einnig er möguleiki að sandblása og sprautusínka stálið undir málninguna. Miðlunargeymar út stáli fyrir kalt vatn á Nesjavöllum eru sandblásnir og sprautusínkaðir og síðan málaðir með epoxy málningu, sem viðurkennd er af Hollustuvernd ríkisins til notkunar í neysluvatnsgeyma. Eldri geymirinn hefur verið í notkun í tæplega 10 ár og er tæringarvörnin enn í góðu lagi. Aðeins hefur þurft smávægilegar lagfæringar. Mjög nákvæmt eftirlit þarf með frágangi tæringarvarnar af þessu tagi.

6.8.4 Stofnæðar og dreifikerfi.

Í þessar lagnir eru notuð rör úr potti, seigjárn, stáli og ýmsum plasttegundum. Helstu ástæðum tæringar og annarra skemmda á þessum kerfum er lýst í kafa 8, *Lekaleit*, grein 8.7, og kafla 10, *Dreifikerfi vatnsveitna*, grein 10.4.

Í stuttu máli má segja að verja þurfi hluti úr potti, seigjárn og stáli fyrir tæringu, helst bæði að utan og innan. Hafa þarf nákvæmt eftirlit með, að ekki myndist skemmdir í varnarhúðina við flutning og lagningu röranna. Einnig þarf umhverfi þeirra að vera þannig að húðin rofni ekki, t.d. fyrir áhrif núnings af grjóti eða öðrum föstum hlutum. Mesta tæringarhættan er á stáli en sú minnsta á potti. Seigjárn liggur þar á milli, en það er þó oftast talið vera heldur nær stálinu að tæringareiginleikum. Alltaf má búast við vandamálum, ef rörin eru lögð í blautt umhverfi. Sérstök ástæða er til varkárni, ef grunur leikur á, að súrt jarðvatn, t.d. mýrrvatn, eigi leið að lögninni.

Plaströr tærast ekki. Þau geta hins vegar sprungið. Mikilvægt er að umgengni um rörin sé góð við flutning og lagningu, þannig að engin sár, rispur eða aðrar skemmdir myndist í yfirborðið. Val á hærri þrýstiflokki röra dregur úr hættu af þessum skemmdum. Víða hefur öryggi í rekstri verið fórnað fyrir sparnað í stofnkostnaði með notkun óeðlilega lágs þrýstiflokks.

Plaströr hleypa í gegnum sig lofttegundum, olíu og leysiefnum. Því er mikilvægt að rörin séu ekki lögð óvarin í mengaðan jarðveg, t.d. þar sem olía hefur lekið niður. Þá geta þessi efni einfaldlega smogið inn í rörin og mengað vatnið.

Algengustu plaströrin eru úr pólýetýlen með hárrí eðlisþyngd (PEH, PEHD) og nú eru að koma inn sterkari tegundir eins og PE80 og PE100, sbr. grein 6.3.3. Þau þola hins vegar öll illa hita til langs tíma. Því er ástæða til að fyllstu varúðar, ef lögnin er í heitu umhverfi, t.d. nálægt hitaveitulögn eða á jarðhitasvæði. Millirennslí getur einnig valdið hitun t.d. í heimæðum. Val á hærri þrýstiflokki eykur hitaþol PE-röra lítið eitt miðað við sama notkunarþrýsting.

6.8.5 Heimæðar.

Heimæðar eru nú yfirleitt úr plasti. Oftast er notað pólýetýlen PEH, sem dregið er í ídráttarrör úr plasti. Algengast er, að notaður sé þrýstiflokkur PN6 (6 bör) en dæmi eru um PN4. Mælt er með a.m.k. PN6 eða jafnvel PN10, þar sem möguleiki er á millirennslí. Misjafnt er, hvort plaströrin eru tekin inn úr vegg eða að notað sé galvanhúðað stál í gegnum húsvegginn. Hætta á tæringu utanfrá á galvanhúðaða stálinu hefur minnkað mikið eftir tilkomu góðra herpihólka úr plasti, sem settir eru utan á rörin. Hins vegar fæst þarna mjög óheppileg samsetning mismunandi málma í inntaksbúnaðinum. Skiptast þar á stuttir bútar úr galvanhúðuðu stáli annars vegar og hins vegar síur, lokar, rennslismælar o.fl. úr eirmelmum eða ryðfríu stáli. Síðan tekur jafnvel við plast að nýju eða ryðfrítt stál í húskefinu. eru miklar líkur á tæringu á galvanhúðuðu stálbútunum við þessar aðstæður sbr. Mynd 6.8.1. Mun betra efnisval er að nota ryðfrí stálrör í þennan hluta, en það er að sjálfsögðu dýrara. Hin leiðin er að fara með plastið alla leið inn í húsið til þess að minnka ryðfría efnið. Einhver brögð hafa verið af því, að plaströrin klippist sundur utan við vegginn, ef þau eru tekin alla leið inn (sbr. kafla 8.7.5), ef frágangur utanhúss er ekki í lagi.



Mynd 6.8.1 Tæringarmyndanir í galvanhúðuðu röri. Þær eru að loka rörinu, þar sem það tengist ryðfríu tengistykki.

Pólýetýlen PEH er ekki hitaþolið efni. Því er mikil hættu á skaða ef millirennisli innan húss hleypir heitu vatni í inntaksrörið. Mörg dæmi eru um þetta, en þrýstingur hitaveitu er yfirleitt yfir kaldavatsþrýstingi. Hærri þrýstiflokkur á PE-rörinu bætir hitaþolið lítið eitt. Því er ráðlegt að nota ekki lægsta hugsanlegan þrýstiflokk fyrir heimaæðina, eða jafnvel eitthvað þar fyrir neðan. Það gæti jafnvel verið heppilegt að fara yfir í hitaþolnara plast, t.d. PP eða PB, á stöðum þar sem mikill þrýstimunur er á vatnsveitu og hitaveitu.

6.8.6 Mælar, lokar og síur í inntaki.

Yfirleitt er efni í þessum búnaði annað hvort eirmelmi eða ryðfrítt stál. Erlendis er afsínkun á eir/sínk melmum stundum vandamál í mjúku köldu vatni (sbr. grein 6.5.7), en ekki er vitað til þess hér. Ætti það helst að geta komið upp, þar sem vatn er frekar salt og með lágt bíkarbónat og pH-gildi. Mælt er með að nota minnst ryðfrítt stál AISI 316 eða samsvarandi, ef selta vatnsins fer upp fyrir um 50 mg/l af klóríði eða ef hættu er á rifutæringu í búnaðinum.

6.8.7 Lagnir innanhúss fyrir kalt vatn.

Tafla 6.8.1 gefur leiðbeiningar um efnisval í innahússlagnir fyrir kalt vatn og upphitað kalt vatn eftir pH-gildi og klóríðmagni vatnsins. Einhver frávik til bóta geta komð fram í einstaka veitum t.d. vegna áhrifa lítills hreinleika vatnsins, en hér er miðað við verstu skilyrði m.t.t. tæringar.

Tafla 6.8.1. Leiðbeiningar um efnisval í kravatnslagnir fyrir kalt neysluvatn og upphitað kalt vatn. Miðað er við pH-gildi og klórómagn vatnsins. Aðrir þættir, t.d. lífræn efni í vatninu, geta aukið tæringarþol miðað við þessar leiðbeiningar.

EFNI	pH-gildi 6.5-8						pH-gildi 8-9					
	Cl ⁻ <20 mg/l		20=Cl ⁻ <60 mg/l		60=Cl ⁻ <150 mg/l		20=Cl ⁻ <60 mg/l		60=Cl ⁻ <150 mg/l		Cl ⁻ ≥150 mg/l	
	Kalt	upph.	Kalt	upph.	Kalt	upph.	Kalt	upph.	Kalt	upph.	Kalt	upph.
Svart stál	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Galvanhúðað stál	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eir ¹⁰	0	++ ²	0	++ ²	++ ²	++ ²	0	++	0	++	++	++
Ryðfritt stál	++	++ ³	++	++ ³	++ ^{3,4}	++ ^{3,4}	++	++ ³	++	++ ³	++ ^{3,4}	++ ^{3,4}
PEXplast ⁵	++	++ ⁶	++	++ ⁶	++ ⁶	++ ⁶	++	++ ⁶	++	++ ⁶	++ ⁶	++ ⁶
PB-plast ⁵	++	++ ⁶	++	++ ⁶	++ ⁶	++ ⁶	++	++ ⁶	++	++ ⁶	++ ⁶	++ ⁶
PP-plast ⁷	++	++ ⁸	++	++ ⁸	++ ⁸	++ ⁸	++	++ ⁸	++	++ ⁸	++ ⁸	++ ⁸
PE-plast	++	0	++	0	++	0	++	0	++	0	++	0
PEX/ÁL/PEX	++	++ ⁶	++	++ ⁶	++ ⁶	++ ⁶	++	++ ⁶	++	++ ⁶	++ ⁶	++ ⁶
PEX/ÁL/PE	++	+	++	+	++ ⁹	++ ⁹	++	+	++	+	++ ⁹	++ ⁹
PE/ÁL/PE	++	0	++	0	++	0	++	0	++	0	++	0

++ = Mælt með + = Sjá fyrirvara 0 = Notist ekki

1. Getur gefið góða endingu í iögnnum, þar sem mikið rennsli er, og vatnið nær ekki að hitna, t.d. í sverum stofnlögnum.

Víðkvæmt fyrir tæringu utan frá, ef raki kemst utan á rörin.

2. Ekki mælt með notkun, ef pH-gildi er undir 7.4. Þar er engin reynsla fyrir hendi.

3. Hættu á spennutæringu við hitastig yfir um 65°C, ef raki kemst utan á rörin. Athuga PP-húðuð ryðfrí rör.

4. Hættu á rifutæringu skv. dónskum heimildum. Þýskir staðlar miða við 250 mg/l af klóríði.

5. Mælt er með þrýstiflokki 10 bör.

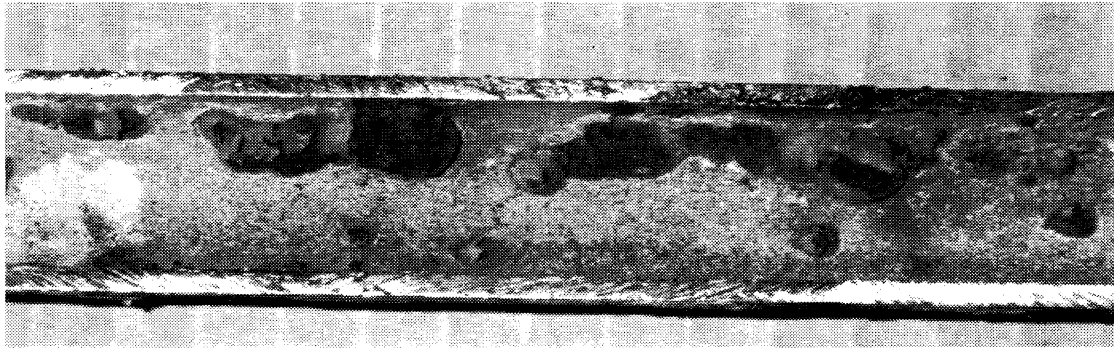
6. Hæsta vatnshitastig um 70°C.

7. Mælt er með þrýstiflokki PN16 við 60°C og minnst PN20 við 70°C.

8. Vottuð fyrir 60°C kerfi hér. Hugsanlegt að nota upp í 70°C með því að auka veggþykkt röranna.

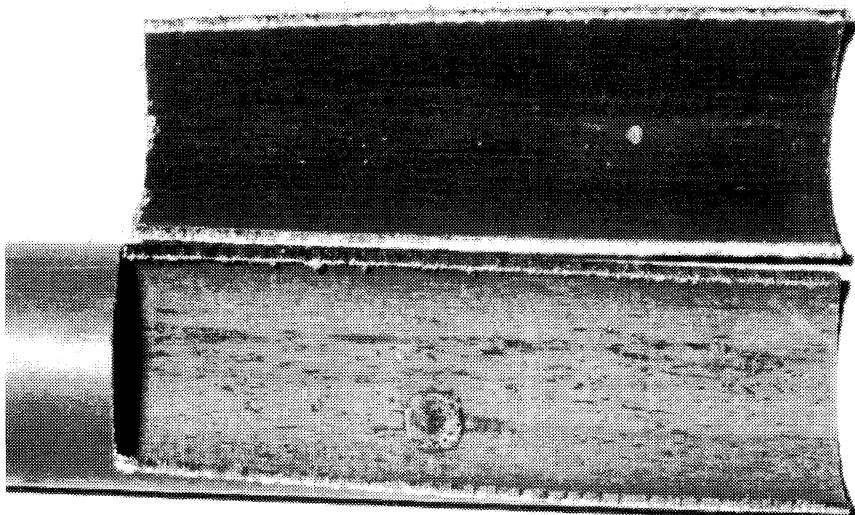
9. Ending PE ytra rörs er óviss við hátt hitastig.

10. Athuga mörk á rennslishraða sbr. ÍST 67.



Mynd 6.8.2 Tæring í galvanhúðuðu röri fyrir kalt vatn. Ryðhnúðar myndast í rörinu. Yfirleitt verður tregt rennsli og ryðburður með vatninu fyrir vandamál en leki á rörum.

Galvanhúðað stál hefur verið hefðbundið efni í lagnir fyrir kalt vatn. Áður fyrr var reynsla af því nokkuð góð víðast á landinu, þrátt fyrir að vatn hér sé svo mjúkt, að þetta sé óráðlegt efnisval skv. erlendum stöðlum (sjá grein 6.6.2.4). Á seinni árum hafa hins vegar komið upp umtalsverð vandamál vegna galvanhúðaðra röra fyrir kalt vatn. Þessi vandamál tengjast í sumum tilfellum notkun á “betra vatni” en áður, þ.e. borholuvatni í stað yfirborðsvatns eða annars “óhreinna” vatns. Greinilegt er, að fleiri atriði skipta verulegu máli, svo sem hitun vatns í lögnum, t.d. þar sem rörin eru lögð í fölsk loft ofan ljósabúnaðar, etv. þynnri sínkúð á rörum, millirennsli o.fl. Miðað við stöðu mála nú og þá staðreynd, að stöðugt má búast við betri vatnsgæðum hjá vatnsveitum, er ekki mælt með notkun galvanhúðaðara röra í lagnir fyrir kalt vatn.



Mynd 6.8.3 Tæringarpyttur í eirröri. Pytturinn er undir hringlaga hrúðrinu í ljósa hluta rörsins.

6.8.6

Eir er almennt talinn hafa reynst illa í köldu vatni hér á landi, nema þar sem vatnið er nokkuð salt. Upphaflega voru mjúk eirrör notuð fyrir kalt vatn og myndaðist pyttatæring í þeim á skömmum tíma. Var kolefnishúð í rörunum kennt um. Einnig eru dæmi um pyttatæringu í hálfhörðum og hörðum eirrörum, þannig að þetta var ekki eina skýringin. Eirrör eru því almennt ekki notuð fyrir kalt vatn. Undantekning eru staðir, þar sem vatnið er aðeins salt eins og t.d. á Suðurnesjum. (pH = 7.4, klóríð um 70 mg/l.). Þar hafa eirrör enst ágætlega.

Ryðfrítt stál með þrýstingjum er mjög heppilegt fyrir kalt vatn. Mælt er með að nota minnst AISI 316 vegna hættu á rifutæringu. Í sverum rafsoðnum lögnum kemur hins vegar til greina að nota AISI 304.

Plaströr úr pólýetýlen (PE), pólýprópýlen (PP), pólýbútýlen (PB) og krossbundinu pólýetýlen (PEX) eru notuð fyrir kalt vatn. Efnið þarf að vera vottað fyrir neysluvatn, þar sem plast getur haft áhrif á neysluhæfni vatnsins. Mælt er með að nota sama plastefnið fyrir kalda og heita neysluvatnið að hverjum töppunarstað, þannig að þá ráða aðstæður í heita vatninu valinu, sbr. grein 6.8.9. Ef PE er notað, þá má ekki vera neinn möguleiki á millirensli á heitu vatni yfir í kalda vatnið. Frekar er mælt með afsínkunarþolnum tengjum.

Plast/ál/plast er fánlegt sem PE/ÁL/PE, PEX/ÁL/PE(að utan) og PEX/ÁL/PEX. Öll eru þau nothæf fyrir kalt vatn, en aðeins það síðastnefnda hefur nú verið vottað fyrir 70°C heitt vatn hér á landi. Rörin þurfa að vera vottuð fyrir neysluvatn.

6.8.8 Blöndunartæki.

Almennt má segja, að blöndunartæki séu gerð fyrir mesta vatnshitastig á bilinu 60-65°C eða hugsanlega upp í 70°C. Stafar það af reglum um hámarkshitastig á heitu kranavatni erlendis. Hitastig upp í 80°C og jafnvel brennisteinsvetni í heita vatninu eru því skilyrði, sem þessum tækjum er ekki almennt ætlað að þola af framleiðendum. Að auki er mun meiri mismunaprýstingur milli heita og kalda vatnsins hér en erlendis, þar sem heita og kalda kranavatnið koma úr sömu stofnlögn.

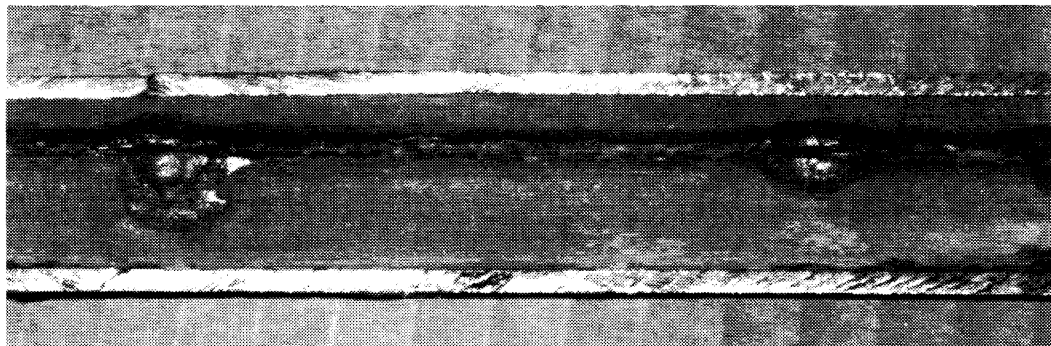
Engin athugun hefur farið fram á blöndunartækjum hér á landi. Þó er vitað að tæki, sem byggja á notkun gúmmíefna í einstreymisloka eða aðra hluti í snertingu við vatnið, hafa oftast mjög takmarkaða endingu. Gúmmíð harðnar, springur og verður óvirkt. Dæmi eru um, að skipta þurfi um einstreymisloka úr gúmmí á um tveggja ára fresti, ef koma á í veg fyrir millirensli á köldu vatni yfir í heita vatnið. Fyrstu skipulögðu prófanir á endingu gúmmíefna í hitaveituvatni eru nú á lokastigi og verður fróðlegt að sjá niðurstöður þeirra.

Lítið er vitað um tegundir og tæringareiginleika eirmelma í blöndunartækjum. Gera má ráð fyrir að sumar tegundir séu með steypum rauðmálmi 85Cu/5Sn/5Zn/5Pb. Nýlega hefur komið upp dæmi um blýmengun vatns vegna fittings og blöndunartækja á Keflavíkurlflugvelli, en þar hefur tæring eirmelma verið mjög mikil.

6.8.9 Lagnir innanhúss fyrir upphitað kalt vatn.

6.8.7

Samandregnar leiðbeiningar um efnisval eru í Töflu 6.8.1.



Mynd 6.8.4 Tæringarpyttir í galvanhúðuðu röri fyrir upphitað kalt vatn. Mesti tæringarhraðinn er oft í suðustrengnun eins og pyttirnir á myndinni sýna. Myndast þá fyrstu lekarnir þar. Algengt er, að ástæða lekans sé ranglega metin sem suðugalli.

Galvanhúðað stál á aldrei á að nota í lagnir fyrir upphitað kalt vatn, hvert sem hitastigið er eða efnagreining vatnsins. Skiptir þar heldur engu, hvort vatnið er hitað í plötuvarmaskipti eða hitakút.

Eir hefur reynst vel fyrir upphitað kalt vatn, þar sem pH-gildi vatnsins er yfir 7-7,5.

Ryðfrítt stál AISI 316 reynist vel í lagnir fyrir upphitað kalt vatn m.t.t tæringar innan frá, ef klóríðmagn í vatninu er undir 150 mg/l. Samkvæmt dönskum heimildum hefur komið fram rifutæring í þrýstitengjum, ef klóríðmagnið er hærra. Eðlilegt er að hafa það í huga, á meðan ekki er nein langtíma reynsla af þessu hér. Einnig þarf að hafa í huga hættu á spennutæringu utan frá vegna utanaðkomandi raka eða leka á tengjum, ef vatnshitastig er yfir 60-65°C. Mælt er með að tengi og lagnir séu sem mest aðgengilegar af þessum sökum, ef notað er hærra vatnshitastig. Ryðfrí rör, sem húðuð eru með PP-plasthúð hafa heldur meira þol gegn utanaðkomandi raka en óvarin rör, þannig að notkun þeirra getur verið heppileg í votrymum.

Plast. Í ISO og EN stöðlum eru skilgreindir tveir notkunarflokkar fyrir plaströr í heitar neysluvatnslagnir, sbr töflu 6.8.2. Flokkur 1 gildir fyrir rör í kerfi með vatnshitastig upp í 60°C en Flokkur 2 upp í 70°C. Rör úr PEX og pólýbútýlen (PB) eru yfirleitt vottuð fyrir 70°C kerfi. Pólýprópýlen (PP) hefur minna hitaþol og er það frekar ætlað í 60°C kerfi. Ein gerð PP-röra er vottuð hér fyrir 60°C kerfi. Val á hærri þrýstiflokki, þ.e. aukin veggþykkt, eykur líftíma PP og PB röra við hærri hitastig og þrýsting en hefur minni áhrif á PEX-rörin. Rörin þurfa að vera vottuð fyrir neysluvatn. Víðast í Evrópu er þess krafist, að plaströr fyrir heitt neysluvatn þoli þrýsting 10 bör við notkunarhitastig með öryggisstuðli 1.3-1.6 eftir löndum óháð raunverulegum kerfisþrýstingi.

Plast/ál/plast. Rör úr PEX/ÁL/PEX eru yfirleitt vottuð fyrir 70°C kerfi. PEX/ÁL/PE hefur minna hitaþol og er frekar ætlað í 60°C kerfi. Ekki er mælt með PE/ÁL/PE fyrir heitt vatn.

6.8.8

Flokkur ¹⁾	T _{vinnu} (°C)	Tími ²⁾ við T _{vinnu} (ár)	T _{max} (°C)	Tími við T _{max} (ár)	T _{yfir} (°C)	Tími við T _{yfir} (klst)	Dæmigert notkunar svið
1 ³⁾		49	80	1	95	100	Heitt neysluvatn (60°C)
2 ³⁾	70	49	80	1	95	100	Heitt neysluvatn (70°C)
4	40 plús ⁴⁾ 60	20 plús ⁴⁾ 25	70	2,5	100	100	Gólfhiti og lág hitaofnar
5	60 plús ⁵⁾ 80	25 plús ⁵⁾ 10	90	1	100	100	Há hitaofnar

- 1) Í hverjum flokki má velja rör eftir vinnubrýstingi p_{vinnu}, 4 bör, 6 bör eða 10 bör, eftir þörfum.
- 2) Kerfin vinna ekki alltaf samfellt á 50 ára líftíma. Sá viðbótartími sem þarf upp í 50 ár skal vera við 20°C.
- 3) Ríki má velja flokk 1 eða 2 í samræmi við reglur sínar um hitastig á heitu kranavatni.
- 4) Notkun á flokki 4 fylgir 20 ára notkun við 40°C og 25 ára notkun við 60 °C á 50 ára líftíma.
- 5) Notkun á flokki 5 fylgir 25 ára notkun við 60°C og 10 ára notkun við 80 °C á 50 ára líftíma.

Tafla 6.8.2. Flokkun hitaþolinna plaströra. Miðað er við notkunar svið samkvæmt ISO og Evrópustöðlum (EN). Miðað er við 50 ára notkunartíma. Hver flokkur sýnir, hvaða hitastig/tíma rörin eiga að geta þolað samtals á notkunartímanum. Hitastigið T_{vinnu} er hæsta venjulegt notkunarhitastig í lögninni, T_{max} er það hámarkshitastig, toppar, sem kerfið getur þurft að þola í stuttan tíma við eðlilegar aðstæður og T_{yfir} er hæsta hitastig, sem getur myndast vegna bilana. Rör í flokkum 1 og 2 eiga að vera vottuð fyrir heitt neysluvatn, þ.e. þau gefa ekki frá sér skaðleg efni í vatnið. Rör í flokkum 4 og 5 hafa yfirleitt ekki þá vottun.

6.8.10 Hringrásarkerfi-hitakerfi.

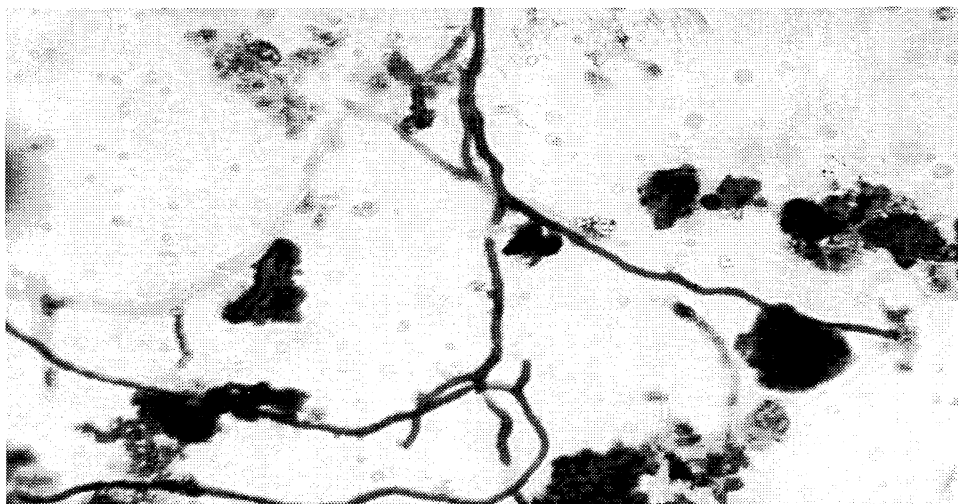
Hjá nokkrum hitaveitum er dreifikerfið lokað hringrásarkerfi með upphituðu köldu vatni. Kalda vatnið, sem sett er inn á kerfið í upphafi, er stundum afloftað með hitun og suðu til þess að ná úr því súrefninu. Að öðrum kosti eyðist súrefnið úr vatninu með almennri tæringu á stálhlutum kerfisins. Mjög mikilvægt er, að sem minnst vatn tapist af kerfinu vegna leka, því nýtt súrefni kemur inn með viðbótarvatninu. Oftast er reynt að aflofta viðbótarvatnið eins og hægt er með suðu, og einnig er stundum tekið framhjálaup með hluta hringrásarvatnsins og það sett í gegnum afloftara.

Sumar hitaveitur afjóna viðbótarvatnið, þ.e. hreinsa úr því steinefni sem eru á jónaformi, t.d. natríum, kalíum, kalsíum, magnesíum, klóríð og súlfat. Þetta minnkar tæringarhættu með því að minnka leiðni vatnsins og þetta dregur einnig úr hugsanlegum útfellingum.

Best er að halda pH-gildi hringrásarvatnsins um eða yfir 9. Afloftun hækkar pH-gildið. Hámark pH-gildisins ræðst af útfellingahættu úr vatninu, en erlendis, þar sem vatn er afjónað, er farið með pH-gildið upp í 10-11.

Erlendis er oftast blandað tæringarvarnarefnum inn á hringrásarvatnið, þar sem erfiðlega gengur að halda því súrefnisfrúu. Oft er miðað við þar, að ekki náist að lækka súrefnið niður fyrir 20 ppb. Þetta hefur gengið mun betur hér, þannig að ekki eru notuð tæringarvarnarefni. Mismunurinn getur legið í stærð kerfa, lekamagni, magni plaströra, millirensli o.fl.

Ofnakerfi húsa eru hringrásarkerfi á sumum svæðum á landinu, t.d á Seltjarnarnesi, í Þorlákshöfn og víða á Suðurnesjum og Selfossi. Stafar það af því, að tæring stálofna hefur komið fram í opnum kerfum. Samskonar kerfi eru þar sem olúhitun er og einnig víða í sumarbústöðum, þar sem hitaveita er ótrygg á vetrum. Í þessum kerfum á súrefni áfyllingarvatnsins að hverfa með tæringu á stálhlutum kerfisins. Áfylling á að vera mjög lítil undir venjulegum kringumstæðum. Einstaka sinnum hafa komið upp vandamál, þar sem sjálfvirk áfylling er notuð. Verður þá stundum ekki vart við leka á kerfinu, fyrr en fyrsti ofninn tærist sundur vegna stöðugar áfyllingar vatns með súrefni. Í þessum kerfum er pH-gildið nærri pH-gildi kalda vatnsins. Ef það er lágt, um 7-8, getur myndast vetni í ofnum vegna tæringar og það gert rekstur kerfanna efiðari. Þetta má leysa með ýmsum íblöndunarefnum, sem hækka pH-gildið. Sum þeirra innihalda einnig tæringarvarnarefni. Þegar frostlögur er notaður inn á þessi kerfi, fást dálítill tæringarvarnarefni með honum. Hann hækkar þó ekki pH-gildið verulega, þannig að vetnismyndunin getur haldið áfram.



Mynd 6.8.5 Örverumyndun í snjóbræðslukerfi. Myndast bæði þráðlaga sveppir og óreglulegir klasar.

Nefna má hér, að sumsstaðar hafa komið upp veruleg vandamál með gróður eða örverumyndun í stórum hringrásarkerfum með frostlegi, einkum snjóbræðslu- og gólfhitakerfum. Stíflast kerfin af lífrænum óhreinindum. Gott er að setja varnarefni inn á kerfi af þessu tagi til að koma í veg fyrir þetta.

6.8.11 Vottun lagnaefna.

Samkvæmt byggingarreglugerð ber nú að nota vottuð lagnaefni innanhúss. Lagnadeild Rannsóknastofnunar byggingariðnaðarins hefur á síðustu árum byrjað að votta lagnaefni. Hingað til hefur vottunarstarfið vegar nær eingöngu falist í því að viðurkenna erlendar vottanir lagnaefna. Erlendu vottanirnar eru hins vegar miðaðar við nokkuð aðrar aðstæður en almennt gilda hér á landi, einkum hvað varðar vatnshitastig á heitu kranavatni og upphitunartíma í hitakerfum. Einnig er í flestum tilfellum ekki tekið tillit til notkunar jarðhitavatns, hvorki í opnum hitakerfum (gegnumstreymi) né sem heitt kranavatn. Í þeim fyrirvörum, sem settir eru í vottorðunum, má sjá þau notkunarskilyrði, sem vottunin nær yfir. Þessir fyrirvarar vilja hins vegar oft gleymast, þegar út í markaðsbaráttuna er komið. Þeir eru hins vegar grundvöllurinn, sem vottunin byggir á, og því eðlilegt að óska eftir að fá að skoða þá við lagnaefnakaup.

6.8.12 Tæringareftirlit.

Engar vatnsveitur hér á landi fylgjast með tæringarhraða t.d. á galvanhúðuðu stáli eða eir í vatninu, svo vitað sé. Prófanir af þessu tagi eru þó mjög einfaldar. Settur er inn rörbútur eða bútar úr efninu, sem nota á í prófuninni. Tekinn er út bútur og skoðaður eftir eitt til tvö ár og nýr bútur settur inn. Einnig má nota tæringarprufuplötur. Þessi prófun getur t.d. sagt til um áhrif breytinga, sem verða á vatni við að nota yfirborðsvatn í stað borholuvatns, en þar getur verið erfitt að greina mismun með efnagreiningum.

Breytingar í seltu vatns geta komið fram hjá vatnsveitum. Eru þær stundum árstíðabundnar. Auðvelt er að fylgjast með þessu á staðnum með einföldum leiðnimælingum á vatninu. Dæmi eru um, að leiðbeiningar um efnisval, sem gefnar voru samkvæmt opinberum efnagreiningum vatnsveitu, hafi reynst rangar, þar sem vatnið reyndist mun saltara á vetrum en á sumrin, þegar betur var að gáð.

Breyting getur komið fram á pH-gildi við breytingar á aðstæðum við vatnsöflun. Þannig hefur pH-gildi vatns í Reykjavík hækkað um nær heila gráðu á síðastliðnum 10-20 árum. Dæmi eru einnig um lækkun pH-gildis við breyttar aðstæður. Nákvæmar pH-mælingar eru erfiðar á köldu vatni, en hins vegar má á tiltölulega auðveldan hátt fylgjast með breytingum í pH-gildi á staðnum með einföldum pH-mælum.

Dæmi eru um, að langtíma millirensli sé á hitaveituvatni í einstaka húsi yfir í kalda vatnið í dreifikerfinu. Oftast er millirenslið þó eingöngu yfir nóttina. Veldur það hækkuðu hitastigi hjá notendum í nágrenni við millirenslisstaðinn og þar með aukinni tæringarhættu. Einnig getur komið fram vont bragð og lykt af kalda vatninu. Þetta þarf að hafa í huga, þegar gerðar eru hitastigsmælingar í dreifikerfum, t.d. í brunahönum. Stundum má finna millirensli með pH-mælingum, ef mikill munur er á heita og kalda vatninu. Yfirleitt þarf þó mælingar á kísilmagni í vatninu til að sjá þetta, en þær þarf að gera á rannsóknastofu.

Pétur Kristjánsson

7. kafli

Eftirlitskerfi

EFNISYFIRLIT

7.1 Inngangur	7.1.1
7.2 Helstu verkefni og tilgangur eftirlitskerfis.	7.2.1
7.2.1 Rennsli.	7.2.1
7.2.2 Þrýstingur.	7.2.2
7.2.3 pH.	7.2.2
7.2.4 Leiðni.	7.2.3
7.2.5 Grugg.	7.2.3
7.2.6 Vatn í geymum.	7.2.3
7.2.7 Með hverju á að fylgjast og hvar?	7.2.4
7.3 Rennslisfræði.	7.3.1
7.4 Mælingar.	7.4.1
7.4.1 Túrbínumælar.	7.4.1
7.4.2 Spaðahjólsmælir.	7.4.2
7.4.3 Hljóðbylgjumæling.	7.4.3
7.4.4 Segulsviðsmælar.	7.4.4
7.4.5 Þrenging.	7.4.5
7.4.6 Munnstykki.	7.4.6
7.4.7 Venturi-rör.	7.4.7
7.4.8 Pitot-pípa eða prandtls-rör.	7.4.8
7.4.9 Hné- eða olnbogamælar (elbow meters).	7.4.8
7.4.10 Hvirfilmælar (vortex meters).	7.4.9
7.4.11 Mælingar í geymum og á grunnvatni.	7.4.10
7.4.12 Glerrör.	7.4.10
7.4.13 Flotholt.	7.4.10
7.4.14 Hlóðbylgjumæling við yfirborðsmælingu.	7.4.11
7.4.15 Þrýstingsmæling við yfirborðsmælingu.	7.4.11
7.4.16 Mæling á þrýstingi í leiðslum.	7.4.12
7.4.17 Mæling á gæðum vatnsins.	7.4.12
7.4.18 pH mæling.	7.4.12
7.4.19 Gruggmæling.	7.4.13
7.4.20 Leiðnimæling.	7.4.13
7.4.21 Hita og rakamælar.	7.4.14
7.4.22 Annar búnaður, á/af breytur.	7.4.14
7.4.23 Iðntölvur (PLC: programable logical controller).	7.4.15

7.5 Kerfiráður.	7.5.1
7.5.1 Búnaður og fjarskipti.	7.5.1
7.5.2 Eftirlitsforrit.	7.5.2
7.5.3 Verkefni hugbúnaðarins.	7.5.3
7.6 Staðsetning mæla.	7.6.1
7.6.1 Vatnsból og geymar.	7.6.1
7.6.2 Afmörkuð hverfi í dreifikerfinu.	7.6.3
7.6.3 Heildarmæling í dreifikerfinu.	7.6.4
7.7 Úrvinnsla.	7.7.1

7.1 Inngangur

Tölvuvædd eftirlitskerfi sem fylgjast með ýmsum þáttum í rekstri fyrirtækja, eins og t. d. vatnsveitna, eru oft nefnd **vaktkerfi**. Megin hlutverk vaktkerfa vatnsveitna er að fylgjast með rennsli bæði frá vatnsbólum og í dreifikerfinu. Rennslismælingar afla upplýsinga og veita vitneskju um ástand veitunnar. Vitneskju sem auðveldar stjórnendum að taka réttar ákvarðanir varðandi viðhald og áætlanagerð.

Vaktkerfi má einnig nota sem stjórnkerfi. Þannig er t.d. hægt að breyta óskgildum, ræsa dælur eða varaafli o.s. frv. Í kaflanum hér á eftir verður fjallað um helstu þætti vaktkerfis.

7.2 Helstu verkefni og tilgangur eftirlitskerfis.

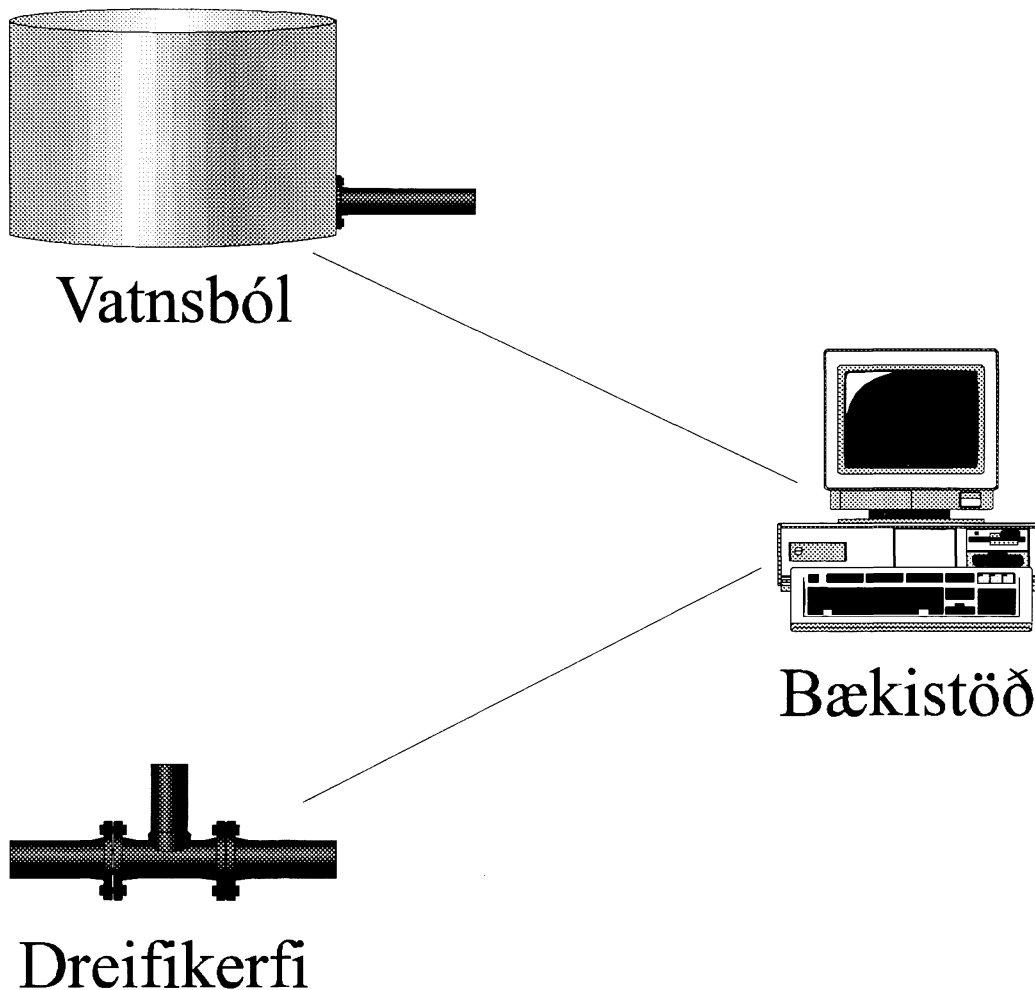
7.3 Rennslisfræði.

7.4 Mælar og mæliaðferðir.

7.5 Kerfiráður.

7.6 Staðsetning mæla.

7.7 Úrvinnsla.



7.2 Helstu verkefni og tilgangur eftirlitskerfis.

Það eru fjölmargir þættir í rekstri vatnsveitna sem fýsilegt er að fylgjast með og tengja vaktkerfi. Mikilvægi þeirra er mismunandi og eðlilegt er að veða og meta annars vegar gagnsemi og hins vegar kostnað við að koma á mælingu, þegar slík kerfi eru sett upp. Aftur á móti getur reynst ráðlegt við uppsetningu vaktkerfa að gera ráð fyrir að fleiri þættir tengist því síðar. Þ.e.a.s. að fyrirkomulag raf- og lagnakerfis sé þannig að bæta megi við mælum og breytum án mikils rasks og kostnaðar.

Mælar og annar búnaður, sem senda boð inn í vaktkerfið, kallast breytur. Breyturnar eru tvönnar konar, **hliðrænar** (analog) og **stafrænar** (digital). Sem dæmi um hliðrænar (hr) breytur má nefna rennslis- og þrýstingsmæla og fyrir stafræna breytu (str.br.) má t.d. nefna breytu sem skynjar hvort sjálfvör í rafmagnstöflu séu útslegin eða ekki. Í vaktkerfinu hafa stafrænu breytur það hlutverk að skynja tvíþætt ástand, “á” eða “af”. Hliðrænar breytur felast í því að nemar skynja t.d. vatnsrennsli og senda um það boð í formi rafstraums eða rafspennu sem er hliðstæða rennslisins, þ.e. breytist hlutfallslega eins og rennslið. Stafræn boð eru merki sem eru samansett úr tveimur tölum, 0 og 1, og grundvallast á svo kölluðu tvíundar-talnakerfi. Stafrænt er hægt að túlka allar stærðir og það er einmitt gert í vaktkerfi til að koma boðum til skila. Í vaktkerfi er ferlið flókin samsetning af báðum merkjategundunum, hliðrænu og stafrænu, þar sem ýmist hliðrænum stærðum er breytt í stafrænar og öfugt. Í framsetningu, á skjá fyrir notandann, birtast hliðrænu mælistærðirnar bæði stafrænt sem síbreytilegar tölur og einnig hliðlægt, t. d. myndræn framsetning á stöðu vatns í geymi eða línurit af sólarhringsrennsli.

7.2.1 Rennsli.

Vitneskja um vatnspörf í veitukerfi er mikilvæg. Lekar sem kunna að vera á kerfinu koma alls ekki alltaf upp á yfirborðið. Hjá sumum vatnsveitum eru jarðvegsaðstæður þannig að lekar koma nær aldrei upp á yfirborðið. Síamæling á rennsli frá vatnsbóli gefur upplýsingar um heildarvatnspörfina. Ef vatnspörf um nætur er meiri en hægt er að skýra með vatnsnotkun neytenda, er væntanlega um leka á dreifikerfinu að ræða. Árangur viðgerða á lekum lögnum má strax sjá í vaktkerfinu, það sést gleggst á minnkuðu næturrennsli. Með því að fjölga mælistöðum í dreifikerfinu fást nákvæmari upplýsingar um ástand lagna, hvaða svæði innan dreifikerfisins eru verri en önnur. Þannig leiðbeina rennslismælingarnar lekaleitarmönnum inn á réttu svæðin. Reynslutölur um vatnsnotkun er hægt að hafa til viðmiðunar. Í íbúðabyggð má ætla að vatnsnotkunin sé á bilinu 150 - 200 lítrar á mann á sólarhring. Næturrennsli eða breytingar á lágmarksrennsli inn á mæld svæði er besta viðmiðunin þegar lekaleit er fylgt eftir með viðgerðum. Í íbúðabyggð á næturrennslið að vera sem næst núlli. Rétt er að hafa í huga að ekki þarf að gera sömu nákvæmniskröfur til rennslismælinga í dreifikerfislögnum eins og gerðar eru til mæla sem vatn er selt eftir. Aðalatriðið er að mælingarnar séu sjálfum sér samkvæmar.

7.2.2 Þrýstingur.

Með þrýstingsmælingum víða í dreifikerfinu fást hagnýtar upplýsingar. Slíkar mælingar veita vitneskju um þrýsting og þrýstítap í kerfinu. Það gefur möguleika á að veita viðskiptamönnum eins og t.d. hönnuðum, sem eru að hanna vatnslagnakerfi í hús, upplýsingar um þrýstinginn í hverfinu þar sem hús á að rísa. Verði breytingar á þrýstingi getur það gefið tilefni til einhverra ráðstafana. Hækki þrýstingurinn t.d. í kjölfar viðgerða á lekum lögnum eða bættrar flutningsgetu getur það gefið tilefni til að fella hann með þrýstiminnkara. Lækki þrýstingurinn, t.d. vegna aukinnar notkunar, getur það gefið tilefni til að bæta aðfærslu með víðari lögnum. Bilun á lögnum, eða loki sem viðgerðamenn gleyma að opna eftir viðgerð, getur valdið þrýstifalli og erfitt er að fylgjast með því nema að mæla þrýstinginn. Góð regla er að símæla þrýsting á öllum þeim stöðum þar sem rennsli er mælt.

7.2.3 pH.

Skyndileg breyting á pH getur verið vísbending um að vatnið hafi mengast. Mengist vatnið er áriðandi að gera viðhlítandi ráðstafanir svo fljótt sem unnt er. Þess vegna er áhugavert að símæla pH bæði við vatnsból og einnig úti í dreifikerfinu. Við að færa vatnstöku úr opnu vatnsbóli í lokað (borholu) getur pH-gildið breyst (hækkað) jafnvel þó vatnið sé úr sömu lindinni. Við efnisval í lagnir vatnsveitu og einnig innanhússlagnir þarf að taka tillit til efnasamsetningar vatnsins sem miðlað er. Það þarf m.a. að taka tillit til pH-gildisins. T. d. getur of lágt og jafnvel of hátt pH-gildi haft slæm áhrif á sínkúðaðar pípur, en slíkar pípur eru algengastar í kaldavatnslögnum innanhúss á Íslandi. Komi í ljós að vatn sem vatnsveita miðlar hafi pH-gildi sem hentar illa lögnum veitunnar og/eða húslögnum á veitusvæðinu, getur verið skynsamlegt og jafnvel nauðsynlegt að breyta pH-gildi vatnsins með íblöndunarefni. Kalk hefur verið notað til að hækka pH-gildi í neysluvatni en kolsýra til að lækka það.

Mælikvarðinn pH segir til hvort efni sé súrt eða basískt (alkalískt). Skalinn nær frá 0 til 14. Heitið á mælikvarðanum, pH, er samsetning af “p” sem stendur fyrir stærðfræðilegu tákni af neikvæðum logarithma og “H” sem í þessu samhengi stendur fyrir vetnisjónið H_3O^+ . Formleg skilgreining á “pH” er neikvæður lógarithmi af virkni vetnisjónar:

$pH = -\log [H^+]$. Í vatni á sér stað stöðugt sjálfbært efnahvarf, (jæmviktarreaktion): $H_2O + H_2O \leftrightarrow H_3O^+ + OH^-$. Jónin H_3O^+ (eða H^+) er súr en OH^- jónin er basísk. Það er H^+ jónin sem er mæld í pH-skalanum. Í hreinu vatni (H_2O) er styrkur jónanna tveggja stöðugur og sá sami: $\rightarrow pH = -\log 10^{-7}$ mól/l. Kvarðinn skýrir sýru- eða basastig með mælingu á virkni vetnisjóna. Mæling pH-gildis efnis er beint háð hlutfalli vetnisjóna $[H^+]$ og hýdroxíðjóna $[OH^-]$. Ef styrkur H^+ er meiri en styrkur OH^- er efnið súrt, þ.e.a.s. pH-gildið er minna en 7. Ef styrkur OH^- er meiri en styrkur H^+ er efnið basískt

með pH-gildi hærra en 7. Sé jafnræði á milli H^+ og OH^- er efnið hlutlaust og pH-gildið 7.

7.2.4 Leiðni.

Það er áhugavert að fylgjast með leiðni kalda vatnsins, sérstaklega í þeim sveitarfélögum þar sem eru fjarvarmaveitur sem nýta heitt jarðvatn í dreifikerfi sitt. Leiðni heita vatnsins er yfirleitt önnur en kaldavatnsins (yfirleitt hærri). Einnig er algengt að þrýstingur heita vatnsins sé hærri. Við þessar aðstæður er ekki óalgengt að millirennslí eigi sér stað í dreifikerfinu og að heitt vatn komist í kalda dreifikerfið. Þetta getur spillt kalda vatninu og jafnframt valdið skaða á leiðslum. Sé leiðni símæld og tengd vaktkerfi í mælastöðvum úti í dreifikerfinu geta óhöpp af þessu tagi uppgötvast í tíma og auðveldað leit að upptökum millirennslisins. Breytingar á leiðni geta að sjálfsögðu einnig gefið vísbendingar um að vatnið hafi spillt af öðrum ástæðum.

7.2.5 Grugg.

Vatnsból geta mengast af gruggi, t.d. ef jarðvegshrun verður við lindina og í leysingum getur jarðvegur af yfirborði borist í vatnsból. Hægt er að fylgjast með þessu með því að símæla grugg og láta vaktkerfið gera viðvart þegar þess verður vart. Til að koma í veg fyrir að grugg berist út í dreifikerfið þarf að opna fyrir tæmingu og loka fyrir aðalæðina. **Slíkar ráðstafanir þurfa að sjálfsögðu að vera gaumgæfilega skipulagðar svo að lokun og tæming á aðalæð valdi ekki skaða á veitunni. Sé lokað fyrir aðalæð án þess að lofta hana getur myndast undirþrýstingur í lögninni. Ef það gerist er t.d. hættu á að þéttihringir á múffum lagnarinnar sogist inn í hana og einnig óhreinindi úr umhverfinu.**

7.2.6 Vatn í geymum.

Séu miðlunargeymar á svæði vatnsbóla og/eða í dreifikerfinu er nauðsynlegt að fylgjast með vatnsborðinu. Tæmist vatn úr geymi getur loft komist út í dreifikerfið og valdið slæmum rekstrartruflunum. Þá má líta á miðlunargeyma sem vatnsforðabúr t.d. ef verða stórar bilanir eða náttúruhamfarir.

7.2.7 Með hverju á að fylgjast og hvar?

Megin sviðin eru 5, vatnsból, dælustöðvar, afmörkuð svæði í dreifikerfinu, geymar í dreifikerfinu og ýmislegt annað sem tengist þessum þáttum beint eða óbeint. Hér verða talin upp nokkur atriði sem vert er að fylgjast með á hverju sviði fyrir sig.

Tafla 3.

Svið:	Hliðrænar breytur:	Stafrænar breytur:
1. Vatnsból.	<ul style="list-style-type: none"> Rennsli í aðalæð. Rennsli frá einstökum borholum. Grunnvatnsstaða. Hæð í geymum. pH-gildi vatnsins. Hiti úti og inni. Rakastig. Hitastig vatnsins. 	<ul style="list-style-type: none"> Dælur. Eldvari. Varaafli, ýmsir þættir. Rafbúnaður, ýmsir þættir.
2. Dælustöðvar í dreifikerfinu.	<ul style="list-style-type: none"> Rennsli frá dælustöðinni. Þrýstingur fyrir og eftir dælu. Hitastig vatnsins. Leiðni 	<ul style="list-style-type: none"> Dælur. Vatn á gólfi v/leka (flotrofi). Eldvari. Varaafli, ýmsir þættir. Rafbúnaður, ýmsir þættir.
3. Afmörkuð svæði, lokahús.	<ul style="list-style-type: none"> Rennsli. Þrýstingur. Hitastig vatnsins. Leiðni. pH. 	<ul style="list-style-type: none"> Rafbúnaður, ýmsir þættir. Vatn á gólfi v/leka (flotrofi).
4. Geymar í dreifikerfinu.	<ul style="list-style-type: none"> Hæð yfirborðs vatnsins. Vatnsmagni. Rennsli að og frá. Hitastig vatnsins. Leiðni. pH. 	<ul style="list-style-type: none"> Lágmarks- og hámarksyfirborð. Rafbúnaður, ýmsir þættir.
5. Ýmislegt.	<ul style="list-style-type: none"> Stjórnþúnaður. Rafbúnaður. 	<ul style="list-style-type: none"> Stjórnþúnaður. Rafbúnaður.

Í rafbúnaði er helst fylgst með eftirfarandi:

- Hvort vör séu útslegin (str.br.).
- Hvort loftþurrkari sé virkur (str.br.).
- Yfirhiti í dælumóturum (str.br.).
- Hvort lýsing sé á (str.br.).
- Hvort netspenna eða varaafli sé á (str.br.).
- Yfirálag á heimtaug og dælum (str.br.).
- Straumnotkun (hr).
- Orkunotkun (hr).
- Rafspenna (hr).

Sem stjórnkerfi getur vaktkerfið t. d. gert eftirfarandi:

- Breytt óskgildi á þrýstijöfnurum.
- Breytt þrýstingi á dælusónum.
- Aftengt bilaða dælu og ræst aðra.
- Ræst varaafli.
- Lokað og opnað loka.

Rennsli, þrýstingur, grunnvatnsstaða og vatnsborð í geymum eru þær upplýsingar sem mest koma að gagni. Þessi atriði ættu að hafa forgang þegar vaktkerfi eru sett upp, önnur atriði geta bæst við seinna.

7.3 Rennslisfræði.

Rennslisfræði eru vísindi um hreyfingu vökvva. Grundvöllur að þessum vísindum var lagður um miðja 18. öld af Bernoulli, D'Alembert og Euler. Euler setti fram hreyfilögmál fyrir kjörvökva. Það reyndist erfitt að aðlaga lögmálið að raunveruleikanum bæði vegna stærðfræðilegra hindrana og einnig vegna þess að í raunverulegu rennsli koma upp ýmis fyrirbrigði sem formúlan tók ekki tillit til. Gera þarf greinarmun á lagstreymi og iðustreymi, taka þarf tillit til seigju (viskositet) vökvans o. s. frv. Nauðsynlegt reyndist að finna einfaldari aðferðir en Euler notaði. Með tilraunum með leiðréttingastuðla hefur lögmálið verið gert nothæft í útreikningum á raunverulegu rennsli.

Þegar vökvi hreyfist í samhliða lögum kallast það **lagstreymi**. Vatn í leiðslum lagstreymir aðeins við lágan hraða, ca. $\leq 0,1$ m/s. Auk þess hefur gerð og lögum leiðslunnar áhrif á streymi vökvans.

Við **iðustreymi** mynda vökvaeindirnar hringiður þannig að vökvalögin blandast saman. Þetta streymi myndast þegar hraði vökvans fer yfir ákveðið mark sem er háð seigju vökvans og gerð lagnarinnar sem hann rennur í. Reynolds tala, **Re**, (eftir Englendingnum Osborne Reynolds, 1863) er stuðull sem er einkennandi fyrir allt rennsli. Það skilgreinist af sambandinu:

$$Re = \frac{c * d_h}{\nu}$$

c = meðalhraði í sniðinu í m/s.

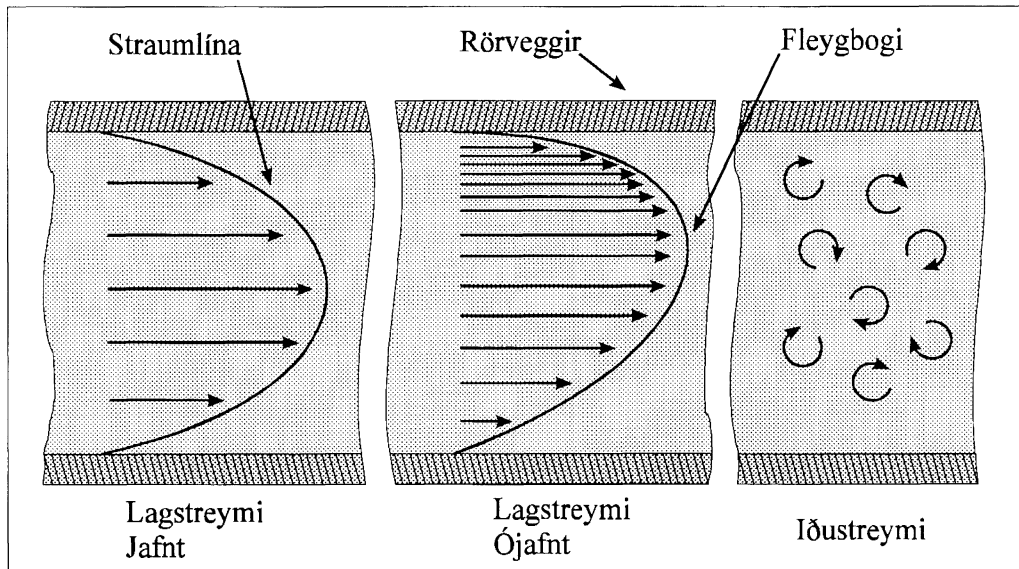
d_h = vökvapvermál (í leiðslum með hringlaga þversnið er $d_h = d$) í m.

$$d_h = \frac{4 * (\text{þversniðsflatarmál})}{\text{ummál} - \text{vökvans} - i - \text{þversniðinu}}$$

ν = hreyfiseigja í (m²/s).

Það má líta á Reynolds tölu sem hlutfall milli hröðunar- og viðnámskrafta í vökvarennslu. Við lág gildi á Re er rennslið lagstreymt en iðustreymt við há. Án tillits til vökvategundar er markástand rennslis $Re_{kr} = 2000$ til 2300. Þetta gildi kallast Reynolds markgildi og markar það ástand sem skilur á milli lag- og iðustreymis. Við útreikning á þrýstifalli er nauðsynlegt að taka tillit til iðustreymis og viðnáms í leiðslum. Iðustreymi hefur truflandi áhrif á rennslismælingar en reynt er að hamla gegn því með að hafa beina pípuleggja að og frá rennslismælum. Lengd pípuleggjanna ákvarðast af mælisgerð og þeim kröfum sem gerðar eru.

7.3.2



Við sístreymi er margfeldið af framrás þversniðs rennandi vökva og mótsvarandi hraða fasti:

$$A \cdot v = \text{fasti eða } A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

A: þversnið [m^2]

v: hraði vökvans [m/s]

Vökvamagnið (Q) sem streymir fram er margfeldið af þessu tvennu:

$$Q = A \cdot v [m^3 / s]$$

Í vökvaafþræði er talað um 3 hlutsvið orkunnar, stöðuorku, þrýstiorku og hreyfiorku.

Stöðuorka. Vatnsmagn með rúmmálið q m^3 , eðlismassann ζ [kg/m^3] og hæðina h m (hæð yfirborðs) hefur stöðuorkuna $\zeta g q h$ [Nm] þar sem g er þyngdarhröðunin en hún er $\approx 9,81$ [m/s^2] eða [N/kg] við yfirborð jarðar. Stöðuorka reiknuð á þyngdareiningu:

$$\frac{\zeta g q h}{\zeta q} = g \cdot h [Nm/kg]$$

Þrýstiorka. Stimpill í strokki verður fyrir áhrifum vökvaþrýstings p [N/m^2] Stimpillinn hefur end aflötinn A [m^2] Hann flyst s [m] og skilar vinnunni $p \cdot A \cdot s$ [Nm]. Til að skila þessari vinnu notast vökvamagnið $A \cdot s [m^3] = \zeta \cdot A \cdot s [kg]$.

Þrýstiorkan á kg verður:

$$\frac{p A s}{\zeta A s} = \frac{p}{\zeta} [Nm / kg]$$

Hlutfallið $\frac{p}{\zeta}$ segir til um orkusvið massaeiningarinnar, nefnt þrýstiorka.

Hreyfiorka. Ef við gefum okkur að vökvamagn q [m^3] með massann $\zeta \cdot q$ [kg] sé gefið hraðinn v [m/s] þá verður hreyfiorkan $\frac{1}{2} \cdot \zeta \cdot q \cdot v^2$ [Nm]. Sé reiknað per kg fæst $v^2/2$ [Nm/kg] en það er kjörleitna (kinesis) orkan.

Heildarorkuinnihaldið í kjörvökva á hreyfingu er summan af þessum þremur hlutsviðum:

$$gh + \frac{p}{\zeta} + \frac{v^2}{2} [Nm / kg] = \text{fasti}$$

Þessi jafna heitir orkujafna Bernoullis og er skýrð á eftirfarandi hátt:

Þegar kjörvökvi er í stöðugu streymi þá er, eftir straumlínu vökvans, summan af stöðu-, þrýsti- og hreyfiorkunni, fasti.

Jafnan getur einnig skrifast sem hæðarjafna:

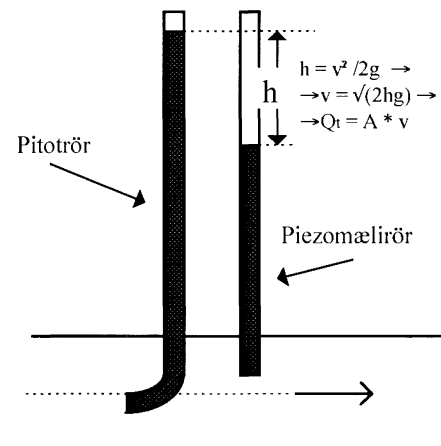
$$\text{Hæðarjafna: } h + \frac{p}{\zeta g} + \frac{v^2}{2g} [m] = \text{fasti}$$

↙
↙
↙
 hæð yfirborðs þrýstihæð hreyfi-hæð

Jafnan er til að skýra fræðilega hvernig rennsli hefur verið mælt í gegnum tíðina. En það byggist m.a. á að mæla annars vegar þrýsting hreyfi- og þrýstiorkunnar saman og hins vegar þrýsting þrýstiorkunnar einnar og reikna síðan út hraðann á vökvnum út frá mismuninum, sem er þrýstingur hreyfiorkunnar. (sjá Prandtlrör og venturimæli síðar í kaflanum).

Á seinni árum hafa komið fram aðrar aðferðir við að mæla rennsli og eru sumar þeirra einmitt mikið notaðar við fjarmælingar t.d. hjá vatnsveitum. Hér verða nefndar nokkrar, bæði eldri og nýrri aðferðir:

Vegna formsins á Pitotrörinu nemur það bæði stöðu- og hreyfiþrýstinginn. Piezomælirörið nemur aðeins stöðu-þrýstinginn. Mismunurinn (h) er því hreyfiorkan og samkvæmt Bernoulli er hægt að reikna út rennslishraðann og þá rennslið.



7.4 Mælingar.

Rennslismælar sem og aðrir mælar sem notaðir eru til fjarmælinga þurfa að vera útbúnir rafbúnaði sem gefur frá sér spennu eða straum í réttu hlutfalli við þær stærðir sem þeir mæla. Straumnum eða spennunni er breytt í boð sem send eru út á kerfiráðinn eða fjarmælingarnetið. Af þessu leiðir að rafmagn þarf að vera til staðar þar sem mælunum er komið fyrir eða í nánd við þann stað. Algengir spennugjafar í þessu sambandi eru 24VDC. Hægt er að nota rafgeyma og hafa eftirlit með þeim en æskilegra er að hafa aðgang að 220V rafveituspennu.

Hægt er að fá mæla með þessum búnaði við allar þær mæliaðferðir sem nefndar verða hér á eftir. En aðferðirnar henta hins vegar misvel til fjarmælinga í vatnsveitum eins og sést í töflu 4. Hljóðbylgju- og segulviðsmælar henta vel til fjarmælinga í vatnsveitum. Þeir eru nokkuð dýrir í innkaupum en eru viðhaldslitlir. Aðrir mælar eru að öðru jöfnu ódýrari og koma einnig vel til greina í þessu sambandi.

Það verður þó að hafa þann fyrirvara að tækniframfarir eru örar og það sem er hagkvæmt í dag getur orðið úrelt í náninni framtíð. Þess vegna er nauðsynlegt að fylgjast með á þessu sviði og vega og meta kröfur um nákvæmni, stofnkostnað og viðhaldspörf þess búnaðar sem valinn er.

7.4.1 Túrbinnumælar.

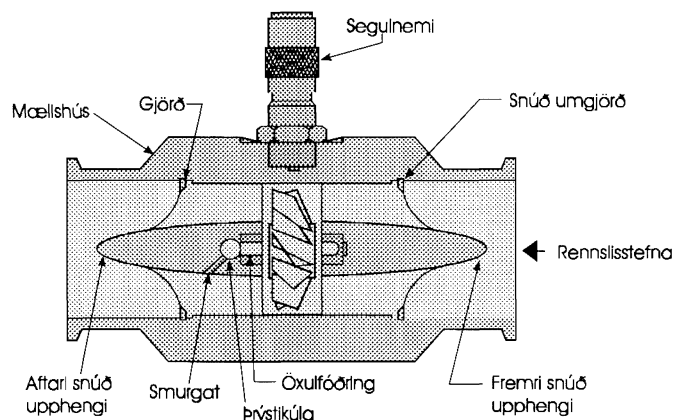
Hverfill með spöðum snýst í þversniði lagnar eða mælshúss. Vökvi kemst ekki fram hjá hverflinum án þess að snúa honum. Hver hringur hverfilsins samsvarar ákveðnu magni af vökva. Framsetning mælingarinnar er mismunandi:

a) Algengt er að hverfillinn snúi vélrænu reikningsverki sem lesið er af. Slík aðferð hentar ekki í fjarmælingar.

b) Hverfillinn getur snúið litlum rafala og framleitt

spennu eða straum. Magn spennunnar eða straumsins er þá í réttu hlutfalli við rennslíð í gegnum hverfilinn. Slíka mæla er hægt að nota við fjarmælingar.

c) Hverfillinn getur snúið skífu sem er ljós að lit með svörtum geira (einum eða fleiri). Skífan snýst framan við ljósnema (fótócellu) sem telur stafrænt hringi skífunnar. Með rafbúnaði er mælingunni breytt í hliðlæg boð t.d. 4 - 20 mA. Getur hentað við fjarmælingar.



7.4.2

d) Spaðahjólsmæling. Spaðahjól er stungið niður í leiðslu sem á að mæla. Vatnið snýr spaðahjólinu sem snýr litlum rafala. Hann framleiðir rafspennu og/eða straum í réttu hlutfalli við rennslishraðann (sjá 7.4.2.).

Túrbínur mælar eru til af ýmsum gerðum. Sumar gerðirnar mæla af mikilli nákvæmni og eru því helst notaðar þar sem vatn er selt eftir mæli.

Helstu kostir:

- Nákvæmur.
- Auðveld í uppsetningu.

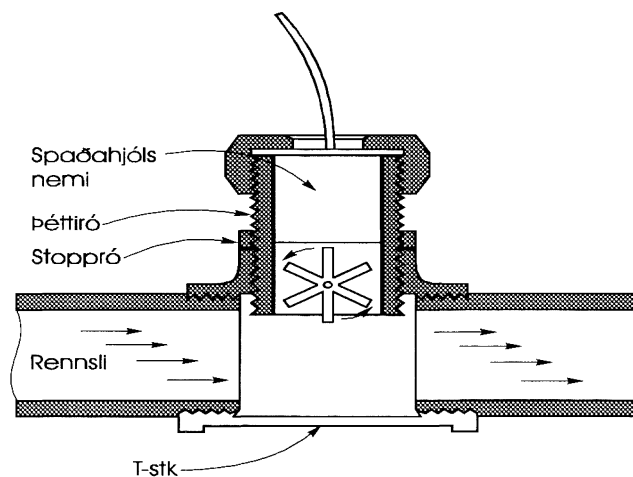
Helstu ókostir:

- Hreyfanlegir hlutir.
- Næmur fyrir ögnum.
- Viðhaldspörf.
- Fellir þrýsting.

Túrbínur mæla er hægt að fá með rafbúnaði (4 - 20 mA/ 0 - 10 V) og þess vegna er hægt að nota þá til fjarmælinga í vatnsveitum. Það er hins vegar ekki ráðlegt vegna áður nefndra ókosta. Hins vegar er til spaðahjólsmælir sem flokka má undir túrbínur mæla og er athyglisverður kostur ef t. d. óskað er tímabundinnar mælingar í lögn.

7.4.2 Spaðahjólsmælir.

Hann er afar einfaldur og auðveldur í uppsetningu. Samanstendur af spaðahjóli og rafbúnum mælihaus. Umfang hans er lítið og hann er skrúfaður niður í stút eða borspöng á lögnina sem á að mæla, þannig að spaðahjólið nemur vökvafleðið í lögninni. Hann hentar vel til mælinga sérstaklega þar sem mælingu er tímabundið óskað t. d. vegna lekaleitar.



Helstu kostir:

- Mjög ódýr.
- Lítið umfang.
- Auðveld uppsetning.

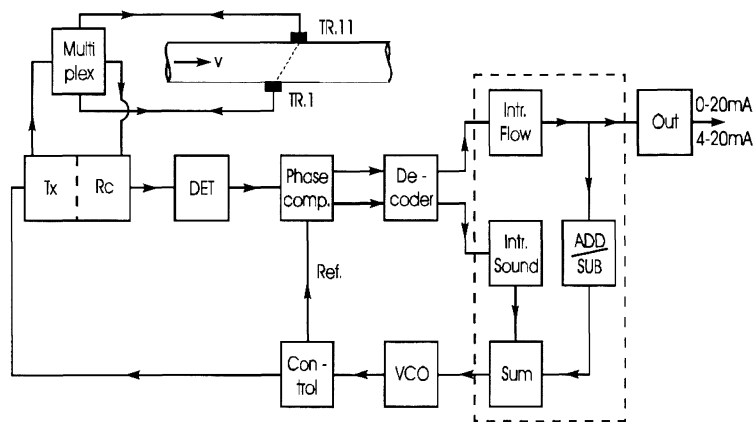
Helstu ókostir:

- Hreyfanlegir hlutir.
- Viðhaldspörf.
- Frekar forgengilegur.
- Ónákvæmur.

7.4.3 Hljóðbylgjumæling.

Skautum er komið fyrir í mæliröri sem sett er inn á lögnina þar sem á að mæla. Skautunum er komið fyrir undir ákveðnu horni hvoru á móti öðru, t.d. 30° eða 45°. Hvort um sig bæði sendir og tekur á móti hátíðnihljóði. Hátíðnihljóð fer hraðar með vökvastraumnum en á móti. Þetta veldur mismun á flutningstímanum fyrir hátíðnimerkin tvö. Út frá tímamismuninum er hægt að reikna rennslisraðann. Með því að margfalda saman rennslisraðann og þversnið mælirörsins fæst rennslíð. Þessi aðferð hentar vel til fjarmælinga, sérstaklega þegar mæla þarf rennslí í stórum rörum. Einnig eru til mælar með aðeins eitt skaut, sambyggt sendir og móttakari. Hljóðmerki sem það sendir endurkastast frá loftbólum og ögnum í vökvanum sem mældur er og skautið nemur það og reiknar út rennslisraðann með svipuðum hætti.

Hljóðbylgjumælar henta ágætlega til fjarmælinga í vatnsveitum. Ýmsar gerðir eru framleiddar en algeng gerð er svipuð þeirri sem lýst er hér að ofan. Þeir mæla rennslíð í báðar áttir og breytir mælistraumurinn formerkjum eftir því í hvora áttina rennslíð stefnir (+, -). Þessir mælar eru nokkuð dýrir og til að fá sem besta nákvæmni í



Myndin sýnir hljóðbylgjumæli ásamt rafeindabúnaði sem reiknar út rennslismagn og skilar því sem straummerki 4-20 mA eða 0-20 mA. Mælingu er nauðsynlegt kaupa mælirör frá framleiðanda og eykur það enn á kostnaðinn. En hægt er að halda niðri kostnaði með því að sjóða stúta fyrir mæliskautin beint á pípunna þar sem mæla á rennslí og er sú aðferð fyllilega nægjanleg þegar rennslí í vatnsveitum er mælt. Sé sú aðferð valin hefur vídd pípnanna sem á að mæla lítill áhrif á verðið. Þessir mælar hafa verið mikið notaðir til mælinga í vatnsveitum og þá fyrst og fremst á stærri æðar. Til að forðast iðustreymi þarf að leggja lengri beina leggi að hljóðbylgjumælum en t.d. að segulsviðsmælum.

Helstu kostir:

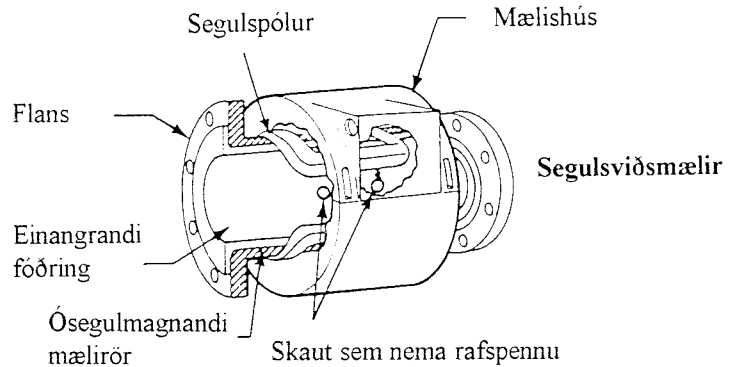
- Engir hreyfanlegir hlutir.
- Viðhaldslitlir.
- Hægt er að skipta um “innmat” mæliskautanna án rekstrarstöðvunar (Danfoss).
- Valda engu þrýstifalli.
- Henta vel í fjarmælingar
- Traustir.

Helstu ókostir:

- Dýrir.
- Uppsetning umfangsmikil séu þeir keyptir án mælirörs.
- Þurfa langa beina leggi að og frá mælirörinu.

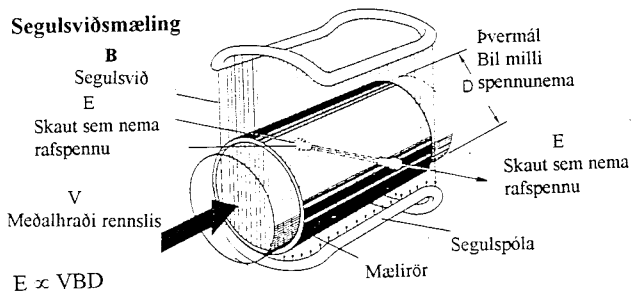
7.4.4 Segulsviðsmælar.

Þessi mæliaðferð byggir á lögmáli Faradays. “Í leiðara sem fer í gegnum segulsvið myndast rafspenna”. Vökvarennisli er mælt með þeim hætti að segulspólu og 2 rafnemum er komið fyrir á lögninni þar sem á að mæla. Segulspólan myndar segulsvið inni í lögninni og vökvinn sem rennur í gegnum segulsviðið er leiðari sem myndar rafspennu. Rafnema nema spennuna sem myndast en hún hækkar og lækkar í réttu hlutfalli við rennslið. Á sama hátt og við hljóðbylgjumælingu skiptir ekki máli í hvora áttina rennslið er, því rafspennan breytir um formerki ef rennslisstefnan breytist. Mælingin er háð því að leiðni vökvans sem á að mæla sé ekki minni en $1\mu\text{S}/\text{cm}^1$. Neysluvatn er yfirleitt ofan við þau mörk og hentar aðferðin einkar vel til rennslismælinga í vatnsveitukerfum.



- 1) S=SIEMENS (mho) er mælieining fyrir rafleiðni A/V og er marfeldisumhverfa viðnáms Ω V/A (ohm).
 V: Rafspenna í voltum.
 A: Rafstraumur í amperum.
 μ : 10^{-6}

Notkun segulsviðsmæla til fjarmælinga í vatnsveitum hefur færst ört í vöxt. Notkun þeirra var og er háð leiðni vökvans sem á að mæla. Þróun þeirra hefur leitt til þess að hægt er að mæla vökva, með afar lága leiðni, með viðunandi nákvæmni. Af þessum ástæðum og mörgum öðrum eru þeir áhugaverður kostur til fjarmælinga í vatnsveitum, því leiðni kalds neysluvatns á Íslandi ætti alls staðar að vera yfir þeim lágmarks mörkum leiðni sem góðir mælar eru gerðir fyrir. Þó þarf alltaf að hafa í huga, sé segulsviðsmælir valinn, að hann henti leiðni vatnsins sem á að mæla.



Það er auðvelt að setja upp segulsviðsmæla og þeir eru tiltölulega umfangslitir. Þeir eru ekki jafn háðir lagstreymi eins og hljóðbylgjumælar og því þarf ekki eins langa beina leggi að þeim til að ná sambærilegri nákvæmni.

Helstu kostir:

- Viðhaldslitir.
- Valda ekki þrýstifalli.
- Auðveld uppsetning.
- Nákvæmir (ónákvæmni vex þó aðeins við hægt rennsli).
- Tiltölulega ódýrir fyrir grennri pípur ($\leq 300\Phi$).
- Henta vel til fjarmælinga.
- Traustir.

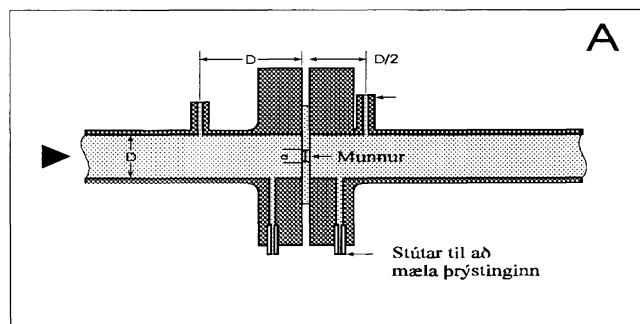
Helstu ókostir:

- Nákvæmni háð leiðni og rennslis hraða vatns (nákvæmni minnkar við mjög hægt rennsli).
- Verðið fyrir stærri pípuþvermál (t. d. $>300\Phi$)².

2) Algengustu gerðir segulsviðsmæla eru gegnumstraumsmælar (in line) og er verðið því háð pípuþvermáli lagnarinnar sem á að mæla. Þess vegna eru stundum notaðir mælar af næstu stærð fyrir neðan og lögnin minnkuð þar sem mælinum er komið fyrir. Þetta veldur óverulegu þrýstifalli en heldur kostnaði niðri og eykur jafnframt nákvæmni í mælingu vegna þess að rennslis hraðinn verður að jafnaði meiri.

7.4.5 Þrenging.

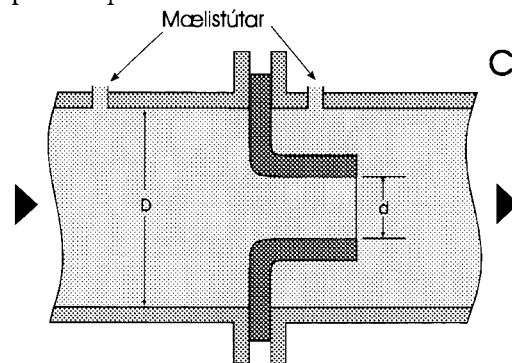
Þrenging (orifices) er einföld aðferð til að mæla rennsli í pípu. Plötu með gati, sem er minna í þvermál en þvermál pípunnar, er komið fyrir milli tveggja flanga á pípunni. Þrýstitalp við þrenginguna er mælt og þannig fundinn þrýstimunur og rennslið reiknað út frá því.



7.4.6

7.4.6 Munnstykki.

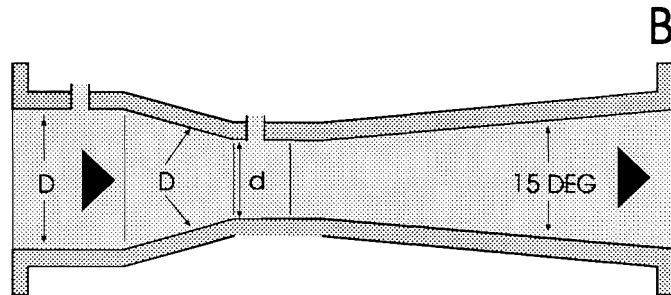
Þessi mæliaðferð svipar til þrengingaraðferðarinnar og einnig mælingar með venturiröri. “Munnstykki” er komið fyrir inni í pípunni þar sem mæla á rennsli. Lengd “munnstykksins” er ca hálf þvermál pípunnar. Þrýstingur er mældur sitt hvoru megin við “munnstykkið”. Afstaða mælistaðanna er sem nemur þvermáli pípunnar framan við innstreymið í “munnstykkið” og hálfu þvermáli á eftir. Út frá þrýstingsmuninum er rennslið reiknað út. “Munnstykki getur mælt um 60% meira rennsli en “þrengingin” miðað við sama þrýstifall.



7.4.7 Venturi-rör.

Þessi mæliaðferð er svipuð tveimur síðastnefndu aðferðunum. Hún byggir á formúlu Bernoullis, $A_1 * v_1 = A_2 * v_2$.

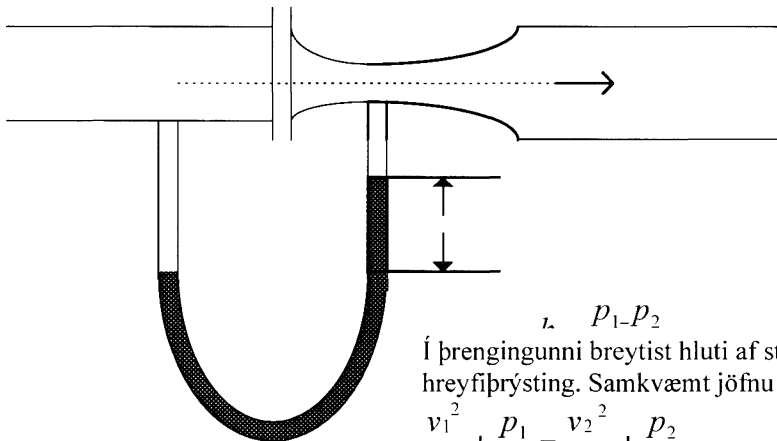
Mælirörið þrengist inn að miðju og víkkar út aftur þannig að báðir endar þess hafa sama þvermál og lögnin þar sem mæla á rennslið í. Þrýstingur er mældur fremst á rörinu þar sem



þvermálið er mest, þar er þrýstingur hæstur en rennslis hraði minnstur, þrýstingur er einnig mældur á miðjunni þar sem þvermálið er minnst, þar er hann minnstur en rennslis hraði mestur. Rennslið (Q) er síðan reiknað út frá þrýstingsmuninum

$$Q_{teor} = A_2 \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(1 - (\frac{A_2}{A_1})^2)}}.$$

í lágmarki.



$$p_1 - p_2$$

Í þrengingunni breytist hluti af stöðuþrýstingnum í hreyfiþrýsting. Samkvæmt jöfnu Bernoullis gildir:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} = \frac{v_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\rho g}$$

Samkvæmt samfelldninni gildir:

$$A_1 * v_1 = A_2 * v_2$$

og þannig

$$v_1^2 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 * v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(1 - (\frac{A_2}{A_1})^2)}}$$

Fræðilega rennslið í m³/s verður:

$$Q_t = A_2 * v_2 = A_2 * \sqrt{\frac{2(p_1 - p_2)}{\rho(1 - (\frac{A_2}{A_1})^2)}}$$

v : Rennslis hraði [m/s]

$g \approx 9,81$ m/s²

ρ : Eðlismassi vökvans [kg/m³]

p : Þrýstingur [N/m²]

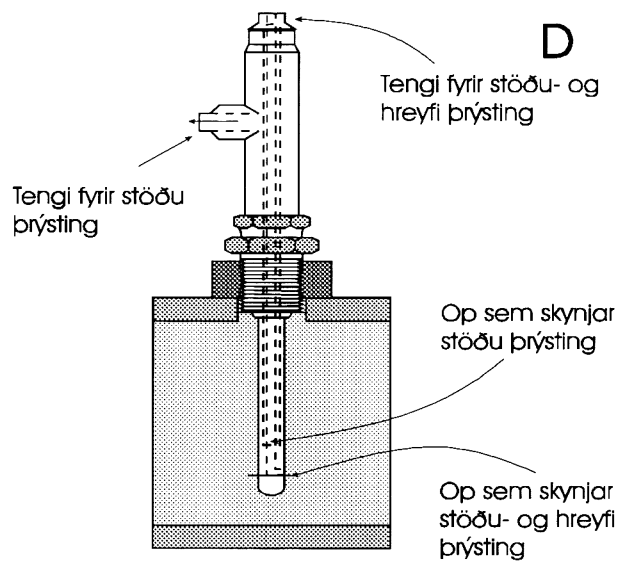
A : Flatarmál þversniðs [m²]

7.4.8 Pitot-pípa eða prandtlis-rör.

Eins og áður er getið byggir aðferðin á að mæla annars vegar þrýsting stöðu- og hreyfiorkunnar saman (pitot-rör) og hins vegar aðeins þrýsting stöðuorkunnar (t.d. með piezo-mæliröri). Þannig er hægt að reikna út hraðann á vökvanum út frá þrýstingsmuninum. Sé þrýstingsmunurinn mældur og umreiknaður í hæð vökvasúlu (h [ml]) verður rennlishraðinn:

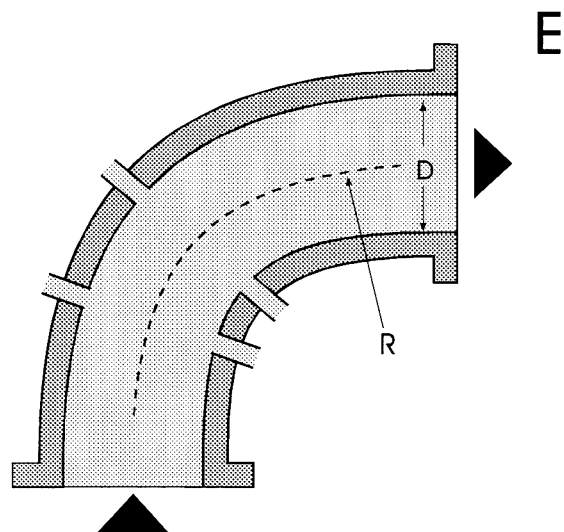
$$v = \sqrt{2hg}$$

[m/s] og rennslíð $Q_{teor} = A \cdot v$ [m³/s], þar sem A er flatarmál þversniðs lagnarinnar sem er mæld.



7.4.9 Hné- eða olnbogamæljar (elbow meters).

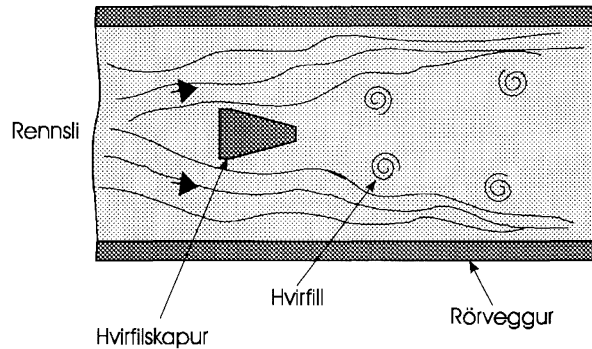
Mæliaðferðin grundast á þeirri reglu að þegar vökvi rennur í hringlaga braut, leggst miðflóttakraftur inn á ytri brún bugðunnar. Þegar vökvi streymir í gegnum bugðuna, er krafturinn sem verkar inn á innri brúnina hlutfall af eðlismassa vökvans sinnum hraðinn í öðru veldi. Auk þess er krafturinn í öfugu hlutfalli við radía bugðunnar. Hægt er að útbúa bugðumæli úr nánast öllum 90° beygjum. Bora þarf tvö göt fyrir þrýstinema á miðja beygjuna (45° punktinn) innan og utanverða.



7.4.10 Hvirfilmælar (vortex meters).

Mælingin er grunduð á náttúrulegu fyrirbrigði sem myndast þegar vökvi flæðir umhverfis fastan hlut. Hringiður eða hvirflar myndast handan hlutarins. Tíðni hvirflanna er í beinu hlutfalli við hraða vökvans sem streymir í gegnum mælinn.

Þrjú megin hlutar mælisins eru: 1) bein þríhyrningslaga stöng sem er komið fyrir í miðju mælirörinu, 2) nemi sem skynjar viðkomu hvirflanna, sem stöngin myndar, og gefur frá sér rafpúlsa og 3) magnari sem meðhöndlar rafpúlšana, þannig að útgangsspennan eða straumurinn verði í réttu hlutfalli við rennslið.



Tafla 4.

Rennslis-mælir:	Mælisvið:	Þrýstifall:	Nákvæmni %:	Bein pípa að mæli, margfeldi þvermáls:	Verð:
Túrbínúmælir	20 : 1	Hátt	± 0,25 af mældu rennsli	5 til 10	Hátt á stærri mælum
Hljóðbylgjumælir	20 : 1	Ekkert	±1 til ±5 af mælisviðinu	5 til 30	Hátt
Segulviðs mælir	40 : 1	Ekkert	± 0,5 af mældu rennsli	5	Hátt
Þrenging (Orifice)	4 : 1	Meðal	± 2 til ± 4 af mælisviðinu	10 til 30	Lágt
Munnstykki (Flow nozzle)	4 : 1	Meðal	± 1 til ± 2 af mælisviðinu	10 til 30	Meðal
Venturi-rör	4 : 1	Lágt	± 1 af mælisviðinu	5 til 20	Meðal
Pitot-mælir	3 : 1	Mjög lágt	± 3 til ± 5 af mælisviðinu	20 til 30	Lágt
Hné-mælir (elbow-meter)	3 : 1	Mjög lágt	± 5 til ± 10 af mælisviðinu	30	Lágt
Hvirfil mælir (vortex)	10 : 1	Meðal	± 1 af mældu rennsli	10 til 20	Hátt

Taflan hér að ofan er unnin úr handbók bandarískrar fyrirtækjasamsteypu, OMEGA, og á við mæla sem þeir framleiða. Hún gefur vísbendingar um eiginleika ólíkra tegunda mæla jafnvel þó þeir komi frá öðrum framleiðendum.

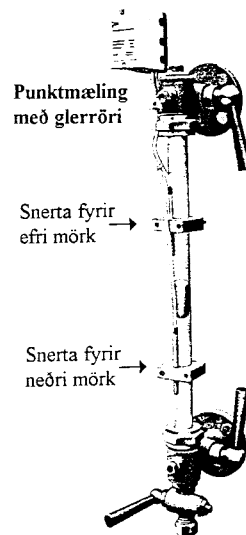
7.4.10

7.4.11 Mælingar í geymum og á grunnvatni.

Mæling á yfirborði. Mæling á yfirborði vatns í geymum eða á grunnvatnsstöðu er tvíþætt, **stöðumæling** og **punktmæling**. Stöðumæling sýnir stöðu yfirborðs eins og hún er hverju sinni t. d. í metrum yfir sjávarmáli [MYS] eða í einhverri mælieiningu yfir botni sé t.d. um geymi að ræða. Punktmæling er mæling á einhverri stöðu sem gefur tilefni til að gera einhverjar ráðstafanir. T. d. lágmarks- eða hámarksstöðu sem er þá látin ræsa eða rjúfa dælingu. Margar og mismunandi aðferðir eru notaðar til að mæla yfirborð og fjölmargar mælategundir eru til á markaðinum. Hér verður aðeins minnst á nokkrar, þær sem henta vatnsveitum. **Magnmæling í geymum** er afleidd stærð af hæðarmælingu, þ.e.a.s. hæð yfirborðs í geyminum sinnum flatarmál hans.

7.4.12 Glerrör.

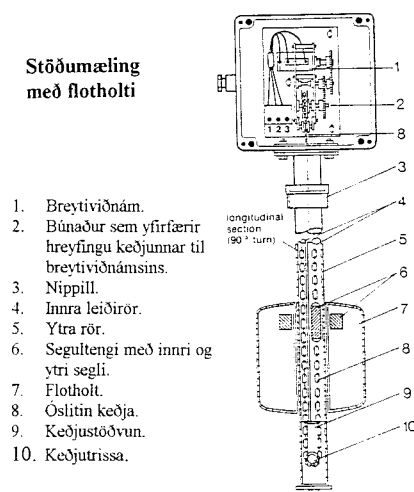
Glerrörið er einfaldasta aðferðin til að mæla yfirborð. Glerrörinu er komið fyrir utan á t.d. vatnsgeymi og tengt við botn og topp hans. Þannig er staðan í geyminum ávallt sjáanleg í rörinu. Þessi aðferð hentar að sjálfsögðu ekki í fjarmælingar, þó má nefna að hægt er að fá þessi glerrör með sambyggðum snertum (rofum) þannig að hægt er að nota þau til punktmælinga.



7.4.13 Flotholt.

Algengt er að nota flotholt við mælingar á vatnsyfirborði. Slík aðferð getur hentað bæði til stöðu- og punktmælinga. Útfærslurnar eru margar. Við punktmælingu er flotholtið, sem fylgir yfirborði vatnsins, látið opna eða loka snertu. Snertan er þá t.d. tengd dælu eða mótrolka sem ræsir eða rýfur eftir því sem við á. Með sérstökum útbúnaði er hægt að mæla stöðu yfirborðs með flotholti. Þá er flotholtið útbúið sem hólkur með segulhring. Flothólkurinn er færður upp á rör sem tengt er rafspennumæli. Rörið nær frá toppi til botns í geyminum og flothólkurinn færir með yfirborði vatnsins, upp og

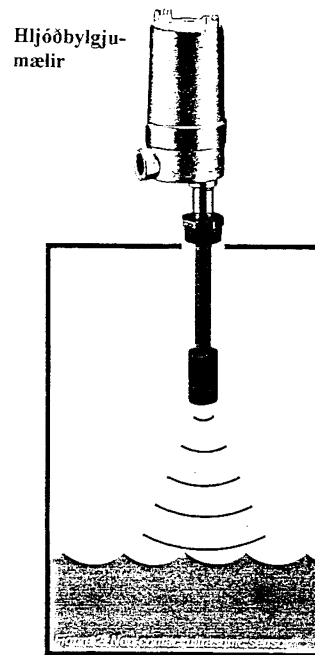
Stöðumæling með flotholti



niður eftir rörinu. Segulhringurinn hefur áhrif á viðnám í rafspennumælinum. Breytingar í viðnáminu eru í réttu hlutfalli við yfirborð vatnsins. Flotholtsmæling getur sameinað bæði stöðu- og punktmælingu.

7.4.14 Hljóðbylgjumæling við yfirborðsmælingu.

Hljóðbylgjumælur eru notaðir við mælingu á vökvayfirborði t. d. í geymum. Skauti, sem sendir og tekur á móti hátíðnibylgjum, er komið fyrir ofan við vökvafliötinn sem á að mæla. Hátíðnibylgjurnar bergmálast frá vökvafletinum og mælirinn ákvarðar stöðu yfirborðsins með útreikningi á flutningstíma hátíðnibylgnanna. Með útbúnaði er hægt að sameina stöðu- og punktmælingu.



7.4.15 Þrýstingsmæling við yfirborðsmælingu.

Þrýstimæling við yfirborðsmælingu. Algengt er að nota þrýstingsmæla við að ákvarða vökvayfirborð í geymum og þeir henta einnig vel til að mæla grunnvatnsstöðu. Þrýstingsnema er komið fyrir, í snertingu við vökvann sem á að mæla, undir lágmarksstöðu yfirborðsins. Í nemanum er membra með innbyggðu viðnámi. Membran dregst saman eða þenst út eftir stöðu yfirborðs vökvans. Við þetta breytist viðnámið í membrunni í réttu hlutfalli við þrýstinginn. Þegar yfirborðið er ákvarðað þarf með hjálp af hugbúnaði að taka tillit til eðlismassa vökvans, samkvæmt Bernoulli er þrýstihæðin:

$$p/\zeta g \Rightarrow \text{Nkgm}^3 / \text{m}^2\text{Nkg} \Rightarrow \text{metrar} = \text{hæð}$$

p: N/kg (vökvaprýstingurinn)

ζ : kg/m³ (eðlismassi vökvans)

g: N/kg (þyngdarhröðunin)

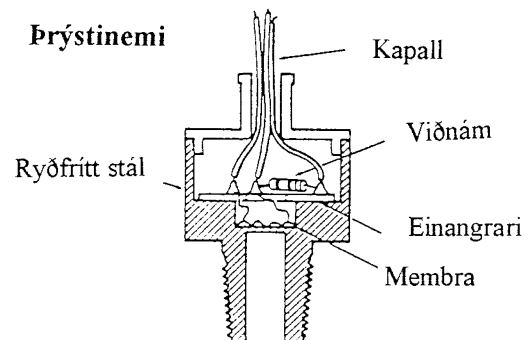
Þrýstimæling hentar ágætlega til að ákvarða stöðu grunnvatns og vatns í geymum og til að tengjast vaktkerfi.

7.4.16 Mæling á þrýstingi í leiðslum.

Til eru margar aðferðir til að mæla þrýsting. Hér verður aðeins minnst á 2 aðferðir, vökvasúluaðferðina sem er frumstæð og membruaðferðina sem tengist rafbúnaði og hentar því vaktkerfum einkar vel.

Vökvasúluaðferð. Þessi aðferð byggist á því að tengja glerrör lóðrétt t. d. við lögn sem á að mæla þrýsting í. Þrýstingurinn er látinn halda uppi vökvasúlu og hæð súlunnar er mæld. Til að halda umfangi í lágmarki skiptir máli að vökvinn í súlunni hafi sem mestan eðlismassa og einangra verður milli hans og vökvans í lögninni. Kvikasilfur er oft notað í þessu sambandi en eðlismassi þess er 13,6 sinnum meiri en eðlismassi vatns. Til að ákvarða þrýstinginn segir Bernoulli: $h = p/\zeta g \Rightarrow p = h\zeta g$ [N/m²]. Aðferðin hentar ekki vel til að tengja vaktkerfi.

Membru/viðnámsaðferðin. Hér er um nákvæmlega sömu aðferð að ræða og lýst er í “þrýstimæling við yfirborðsmælingu”. Aðferðin hentar vel í vaktkerfi.



7.4.17 Mæling á gæðum vatnsins.

Drykkjarvatn sem vatnsveitur miðla er neysluvara samkvæmt skilgreiningu laga. Það fellur undir reglugerðir sem fjalla um framleiðslu matvæla og krafist er innra eftirlits með gæðum þess. Samkvæmt reglugerð eiga vatnsveitur að taka reglubundið sýni til mælinga á gæðum vatnsins. Tíðni prófana er mismunandi eftir stærð vatnsveitnanna. Það er ekki nauðsynlegt að símæla efnainnihald vatnsins enda er það flókið mál og erfitt að útfæra með nákvæmni. En það eiga sér stað framfarir í gerð einfaldra efnagreininganema (sensors) og ekki er útlokað að í framtíðinni verði hægt að fylgjast með gæðum vatnsins í vaktkerfi. Hér verður aðeins minnst á þrjár gerðir mælinga sem hægt er að tengja vaktkerfi, pH-mælingar, gruggmælingar og leiðnimælingar. Að öðru leyti er vísað í kaflann um lög og reglugerðir og hvatt til að starfsmenn vatnsveitna kynni sér reglugerðir um gæði vatnsins.

7.4.18 pH mæling.

Nákvæmar pH mælingar eru gerðar í pH-mæli. Mælirinn samanstendur af þremur hlutum, mæliskauti, viðmiðunarskauti og samviðnámsmæli. Það er hægt að hugsa sér mæliskautið sem rafhlöðu þar sem spennan breytist í samræmi pH-stig þess sem mælt er. Mæliskautið

er glerpípa sem vetnisjónir hafa áhrif á með þeim hætti að spenna, mæld í millivoltum, myndast og breytist í samræmi við breytingu á hlutfalli vetnisjóna innan og utan glerpípunnar. Viðmiðunarskautið hefur fasta spennu og breytist ekki með magni vetnisjóna í efninu. Viðnám mæliskautsins er mjög hátt sem gerir það að verkum að spennuáhrifin sem vetnisjónirnar valda er erfitt að mæla. Samviðnámsmælirinn magnar upp mismun skautanna tveggja og sýnir hann sem mælt pH-stig. Mælarnir þurfa að taka tillit til hita lausnarinnar sem mæld er og leiðrétt mælt gildi í samræmi við það. Uppgefin pH-gildi miðast yfirleitt við +25° C.

Símæling á pH í vatnsveitum fer þannig fram að vatn er tekið úr lögninni þar sem mælt er og það leitt í gegnum pH-mæli og þaðan í niðurfall. Eftirlit þarf að vera gott með pH-mælum því að þeir eru viðkvæmir og þurfa tíðar endurstillingar. Mælarnir eru endurstilltir með því að dýfa mæliskautinu í sérstakar lausnir (buffer) sem hafa stöðugt og óbreytilegt pH-gildi.

Hægt er að framkvæma einfaldar pH mælingar með svokölluðum pH-pappír (fæst í apótekum). Efnið brómtymolblátt (BTB) gefur súrum lausnum gulan lit en basískum bláan. Efnið fenoltalein gefur súrum lausnum engan lit en basískum rauðfjólubláan. Sérstakur pappír, pH-pappír, er vættur í þessum efninu og síðan þurrkaður og úr verður efnavísir til að mæla pH. Pappírnum er dýft í lausnina sem á að mæla og tekur hann þá á sig lit. Liturinn er síðan borinn saman við litaspjald þar sem mismunandi litir standa fyrir mismunandi pH-gildum. Þessi mæling er aldrei nákvæm og hentar eðli síns vegna ekki til fjarmælinga

7.4.19 Gruggmæling.

Mæling á gruggi fer þannig fram að einbylgjuljós er sent í gegnum vökvann eða lausnina sem á að mæla og ljósmælir nemur síðan ljósið. Þegar fylgst er með neysluvatni er mælinum t.d. komið fyrir á aðalæð við vatnsból. Ljósgefjafanum er þá komið fyrir á stút á hlið rörsins með snertingu við vatnið og ljósnemanum á hinni hliðinni andspænis ljósgefjafanum eða á sömu hlið og hann látinn taka við endurkasti ljóssins. Þegar vatnið er tært nemur ljósneminn fullan styrk á geisla ljósgefjafans en verði vatnið gruggugt minnkar styrkur ljósgeislans og ljósneminn mælir breytinguna.

Það er ekki ástæða til að símæla grugg nema sérstök hætta sé á að vatn mengist. Búnaður sem fylgist með gruggi er nokkuð flókinn og þarfnast góðs eftirlits. Hann þarf að vera búinn sjálfhreinsibúnaði vegna þess að útfellingar deyfa ljósgefjafann og ljósnemann og hætta er á að hann gefi fölsk boð.

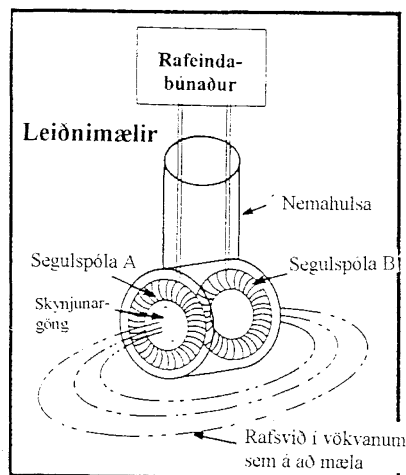
7.4.20 Leiðnimæling.

Leiðni (S) vatns er hægt að mæla með því mæla viðámið (R) milli tveggja skauta sem eru í snertingu við vatnið. Flatarmál skautanna er stórt og lítið bil er haft á milli þeirra vegna þess að viðnámið í vatninu er stórt og erfitt er að mæla stór viðnám með mikilli nákvæmni. Leiðnin er margfeldisumhverfa viðnámsins, $S = \frac{1}{R}$, rafbúnaður mælisins

reiknar þetta út og sendir merki 4 - 20 mA eða 0 - 10 V í réttu hlutfalli við leiðnina og það mælisvið sem mælirinn er stilltur á..

7.4.14

Einnig eru til namar sem mæla leiðnina með öðrum hætti. Tveimur samhliða rafspólum með gati í miðjunni er komið fyrir inni í vatnsleiðslunni þar sem á að mæla. Önnur spólan sendir út hringlaga rafsvið sem fer í gegnum hina spóluna. Sú spóla nemur styrk rafsviðsins, sem breytist í réttu hlutfalli við leiðni vatnsins. Rafeindabúnaður mælisins les stærð styrksins og breytir honum í sams konar merki og í fyrri aðferðinni.



7.4.21 Hita og rakamælur.

Loft hefur þann eiginleika að draga í sig raka, vatnsgufu, að ákveðnu marki, mettnarmarki. Mettnarmark hækkar með auknum lofthita. Þ.e.a.s. heitt loft getur haldið í sér meiri raka en kalt loft. Af þessu leiðir að þegar loft, sem er t.d. mettað af vatni, kólnar, verður það að losa sig við vatnið. Vatnið þéttist og fellur úr loftinu. Þetta gerist einmitt í lokahúsum og dælustöðvum. Vatnið fellur á kaldar lagnirnar og veldur tæringu.

Í dælustöðvum og lokabrunnum þar sem t. d. mælum til fjarmælinga er komið fyrir er loft oft þurrkað í stað þess að einangra lagnir. Kostirnir eru augljósir, lagnirnar eru berar, þurrar og auðvelt að komast að þeim t.d. til viðgerða. Einangraðar lagnir torvelda aðkomu og geta leynt tæringu því raki vill oft komast milli lagnar og einangrunar.

Sé loft þurrkað með loftþurrkurum er æskilegt að fylgjast með hita og rakastigi loftsins. Rakastig er mælt í prósentum 0 - 100 % RH (relative humidity). Fá má sambyggða hita- og rakamæla t. d. fyrir 24VDC/ 4 - 20 mA sem henta ágætlega til að tengja við vaktkerfi. Mælt er með að mæla hitastig vatnsins sem miðlað er, bæði í aðalæð við vatnsból og einnig úti í dreifikerfinu. Auðvelt er að koma slíkum mælingum við og er ráðlegt að mæla hita vatnsins á öllum þeim stöðum þar sem rennsli er mælt. Breytist hitastig vatnsins verulega úti í dreifikerfinu getur það gefið vísbendingar um bilanir, t.d. á hitaveitu eða að heitt vatn blandist kalda vatninu vegna millirennslis. Ef hitastig vatnsins er einnig mælt við reglubundið eftirlit á brunahönum, má bera þær mælingarnar saman við símælingu í nærliggjandi mælastöð. Þannig fást gagnlegar upplýsingar ef eitthvað ber út af með hitastig vatnsins.

7.4.22 Annar búnaður, á/af breytur.

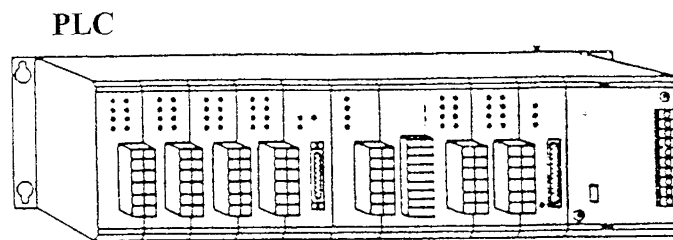
Boðmerki sem sýna annað hvort “á” eða “af” geta gefið gagnlegar upplýsingar og það er venjulega auðveldara og kostnaðarminna að ná í slík merki samanborið við hliðrænu

merkin. Sem dæmi má nefna sjálfvirka dælustöð með 3 dælum þar sem ein, tvær eða þrjár dæla samtímis allt eftir vatnsþörfinni hverju sinni. Spólurofarnir sem ræsa og stöðva þessar dælur hafa yfirleitt aukasnertur sem ekki eru notaðar, hafi þeir það ekki er yfirleitt auðvelt að bæta þeim við. Með einföldum hætti má tengja þessar snertur við vaktkerfisbúnaðinn og fá þannig upplýsingar um hvaða dæla eða dælur eru í gangi hverju sinni. Með þessum hætti má fylgjast með ýmsu, eins og t. d. varaafslsbúnaði, lýsingu, brunaboða o.fl. Séu dælustöðvar eða vatnsból búnar sjálfvirkri ræsingu á varaafli má fylgjast með hvenær netspenna rafveitunnar fellur út og varaflíð tekur við og hvenær netspennan kemur inn aftur o. s. frv. Úr vaktkerfinu má síðan prenta út skýrslu með nákvæmri tímasetningu á þessum ferli því að venja er að tengja slíkar breytur rauntíma. Í töflu 3 eru taldir upp nokkrir þættir sem æskilegt getur verið fyrir vatnsveitur að fylgjast með stafrænt. Hægt væri að bæta við þá upptalningu en gagnsemi með tilliti til kostnaðar verður alltaf að skoðast við þessa gagnaöflun.

7.4.23 Iðntölvur (PLC: programable logical controller).

Notkun iðntölva (PLC) í rafkerfi mælastöðva (en svo getum við nefnt hús þar sem mælum í vaktkerfi er komið fyrir) er ákjósanlegur kostur.

Margar gerðir af iðntölvum eru til á markaðinum. Þeim er það flestum sameiginlegt að þær annars vegar hafa minnst tvær gerðir af inngöngum þar sem önnur gerðin tekur við hliðrænum boðum (4 - 20 mA, 0 - 10 V) en hin gerðin stafrænum (digital, "á"/"af") boðum og hins vegar minnst tvær gerðir útganga þar sem önnur gerðin sendir



Iðntölva með sæti fyrir 10 einingar. Miðverk (CPU) tölvunnar tekur eitt sæti, en í hin sætin 9 er hægt að koma fyrir einingum með allt að 16 inn- eða útgöngum hver.

hliðræn boð en hin gerðin sendir stafræn boð. Þær leysa m. a. af hólmi raf- og tímaliða og auka jafnframt til muna möguleika til stýringa. Með tiltölulega einföldum hætti má láta iðntölvurnar útfæra stýringar og sjálfvirkni sem flókið er að leysa með raflíðum. Auk þess er kjörið að nota þær sem útstöðvar í vaktkerfi. Þannig getur sama iðntölvun t.d. bæði stjórnað dælustöð og sent bæði hliðræn og stafræn boð út í vaktkerfið og gagnasöfnunin getur því á einfaldan hátt orðið mjög fjölbreytt. Þess vegna getur verið skynsamlegt að byggja rafkerfi mælastöðvanna frá grunni út frá iðntölvum. Á þetta sérstaklega við um dælustöðvar og vatnsból.

Iðntölvur eru forritaðar á forritunarmáli sem nefnist "Ladder". Mismunur getur verið á einstökum atriðum í forritunarmálinu milli framleiðenda. Helstu framleiðendur bjóða upp á breiða "línu" iðntölva, þ.e. allt frá litlum sem koma má fyrir á svo kallaðri dínskinnu, hæð og breidd aðeins ca 5 sm og upp í samsettar einingar þar sem stærðin getur verið

7.4.16

mæld í metrum. Allar gerðirnar í sömu "línu" má tengja saman. Með tilliti til vaktkerfis er ráðlegt að halda sig við sama framleiðandann, sömu "línuna" það auðveldar samskiptin í vaktkerfinu og getur komið í veg fyrir óþarfa kostnað.

7.5 Kerfiráður.

Í þessum kafla verður fjallað almennt um kerfiráðinn (vaktkerfið). Hvernig mælagildum og boðum er komið til notandans, varðveislu gagna, viðvaranir, notendaförrið og fl. Ekki verður farið ítarlega í tæknileg atriði. Hafa verður í huga að hægt er að leysa boðskiptin með mismunandi hætti. Til að gefa lesandanum hugmynd um hvernig hægt er að senda mæligildi rafrænt verður minnst á eina aðferð í þeim efnunum.

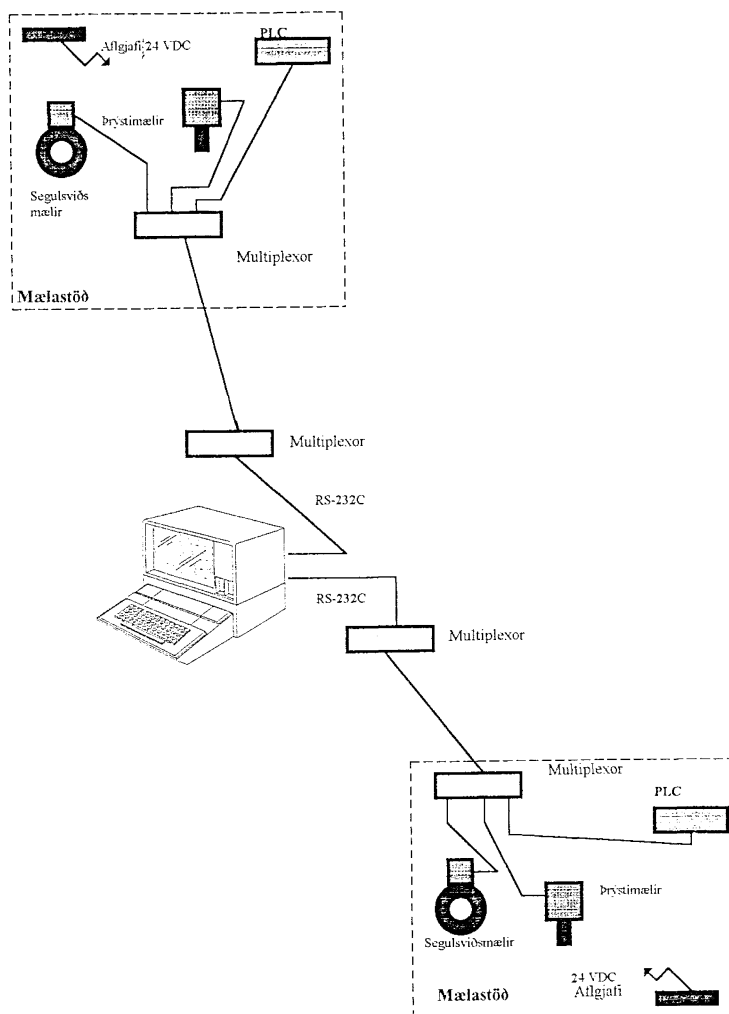
7.5.1 Búnaður og fjarskipti.

Til eru nokkrar aðferðir til að koma upplýsingum frá dreifikerfinu til stjórnstöðvar.

Upplýsingarnar eru bæði aflestur af mælum, t.d. rennslismælum, og svo boð frá skynjurum s.s. útslegnum vörum eða brunaboðum.

Rennslismælarnir skynja magn rennslis og breyta því í rafstraum (4 til 20 mA) í hlutfalli við rennslid. Þannig verður styrkur rafstraumsins hliðstæða rennslisins og til verða hliðræn merki eða boð. Boðunum þarf að koma til

móðurtölvunar sem er í öðru húsi / hverfi og er þá óhagkvæmt að senda boðin í þessu formi, því að litla fjarlægð þarf til að þau dofni og verði ólæsileg. Einnig þyrfti þá eina línu fyrir hvern mæli. Í staðinn eru hliðrænu mæligildin tekin frá þeim mælum sem eru á hverjum stað, hver mælir á sér línu, og þeir tengdir inn á sendikerfi, Multiplexor. Sendikerfið les mæligildi hvers mælis í ákveðinni röð og breytir því í stafrænt merki og



7.5.2

sendir til stjórnstöðvar. Í stjórnstöðinni er svo annar búnaður sendikerfisins, sem tekur á móti stafrænu merkjunum og breytir þeim í aftur í hliðræn merki og sendir út á jafnmargar línur og í sömu röð og gert var í upphafi. Vegna þess að að sendihliðin og mótökuhliðin eru alltaf að vinna í sömu röð og á sama tíma hring eftir hring, þá skilar merki sem sent er inn á t.d línu 1 sér alltaf út á línu nr. 1 í mótökuhliðinni o.s.frv. Til að tölvan geti skilið mælingarnar þarf enn að breyta merkjunum úr hliðrænum boðum yfir í stafræn merki sem síðan er yfirleitt sent inn á raðtengi (RS232C) PC tölva. Síðan er það verk tölvunnar og forritsins að klára verkið og breyta þessu í aðgengilegt, læsilegt og skiljanlegt form fyrir starfsmenn.

Stafrænu boðin milli sendi- og mótökuhliða sendikerfa eru yfirleitt í formi tóna þ.e. í kerfinu eru innibýggð móðöld. Þessa tóna má flytja bæði eftir línu eða í lofti með t.d. talstöðvarrás og fer það eftir því hvernig hagar til á hverjum stað. Ef farið er í loftinu þarf sendi, móttakara og loftnet sem sparast ef notast er við línur, en þá kemur á móti kostnaður ef leigja þarf þær af öðrum. Það hefur reynst vel að leggja línur í skurði og koma sér upp eigin fjarskiptaneti. Þetta er eins og annað spurning um hagkvæmni í hverju tilfalli. En rétt er að geta þess að sendikerfin geta sent upplýsingar í báðar áttir.

7.5.2 Eftirlitsforrit.

Mikilvægur þáttur í vaktkerfinu er hvernig mælagildi eru sýnd notandanum og hvernig þau eru meðhöndluð og varðveitt. Endastöð upplýsingaflæðis í vaktkerfi er tölva. Tölvann er forrituð til að taka við gögnunum og sýna þau á skjá, prenta/plotta út, gefa aðvaranir og geyma. Gagnsemi kerfisins veltur verulega á hversu gott forritið er.

Aðilar sem koma sér upp vaktkerfi hafa um tvær leiðir að velja til að meðhöndla gögnin.

- a) **Ráða tölvunarfræðing til að skrifa forrit.**
- b) **Kaupa tilbúið eftirlitsforrit.**

a) Skýrar og afmarkaðar þarfir gætu ráðið því að hagkvæmt sé að fá tölvunarfræðing til að skrifa notendaforrit fyrir vaktkerfi. Reynslan sýnir hins vegar að óskir um frekari útfærslu forritsins fylgja ávallt eftir að kerfið er tekið í notkun. Forritunarvinnan hefur tilhneigingu til að hlaða utan á sig og kostnaður getur farið úr böndunum. Auk þess er ókostur að binda sig við eitt sérstakt forrit sem aðeins tölvunarfræðingurinn þekkir til hlítar.

b) Á markaðinum eru til eftirlitsforrit sem henta m. a. vel í vaktkerfi. Þau hafa þróast og eru fánleg fyrir ýmis notendaumhverfi, t.d. Windows, OS/2, UNIX og VAX/VMS. Þetta gefur möguleika á samskiptum við önnur forrit í sama umhverfi og gerir því alla úrvinnslu auðveldu og skemmtilega. Eins og í mörgum Windows-forritum er "graffikin" afar góð og notandinn getur sjálfur byggt upp skjámyndirnar. Hann getur byggt upp skjámyndir t.d. af lokahúsi eða dælustöð þaðan sem mælagildin koma. Komið fyrir dælum og mælum á skjámyndina og sett upp glugga við rennismælinn sem sýnir rennslið eins það er hverju sinni o.s. frv. Mælt er með að þessi leið sé farin sé þess nokkur kostur.

7.5.3 Verkefni hugbúnaðarins.

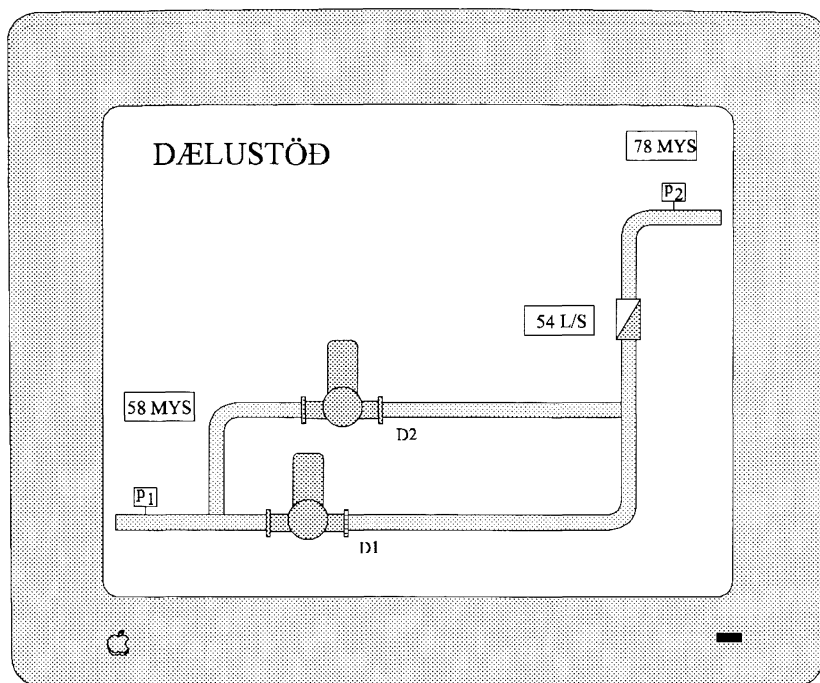
Verkefni eftirlitshugbúnaðar ræðst af óskum notandans. Vinnutími vaktkerfis er 24 stundir á sólarhring allan ársins hring og hægt er að hlaða á það verkefnum. Það ber að líta á eftirfarandi upptalningu sem hugmynd um starfsvið forrits í vaktkerfi vatnsveitu:

- a) Framsetning, skjámyndir.
- b) Varðveisla gagna.
- c) Útprentanir, skýrslur, listar og línurit.
- d) Aðvaranir.
- e) Stjórnunaraðgerðir.

a. **Framsetning, skjámyndir.** Það ber að vanda til framsetningar á mæla- og ástandsgildunum sem koma frá hliðrænu og stafrænu breytunum. Skjámyndir þurfa að vera skýrar og starfsmönnum vatnsveitunnar auðlesnar. Ekki má leika vafi á frá hvaða mæli eða breytu gildin koma. Æskilegt er að hafa minnst 3 form á framsetningunni:

- Myndræn framsetning mæla.
- Framsetning í formi lista.
- Línurit.

Myndræn framsetning á mælum og mælastöðvum. Skjámyndirnar sýna mælastöðina og staðsetningu mælanna í stöðinni ásamt ríkjandi gildum þeirra. Við hvern mæli er lítill gluggi sem sýnir, eftir því sem við á, ríkjandi mælagildi, t.d. í l/s, MYS, % RH eða m³ o.s.frv. Séu margar mælastöðvar í vatnsveitunni er ein skjámynd fyrir hverja mælastöð. Þá getur ein skjámynd verið yfir vatnsbólín og dreifikerfið í heild, kerfismynd. Á slíkri mynd er settur lítill gluggi á hvern punkt í vatnsveitunni þar sem mælum hefur verið komið fyrir. Þar eru helstu mælagildin



sýnd, eins og rennsli og þrýstingur auk annarra mælagilda sem koma má fyrir án þess að skjámyndin verði ruglingsleg. Stafrænu breytur eru láttnar sýna ástand þess sem þær fylgjast með, á táknrænan hátt. - **Dæmi:** Stafrænar breytur fylgjast með dælum í dælustöð og fara í stöðuna “á” ef viðkomandi dæla er í gangi en “af” sé dælan ekki í

7.5.4

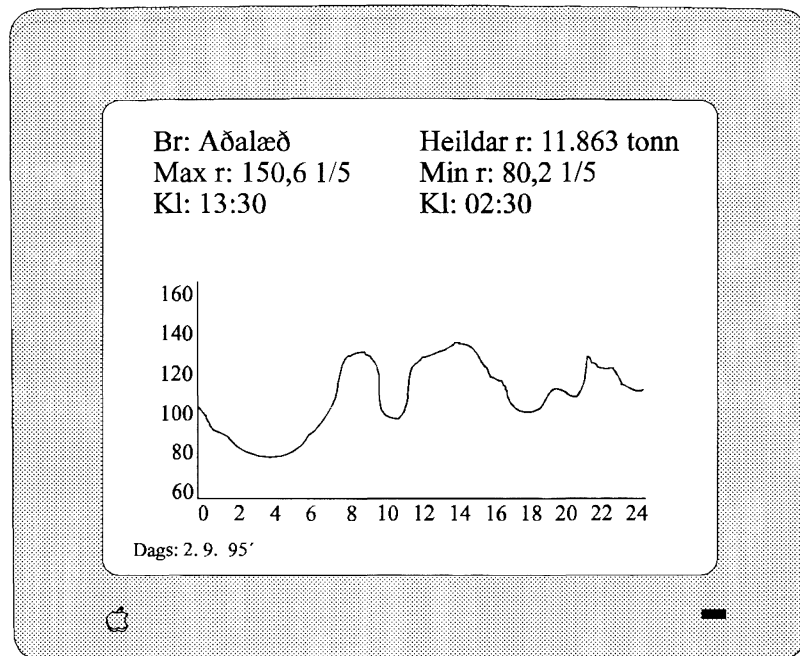
gangi. Þetta má sýna á skjámynd með því láta depil sem staðsettur er við dæluna blikka sé hún í gangi en láta hann hverfa sé dælan ekki í gangi.- Staða í geymum er gjarnan sýnd á myndrænan hátt með einhverjum lit o.s.frv. - Góður eftirlitshugbúnaður leysir þessi mál á auðveldan hátt.

Framsetning á skjá í formi lista. Möguleiki á að kalla fram lista með öllum breytum kerfisins ásamt ríkjandi gildum þeirra er kostur. Þannig fæst gott yfirlit yfir stöðuna í dreifikerfinu sem hægt er að skoða á fljótlegan hátt.

Verði breytingar í rekstrarumhverfinu, t. d. rafmagnsleysi og sjálfvirk ræsing varaafls á sér stað, þarf að vera hægt að kalla fram lista í tímaröð yfir ferlið. Þ. e. hvenær netspennan dettur út, varaaflsvél ræsist, varafl tekur yfir rafkerfi, netspenna kemur aftur á, netspenna tekur yfir rafkerfi, varaafsvél stöðvast o. s. frv. Þetta geta oft verið verðmætar upplýsingar.

Línurit. Skjámyndir með línuritum yfir allar hliðrænu breytur eru notandanum afar

gagnlegar. Línurit með 24 stunda tímaöxul (x-öxull) og mæligildisöxul (y - öxull) sýnir t.d. rennslið í l/s á hinu mælda svæði. Á línuritinu sést hvenær helstu álagspunktur eru og af næturrennslinu má meta hvort miklir lekar séu á svæðinu. Þá sést strax á línuritunum ef alvarleg bilun, sem veldur leka, verður á lögnum. Bilunin birtist



sem stökk í línuritinu. Á sama hátt má oft meta árangur viðgerða út frá minnkandi næturrennsli eða meðalrennsli.

Línuritinn geta bæði sýnt ríkjandi ástand og einnig allar mælingar frá því að viðkomandi breyta var tekin í notkun. Sé notandinn að skoða línurit getur hann valið dagsetningu og breytu og birtist þá sólarhringsmæling. Einnig er gagnlegt að geta kallað fram viku-, mánaðar- og árslínurit.

Á "sporsíðu" línuritanna ætti að birta 4 mikilvægar tölfræðilegar upplýsingar:

1. Meðalmæligildi tímabils sem valið er (sólarhrings, viku, mánaðar eða árs).
2. Hámarks mæligildi tímabils og tímasetningu þess.
3. Lágmarks mæligildi tímabils og tímasetningu þess.
4. Heildarmælingu tímabilsins sé um rennsli að ræða.

Það er mikilvægt að útfærsla línurita á skjá sé skýr og greinileg. Þau eru e. t. v. þær skjámyndir sem mest eru notaðar. Þær sýna ástand dreifikerfisins og árangur viðgerða og gagnast því viðhalds- og lekaleitarmönnum einkar vel.

b) Varðveisla gagna. Það ræðst af kröfum, vélbúnaði og hugbúnaði með hvaða hætti gögn eru geymd. Þær upplýsingarnar sem eru geymdar, eru meðaltalsgildi hliðrænu breytanna auk tímaraða sem einstökum stafrænum breytum er ætlað að framkvæma. Sem tillögu má nefna að 10 mínútna meðaltalsgildi eru hæfileg með tilliti til upplausnar í línuritum og geymslurýmum á hörðum tölvudiskum. Með þeirri tímalengd má safna upp margra ára mælingum án mikils kostnaðar í vélbúnaði. Eftirlitshugbúnaðurinn reiknar út meðaltalsgildi og getur notandinn yfirleitt valið tímalengdina. Einstaka mælategundir hafa einnig innbyggð reikniverk sem senda út meðaltalsgildi með púlsasendingum auk þess að senda út ríkjandi mælingu. Það er mikilvægt að geta stillt tímalengd meðaltalsgilda í eftirlitsforritinu því að í einstaka tilfellum er nauðsynlegt að geta tekið skemmri meðaltöl t.d. þegar lekaleitarmenn leita leka með því að loka fyrir götuæðar (nánar um þetta í kafla GVJ um lekaleit).

Hliðlægu breytur eiga hver sína skrá/skrár þar sem gögnin eru geymd. Meðaltalsgildin (t.d. 10 mínútna) eru geymd í sérskrá fyrir hverja breytu en auk þeirra er æskilegt að breytur eigi hver 3 auka skrár. Þar ætti að geyma:

1. Sólarhringsmeðaltal.

2. Hámarksgildi sólarhrings og tímasetningu þess.

3. Lágmarksgildi sólarhrings og tímasetning þess.

Séu þessar 3 aukaskrár uppsettar í hugbúnaðinum auðveldar það úrvinnslu. Útreikningur tölvunnar á meðaltals- og heildargildum fyrir löng tímabil tekur skemmri tíma en ef aðeins er haldin ein skrá, skrá yfir 10 mínútna meðaltöl. T.d. ef óskað er upplýsinga um heildarrensli í aðalæð fyrir eitthvað valið ár, þá nær tölvan í 365 sólarhringsmeðaltöl (l/s), leggur þau saman og margfaldar með sekúndum eins sólarhrings (3600 x 24) og heildarrenslið er fengið. Sé aðeins haldin 1 skrá, yfir t.d. 10 mínútna meðaltöl, þarf tölvan að ná í 52.560 meðaltalsgildi leggja þau saman og margfalda með 10 x 60 til að leysa sama verkefni. Þetta tekur tölvuna lengri tíma.

c) Útprentanir, skýrslur, listar og línurit. Þær kröfur þarf að gera til eftirlitshugbúnaðar að hægt sé að prenta út helstu upplýsingar eins og t. d. :

- Lista yfir allar hliðrænar breytur með upplýsingum um mælingu, sbr. **a) 1, 2, 3 og 4.**, yfir sólarhrings- viku- árs- og/eða eða valið tímabil.
- Lista yfir allar breytur vaktkerfis, þar sem fram koma upplýsingar um heiti breyta, staðsetning og hvað þær mæla.
- Útprentanir á aðvörunum sem vaktkerfið gerir ef það uppgötvar bilanir og/eða hættuástand.
- Útprentanir á línuritum unnum úr uppsöfnuðum gögnum frá hliðrænu breytunum.

Sé valinn eftirlitshugbúnaður sem “keyrir” undir notendaumhverfum eins og t. d. Windows eða OS/2 eru lítil takmörk á möguleikum til ýmis konar útprentana og skýrslugerða.

Dæmi um sólarhringsskýrslu yfir rennslis:

Tafla 5.

Mælistaður: Dags: 02.09.95.	Heildarmagn tonn	Meðal l/s	Mesta l/s	Tími mesta rennslis	Mínnta l/s	Tími mínnta rennslis
Aðalæð	11863	137,2	150,6	13:30	80,2	02:30
Norðurbær	1523	17,6	38,4	19:10	6,2	05:20
Miðbær/ Flatir	2136	24,7	51,3	08:10	11,8	04:20
Hafnarsvæði	5186	60,0	72,7	10:30	35,1	5:40
Afgangur veitunnar	3018	34,9	44,5	07:10	22,1	3:50

d) **Aðvaranir.** Það eykur á gagnsemi vaktkerfis sé eftirlitshugbúnaðurinn þannig úr garði gerður að hann geri aðvart verði hann var við bilanir eða rekstrartruflanir í vatnsveitunni.

Nauðsynlegt er að flokka aðvaranirnar eftir því hversu alvarlega bilun er um að ræða. Ágæt regla er að flokka aðvaranir í 3 stig:

1. **Bilanir sem valda ekki röskun á rekstri vatnsveitunnar. Nægilegt að lagfæra bilunina þegar hentugt tækifæri gefst.**
2. **Bilanir sem valda ekki alvarlegum rekstrartruflunum en nauðsynlegt er þó að gera við fljótlega.**
3. **Bilanir eða ástand sem veldur alvarlegum truflunum og krefst tafarlausra aðgerða.**

1) Vaktkerfi eru oft látin fylgjast með fjölmörgum þáttum. T. d. ýmsum þáttum í rafkerfum mælastöðvanna. Hvort loftljós séu kveikt, hvort öryggi séu útslegin, hvort loftþurrkari sé virkur o.s. frv. Hafi gleymst að slökkva ljós þegar eftirlitsmaður yfirgaf mælastöðina er ágætt að geta séð það á skjá í bækistöð, því oft getur liðið langur tími milli þess að stöðvarnar eru heimsóttar. Útslegið öryggi í töflu, t.d. fyrir eitthvað sem ekki er mikilvægt frá rekstrarsjónarmiði kemur fram í aðvörunarútskrift vaktkerfisins eða á skjá.

Gott er að fá boð um ástand og bilanir af þessu tagi. En þær eru ekki alvarlegar og myndu flokkast undir aðvörunarstig 1.

2) Bilanir af því tagi sem valda ekki beint alvarlegum truflunum í vatnsveitunni en geta gert það ef þeim er ekki sinnt fljótlega, flokkast undir aðvörunarstig 2. Sem dæmi um slíkar bilanir má nefna ýmsar innri truflanir í vaktkerfinu, eins og til dæmis bilanir á breytum, línun, mælum eða öðrum búnaði. Bilanir í varaafsbúnaði eins og t. d. bilað hleðslutæki o.þ.h., minniháttar bilanir á dælum og hraðastýringum o.s.frv.

3) Bilanir og ástand, sem veldur alvarlegum rekstrartruflunum og verður að sinna tafarlaust, flokkast undir aðvörunarstig 3. Dæmi um slíkar bilanir er t.d. ef eldvári sendir boð um eld, dælur óvirkar við vatnsból eða í dælustöðvum, lágmarksstaða í geymum og/eða vatnbólum, veruleg breyting á pH-gildi, grugg í aðalæð o.s.frv.

Æskilegt er að láta vaktkerfið senda öll boð sem flokkast undir aðvörunarstig 3 út á símboða vaktmanns. Þannig geta viðbrögð og aðgerðir orðið eins skjótar og kostur er. Boðin þarf að auðkenna með þeim hætti að vaktmaðurinn átti sig strax á hvers eðlis þau eru og hvaðan þau koma.

e) Stjórnunaraðgerðir. Vaktkerfi er stýrikerfi. Þar tekur stjórnstöð við skeytasendingum frá mælastöðvum. Merkjum frá breytum í mælastöð er umskipt í útstöð (t.d. multiplexor eða iðntölvu) og send til stjórnstöðvar Stjórnstöðin (sem er tölvu) varðveitir skeytin og sýnir þau þegar þess er óskað. Einnig er hægt að láta stjórnstöðina senda stjórnboð út til mælastöðva, því multiplexor getur sent í báðar áttir. Þetta gefur möguleika á að breyta ýmsum gildum í mælastöð. Þetta getur aukið rekstraröryggi og leitt til hagræðingar. T.d. væri hægt að:

- Rjúfa eða ræsa dælur.
- Opna eða loka dreifikerfisloka sem útbúnir eru mótrolukum.
- Aftengja bilaða hraðastýringu.
- Breyta óskgildum á þrýstijöfnurum.
- Breyta forritinu í iðntölvum sem stjórna t.d. dælustöðvum.

Að ofan eru nefnd nokkur dæmi um fjarstýrðar stjórnunaraðgerðir. Aðstæður hverrar vatnsveitu ráða hvort æskilegt sé stjórna með þessum hætti og þá hverju sé stjórnað. En hafi tölvuvæddu vaktkerfi verið komið upp kostar ekki mikið að bæta við það stjórnunaraðgerðum.

7.6 Staðsetning mæla.

Eins og áður er getið eru höfuðhlutverk vaktkerfis vatnsveitna rennslismælingar, hæðarmælingar í geymum og mæling á grunnvatnsstöðu vatnsbóla auk þrýstimælinga. Eftirlit með öðrum þáttum er mikilvægt þó flokka megi það undir aukaverkefni.

Vaktkerfi byggjast upp í áföngum og verða varla nokkurn tíma full uppbyggð. Á öld tækni og upplýsinga er ávallt hægt að bæta við verkefnum og færa út kvíarnar. Þess vegna þarf að forgangsraða verkefnum og byrja á uppsetningu og tengingu mæla þar sem þörfin fyrir eftirlit er mest. Þetta getur verið mismunandi hjá vatnsveitum, aðstæður eru ekki alls staðar eins. Uppbyggingu kerfisins mætti þó skipta í 3 stig:

1. **Vatnsból og geymar.**
2. **Einstök hverfi í dreifikerfinu.**
3. **Heildar rennslismælingar í dreifikerfinu.**

- **Aukaverkefni.**

Fyrir minni vatnsveitur (íbúafjöldi ≤ 1000) getur stig 1 verið nægjanlegt og ekki þurfi að mæla úti í dreifikerfinu. Miðlungs stórum vatnsveitum (íbúafjöldi $> 1000 \leq 6000$) getur nægt stig 1 og 2 og stórar vatnsveitur (íbúafjöldi > 6000) gætu nýtt sér öll 3 stig.

7.6.1 Vatnsból og geymar.

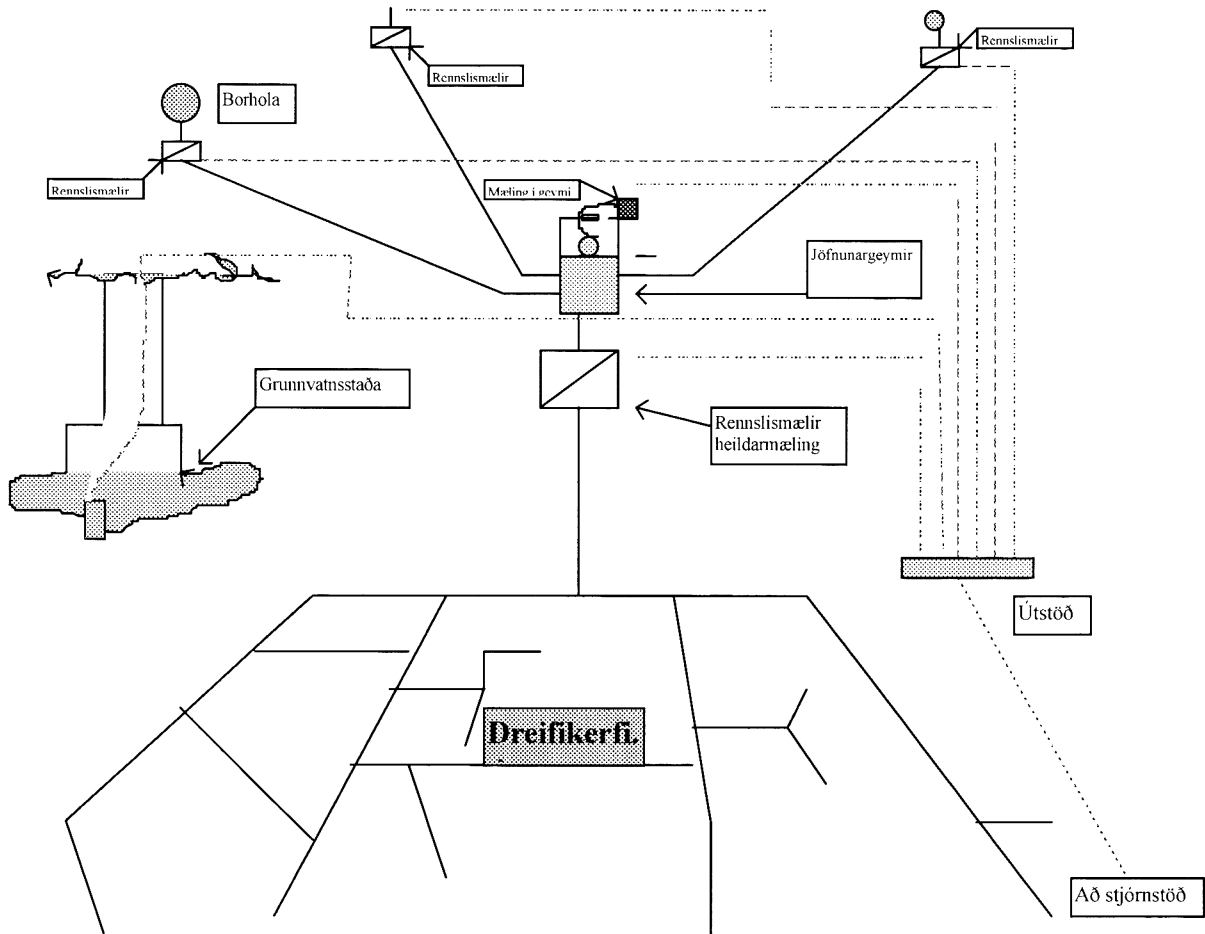
Með mælingu á heildarrennsli frá vatnsbóli til dreifikerfisins fást upplýsingar um vatnspörfina á veitusvæðinu. Frá rekstrarlegu sjónarmiði eru þetta verðmætar upplýsingar. Sé vatnspörfin meiri en áætluð vatnsnotkun bendir það til að lekar séu á dreifikerfinu eða að vatni sé sóað með einhverjum hætti.

Vatnsból eru annað hvort opin eða lokað nema hvort tveggja sé. Vatnstakan getur verið dreifð og tengingar við dreifikerfið geta verið fleiri en ein. Megin verkefni vaktkerfis við vatnsbólin eru:

- **Rennslismæling frá hverjum vatnstökustað fyrir sig og heildarmæling frá vatnsbólum til dreifikerfisins.**
- **Mæling á hæð yfirborðs og vatnsmagni í jöfnunargeymi(um) á vatnsbólasvæði.**
- **Mæling á grunnvatnsstöðu.**

Samanber töflu 3. eru fleiri þættir á vatnsbólasvæðum sem æskilegt er að fylgjast með og geta þeir komið strax eða síðar eftir efnum og aðstæðum.

7.6.2

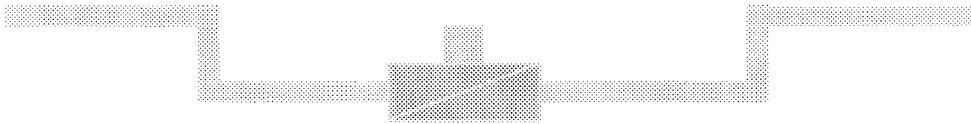


Vatnsból og dreifikerfi.

7.6.2 Afmörkuð hverfi í dreifikerfinu.

Næsta skref í uppbyggingu vaktkerfis er að þrýstings- og rennslismæla inn á einstök hverfi og mæla vatnsmagn í miðlunargeymum sem kunna að vera staðsettir í dreifikerfinu. Séu dælustöðvar til staðar, sem halda uppi þrýstingi í einstökum hverfum veitunnar, liggur vel við að mæla þar. Að öðru jöfnu ber að velja fyrst hverfi þar sem vænta má að lagnir séu farnar að leka. T. d. eldri hlutar veitunnar og/eða hafnarsvæði.

Svæðin sem fyrirhugað er að mæla eru afmörkuð með því að loka jaðarlokum svæðisins og koma mælinum síðan fyrir á einni æð. Venja er að vatnsveitur haldi uppi eldvörnum í þeim sveitarfélögum sem þær þjóna. Þess vegna þarf að gæta þess þegar mælt er inn á afmörkuð svæði að valin sé víð æð fyrir rennslismælinn. Mælinum er komið fyrir í mælabrunni. Mælabrunnurinn getur verið forsteyptur og síðan fluttur og komið fyrir á æðinni. Brunnurinn þarf að vera nægjanlega stór svo hægt sé að taka inn rafmagn og koma fyrir búnaði. Í brunninum skal koma mælinum fyrir á lágpunkti lagnarinnar. Það er gert til að koma í veg fyrir að loft geti truflað mælinguna.



Mæli komið fyrir á lágpunkti lagnar

Engin regla er til um hvað hæfilegt er að hafa mælisónu stóra. Slíkt ákvarðast af aðstæðum, ástandi veitunnar og stærð götulagna.

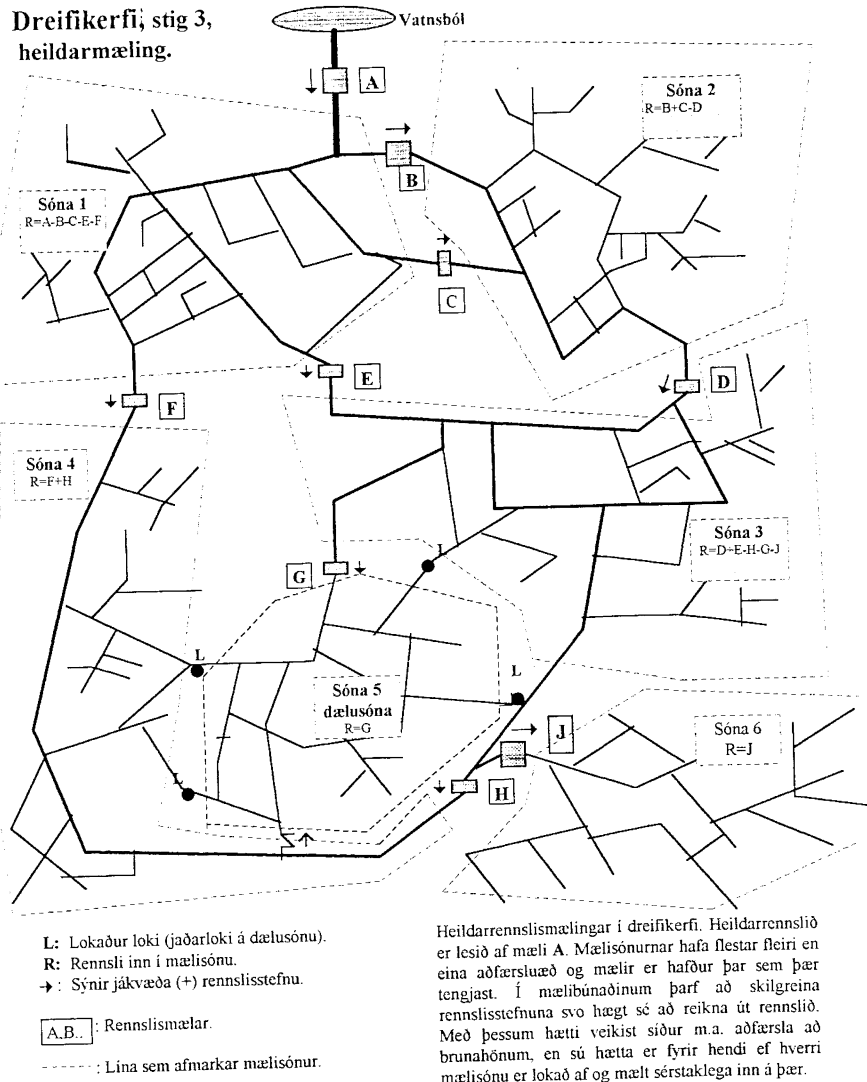
7.6.3 Heildarmæling í dreifikerfinu.

Með heildarmælingu í dreifikerfinu er átt við að dreifikerfinu sé skipt í hæfilega stór svæði og sérstaklega rennslismælt inn á þau öll. Þetta á fyrst og fremst við stærri vatnsveitur. Erfitt getur verið að koma á svona mælingu. Ef það er gert með þeim hætti að jaðarlokum sérhvers svæðis er lokað og mæli komið fyrir á einni æð sem fæðir svæðið er hætta á að þrýstifall verði í veitukerfinu og aðfærsla vatns að brunahönum takmarkist. Þetta þarf að hafa í huga og reyna að afmarka sum mælisvæðin með því að mæla bæði inn og út af þeim. Þannig verður rennslíð inn á mælisónuna afleiðd stærð, þ.e.a.s.

mæling inn mínus mæling út. Mælarnir sem valdir eru mæla í báðar áttir og skiptir því ekki máli þó rennslisstefna vatnsins inn og út úr sónunni breytist.

• Aukaverkefni.

Með aukaverkefnum er átt við að hægt er að láta vaktkerfið fylgjast með ýmsum þáttum sem tengjast ekki beint höfuðhlutverki þess, sem er að fylgjast með rennslí, þrýstingi og e.t.v. gæðum vatnsins. Vaktkerfið getur t.d. fylgst með ýmsum þáttum í rafbúnaði mælastöðva og í rafbúnaði aðal bækistöðvar svo eitthvað sé nefnt. Sé vatnsveitan búin



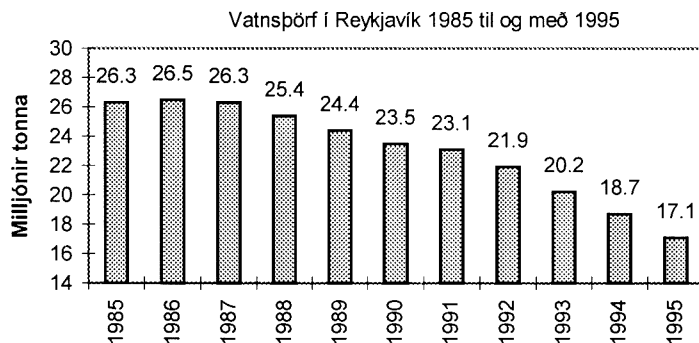
hreinsibúnaði getur vaktkerfið fylgst með búnaði hans. Hægt er að tengja við vaktkerfið myndbandsvél sé talin ástæða til að fylgjast með einhverjum mælastöðvum með þeim hætti. Aukaverkefni geta tengst vaktkerfinu eftir efnum og ástæðum á öllum stigum uppbyggingu þess.

7.7 Úrvinnsla.

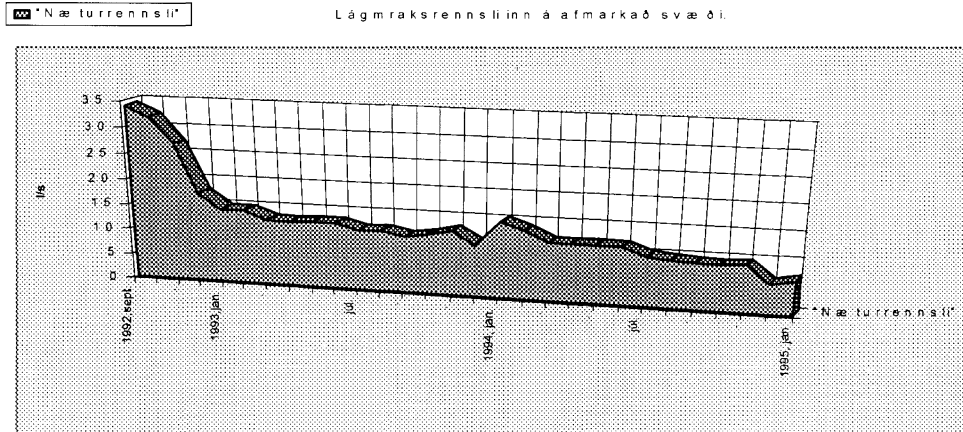
Gagnsemi vaktkerfisins felst í því að fylgjast vel með og vinna upplýsingar úr því. Skoða daglega sólarhringsskýrslur yfir allar breytur og skoða línurit á skjá. Sé vatnspörf dreifikerfisins meiri en áætluð vatnsnotkun bendir það til að lekar séu á kerfinu og/eða að vatni sé sóað. Slíku þarf að fylgja eftir með lekaleit og aðgerðum og árangurinn mælist í vaktkerfinu. Séu hin mældu svæði ekki mjög stór koma bilanir á dreifikerfinu skýrt fram. Breytingar á lágmarksrennsli inn á mælt svæði er besti mælikvarðinn. Ekki er alltaf nóg að bera saman lágmarksrennsli milli daga því notkunin getur verið breytileg. Það þarf að bera saman sömu vikudaga og jafnframt að taka tillit til atvinnustarfssemi sé hún fyrir hendi á svæðinu.

Þó að vaktkerfi sé ekki full uppbyggt, aðeins heildar rennslismæling tengd og e.t.v eitt afmarkað svæði, fást góðar upplýsingar um ástand dreifikerfisins. Með lokunaraðgerðum að næturlagi má kanna hvaða svæði vatnsveitunnar eru verst hvað leka varðar. Og rekstrardeildin getur forgangsraðað endurnýjunarverkefnum á lagnakerfinu þannig að þau skili sem bestum árangri.

Að lokum fylgja tvö línurit yfir rennslismælingar hjá Vatnsveitu Reykjavíkur sem unnin eru úr vaktkerfi hennar:



Heildarrennsli til Reykjavíkur árin 1985 til og með 1995. Vatnspörfin í Reykjavík jókst stöðugt frá stofnun vatnsveitunnar 1909 fram til ársins 1986 en þá tók hún að minnka. Árið 1995 var vatnspörfin aðeins um 64 % af vatnspörfinni 1986. Þetta er fyrst og fremst að þakka árangri í lekaleit og viðgerðum á lekum lögnum. Vaktkerfi vatnsveitunnar var einmitt tekið í notkun í ársbyrjun 1986 og stóran þátt í þessum árangri.



Línuritíð sýnir lágmarksrennsli inn í afmarkað svæði í Reykjavík. Meðaltalsgildin eru tekin úr vaktkerfinu með mánaðar millibili frá sept. 1992 til jan. 1995. Svæðið er nær hrein íbúðabyggð, þ.e. atvinnustarfssemi er lítil. Á svæðinu búa um 2.800 manns. Þegar svæðið var afmarkað og byrjað að mæla inn á það var lágmarks rennslið um 34 lítrar á sekúndu. Þarna hlutu að vera leyndir lekar eins og kom á daginn. Áhersla var lögð á lekaleit á svæðinu og viðgerðir fylgdu í kjölfarið. Nokkur þverbrot á pottæðum fundust og fljótlega minnkaði vatnsþörfin eins og sést á línuritinu. Á línuritinu má einnig sjá að nýjar bilanir hafa myndast frá því að mælingar hófust. Eftir góðan árangur í upphafi var meiri áhersla lögð á önnur svæði en þó haldið áfram viðgerðum með hléum á þessu svæði. Í janúar 1995 var næturennslið komið niður í 6 l/s.

Heimildaskrá:

1. **Gagnasafn** Vatnsveitu Reykjavíkur (VR).
2. **Energi**; Curt Ulvås.
3. **OMEGA Handbook, Flow and level**; Omega Engineering Inc.
4. **Karlebo Handbok**; Maskinaktibolaget Karlebo.
5. **Upplýsingbæklingur**; Danfoss A/S.
6. **Atriði úr vaktkerfi VR**; Hönnuður: Björgvin Guðmundsson, rafm.verkfr.
7. **Útfærsla teikninga í Corel Draw**; Kristján Steinarsson.
8. **Yfirlestur og ábendingar**; Hörður Erlingur Tómasson, rafeindafræðingur.

P. K. 11.3. 1996.

Gunnar V. Johnsen

8. kafli

Lekaleit

EFNISYFIRLIT

8.1. Inngangur	8.1.1
8.2. Vatnsmat	8.2.1
8.2.1 Tilgangur með vatnsmati	8.2.1
8.2.2 Mat á heildarrennsli til veitu	8.2.2
8.2.3 Mat á notkun vatns	8.2.2
8.2.4 Vatnsnotkun íbúa	8.2.3
8.2.5 Dæmi um vatnsmat	8.2.4
8.3. Lekahljóð	8.3.1
8.4. Einfaldar aðferðir og tæki í lekaleit	8.4.1
8.4.1 Hljóðhlustun á yfirborði	8.4.1
8.4.2 Önnur hljóðhlustun	8.4.4
8.4.3 Rennslismælingar	8.4.5
8.4.4 Þrýstimælingar	8.4.10
8.4.5 Hitamyndavél	8.4.11
8.4.6 Ídráttaraðferðir	8.4.12
8.5. Tölvubúnaður í lekaleit	8.5.1
8.5.1 Framfarir í lekaleit	8.5.1
8.5.2 Nauðsynleg skilyrði fyrir lekaleitartölvur	8.5.1
8.5.3 Mælingar með lekaleitartölvu	8.5.4
8.6. Stoðtæki	8.6.1
8.6.1 Staðsetningartæki	8.6.1
8.6.2 Segulmælir	8.6.2
8.6.3 Leiðnimælir	8.6.2

8.7. Hvað bilar, hvernig og af hverju? 8.7.1

8.7.1	Pottlagnir	8.7.1
8.7.2	Seigjárn	8.7.1
8.7.3	Asbest	8.7.2
8.7.4	Stállagnir	8.7.2
8.7.5	Plastlagnir	8.7.2
8.7.6	Lokar	8.7.3
8.7.7	Brunahanar	8.7.3
8.7.8	Rafstraumar	8.7.4
8.7.9	Jarðvegur	8.7.5
8.7.10	Draugalagnir	8.7.5

8.8. Lekaleit - dæmi um tilhögun 8.8.1

8.8.1	Breytt viðhorf	8.8.1
8.8.2	Biluð götulögn	8.8.1
8.8.3	Biluð heimæð	8.8.2
8.8.4	Mælingar með lekaleitartölvu	8.8.3

8.1 Inngangur

Með bilanaleit hjá vatnsveitum er í raun átt við að finna og staðsetja hvers kyns bilanir í veitukerfinu. Hér er því ekki einungis um að ræða að finna leka, heldur einnig mörg önnur atriði er varða rekstur veitunnar t.d. sóun. Í þessum kafla er lögð áhersla á þann þátt bilanaleitar er snýr að því að finna leka.

Sýnd er aðferð til að meta hvað verður um það vatn sem vatnsveitur hafa yfir að ráða. Slíkt vatnsmat getur verið góður grunnur fyrir vatnsveitur til innra eftirlits og í lekaleit. Víða hafa menn leitað árum saman að “stóra lekanum”, en hann síðan, þegar betur var að gáð, reynst vera gróf sóun á vatni. Samviskusamlega unnið vatnsmat getur hæglega orðið góður styrkur í baráttu fyrir betra veitukerfi.

Vatn sem sleppur út um vatnslögn undir þrýstingi myndar lekahljóð, á ákveðnu tíðnibili. Lekahljóð berst frá bilun á þrennan hátt, eftir lögn, með vökva í lögn og frá bilun út í umhverfið. Tíðni lekahljóðs og hljóðmynstur ræðst algerlega af viðkomandi leka og er háð ýmsum þáttum er tengjast lögninni og umhverfi hennar.

Megin umfjöllunin er um lekaleit, en hún byggist oftast á því að kanna og staðsetja með einhverjum hætti lekahljóð. Helstu aðferðum og tækjum sem notuð eru í lekaleit er lýst. Gagnsemi rennslismælinga er dregin fram, einkum með tilliti til þess að nota rennslismæla í tengslum við næturlokanir á afmörkuðum svæðum, til að leggja áherslur í lekaleit. Lögð er áhersla á að hljóðhlustun á yfirborði sé vænlegur kostur til lekaleitar, þó svo að margs sé að varast. Að auki er rætt um hljóðhlustun með hljóðnemum, þrýstimælingar og ídráttaraðferð.

Lekaleitartölvu er lýst og farið er ítarlega yfir helstu kosti og galla hennar. Lekaleitartölvun hefur valdið byltingu í lekaleit víða um heim og segja má að hún sé afar gagnleg á réttum stað, en vegna kostnaðar og takmarkana vegna reynslu og aðstæðna, er enn sem komið er erfitt að mæla með að allar vatnsveitur eignist slíkt tæki.

Nokkrum algengum hjálpartækjum sem notuð eru í daglegu starfi er lýst og stuttlega er fjallað um ýmsar lagnagerðir og hvernig þær geta bilað. Að lokum er farið yfir tvö dæmi um tilhögun lekaleitar, þ.e. leit að leka á götulögn og einnig á heimæð og ýmsum kostum í stöðunni velt upp.

8.2 Vatnsmat

8.2.1 Tilgangur með vatnsmati

Vatnsmat á vatnsveitum eða Water Audit, eins og það er nefnt á ensku, hefur þann tilgang að leiða í ljós hversu mikið af heildarstreymi til veitu fer til spillis, þ.e. að meta leka.

Með vatnsmati er átt við að meta hversu mikið vatn streymir til vatnsveitu og hvað verður um vatnið, sem vatnsveitan lætur frá sér. Sé farið nógu ítarlega í sundurliðun einstakra þátta í matinu er jafnvel hægt að fá fram mat á því hvað kostar að gera við hugsanlega leka og hvað sparast.

Hjá öllum vatnsveitum er hollt að staldra við af og til og reyna að meta hvað verður um það vatn sem þær hafa yfir að ráða. Sem dæmi má nefna að allt of oft kemur það fyrir að leitað er mánuðum og jafnvel árum saman að “stóru biluninni”, þegar í raun er um gegndarlausu sóun að ræða, oft við hafnir eða í fiskvinnslu.

Vatnsmatið sem hér er sett fram er skipt í þrjá þætti:

Mat á heildarrennsli vatns til veitu.

Mat á notkun vatns í atvinnuskyni, þar með talið sóun.

Mat á vatnsnotkun íbúanna.

Vatnsmat byggist á því að meta það vatnsmagn sem streymir til veitu og draga frá alla þekkta notkun og áætlaða. Eftir stendur þá það vatn sem veitukerfið sjálft þarf ásamt neytendum. Ef notkun íbúanna er þekkt eða áætluð má fá fram mat á því hversu mikið lekur. Sé vatnsmat vel og samviskusamlega unnið má hafa af því mikið gagn við að leggja fjárhagslegar áherslur og við skipulagningu verka.

8.2.2 Mat á heildarrennsli til veitu

Heildarrennsli til veitu má fá fram með ýmsu móti. Þægilegast er að hafa tölvu- tengdan rennslismæli, þar sem gögnum er safnað og hægt er að fylgjast með breytingum frá skrifstofunni. Magntölur af ýmsu tagi fást þá sem eðlilegur hluti kerfisins (vaktkerfisins).

Ýmsar aðrar gerðir rennslismæla, sem lesið er af á staðnum, nýtast einnig vel. Sé enginn rennslismælir til staðar má áætla rennsli t.d. með því að fylgjast með lökkun í miðlunargeymum eða áætla út frá gangtíma dæla.

Einnig er hægt að meta rennsli út frá sverleika aðalæða og þrýstingi. Sé vatn tekið úr mörgum vatnsbólum verður að meta hvert fyrir sig. Vatn til veitu er þá summa hinna ýmsu aðfærsluæða.

Víða erlendis er vatni safnað saman í opnum vatnsbólum, tjörnum og stöðuvötnum. Þá þarf oft að taka tillit til uppgufunar vatns í vatnsbólunum, en slíkt þarf varla hérlandis.

8.2.3 Mat á notkun vatns

Til að fá fram raunhæft mat á því hvað verður um vatnið eftir að til veitunnar er komið verður að huga að því hverjir það eru sem nota vatn. Því betur sem farið er ofan í saumana á þessum lið því betra yfirlit fæst um vatnsnotkunina. Mat á notkun vatns má skipta í marga flokka eftir eðli notkunar. Sem dæmi má nefna:

Allt vatn í atvinnustarfsemi, sem er mælt og selt.

Allt vatn í atvinnustarfsemi, sem er áætlað og selt, en ekki mælt.

Allt vatn sem notað er í atvinnustarfsemi, en er hvorki mælt né selt.

Sundurliða má notkun vatns í fleiri flokka eftir eðli þess svæðis sem skoðað er, t.d. gæti önnur notkun verið í sundlaugum, í skólum og í íþróttamannvirkjum. Þá má telja notkun í sjúkrahúsum og öðrum stofnunum og ekki má gleyma fiskvinnslu og hafnarsvæðum. Aðrir algengir notendur vatns eru verslanir (kælivélar), þvottahús og bílaþvottaplön, heilsuræktarstöðvar og sólbaðsstofur. Þessi listi er langt frá því að vera tæmandi.

Þekkt eða áætluð sóun af ýmsu tagi á heima í þessum flokki, ef hún kemur ekki fram annars staðar. Hér mætti nefna sírennsli af ýmsu tagi.

Skoðanakönnun meðal íbúa í Reykjavík hefur leitt í ljós að 10% allra klósettkassa eru bilaðir. Rennsli í einstökum alvarlega biluðum klósettkassa getur numið allt að 0,3 l/s. Sírennsli í klósettkössum, sennilega alvarlegast á sumum vinnustöðum, leynir greinilega á sér og getur hæglega safnast í talsvert rennsli.

Einnig, ef þekkt er, má áætla og setja fram það vatnsmagn sem er notað við útskolanir í veitukerfinu, vegna vökvunar skrudgarða og vegna slökkvistarfa.

Sé þetta vatn, sem notað er í atvinnuskyni og sóun, dregið frá heildarrennslinu til vatnsveitunnar stendur eftir það vatn sem rennur til dreifikerfisins, þ.e.a.s. vatn sem fer til íbúanna og í leka.

8.2.4 Vatnsnotkun íbúa

Til að aðgreina hversu mikill hluti þess vatns sem eftir er til ráðstöfunar í dreifikerfinu fer í leka er nauðsynlegt að gera sér grein fyrir vatnsnotkun íbúanna. Notkun íbúa má meta á margvíslegan hátt.

Fyrir nokkrum árum var gerð lausleg samantekt um vatnsnotkun íbúa í Reykjavík. Í þessari samantekt var m.a. áætluð notkun í matargerð og til drykkjar, notkun í böðum og sturtum og annarra þvotta og einnig á salernum. Þessi samantekt sýndi að **meðalnotkun á íbúa var um 210 l/sólarhring.**

Í raun er það svo að vatnsnotkun íbúa er afar flókið fyrirbæri, sem er háð mjög mörgum breytistærðum og má þar m.a. nefna félagslegar aðstæður eins og aldur íbúa, gerð húsnæðis og staðsetning þess. Þá er einnig ljóst að vatnsþrýstingur og önnur gæði vatnsins hafa mikið að segja um notkun þess.

Í ljós hefur komið að vatnsnotkun íbúa er misjöfn milli hverfa í Reykjavík. Rennslisraðir úr tölvutengdu vaktkerfi frá nokkrum svæðum í Reykjavík hafa verið til athugunar hjá verkfræðideild Háskóla Íslands (Ólafur Pétur Pálsson og fl., 1995). Þeirra athuganir hafa leitt í ljós að meðalnotkun íbúa er mun minni en áður var talið eða á bilinu **120 -150 lítrar á íbúa og sólarhring.**

Í Vestmannaeyjum er vatnsnotkun til íbúa mæld með gjaldmæli í hverju húsi. Í ljós hefur komið að vatnsnotkun **í Vestmannaeyjum var 121,3 lítrar á íbúa á sólarhring 1994** (Ólafur Guðnason, munnlegar upplýsingar).

Sé vatnsnotkun íbúanna dregin frá því vatni sem er til ráðstöfunar í dreifikerfinu verða einungis lekarnir eftir. Áætla má að ekki sé fjarri lagi að áætla að notkun íbúanna sé sem næst 150 lítrar á íbúa á sólarhring.

8.2.5 Dæmi um vatnsmat.

Til að sýna hvernig einfalt vatnsmat lítur út er hér sett fram einfölduð mynd af vatnsmati og tekið sem dæmi afmarkað dælusvæði innan Reykjavíkur. Svæðið sem er til umfjöllunar er **Skólavörðuholtið** í Reykjavík, en þar búa um 2600 manns. Til að halda uppi þrýstingi í efstu hlutum Skólavörðuholts hefur það verið lokað af og dælt er á það frá dælustöð við Eiríksgötu með tveimur dælum og þar er jafnframt rennslismælir, sem er hluti af vaktkerfinu. Um 1988 var næturrennsli inn í þetta svæði komið upp í um 35 l/s og þrýstingur orðinn lítill. Í óefni var komið, þar sem dæurnar réðu ekki við meira. Með samstilltu átaki í lekaleit og viðgerðum, þar sem m.a. lekaleitartölvu og næturlokunum var beitt, tókst að minnka rennslið í um 6 l/s. Dælusvæðið hefur nú verið stækkað.

Vatnsmatið frá Skólavörðuholtinu sem hér er sett fram hefur verið reiknað fyrir nokkur ár, þ.e. árin 1989 til 1994, sjá töflu 8.2.1.

	1989	1990	1991	1992	1993	1994
ÍBÚAR ALLS	2638	2580	2659	2683	2706	3581
1. Heildar dæling þús. rúmm.	603599	461687	532328	448127	383793	459164
Heildardæling, l/s	19.14	14.64	16.88	14.21	12.17	14.56
2. Ýmsir notendur						
Atv. rekstur, mælt og selt	15189	15530	17464	18628	34695	52380
Atv. rekstur, áætlað og selt	3950	3950	3950	3950	3950	3950
Atv. rekstur, áætlað, ekki selt 10%	1914	1948	2141	2258	3865	5633
Sundlaugar	0	0	0	0	0	0
Skólar og íþróttasv.	5353	5173	9375	7351	4909	3788
Sjúkrahús	0	19	15189	994	0	0
Hafnarsvæði	0	0	0	0	0	0
Sírennsli, íbúar/4*1%*.05	10399	10170	10482	10576	10667	14116
ALLS	36805	36790	58601	43757	58086	79867
l/s	1.17	1.17	1.86	1.39	1.84	2.53
3. Alm. notendur og lekar	566794	424897	473726	404370	325707	379297
4. Notkun íbúa; 150 l/sh	144431	141255	145580	146894	148154	196060
l/s	4.58	4.48	4.62	4.66	4.70	6.22
5. LEKAR, rúmmetrar	422363	283642	328146	257475	177553	183237
Lekar, l/s	13.39	8.99	10.41	8.16	5.63	5.81
l/sh og íbúa (+150)	439	301	338	263	180	140
HLUTFALL LEKA: 5/1	70%	61%	62%	57%	46%	40%

Tafla 8.2.1. Vatnsmat á Skólavörðuholti í Reykjavík.

Tölur um fjölda íbúa fást frá íbúaskrá Reykjavíkur, en í sumum götum þarf að skoða einstök hús í götum, þar sem götur ná út fyrir dælusvæðið.

Heildarrennsli um dælustöðina á Skólavörðuholti er mælt með tölvutengdum mæli og koma tölur um heildardælingu inn á svæðið frá þeim gögnum. Heildarrennslið er gefið upp í þúsundum rúmmetra og einnig í lítrum á sekúndu.

Notkun vatns á þessu svæði er sundurliðuð í 8 flokka. Fáeinir gjaldmælar eru á Skólavörðuholtinu og tilviðbótar því sem þar er mælt og áætlað er bætt við 10%. Ef dæma má af fjölda gjaldmæla í þessu hverfi eru þessir liðir samt örugglega allt of lágir. Nokkrar verslanir eru í hverfinu og einnig matsölustaðir og sólbaðsstofur, þar sem engir mælar eru. Af öðrum liðum sem taldir eru upp eru sundlaugar, skólar- og íþróttasvæði, sjúkrahús og hafnarsvæði. Þessir liðir gætu auðvitað verið færri eða fleiri. Að lokum er áætlað sírennsli í klósett-kassa. Í okkar dæmi er farið varlega í sakirnar og einungis gert ráð fyrir því að 1% þeirra séu bilaðir og leki um 0,05 l/s. Sírennsli í klósett-kassa í Skólavörðuholtinu er einfaldlega áætlað sem:

fjöldi húsa (íbúafjöldi/4) * 1% bilaðir * 0,05 l/s rennsli að meðaltali.

Þegar þessi “þekkta” notkun hefur verið dregin frá mældu rennsli inn á svæðið stendur eftir það vatn sem fer til íbúa og í leka.

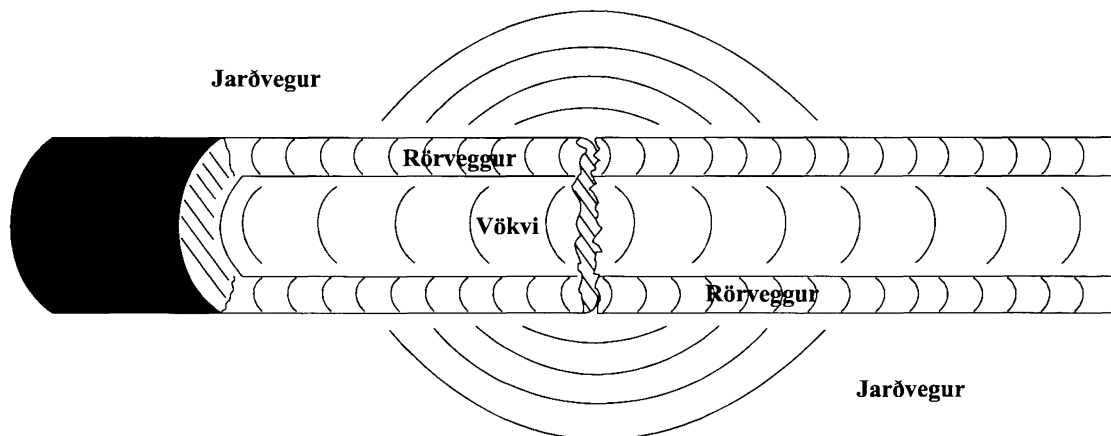
Til einföldunar er notkun íbúa í Skólavörðuholtinu áætluð 150 l/sólarhring og íbúa og eftir standa þá einungis lekarnir. Eins og áður sagði er notkun á svæðinu sennilega gróflega vanmetin, en engu að síður sýnir taflan hvernig hlutfall leka hefur farið minnkandi ár frá ári.

Nánar má lesa um vatnsmat og lekaleit í ágætu hefti frá AWWA (American Water Works Association) sem heitir: Water Audits and leak location frá 1990.

8.3 Lekahljóð

Beita má ýmsum aðferðum við að finna og staðsetja bilanir á vatnslögnum neðanjarðar. Með fáum undantekningum eru þessar aðferðir flestar háðar því að nema hljóð, sem myndast við lekann.

Vatn sem sleppur út um vatnslögn undir þrýstingi sendir frá sér hvinhljóð, lekahljóð, á ákveðnu tíðnibili. Lekahljóð berst frá bilun á þrennan hátt, **eftir lögn, með vökva í lögn og frá bilun út í umhverfið**, sjá mynd 8.3.1. Tíðni þessa lekahljóðs og hljóðmynstur ræðst algerlega af viðkomandi leka. Þetta lekahljóð er háð ýmsum þáttum og má þar nefna stærð og gerð vatnslagnar, stærð og lögun bilunar, þrýstingi í lögn og gerð jarðvegsfyllingar umhverfis lögn.

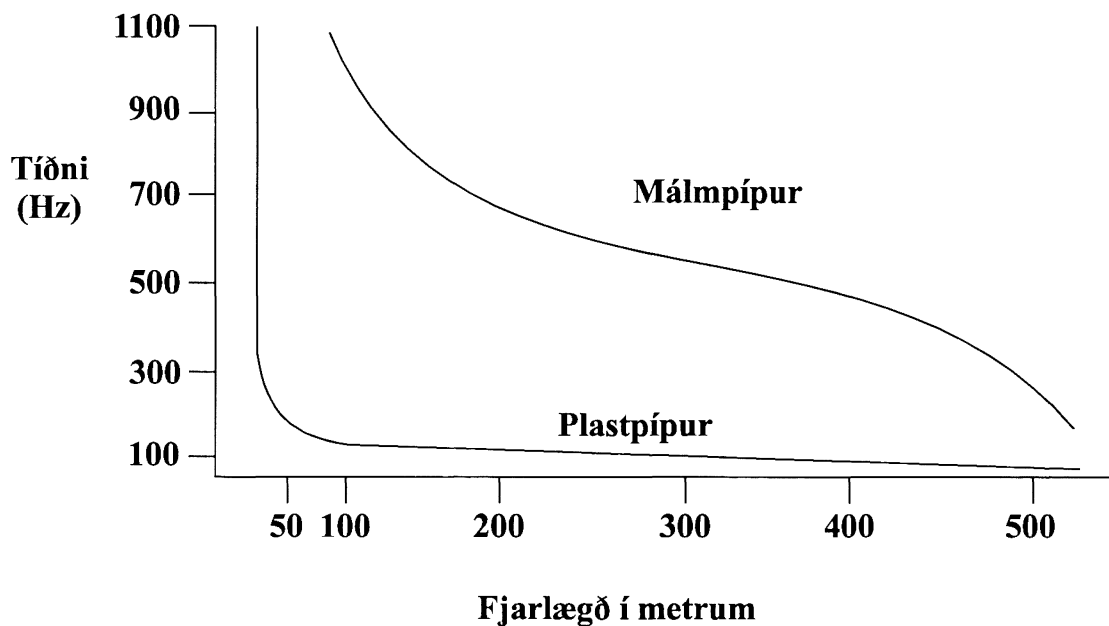


Mynd 8.3.1 Lekahljóð frá bilun.

Hljóð sem myndast við bilun berst eftir vatnslögn með hraða sem ræðst af mörgum þeirra þátta sem nefndir voru hér á undan, en auk þess berst hljóð frá vatnslögn og út í umhverfið. Lekahljóð getur borist langar leiðir eftir sumum gerðum vatnslagna en hverfur skjótt í öðrum, sjá mynd 8.3.2.

Segja má að greina megi þrjár gerðir lekahljóða: Fyrsta hljóðgerðin er einkum á bilinu 300 - 1000 Hz og **stafar af titringi sem myndast milli lagnar og umhverfis** á lekastað. Þetta hljóð berst eftir lögninni, oft langar leiðir. Þetta lekahljóð finnst oft þegar kerfisbundið er farið að leita leka með því að hlusta á lokum, brunahönum og fl. Önnur og þriðja gerð lekahljóða er á bilinu 20 til 250 Hz. Önnur gerðin myndast þegar vatn **þrýstist út um gat á lögn og skellur á jarðvegi umhverfis**, en þriðja hljóðið minnir á gosbrunn og **myndast við gusugang vatns í holrými umhverfis bilun**. Þessi lekahljóð heyrast einungis í næsta nágrenni við bilanir og eru því mjög mikilvæg við staðsetningu leka.

8.3.2



Mynd 8.3.2 Lekahljóð berast mjög mislangt eftir lögnum.

Er lekahljóð berst eftir vatnslögn og fjarlægist bilun breytist það, hærri tíðnin dempst en auk þess getur hljóð af annarri tíðni breyst. Ýmiskonar aukahljóð geta myndast umhverfis bilun, t.d. við og í námunda við áboranir heimæða, loka og við þrengingar. Oft eru þetta hin undarlegustu hljóð t.d. þegar grjót er að velkjast fram og til baka við lekastað. Greinanleg hljóð eru því háð þeim stað þar sem mæling fer fram.

Eftirfarandi má draga saman um eðli lekahljóða:

- 1) Lekahlustun á yfirborði jarðar yfir vatnslögn inniheldur mikið af hljóðum af lægri tíðni, yfirleitt á bilinu 100-250 Hz.
- 2) Lekahlustun á aðalæð eða tengingum við hana inniheldur hljóð af hærri tíðni, mest hljóð er þá á bilinu 300-1000 Hz.
- 3) Hvorki lekahlustun á vatnslögn eða lekahlustun á yfirborði yfir vatnslögn greina nauðsynlega mesta hljóðstyrk, sem stafar frá leka.
- 4) Ekki mynda allir lekar greinanlegt lekahljóð.

8.4 Einfaldar aðferðir og tæki í lekaleit

8.4.1 Hljóðhlustun á yfirborði

Hljóðhlustun á yfirborði jarðar yfir vatnslögnum er ein algengasta leið til að staðsetja bilanir á vatnslögnum neðanjarðar. Aðferðin í sinni einföldustu mynd er afar einföld og byggir á því að ganga eftir lögn og hlusta með stuttu millibili eftir lekahljóðum með heymartæki á yfirborði jarðar. **Bilunin er talin vera þar sem mestur hávaði finnst á yfirborði**, sjá mynd 8.4.1.

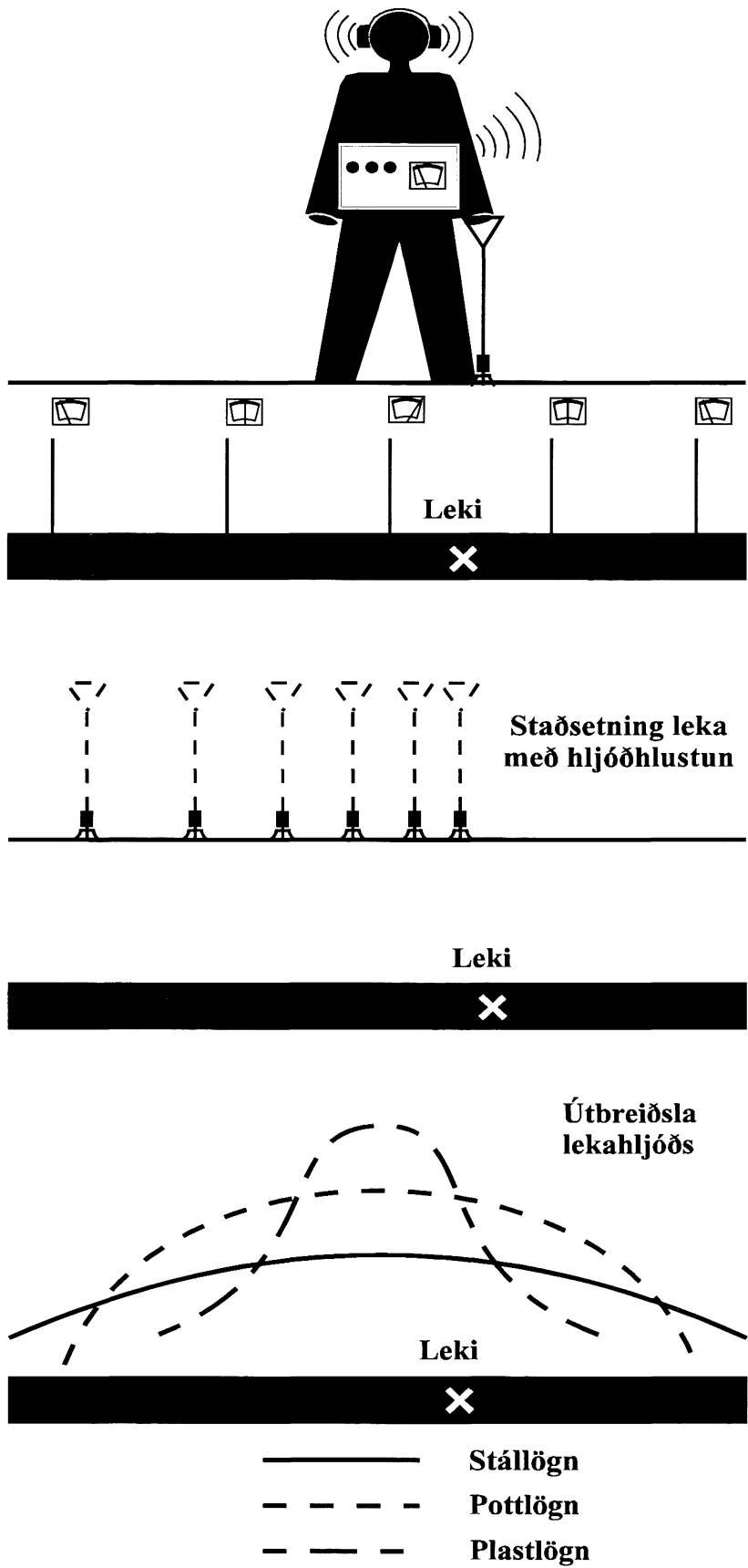
Nútíma tækjabúnaður til hljóðhlustunar á yfirborði er rafeindabúnaður sem samanstendur af hljóðnema, magnara og heymartækjum. Oftast koma tvær gerðir hljóðnema til greina við hljóðhlustun á yfirborði. Önnur gerðin er fyrir fast og slétt yfirborð, einkum malbik eða steypar gangstéttar eða annað bundið slitlag, en hin gerðin er fyrir óreglulegra yfirborð, t.d. grús og gras. Hljóðmerki frá nema er aukið í magnara og hljóðstyrkur heyrir síðan í heymartækjum. Yfirleitt er mælikvarði sem sýnir hljóðstyrkinn með vísi, ljósum eða stafrænt. Oft er með þessum tækjum búnaður til að sía burt óæskileg hljóð. Í vandaðri gerðum þessarra tækja má takmarka hlustun við fyrirfram ákveðin tíðnibil og velja þannig lægra tíðnibil fyrir hlustun yfir plastlögnum og hærra tíðnibil yfir t.d. stállögnum. Tækjabúnaður af þessu tagi kostar um 200-400 þúsund krónur.

Nefna ber að til eru sérstakir hlustunarstafir, einskonar þrjónar, sem nota má í stað hinna venjulegu hljóðnema við hlustun í mjög blautum og mjúkum jarðvegi. Aðferðin við lekaleit með stafnum er svipuð og áður, nema nú er stafnum ýtt ofan í jörðina og hlustað eftir lekahljóðum.

Á liðnum áratugum hefur enn einfaldari búnaður verið við lýði við hljóðhlustun af ýmsu tagi, einkum í Bretlandi, en það er hinn svonefndi hlustunarstafur (listening stick). Þessi búnaður er í raun hol stöng af ákveðinni gerð, úr tré eða málm, og er enn notuð í dag.

Áður en hljóðhlustað er yfir lögn á yfirborði er mjög **nauðsynlegt að átta sig á því hvar lögnin** er og hvert hún liggur. Ef staðsetning lagnar er óljós er nauðsynlegt að staðsetja hana nákvæmlega, sjá kafla 8.6. Tilhögun mælinga er á þann veg að gengið er eftir lögn og hlustað, tekið eitt til tvö skref og hlustað aftur og þannig koll af kalli. Finnist blettur eða svæði með meiri hávaða en umhverfis er hann athugaður aftur og mælt með minna millibili á þeim slóðum, jafnvel aftur og aftur, þar til fullvíst þykir að mestur hávaði er fundinn.

Að mörgu er að hyggja við hljóðhlustun á yfirborði ef vel á að fara, því að margt getur farið úrskaiðis og verið á annan veg en talið er. **Nægilegt lekahljóð verður að myndast við bilunina og ekki einungis það heldur verður það að berast til yfirborðs**, til að hægt sé að nota þessa aðferð.



Mynd 8.4.1 Hljóðhlustun á yfirborði.

Ýmsar ástæður geta valdið því að lekahljóð mælist ekki við yfirborð.

- 1) Vatnslögnin getur verið á of miklu dýpi eða þannig staðsett að erfitt er að hlusta hana t.d. ef lögnin er í urð, mýri, skurði eða undir vatni.
- 2) Lögnin getur legið í þannig jarðvegsfyllingu að lekahljóð varðveitist ekki, t.d. berst hljóð mun verr í gegnum grús og önnur laus jarðefni heldur en pakkaðan jarðveg. Þjöppuð leirlög og stórir steinar geta verkað sem skerming.
- 3) **Erfitt getur verið að hlusta í gegnum snjó og klaka**, en getur þó oft tekist, ef laus snjór er pakkaður og tækið (hljóðneminn) er kælt fyrir mælingu.
- 4) Yfir vatnslögn eru oft mjög mismunandi efni á yfirborði, t.d. gras, steipt gangstétt og malbik á stuttum kafla, en mjög mismunandi er hvernig hljóð berst eftir þessum efnum og eins hvernig er að hlusta þau. Yfirleitt þarf að skipta um nema þegar farið er frá föstu yfirborði í laust.

Hin ýmsu lagnaefni leiða hljóð mjög misjafnlega. **Stállagnir leiða hljóð vel** og því getur mikill hávaði mælst á stóru svæði umhverfis bilun á þeim. Erfitt getur því reynst að afmarka nákvæmlega hvar mest hljóð heyrir. **Plastlagnir leiða hljóð mun verr** og því kemur fram mun skarpari toppur í hljóðhlustun yfir þeim. Flest önnur lagnaefni hafa hljóðhraða sem liggur milli þessarra efna, sjá mynd 8.5.2.

Helstu annmarkar við hljóðhlustun á yfirborði eru m.a. eftirfarandi:

- 1) **Bilun þarf ekki að vera þar sem mest heyrir.** Algengt er að syngi hressilega í lögnum við nálægar áboranir heimæða og við beygjur og þrengingar.
- 2) Ef kaldavatnslögn liggur samsíða fráveitu eða hitaveitu, eins og oft er tilfellið, heyrir iðulega greinilegt rennslishljóð frá henni og oft mjög mikið í námunda við brunna og fallbrunna og getur því verið erfitt að greina þar á milli.
- 3) Oft myndast hvelfing undir niðri vegna bilunar og þar geta myndast hin undarlegustu hljóð. Það fer eftir aðstæðum hverju sinni hvort nokkuð heyrir þar.
- 4) **Mikil umferð** bifreiða, gangandi vegfarenda og jafnvel flugvéla **kemur oft í veg fyrir að hægt sé að hljóðhlusta að degi til** og þá verður að grípa til erfiðrar, leiðinlegrar og einkum kostnaðarsamari vinnu að næturlagi eða utan venjulegs vinnutíma.
- 5) Sama á við um hlustanir við hávaðasama vinnustaði, t.d. prentsmiðjur og verk-smiðjur og í nágrenni við stórvatnsnotendur, t.d. frystihús og þvottalaugar og einnig geta þrýstíminnkarar og dælur valdið miklum hávaða, jafnvel víðs fjarri staðsetningu sinni. Verulegar útvarpstruflanir geta verið á vissum svæðum.
- 6) **Veðurskilyrði eru oft erfið** hér á landi, vindur, snjór og ísing, sem hamlað getur hljóðhlustun.

Þrátt fyrir augljósar hættur og takmarkanir verður að telja að þessi aðferð sé vænleg til árangurs hérlendis, einkum í minni vatnsveitum, þar sem tækjabúnaðurinn er einfaldur og aðstæður hugsanlega þannig að hann er ekki notaður nema örfá skipti á ári.

8.4.2 Önnur hljóðhlustun

Leit að bilunum í vatnslögnum felst oft að miklu leyti í því að **leita að bilana-hljóðum**. Slík lekaleit, upphafsleit að bilunum á kerfisbundinn hátt á ákveðnum svæðum eða í ákveðnu hverfi, fer þannig fram að hlustað er með sérstökum hlustunartækjum á öllum eða sem flestum snertiflötum við dreifikerfið.

Hlusta skal á alla loka, brunahana, brunahanaloka, tæmingarloka, loftloka, heimæðarloka eða beint á götuæðum eða heimæðum ef kostur er, jafnvel við inntök inni ef henta þykir. Algengt er að skella á mælingu hér og þar, ef grunur er um bilun. Ef mikill hávaði mælist með hlustunartækjum má telja sennilegt að bilun sé í nánd, en hafa ber í huga að hávaði getur einnig stafað af ýmsu öðru. Vatnsnotkun í nánd, dælur, vélar og margt fleira skapar hávaða í dreifikerfinu og einnig geta komið upp truflanir vegna útvarpsbylgna og rafmagns. Hávaðasama staði þarf því að kanna nánar og jafnvel endurmæla síðar og huga að umhverfinu. Algengt er að nota þessa aðferð í tengslum við lekaleitartölvu, sjá kafla 8.5.

Hlustunartækin sem notuð eru við þessa hljóðhlustun er rafeindabúnaður sem samanstendur af hljóðnema, magnara og heyrnartæki. Á hljóðnemanum er oftast segull til að festa nemann við það sem hlusta skal. Oft er með þessum tækjum búnaður til að sía burt óæskileg hljóð og einnig mælikvarði er sýnir hljóðstyrk, annaðhvort með vísi eða stafrænt. Hlustunartækin þurfa að nema hljóð á bilinu 0,3-1,0 kHz, þ.e.a.s. hljóð sem eru að berast frá bilun út eftir vatnslögninni. Velja má milli margra gerða af nemum eftir því hvað hlusta skal, t.d. til að setja beint á loka en einnig eru til nemar sem greina hljóð beint úr vatnskerfinu með því að tengja við brunahana.

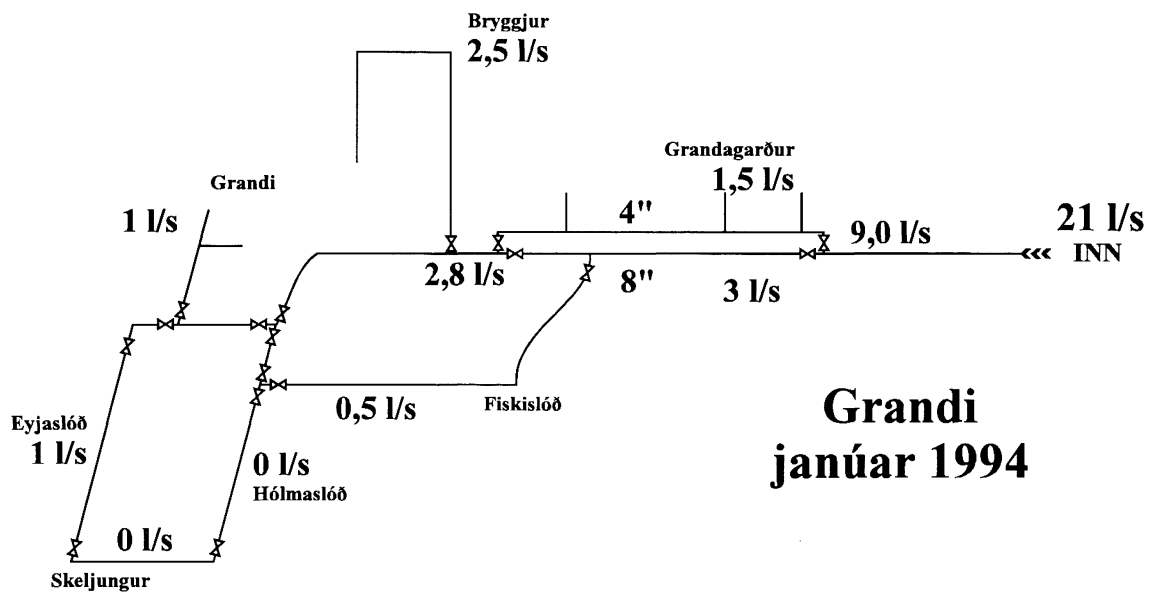
Auk þessa eru til rafeindaprjónar og stafir af ýmsum stærðum og gerðum, sem nota má til að hlusta. Eins og áður sagði er gamli góði hlustunarstafurinn (hol stöng) enn vinsæll í Bretlandi.

Séu hlustunartæki t.d. sett á brunahana má oft greina hvort bilun sé í nánd. **Mjög mikill hávaði gefur vísbendingu um að bilun sé nærri, en segir ekkert til um stærð bilunar eða staðsetningu.** Rétt er að taka fram að leitað er eftir lekahljóði, suði, en ekki bara einhvers konar hávaða, því að margskonar hljóð geta borist eftir vatnslögnum, t.d. er mjög algengt að rennslishljóð frá fráveitu heyrir greinilega og mörg önnur hljóð.

Aðferðin við hljóðhlustun af þessu tagi er í sjálfu sér einföld og reynist oft vel til að nálgast bilun, en segir ekki til um nákvæma staðsetningu hennar. Margir þættir takmarka notagildi hennar og má þar einfaldlega benda á að mjög mislangt er milli hlustunarstaða, þannig að stórar gloppur geta myndast í annars samfelldri hlustun t.d. eftir ákveðinni götu. Einnig **heyrir afar misjafnlega í bilunum**, eins og áður hefur komið fram og algengt er að **minna heyrir í stórum bilunum en smáum**. Að auki er rétt að benda á að mjög misjafnlega heyrir í spinnlum í lokum. Séu t.d. 4 spinnlar við vegamót, kann að heyrast mjög vel í sumum en jafnvel illa í öðrum.

8.4.3 Rennslismælingar

Áður hefur verið fjallað um tölvuskráningu rennslismælinga og notagildi þeirra við bilanaleit, sjá 7. kafla. Hér skal einungis áréttað að með einföldum lokunum á afmörkuðum svæðum, t.d. heilum hverfum, götum eða minni lagnahlutum eftir aðstæðum má meta rennsli inn í þessi svæði. Þetta hefur reynst ómetanleg stoð í bilanaleit til að leggja áherslur á hvar eigi að leita. Allar vatnsveitur ættu að hafa að minnsta kosti einn mæli er sýnir heildarrennsli. Rétt er að árétta að minnsta næturrennsli á ákveðnu svæði gefur vissa hugmynd um hámark þeirra leka sem þar kunna að leynast. Til að sýna hvernig fara má að verður tekið fyrir dæmi um næturlokun í Örfirisey í Reykjavík 14. janúar 1994, en árangur þeirrar næturlokunar má sjá á mynd 8.4.1.

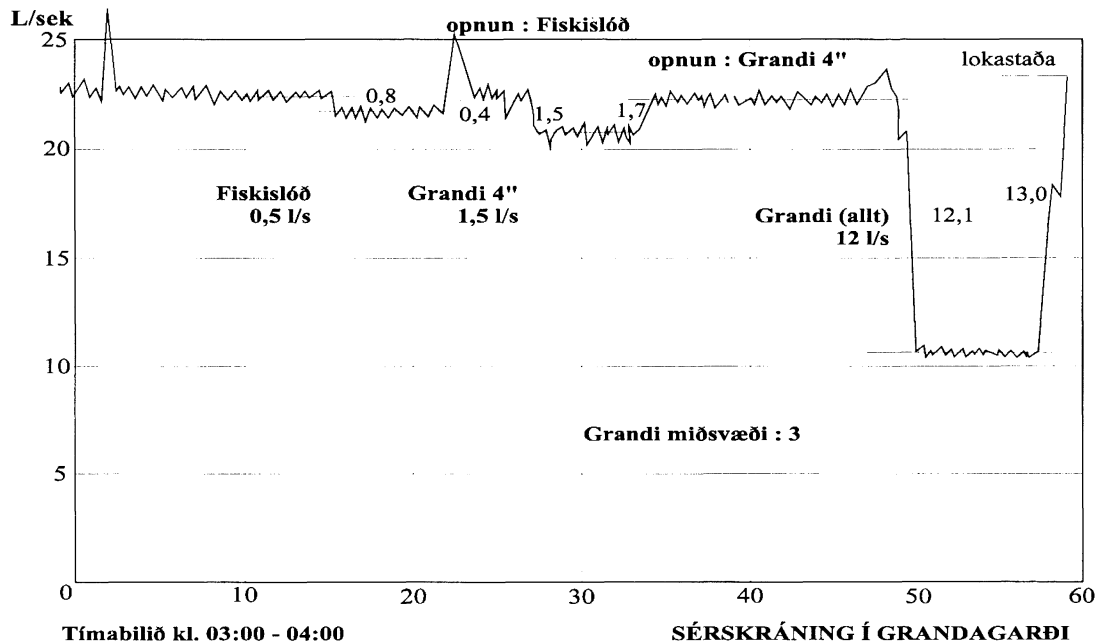


Mynd 8.4.1 Árangur næturlokunar í Örfirisey í janúar 1994.

Lokanir eru oftast gerðar að næturlagi til að raska sem minnst starfsemi notenda, en þá eru þeir starfsmenn sem sjá um lokunina oftast orðnir þreyttir, þannig að meiri hætta er á að eitthvað ruglist, t.d. að farið sé á rangan loka eða opnað í stað þess að loka osfrv., ef aðgerðin er ekki vel undirbúin.

Mikil þægindi eru í því að hafa tölvuskráningu gagna við lokunaraðgerðir, þá má sjá strax hvernig til hefur tekist við lokanir og jafnvel teikna niðurstöður. Yfirleitt fást rennslistölur sem 10 mínútna meðaltöl. Við lokanir er mjög þægilegt að geta stillt tölvu á sérskráningu og fengið rennslistölur örar t.d. á 1 mínútu fresti. Þetta gefur möguleika á að flýta mjög fyrir allar lokanir, því að ella þarf að bíða svo lengi eftir tölum. Einnig getur verið ágætt að einn maður sé inni og vakti tölvuna meðan lokað er og láti vita jafnóðum og jafnvægi er komið á eftir lokun og eins hvort allt sé með felldu. Mynd 8.4.2. sýnir hluta tölvuútskriftar frá næturlokuninni í Örfirisey.

8.4.6



Mynd 8.4.2. Hluti tölvuútskriftar frá næturlokun í Örfirisey í janúar 1994.

En þó svo að tölvuskráning rennslis sé ekki fyrir hendi má notast við venjulegan rennslismæli og fylgjast þá með rennslis með klukku í einhvern ákveðinn tíma.

Nauðsynlegt er að undirbúa vel lokunaraðgerðir áður en til þeirra kemur. Reynslan hefur kennt mönnum að ef eitthvað getur farið úrskeiðis þá gerist það. Góð regla er að skrá fyrirfram niður röð lokana og merkja við þegar lokað er fyrir og opnað aftur og skrá réttan tíma. Mjög erfitt getur reynst að leiðrétta vitleysur eftir á ef tími hvernar aðgerðar er ekki nákvæmlega skráður. Tafla 8.4.1 sýnir hluta undirbúnings fyrir lokun í Örfirisey í janúar 1994. Ástæða er að leggja áherslu á að athuga vel þá loka sem nota á, áður en að næturlokun kemur.

Áætlun um lokun að næturlægi í Örfirisey.

- | | | |
|----|---|----------------|
| 1) | Loka fyrir vatn í Hólmaslóð, frá Fiskislóð að loka utan við Skeljung. | 2 LOKAR |
| 2) | Loka fyrir vatn í Skeljung með því að loka vestast í Eyjaslóð. | 1 LOKI |
| 3) | Loka fyrir vatn í Eyjaslóð með því að loka austast í Eyjaslóð | 1 LOKI |
| 4) | Loka fyrir vatn í Járnbraut. Þá lokast fyrir Granda. | 1 LOKI |
| 5) | Loka fyrir Grandabryggju, Grandagarð 18, vöruskemmur og bryggjur. | 2 LOKAR |
| 6) | Loka fyrir Grandagarð/Hólmaslóð milli Fiskislóðar og lokapars við 55. | 4 LOKAR |
| 7) | Loka fyrir vatn í Fiskislóð milli Granda og Hólmaslóðar. | 2 LOKAR |
| 8) | Loka fyrir 4" í Grandagarði milli nr. 19 og 55. | 2 LOKAR |
| 9) | Loka fyrir Grandagarð við nr. 19. | 2 LOKAR |

OPNA ALLT

Tafla 8.4.1 Undirbúningur lokunar í Örfirisey í janúar 1994.

Tafla 8.4.2 sýnir að hluta hvernig gögnum frá þeirri næturlokun var safnað. Enn skal áréttað að skrá allar aðgerðir og tímasetningar á blað.

Lokun í Örfirisey í janúar 1994.

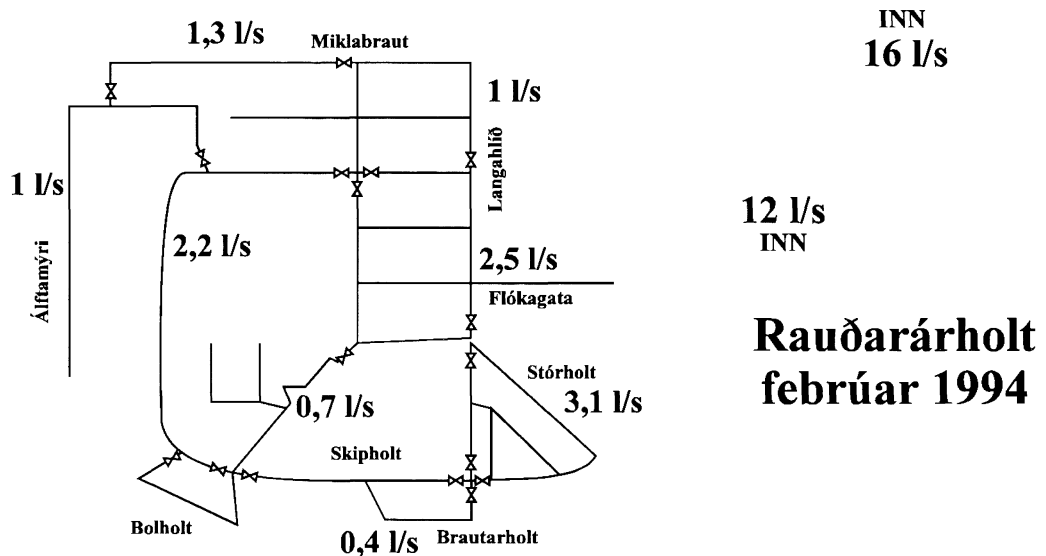
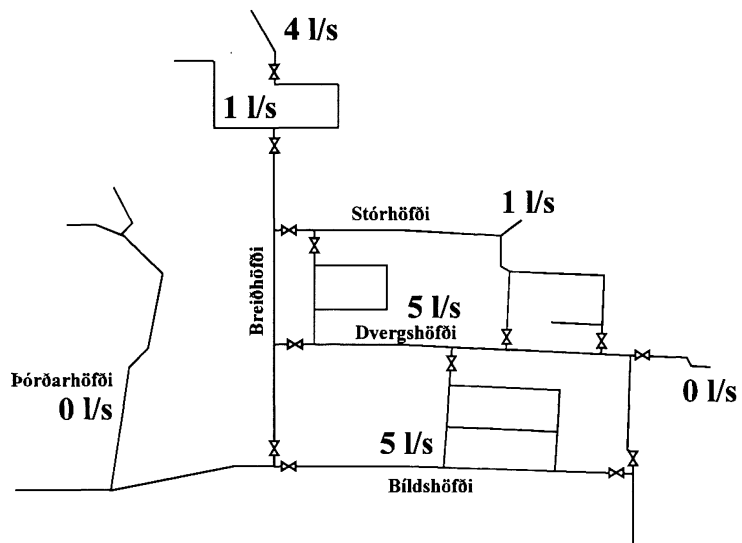
lokur	lokað fyrir	opnað
Hólmaslóð/Fiskislóð	1.24	2.09
Hólmaslóð við varðskýli	1.28	1.53
innst í Eyjaslóð	1.39	1.51
Eyjaslóð/Járnbraut	1.48	2.05
Járnbraut/Hólmaslóð	2.01	2.27
Hólmaslóð/Fiskislóð	2.13	2.26
Hólmaslóð/Grandi	2.18	3.08
Grandabryggja, syðri	2.21	2.59 suð
Grandabryggja, nyrðri	var lokaður	3.00 opnað örlítið, suð
Grandi 4" við nr. 55	2.43	3.34
Grandi 8" við nr. 55.	2.45	2.56 suð
Fiskislóð/Hólmaslóð	3.11	3.30
Fiskislóð/Grandagarður	3.15	3.22
Grandi 4" við nr. 19.	3.27	4.06
Grandi 8" við nr. 19.	3.50	3.58 mjög rólega

Tafla 8.4.2. Skráning gagna við næturlokun í Örfirisey í janúar 1994.

Þegar búið er að ákveða að loka af eitthvað svæði er að mörgu að huga áður en kemur að sjálfri lokuninni:

1. Kanna þarf hvort allir lokar sem nota skal séu aðgengilegir, þ.e. að þeir séu ekki undir biki eða huldur jarðvegi og hvort þeir séu nothæfir, þ.e. hvort hreinsa þurfi lokahúsið um lokann eða spindilinn.
2. Við allar flóknari lokunaraðgerðir er gott að hafa yfirlitsmynd eða teikningu er sýnir lagnir á svæðinu og lokana sem á að nota.
3. Sumir lokar eru öfugir og er því eins gott að standa klár á slíku og merkja á teikningu, því að annars er hætta á að lokunin fari út um þúfur.
4. Gæta verður sérstaklega að því að lokun hindri ekki rennsli inn í hól sem síðar á að loka. Ef svo er mun það leiða til óeðlilegrar niðurstöðu.
5. Ef vafi leikur á að hól verði vatnslaust við lokun er rétt að athuga með því að kanna brunahana, ef hann er fyrir hendi eða þá hjá einhverjum notenda.
6. Alltaf þarf að huga að því að enginn stórnotandi sé að nota vatn á lokunartíma, bæði til að valda ekki skaða og sem minnstum óþægindum fyrir notendur og einnig til að flækja ekki um of túlkun mælinganna eftir á.

Ártúnshöfði október 1994



Mynd 8.4.3 Dæmi um næturlokanir.

Vert er að nefna að þegar kemur að úrvinnslu lokunaraðgerða, þ.e. að meta hversu mikið raunverulega rennur í hin ýmsu hólf geta undarlegustu niðurstöður komið í ljós. Ef allt er með felldu fæst á einfaldan hátt rennsli í hvert hólf. Þegar undarlegar tölur koma fram er vert að íhuga hvort farið hafi verið á rétta loka, hvort einhver loki sé öfugur eða að verið sé að svelta eitthvert annað svæði. Á svæðum, þar sem mikið er um verslanir, heilsuhús og aðra vatnsnotendur, geta allskonar niðurstöður komið fram. Þá geta lokar svikið og einnig vaknar stundum grunur um óvæntar tengingar eða að draugalagnir séu til staðar.

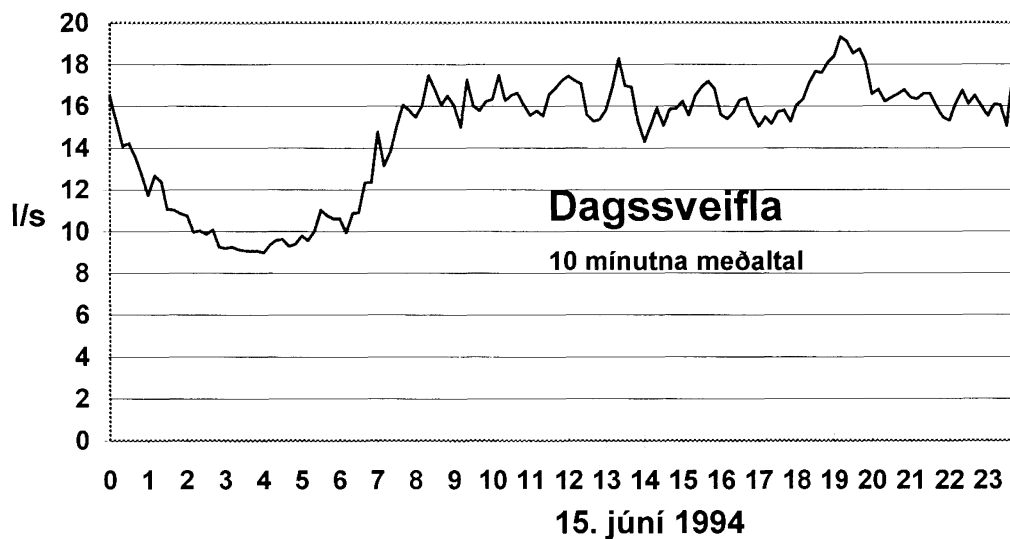
Ef enginn rennslismælir, sem mælir vatn til veitu, er fyrir hendi, má oft bjarga sér (til bráðabirgða) með einfaldari búnaði.

Þar sem aðstæður henta má mæla rennsli milli tveggja brunahana. Það svæði sem mæla á rennsli í er lokað af, eins og áður var lýst. Laus rennismælir er settur á slöngu, sem tengd er milli brunahana, annar innan svæðis en hinn fyrir utan og rennsli mælt. Kemur þá strax í ljós hvort um óeðlilegt rennsli er að ræða á þessu tiltekna svæði. Þessi aðferð er þó seinleg og dýrt er að binda vinnuflokk í langan tíma.

Þá má einnig hugsa sér að nota tankbíl með mæli í þessum tilgangi og dæla á lokað svæði.

Ýmsir framleiðendur selja búnað til að nota við lokanir eins og lýst var hér á undan. Þessum búnaði fylgir oft úrvinnslu-pakki, sem tengja má við PC-tölvu. Með þessum búnaði má t.d. fá fram minnsta næturrennsli, hámarksrennsli, sjá breytingar við lokanir og teikna niðurstöður.

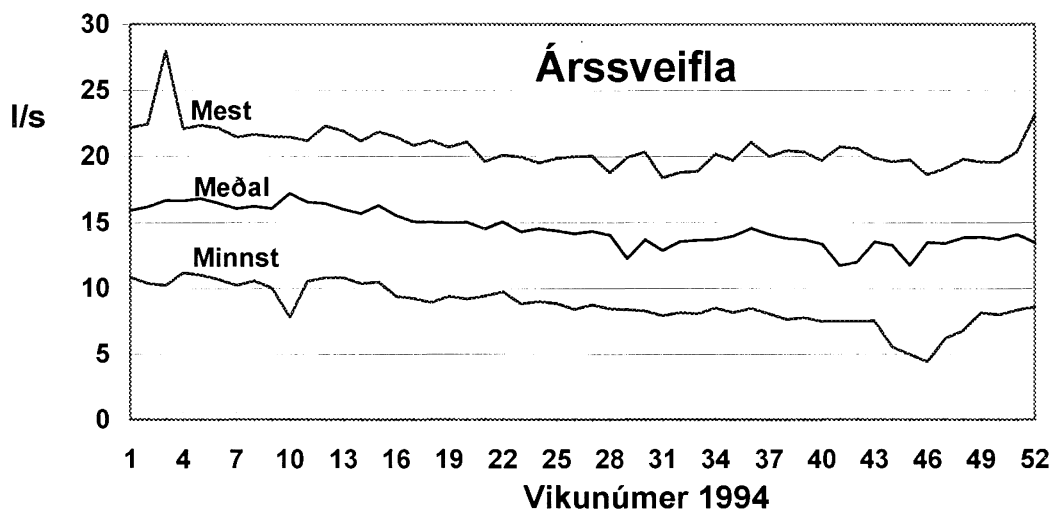
Eins og áður sagði er algengt að sjálfvirk tölvuskráning gagna gefi meðalrennsli í l/s á 10 mínútna fresti. Á mynd 8.4.4 og 8.4.5 eru sýnd dæmi um útskrift úr tölvuskráðu vaktkerfi. Sýnd er dags- og árssveifla í Skólavörðuholti í Reykjavík.



Mynd 8.4.4 Dagssveifla í Skólavörðuholti, 15. júní 1994.

Mynd 8.4.4 sýnir dæmigerða sólarhringsnotkun í hverfi með blandaðri notkun vatns. Rennsli fellur ört eftir miðnætti og er í lágmarki milli 2 og 6, en vex síðan hratt aftur. Minnsta næturrennsli er um 9 l/s og er mælikvarði á efri mörk leka í hverfinu. Áberandi mest vatnsnotkun er um kvöldmatarleytið, en minnkar hægt um kvöldið, sennilega vegna matsölustaða og kráa. Greina má örlítinn sjónvarpstopp upp úr kl 1.

8.4.10



Mynd 8.4.5 Árssveifla í Skólavörðuholti 1994.

Mynd 8.4.5 sýnir vikumeðaltal yfir rennsli í Skólavörðuholtinu 1994. Sýnt er mest, meðal og minnsta meðalrennsli hvernar viku. Greinilega sést hvernig rennslið smáminnkar út árið.

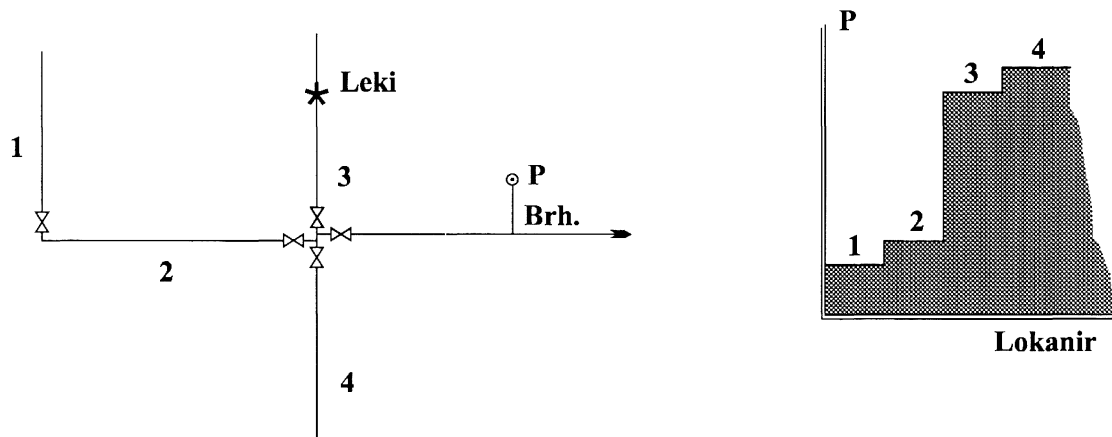
8.4.4 Þrýstimælingar

Það er vel þekkt staðreynd að þrýstingur í vatnslögn fellur í nágrenni við bilun, því meira sem bilunin er alvarlegri. Ekki er hægt að segja að algengt sé að nota þrýstimælingar við bilanaleit, því að aðrar aðferðir eru oftast hentugri og einkum fljótverkari til að ná árangri. Engu að síður kemur það fyrir að grípa þurfi til þeirra.

Tilvikin þar sem þessar mælingar henta eru auðvitað misjöfn en benda má á nokkrar aðferðir til að nálgast bilanir:

- 1) Samanburður þrýstimælinga á nokkrum stöðum t.d. í hverfi eða götu, einkum á plastheimæðum gefur oft til kynna hvort eitthvað óeðlilegt er á ferðinni, en gefur ekki nákvæma staðsetningu. Þetta getur þó oft nægt til að ákvarða að ákveðinn heimæð sé biluð.
- 2) Með nánari þrýstimælingum, t.d. gengið hús úr húsi og þrýstimælt, er hægt að þrengja svæðið um bilunina og enn betur ef spáð er í ýmsa þrýstiútreikninga með gögnunum.
- 3) Þá er hugsanlegt að nota megi þrýstimælingar til að finna bilanir á aðveituæðum með því að skoða þrýstitapið á leiðinni.

Hjá veitum þar sem rennslismælar eru ekki fyrir hendi og lítill tækjakostur til leka-leitar má nota þrýstimæli í stað rennslimæla til að gefa vísbendingu um hvar bilanir eru. Lokað er fyrir svæði eða hólfi í fyrirfram ákveðnum áföngum og þrýstingur mældur utan hins lokaða svæðis, t.d. á brunahana, sjá mynd 8.4.6. Hækki þrýstingur markvert þegar lokað er fyrir má vænta þess að bilun sé í hólfinu. Því meira sem þrýstingurinn hækkar því alvarlegri er bilunin. Með þessu móti náðist verulegur árangur í lekaleit á Patreksfirði.



Mynd 8.4.6 Þrýstimæling á afmörkuðum svæðum.

Vert er að nefna skemmtilegt dæmi um þetta frá Vestmannaeyjum, þar sem vitað var um alvarlega bilun í íbúðagötu, sem er í talsverðum halla. Bilunin fannst með því að loka fyrir loka neðst í götunni, fylla á lögnina ofan frá og loka síðan fyrir þar líka. Eftir að jafnvægi var komið á var gengið í hús og þrýstimælt. Ofan við bilunina var þrýstingslaust, þannig að auðveldlega mátti staðsetja bilunina.

Stundum er ekki vitað hvort dræmt rennsli í vatnslögn er t.d. vegna leka eða stíflu. Þá getur verið gott að þrýstimæla ef hægt er að koma því við.

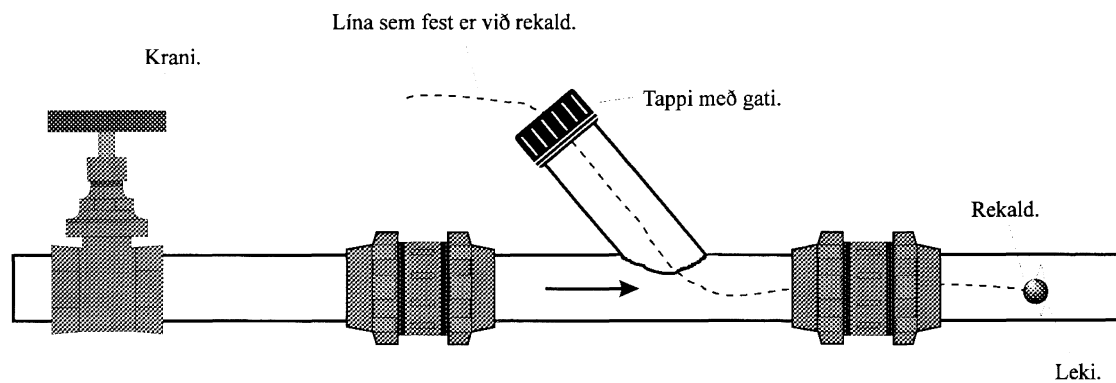
8.4.5 Hitamyndavél

Til er í landinu myndavél, einskonar videóvél er tekur hitamyndir, innrauðar myndir. Þessi myndavél skynjar hita, hitamun, og því er oft auðvelt að rekja og staðsetja heitar lagnir, hitaveitu og frárennsli í veggjum og gólfum húsa og einnig hitalagnir í stéttum og bílplönum. Hitaveitulagnir í götum og gördum koma einnig oft vel fram. Á hitamyndum koma þessar heitu lagnir fram sem ljósar rákir og bilun á þeim verður því sem einskonar ljós klessa umhverfis bilunina.

Notkun þessarrar tækni við leit að bilunum á köldu vatni er mjög takmörkuð, því að sáralítill hitamunur er á lögnum í kaldavatnskerfinu og umhverfinu. Þó er hugsanlegt við vissar aðstæður t.d. þar sem heitavatnslagnir og kaldavatnslagnir liggja saman að bilun á kaldavatnslögn komi fram á hitamynd vegna kælingar umhverfis heitavatnslögnina.

8.4.6 Ídráttaraðferðir

Við vissar aðstæður, þar sem erfitt er að beita öðrum aðferðum, hefur reynst unnt að finna bilanir með því að setja inn í vatnslögnina tappa eða rekald í bandi og láta rekaldið berast með flaumnum. Rekaldið staðnæmist þá við bilunina, ef tryggt er að enginn notandi er að nota vatn. Einungis þarf þá að mæla á bandinu fjarlægð að biluninni. Ýmsar útfærslur eru hugsanlegar á þessu en flestar krefjast þær þess að grafið sé niður á lögnina, hún gerð vatnslaus og tekin í sundur og útbúinn aðstaða til að setja einhverskonar rekald inn í lögnina, sjá mynd 8.4.7. Sjálft rekaldið fer eftir stærð lagnarinnar sem bilunin er á og vatnshraða, en getur t.d. einfaldlega verið fyllt flotholt eða öfugur tappi af brúsa. Þessi aðferð hefur einkum reynst happadrjúg við leit að bilunum á plastæðum.



Mynd 8.4.7 Tengistykki fyrir ídráttaraðferð.

Einnig mætti hugsa sér að setja inn í lagnir tæki er mælir vatnshraða. Hugmyndin er sú að færa tækið eftir vatnslögninni og fylgjast með rennslis hraðanum. Rennslis-hraði eykst er tækið nálgast bilun og minnkar síðan aftur þegar farið er framhjá, ef engar óreglur eru í vatnslögninni.

8.5 Tölvubúnaður í lekaleit

8.5.1 Framfarir í lekaleit

Lekaleitartölva, Correlator, er eitt af þeim hjálpartækjum, sem notuð eru í dag við bilanaleit hjá vatnsveitum víða um heim. Notkun tölvu í lekaleit er fremur nýleg, það var ekki fyrr en upp úr 1975, sem breskum verkfræðingum hjá Palmer í Bretlandi í samvinnu Water Research Center, þar í landi, tókst að búa til fyrsta tækið. Stærð þessa tækis var slík að það þurfti stóran sendibíl hlaðinn tækjum og snúrum til að það virkaði og mælitími hverrar mælingar var mældur í klukkustundum. Gerð þessarar tækja leiddi til algerrar byltingar í bilanaleit. Þróun tækjanna var hæg í upphafi en eftir 1985 koma á markað ýmsar gerðir af öflugum lekaleitartölvum á stærð við litla ritvél.

Augljósir kostir lekaleitartölva eru margir, en hér skal einungis nefna fáeina:

- 1) **Sá tími sem fer í bilanaleit á hverjum stað minnkar mjög verulega** frá því sem áður var. Algengt er að mæling með tölvunni taki innan við 10 mínútur.
2. **Staðsetning bilunar er nánast óháð duttlungum mælingamanna.** Háþróað tæki, sem byggir á jarðeðlis- og eðlisfræðilegum þáttum ásamt tölvuúrvinnslu á staðnum, staðsetur bilunina mjög nákvæmt og oft fæst um leið staðsetning annarrar bilunar. Þessi aukna nákvæmni leiðir til verulegs sparnaðar, þar sem fjöldi þurra hola, mistaka, minnkar verulega.
- 3) **Með tölvunni má finna bilanir á vatnskerfum þar sem enginn grunur eða sýnilegur vottur er um bilun.**

8.5.2 Nauðsynleg skilyrði fyrir lekaleitartölvur

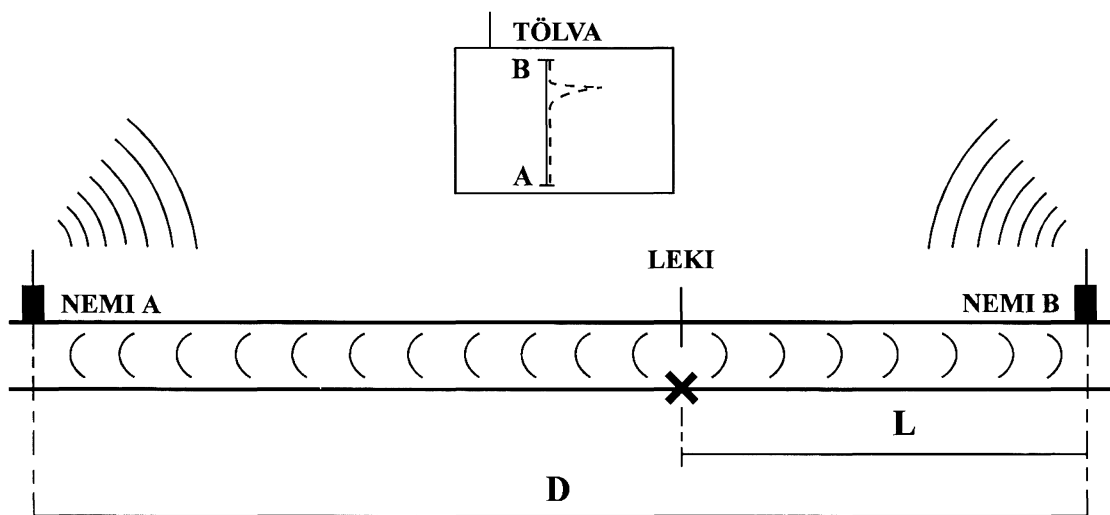
Þegar vatn sleppur út um vatnsfyllta lögnd undir þrýstingi myndast hljóð, lekahljóð, við gatið. Til að hægt sé að finna bilanir með lekaleitartölvu verða 3 grunnskilyrði að vera uppfyllt:

- 1) **Nægilegt lekahljóð verður að myndast við bilunina.** Hér skiptir öllu máli hvernig bilunin er, t.d. myndar mikil og alvarleg bilun oft mun minna hljóð en lítil bilun. Gerð fyllingar umhverfis vatnslögn stjórnar að hluta myndun og varðveislu lekahljóðs, þannig myndast oftast sterkara lekahljóð umhverfis þéttan velpakkaðan jarðveg heldur en um laust efni og hraun.

- 2) **Lekahljóð verður að berast eftir vatnslögn.** Lekahljóð berst eftir vatnslögnum á tvennan hátt. Annarsvegar berst lekahljóð eftir sjálfri vatnslögninni og hins vegar um vatnið í pípunum. Að mestu er það svo að í málmkenndum lögnum berst hljóðið um lögnina sjálfa en í plastkenndum lögnum berst það eftir vatninu, sbr. mynd 8.3.2, sem sýnir hversu langt hin ýmsu lekahljóð berast í mismunandi pípugerðum. Í raun takmarkar þetta skilyrði mjög notagildi lekaleitartölvu í plastlögnum.
- 3) **Lekahljóð frá sömu bilun verður að mælast við báða enda þeirrar lagnar sem verið er að skoða.** Þar sem lekaleitartölvun ber saman lekahljóð frá tveimur hljóðnemum umhverfis bilun, þá verður hljóð að berast að báðum nemunum, ekki nægir að gott hljóð berist frá öðrum nemanum.

Ef vel tekst til getur tölvan fundið bilun út frá lekahljóði jafnvel þótt mannlegt eyra greini hljóðið ekki. Einkum tvær gerðir nema eru notaðar með lekaleitartölvum. Önnur gerðin nemur hljóð úr vatninu sjálfu og er aðallega notuð við að staðsetja bilanir á plastlögnum. Þessir nema eru mjög næmir og fremur óháðir aukahljóðum t.d. frá vindi og umferð, en ókostur að tengja verður þá beint við lögn, t.d. um brunahana og oft myndast lekahljóð við slíkar tengingar. Hin gerðin nemur hljóð úr sjálfri lögninni. Helsti kostur við notkun þeirra er hvað auðvelt er að nota þá, þeir eru tengdir við lagnir með segli. Helstu ókostir er minni næmni á plastlögnum og þeir nema einnig hljóð frá umhverfinu, t.d. umferð og vind. Að auki eru þeir mjög viðkvæmir fyrir hnjaski af völdum áverka.

En hvernig starfar lekaleitartölva? Hvað er það sem gerir þetta tæki svo áhrifaríkt við bilanaleit? Á mynd 8.5.1 er sýnd uppsetning lekaleitartölvu.



Mynd 8.5.1 Uppsetning lekaleitartölvu.

Á mynd 8.5.1 má sjá hvernig lekahljóð berst sem þrýstibylgjur í báðar áttir út frá bilun. Hraði þessa hljóðs fer að mestu eftir stærð og gerð þeirrar lagnar sem vatnið streymir eftir. Til að staðsetja þessa bilun er tveimur hljóðnema komið fyrir á lögninni umhverfis bilunina. Lekahljóð berst eftir lögninni, fyrst að öðrum nemnum (fjarlægð L frá leka) og síðan að hinum. Það myndast því viss tímamunur milli þess að lekahljóð berst að báðum nemum. Ef hraði hljóðbylgju eftir lögn er táknaður V og tímamunur T má skrifa heildarlengd milli hljóðnema sem:

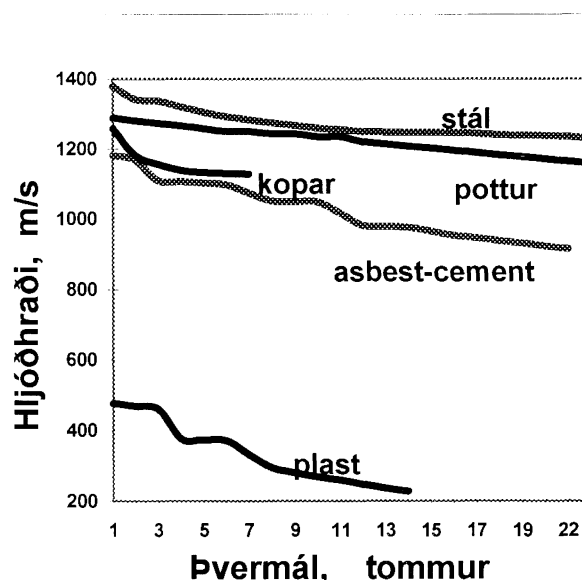
$$D = 2L + (V * T)$$

en þetta má umskrifa sem:

$$L = \frac{D - (V * T)}{2}$$

Fjarlægð D milli nema er mæld á staðnum, t.d. með mælihljóli eða málbandi. Hraði V er talinn þekktur. Hraðinn er fyrst og fremst háður gerð lagnar og sverleika. Töflur með hraða í ýmsum efnum eru varðveittar í forriti í tölvunni, sjá mynd 8.5.2, er sýnir dæmi um hljóðhraða í nokkrum algengum lagnagerðum sem fall af pípuþæð, bæði í töflu og myndrænt. Einungis þarf þá að gefa upp gerð og stærð lagnar til að réttur hljóðhraði sé notaður. Til að staðsetja bilun þarf því einungis að ákvarða tímamun T, en það er einmitt það sem tölvun gerir. Tölvun ber saman lekahljóð úr tveimur áttum (correlation), leitar eftir hljóðmynstrum, sem eru nægilega eins, og finnur þann tímamun sem er á komu þeirra til nemanna og reiknar að lokum út hvar bilunin er. Gæði lekahljóðs skiptir mestu máli við staðsetningu leka. Minna máli skiptir hvort heyrir hátt eða lágt í leka og því hafa óregluleg hljóð frá umferð og vindi lítil sem engin áhrif.

	Pottur	Stál	As-ce	Plast	Kopar
1	1288	1379	1181	476	1258
2	1280	1342	1168	468	1182
3	1273	1337	1109	460	1155
4	1265	1319	1106	376	1138
5	1257	1304	1102	373	1132
6	1250	1291	1098	370	1129
7	1250	1283	1074	332	1128
8	1242	1274	1051	294	
9	1242	1266	1049	280	
10	1234	1259	1049	268	
11	1234	1254	1015	259	
12	1219	1249	981	248	
13	1213	1247	978	236	
14	1207	1246	976	229	
15	1201	1246	965		
16	1195	1246	953		
17	1189	1243	945		
18	1183	1240	937		
19	1177	1238	930		
20	1170	1237	922		
22	1164	1234	914		
24	1158	1231			



Mynd 8.5.2 Hljóðhraði í nokkrum algengum lagnagerðum.

8.5.3 Mælingar með lekaleitartölvu

Aðferðin við bilanaleit er í grófum dráttum á þá leið að ekið er um og hlustað með næmum hlustunartækjum sem víðast í dreifikerfinu, t.d. á lokum, brunahönum eða aðallögnum ef kostur er og leitað eftir lekahljóðum. Finnist lekahljóð er reynt að gera sér grein fyrir því hvar líkleg bilun kunni að leynast. Kort af dreifikerfinu er yfirleitt alltaf haft til hliðsjónar, en þar kemur meðal annars fram hvernig lega lagnar er, stærð hennar og gerð ásamt næstu tengistöðum fyrir nema, t.d. lokar eða brunahanar.

Því næst er 2 hljóðnemunum komið fyrir á lögninni sem næst hugsanlegri bilun og sinn hvoru megin við hana. Þessir nemar eru tengdir búnaði sem sendir hljóðmerkin þráðlaust í tölvuna í bílnum. Viðvörðunarskiltum er komið fyrir við hlustunarbúnaðinn og fjarlægð milli nemanna eftir lögninni er mæld með mælihjóli. Mælingabíl er komið fyrir sem næst mitt á milli nemanna og kveikt á tölvunni.

Tölvun er mötuð á upplýsingum um mæliaðstæður. Gefa þarf upp hversu margar gerðir lagna eru í mælingunni (ef mismunandi lagnagerðir eru á mælisvæði, plast, stál og fl.), en í einni og sömu mælingu mega vera allt að fjórar mismunandi gerðir lagna. Einnig þarf að gefa upp gerð hverrar lagnar í réttri röð og sverleika, en það kallar fram viðeigandi hljóðhraða í tölvunni fyrir þessa mæliuppsetningu. Að auki er gefinn upp nýmæld fjarlægð milli hljóðnema.

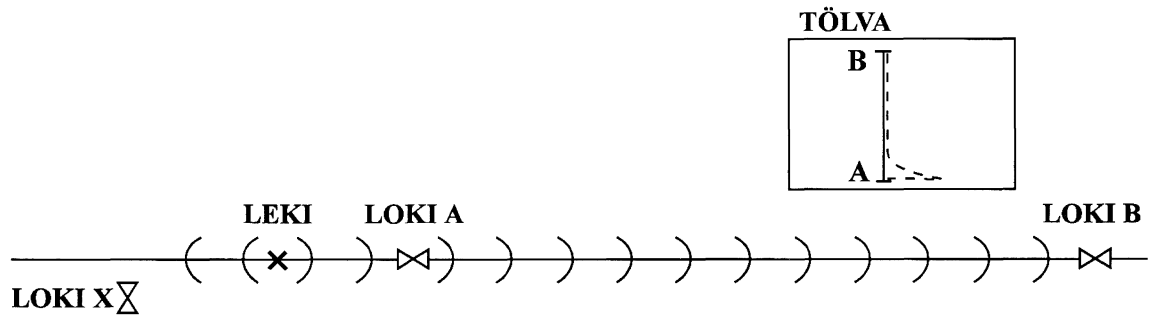
Eftir að tölvun hefur verið mötuð á þessum grunnupplýsingum um mæliaðstæður er hljóðið kannað, en það berst þráðlaust í tölvuna. Þessi könnun sýnir strax hvort gleymst hafi að kveikja á nemum, en auk þess sýnir hún myndrænt (og í heyrnartækjum ef óskað er) hversu mikið hljóð berst í hinar ýmsu síur þ.e. hvernig tíðnidreifing lekahljóðsins er. Á töflu 8.5.1 eru sýnd þau tíðnibil sem dæmigerð lekaleitartölva meðhöndlar.

Tíðnibil	Neðri mörk Hz	Efri mörk Hz
F0	50	100
F1	72	143
F2	145	288
F3	294	515
F4	511	818
F5	821	1188
F6	1208	1744
F7	1737	2344
F8	2320	3024
F9	2996	3793
F10	3783	4685
F11	4625	5729
F12	5740	7109
F13 ALLT	10	20000

Tafla 8.5.1 Tíðnibil lekaleitartölvu.

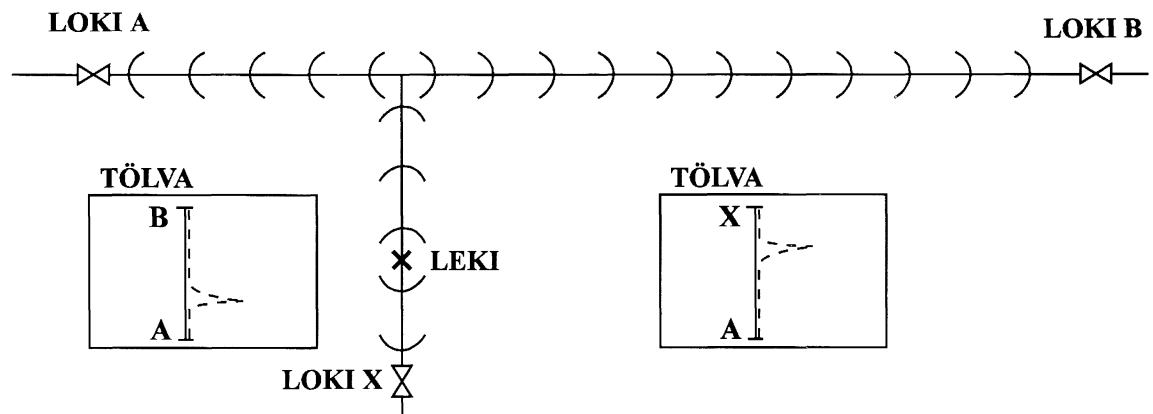
Sé allt með felldu er sjálfvirkt leitarforrit keyrt, en það leitar að bilun með því að bera saman hljóð úr báðum nemum fyrir hvert tíðnibil fyrir sig. Ef bilun finnst velur forritið besta tíðnisviðið og leitar aftur þar og kemur að vörmu spori með niðurstöðu í formi fjarlægðar frá öðrum nemanum. Vísbending um bilun er alltaf gefinn upp frá sama hljóðnema, hljóðnema A.

Eftir að þessi niðurstaða er fengin má stilla tækið handvirkt og safna gögnum til frekari stuðnings. Komi fram skýr vísbending um bilun er auk þess stillt á frekari leit á þröngu svæði við bilunina og tækið látið kanna nánasta umhverfið betur. Til að auka nákvæmni og/eða í vafatilfellum má auka mælitímann, jafnvel verulega og láta tölvuna malla á upplýsingunum. Komi fram vísbending um bilun utan mæli-svæðis í aðra hvora átt, þarf einungis að færa þann neman sem er fjær biluninni út fyrir bilunina í þá átt sem vísbending um bilun er úr og hefja nýja mælingu með nýjum gögnum. Á næstu myndum eru sýnd nokkur tilfelli mælinga.



Mynd 8.5.3 Einföld uppsetning tækja í lekaleit.

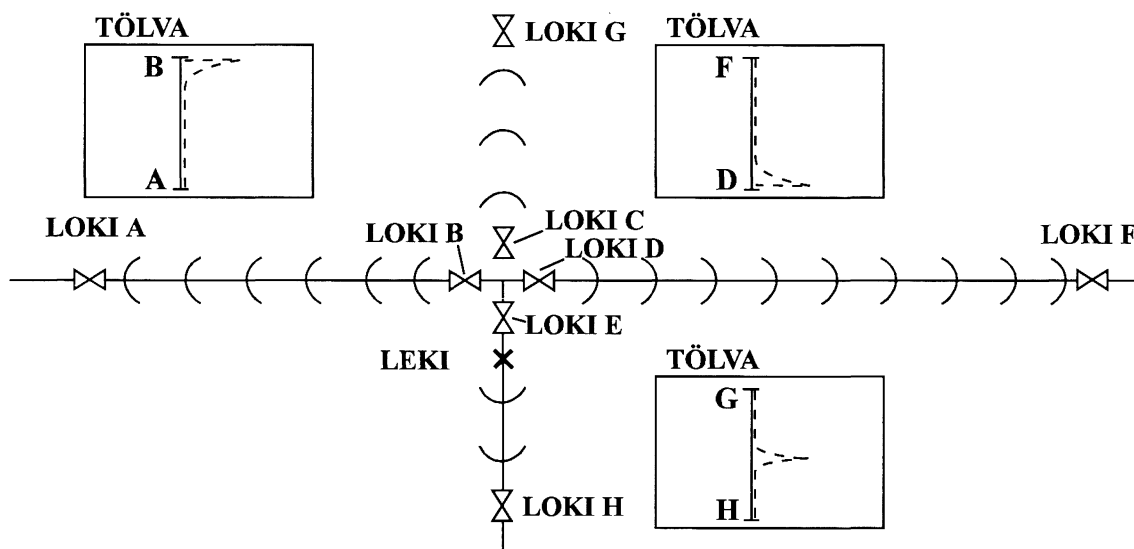
Hér er sýnd mæling milli tveggja punkta A og B. Tölvann finnur vísbendingu um bilun við eða handan við A. Færa þarf hljóðnema B og endurmæla.



Mynd 8.5.4 Bilun staðsett á hliðarlögn.

Mæling milli A og B gefur skýra vísbendingu um bilun. Með því að færa hljóðnema B og endurmæla með breyttri uppsetningu kemur rétt staðsetning í ljós.

8.5.6



Mynd 8.5.5 Mæling við gatnamót.

Vísbending um bilun nærri enda eða við loka er oft varhugaverð. Tvær mælingar hér, milli A og B og mæling milli D og F gefa vísbendingar um bilun við eða nærri enda, en hið sanna kemur strax fram í mælingu milli G og H.

Þessi tölvubúnaður hefur ekki einungis sannað ágæti sitt við nákvæma staðsetningu leka, bæði sýnilegra og einnig þeirra er koma ekki fram, heldur hefur hann einnig reynst afar drjúgt hjálpartæki við að staðsetja heimæðar sem ekki hefur verið unnt að hlusta út (einkum plastheimæðar) með því að láta renna inni og framkalla með því lekahljóð við áborun og mæla síðan.

Lekaleitartölva hentar mjög vel til að leita að bilunum í vatnskerfum, þar sem flestar lagnir eru úr efnum sem leiða vel hljóð, þ.e. stáli, potti og seigjárn. Notkun flestra lekaleitartölva er mun erfiðari í plastlögnum. Þetta stafar einkum af því að mælifjarlægð verður að vera mun styttri og oftast er jafnframt lengra milli loka. Að auki og það sem sennilega er verst er að uppgefinn hljóðhraði í tölvunni á sennilega ekki við um það plast sem notað er hérlandis og einnig að hljóðhraðinn er talsvert breytilegur eftir gerð jarðvegsfyllingar um plastið. Þegar við bætist að talsverða reynslu þarf til að meta aðstæður rétt hverju sinni, er tæplega hægt að mæla með því að lekaleitartölva verði staðalbúnaður í hverju áhaldahúsi.

8.6 Stoðtæki

Mörg tæki eru notuð sem hjálpartæki í daglegu starfi, þó svo að þau nýtist ekki beint við að staðsetja bilanir. Skal hér einungis getið þeirra helstu.

8.6.1 Staðsetningartæki

Margar gerðir staðsetningartækja eru til í dag. Flestar gerðir eru notaðar til að staðsetja járnlagningar eða aðrar lagningar er leiða rafstraum. Tækin byggja á því að senda merki inn á lögn með sendi og nema merkið annarsstaðar með móttakara.

Mælitækið er því notað á þann hátt að sendir er tengdur við lögn, ýmist með leiðslum eða þráðlaust, og leitað er að lögninni annarsstaðar með móttakara.

Ef tækið er beintengt þarf að tengja snúru frá senditækinu og að þeirri lögn sem sóna þarf og síðan aðra snúru úr senditækinu í jörð, til að loka hringrásinni. Móttökutækið er síðan notað til að leita að lögninni. Ef illa gengur þarf oft að fara tilbaka og athuga tengingar og jafnvel finna betri jörð.

Við þráðlausa notkun er kveikt á senditækinu nærri lögninni og byrjað að leita með móttökutækinu. Merkið frá senditækinu berst þá þráðlaust í lögnina sem leitað er að. Þessi tenging er yfirleitt ekki eins öflug og beintenging, en gagnast oft vel til að finna lagningar í jörðu, sem ekki er hægt að tengja beint við.

Margar gerðir eru til af slíkum tækjum, t.d. eftir því hvað verið er að leita að. Vandaðri gerðir þessarra tækja bjóða upp á fleiri en eina senditíðni og auk þess dýptarskynjun. Með þessum tækjum er oftast tiltölulega auðvelt að staðsetja götulagnir og heimæðar og jafnframt að finna hvar heimæðar tengjast götulögnum. Aðalskilyrðið er að lögnin, sem leita á að leiði rafstraum. Þessi tæki henta því ekki á plastlögnum. Ýmsir hafa sett á markað tæki til að finna plastlagningar, en þau eru ekki talin nægilega áreiðanleg og er því enn sem komið er ekki hægt að mæla með þeim.

Til að staðsetja plastlagningar er algengast að þræða í þær ídráttarvír eða leiðslu úr leiðandi efni og tengja staðsetningartækin við hann. Einnig eru til sérstök senditæki sem setja má á þar til gerðan kapal og setja inn í lögnina og staðsetja síðan með móttökutækinu.

Ekki skaðar að nefna að margir hafa getað bjargað sér með tvo einfalda teina, t.d. suðuvír. Sé gengið að lögn með teinana samsíða, fara þeir í kross yfir lögninni og svo tilbaka þegar komið er yfir. Mjög margt annað hefur áhrif á teinana, svo gæta verður varúðar.

8.6.2 Segulmælir

Segulmælar af ýmsum gerðum hafa lengi verið í notkun hjá vatnsveitum og áhaldahúsum um land allt. Segulmælar eru einkum notaðir til að finna loka og brunna er lent hafa undir malbiki eða öðrum jarðvegi eða týnst á einhvern hátt. Segulmælar gefa yfirleitt skýra svörun, gefa frá sér skarpan tón, í námunda við járn eða annað segulmagnað efni, og því er oftast auðvelt að finna það sem leitað er að, ef það er ekki mjög djúpt. Dýptarskynjun þessarar tækja fer mjög eftir því járnmagni sem um er að ræða. Ókostur er að flest þessarar tækja greina ekki á milli þess hlutar sem leitað er að og annarra málmkenndra hluta og getur því allskonar rusl villt um fyrir manni.

8.6.3 Leiðnimælir

Með leiðnimæli má mæla rafleiðni vökva, en hann er mjög háður magni uppleystra efna og hita í vökvanum, þ.e. hreinleika vökvans. Mælirinn er lítið tæki með tveimur rafskautum, sem stungið er í vökva (vatn). Tækið má nota nánast hvar sem er úti eða inni, einungis þarf að kveikja á því og stinga í vatn, svar fæst strax á talnaformi. Vatn í veitukerfi Vatnsveitu Reykjavíkur er mjög hreint og því er leiðni vatnsins lág.

Komi upp leki t.d. í götu, húsgrunni eða úti á grasflöt má á augabragði mæla leiðni vatnsins. Ef leiðnin er mjög lág, 30-60 ppm í Reykjavík má staðfesta strax að vatnið er úr veitukerfinu, en ef leiðnin er hærri er trúlegra að vatnið tilheyri einhverjum öðrum, t.d. hitaveitu, frárennsli eða grunnvatn eða blöndun, en leiðni á slíku vatni er yfirleitt mun hærri. Leiðnimælir gefur þannig ágætis fyrstu vísbendingu á lekastað, en segir ekkert til um hvar bilunin er.

Mjög auðvelt ætti að vera að búa til eigin kvörðun leiðnimælis víða um land með því að mæla leiðni á nokkrum mismunandi stöðum. Vert er að benda á að selta hefur veruleg áhrif á leiðni og því mælist t.d. leiðni í grunnvatni yfirleitt miklu meiri á Seltjarnarnesi en í Reykjavík.

8.7 Hvað bilar, hvernig og af hverju?

Bilunum má skipta í ýmsa flokka, t.d. er nærtækt að greina milli bilana sem sjá má á yfirborði og þeirra er aldrei koma upp. Leiki á yfirborði jarðar getur komið upp víðs-fjarri þeim stað þar sem bilunin er. Við leka sem ekki kemur upp hverfur vatnið út í jarðveginn, í drenlagnir, í holræsi eða rennur á einn eða annan hátt burt frá biluninni. En hvað er það sem bilar og hversu alvarlegar geta bilanir orðið. Til að átta sig á þessu er hér stuttlega fjallað um nokkur helstu lagnaefni og bilanir er tengjast þeim og auk þess getið um nokkrar aðrar ástæður bilana.

8.7.1 Pottlagnir

Pottlagnir eru steypujárnspípur sem steypar eru í mótum. Pottlagnir eru settar saman á múffum, sem lokað er með því að blýpakka í þær. Fyrir kemur að þessi blýpakking losni og getur þá lekið talsvert. Algengustu bilanir á pottlögnum eru eflaust þverbrot, en þá brotnar lögnin þvert á rennslisstefnu oft allan hringinn og myndast jafnvel misgengi milli brotanna. Gjarnan er mikill leki tengdur þessum bilunum, oft um eða yfir 5 l/s, eftir stærð lagna og þrýstingi. Ástæður fyrir því að lagnir þverbrotna eru misjafnar, en rekja má þær til uppsafnaðrar spennumyndunar í lögnunum. Algengt var á árum áður að leggja tréklossa undir rörin er þau voru sett niður og stundum gleymdist að fjarlægja þá. Vatnslagnir liggja yfirleitt í sama skurði og holræsalagnir og oft liggja þær um botnstykki holræsabrunna, sem skapar aukið álag þegar frá líður. Aðrir algengir orsakavaldar eru misjafnt jarðvegsálag og umferðarþungi. Enn meir getur lekið ef myndast langrifa á pottlögnum. Tæringargöt hafa myndast í þessum lögnum og jafnvel eru til dæmi um að heilu stykkinn hafi fallið úr lögn. Viss öldrun á sér stað í pottlögnum þannig að með tímanum hverfur járníð og eftir situr kolefnið, sem morknar. Stundum er talað um að tálga megi lögnina þegar svo er komið. Alvarlegustu bilanirnar eru í pottlögnum.

8.7.2 Seigjárn

Seigjárnslagnir, Ductile, eru endurbætt steypujárnslagnir, þar sem m.a. magnesíum hefur verið bætt við, en það eykur til muna sveigjanleika þessarra lagna umfram pottlagnir. Þessar lagnir var fyrst farið að nota í kringum 1968. Helstu bilanir sem fram hafa komið eru tæringargöt, sem komið hafa við sérstaklega erfiðar jarðvegsaðstæður. Fáein dæmi eru um það að gúmmíhringur milli röra hefur lekið ef reynt er að sveigja lögn um of í beygjum. Í dag eru allar seigjárnslagnir vafðar plasti til að rjúfa tengsl við jarðvegsumhverfið.

8.7.3 Asbest

Asbestlagnir eru algengar víða um land, en lítið sem ekkert notaðar í Reykjavík. Vinsældir þeirra byggjast sennilega á því hversu auðvelt er að leggja þær. Þessar lagnir hafa átt það til að brotna illilega og getur orðið mikill leki á þeim. Erfitt hefur reynst að fá tengistykki við aðrar lagnir. Víða um heim er vinna við asbestlagnir talin varhugaverð, einkum þegar þarf að saga og fínt duft myndast, en það er talið krabbameinsvaldandi.

8.7.4 Stállagnir

Lang algengustu bilanir á stállögnum eru tæringargöt, sem myndast oftast vegna þess að hlífðarkápa úr biki eða vöfðum dúk og biki verður fyrir hnjaski af einhverju tagi. Á árunum eftir seinna stríð var flutt inn talsvert magn af stállögnum frá austan-tjaldsríkjum, þessar lagnir hafa reynst afar illa og jafnvel svo að segja má að sé til vandræða. Bilanir á stállögnum eru yfirleitt ekki mjög alvarlegar, þær byrja með litlu tæringargati, sem tekur langan tíma að stækka. Því getur slík bilun leynst árum saman.

8.7.5 Plastlagnir

Einkum tvær gerðir af plasti hafa verið í notkun, önnur er eldri en það er PEL plast (Polyetylen low density), sem hætt er að nota og PEH plast (Polyetylen high density) frá Reykjalundi. Mjög lítið er um það að plast sé notað í aðalæðar í Reykjavík, en allar heimæðar nýbygginga og við endurnýjun á heimæðum eldri húsa er ávalt notað PEH plast. Í Reykjavík er notað plast af gerðinni PEH, sem þola á allt að 6 kg/cm² þrýsting.

Bilunum á plastlögnum má skipta í nokkra flokka:

- 1) Algengt er að þær séu vegna **áverka**, sem oftast stafa af slægum frágangi, þannig að grjót leggst að lögninni.
- 2) Allt of algengt er að notuð sé **of veik gerð** plastlagna, t.d. lagnir sem þola 4 kg/cm², en eru ekki ætlaðar vatnsveitum.
- 3) **Efnisgallar** hafa komið upp í plastlögnum og við **þrýstihögg**, t.d. vegna skyndilegra lokana, hafa þær átt til að langrifna.
- 4) Talsvert hefur borið á því að plastlagnir hafi **rifnað frá við húsvegg** undan jarðvegsþunga, sennilega oftast vegna lélegs frágangs. Í Reykjavík er varið stál-rör sett frá inntaki og út um útvegg og plast síðan tengt við það.

- 5) Plastlagnir eru oft soðnar saman í vél á skurðbarmi og síðan eru oft langar lengjur dregnar eftir hrufóttu yfirborði, þar til komið er á réttan stað. Mörg dæmi eru um verulega áverka á lögnum áður en þau eru komin í notkun og eins getur suða bilað ef ekki er vel til hennar vandað.
- 6) Einn höfuðóvinur plastlagna er heitt vatn. Bilun í hitaveitu hefur oft leitt til þess að plastlagnir meyrna, aflagast og springa að lokum. Alltaf skal settur einstreymisloki við inntak til að hindra að hitaveituvatn komist út í kaldavatnslögnina. Allt of oft vantar **einstreymisloka** eða að þeir eru svo lélegir að þeirra nýtur ekki.
- 7) Einstreymislokar í sjálfvirkum blöndunartækjum hafa reynst afar illa, þannig að millirennslí verður, sem skemmt getur lagnir innanhúss sem utan.
- 8) Að lokum skal þess getið að þau **tengi** sem seld eru í dag, en þau eru af fjölmörgum gerðum, henta fæst til notkunar í vatnsveitum. Mjög algenga bilun á plastlögnum má rekja til þess, að lagnir hafa dregist út úr tengjum. Reynslan sýnir að **ekki ber að nota kónlaus tengi**. Hafa verður í huga við lagningu plastefna að einnig þau dragast saman þegar kalda vatnið fer að streyma um þau.

8.7.6 Lokar

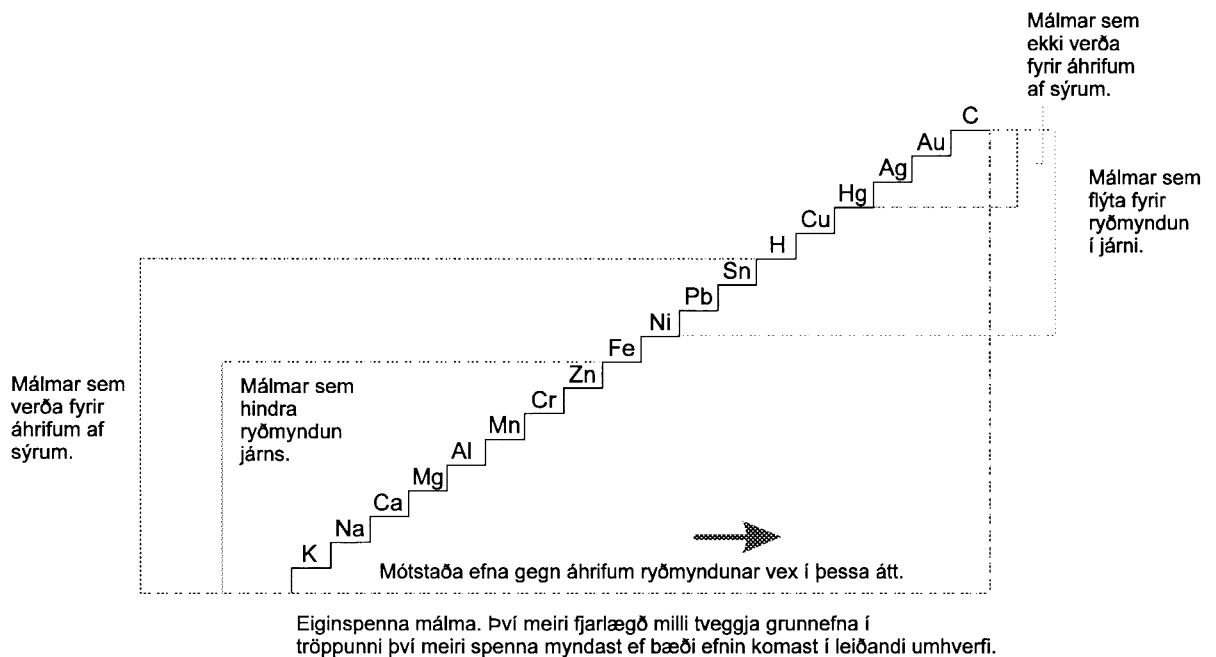
Leki á lokum í dreifikerfinu getur verið afar misjafn allt frá dropatali og upp í tugi lítra á sekúndu. Algengustu bilanir á lokum eru bilanir á pakkdósum og vegna tæringar, en stærstu lekar verða þegar lokar brotna.

8.7.7 Brunahanar

Algengustu ástæður bilana á brunahönum eru óþéttleiki í botnventlum. Pakkning í botnventli vill slitna eða verða fyrir hnjaski, t.d. ef smásteinar verða á milli þegar brunahananum er lokað. Sé brunahaninn sjálfþæmandi getur nokkuð vatn lekið út um tæmingargatið. Sé brunahaninn ekki sjálfþæmandi fyllist brunahanabelgurinn af vatni og getur frostsprungið uppgötvist ekki bilunin í tæka tíð. Þá er algengt að ekið sé á brunahana og þeir laskaðir. Sérstök hættu er á þessu þegar þarf að snjóryðja götur með stórum vinnuvélum. Þetta ber að hafa í huga þegar valinn er staður fyrir brunahana og ástæða getur verið að setja upp áverkavörn (stálgrind) við brunahana, sem eru illa staðsettir.

8.7.8 Rafstraumar

Rétt er að geta tengsla rafstrauma á bilanir vegna eiginspennu hinna mismunandi málma, sjá einnig 7. kafla. Mynd 8.7.1. sýnir röð grunnefna með tilliti til eiginspennu. Því meiri sem fjarlægðin er milli tveggja grunnefna í tröppunni, því meiri spennunumur verður milli þeirra, ef þeir komast í snertingu við leiðandi umhverfi. Allir málmar hafa vegna innri uppbyggingar sinnar vissa innri spennu, eiginspennu.



Mynd 8. 7. 1 Eiginspenna málma.

Þegar tveir ólíkir málmar eru settir saman, t.d. stálrör tengt við koparfittings, myndast rafstraumur milli þeirra. Því meiri sem munur á eiginspennum er, því meiri er rafstraumurinn. Þetta er eins og að búa til rafhlöðu í jörðu. Þessum rafstraum fylgir efnisflutningur og því tæring. Í ljós hefur komið að t.d. viðgerðarbaulur úr áli um járnlagir hafa einungis enst í 10 til 15 ár, ef gúmmíþétting hefur skemmt.

Ýmsir aðrir rafstraumar eru og geta myndast við lagnir í jörðu. Þessir rafstraumar eru alltaf til vandræða og ber að reyna að koma í veg fyrir þá ef hægt er.

Sjálfsgagt er að segja frá nýlegu riti frá Nordisk Ministerråd, sem fjallar um tæringu á Norðurlöndum og heitir: Korrosion i vattenledningsnät och -installationer.

8.7.9 Jarðvegur

Gerð jarðvegs um lagnir getur haft lykiláhrif á endingu þeirra. Ekki skal fjölyrt um þennan þátt, en ljóst er, að í dag gera menn sér mun betur grein fyrir þessum þætti t.d. sýrumyndandi áhrifum jarðvegs á lagnir. Það er í raun ótrúlega stutt síðan að eðlilegt þótti og jafnvel mjög gott að nota rauðamöl til að einangra bæði kaldar og heitar vatnslagnir. Rauðamölin einangraði jú svo vel! Í heilum hverfum voru lagnir grafnar í mýrkenndum jarðvegi sem hefur verið að tæra lagnir og jafnframt hefur hann þornað og missigið. Það eru ekki einungis tærandi áhrif jarðvegs sem valda skaða, heldur einnig misjafnt burðarþol þeirra. Sig, frostþol og margt fleira hefur áhrif á líftíma lagna í jörðu.

8.7.10 Draugalagnir

Ýmsar aðrar bilanir koma fyrir, um sumar hverjar mætti segja að þær væru gamlar syndir frá liðinni tíð. Hér má nefna draugalagnir af ýmsum toga, t.d. heimtaugar í hús, sem hafa verið rifin fyrir löngu, ýmsar gamlar lagnir frá tíma hernáms og fleiri. Í Reykjavík er ekki nema rúmur áratugur síðan farið var að skrá allar aðgerðir, sem framkvæmdar eru í kaldavatnskerfinu, eldri upplýsingar eru mun stopulli.

8.8 Lekaleit - tilhögun.

8.8.1 Breytt viðhorf

Alltof algengt hefur verið að álíta að allt væri með felldu þar sem allir hefðu nóg vatn og aðhafast því sem minnst í lekaleit, þar til í óefni væri komið, einhver orðinn vatnslaus, þrýstingur fallinn, dælur réðu tæpast við lengur eða tilkynnt um leka. Margir kannast við slíkar lýsingar.

Víðast á landsbyggðinni sjá áhaldahúsin um þennan málaflokk ásamt flestum öðrum þáttum er varða verklegar framkvæmdir í sínu byggðarlagi og verkefni eru auðvitað mörg og margvísleg. Flestum er því ekki auðvelt að stunda samfellda lekaleit.

Á undanförunum misserum hefur orðið mikil vakning meðal forráðamanna vatnsveitna í þá veru að meira þurfi að sinna rekstri þeirra, þ.e. að annast viðhald og eftirlit með því, eins og öðrum eignum sveitarfélagsins. Vaxandi kröfur nútímans gera ráð fyrir því að meðhöndla þurfi vatnsveitur svipað og önnur fyrirtæki í matvælaíðnaði.

Ýmsar aðferðir má viðhafa við bilanaleit. Velja verður aðferð við hæfi hverju sinni og oft þarf að reyna fleiri en eina aðferð til að fullkanna eins og hægt er hvort endanleg staðsetning bilunar er ekki rétt. Langdýrasta hluta aðgerðarinnar lýkur með því að grafa holu, oft í götu, til að lagfæra bilunina og það er afar slæmt fyrir vinnuanda ef illa tekst til með staðsetningu hennar.

Hér á undan hefur flestum tækjum og aðferðum, sem notuð eru í bilanaleit hér á landi verið lýst. Bilanaleit á veitukerfum er samsafn aðferða sem læra verður og reynslu sem safnast smám saman. Það má ljóst vera að tækin ein sér gera ekkert. Hér á eftir verður reynt að stikla á stóru um framkvæmd lekaleitar með því að tína til nokkur dæmi og sýna á hagnýtan hátt hvernig farið er að. Hér verður einkum rætt um bilun á götulögn og bilun á heimæð.

8.8.2 Biluð götulögn

Leki á götulögn kemur oft upp á yfirborð og er yfirleitt ekki langt undan, en hann þarf ekki að koma upp og getur verið víðs fjarri upptakastað. Ef leki kemur fram í námunda við vatnslögn er auðvelt að mæla **leiðni** vatnsins til að staðfesta að vatnið sé úr dreifikerfinu, en ekki grunnvatnsrennsli eða úr fráveitu. Leiðni á bilinu 30-60 ppm í Reykjavík tekur af öll tvímæli um að vatnið er úr dreifikerfinu. Leiðnimælir er sáraeinfaldur í notkun og kostar einungis um 6-7 þúsund krónur, svo allir ættu að geta átt svona tæki. Leiðnimælir kemst auðveldlega fyrir í brjóstvasa.

8.8.2

Sé staðfest að vatnið er úr dreifikerfinu þarf að staðsetja bilunina eins nákvæmlega og kostur er. Algengasta leið til að gera þetta er að **hljóðhlusta á yfirborði**. Gengið er þá skref fyrir skref eftir lögninni og hlustað í leit að mesta hávaða, en lekinn er oftast þar sem mest heyrir. Flestir lekar koma fram með þessum hætti, en að mörgu er að hyggja ef vel á að fara, sbr. kafla 8.4.1. Nýttisku hlustunarbúnaður af þessu tagi kostar frá 200 þúsund krónum. Vel getur komið til greina að reyna að hlusta með öðrum hætti til dæmis holtri stöng, sbr. hlustunarstafinn breska. Dæmi eru um að heyrst hafi í leka berum eyrum ofanjarðar, áður en grafið var! Við erfiðar aðstæður heyrir hugsanlega ekkert. Ef aðstæður leyfa getur þá verið hentugt að **þrýstimæla** í nálægum húsum og brunahönum og nálgast þannig bilunina. Þetta getur gefið góða raun sérstaklega ef lögnin er í halla og hægt er að loka þessum kafla á lögninni. Í einstaka tilfellum getur reynst mögulegt að setja inn í lögnina rekald í bandi (sbr. **ídráttaraðferðin**). Rekaldið er þá sett inn í lögnina um loka eða sérstakt tengistykki og látið berast með flaumnum að lekastað, en þar stoppar það ef enginn annar fær að nota vatn.

8.8.3 Biluð heimæð

Bilaðar heimæðar uppgötvast oft þegar íbúar kvarta um suð í lögnum eða þrýstingsleysi. Öllum kvörtunum þarf að sinna með því að kanna nánar allar aðstæður, þar sem kvartað er, enda getur vatnsveitan hugsanlega verið skaðabótaskyld fyrir því tjóni sem bilun veldur. Yfirleitt er fyrsta mál að finna og kanna inntak. Ef suð heyrir við inntak er byrjað á því að loka fyrir bæði heitt og kalt vatn, því að alltaf heyrir eitthvað suð í heitavatskerfinu. Ef suðið hættir þá er ljóst að bilunin er innandyra, annaðhvort bilaðar lagnir t.d. undir gólfum, sírennsli í klósettkassa, en oft heyrir mjög mikið í þeim, eða einhver var að nota vatn. Ekki skal vanmeta sírennsli í klósettkassa og annað sírennsli innandyra, reynslan sýnir að það getur verið drjúgt.

Ef suðið við inntak hættir ekki, þegar lokað er fyrir, er trúlegt að kaldavatsheimæðin sé biluð. Nú þarf að huga að fleiri upplýsingum. Er kaldavatsheimæðin úr plasti eða járn?

Ef lögnin er úr plasti er trúlegt að bilunin sé skammt undan, því að lekahljóð berst sjaldnast langt eftir plastlögnum. Algengast er að slíkar bilanir verði þar sem plastið tengist húsinu, ýmist vegna rangrar samsetningar málma (sbr. kaflann um rafstrauma), rangra tengistykkja eða áverka vegna sigs við húsvegg.

Ef heimæðin er úr járn getur lekahljóðið borist langt að. Sé lega heimæðarinnar ekki þekkt, þá þarf að sóna hana, þ.e. finna legu hennar og tengistað við götulögn. Alltaf ætti að endurnýja gamlar járnheimæðar frá götu og inn í hús, með lokum og öllu, allt annað er í raun bara “redding” til bráðabirgða. Lekahljóð frá bilun á götulögn, t.d. þverbroti, getur hæglega borist inn í hús eftir járnheimæðum. Erfitt getur þá verið að ákvarða hvar raunverulega er bilað, nema t.d. með hljóðhlustun á yfirborði.

8.8.4 Mælingar með lekaleitartölvu

Við rétt skilyrði geta mælingar með lekaleitartölvu ásamt tilheyrandi hlustunarbúnaði bent á fljótlegan máta á þann stað þar sem bilað er og skiptir þá engu hvort það er bilun á heimæð eða á götulögn. Lekaleitartölvur eru flestar forritaðar fyrir hljóðhraða í nokkrum ólíkum gerðum lagna, t.d. járn, pott, asbest og plast. Það plast sem notað er erlendis getur verið ólíkt því plasti sem notað er hér á landi og því þarf að gæta sín á hljóðhraðanum. Oftast er hægt að forrita í tölvuna eigin hljóðhraða, en það kann að vera töluverð fyrirhöfn að finna rétt gildi. Að auki er lekaleitartölva dýr, kostar 3-4 milljónir króna og þó yfirleitt sé auðvelt að nota hana verður að telja að talsverða reynslu þurfi til að meta allar þær fjölmörgu ólíku aðstæður sem upp koma. Hún hentar því tæplega í litlum vatnsveitum, þar sem verkefni eru af skörnum skammti.

TILVÍSANIR

Water audits and leak location. American Water Works Association, B36, 1990.

Ólafur Pétur Pálsson, Valdimar K. Jónsson og Guðmundur R. Jónsson. Varma- og straumfræðistofa. Verkfræðideild Háskóla Íslands. Júlí 1995. VD-VSS-95003.
Einangrun og mat á heimilisnotkun og lekum hjá Vatnsveitu Reykjavíkur árin 1990-1994.

Korrosion i vattenledningsnät och -installationer. TemaNord 1995:545

Hilmar Sigurðsson
Hnit hf verkfræðistofa

Kaflí 9 Vatnsveituhandbók Samorku

Aðveituæðar og miðlunarmannvirki

Febrúar 2003

Efnisyfirlit

9. Aðveituæðar og miðlunargeymar	3
9.0. Inngangur.....	3
9.1. Aðveituæðar	3
9.1.1. Aðveituæðar á Íslandi.....	3
9.1.2. Hlutverk aðveituæða	3
9.1.3. Æskileg flutningsgeta aðveituæða	4
9.1.4. Efnisval og gerð	6
9.1.4.1. Álag	6
9.1.4.2. Efnisval	7
9.1.4.3. Lega	8
9.1.4.4. Búnaður.....	10
9.1.5. Landréttindi fyrir aðveituæðar	20
9.2. Miðlunargeymar.....	23
9.2.1. Miðlunargeymar á Íslandi.....	23
9.2.2. Hlutverk miðlunargeyma	23
9.2.3. Staðsetning og virkni	24
9.2.4. Helstu kröfur	25
9.2.5. Ákvörðun á stærð miðlunargeyma	27
9.2.5.1. Miðlunargeymum má skipta í fimm mismunandi rými	27
9.2.5.2. Loftrými yfir hæsta vatnsborði.....	27
9.2.5.3. Stærð miðlunarrýmis	27
9.2.5.4. Stærð geymslurýmis fyrir slökkvivatn	29
9.2.5.5. Geymsrými undir lágsta vatnsborði.....	30
9.2.6. Þjónusturými	30
9.2.7. Byggingarefni	31
9.2.7.1. Steinsteypa	31
9.2.7.2. Stál.....	32
9.2.8. Grunnflatarlögun miðlunargeyma og afstaða þeirra til yfirborðs.....	33
9.2.8.1. Grunnflötur.....	33
9.2.8.2. Afstaða miðlunargeyma til jarðaryfirborðs.....	36
9.2.9. Burðarþolsathuganir á steinsteypum miðlunargeymum.....	37
9.2.9.1. Staðlar	37
9.2.9.2. Ákvörðun á steypuþykktum og járnbindingu	37
9.3. Nokkur dæmi um aðveituæðar og miðlunargeyma á Íslandi	39
9.4. Heimildir	47

9. AÐVEITUÆÐAR OG MIÐLUNARGEYMAR

9.0. INNGANGUR

Í þessum kafla Vatnsveituhandbókarinnar er fjallað um tvo hluta vatnsveitna, aðveituæðar og miðlunargeymar. Óhætt er að fullyrða að aðveituæð sé næstmikilvægasti hluti hveirrar vatnsveitu á eftir vatnstökumannvirki og miðlunargeymir sá fjórði mikilvægasti á eftir dreifikerfinu. Í greinum 9.1 hér á eftir er gerð nánari grein fyrir ýmsum þáttum við hönnun og byggingu aðveituæða og í greinum 9.2 er fjallað um sömu þætti í sambandi við miðlunargeyma.

Í grein 9.3 er yfirlit yfir nærri þrjá tugi aðveituæða og 15 miðlunargeyma á Íslandi. Heimildaskrá er í grein 9.4 og er vísað í hana með viðkomandi númeri innan sviga. Einnig er vísað í heimildir í grein 10.8, í kafla nr. 10 um dreifikerfi, með táknum (10.8 – n) þar sem n er númer á heimild í grein 10.8.

9.1. AÐVEITUÆÐAR

9.1.1. AÐVEITUÆÐAR Á ÍSLANDI

Aðveituæð vatnsveitu er leiðsla sem flytur vatn frá vatnstökustað að dreifikerfi. Hún tengist oft mannvirkjum sem skipta henni í tvo eða fleiri hluta, t.d. miðlunargeymi eða geymisleiðslu, hreinsistöð og dælustöð.

Aðveituæðum má skipa í allmarga flokka eftir pípuefni, pípuvídd, leiðslulengd og mannvirkjum, sem tengjast þeim.

Algengast er að aðveituæðar á Íslandi liggi frá vatnstökustað að miðlunargeymi og frá miðlunargeymi að dreifikerfi.

Sjálfstreymi er algengt í aðveituæðum frá uppsprettum en dæluaflstreymi er oftast í aðveituæðum sem tengjast borholum.

9.1.2. HLUTVERK AÐVEITUÆÐA

Algengasta hlutverk aðveituæða á Íslandi er að flytja vatn frá vatnstökustað að miðlunargeymi og frá miðlunargeymi að dreifikerfi.

Í fyrra tilvikinu þarf aðveituæðin að flytja vatnsmagn sem er meðalnotkun að viðbættum meðalleka yfir ákveðið tímabil, t.d. einn sólarhring eða eina viku, en aðveituæð sem tengir miðlunargeymi við dreifikerfi eða vatnstökustað við

dreifikerfi án miðlunargeymis þarf að geta flutt mestu augnabliksnotkun auk leka og er slíkt hámark oft tengt slökkvivatnsnotkun.

9.1.3. ÆSKILEG FLUTNINGSGETA AÐVEITUÆÐA

Minnsta hugsanlega flutningsgeta aðveituæðar er sú sem fullnægir núverandi vatnspörf viðkomandi vatnsveitu, en slík aðveituæð getur aðeins verið hagkvæm þar sem búast má við minnkandi eða óbreyttri vatnspörf á eftirfarandi árum.

Þar sem búast má við vaxandi vatnspörf á þjónustusvæði aðveituæðar er sjálfsagt að velja flutningsgetu hennar þannig að hún fullnægi vatnspörfinni eftir ákveðinn árafjölda, og er það tímabil nefnt hönnunartími æðarinnar.

Við val á pípuvidd og þar með flutningsgetu er leitast við að velja hönnunartíma sem gefur lágsta rekstrarkostnað æðarinnar og er þá hægt að miða við meðaltal árlegs rekstrarkostnaðar yfir allt hönnunartímabilið eða árlegan rekstrarkostnað alls hönnunartímabilsins heimfærðan til núvirðis.

Lengsti hugsanlegi hönnunartími aðveituæðar er endingartími leiðsluefnisins þ.e.a.s. líftími æðarinnar, en mesta afkastageta vatnsbóla getur einnig takmarkað mögulega lengd hans.

Lengd hagstæðasta hönnunartíma aðveituæðar ræðst af ýmsum aðstæðum og er í því sambandi rétt að athuga eftirfarandi þætti:

a. Áætluð aukin vatnspörf

Hér þarf að áætla aukningu (eða minnkun) í vatnsnotkun og vatnsleka og má tengja báða þættina við breytingu á íbúafjölda.

Ekki er ráðlegt að reikna með minni leka en 10-30% af heildarmagni sbr. grein 10.3.1.9.

Mikil árleg aukning á vatnspörf stytir hagkvæmasta hönnunartíma.

b. Endingartími

Hér er átt við þann árafjölda sem talið er hagkvæmt að reka aðveituæðina, með upphaflegu leiðsluefni. Þegar endingartíma lýkur er komið að endurnýjun mannvirkisins.

Endingartíminn er áætlaður til að hægt sé að reikna út afskriftarhlutann í árlegum rekstrarkostnaði.

Lenging endingartíma minnkar árlegan afskriftarkostnað og lengir hagkvæmasta hönnunartíma.

c. Vextir af lánsfé

Hér þarf að reikna með áætluðum meðalvöxtum yfir hönnunartímabilið af vísitölubundnu láni (raunvextir).

Hækkun vaxta stýttir hagkvæmasta hönnunartíma.

d. Munur á stofnkostnaði við að byggja aðveituæð í einum áfanga og tveimur áföngum

Til að hægt sé að bera saman tvo valkosti með mismunandi löngum hönnunartíma er nauðsynlegt að áætla stofnkostnað við hvern áfanga fyrir sig.

Ef um sjálfstreymis aðveituæð er að ræða eru þessir áfangar a.m.k. þrír, þ.e.a.s. fyrri og seinni áfangi í tveggja áfanga uppbyggingu og einnar áfanga aðveituæð.

Þegar dælt er í aðveituæð eru möguleikarnir á afkastaaukningu fleiri, því hægt er að auka flutningsgetu á þrjá vegu, með:

- aflmeiri dælingu,
- viðaukaleiðslu,
- aflmeiri dælingu og viðaukaleiðslu.

Þegar munurinn á stofnkostnaði einnar áfanga og tveggja áfanga uppbyggingar er mikill er hagstæðasti hönnunartíminn lengri en þegar þessi munur er minni.

Dæmi um lengd hagstæðasta hönnunartíma aðveituæða samkvæmt (1).

Pípuvidd > 300 mm

Vextir af lánsfé og árleg aukning vatnsþarfar í meðallagi, 20-25 ár.

Pípuvidd > 300 mm

Háir vextir af lánsfé og mikil árleg aukning vatnsþarfar, 10-15 ár.

Pípuvidd < 300 mm

Pípuvidd sem fullnægir endanlegri vatnspörf fullbyggðs svæðis er sennilega hagkvæmasti kosturinn.

9.1.4. EFNISVAL OG GERÐ

9.1.4.1. Álag

Algengast er að innri þrýstingur ráði nauðsynlegum styrk rörveggja í vatnsleiðslum. Slíkur þrýstingur veldur togspennu í rörvegg sem er

$$\sigma = \frac{p \times r_m}{b} \text{ kg/sm}^2,$$

þar sem p er innri þrýstingur í kg/sm^2 , r_m er rásradius í miðjan rörvegg í sm , þ.e.a.s. $0,5(r_u + r_i)$ og b er þykkt rörveggjar í sm .

Á sama hátt veldur ytri þrýstingur þrýstispennu í rörvegg. Ytri þrýstingur getur komið fyrir með tvennum hætti.

Í fyrsta lagi tiltölulega jafn þrýstingur sem verður þegar leiðslu er sökk í vatn eða þegar undirþrýstingur verður í leiðslu.

Þrýstispenna í rörvegg reiknast hér eins og togspennan í fyrra tilvikinu

$$\sigma = \frac{\Delta p \times r_m}{b} \text{ kg/sm}^2,$$

þar sem Δp er þrýstingsmunur í kg/sm^2 utan og innan rörs.

Undirþrýstingur í leiðslu getur mestur orðið ein loftþyngd eða $1,0 \text{ kg/sm}^2$ og getur komið fyrir þegar leiðsla er tæmd án loftinnstreymis og við þrýstingshögg vegna snöggra rennslisráðabreytinga.

Í öðru lagi fá niðurgrafnar leiðslur á sig ytri þrýsting frá jarðvegspunga og umferð, en þetta álag er ekki jafndreift yfir allan hringferilinn eins og loft- og vatnsþrýstingur. Það er yfirleitt meira að ofan og neðan en til hliðanna, en breytileiki álagsins eftir hringferli leiðslu fer eftir gerð fyllingar og sveigjanleika rörs.

Athugun á burðarþoli röra með síðarnefnda álaginu er nokkru flóknari en við jafndreift álag og vísast í því sambandi í heimildir nr. 10.8-11, 10.8-29, 10.8-30, 10.8-31 og 10.8-32.

Ákvæði um leyfilega þyngd ökutækja á Íslandi eru skráð í reglugerðum nr. 528/1998 og 834/2001.

9.1.4.2. Efnisval

Um val á röraefni í aðveituæðar gildir flest það sama og skráð er í kafla nr. 10 um dreifikerfið, grein 10.4 Leiðsluefni, (13).

Öll röraefni sem þar eru nefnd, járnsteypurör, seigjárnsteypurör, stálrör, asbeiströr, PVC rör, PEH rör og glerrefjastyrkt plaströr, geta komið til greina og það sem er skráð þar um kosti þeirra og galla á í flestum tilvikum við um notkun þeirra í aðveituæðar. Járnsteypurör og asbeiströr koma þó varla til greina og eru ástæður þess skýrðar í greinum 10.4.2 og 10.4.5.

Röraefni sem ekki er notað í dreifikerfi, en kemur vel til greina að nota í aðveituæðar er járnþent steinsteypurör. Þau eru t.d. notuð í verulegan hluta aðveituæðar Orkuveitu Reykjavíkur úr Heiðmörk (Aðalæð I), (12).

Önnur efni sem áður voru mikið notuð í vatnsleiðslur eru múrsteinn og tré.

Margar múrsteinsleiðslur frá tímum Grikkja og Rómverja (aqueduct) eru ótrúlega heillegar í dag eftir 2000 ára líffíma og eru þær varðveittar sem mikilvægar fornminjar og sýningargripir fyrir ferðamenn.

Tréleiðslur voru upphaflega gerðar úr útboruðum trjábolum en seinna voru þær settar saman úr trapisulöguðum tréstöfum sem voru pressaðir saman í hringlaga rör með stálgjörðum og boltum.

Slík rör voru notuð í upphaflega aðfærsluæð rafstöðvarinnar við Elliðaár og var hún endurnýjuð með tréstöfum árið 1978 og er enn í notkun. Vatnsveita Reykjavíkur notaði trérör á upphafsárum sínum frá 1923 og allt fram til ársins 1980, (12).

Aðstæður við lagningu aðveituæða geta verið frábrugðnar þeim sem eru við lagningu dreifikerfa og geta slíkar aðstæður ráðið úrslitum um val á efni.

Sem dæmi má nefna tærandi umhverfi lagna sem lagaðar eru í mýrarjarðveg og mikilvægi tengiröra er meira í dreifikerfi en í aðveituæð.

Þrýstingsaukning og þrýstingsminnkun vegna þrýstingshöggva er algeng í aðveituæðum með dæluafslrennsli en síður í dreifikerfum og getur þurft að taka tillit til þessa með því að velja tiltölulega sterkara efni í aðveituæð en í dreifikerfi.

Algengasti búnaður sem notaður er í aðveituæðar er stopplokar (rennilokar eða spjaldlokar), út- og innloftunarlokar, þrýstiaukningarbúnaður (dælur með stjórnbúnaði), þrýstistjórnlokar, tæmingarlokar, rennislismælar og þrýstingsmælar.

9.1.4.3. Lega

Planlega

Við ákvörðun á legu aðveituæðar í láréttu plani er eðlilegt að athuga fyrst stystu leið milli endapunkta hennar af því sú lega er e.t.v. ódýrust.

Það getur samt verið að önnur lega sé heppilegri og geta ástæður verið mismunandi t.d.:

- óskir landeigenda,
- núverandi eða fyrirhugað skipulag,
- heppilegri hæðarlega leiðslunnar og meira öryggi hennar með því að velja lengri leið.

Stefnubreytingar aðveituæða eru mótaðar á ýmsan hátt. Krappir bogar eru oftast gerðir með sérstökum rörtengjum (beygjutengi, hné, hálfhné) en litlar stefnubreytingar og mjúkar beygjur eru annað hvort gerðar með stefnubreytingum í gúmmihringsþéttum hólktengjum, tengimúffum eða með því að sveigja rör, t.d. PE rör og grönn stálrör.

Hæðarlega

Æskilegt er að leggja aðveituæðar með jöfnum halla milli ákveðinna hallabreytingapunkta svo að öll hæðarlega leiðslunnar verði vel skilgreind.

Athuga þarf að halli í straumstefnu fari ekki yfir ákveðin mörk svo að öruggt sé að loft flytjist með straumnum að næsta útloftunarstað, sbr. línurit í grein 10.5.8.1, (13).

Eins og sjá má á línuritunum er mesti „loftflutningshalli“ í straumstefnu vatnsleiðslu háður pípuvidd og straumhraða og er u.þ.b. 7% eða 70‰ fyrir pípu DN 400 og straumhraða 1,0 m/sek.

Minnsta leiðsludýpt

Leiðsludýpt er oft mæld frá yfirborði niður að rennslisbotni, en þegar talað er um minnstu leiðsludýpt er yfirleitt átt við minnstu þykkt þekjulags eða lóðréttu bilið frá fyllingaryfirborði að rörhvirfli.

Þrjár mismunandi aðstæður geta ráðið vali á minnstu leiðsludýpt við hönnun aðveituæða, *frosthætta*, *hnjaskhætta* og *burðarþol*.

Frosthætta

Til að koma í veg fyrir frostsKemmdir á aðveituæð, eða óþægilega kólnun á vatni, er leiðslan yfirleitt lögð fyrir neðan dýpstu frostmörk, en það kemur líka til greina, þegar um er að ræða víða leiðslu með miklu og stöðugu rennsli, að leggja aðeins hluta af þversniði hennar fyrir neðan þessi mörk, t.d. helming, (1).

Hægt er að áætla hversu langt niður frostið getur náð með því að skoða loft- og jarðvegshitamælingar Veðurstofu Íslands (3) og (4).

Jarðvegshitamælingar í Reykjavík og á Korpúlfsstöðum á 12 ára tímabili 1986-1997 sýna að meðalhitastig mánaðar í 50 sm dýpt hefur aðeins eitt árið farið niður fyrir 0°C. Það ár, 1995, var meðalhitastig mánaðanna, mars, apríl og maí, -0,4°, -0,2° og -0,1°C í 50 sm dýpt á báðum stöðum. Samkvæmt þessu má áætla að frostið hafi aldrei farið niður fyrir 73 sm dýpt á þessu 12 ára tímabili.

Hægt er að áætla hversu langt frost nær niður í jarðveg með formúlu W.L. Shannon, (1),

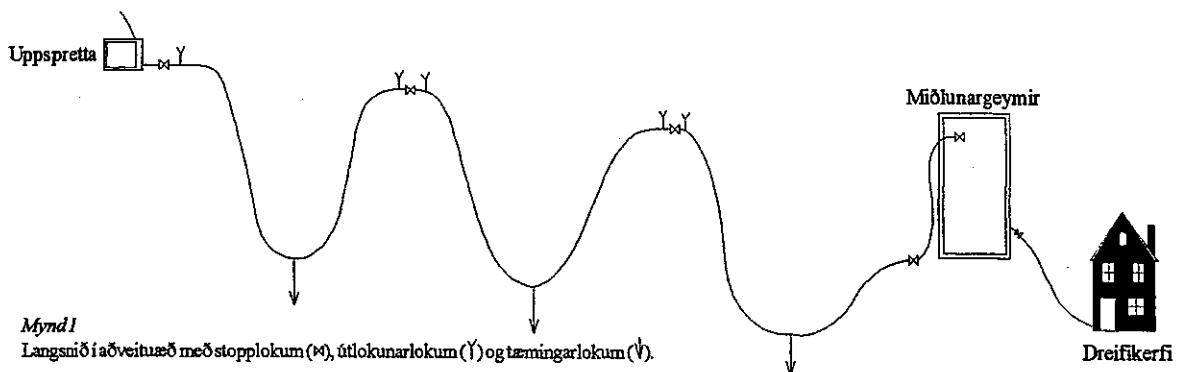
$$d = 5,52 \times F^{0,468}$$

Þar sem d er frostdýpt í sm og F er summa frostgráðudaga (freezing index) viðkomandi tímabils.

Ef frostfrí dýpt við Veðurstofu Íslands (hæð yfir meðalsjávarborð 52 m) telst 120 sm má áætla hana 137 sm við Veðurathugunarstöðina á Akureyri (hæð yfir meðalsjávarborð 23 m), 124 sm efst í Breiðholti og vaxandi um u.þ.b. 7 sm við hverja 100 m sem land hækkar.

Þegar frostöryggi leiðslu er sérstaklega mikilvægt er ráðlegt að taka tillit til varmaleiðni fyllingar og rennslis í leiðslu með því að auka leiðsludýptina við mikla varmaleiðni og lítið rennsli.

Til að fá upplýsingar um varmaleiðni mismunandi jarðvegsefna er bent á rit Rannsóknarstofnunar byggingariðnaðarins nr. 30 „Varmaeinangrun húsa“, bls. 31, (15).



Hnjaskhætta

Niðurgrafnar leiðslur geta orðið fyrir hnjaski við ýmsar framkvæmdir, t.d. við sléttun túna, plægingu garða og gröft fyrir síma- og rafmagnsjarðstrengjum. Yfirleitt nægir að leggja leiðslur fyrir neðan 70-90 sm dýpt til að tryggja þær gegn slíku hnjaski.

Framræsluskurðir eru grafnir mun dýpra en þessu nemur og stundum vel niður fyrir frostdýpt. Það þarf því að reikna með að tekið verði tillit til leiðslu sem þegar hefur verið lögð við slíkar aðstæður, sbr. grein 9.1.5.

Þegar leggja þarf aðveituæð þvert í gegnum fyrirliggjandi framræsluskurð kemur til greina að leggja hana í einangraðan og berandi stokk en annar möguleiki er að rörleggja skurðinn á nægilega löngum kafla til að hægt sé að fylla yfir æðina og tryggja þar með frostöryggi hennar.

Burðarbol

Yfirleitt þarf ekki að gera sérstaka athugun á burðargetu vatnsleiðslna vegna ytra álags af því að nauðsynlegur styrkur þeirra vegna innri vatnsþrýstings tryggir þessa burðargetu.

Það getur þó komið fyrir þegar leiðsla er gerð úr víðum og þunnveggja rörum og fær á sig þungt umferðarálag, að burðargeta hennar vegna ytra álags er ekki nægjanlegt.

Fjórar ráðstafanir koma til greina við slíkar aðstæður, að leggja leiðsluna dýpra til að draga úr áhrifum umferðarálagsins, að velja burðarmeiri rör í viðkomandi leiðslukafla, að leggja berandi plötu sem dreifir álaginu yfir leiðslukaflann og í fjórða lagi að bæta grundun leiðslunnar með því að leggja steinsteypu meðfram henni.

Mati á burðargetu niðurgraffinna röra er vel lýst í heimildum (10.8-30), (10.8-31) og (10.8-32).

9.1.4.4. Búnaður

Algengasti búnaður á aðveituæðum eða í tengslum við þær felur í sér neðanskraða hluti:

- stopploka,
- tæmingarbúnað,
- inn- og útloftunarloka,
- þrýstingsminnkunarbúnað,
- stuðningsklossa og stuðningsstangir,
- rennslis-, þrýstings- og hitamæla,
- búnað til að dempa þrýstingshögg.

Stopplokar

Hlutverk stopploka er að skipta aðveituæðinni í kafla sem teljast hæfilega langir fyrir tæmingu vegna hreinsunar og viðgerða, eða fyrir þrýstingsprófun.

Þeir eru staðsettir á hápunktum leiðslunnar og venjulega þétt við inn- og útloftunarloka, oft milli tveggja loftloka eða sitt hvoru megin við einstakan loftloka.

Hæfileg fjarlægð milli stopploka fer eftir aðstæðum, t.d. mikilvægi leiðslunnar, hæðarlegu hennar og pípuviðd og getur verið á bilinu 200-6000 m.

Algengustu gerðir stopploka eru rennilokar fyrir grennri æðar og spjaldlokar fyrir þær víðari, t.d. DN>400 mm. Við val á heppilegri gerð stopploka þarf að huga að aðstæðum hjá viðkomandi loka, t.d.

- pípuvidd,
- handdrifinn eða mótordrifinn,
- þrýstingur við lokun,
- hreint vatn eða sandblandað,
- væntanleg tíðni lokana og opnana,
- hætta á þrýstingshöggi við lokun,
- mikilvægi þéttar lokunar og mikilvægi snöggrar lokunar sbr. heimild (10.8-12) bls. 249.

Hægt er að fá renniloka sem eru útbúnir með framhjáhlaupi með loka sem er 1/8 -1/4 af vidd aðallokans.

Framhjáhlaupið má nota til að draga úr hugsanlegu þrýstingshöggi við lokun með því að loka framhjáhlaupinu á eftir aðallokanum og það má einnig nota til að draga úr þrýstingsmun við loka með því að opna framhjáhlaupið á undan aðallokanum.

Stopplokunum ásamt inn- og útloftunarlokum er komið fyrir í manngengum brunnnum, sem oftast eru gerðir úr steinsteypu, en léttir brunnar úr plasti eru heppilegir þar sem burðargeta jarðvegs er lítil, t.d. í þykkri mýri.

Þegar stopploki er í fulllokaðri stöðu yfirfærir hann kraft frá vatnsþrýstingi, sem aðliggjandi leiðslu skortir e.t.v. burðargetu til að geta tekið við. Í slíkum tilvikum er nauðsynlegt að setja skástífur milli loka og festu sem getur verið brunnveggur eða botn, þannig að allur krafturinn eða nægilega stór hluti hans yfirfærir til nærliggjandi klappar eða þéttra jarðlaga.

Stopplokar eru oftast handdrifnir, en þeir geta líka verið mótordrifnir og fjarstýrðir.

Tæmingarlokar

Þeim er komið fyrir á lágpunktum leiðslunnar og er hlutverk þeirra að auðvelda tæmingu á leiðslukafla milli tveggja stopploka vegna hreinsunar eða viðgerða.

Vidd tæmingarloka og tæmingarleiðslu fer eftir ásættanlegum tíma við að tæma viðkomandi leiðslukafla og geta verið á bilinu DN32-100 mm.

Þar sem sandburður er í rennsli aðveituæðar er heppilegra að hafa tæmingarloka ívið víðari en annars til að auka útskolunarmöguleika. Í slíkum tilvikum getur komið sér vel að hafa tvo tæmingarloka á sömu tæmingarleiðslunni til að tryggja öruggari lokun, því meiri hætta er á ófullkominni lokun þegar sandur er til staðar, (1).

Æskilegt er að tengja tæmingarleiðslu eins nálægt botni aðveituæðar og mögulegt er, e.t.v. lóðrétt upp í botn hennar, til að greiða fyrir losun á óhreinindum úr æðinni. Hjá Orkuveitu Reykjavíkur eru oft gerðar ráðstafanir til að ná til aðskotahluta og jafnframt afla sýnishorna af óhreinindum í tæmingarvatninu svo að þau nái ekki til neytandans og er vatnið þá t.d. leitt í gegnum síupoka. Markmiðið er m.a. að komast að raun um uppruna óhreinindanna í von um að

geta útilokað þau (borholusandur, bikagnir og fl.) svo að þau nái ekki til neytandans, (12).

Tæmingarlokum er yfirleitt komið fyrir í sérstökum rörbrunnnum og er tæmingarleiðslan lögð að nærliggjandi losunarstað, sem getur verið á, lækur eða gljúpur jarðvegur.

Þar sem enginn losunarstaður er nálægt, og grunnvatnsborð tiltölulega hátt, koma þrír möguleikar til greina:

- a. að sleppa viðkomandi tæmingu,
- b. að tæma í sérstakan vatnsþéttan brunn,
- c. að dæla beint úr tæmingarleiðslu eða úr brunni.

Ekki er talið æskilegt að tengja tæmingarleiðslu við holræsi sem flytur skólþ, en þó kemur það til greina ef enginn annar losunarmöguleiki er til staðar. Við slíkar aðstæður er ráðlegt að tengja ekki beint inn á ræsi en frekar við niðurfallsbrunn með vatnslás.

Inn- og útloftunarlokar

Hægt er að fá loftunarloka sem hleypir lofti aðeins í eina átt og er þá annað hvort útloftunarloki eða innloftunarloki, en algengt er að loftunarloki þjóni báðum hlutverkunum.

Loftunarlokar eru settir á hápunkta aðveituæðar og til greina kemur að setja þá á fleiri staði þar sem langt er á milli hápunkta.

Hlutverk loftunarloka er eftirfarandi:

- að hleypa út lofti við áfyllingu,
- að hleypa inn lofti við tæmingu,
- að hleypa út lofti þegar leiðslan er í rekstri og koma þannig í veg fyrir að loft safnist fyrir og skerði vatnsrennslisþversnið,
- að hleypa inn lofti þegar undirþrýstingur verður í leiðslunni í rekstri, t.d. vegna þrýstingshöggs, og minnka þannig stærð undirþrýstings og álag á rörveggi.

Loftunarlokar geta verið handdrifnir eða sjálfvirkir (sjá myndir í gr. 10.5.8.1 og 10.5.8.2) en aðeins sjálfvirkir lokar duga við að minnka undirþrýsting við þrýstingshögg af því slíkt skeður snögg og óvænt, t.d. við straumrof og dælustöðvun.

Loftunarlokum er yfirleitt komið fyrir í manngengum brunnnum og þarf að tryggja vel frostöryggi þeirra með því að einangra efri hluta brunna og e.t.v. sjálfa lokana líka.

Hæfileg vídd loftunarloka (þvermál í tengingu við aðveituæð) fer eftir aðstæðum, en algeng viðmiðun er, (1):

- við útloftun eingöngu, 1/12 af þvermáli aðveituæðar,
- við innloftun og útloftun, 1/8 af þvermáli aðveituæðar.

Þrýstingsminnkunarbúnaður

Þrýstingsminnkun í aðveituæðum er yfirleitt komið á með sérstökum þrýstingsminnkunarlokum (sjá grein 10.5.5) og eru þeir settir á æðina þar sem óskað er eftir þrýstingslækkun.

Lokinn er stilltur þannig að hann tryggir ákveðinn hámarksþrýsting frárennslis megin við sig.

Tilgangurinn með þrýstingslækkun í aðveituæð er tvenns konar:

- að spara efniskostnað með því að velja burðarminni rör en þau sem nauðsynleg hefðu verið án þrýstingsminnkunar,
- að minnka leka á þrýstingsminnkunarsvæðinu,
- að halda þrýstingi hæfilegum miðað við aðstæður

Þegar nægilegt vatn er til ráðstöfunar og frárennslismöguleiki er til staðar er hægt að lækka þrýsting í aðveituæð með því að tengja við hana yfirrennslisleiðslu með eða án yfirrennslisloka (Vatnsveita Hafnarfjarðar).

Yfirrennslisloki er stillanlegur á hámarks þrýsting aðrennslis megin við lokann.

Nauðsynlegt er að búa um þrýstingsminnkunar- og yfirrennslisloka í manngengum brunnum til að tryggja frostöryggi og aðkomu að þeim.

Þrýstingsaukningarbúnaður

Við vissar aðstæður getur þrýstingsaukning í aðveituæð verið hagkvæm ráðstöfun, t.d. þar sem um er að ræða langa aðveituæð með dæluafslrennslis og þar sem mögulegt er að minnka efniskostnað með minni þrýstingi á hluta leiðarinnar.

Í öðrum tilvikum getur þrýstingsaukning verið nauðsynleg ráðstöfun til að vatnið nái til viðskiptavina vatnsveitunnar með hæfilegum þrýstingi.

Þrýstingsaukning í aðveituæð er útbúin með miðflóttaaflsdælu og sjálfvirkum stjórnbúnaði sem er komið fyrir í sérstöku dæluhúsi eða dælubrunni.

Í kaflanum um dreifikerfi, í grein 10.5.7, er slíku búnaði lýst og er þar vísað í heimild (10.8-28). Við þessa lýsingu má bæta tveimur dæmum um tilurð þrýstingshögg.

Þegar dælt er inni langar leiðslur eru þrýstingshögg atvik sem telja má öruggt að komi fyrir en þau verða þegar rafstraumsrof á sér stað og dælur stöðvast á stuttum tíma.

Við þær aðstæður sveiflast þrýstingur í aðveituæðinni um þann þrýsting sem var ríkjandi fyrir dælustöðvunina, fyrst niður fyrir og því næst upp fyrir og getur stærð sveiflunnar t.d. orðið 11 bör í stálleiðslu og 4 bör í plastleiðslu.

Stærðir þrýstingsssveiflna við þrýstingshögg í aðveituæðum er hægt að reikna samkvæmt formúlu Joukowsky:

$$\Delta h = \pm \frac{\Delta V \times C}{g}$$

Þar sem Δh er þrýstingsbreyting í m.vs., ΔV breyting á rennslis hraða í m/sek, C þrýstingsbylgjuhraði í m/sek í viðkomandi leiðslu og g þyngdarhröðunin 9,81 m/sek².

Hámarksbreyting á þrýstingi verður þegar breyting á rennslis hraða ΔV , tekur skemmri tíma en það tekur þrýstingsbylgjuna að fara fram og til baka eftir aðveituæðinni:

$$T_r = \frac{2L}{C}$$

Ef breytingin á rennslis hraðanum T_v tekur lengri tíma en T_r má búast við þrýstingsbreytingum sem ná hámarki:

$$\Delta h = \pm \frac{\Delta V \times C}{g} \times \frac{T_r}{T_v}$$

Þrýstingshögg geta einnig orðið til við lokun á stopplokka og þarf sérstaklega að passa að lokunartími á mótordrífnum lokum verði ekki of stuttur. Einnig þarf að hafa í huga við handdrifna lokun renniloka að mesta breytingin á rennslis hraðanum verður við síðustu snúningana áður en fulllokað er.

Þrýstingshögg geta enn fremur átt sér stað við fyllingu á leiðslu og geta ástæður verið mismunandi eftir aðstæðum. Þeir þættir sem mestu ráða um stærð þrýstingshögga við áfyllingar, aðrir en leiðsluefnið eru:

- hæðarlega leiðslu og staðsetning loftvasa í henni
- lengd leiðslu
- hraði áfyllingar
- hraði útloftunar

Hugsanlegt er að þrýstingshögg geti orðið mikil þegar fyllt er í leiðslu með dælingu, en til að draga úr stærð þeirra er ráðlegt að hafa áfyllingu hæga og útloftun hæga en örugga að því leyti að öll leiðslan tæmist.

Í heimild (10.8-10b) eru ágætar upplýsingar um þrýstingshögg almennt og einnig um högg sem eiga sér stað við áfyllingu.

Neðanskráð er yfirlit yfir þrýstingsbylgjuhraða í vatnsfylltum rörum DN 500 samkvæmt heimildum (10.8-1) og (10.8-11), du táknað ytra þvermál rörs og s rörveggjarþykkt. Gert er ráð fyrir að lenging leiðslu sé ekki möguleg.

Leiðsluefni	d_a mm	s mm	C m/sek
Stál	508	6,3	1096
Seigjárnsteypa	532	10	1306
Spennt steinsteypa	610	55	1209
Asbest	564	32	1060
PVC	560	26,7	511
PEH – PN10 PE 63 - 100			342
PEM – PN10 PE 80			272

Tafla 1 Þrýstingsbygljubraði í vatnsfylltum rörum DN 500

Mesti þrýstingurinn í aðveituæð með dæluaflostreymi getur orðið meiri en leiðsluefnið þolir og minnsti þrýstingur getur líka verið varasamur, og þá sérstaklega fyrir þunnveggja rör, þegar hann kemst nálægt lágmarki sínu, sem er gufuþrýstingur vökvans, sem um ræðir, (10.8-10b).

Ýmsar ráðstafanir eru mögulegar til að draga úr þrýstingssveiflum og eru helstar þeirra eftirfarandi:

Öryggisloki, sem hleypir vatni út úr leiðslukerfinu og getur dregið verulega úr þrýstingsaukningu.

Loftgeymir, sem er tengdur leiðslukerfinu og dregur verulega úr undir- og yfirþrýstingssveiflum ef hann er nægilega stór og tengileiðsla nægilega við. Hæfileg loftrýmisstærð geymis (við venjulegan rekstrarþrýsting) er talin vera á bilinu 1-2% af heildar rúmmáli aðveituæðar og mælt er með minnstu pípuvidd í tengiröri DN 65-80 mm, (10.8-10b).

Stuðningsklossar (Festur)

Algengt er að aðveituæðar fái á sig mesta innra álag á líftíma sínum við þrýstingsprófun, sem er framkvæmd til að ganga úr skugga um að samskeyti séu nægilega þétt og rörveggir heilir og nægilega sterkir.

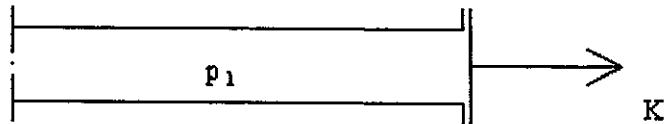
Prófunarþrýstingur er oft hafður 30-50% hærri en nafnþrýstipól röranna (PN) (e.t.v. vinnuþrýstingur) og verður álagið því töluvert hærra en væntanlegur vinnuþrýstingur viðkomandi leiðslu.

Leiðsla með innri þrýstingi p_1 kg/sm² fær á sig niðurstöðukraft eins og lýst er hér fyrir neðan.

a. Lok á leiðsluenda

$$K = p_1 \times F_1 \text{ kg.}$$

þar sem F_1 er innra flatarmál rörs í sm^2 .



Mynd 2
Endalok

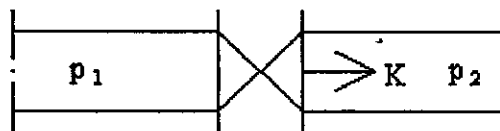
Ef engar ráðstafanir eru gerðar til að styðja við enda rörsins upptekst þessi kraftur af togspenna í rörvegg leiðslunnar.

Hugsanlegt er að leiðslan þoli þetta álag ef hún er gerð úr samsöðnum rörum (PEH, stál) en alls ekki ef hún er sett saman úr hólkrörum (PVC, seigjárnsteypa) eða með lausum hólkum, stunguhólkum (asbest, GRP) og í slíkum tilvikum er nauðsynlegt að útbúa stuðningsbúnað sem yfirfærir þennan kraft í skurðvegg eða skurðbotn.

b. Fulllokaður loki á leiðslu

$$K = (p_1 - p_2)F_1 \text{ kg}$$

Hér er p_1 og p_2 þrýstingur í kg/sm^2 sitt hvoru megin við lokann.



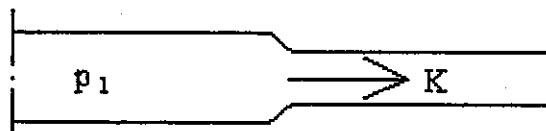
Mynd 3
Loki á leiðslu

Hugsanlegt er að þessi kraftur geti yfirfærst sem togspenna í rörvegg öðrum megin við lokann og þrýstingsspenna hinum megin, en ef slíkt er ekki mögulegt eða ekki talið ráðlegt, er nauðsynlegt að yfirfæra kraftinn í lokabrunnvegg eða gólf.

c. Minnkun á þversniði

$$K = p_1(F_1 - F_2) \text{ kg.}$$

þar sem F_2 er minnkað þversnið í sm^2 .



Mynd 4 Minnkun

d. Stefnubreyting

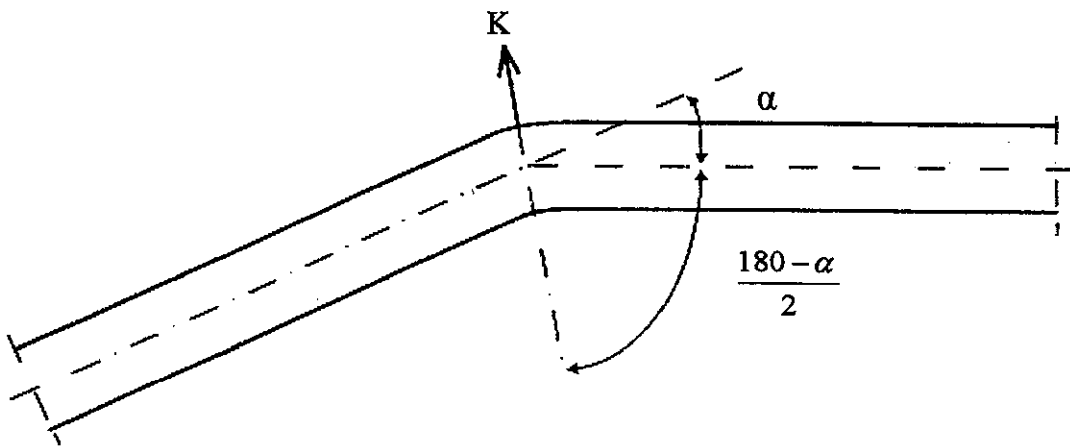
Stefnubreytingar eru ýmist með kröppum beygjum eða víðum.

Þær kröppu eru gerðar með hnétengjum þar sem beyguradiusinn er á bilinu $1 \times d$ – $3 \times d$ en PEH rör eru oft lögð í beygju með radius sem er $30 \times du$ – $50 \times du$.

Álagið á hverja lengdareiningu verður eðlilega mun minna í víðum beygjum en í kröppum og er stærð niðurstöðukraftsins

$$K = 2 \times p_1 \times F_1 \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

og helmingar hann hornið $180 - \alpha$ eins og sýnt er á mynd 5.

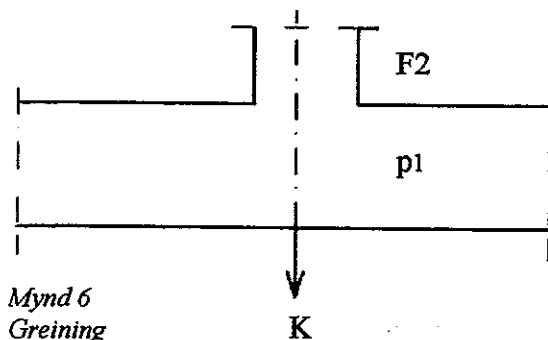


e. Greining (T tengi)

Krafturinn hefur átakspunkt í miðju greiningarleiðslunnar og hefur sömu stefnu og hún.

Stærð hans er: $K = p_1 \times F_2$ kg

þar sem F_2 er flatarmál greiningarleiðslunnar í sm^2 .



Mynd 6
Greining

f. Hallabreytingar

Krafturinn reiknast eins og við láréttar stefnubreytingar

$$K = 2 \times p_1 \times F_1 \times \sin \frac{\alpha}{2}$$

þar sem α er hallabreytingarhornið.

Niðurstöðukrafturinn hefur stefnu upp frá leiðslunni þar sem stefnubreytingin myndar hápunkt og niður í undirfyllinguna þar sem hún myndar lágpunkt.

Yfirleitt þarf ekki að gera neinar ráðstafanir við lágpunkts hallabreytingar af því stífleiki leiðslunnar tryggir að krafturinn dreifist yfir nægilega stóran flöt á yfirborði undirfyllingarinnar.

Við hápunkts hallabreytingar getur hins vegar þurft að gera ráðstafanir, sem felast venjulega í að fergja hallabreytingarbil leiðslunnar.

Eftir að þrýstingsprófun lýkur er þetta farg oftast fjarlægt af því að fyllingin yfir leiðslunni er nægilega þung til að taka við hallabreytingarkraftinum.

Í mörgum tilvikum er hallabreytingin svo litil að þyngd leiðslu og vatns nægir til að vega upp á móti umræddum krafti.

Rennslismælar

Mjög æskilegt er að hafa rennslismæli á aðveituæð þannig að hægt sé að fylgjast með augnabliksrennsli á hverjum tíma og heildar rennslismagni yfir ákveðið tímabil.

Notagildi slíks mælis verður mun meira ef hann er tengdur skráningarbúnaði í stjórnstöð þar sem umsjónarmaður fylgist daglega með rennslinu og öðlast smám saman skilning á hvernig það skiptist í notkun og leka.

Samanburður á minnsta rennsli hverrar nætur er góð vísbending um aukningu eða minnkun á leka.

Rennslismælar eru af ýmsum gerðum og má skipta þeim í fjóra meginflokka (5), rúmmálmæla, þrýstihæðarmæla, hraðamæla og massamæla.

Í flokki hraðamæla eru mikilvægustu mælarnir fyrir vatnsveitutæknina, rellumælar, rafsegulmælar og hljóðbylgjumælar.

Rellumælar eru fyrst og fremst notaðir í húskerfum, en rafsegulmælar og hljóðbylgjumælar eru algengir í dreifikerfum og aðveituæðum.

Einnig kemur til greina að nota venturi mæla, í flokki þrýstihæðarmæla, í aðveituæðar.

Hljóðbylgjumælur eru fánlegir með utánaliggjandi skynjurum og eru færanlegir milli mælingarstaða. Þeir geta því verið árangurríkt tæki við lekaleit.

Gerð	Heiti / framleiðandi	Ath.	Umboðsaðili
Rafsegulmælur	Promag / Endress + Hauser		Sindri hf.
	ABB (Fischer&Porter)		Varmaverk hf.
	Rosemont		Varmaverk hf.
	Krohne		Tækja tækni hf.
	Magflo / Danfoss		Danfoss hf.
Hljóðbylgjumælur	Krohne	Í rörhólki	Tækja Tækni hf.
	Krohne	Utánaliggjandi og færanlegur	
	Panametrics		
	Peek		Kemia sf.
	Portaflow / Micronics		Hans Buch & co. Kaupmannahöfn
	Sonoflo / Danfoss	Í rörhólki	Danfoss hf.

Tafla 2 Dæmi um nokkrar tegundir rennslismæla (ekki tæmandi upptalning)

Æskilegt er að rennslismælum sé komið fyrir í manngengum brunnum sem eru einangraðir og með uppfitun og rakastýringu.

Við tengingu rennslismæla er mikilvægt að farið sé eftir fyrirmælum framleiðanda um lágmarkslengd á ótrufluðu rennsli fyrir og eftir mæli. Skerðing á þessum lengdum við uppsetningu mælis dregur úr nákvæmni rennslismælingarinnar.

Sjá einnig grein 7.4 í kafla nr. 7, Eftirlitskerfi, (14) um rennslismæla.

Einstefnulokar

Einstefnulokar eru hafðir við dælur til að loka fyrir bakrennsli þegar dælur stöðvast. Þeir geta aukið það þrýstingshögg sem verður við stöðvun dælu með því að loka fyrir rennslið, (10.8-10b):

- Of snemma, eða áður en rennslisstefnan snýst (spjaldlokar með mótvægi).
- Of seint eða eftir að bakrennslisraðinn hefur náð hámarki (spjaldlokar sem standa á sér, e.t.v. með ósmurðan ás).

Það er því mikilvægt að einstefnulokar séu valdir þannig að sem minnst aukning verði á þrýstingsveflum við dælustöðvun. Sjá lýsingu á mismunandi gerðum einstefnuloka í gr. 10.5.4.

Flotlokar

Flotlokar eru settir á aðveituæðar þar sem hún endar við innrennsli í miðlunargeymi.

Hlutverk þeirra er að loka fyrir rennsli þegar geymir er fullur.

Þeir eru settir saman úr sætisloka, armi, flotkúlu og mekanisma sem tengir armenda við loka þannig að lokinn lokast við hækkandi vatnsborð og opnast við lækkandi vatnsborð.

Hægt er að ná fram sömu virkni með yfirstreymisloka, sem lokar fyrir rennsli við innstilltan frárennslisþrýsting, óháð breytilegum aðrennslisþrýstingi.

Sama gildir um mótorkoka sem er tengdur stjórnstöð og þrýstings- eða vatnsborðsskynjurum.

Rörbrotslokar

Rörbrotslokar eru stundum settir á aðveituæð sem liggur frá miðlunargeymi að dreifikerfi.

Hlutverk þeirra er að loka fyrir rennsli þegar leiðsla fer í sundur og koma þannig í veg fyrir að miðlunargeymir tæmist og að tjón verði vegna flóðs.

Rörbrotslokar eru settir saman úr spjaldloka, armi með lóði á enda og stjórnbúnaði sem sér um að losa arm þannig að loki lokist þegar rennslisþraði fer yfir innstillt gildi. Einnig er hægt að ná fram sömu virkni með mótordrifnum loka, rennslisþraðaskynjara og stjórnstöð.

Sá rennslisþraði sem valinn er til að framkalla lokun er venjulega 50-100% yfir þeim hraða sem verður við mestu hugsanlegu notkun.

9.1.5. LANDRÉTTINDI FYRIR AÐVEITUÆÐAR

Afla þarf nauðsynlegra réttinda fyrir aðveituæðar sem eru lagðar yfir einkalönd.

Þessi réttindi þurfa að fela í sér legurétt fyrir leiðsluna sem er rétt hærrí en hugsanleg veðsetningarkvöð á landinu og þau þurfa einnig að veita viðkomandi vatnsveitu heimild til að leggja leiðsluna og til aðkomu að henni á öllum tímum til eftirlits og viðhalds.

Svona réttindi fela einnig í sér takmarkanir á notkun landeigandans á landræmu næst leiðslunni og byggjast þær á banni við framkvæmdum sem geta valdið tjóni á leiðslunni eða skert aðkomumöguleika að henni.

Hæfileg breidd á réttindaræmu meðfram leiðslu er 5,0 m, en breiðari ræma er æskileg fyrir víðar leiðslur og djúpt liggjandi, (10.8-8).

Sjálfsgagt er að þinglýsa samkomulagi við landeiganda um réttindi fyrir aðveituæð og er mikilvægt að nákvæm teikning af leiðslunni fylgi með.

Á slíkri teikningu þarf að skilgreina legu leiðslunnar í láréttu plani með uppgefnum hnitum í landskerfinu og hæðarlegu hennar e.t.v. líka.

Í samkomulagi milli landeiganda og leiðslueiganda þarf einnig að nefna skyldur hins síðarnefnda.

Þær felast í að lagfæra þau spjöll sem geta orðið á verðmætum landeigandans, t.d. á ræktun, girðingum, vegum og skurðum og ennfremur að greiða hæfilegar bætur til landeiganda fyrir kvaðir á landi hans og fyrir fjárhagslegt tjón og óhagræði sem framkvæmdir við aðveituæðina kunna að valda honum.

9.2. MIÐLUNARGEYMAR

9.2.1. MIÐLUNARGEYMAR Á ÍSLANDI

Miðlunargeymar á Íslandi eru í langflestum tilvikum byggðir úr járnbentri steinsteypu og staðsettir við jarðaryfirborð eða rétt undir því.

Þeir einkennast fyrst og fremst af lögun sinni og legu í afstöðu til viðkomandi vatnsdreifikerfis og aðveituæðar.

Yfirleitt eru miðlunargeymar nefndir því nafni eða vatnsgeymar eða vatnstankar og hátt staðsettir geymar, hæðargeymar frekar en hágeymar.

Lágt staðsettir geymar, sem nauðsynlegt er að dæla frá má nefna lággeyma og til eru geymar sem eru bæði hæðargeymar og lággeymar af því hæðarlega þeirra skapar nægilegan þrýsting án dælingar fyrir hluta af vatnsveitusvæðinu en ekki fyrir annan hluta.

9.2.2. HLUTVERK MIÐLUNARGEYMA

Helstu hlutverk miðlunargeyma eru eftirfarandi:

- að jafna út sveiflur í vatnsnotkun svo að hægt sé að minnka mesta álag á vatnstökumannvirki, aðveituæð og e.t.v. hreinsistöð,
- að geyma hæfilegan skammt af slökkvivatni,
- að stuðla að jöfnum og hæfilegum þrýstingi í dreifikerfinu,
- að auka öryggi í afgreiðslu á vatni til notenda.

Hið síðastnefnda, að auka öryggi í afgreiðslu á vatni, byggist m.a. á því að miðlunargeymir inniheldur að jafnaði vatnsmagn sem er slökkvivatnsmagnið að viðbættum helmingi af miðlunarmagninu, en það getur verið 10-15% af sólarhringsnotkun á viðkomandi svæði.

Þegar rennsli í aðveituæð stöðvast vegna rafmagnsrofs, dælubilunar eða annarra ástæðna, getur vatnsmagn í geymi dugað notendum í vissan tíma og er lengd hans einkum háð lekamagni í dreifikerfinu og á hvaða tíma sólarhringsins bilunin verður. Hugsanleg lengd er 1-6 klst.

9.2.3. STAÐSETNING OG VIRKNI

Við val á staðsetningu miðlunargeymis eru tvenn sjónarmið höfð í huga, hagkvæmni og rekstraröryggi.

Hátt staðsettur geymir, sem skapar hæfilegan þrýsting í dreifikerfinu veitir yfirleitt mesta rekstraröryggið og hann getur líka verið hagkvæmur, ef hann er ekki of langt frá dreifikerfinu og er byggður á yfirborði jarðar eða nálægt því.

Upphækkaðir geymar, sem eru byggðir á súlum eða veggjum (vatnsturnar) eru líklega sjaldan hagkvæmir á Íslandi vegna mikils kostnaðar sem jarðskjálftaálag á sinn þátt í.

Staðsetning miðlunargeyma í afstöðu til vatnstökustaðar og þjónustusvæða getur í aðalatriðum verið á þrjá vegu.

Þeir geta verið staðsettir sömu megin byggðar og vatnstökustaðurinn, hinum megin byggðar og svo innan byggðarinnar.

Til að auðvelda umfjöllun má nefna þessa geyma frambæjargeyma, bakbæjargeyma og innanbæjargeyma.

Þeir síðastnefndu eru líklega oftast lággeymar, en það fer þó eftir staðháttum, en hinir fyrrnefndu geta verið lággeymar eða hæðargeymar, staðsettir á hæð eða í hlið.

Frambæjargeymir getur verið staðsettur á tvo vegu með tilliti til aðveituæðar. Hann getur verið staðsettur á sjálfri æðinni þannig að allt vatn sem hún flytur fer í gegnum hann og mesta rennsli frá honum er þá jafnt og mesta notkun + leki. Frambæjargeymir getur einnig verið staðsettur í vissri fjarlægð frá aðveituæð og tekur þá aðeins við hluta af því vatni sem hún flytur og lætur tilsvarendi frá sér hluta af mestu notkun + leka á tímabilum þegar vatnsbólín anna ekki þörfinni.

Sama er að segja um innan- og bakbæjargeyma. Þar sem þeir koma fyrir er aðveituæðin tengd beint við dreifikerfi, sem hefur það viðbótarhlutverk að flytja umframvatn í geymana. Þessir geymar taka því aðeins við hluta af því vatni sem aðveituæðin flytur eins og áðurnefndir frambæjargeymar.

Ýmsir þættir hafa áhrif á ákvörðun um staðsetningu miðlunargeyma. Landslag innan byggðar og utan skiptir verulegu máli af því fyrsti valkostur er oftast hæðargeymir og aðrir þættir sem taka þarf tillit til eru skipulag byggðar, áætlun um þróun byggðar, staðsetning vatnsbóla og lega aðveituæðar.

Helstu kostir og gallar mismunandi miðlunargeyma eru eftirfarandi, (6):

Hæðargeymir, byggður við jarðaryfirborð.

Kostir:

- Mikið öryggi í afgreiðslu á vatni.
- Góð nýting við dælingu í geymi.
- Nýting á þrýstingi sem er hugsanlega til staðar.
- Lítill viðhaldskostnaður.
- Ódýrir stækkunarmöguleikar.

Ókostur:

- E.t.v. mikill kostnaður við langa leiðslu og veg ef geymir er staðsettur langt frá dreifikerfi.

Upphækkaður hæðargeymir.

Kostir:

- Mikið öryggi í afgreiðslu á vatni.
- Góð nýting við dælingu í geymi.
- Nýting á þrýstingi sem er hugsanlega til staðar.

Ókostir:

- Mikill stofnkostnaður.
- Dýrir stækkunarmöguleikar.

Lággeymir með viðtengdum dælubúnaði.

Kostir:

- Hóflegur stofnkostnaður.
- Ódýrir stækkunarmöguleikar.
- Með snúningshraðastýrðum dælum er auðvelt að halda hæfilegum þrýstingi í dreifikerfinu.

Ókostir:

- Lítið öryggi í afgreiðslu á vatni við rafmagnsrof, nema sjálfvirk rafstöð sé tengd kerfinu.
- Viðbótarkostnaður við rekstur vegna sérhæfðs starfsfólks og vegna viðhalds.

9.2.4. HELSTU KRÖFUR

Það sem skráð er í þessum kafla er fyrst og fremst byggt á heimild (6).

Æskilegt er að staðsetja miðlunargeyma eins nálægt notkunarþyngdarmiðju þjónustusvæðis og mögulegt er. Þá ætti að byggja úr traustu og vatnspéttu efni sem hefur mikla endingu og lítinn viðhaldskostnað.

Stækkunarmöguleikar skulu vera fyrir hendi.

Vatnsgæði skulu ekki skerðast þótt dvalartími í geymi sé langur og til að tryggja að svo verði skulu eftirfarandi atriði höfð í huga:

- Öll efni sem koma í snertingu við vatn (fúguefni, þekjuefni, mótaolía) skulu þannig gerð að þau gefi ekki frá sér mengandi efni.
- Aðgangsrými að geymum skal þannig gert að útilokað sé að mengun flytjist í vatnið.
- Sömu kröfur eiga við um útloftunarbúnað og þarf sérstaklega að huga að skordýrum, smádýrum og fokóhreinindum í því sambandi.
- Þess skal gætt að sólarljós nái ekki inn í geymi vegna hættu á þörungagróðri.
- Við val á lögun geymis, stærð miðlunarrýmis og staðsetningu aðrennslis- og frárennslisleiðslna skal leitast við að ná fram sem jafnastri endurnýjun vatnsins.

Neðanskráðar kröfur eru settar fram til að auðvelda góðan rekstur geymis:

- Geymir skal samsettur úr tveimur eða fleiri sjálfstæðum geymishólfum til að auðvelda eftirlit og viðhald
- Gott aðgengi skal vera að geymum og góð yfirsýn yfir allt vatnsborð þeirra.
- Sjálfstæðir tæmingarmöguleikar skulu vera fyrir hvert geymishólf og góðir losunarmöguleikar fyrir tæmingar- og yfirfallsvatn.
- Vatnsborðshæðir skulu mældar og skráðar.
- Dyr, gangar og gólf í þjónusturými geymis skulu þannig gerð að auðvelt sé að koma að búnaði til hreingerninga og viðhalds.

Öryggissjónarmið.

- Geymisbygging skal vera svo traust að ógerningur sé fyrir óviðkomandi að komast inn í hana.
- Öll mæligildi sem skipta máli fyrir öruggan rekstur ætti að senda í skráningartæki á vinnustað vatnsveitunnar þar sem er stöðug vakt.
- Þjónusturými vatnsgeyma skulu útbúin með innbrotsviðvörðunarkerfi.

Fegurðarsjónarmið.

Við hönnun vatnsgeyma skal leitast við eftir því sem við verður komið að þeir hafi þökkalegt útlit og passi vel inn í umhverfi sitt.

Hagkvæmnisjónarmið.

Árlegur rekstrarkostnaður geymis skal vera í lágmarki.

9.2.5. ÁKVÖRDUN Á STÆRD MIÐLUNARGEYMA

9.2.5.1. Miðlunargeymum má skipta í fimm mismunandi rými

- Loftrými yfir hæsta vatnsborði.
- Miðlunarrými fyrir daglega vatnsnotkun.
- Geymslurými fyrir eldvarnarvatn.
- Vatnsrými undir lágsta vatnsborði.
- Þjónusturými utan geymis fyrir leiðslur, loka, mæla, stjórn- og fjargæslubúnað, aðkomu og e.t.v. dælubúnað.

Nýtanlegt rúmmál geymis er rúmmálið milli hæsta og lágsta vatnsborðs og getur það verið 80-95% af heildar innra rúmmáli hans.

9.2.5.2. Loftrými yfir hæsta vatnsborði

Minnsta bil milli hæsta vatnsborðs og neðri hliðar þakplötu ræðst af fyrirkomu-lagi aðrennslisleiðslu og yfirfalls.

Ef aðrennslisleiðsla er útbúin með flotloka þarf hann a.m.k. 10 sm bil, en æskilegt er að hafa þetta bil breiðara, 25-50 sm, vegna kröfu um góða yfirsýn yfir allan vatnsflötinn.

Að öðru leyti ræðst stærð rýmis yfir hæsta vatnsborði af lögun þakplötu. Hún er yfirleitt höfð með afrennslishalla að ofan og með stíganda að útloftunarlopi að neðan.

9.2.5.3. Stærð miðlunarrýmis

Við ákvörðun á stærð miðlunarrýmis í vatnsgeymi er venjulega gengið út frá neðanskráðum viðmiðunarstærðum:

- Afkastagetu vatnsbóla og aðveituæðar.
- Núverandi vatnspörf og dreifing hennar á einstaka klukkutíma eins sólarhrings eða einnar viku þegar vatnspörfin er í hámarki.
- Áætluð aukning á vatnspörfinni á hönnunartímabilinu, en lengd þess getur verið á bilinu 5-20 ár og finnst með hagkvæmnisathugun á mismunandi valkostum.

Sjá nánar um hönnunartíma í grein 9.1.3.

Nauðsynlega stærð miðlunarrýmis geymis má finna með því að finna hámark eða lágmark fyrir:

$$R_m = \Sigma(Q_n^p + Q_l^p - Q_a^p)$$

þar sem R_m er rúmmál í m^3 , Q_n^p og Q_l^p mesta vatnsnotkun + leki á miðlunartímabilinu (24 klst. eða ein vika) í m^3 á klukkustund nr. p og Q_a^p er rennsli í aðveituað á sama tíma.

Ef Q_a^p er sjálfrennsli er yfirleitt nógu nákvæmt að reikna með sömu meðalstærð fyrir alla klukkutíma og sama á við um dæluaflrennsli en í því tilviki getur komið til greina að stöðva dætur í ákveðinn tíma á hverjum sólarhring, ef hægt er að fá ódýrara rafmagn með því fyrirkomulagi.

Stundum getur verið erfitt að afla upplýsinga um vatnsnotkunina og hvernig hún dreifist yfir einn sólarhring eða eina viku. Í slíkum tilvikum er hægt að áætla sólarhringsnotkunina (án leka) í lok hönnunartímabilsins og setja því næst stærð miðlunarrýmis 30% af henni, eða:

$$R_m = 0,30 \times \sum_{p=1}^{p=24} Q_n^p \quad (10.8-8)$$

Tvö dæmi um útreikning á nauðsynlegri stærð miðlunarrýmis.

Dæmi A

Stærð miðlunarrýmis ákveðin út frá áætlaðri dreifingu vatnsnotkunar á mesta álagsdegi í lok hönnunartímabils.

Í neðanskráðu yfirliti er gert ráð fyrir mestu sólarhringsnotkun í lok hönnunartímabils og leka sem er jafnt dreifður yfir allan sólahringinn

$$Q_n^{\max} = 1008 m^3 / slhr$$

$$Q_l^{\max} = 240 m^3 / slhr \text{ eða } 10 m^3 / klst$$

Rennsli í aðveituað frá vatnstökustað að dreifikerfi og miðlunargeymi er sett $Q_a = 52 m^3 / klst$ eða $1248 m^3 / slhr = Q_n^{\max} + Q_l^{\max}$

Klst. Nr.	Q_n m ³ /klst	Q_l m ³ /klst	$Q_n + Q_l$ m ³ /klst	Q_a m ³ /klst	$Q_n + Q_l - Q_a$ m ³ /klst	Ath.
1	15	10	25	52	-27	Samanlagt rennsli í geymi = 197 m ³
2	15	10	25	52	-27	
3	15	10	25	52	-27	
4	15	10	25	52	-27	
5	15	10	25	52	-27	
6	20	10	30	52	-22	
7	35	10	45	52	-7	Samfellt rennsli úr geymi = 197 m ³
8	56	10	66	52	+14	
9	56	10	66	52	+14	
10	51	10	61	52	+9	
11	50	10	60	52	+8	
12	50	10	60	52	+8	
13	60	10	70	52	+18	
14	51	10	61	52	+9	
15	51	10	61	52	+9	
16	50	10	60	52	+8	
17	50	10	60	52	+8	
18	60	10	70	52	+18	
19	70	10	80	52	+28	
20	71	10	81	52	+29	
21	56	10	66	52	+14	
22	45	10	55	52	+3	
23	30	10	40	52	-12	
24	21	10	31	52	-21	
Samtals	1008	240	1248	1248	0	

Niðurstaðan úr þessum reikningum er að nauðsynleg stærð miðlunarrýmis er $R_m = 197 \text{ m}^3$

Dæmi B

Stærð miðlunarrýmis ákveðin út frá mestu sólarhringsnotkun.

Ef miðað er við $Q_n^{\max} = 1008 \text{ m}^3/\text{slhr}$ eins og í fyrra dæminu fæst

$$R_m = 0,30 \times 1008 = 302 \text{ m}^3$$

9.2.5.4. Stærð geymslurýmis fyrir slökkvivatn

Engar ákveðnar lögbundnar reglur eru til um hversu mikið slökkvivatn skuli vera tiltækt hverju sinni og verður því að áætla þessa stærð í samráði við viðkomandi slökkviliðsstjóra og Brunamálastofnun.

Til greina kemur að nota „sænsku reglurnar“ eins og lýst er í grein 10.3.1.8, en líklega er heppilegra að styðjast við heimildir (10) og (2) og finna mestu slökkvivatnspörf einstakrar byggingar út frá:

- stærðum brunahólfa,
- áhættuflokkum,
- byggingarefni húsa,
- uppsettum eldvarnakerfum,
- fjarlægðum milli húsa,
- viðbragðstíma slökkviliðs.

Heildarslökkvivatnspörf alls þjónustusvæðis miðlunargeymis er hugsanlega ekki meiri en sú mesta fyrir eina byggingu, en ef svo er má áætla hana út frá formúlu í grein 10.3.1.8.

Eftir að mesta eldvarnavatnspörf ($q_{eldv.}^{max} + \text{varandi}$) hefur verið fundin, er hægt að ákveða nauðsynlegt rúmmál fyrir slökkvivatn í geymi, $R_{eldv.}$, út frá

$$R_{eldv.} = (Q_n + Q_l + Q_{eldv.} - Q_a) \times T$$

þar sem $R_{eldv.}$ er í m^3 , Q_n vatnsnotkun í m^3/sek , Q_l leki í m^3/sek , $Q_{eldv.}$ slökkvivatnsnotkun í m^3/sek , Q_a rennsli í aðveituað í m^3/sek og T æskilegur varandi slökkvivatns í klst.

Við val á gildi á Q_n er eðlilegt að miða við meðalnotkun í lok hönnunartímabils.

9.2.5.5. Geymisrými undir lægsta vatnsborði

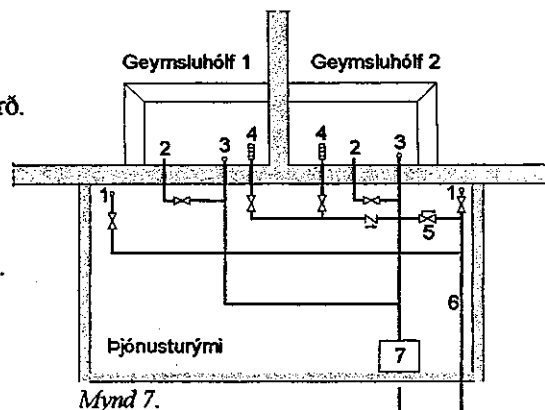
Lægsta vatnsborð í geymi er varla haft neðar en 5-10 sm yfir efsta hluta gólfs. Halli á gólfi og stærð frárennslispróar eru ráðandi um stærð ónýtanlegs geymisrýmis undir lægsta vatnsborði.

9.2.6. ÞJÓNUSTURÝMI

Þjónusturými er nauðsynlegur hluti miðlunargeyma og er hlutverk þess að hýsa leiðslur og búnað sem eru nauðsynleg fyrir rekstur geymisins.

Skýringar við mynd nr. 7

1. Aðrennslisleiðsla með flotloka við efsta vatnsborð.
2. Tæmingarleiðsla.
3. Yfirfallsleiðsla.
4. Frárennslisleiðsla, e.t.v. með síubelg.
5. Hugsanlegur rörbrotsloki.
6. Sameiginleg leiðsla fyrir rennsli að og frá geymi.
7. Frárennslispró.



Mynd 7.
Leiðslur og lokar í þjónusturými

Eftirfarandi upptalning á leiðslum og búnaði, sem tengist miðlunargeymum er ekki tæmandi og sumt af því sem skráð er á alls ekki við um alla geyma:

- að- og frárennslisleiðslur með tilheyrandi lokum,
- tæmingar- og yfirfallsleiðslur með tilheyrandi lokum,
- rennismælar,
- vatnsborðshæðarmælar,
- fjargæslubúnaður
- þrýstingsaukningardælustöð með tilheyrandi rafbúnaði, stjórnubúnaði og e.t.v. neyðarráfstöð,
- upphitun,
- loftræsing,
- lýsing.

Stundum eru þjónusturými hönnuð þannig að þau feli í sér aðkomuleið að sjálfum miðlunargeyminum til eftirlits og viðhalds. Við slíkt fyrirkomulag skal þess gætt að sólarljós nái ekki að skína inn í geyminn vegna hættu á þörungagróðri

9.2.7. BYGGINGAREFNI

Eins og áður er nefnt er járnþent steinsteypa langalgengasta byggingarefnið í miðlunargeymum á Íslandi, en stál er einnig notað í einhverjum mæli, t.d. í Keflavík og á Akranesi.

Ýmis efni eru notuð í tengslum við þessi tvö aðalbyggingarefni, t.d. plastefni í fúgur og klæðningar og sements- eða tjörubundin áburðarefni.

Öll efni sem koma í snertingu við vatn þurfa að fullnægja kröfum heilbrigðis- yfirvalda um að láta ekki frá sér mengandi efni.

9.2.7.1. Steinsteypa

Mikilvægustu eiginleikar steinsteypu sem nota á í vatnsgeyma eru styrkur, ending, veðrunarþol og vatnspéttleiki. Ekki ætti að nota veikari steypu en C 30/37 samkvæmt ENV 206-1990 og vatns/sements hlutfall $\leq 0,5$. Steypa telst vatnspétt ef blotnun hennar nær ekki dýpra en 5 sm samkvæmt ISO 7031. Það er hagstætt fyrir vatnspéttleika steinsteypu að hafa vatns/sements hlutfallið lágt og nota hægðharðnandi sement frekar en hraðharðnandi.

Sement í steinsteypu vatnsgeyma skal vera í háum styrkleikafloki og fullnægja kröfum samkvæmt EN197. Hagstætt er að nota sement með lítilli varmamyndun við vatnsblöndun, (6).

Fylliefni (möl og sandur) skulu vera hrein og án skaðlegra efna sem geta rýrt gæði steypunnar eða tært bendistál. Þau skulu fullnægja kröfum FS ENV 206 og ÍST 10.

Ef vatn sem nota á í steinsteypu er drykkjarhæft samkvæmt viðurkenndum stöðlum eru gæði þess talin fullnægjandi fyrir steinsteypu, (6).

Um bendistál sem nota á í steinsteypu vatnsgeyma gilda sömu kröfur og fyrir önnur mannvirki. Gæði stálsins skal vera í samræmi við viðurkennda staðla t.d. ÍST 10.

Ýmis iblöndunarefni eru notuð til að bæta eiginleika óharðnaðrar eða harðnaðrar steypu. Ráðlagt er að nota þessi efni með varúð því að þótt þau bæti einn eiginleika steypunnar geta þau rýrt aðra, (6).

9.2.7.2. Stál

Stál hefur ýmsa kosti fram yfir steinsteypu sem aðalbyggingarefni í vatnsgeymum, t.d.

- Auðveldara að forsmíða geymishluta á verkstæði eða í verksmiðju og samsetning á byggingarstað getur tekið stuttan tíma.
- Stál er vatnspéttara efni en steinsteypa og sérstaklega þar sem er mikill þrýstingur.
- Stál er léttara byggingarefni en steinsteypa, bæði með tilliti til tog- og þrýstistyrkleika, en þeir eiginleikar stálsins eru einkum hagstæðir í upphækkuðum geymum þar sem jarðskjálftaálag er mikið.

Gallar stálsins eru hins vegar:

- Stál skemmist hratt vegna tæringar nema það sé vandlega varið og málað reglulega.
- Stál er ekki heppilegt byggingarefni þar sem geymir er byggður undir yfirborði jarðar eða þar sem fyllt er að geymi sem stendur á yfirborði. Ástæðan er hættan á að tæringarvarnarlag utan á geymi skemmist þegar fyllt er að honum og einnig er skortur á aðkomumöguleika til að fylgjast með hugsanlegri byrjun á tæringu.

Í heimild (10.8-12) er mælt með að nota koparblandað stál í vatnsgeyma ($\text{Cu} \geq 0,2\%$). Ýmsar gerðir forsmíðaðra geymiseininga eru á markaðnum.

Forsmíðaðar geymiseiningar

PFT á Englandi framleiðir ferhyrnda fleka, $0,5 \times 1,0$ m eða $1,0 \times 1,0$ m, úr stáli og eru þeir ryðvarðir með glertrefjastyrktri plasthúð og boltaðir saman í geyma sem geta verið allt að 2000 m^3 að stærð.

Annar framleiðandi, Pioneer Water Tanks í Ástralíu, framleiðir hringlaga geyma úr stáleiningum og eru þeir klæddir að innan með PEH dúk til þéttingar og ryðvarnar. Stærð þeirra getur verið allt að 1200 m³.

Þriðji framleiðandinn, A.O. Smith í Bandaríkjunum framleiðir tvær gerðir af hringlaga stálgeymum og eru þeir byggðir úr einingum sem eru festar saman með boltum. Önnur tegundin er nefnd Aquastore og eru þeir geymar ryðvarðir með glerhúð að innan (glass-fused-to-steel). Hin tegundin nefnist Peabody Tec Tank og er ryðvarin með epoxy málningu.

Ryðvarnarefni

Í heimild (11) „Innenbeschichtung und Auskleidung von Stahlbehältern in Wasserwerken“ eru ráðleggingar um val á ryðvarnarefnum fyrir stálgeyma.

9.2.8. GRUNNFLATARLÖGUN MIÐLUNARGEYMA OG AFSTAÐA ÞEIRRA TIL YFIRBORÐS

9.2.8.1. Grunnflötur

Grunnflötur miðlunargeyma er oftast rétthyrndur, hringlaga eða marghyrndur, en sú lögun sem valin er hverju sinni ræðst af ýmsum aðstæðum og sjónarmiðum. Hagkvæmnin þ.e.a.s. lágmarks stofnkostnaður er e.t.v. oftast ráðandi, a.m.k. við geyma sem eru huldir jarðvegi.

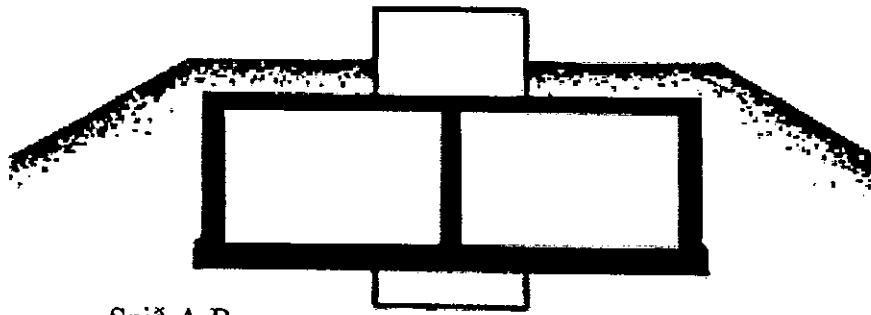
Við hönnun geyma sem eru sýnilegir að stórum hluta ræður fegurðarsjónarmið væntanlega miklu um lögun þeirra.

Önnur sjónarmið við val á lögun geymis geta tengst rennslisfræði og heilnæmi og miða að góðri endurnýjun á vatninu.

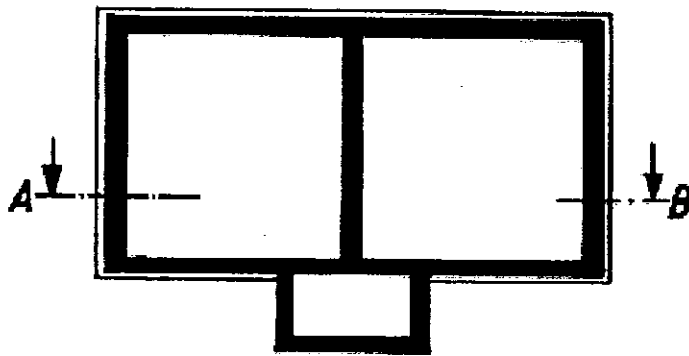
Mjög æskilegt er að hafa geyma a.m.k. tveggja hólfa og þannig að hægt sé að loka fyrir og tæma annað hólfið vegna eftirlits og viðhalds meðan hitt er í fullkomnum rekstri. Þetta sjónarmið getur vegið þungt í vali á lögun geyma og þjónusturýma sem er e.t.v. ætlað að þjóna tveimur til fjórum geymishólfum þar sem eitt er byggt í byrjun og eitt til þrjú síðar.

Aðstæður á byggingarstað geymis skipta miklu máli fyrir ákvörðun um lögun hans og má í því sambandi nefna hæðarlegu yfirborðs og klappar og lögun lóðar.

Hér fyrir neðan eru sýndar myndir af tveimur gerðum miðlunargeyma.



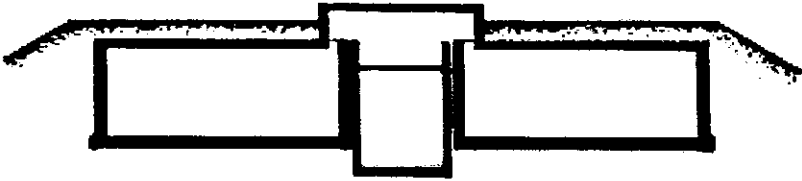
Snið A-B



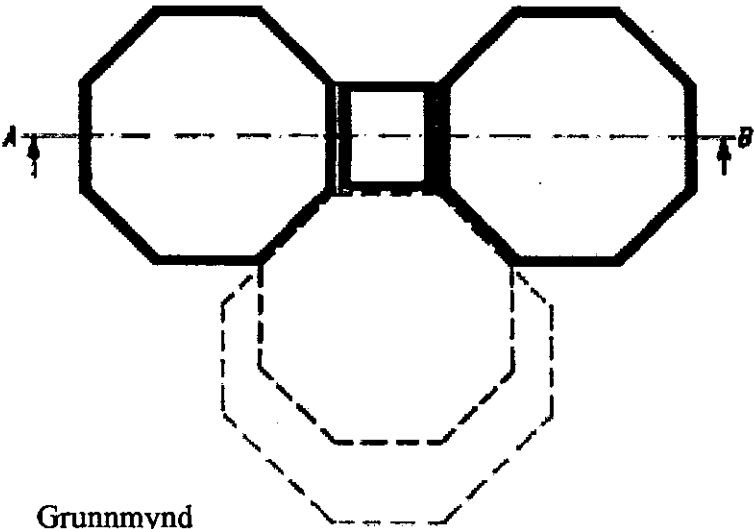
Grunnmynd

Mynd 8

Tveggja hólfa miðlunargeymir með rétthyrnings lögun og þjónusturými. Aðkoma að geymsluhólfum frá efri hæð þjónusturýmis, (6).



Snið A-B



Grunnmynd

Mynd 9
Tveggja hólfa miðlunargeymir með gleraugna lögum.
Þjónusturýmið er staðsett milli hólfa og stækkunarmöguleikar eru sýndir með brotnum línum. Aðkomumöguleikar eru að geymishólfum frá efri hæð þjónusturýmis, (6).

9.2.8.2. Afstaða miðlunargeyma til jarðaryfirborðs

Hér er um að ræða þrjú mismunandi tilvik, sem eru:

- geymir án jarðvegsfyllingar að veggjum,
- geymir með jarðvegsfyllingu að veggjum,
- geymir með jarðvegsfyllingu að veggjum og yfir þaki.

Síðastnefnda fyrirkomulagið er best af því einangrandi áhrif jarðvegsfyllingarinnar draga úr óæskilegum hitasveiflum í vatninu.

Það er þó ekki hægt að fullyrða að nauðsynlegt sé að einangra allt yfirborð miðlunargeyma á Íslandi. Nauðsyn þess þarf að meta í hvert sinn út frá hitastigi vatnsins í köldu veðri og endurnýjunarhraða í miðlunargeymi.

Mjög kalt vatn í vatnsgeymi er ekki æskilegt af ýmsum ástæðum. Vatn sem er kaldara en 4°C er talið óholt fyrir slímhimnu magans og vatn sem frýs getur valdið tjóni á geymisveggjum. Þá má nefna þriðja ókostinn sem er að kalt vatn hefur meiri seigju en það sem heitara er og rennur því hægar. Slikt ástand getur verið bagalegt við mikla vatnsnotkun og sérstaklega þar sem aðveituæð frá geymi að dreifikerfi er löng.

Einangrun miðlunargeyma með lausum jarðvegi hefur reynst vel á Íslandi. Einn ókostur fylgir þó því fyrirkomulagi og er hann sá að aðgengi að ytri flötum geyma, til eftirlits og viðhalds, torveldast. Það er því mikilvægt að gerðar séu ráðstafanir til að draga úr líkum á að rigningarvatn tæri þessa fleti.

Hægt er að styrkja tæringarmótstöðu steinsteypra flata með ýmsum efnum sem borin eru á og einnig er hægt að hylja fleti með vatnspéttri húð, t.d. úr plastdúk eða biki. Sjálfsagt er einnig að stytta snertitíma rigningar og ytri flata geyma með því að skapa góða frárennismöguleika. Þeir fást með því að setja malardrenlög næst flötum og góðan halla á þakfleti.

Einnig kemur til greina að klæða vegg og þök geyma með hefðbundinni varmaeinangrun og vatnspéttum plötum. Með því er hitastigi vatnsins haldið stöðugu og tærandi áhrif rigningarvatnsins ná ekki inn að steypufirborði. Slik lausn var valið við Selásgeymi Orkuveitu Reykjavíkur, (12).

9.2.9. BURÐARÞOLSATHUGANIR Á STEINSTEYPTUM MIÐLUNARGEYMUM

9.2.9.1. Staðlar

Núna þegar þetta er skrifað er millibilsástand í staðlamálum varðandi burðarþolsathuganir á Íslandi. Gildandi staðlar eru tvenns konar, annars vegar danskir staðlar ásamt íslenskum sérákvæðum og hins vegar evrópskir forstaðlar með íslenskum þjóðarskjölum.

Þessu er nánar lýst í neðanskráðum greinum nr. 10, 11, 12 og 13 í reglugerð nr. 425 frá 5. júní 2002, en hún felur í sér breytingar á gildandi Byggingarreglugerð nr. 441/1998.

10. gr.

Grein 126.2 gr. orðast svo:

Um hönnun og útreikninga á burðarvirkjum gilda íslenskir þolhönnunarstaðlar. Annars vegar er heimilt að nota staðla sem byggja á dönsku þolhönnunarstöðlunum með íslenskum sérákvæðum og hins vegar evrópsku forstaðlana um þolhönnun ásamt íslenskum þjóðarskjölum en þá aðeins þegar þau hafa verið gefin út. Einungis má nota annað staðlasettið við hönnun hvers mannvirkis.

11. gr.

Gr. 129.1 orðast svo:

Um timbur og festingar sem nota á í burðarvirki gilda íslenskir þolhönnunarstaðlar, sbr. gr. 126.2. Jafnframt gilda INSTA 142 „Norrænar reglur um styrkleikaflokkun timburs“ og NTR skjal nr. 1:1998 „Norrænir gagnvarnar-flokkar“ (NTR Dokument nr. 1:1998 Nordiske træbeskyttelsesklasser).

12. gr.

Grein 130.1 orðast svo:

Um stál, stálvirki, ál og álvirki gilda íslenskir þolhönnunarstaðlar, sbr. gr. 126.2.

13. gr.

Grein 131.1 orðast svo:

Um sement, steinsteypu og steinsteypuvirki gilda íslenskir þolhönnunarstaðlar, sbr. gr. 126.2. Jafnframt gilda staðlarnir ÍST EN 197-1, ÍST EN 206 og ákvæði um niðurlögn steypu í staðlinum ÍST 10:1971 um niðurlögn steinsteypu.

9.2.9.2. Ákvörðun á steypuþykktum og járnþendingu

Til að tryggja endingargóð mannvirki er mikilvægt að sprunguviddum í steypunni sé haldið innan ákveðinna marka. Til þess að svo geti verið er nauðsynlegt að velja grannar stálstengur í þendinguna og hafa stálsþennur lágur. Við ákvörðun á sniðkröftum skal reikna með ytra álagi og álagi sem skapar þvingunarsniðkrafta.

Ytra álag felur í sér eftirfarandi þætti:

Eiginþunga, geymisvatn, grunnvatn, jarðfyllingu á hliðum og á þaki, umferð, snjó, jarðskjálfta og e.t.v. vind.

Álag sem veldur þvingunarkröftum er hitastigsmunur að innan og utan, skrið og rýrnun steypunnar og hugsanlegt sig undirstöðuflatar.

Talið er að steinsteypur hluti vatnsgeyma sé nægilega vatnsþéttur ef sprungvídd er hvergi meiri en 0,1 mm, (6).

9.3. NOKKUR DÆMI UM AÐVEITUÆÐAR OG MIÐLUNARGEYMA HJÁ VATNSVEITUM Á ÍSLANDI

Aðveituæðar

Vatnsveituhandbók Samorku–Kafli 9–Aðveituæðar og miðlunarmannvirki–Febrúar 2003

Vatnsveita	Nr.	Frá	Að	Bygg- ingar- ár	Pípu- vidd mm DN	Pípuferi	Lengd m	Streymi		Búnaður
								Sjálf- streymi	Dælu- af- streymi	
Blönduóss	1	Miðlunargeymi Breiðavaði	Efstubraut 2	1986	250	PEH	1800	X	X	Stopplokar, tæmingarlokar, fjartengdir rennislismæljar og þrýstiskynjari
Dalvíkur	1	Dælustöð á Bakkaeyrum við Svarfárdalsá	Miðlunargeymi að Upsun, Dalvík	1987	300	PEH	12800		X	Dælur (4) ásamt fjárstýrðum stjórnbúnaði, mælir ásamt tilheyrandi einstefnlokum og stopplokum
	2	Uppsprettum í landi Brattavalla, Árskógsströnd	Miðlunargeymi að Brinnesborgum, Árskógsströnd	1971	100	PEH	3500	X		Stopplokar
Garðabæjar	1	Tveimur borholum í Dýjakrókum við Vífilsstaðavatn	Dreifikerfi í Sunnuflöt	1962	250	Stál	2150		X	Stopplokar, tæmingarlokar, fjartengdir rennislismæljar og þrýstiskynjari
Gerðahrepps	1	Borholu í Miðnesheiði	Miðlunargeymi í Miðnesheiði	1990	200	PEH-PN6	22		X	Stopplokar, tæmingarlokar og þrýstingsminkunarloki við geymi
	2	Miðlunargeymi í Miðnesheiði	Dreifikerfi við Garðabraut	1977	300	PEH-PN6	1283		X	Dælur, einstefnlokar, stopplokar og loffgeymir
Grindavíkur- bæjar	1	Dælustöð í Svartsengi	Rennislismælisbrunni við Víkurbraut	1982	250	PEH-PN6	390		X	Stopplokar, tæmingarlokar og inn- og útlöftunarlokar
					250	Asbest	1167			
					350	Asbest	1421			
2	Rennislismælisbrunni við Víkurveg	Dreifikerfi við Víkurbraut	1955	200	Asbest	2830		X		

Aðveituæðar

Vatnsveituhandbók Samorku–Kafli 9–Aðveituæðar og miðlunarmannvirki–Febrúar 2003

Vatnsveita	Nr.	Frá	Að	Byggingarár	Pípuvídd mm DN	Pípufni	Lengd m	Streymi		Búnaður
								Sjálfstreymi	Dæluafstreymi	
Grundartanga	1	Uppsprettum í landi Tungu undir Hafnarfalli	Aðveituæð 2	1978	250	PEH-PN6	4989	X		Stopplokar, einstefnuloki, út- og innloftunarlokar og tæmingarlokar
							4138			
Hafnarfjarðar	2	Miðlunargeymi í landi Klafstaða	Dreifikerfi 4 verksmiðjuúð	1978	300	PEH-PN10	679	X		Einstefnuloki, stopplokar, rörbrotsloki, rennismælir (fjartengdur) og fjárstýrður spjaldloki
	1	Kaldárbotnum	Stjórnstöð	1994	500/400	PEH	500	X	X	Sérbögn frá hverri borholu, sem eru 5. Þrjár eru búnar lágþrýstum dælum og er sjálfrennsli í gegnum þær. Tvær vinnsluholur eru eingöngu sjálfrennslisloklar
	2	Kaldárbotnum		1994	700	Seigjámsteypurör (ductil)	150	X	X	Einstefnuloki, handvirkir lokar, rennismælir (fjartengdur) og fjárstýrðir spjaldlokar ofl.
Rangárbings ytra á Helli	3	Kaldárbotnum	Dreifikerfi	1950	450/400	Stál	6500	X	X	Útloftunarlokar
	1	Uppsprettum í landi Hellsuvaðs	Safnbrunni	1956	125	PEH	370	X		Einstefnuloki og stopploki
	2	Uppsprettu við Rangá	Safnbrunni	1976	125	PEH	1857	X		Einstefnuloki og stopploki
Kópavogur	3	Dælustöð við safnbrunn	Miðlunargeymi við Freyvang	1981	125	PEH-PN6	450		X	Stopplokar, dælur, einstefnulokar, tæmingarloki og þrýstingsminnkunarloki við geymi
	1	Frá Orkuveitu Reykjavíkur við Blesugróf	Birkigrund	2002	400	PEH PN 10	2200	X		Stopplokar

Aðveituæðar

Vatnsveituhandbók Samorku–Kafli 9–Aðveituæðar og miðlunarmannvirki–Febrúar 2003

Vatnsveita	Nr.	Frá	Að	Bygg- ingar- ár	Pipa- vidd mm DN	Pípu- efni	Lengd m	Streyml		Búnaður
								Sjálf- streymi	Dælu- afl- streymi	
	2	Frá Orkuveitu Reykjavíkur við Blesugróf	Lækjasmára	1998	300	PEH PN 10	2360	X		Stopplokar
Neskaupsstaðar	1	Dælustöð við Norðfjarðará	Ingunnarveitu	1979	250	PEH	4000		X	
	2	Ingunnarveitu	Vatnsgeymi v/Bíómsturvell	1967	250	Asbest	3750		X	
	3	Dælustöð í Faundal	Dælustöð við Norðfjarðará	2002	400	PEH	5000	X	X	Nýtt vatnstökusvæði við Faundal
Siglufjarðar	1	Vatnsbóli	Dæluhúsi	2000	300	PEH	2100	X		
	2	Dæluhúsi	Vatnsgeymi v/Höfn	1997	300	PEH	1500		X	
Skagafjarðar	1	Lindum og borholum v/ Veðramót “ og Skarðsdal	Að vatnsgeymi á Gránumóum Sauðárkróki	1973 1973 1973 1994	100-200 200 200 100-125	Asbest PEH Ductil PEH	3500 1000 600 1000	X X X X		Afprýstibrunnar, stopplokar, rennslis-, hita-, leiðni og þrýstímælur í lokahúsi.
	2	Lindum í Molduxa- og Sandskarði	Að vatnsgeymi ofan Hlíðahverfis Sauðárkróki	1980 og 1984	100-125 100-125	PEH PEH	4200 3300	X X		Afprýstibrunnar, stopplokar, rennslis-, hita-, leiðni og þrýstímælur í lokahúsi.
	3	Stíflu í Sauða	Að vatnshúsi (sandsúu) Sauðárkróki	1950	200	PEH	300	X		Loka við stíflu og stopploki við vatnshús.
	4	Lind í landi Íbishiðs v/ Sæmundará	Að vatnsgeymi í landi Brekku, fyrir Varmahljó.	1984	80-100	PEH	3300	1/2	1/2	Dælustöð við lind sem dællir eftir þörfum. (að hluta sjálfrennsli)

Aðveituæðar

Vatnsveituhandbók Samorku-Kaflí 9-Aðveituæðar og miðlunarmannvirki-Febrúar 2003

Vatnsveita	Nr.	Frá	Að	Byggingarár	Pípuvidd mm DN	Pípuefni	Lengd m	Streymi		Búnaður
								Sjálfstreymi	Dæluafstreymi	
	5	Lind í landi Álfgeirsvalla	Að vatnsgeymi v/Skiðastaði fyrir Steinsstaði	1990	50-80	PEH	8500	X		Stopploki við safnbrunn við lindir og við vatnsgeymi Skiðastöðum.
	6	Lind í landi Engihliðar	Að vatnsgeymi í landi Engihliðar fyrir Hofsó	1978	2 x 80	PEH	2 x 800	X		Stopploki við safnbrunn við lind og í lokahúsi ásamt, rennslis-, hita og þrýstímæli.
Skilmanna- hrepps	1	Aðveituæð Járblendiwerk-smiðjunnar á Grundartanga	Dreifikerfi í Hagamei	1992	125	PEH-PN6	3604	X		Stopplokar, inn- og útlöfnar-lokar og tæmingarlokar
Vestmannaeyjar	1	Lind Syðstu Mörk, undir Eyjaflöllum	Dæluhúsi Krossandi	1964-1968	250	Asbest	20000	X	X	Stopplokar, þruggislokar, útlöft un, þrýstímælar
	2	Dæluhúsi Krossandi	Inntakshúsi Skansi Heimaey	1968 & 1971	125 & 170	Plast PE, PVC, Zinkaða r stálpötur, stálþræðir, léreft og asfalt	13000	X	X	Óryggislokar, lokar, þrýstímælar
Þorlákshafnar	3	Inntakshúsi Heimaey	Vatnsgeymum Löngulág og Hrafnaklettum	1964-1968	200-250	Asbest-PE	2000	X	X	Stopplokar
		Borholu um 1 km vestan við bæinn	Dreifikerfi	1976	200	PEH	1000		X	Dæling frá borholu
Þórshafnar	1	Uppsprettu við Gunnólfsvikurfjall	Miðlunartanki við Strandaveg	1987	125/150	PEH	12000	X		

Vatnsgeymar

Vatnsveituhandbók Samorku–Kafli 9–Aðveituæðar og miðlunarmannvirki–Febrúar 2003

Vatnsveita	Nr.	Byggingar- efni	Stærð m ³	Byggingarár	Lögum grunnflatar	Staðsetning I		Staðsetning II		Staðsetning III			Búnaður
						Staðarheiti	Útan dreifi- kerfis	Innan dreifi- kerfis	Undir- jarðar yfir- borði	Víð- jarðar yfir- borð	Á súl- um		
Blönduöss	1	Járnbent steinsteypa	998	1986	Hringlaga	Breiðavað	X		X				Tölvustýrt aðrennslisdæling
Dalvíkur	1	Járnbent steinsteypa	1000	1991	Ferhyrnd	Upsum, Dalvík		X					Vatnshæð í geymi stýrt með sjálfvirkum stjórnbúnaði
	2	Járnbent steinsteypa	400	1982	Ferhyrnd	Brimnesborg Árskógsströnd	X			1/1			Vatnshæð í geymi stýrt með yfirfalli
Gerðahrepps	1	Járnbent steinsteypa	317	1990	Ánthyrnd	Miðnesheiði	X			x			Þrýstimitnkunarloki, flotloki á aðrennslí, dælur á frárennslí. Sambyggt loka- og dælulús
Grundartanga	1	Járnbent steinsteypa	1000	1978	Ferhyrnd	Í landi Klafastaða	X			X			Flotloki á aðrennslí, röðbrotsloki á frárennslí, Sambyggt lokahús
Kópavogs	1	Járnbent steinsteypa	1300	1968	Ferhyrnd í tveimur hólfum	Víð Digranesheiði		X			1/1		Flotloki á aðrennslí. Sjálf- rennslí í tank. Tölvustýrt dæling á frárennslí
Neskaupsstaðar	1	Járnbent steinsteypa	550	1976	Hringlaga	Ofan Blómsturvalla				2/3			Tölvustýring á aðrennslí dælustýringar, samb. lokahús
	2	Ryðfrítt stál	16	2002	Hringlaga	Í Farnadal	X			2/3			Nýtt vatnstökusvæði í Farnadal. 5 borholur, dælt úr þeim og sjálfrennslí í geymi víð Blómsturvellu

Vatnsgeymar

Vatnsveituhandbók Samorku—Kafli 9—Aðveituaeðar og miðlunarmannvirki—Febrúar 2003

Vatnsveita	Nr.	Byggingar-efni	Stærð m ³	Byggingarár	Lögun grunnflatar	Staðsetning I		Staðsetning II		Staðsetning III			Búnaður
						Staðarheiti	Útan dreifikerfis	Innan dreifikerfis	Undir jarðar yfirborði	Við jarðar yfirborð	Á stúlum		
Siglufjarðar	1	Járnbent steinsteypa	1500	1983	Sívalingur	Oftan byggðar við Höfn	X		1/1				Katadyn UV-sterilizer VR 20-700 Gælsunartæki til hreinsunar vatns
	2	Plast tankar	2x 10 m ³	1997	Sívalingar	Oftan byggðar í Hvanneyrarhlíð	X		1/1				
Skagafjarðar	1	Járnbent steinsteypa	1000	1973	Hringlaga standandi	Gránumóar Sauðárkróki 43 m.y.s	X		1/1				Lokahús, en ekki sambyggt. Tölvutengdar mælingar á: Að- og frárennsli, yfirfalli, hæð og magni í tanki, hitastigi og leiðni.
	2	Járnbent steinsteypa	200	1980	Ferhyrnd	Oftan Hlíðalhverfis Sauðárkróki 88 m.y.s.	X		1/1				Sambyggt lokahús. Tölvutengdar mælingar á: Að- og frárennsli, yfirfalli, hæð og magni í tanki, hitastigi og leiðni.
	3	Járnbent steinsteypa	30	Ca. 1950	Ferhyrnd vatnsasia fyrir yfirborðsvatn	Í Skógarhlíð Sauðárkróki 77 m.y.s.	X			X			Ekki lokahús. Enginn mælubúnaður.
	4	Járnbent steinsteypa	400	1984	Ferhyrnd	Í landi Brekku v/ Varnahlíð 103 m.y.s	X		1/1				Sambyggt lokahús. Tölvutengdar mælingar á: Að- og frárennsli, yfirfalli, hæð og magni í tanki, hitastigi.
	5	Stál	20	Ca. 1990	Hringlaga liggjandi	Við Sklóastaði v/ Steinsstaða-skóla 106 m.y.s.	X		2/3				Ekki lokahús. Enginn mælubúnaður.

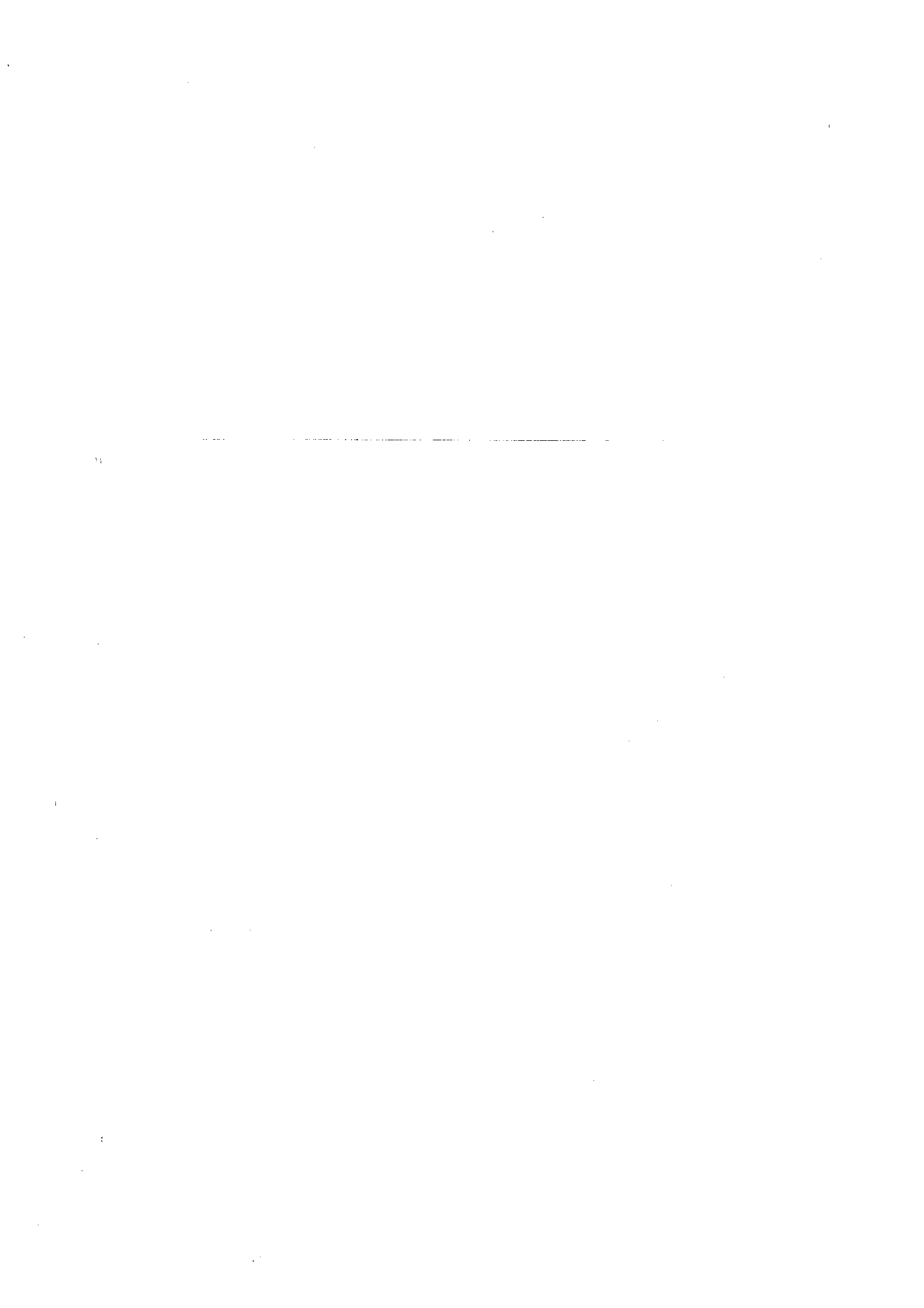
Vatnsgeymar

Vatnsveituhandbók Samorku–Kafli 9–Aðveituaeðar og miðlunarmannvirki–Febrúar 2003

Vatnsveita	Nr.	Byggingar-efni	Stærð m ³	Bygg-ingarár	Lögun grunnflatar	Staðsetning I		Staðsetning II		Staðsetning III			Búnaður
						Staðarheiti	Útan dreifikerfis	Innan dreifikerfis	Undir jarðar yfirborði	Við jarðar yfirborð	Á súlum		
	6	Járnbent steinsteypa	180	2000	Hringlaga standandi	f ílandi Engihlíðar v/ Hofsóð 77 m.y.s.	X		1/1				Sambyggt lokahús. Tölvutengdar mælingar á: Að og frárennsli, yfirfalli, hæð og magni í tanki, hitastigi.
Rangárbings ytra á Helli	1	Járnbent steinsteypa	338	1981	Ferhyrmd	Við Freyvang	X		1/1				Þrýstimminkunarloki á aðrennsli. Dælur á frárennsli. Sambyggt loka- og dælutúð. Tölvustýrt að- og frárennsli-sdæling
Vestmannaeyjar	1	Járnbent steinsteypa	5000	1968	Ferhyrmd	Löngulág		X		X			Dælur, lokar, tölvutengdir rennsilis og þrýstímælur
	2	Járnbent steinsteypa	300	1975	Ferhyrmd	Hrafnaklettur	X			X			Dælur, lokar, tölvutengdir rennsilis-og þrýstímælur
Þórshafnar	1	Járnbent steinsteypa	200		Stívl	v/Strandaveg	X				X		Sambyggt lokahús

9.4. HEIMILDIR

- (1) Gordon Maskew Fair, John Charles Geyer og Daniel Alexander Okun. *Elements of Water Supply and Wastewater Disposal*. 1971.
- (2) Guðmundur Gunnarsson. *Kröfur til vatnsveitna um vatn til slökkvistarfa*. Erindi flutt á vörfundi Samorku 30.mái 2002.
- (3) Veðurstofa Íslands. *Veðráttan*.
- (4) Trausti Jónsson. *Veðurfar á höfuðborgarsvæðinu*. Apríl 1986.
- (5) Páll Ágúst Ásgeirsson. *Renntismælingar*. Vélabrogð 1999.
- (6) Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. *Planung und Bau von Wasserbehältern. Grundlagen und Ausführungsbeispiele*. Febr. 1988.
- (7) Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V. *Bau von Wassertürmen. Grundlagen und Ausführungsbeispiele*. Febr. 1983.
- (8) Guðbjartur Á. Ólafsson. *Miðlunargeymir vatnsveitu Blönduóss*. Sveitarstjórnarmál nr. 5 1986.
- (9) Sturlaugur Þorsteinsson. *Nýr vatnsmiðlunargeymir á Höfn*. Sveitarstjórnarmál, júní 1991.
- (10) Þórir Hilmarsson. *Slökkvivatn fyrir byggingar*. Brunamálastofnun, maí 1996.
- (11) Deutscher Verein des Gas – und Wasserfaches e.V. *Innenbeschichtung und Auskleidung von Stahlbehältern in Wasserwerken*. Sept. 1990.
- (12) Jón G. Óskarsson. *Munnleg heimild*. 2002.
- (13) Hilmar Sigurðsson. *Vatnsveituhandbók*, 10. kafli, Dreifikerfi. 1995.
- (14) Pétur Kristjánsson. *Vatnsveituhandbók*, 7. kafli, Eftirlitskerfi. 1995.
- (15) Guðmundur Halldórsson og Jón Sigurjónsson. *Varmaeinangrun húsa*. Rit Rannsóknarstofnunar byggingariðnaðarins nr. 30. 1992.



Kaflí 10

Dreifikerfi vatnsveitna

hönnun, frágangur og efnisval

Hilmar Sigurðsson, verkfræðingur
Verkfræðistofan Hnit hf

1995

EFNISYFIRLIT

10.0	HELSTU SKAMMSTAFANIR OG TÁKN.....	1
10.1	INNGANGUR.....	2
10.2	LÝSING Á DREIFIKERFI.....	3
10.3	HÖNNUNARFORSENDUR.....	4
10.3.1	VATNSNOTKUN OG LEKI.....	4
10.3.1.1	Heimilisnotkun.....	4
10.3.1.2	Landbúnaður (19).....	5
10.3.1.3	Opinberar stofnanir (19).....	5
10.3.1.4	Skrifstofur, verslanir, hótél og veitingahús (19).....	5
10.3.1.5	Fiskiðnaður.....	6
10.3.1.6	Sláturhús.....	6
10.3.1.7	Önnur starfsemi.....	6
10.3.1.8	Eldvarnavatn.....	6
10.3.1.9	Lekavatn.....	7
10.3.2	HÆFILEGUR ÞRÝSTINGUR.....	9
10.3.2.1	Inngangur.....	9
10.3.2.2	Nauðsynlegur þrýstingur við mestu notkun.....	9
10.3.2.3	Nauðsynlegur þrýstingur við eldvarnavatnsnotkun.....	10
10.3.3	SAMANTEKT Á HÖNNUNARFORSENDUM.....	11
10.4	LEIÐSLUEFNI.....	13
10.4.1	ALMENNT UM LEIÐSLUEFNI.....	13
10.4.2	JÁRNSTEYPURÖR (Cast Iron Pipes).....	13
10.4.3	SEIGJÁRNSTEYPURÖR (Ductile Iron Pipes).....	13
10.4.4	STÁL RÖR.....	15
10.4.5	ASBESTRÖR.....	15
10.4.6	PVC RÖR.....	16
10.4.7	PEH RÖR.....	Error! Bookmark not defined.
10.4.8	GRP RÖR.....	20
10.5	ÝMIS BÚNAÐUR Í DREIFIKERFUM VATNSVEITNA.....	22
10.5.1	INNGANGUR.....	22
10.5.2	STOPPLOKAR.....	22
10.5.3	STJÓRNLOKAR.....	23
10.5.4	EINSTEFNULOKAR.....	25
10.5.6	BRUNAHANAR.....	27
10.5.7	ÞRÝSTINGSAUKNINGARBÚNAÐUR.....	31
10.5.8	ÚTLOFTUNARLOKAR.....	32
10.5.8.1	Inngangur.....	32
10.5.8.2	Gerðir útloftunarloka.....	34
10.6	GERÐ LEIÐSLUKERFA.....	35
10.6.1	VATNSVEITULEIÐSLUR Í JÖRÐ.....	35
10.6.2	STOPPLOKAR.....	37
10.6.3	BRUNAHANAR.....	38
10.6.4	ANNAR BÚNAÐUR Í DREIFIKERFUM VATNSVEITNA.....	38
10.7	ÞRÝSTINGSPRÓFUN.....	42
10.7.1	INNGANGUR.....	42
10.7.2	ÞRÝSTIPRÓFUN SEIGJÁRNSSTEYPURÖRA (án sementshúðunar að innan).....	43
10.7.3	ÞRÝSTIPRÓFUN SEIGJÁRNSSTEYPURÖRA OG JÁRN RÖRA.....	43
	(með sementsmúrhuðun að innan).....	43
10.7.4	ÞRÝSTINGSPRÓFUN STÁL RÖRA MEÐ OG ÁN JARÐBIKSHÚÐUNAR.....	43
10.7.5	ÞRÝSTINGSPRÓFUN RÖRA ÚR HÖRÐU PVC PLASTI.....	44
10.7.6	ÞRÝSTINGSPRÓFUN RÖRA ÚR PEH PLASTI.....	44
10.8	HEIMILDIR.....	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.

10.0 HELSTU SKAMMSTAFANIR OG TÁKN

d_i	Innra þvermál rörs
d_u	Ytra þvermál rörs
d_n, DN	Nafnmál rörs í mm, sjá nánar í grein 10.4.1
\emptyset	Þvermál rörs
p_n eða PN	Þrýstingsþol í börum
H_k	Hæðarkóti
H_{kt}	Hæðarkóti töppunarstaðar
H_{kv}	Vatnsþrýstingskóti
$m.vs.$	Vatnsþrýstingur í m
$klst.$	Klukkustund
l	Lítri
$sek.$	Sekúnda
$slhr.$	Sólarhringur
(5)	Tilvísun í heimild nr. 5 - Heimildaskráin er í grein 10.8
f_s	Sveiflustuðull til að reikna út mestu notkun á sekúndu út frá meðalnotkun viðkomandi sólarhrings
q	Vatnsnotkun eða rennsli, oftast í l/sek.
q_N	Grunngildi vatnsrennslis samkvæmt ÍST 67
q_{notk}	Vatnsnotkun
q_{leki}	Rennsli út úr leiðslu vegna leka
$q_{eldv.}$	Vatnsnotkun til eldvarna
v	Rennslis hraði í m/sek.
ζ	Staktapsstuðull
g	Þyngdarhröðun á jörð = 9,81 m/sek ²
PEH	Þungt polyethylen plastefni
PVC	Polyvínýlklóríð plastefni
GRP	Glertrefjastyrkt plastefni (oft polyester)

10.1 INNGANGUR

Við samningu eftirfarandi lýsingar á dreifikerfum vatnsveitna hefur höfundur oft verið íslensks orðs vant, enda flestar heimildir á erlendum málum. Hefur þá verið gott að leita í smíðju Orðanefndar byggingarverkfræðinga, t.d. með orðin flangi (flangs), hólkrör (múffurör), nafnmál (nominal diameter), varandi (duration) og járnsteypa (pottur), en í öðrum tilvikum hefur verið nauðsynlegt að búa til ný orð til að sleppa við að nota þau útlensku t.d. seigjárnsteypa (ductile iron). Vonandi valda þessi nýyrði ekki erfiðleikum við lestur eftirfarandi greinargerðar.

Hlutverk dreifikerfa er að flytja vatn frá aðveituæð að heimtaugum eða brunahönum og er yfirleitt farið fram á að vissum gæðakröfum sé fylgt við þetta verkefni, m.a. eftirfarandi:

- a. Að gæði vatnsins að því varðar hitastig, bragð, lykt, mengandi efni og gerlainnihald breytist ekki í leiðslukerfinu.
- b. Að notendur fái yfirleitt nægilega mikið vatn með hæfilegum þrýstingi.
- c. Að tímabil án vatnsaðfærslu séu í algjöru lágmarki.
- d. Að kostnaður við rekstur dreifikerfisins sé í lágmarki.

Margt getur komið í veg fyrir að þessum kröfum sé fullnægt, t.d. er ekki óalgengt að aðskotahlutir finnist í leiðslukerfum af því að þess hefur ekki verið gætt að loka leiðsluendum tryggilega við vinnulok hvers dags og jafnframt hefur útskolun leiðslunnar í verklok verið sleppt.

Í flestum stöðlum og leiðbeiningarritum um gerð vatnsleiðslukerfa er ekki aðeins farið fram á útskolun leiðsluhluta í verklok, heldur einnig sóttthreinsun hans. Leki í vatnsveitukerfum er einnig sívaxandi vandamál eftir því sem leiðslukerfin verða stærri og eldri og virðist ekki duga neitt minna en stöðug lekaleit og viðgerðir eða endurnýjanir á leiðslum til að lekaástand haldist innan þolanlegra marka. Leki er ekki aðeins vandamál vegna meiri kostnaðar við stærri vatnstökumannvirki, víðari leiðslur og meiri rafmagnsnotkun við dælingu. Hann felur einnig í sér hættu á að óæskileg efni komist inn í leiðslukerfið, - t.d. þegar undirþrýstingur skapast við tæmingu leiðslna.

Góður tækniþúnaður, sem er fánlegur núna, auðveldar starfsmönnum vatnsveitna að standast ofanskráðar gæðakröfur. Rennslis- og þrýstingsmælar, flutningur á mælinganiðurstöðum og skráning þeirra í öflugum tölvum auðveldar eftirlit með lekamagni og fullkomin lekaleitartæki gera mögulegt að staðsetja lekastaði með mikilli nákvæmni. Annar mikilvægur þúnaður er snúningshraðastýring á dælumótorum. Hann hefur reynst mjög vel við að viðhalda ákveðnum þrýstingi í dælingarleiðslu óháð rennslismagni, en einnig er hægt að nota hann (með rennslismælingu) til að skapa hækkandi þrýsting með vaxandi rennsli, sem getur verið heppilegt fyrirkomulag þegar dælt er um langar leiðslur. Snúningshraðastýring tryggir þannig hæfilegan þrýsting við mismunandi aðstæður og hefur í för með sér minnkun á leka og rafmagnsnotkun vegna lægri meðalþrýsting.

Greinargerðin, sem hér fylgir á eftir skiptist í 8 kafla eins og fram kemur í efnisyfirliti. Í kafla 10.3 er fjallað um vatnsnotkun, leka og nauðsynlegan þrýsting við mismunandi aðstæður og í köflum 10.4 og 10.5 er lýst algengustu röragerðum og þúnaði í dreifikerfum. Í kafla 10.6 er gerð grein fyrir frágangi leiðslna og þúnaðar í skurðum og í húsum eða í neðanjarðarbyrgjum og í kafla 10.7 er fjallað um þrýstingspröfun

algengustu leiðslugerða samkvæmt þýska staðlinum DIN 4279. Heimildaskráin er í kafla 10.8.

10.2 LÝSING Á DREIFIKERFI

Dreifikerfi vatnsveitna eru m.a. byggð upp af leiðslum, rennilokum, spjaldlokum, einstefnulokum, þrýstingsminkunarlokum, þrýstingsaukningardælum, mælum, brunnum, stýrisstrengjum, varaafsstöðvum, kerfisráðum og brunahönum. Leiðslukerfið er ýmist hringtengt eða greinótt og finnast yfirleitt báðar tegundirnar í flestum vatnsveitukerfum.

Aðalhlutverk dreifikerfa er að flytja vatn, sem fullnægir daglegum þörfum heimila og fyrirtækja á viðkomandi veitusvæði, en annað mikilvægt hlutverk þeirra er að flytja viðbótarvatn til notkunar við slökkvistarf þ.e.a.s. eldvarnavatn.

Vatnsveituleiðslur eru oft lagðar í sama skurð og fráveituræsin og er vatnsveituleiðslan höfð ofar en þó í hæfilegri dýpt, þannig að ekki sé hætta á mikill kólnun vatnsins og alls ekki frostsKemmdum. Æskilegt er að vatnsveituleiðslur séu lagðar í hæfilegri fjarlægð frá fráveituræsum til að minnka líkur á að mengun geti borist frá ræsi og inn í vatnsleiðslu, en slíkt getur átt sér stað þegar leki er á báðum leiðslum og vatnsveituleiðsla tóm og án þrýstings eða með undirþrýstingi. Sama gildir um leiðslur og geyma fyrir jarðgas, bensín og olíur. Vatnsleiðslur ætti að leggja minnst 1,0 m frá slíkum mannvirkjum og leiðslur úr PEH- og PVC plasti í meiri fjarlægð og eins langt frá og mögulegt er (8).

10.3 HÖNNUNARFORSENDUR

10.3.1 VATNSNOTKUN OG LEKI

10.3.1.1 Heimilisnotkun

Algengt er að reikna með neðanskráðri notkun, sem er byggð á mælingum á vegum gatnamálastjóra Reykjavíkurborgar í fjórum fjölbýlishúsum í Kópavogi og í Breiðholtshverfi í Reykjavík á tímabilinu febrúar-mars 1985 (18).

Meðalnotkun á sólarhring á íbúa:

Kalt vatn,	$q^{\text{með}} = 175 \text{ l/shlr.} = 0,0020 \text{ l/sek.}$
Heitt vatn,	$q^{\text{með}} = 55 \text{ l/slhr.} = 0,0006 \text{ l/sek.}$

Mesta sólarhringsnotkun á íbúa:

Kalt vatn,	$q^{\text{max}} = 201 \text{ l/shlr.} = 0,0023 \text{ l/sek.}$
Heitt neysluvatn,	$q^{\text{max}} = 63 \text{ l/slhr.} = 0,0007 \text{ l/sek.}$

Mesta klukkustundarnotkun á íbúa (aðfangadagur):

Kalt vatn,	$q^{\text{max}} = 25 \text{ l/klst.} = 0,0069 \text{ l/sek.}$
Heitt neysluvatn,	$q^{\text{max}} = 8 \text{ l/klst.} = 0,0022 \text{ l/sek.}$

Mesta sekúndunotkun á íbúa:

Þessi stærð reiknast venjulega sem visst margfeldi, f_s , af meðalnotkun viðkomandi sólarhrings. Í heimild (8) eru gefin upp neðanskráð leiðbeinandi gildi:

	f_s
a. Tjaldsvæði og sumarhúsabyggð	2,0 - 3,0
b. Dreifð byggð og landbúnaðarstarfsemi	2,0 - 2,5
c. Minni bæir og venjuleg bæjarstarfsemi	1,7 - 2,0
d. Stærri bæir með fjölbreyttri starfsemi	1,5 - 1,7

Þegar um er að ræða pípustærðun fyrir litla íbúðabyggð, þar sem heimilisnotkunin ein sér er ráðandi (ekki eldvarnavatn) er sjálfsagt að áætla q^{max} út frá samanlögðum grunnildum viðkomandi íbúða, Σq_N , og Vatnslagnastaðli ÍST 67.

Dæmi a.

Íbúðabyggð með 1000 íbúum og hitaveitu. Mesta kaldvatnsnotkun áætlast með $f_s = 2,0$.

Daglegt hámark, $q_1^{\text{max}} = 2,0 \times 0,0020 \times 1000 = 4,0 \text{ l/sek.}$

Mesta daglega hámark utan aðfangadags og e.t.v. gamlársglags
 $q_2^{\text{max}} = 2,0 \times 0,0023 \times 1000 = 4,6 \text{ l/sek.}$

Mesta hámark, $q_3^{\text{max}} = 0,0069 \times 1000 = 6,9 \text{ l/sek.}$

Dæmi b.

Sama íbúðabyggð án hitaveitu. Mesta kaldvatnsnotkun áætlast með $f_s = 2,0$, eins og í dæmi a.

$$\begin{aligned} \text{Daglegt hámark,} \quad q_1^{max} &= 2,0 \times 0,0026 \times 1000 = 5,2 \text{ l/sek.} \\ \text{og samsvarandi} \quad q_2^{max} &= 2,0 \times 0,0030 \times 1000 = 6,0 \text{ l/sek.} \\ q_3^{max} &= 0,0091 \times 1000 = 9,1 \text{ l/sek.} \end{aligned}$$

Dæmi c.

Íbúðabyggð með 300 íbúum, hitaveitu og samtals 100 íbúðum. Í hverri íbúð eru neðanskráð hreinlætistæki með kaldvatns grunnildum, q_N , samkvæmt ÍST 67.

	q_N l/sek.
Blöndunartæki við baðker	0,3
Eldhúsvaskur	0,2
Handlaug	0,1
Salerni	0,1
Þvottavél	0,2
Skolvaskur	0,2
Samtals	1,1 l/sek.

Samanlagt fyrir allar íbúðirnar, $\Sigma q_N = 100 \times 1,1 = 110$ l/sek og samkvæmt línuriti á bls 8 í ÍST 67 fæst: $q^{max} = 3,8$ l/sek eða 0,0127 l/sek á íbúa. Þessi notkun er rúmlega 83% meiri en áður nefnd mesta notkun á aðfangadag, 0,0069 l/sek á íbúa.

10.3.1.2 Landbúnaður (19)

	<u>kalt vatn</u>
Kýr	30-100 l/slhr. á dýr
Kindur	5-10 "
Hestar	15-20 "
Svín	3-8 "
Gyltur	10-20 "
Hænur	0,1-0,2 "

kalt + heitt vatn

Þvottur á mjaltabúnaði	100-150 l/slhr. á meðalbú
Gróðurhús (21)	3 l/slhr \times m ²

10.3.1.3 Opinberar stofnanir (19)kalt + heitt vatn

Sjúkrahús	500-1000 l/slhr. á rúm
Dvalarheimili	200-500 l/slhr. á vistmann
Skólar, án sundlaugar	30-80 l/slhr. á nemandu
Skólar með sundlaug	50-100 l/slhr. á nemandu

10.3.1.4 Skrifstofur, verslanir, hótél og veitingahús (19)

kalt + heitt vatn

Skrifst. og verslanir	40-60 l/slhr. á starfsmann
Veitingahús	15-40 l/slhr. á gest
Hótel	200-800 l/slhr. á gest

10.3.1.5 Fiskiðnaður**kalt vatn**

Saltfiskverkun (20)	
Óslægður og óhausaður fiskur	3,0 m ³ /tonn af hráefni
Slægður og hausaður fiskur	1,5 m ³ /tonn af hráefni
Saltfiskþurrkun	0,5 m ³ /tonn af hráefni

Heitavatnsnotkun er svo til engin nema við upphitun á þurrklefa, u.þ.b. 30 m³/tonn af saltfiski.

kalt vatn

Hraðfrysting (24)	
Þorskur og karfi	5,0-13,0 m ³ /tonn af hráefni
Síld	3,0-4,0 m ³ /tonn af hráefni

kalt vatn

Rækjuvinnsla (24)	
Vélhreinsun	40,0 m ³ /tonn af hráefni
Loðnubræðslur og beinamjölsmiðjur (24)	0,5-1,5 m ³ /tonn af hráefni

10.3.1.6 Sláturhús**kalt vatn heitt vatn**

Sláturhús (23)		
Kindur	200 l	50 l

10.3.1.7 Önnur starfsemi**kalt vatn**

Niðursuðuverksmiðjur (24)	1,0-2,0 m ³ /tonn af hráefni
---------------------------	---

10.3.1.8 Eldvarnavatn

Því miður eru ekki neinar fastsettar reglur á Íslandi um magn eldvarnavatns og er það mjög bagalegt því að mikill kostnaður er því samfara að flytja eldvarnavatn að brunastöðum. Mikilvægt er því að þessum kostnaði sé haldið í lágmarki án þess að slegið sé af sanngjörnum kröfum um vatnsmagn (l/sek), þrýsting (bör við brunahana við $q_{eldv.}^{max}$) og varanda (klst.).

En hverjar eru sanngjarnar kröfur um eldvarnavatn? Því er mjög erfitt að svara af því að slíkar kröfur eða reglur um eldvarnavatn hljóta að byggjast á samkomulagi milli hagsmunaaðila, þar sem hagkvæmni og öryggi eru mikilvægustu þættirnir.

Þeir aðilar, sem hér um ræðir, eru:

- Vatnsveitan.
- Íbúar og atvinnurekendur eða sveitarfélagið fyrir þeirra hönd.
- Tryggingafélög sem brunatryggja eignir og rekstur á viðkomandi svæði.
- Slökkvilið svæðisins.
- Brunamálayfirvöld.

Athyglisverðar tilraunir hafa verið gerðar í Svíþjóð við að lækka kostnað vegna brunavarna.

Með því að auka flutning á eldvarnavatni með tankbílum er hægt að fækka brunahönum og minnka pípuviddir í einstökum hverfum (10-a). Árið 1981 hafði u.þ.b. helmingur af sænskum sveitarfélögum tekið þennan möguleika með í áætlunum um framtíðaruppbyggingu vatnsveitna sinna (25).

Á Íslandi hafa svonefndar "sænsku reglur" oft verið notaðar við ákvörðun á eldvarnavatni í einstökum hverfum. Þær fela í sér eftirfarandi:

Byggðasvæði	$q_{eldv.}^{max}$ l/sek.	Varandi klst.
Íbúðasvæði		
Einbýlis- og tvíbýlishús	10	2
Fjölbýlishús	20	4
Önnur byggðasvæði		
Lítið eða meðalbrunaálag	20	4
Mikið brunaálag	40	6

Heildareldvarnavatnsþörf fyrir stór bæjarhverfi eða fyrir heilt bæjarfélag má áætla út frá formúlu á forminu:

$$q_{eldv.}^{max} = A (N^{0,5} + 1) \text{ l/sek.},$$

Þar sem A er fasti, t.d. á bilinu 8-14 l/sek. og N er íbúafjöldi í þúsundum. Formúlan gildir fyrir ofan stærsta $q_{eldv.}^{max}$ samkvæmt "sænsku reglunum".

Dæmi d.

Vatnsveita þjónar 2000 íbúum á tveimur íbúðasvæðum, 500 manna fjölbýlishúsahverfi og 1500 manna einbýlishúsahverfi. Ef reiknað er með $A = 10$ l/sek. fæst:

Fyrir aðveituæð, $q_{eldv.}^{max} = 10 (2^{0,5} + 1) = 24,1$ l/sek.

Fyrir aðfærsluæð að fjölbýlishúsahverfi $q_{eldv.}^{max} = 10 (0,5^{0,5} + 1) = 17,1$ l/sek. sem er minna en "sænsku reglurnar" fela í sér og verður því að reikna með 20 l/sek.

Fyrir aðfærsluæð að einbýlishúsahverfi, $q_{eldv.}^{max} = 10 (1,5^{0,5} + 1) = 22,2$ l/sek. sem er fullnægjandi hönnunarstærð af því hún er stærri en 10 l/sek.

10.3.1.9 Lekavatn

Eðlilegt er að áætla breytingar á leka samkvæmt formúlunni:

$$q_{\text{leki}} = A \times H^{0,5}$$

þar sem A er fasti háður stærð og lögun lekaopa og H er meðalvatnssúluprýstingur í viðkomandi leiðslukerfi. Rannsóknir á lekum í vatnsveitukerfum á Englandi (10-c) benda hins vegar til að lekinn hagi sér frekar samkvæmt:

$$q_{\text{leki}} = A \times H^a$$

þar sem $a > 1,0$. Þetta byggist líklegast á því að lekaopin hafa ekki öll stöðuga stærð.

Sum þeirra stækka með vaxandi þrýstingi, t.d. rifur sem geta komið á rör úr járnsteypu, asbesti og plasti. Stærð ryðgata eða samsetningargata á stálrörum eru líklega sem næst óháð þrýstingi.

Lekamagn gæti breyst samkvæmt

$$q_{\text{leki}} = A \times H^{1,2}$$

þar sem A er fasti, sem ákveðst út frá áætluðum leka við meðalþrýsting, t.d. $H = 50$ m.vs. Stærð leka í einstökum vatnsveitum er best að áætla út frá muninum á mesta rennsli að deginum og minnsta rennsli að nóttu og með hliðsjón af áætluðum meðalþrýstingi og ofanskráðri lekaformúlu. Hlutfallið milli mesta rennslis að degi og minnsta rennslis að nóttu ætti að vera á bilinu 3:1 til 5,5:1 og minnkandi hlutfall fyrir neðan 3:1 gefur þá vísbendingu um lekavandamál.

Leki í íslenskum vatnsveitum er mjög misjafn. Hann er auðvitað háður þeirri vandvirkni sem var viðhöfð við upphaflega lagningu dreifikerfisins en þar næst ræðst stærð hans af aldri þess, vatnsþrýstingi og viðhaldi.

Stærð leka er oft miðuð við hundraðshluta af heildarvatnsmagni, sem dælt er inn í vatnsveitukerfin, en ástand þeirra má gróflega flokka út frá lekamagninu eins og sýnt er hér fyrir neðan:

Hlutfall leka og heildar-vatnsmagns	Ástand vatnsveitukerfis
leki < 15%	Mjög gott
15% < leki < 30%	Sæmilegt
30% < leki < 50%	Þolanlegt
leki > 50%	Óviðunandi

Þessi flokkun er auðvitað ekki algild. Hún hlýtur að vera háð aðstæðum hverju sinni og þá sérstaklega kostnaði við hina ýmsu rekstrarþætti vatnsveitnanna, t.d. vatnstöku, vatnshreinsun og flutning á vatninu til notenda. Ef lítið er vitað um leka í vatnsveitu sem er til athugunar er varla ráðlegt að reikna með minni leka en á bilinu 10-30%.

Dæmi e.

Á vatnsveitusvæði er minnsta notkun+leki að nóttu 20 l/sek við áætlaðan meðalþrýsting 72 m vs.og mesta notkun+leki að deginum 30 l/sek. við áætlaðan meðanþrýsting 50 m.vs. Mesta notkun að deginum áætlast 20 l/sek. og er lekinn þá $30-20 = 10$ l/sek..

Þetta gefur $A = \frac{10}{50^{1,2}} = 0,091$ og næturleka $q_{leki} = 0,091 \times 72^{1,2} = 15,5$ l/sek.

Minnsta notkun er þá $q_{notk}^{min} = 20 - 15,5 = 4,5$ l/sek. og hlutfallið $\frac{q_{notk}^{max}}{q_{notk}^{min}} = 4,4$ sem getur verið nálægt því rétta.

10.3.2 HÆFILEGUR ÞRÝSTINGUR**10.3.2.1 Inngangur**

Þrýstingur í dreifikerfi vatnsveitna þarf að vera yfir því lágmarki sem tryggir að viðskiptavinir þeirra fái nægilegt vatn með hæfilegum þrýstingi. Of mikill þrýstingur er hins vegar ekki æskilegur af því hann hefur í för með sér meiri leka og styttingu á endingartíma plaströra. Stundum á of mikill þrýstingur rætur að rekja til of mikils dæluþrýstings sem yfirleitt hefur í för með sér óþarfa rafmagnsnotkun.

Annað þrýstingslágmark í dreifikerfum miðast við að tryggja að ekki verði undirþrýstingur í leiðslum þegar dælt er úr brunahönum. Undirþrýstingur er mjög óæskilegur af því hann getur haft í för með sér að óhreinindi utan leiðslukerfis sogist inn í það þar sem eru lekastaðir.

Of lítill þrýstingur er oft vandamál hjá vatnsveitum á Íslandi og opinberast það ósjaldan í lélegri virkni sjálfvirkra blöndunartækja, þegar hitaveituvatnið nær yfirhöndinni og ryðst lítið sem ekkert kælt yfir óviðbúinn baðgest. Flest sjálfvirk blöndunartæki þola aðeins ákveðinn hámarksþrýstingsmun milli heita og kalda vatnsins. Nýrri gerðir af Grohe tækjum þola örugglega 3-4 bara mun, en eldri gerðir eru ekki gerðar fyrir meiri mun en 2 bör. Nýrri gerðir af Danfoss blöndunartækjum þola örugglega 4,5 bara þrýstingsmun, en eldri gerðir eru gefnar upp fyrir hámarks þrýstingshlutfall 1:3. Þegar þrýstingsmunur milli heita og kalda vatnsins er of mikill til að sjálfvirkir blöndunarlokar séu nothæfir er ekki sjálfsgefið að hægt sé að skella skuldinni á viðkomandi vatnsveitu. Óhóflegur þrýstingur á heita vatninu er oft aðalástæðan.

10.3.2.2 Nauðsynlegur þrýstingur við mestu notkun

Nauðsynlegur þrýstingur í vatnsveituleiðslu ræðst af neðanskráðum þáttum.

- Hæð hæsta töppunarstaðar yfir vatnsveituleiðslu.
- Þrýstingsfall í heimæð og húskerfi.
- Nauðsynlegur þrýstingur við töppunarstað.

Nauðsynlegur þrýstingskóti er þá:

$$H_{kv}^{nauðs} = H_{kt} + h_l + h_t$$

þar sem H_t er hæðarkóti á ráðandi töppunarstað, h_t þrýstingsfall í heimæð og í leiðslukerfi húss og h_t er nauðsynlegur þrýstingur við töppunarstað, sem getur verið:

Venjulegur krani	5 m.vs.
Eins gripis blöndunartæki	10 m.vs.
Sjálfvirkt hitastýrt blöndunartæki	10 m.vs.

Ef reiknað er með $h_t^{max} = 5$ m.vs. og $h_t^{max} = 10$ m.vs. fæst nauðsynlegur þrýstingskóti $H_{kv}^{nauðs} = H_{kt} + 15$.

10.3.2.3 Nauðsynlegur þrýstingur við eldvarnavatnsnotkun

Nauðsynlegur þrýstingur í vatnsveituleiðslum við eldvarnavatnsnotkun ræðst af neðanskráðum þáttum:

- Vatnsmagni, $q_{eldv.}^{max}$, l/sek.
- Gerð brunahana.
- Vídd og fjölda brunaslöngutenginga.
- Hvort um er að ræða sjálfrennsli eða dælingu frá brunahana.
- Vídd og lengd brunahanaleiðslu.
- Geometrisk lyftihæð.

Eins og áður segir er mikilvægast að ekki verði undirþrýstingur í leiðslukerfinu og krafa nr. tvö er að ekki verði undirþrýstingur í sogbarka þegar dælt er frá brunahana.

Þrýstingstap í brunahönum má áætla samkvæmt $H = \zeta \times q^2$ þar sem ζ er staktapsstuðull, háður gerð og vídd, H þrýstingstap í m.vs. og q rennsli í l/sek.

Fyrir brunahana samkvæmt DIN 3222 má áætla neðanskráð gildi á ζ (1):

Nafnmál	Frárennslistúta	ζ
---------	-----------------	---------

mm	r mm	
Ø80	1 × Ø65	0,017
Ø80	2 × Ø65	0,007
Ø100	1 × Ø65	0,015
Ø100	2 × Ø65	0,005
Ø100	2 × Ø65 + Ø100	0,003
Ø150	2 × Ø65 + Ø100	0,001

Nauðsynlegan þrýsting í vatnsveituleiðslu við brunahananotkun má skrifa á forminu:

$$H = \zeta \times q^2 + h_{\text{geom}} + h_{\text{bl}} + h_{\text{bs}}$$

þar sem

h_{geom} geometrisk lyftihæð í m frá vatnsveituleiðslu að vatnsborði í geymi eða að sogstút dælu.

h_{bl} = þrýstingstap í m.vs. í brunahanaleiðslu.

h_{bs} = þrýstingstap í m.vs. í brunaslöngu eða slöngum.

H = nauðsynlegur þrýstingur í m.vs. í vatnsveituleiðslu við tengistað brunahanaleiðslu.

Ef reiknað er með $h_{\text{geom.}} = 5,0$ m, fæst nauðsynlegur þrýstingur fyrir mismunandi aðstæður eins og sýnt er hér fyrir neðan.

$q_{\text{eldv.}}^{\text{nauðs.}}$ l/sek.	Brunahani DN	Frárennslisstútar mm	Nauðsynl. þrýstingur m.vs.
10	Ø80	1 × Ø65	6,7 + h_{bl} + h_{bs}
20	Ø80	2 × Ø65	7,6 + h_{bl} + h_{bs}
40	Ø100	2 × Ø65 + Ø100	9,6 + h_{bl} + h_{bs}
60	Ø150	2 × Ø65 + Ø100	10,0 + h_{bl} + h_{bs}

10.3.3 SAMANTEKT Á HÖNNUNARFORSENDUM

Eðlilegt er að miða pípustærðun við tvö álagstilvik, þ.e.a.s.:

a. Mesta notkun og tilheyrandi leki.

$$q^{\text{max}} = q_{\text{notk}}^{\text{max}} + q_{\text{leki}}$$

Nauðsynlegur þrýstingskóti, $H_{\text{kv}}^{\text{nauðs.}} = H_{\text{kt}} + 15$ m.vs. þar sem H_{kt} er hæðarkóti hæsta eða ráðandi töppunarstaðar.

Á íbúðasvæðum kemur mesta notkunin nær undantekningarlaust fyrir á aðfangadag og svipuðu hámarki má búast við á gamlársdag. Þegar um er að ræða dreifikerfi fyrir blandaða byggð getur mesta rennsli hins vegar orðið þegar notkunin er í hámarki hjá atvinnufyrirtækjum. Mesta álag finnst með því að leggja saman áætlaða vatnsnotkun hinna ýmsu notenda á einstökum klukkutímum sólarhringsins og tilheyrandi leka.

b. Mesta daglega notkun + mesta eldvarnavatn og tilheyrandi leki

Talið er sanngjarnt að miða hér við daglegt q^{max} en ekki q^{max} á aðfangadag af því það hámark hefur mjög stuttan varanda og því litlar líkur á að þörf verði fyrir hámarks eldvarnavatn á sama tíma.

$$q^{max} = q_{notk}^{max} + q_{eldv.}^{max} + q_{leki}$$

Nauðsynlegur þrýstingur er háður aðstæðum á hverjum stað sbr. yfirlitið í grein 10.3.2.3.

10.4 LEIÐSLUEFNI

10.4.1 ALMENNT UM LEIÐSLUEFNI

Algengustu pípugetir, sem hafa verið og eru í notkun á Íslandi eru úr stáli, járnsteypu, seigjárnsteypu (ductile), asbestsementi, PEH plasti, PVC plasti og GRP plasti. Mest notuðu rörin núna eru PEH- og seigjárnsteypurör.

Mál á rörum eru yfirleitt gefin upp sem ytra þvermál (d_u), innra þvermál (d_i) eða nafnmál (d_n eða DN) í mm.

Nafnmál (nominal, diameter, nennweite) er stærðartáknun röra og rörtengja og samkvæmt þýska staðlinum DIN 2402, er það það af neðanskráðum málum, sem er næst innra þvermáli viðkomandi rörs í mm.

10 - 15 - 20 - 25 - 32 - 40 - 50 - 65 - 80 - 100 - 125 - 150 - 200 - 250 - 300 - 350 - 400 - 450 - 500 - 600 - 700 - 800 - 900 - 1000 - 1200 - 1400 o.s.frv.

Mjög algengt er að nota ytra þvermál til að tákna rörstærð, þar sem ytra þvermál röra með sama nafnmáli en með mismunandi þrýstingsþoli er það sama. Þetta á við um PVC-, PEH-, GRP-, kopar-, og ryðfrí stálrör. Þessi rör eru oft táknuð með d_u og þrýstingsþoli eða rörveggþykkt. Önnur rör, t.d. asbest- og seigjárnsteypurör, þar sem nafnmálið er jafnt eða mjög nálægt innra þvermáli eru svo til alltaf táknuð með nafnmáli.

Annað einkenni á rörum er þrýstingsþol þeirra (p_n eða PN) (nominal pressure, nenndruck). Samkvæmt þýska staðlinum DIN 2401 er þrýstingsþolið ákveðin tala án einingar sem táknar leyfilegt stöðugt þrýstingsálag í börum á rör, rörtengi eða loka við 20°C hita.

10.4.2 JÁRNSTEYPUÖR (Cast Iron Pipes)

Þessi rör hafa verið notuð í vatnsveitukerfi síðastliðin 200 ár. Þau eru sterk og hafa góða rennsliseiginleika og mikla tæringarmótstöðu, en notkun þeirra hefur smám saman verið hætt m.a. vegna tilkomu seigjárnsteypuröranna, sem hafa betri eiginleika.

10.4.3 SEIGJÁRNSTEYPUÖR (Ductile Iron Pipes)

Byrjað var að selja þessi rör í Bandaríkjunum árið 1949 (12) og í Evrópu árið 1951 (1). Í þeim sameinast kostir steypujárnör og stálrör að því er varðar styrk, tæringarmótstöðu og rennsliseiginleika. Vegna meiri styrks eru þau u.þ.b. 25% léttari en gömlu járnsteypurörin (1). Þau eru framleidd í þvermálastærðum, d_n , frá 40 mm til 2000 mm og í þrýstingsþolflokkum 10, 16, 20, 25, 32 og 40 bör. Algengustu lengdir eru 3,0, 6,0 og 8,0 m en þau eru einnig fánleg í stuttum lengdum 0,5, 1,0, 1,5 og 2,0 m (DIN 28 600).

Þau eru seld með ryðvörn, t.d. sementsmúrhúð, 2,5-9,0 mm, að innan og jarðbikshúð að utan, en einnig er notuð sinkhúðun og PE plastklæðning að utan og epoxy húð innan og utan.

Samskeyti og rörtengi:

Algengustu samskeyti röranna eru gerð með föstum hólki og þéttihring og er mögulegt að hafa stefnubreytingu í þessum samskeytum frá 1,5° upp í 5° án þess að þéttleiki þeirra minnki (4). Skrófuð hólksamskeyti eru sérstaklega ætluð til að tengja saman seigjárnsteypurör og rör af annarri gerð og tvær tegundir eru fánlegar með bakhring (gland), föstum hólki og boltum. Aðra mætti nefna flangahólks- og hina boltahólksamskeyti. Sérstök gerð samskeyta eru þau sem ekki er hægt að draga í sundur (self anchoring) og eru tvær gerðir fánlegar, önnur af boltahólksgerð, hin með föstum hólki og báðar með ásoðnum stöðvunarhring á mjóenda. Að lokum má nefna stöðluð flangasamskeyti sem eru fánleg fyrir 10, 16, 25 og 40 bara þrýstingsþol.

Rörtengjum fyrir seigjárnsteypurör má skipta í þrjá flokka, hólktengi, flangatengi og hólk-flangatengi. Þau eru aðallega gerð út seigjárnsteypu en mun minna úr járnsteypu og fela í sér öll venjuleg tengi fyrir vatnsveitukerfi, t.d. beygjur, té, minnkanir, lok og einnig sjaldgæfari gerðir t.d. krossa, útskolunarté og hreinsirör með loki.

Helstu staðlar (4):

	Alþjóðastaðlar	Breskir staðlar	Þýskir staðlar
Seigjárnsteypurör fyrir þrýstingsleiðslur og rörtengi	ISO 2531	BS 4772	DIN 28600-28649
Hólktengi		BS 4772	DIN 28603
Skrúftengi og boltatengi		BS 4772	DIN 28601 og 28602
Sementsmúrhúðun	ISO 4179	BS 4772	DIN 2614
Þéttihringir		BS 2494	DIN 28617 DIN 3535-T3 DIN 4060
Sinkhúðun	ISO 8179	BS 4772	DIN 30674-T3
Jarðbikshúðun		BS 4147 BS 3416	DIN 30674-T4

Kostir og gallar:

Helstu kostir:

- Þau eru mjög sterk og þess vegna auðveld í flutningi og ekki þörf að gera strangar kröfur um fyllingu og þjöppun.
- Fjölbreyttir samtengingarmöguleikar og mikið úrval af tengjum.
- Slétt innra yfirborð og því góðir flutningseiginleikar.
- Þau hafa tæringarmótstöðu og sérstaklega eftir að þau hafa verið ryðvarin.
- Rafsuðumöguleikar (með sérstökum suðuvír og sérstökum vinnubrögðum).

Ókostir:

- Þau eru þung.
- Vegna styrkleika þeirra er erfitt að saga þau í sundur og þarf sérstakan útbúnað til þess (vélsög).
- Þau eru hlutfallslega dýr í minni pípuviddum.
- Ekki framleidd á Íslandi og afgreiðslutími því nokkuð langur.

- e. Tæringarmótstaða þeirra er ekki mikil í súrum jarðvegi.

10.4.4 STÁL RÖR

Þótt stálrör séu yfirleitt ekki notuð í dreifikerfi vatnsveitna í dag geta þær aðstæður komið fyrir þar sem þau eru besti kosturinn. Slíkar aðstæður geta verið mikið álag vegna innri þrýstings eða mikið ytra álag frá umferð og jarðvegi eða vegna missigs á undirlagi eða hreyfinga í jarðskjálfta.

Helstu kostir stálröra eru mikill styrkleiki og rafsúðuhæfni en ókostur er hversu litla tæringarmótstöðu þau hafa. Þau eru framleidd til flutnings á jarðgasi, olíu og vatni í stærðum frá 4- 2020 mm (ytra þvermál) og með þrýstingsþol á bilinu 1-100 bör.

Yfirlit yfir helstu röragerðir samkvæmt DIN 2410:

		Þýskur staðall	Þrýstingsþol Bör	Ytra þvermál mm
Rör með skrúfgangs-samskeytum	Minni veggþykkt	DIN 2440	-25	10,2 - 165,1
	Meiri veggþykkt	DIN 2441	-25	10,2 - 165,1
	Gæða rör	DIN 2442	-100	10,2 - 165,1
Heildregin rör		DIN 2448	Allir flokkar	10,2 - 588,8
		DIN 2449	-25	"
		DIN 2450	-100	"
		DIN 2451	-100	"
		DIN 2456	-100	"
	DIN 2457	-100	"	
Rafsoðin rör		DIN 2458	Allir flokkar	10,2 - 1016
Rör f. vatn og jarðgas		DIN 2460	-64	60,3 - 508
		DIN 2461	-64	60,3 - 2020

Þau rör sem mest eru notuð í vatnsveitur eru samkvæmt DIN 2460. Þau eru framleidd með rafsoðinni samsetningu (DIN 1626) eða heildregin (DIN 1629) úr stáltegundunum St 37,0, St 44,0 og St 52,0. Þau eru varin gegn tæringu á sama hátt og seigjárnsteypurörin, með plastklæðningu eða jarðbikshúðun að utan og sementsmúrklæðningu að innan (1).

10.4.5 ASBESTRÖR

Þessi rör voru töluvert mikið notuð hér fyrir 1970, en eftir gildistöku reglugerðar nr. 74/1983, sem bannar innflutning og notkun á asbestörum, var notkun þeirra hætt. Ástæða fyrir þessu er sú, að asbestryk sem andað er að sér getur valdið alvarlegum lungnasjúkdómi (asbestosis), en að öðru leyti er asbest alls ekki hættulegt efni.

Rörin eru framleidd úr asbestrefjum og sementi. Þau voru fyrst framleidd árið 1913 (13), en núna eru þau framleidd samkvæmt þýska staðlinum DIN 19800. Algengustu stærðir (innra þvermál) eru á bilinu 50-600 mm og þrýstingsflokkar röranna eru 2,5, 6,0, 10,0, 12,5 og 16,0 bör.

Asbeströr eru sterk og þola vel ytra og innra álag frá jarðvegi og vatnsþrýstingi. Innra yfirborð þeirra er mjög slétt og er flutningsgeta þeirra því sérlega góð. Þau búa yfir mjög góðri mótstöðu gegn tæringu frá vatni og jarðvegi (1). Fjölbreytt rörtengi eru fánleg úr asbesti (hólk- og beygjutengi) og úr seigjárnsteypu (13).

10.4.6 PVC RÖR

PVC rör eru framleidd úr plastefni sem er nefnt polyvinylchloride á erlendum málum. Á ensku er það oft táknað uPVC eða UPVC (unplasticised PVC) og á þýsku PVC hart, PVC-U eða PVC-HI (weichmacherfreies PVC). Eðlisþyngd þess er $1,4 \text{ kg/dm}^3$ og hitaþenslustuðull $8 \times 10^{-5} (1/^\circ\text{C})$.

Það hefur mikla mótstöðu gegn tæringu og er talið þola sýrustig á bilinu pH 2-12 (1). Ókostur er hins vegar að það verður stökkt við lágt hitastig og er ekki talið ráðlegt að leggja PVC rör í frosti (1).

PVC rör eru aðallega framleidd í þrýstingsflokkum 6, 10 og 16 bör og í pípuviddum 63-630 mm (ytra þvermál). Þau eru framleidd með eða án hólks (múffu) og eru hólkur ýmist gerðir fyrir þéttihring eða límd samskeyti.

PVC rör hafa ekki verið notuð mikið í vatnsveitur á Íslandi, en notkun þeirra vex hröðum skrefum í öðrum löndum t.d. í Hollandi þar sem lagðir voru að meðaltali 1150 km á ári í dreifikerfum vatnsveitna á tímabilinu 1970-90. Á sama tíma voru aðeins lagðir þar 350 km á ári að meðaltali af asbest rörum og lítið sem ekkert af öðrum rörtategundum (16). PVC rör með límdum samskeytum hafa verið notuð í leiðslukerfi sundlauga á Íslandi í allmörg ár.

Styrkur og ending PVC röra eru háð tíma, hitastigi og þrýstingi. Styrkurinn minnkar með hækkandi hitastigi og þrýstingi og er gerð góð grein fyrir þessum og fleiri eiginleikum efnisins í (11). Veggþykkt PVC röra er við það miðuð að þau þoli uppgefinn vinnuþrýsting við 20°C í 50 ár með öryggisstuðli 2,5 eða með leyfilegri togsþennu í rörvegg = 10 N/mm^2 (1). Ef álag er breytilegt, t.d. þegar rörin eru tengd dælukerfi með breytilegum þrýstingi verður endingartími þeirra styttri en við stöðugan þrýsting.

Í breska staðlinum CP312, part 2, amendment 2337 frá 30. sept. 1977 er mælt með neðanskráðum takmörkunum á leyfilegum þrýstingi í PVC leiðslum sem verða fyrir þrýstingshöggum vegna leiðslulokunar eða dælustöðvunar og gangsetningar:

- Mesti þrýstingur í þrýstingshöggsvæiflum má ekki fara yfir uppgefinn vinnuþrýsting röranna.
- Munurinn á mesta og minnsta þrýstingi má ekki vera meiri en 50% af uppgefnum vinnuþrýstingi röranna.
- Takmarkanir á undirþrýstingi.

Rör í þrýstingsflokki:

- | | |
|------------------|--|
| 6 bör eða neðar: | Undirþrýstingur ekki leyfður. |
| 9 bör: | Undirþrýstingur að 0,5 bar leyfilegur. |
| 12 bör og ofar: | Undirþrýstingur 1,0 bar leyfilegur. |

- d. Ef þrýstingi er haldið innan ofanskráðra marka mun leiðslan endast í hönnunartímann, t.d. 50 ár, ef þrýstingssveifluhrinurnar eru ekki fleiri en 6 á klst. að meðaltali.

Nánar er fjallað um endingu PVC röra við þrýstingssveifluálag í heimildum (10-b) og (11).

Kostir og gallar:

Helstu kostir PVC röra eru:

- Mikil tæringarmótstaða gegn flestum efnum, eins og áður er nefnt.
- Slétt innra borð ($k = 0,007$ mm) og flutningsgeta því mjög góð.
- Þau eru létt og auðveld í flutningi og lagningu.
- Rörtengi eru fjölbreytt og auðvelt að skeyta þau saman.

Ókostir þeirra eru hins vegar:

- Þau gefa frá sér (við "migration) efni sem geta valdið slæmri lykt og slæmu bragði á vatninu sem þau eiga að flytja (17).
- Þau eiga það til að hleypa í gegnum sig (permeation) lífrænum efnum sem geta mengað vatn innan rörveggja þeirra (2).
- Endingartími þeirra styttist við þrýstingssveifluálag.
- Þau verða stökk við lágt hitastig, eins og áður er nefnt, og eru þá sérstaklega viðkvæm í lagningu.
- Ekki framleidd á Íslandi (nema sem frárennslisrör) og afgreiðslutími því nokkuð langur.

Staðlar:

PVC rör og rörtengi eru framleidd samkvæmt:

Þýskum stöðlum, DIN 1861, DIN 8062 og DIN 8063.

Sænska staðlinum, SS 1776

Breskum stöðlum: BS 3505, BS 3867, BS 4346 og CP 312.

10.4.7 PEH RÖR

PEH rör eru framleidd úr plastefni sem er nefnt "high density polyethylene" á ensku og táknað með HDPE. Rör eru einnig framleidd úr eðlisléttara polyethylene. Þau eru táknuð með PEM og PEL á íslensku en MDPE (medium density) og LDPE (low density) á ensku.

PEL rör voru fyrst framleidd í heiminum árið 1945, PEH rör 1955 og PEM 1971 (35).

Staðlar:

Framleiðsla PE röra á Íslandi fer fram samkvæmt þýsku stöðlunum DIN 8074 og DIN 8075.

Staðallinn DIN 8074, "Rohre aus Polyethylen PE63, PE80, PE100, PE – HD,Masse", var gefin út í ágúst 1999 en ný útgáfa kom út í júní 2010.

I staðlinum er skrá yfir veggþykktir, SDR5 - SDR51, og þýngd röra fyrir rörstærðir Ø10 – Ø1600 mm. Í öðrum skrá er gefinn upp leyfilegur innri þrýstingur í röri fyrir

mismunandi vatnshitastig, 10 – 70°C, mismunandi líftíma, 5 – 100 ár, mismunandi öryggisstuðla, 1,25, 1,60 og 2,00 og efnisstyrk, 63, 80 og 100 bör táknað PE63, PE80 og PE100.

Í staðlinum er einnig skilgreining á SDR – hlutfallinu. Það er sem næst hlutfallinu milli ytra þvermáls, D, og veggþykktar P,

$$SDR = \frac{D}{P}$$

Táknun á röri með ytra þvermáli 180 mm, SDR hlutfallinu 17,6 og efnisstyrk PE100 getur þá verið Ø180 – SDR 17,6 – PE100, samkvæmt DIN 8074.

Til að finna þrýstihól rörs, p, í 50 ár við 20°C vatnshita má nota formúluna

$$p = \frac{2\sigma}{(SDR - 1)SF} \quad (39)$$

Þar sem σ er efnisstyrkurinn, t.d. 100, 80 eða 63 bör og SF öryggisstuðull 1,25, 1,60, eða 2,0.

Oftast er stuðullinn 1,25 notaður við val á rörum þegar um vandaða framleiðslu er að ræða.

Staðallinn DIN 8075, “Rohre aus Polyethylen (PE), PE63, PE80, PE100, PE – HD. Allgemeine Guteanforderungen, Prüfung”, var einnig gefinn út í ágúst 1999 en ný útgáfa kom út í júní 2010.

Hann fjallar fyrst og fremst um gæðakröfur og prófanir á PEH – rörum sem eru ætluð í þrýstingsleiðslur en einnig er lýst prófun og styrkleikakröfu á rörum sem nota á í leiðslur án innri þrýstings.

Sennilega munu báðir gömlu staðlarnir frá 1999 gilda í eitt ár frá útgáfu þeirra nýju frá í júní 2010 (38).

Framleiðsla polyethylenröra á Íslandi.

Fyrstu rörin voru framleidd á Reykjalundi árið 1955 undir stjórn framleiðslustjórans Jóns Þórðarsonar (36 og 40).

Hann var frumkvöðull á þessu sviði, hafði áður rekið fyrirtækið Plastic hf. sem framleiddi vörur úr plasti, en seldi það árið 1953 til Reykjalundar (40).

Fyrstu rörin voru úr léttu polyethylen, PEL með efnisstyrk PE50 (36).

Á árunum eftir 1960 hófst svo framleiðsla á PEH rörum á Reykjalundi. Þau voru gerð úr PE63 efni og síðar bættist við framleiðsla úr PE80 og PE100, en hætt var að framleiða rör á Reykjalundi í árslok 2009.

Fyrstu rörin sem framleidd voru á Íslandi voru grönn, varla víðari en Ø40 mm. Þegar leggja þurfti víðari rör voru þau keypt erlendis frá og voru þau oftast úr asbesti, seigjárnri eða stáli.

PEH rör voru framleidd víðar en á Reykjalundi og má í því sambandi nefna neðanskráða aðila, en hugsanlega voru þeir fleiri:

Börkur hf í Hafnarfirði (aðallega rörkápurnar utan um hitaveiturör), Hula hf á Flúðum á árunum 1988 – 1993, Sæplast hf á Dalvík 1994 – 1998, Jón E. Hjartarson á Læk í Ölfusi, Hjalteyrarplast hf á Hjalteyri, Ósplast hf á Blönduósi, fyrirtæki á Sauðárkróki og Set hf á Selfossi, (36).

Núna er Set hf á Selfossi eini framleiðandi PE röra á Íslandi. Fyrirtækið hóf framleiðslu á þessum rörum árið 1982 og framleiddi þá stærðir á bilinu Ø20 – Ø200.

Núna framleiðir Set hf PEH vatnsveiturör úr PE80 og PE100 í 22 stærðum á bilinu Ø20 – Ø500 með veggþykktir SDR33, 26, 17,6 og 11.

Grennstu stærðirnar, Ø20 – Ø75, eru nær eingöngu framleiddar með veggþykktum SDR 17,6.

PEH rör eru afgreidd í mismunandi lengdum, þau grennri ($d_u \leq 90$) í upprúlluðum 25 – 250 m lengdum og þau víðari í 12 – 15 m lengdum, eða eftir óskum kaupenda eða flutningsmöguleikum.

Set selur einnig ýmislegt annað vatnsveituefni, t.d. rörtengi, stopploka, einstefnuloka, útloftunarloka, brunahana og búnað til að sjóða saman rörenda.

Áhrif þrýstingsveiflna á endingu röranna:

Ending PEH röra er talin stytast á sama hátt og PVC röra við síendurtekna þrýstingsveiflur. Þessi eiginleiki PEH röra er þó ekki eins vel rannsakaður og hjá PVC rorum. Við mat á styrk röra við slíkt álag er mælt með að nota reglurnar í breska staðlinum CP312, sem skráðar eru hér á undan í kaflanum um PVC rör (10-b).

Samskeyti röra og rörtengi:

Algengast er að sjóða rörenda saman og er það gert með því að hita þá upp í 215°C og pressa þá því næst saman með þrýstingi 1,5-2,0 bör (5). Í köldu veðri er e.t.v. heppilegra að nota hærra hitastig en 215°C og er þá miðað við að hitastigið nái ekki að lækka niður fyrir 200°C, þegar suðufletirnir eru pressaðir saman.

Talið er að styrkur slíkrar suðu geti verið 90-100% af styrk viðkomandi röra (5). Mikið úrval af PEH rörtengjum fyrir samsuðu er fáanlegt, þar á meðal flangakragar, sem hægt er að sjóða við rörenda til að búa til boltuð flangasamskeyti. Önnur suðutengi eru svonefnd rafsuðutengi, sem eru hólkatengi með innlögðum rafhitapráðum.

Þau geta verið heppileg þar sem er lítið rými og erfitt eða ómögulegt að koma að venjulegri suðuvél. Skrúftengi úr málm eða PVC eru algeng fyrir minni pípuviddir, $d_u = 20-75$ mm og flangatengi (kompresionskoppling) úr nælonhúðaðri járnsteypu eru fáanleg fyrir víðari rör.

Ágætur fróðleikur er í danska staðlinum DS/INF 70 (1. útgáfa í okt 1992) um samsuðu PEH – röra (41).

Kostir og gallar:

Helstu kostir PEH röra eru:

- Mikil tæringarmótstaða gegn flestum efnum og ágæt mótstaða gegn rennslissliti (abrasion).
- Slétt innra borð og flutningsgeta því mjög góð.
- Þau eru létt og ekki brothætt og því auðveld í flutningi og í lagningu.
- Þau eru framleidd á Íslandi og seld á samkeppnishæfu verði. Þau eru því yfirleitt fáanleg með stuttum afgreiðslutíma.
- Rörtengi eru fjölbreytt og auðvelt að tengja þau saman.
- Þau brotna ekki þótt vatn frjósi í þeim.
- Þau eru beygjanleg.

Ókostir PEH röra eru hins vegar:

- a. Þau eru viðkvæmari en PVC rörin fyrir ýmsum lífrænum efnum, t.d. olíum og feiti (permeation) og geta leystst upp í bensíni við ákveðið hitastig (1 og 2). Í heimild (2) er sagt frá vaxandi fjölda "permeation" slysa í Hollandi og nefndar sérstaklega plastleiðslur nálægt bensínstöðvum og þurrfatahreinsunum og á iðnaðarsvæðum í því sambandi.
- b. Þau gefa frá sér ("migration") efni sem geta valdið slæmri lykt og slæmu bragði á vatninu (17 og 37).
- c. Endingartími þeirra stýttist við þrýstings sveifluálag (10-b og 11).
- d. Langrispur á ytra yfirborði röranna stytta endingartíma þeirra vegna hærri spennu í rörvegg. Það er því full ástæða til að meðhöndla rörin með varúð svo að slíkar rispur myndist ekki. Forðast ber að draga þau eftir yfirborði þar sem geta verið rispumyndandi hlutir og þegar þau eru hífd skal nota mjúkt efni í stroffur.
- e. Þau eru ekki alveg loftþétt.

10.4.8 GRP RÖR

Glertrefjastyrkt plaströr eru framleidd í pípuviddum $d_i = 200-2500$ mm og í þrýstingsflokkum 6, 10, 16, 20 og 24 bör. Algengar röralengdir eru 6,0 m. Þau eru gerð úr polyester, sandi og glertrefjum og eru trefjarnar ýmist stuttir bútar (50 mm) eða langar taugar sem eru spíralvafðar utan um rörin. Algengustu samskeyti röranna eru rennihólkskeyti þar sem hólkurinn er annað hvort með þremur þéttihringjum, eins og í samskeytum asbeströra (Reka-Kupplung) eða með einum samfelldum þéttihring, sem er jafn breiður og hólkurinn. Hægt er að hafa stefnubreytingu í þessum samskeytum án þess að þéttleiki þeirra skerðist, $2-4^\circ$ í víðari rörunum og $9-18^\circ$ í þeim grennstu. Aðrir möguleikar á samsetningu röranna eru með föstum hólki (Wavin) og þéttihringjum, með boltuðum flangasamskeytum, þ.e.a.s. með flangakrögum og lausum bakhringjum, eins og við tengingu PEH röra. Einnig er mögulegt að tengja saman tvo mjóenda með sérstökum stálklemmuhólki.

Staðlar:

Glertrefjastyrkt plaströr fyrir vatnsveitur eru framleidd samkvæmt ýmsum þjóðarstöðlum og einnig samkvæmt alþjóðastöðlum, t.d.:

BS 5480 Specification for glass fibre reinforced plastics (GRP) pipes and fittings for use for water supply or sewerage.
Part 1 Dimensions, materials and classification.
Part 2 Design and performance requirements.

ASTM D3517 Reinforced plastic mortar pressure pipe.

AWWA C950 Glassfibre reinforced thermosetting resin pressure pipe.

Kostir og gallar:

Þótt GPR rör hafi marga góða kosti hafa þau ekki verið mikið notuð í vatnsveitur á Íslandi en eitthvað hafa þau verið notuð í fiskeldisstöðvar. Þau hafa hins vegar verið

notuð í mörgum Evrópulöndum, t.d. í Austurríki, Belgíu, Hollandi, Frakklandi, Svíþjóð og á Spáni (1).

Helstu kostir þeirra eru:

- a. Þau eru létt og sterk og auðveld í lagningu.
- b. Þau hafa slétt innra borð ($k = 0,1$ mm) og hafa því góða flutningsmöguleika.
- c. Þau hafa mikla tæringarmótstöðu gegn sýrum og lútum og einnig gegn olíum og bensíni.
- d. Þau þola vel hita, kulda og útfjólublátt ljós.

Ókostir eru hins vegar:

- a. Þau eru viðkvæm fyrir hnjaski.
- b. Við lagningu þeirra eru gerðar mjög stangar kröfur til undirlags, fyllingar og þjöppunar.

10.5 ÝMIS BÚNAÐUR Í DREIFIKERFUM VATNSVEITNA

10.5.1 INNGANGUR

Í þessum kafla er fjallað um stopploka, stjórnloka, einstefnuloka, útloftunarloka, þrýstingsminkunarloka, þrýstingsaukningarbúnað og brunahana.

10.5.2 STOPPLOKAR

Hlutverk stopploka í dreifikerfum er að loka leiðslu hæfilega þétt þannig að rennsli stöðvist. Algengastir eru rennilokar en spjaldlokar eru einnig mikið notaðir.

Rennilokar (gate valves) eru framleiddir í mörgum gerðum og má flokka þá eftir ýmsum eiginleikum, t.d.:

- a. **Þrýstingsþol**, sem getur verið 4, 6 10, 16 eða 25 bör.
 - b. **Byggingarlengd**.
Samkvæmt DIN stöðlum eru til tvær lengdir af hverri stærð. Fjögurra bara lokar eru einungis framleiddir í styttri lengd, en 6, 10 og 16 bara loka er yfirleitt hægt að fá í báðum lengdum (t.d. Hawle) a.m.k. í grennri víddum. 25 bara loka er líklega einungis hægt að fá í lengri gerð.
 - c. **Gerð tengja**.
Algengastir eru flangalokar en aðrir möguleikar eru:
 - með múffu á báðum endum,
 - með múffu á öðrum enda og flanga á hinum,
 - með tveimur mjóendum með eða án gengja og
 - með múffu á öðrum enda og mjóenda hinum megin.
- Tveggja flanga renniloki frá Erhard. Loka og spindilhús úr járnsteypu PN 6 bör. Spindill úr ryðfríu stáli með gengjum að innan.
- d. **Efni í lokahúsi**.
Járnsteypulokar voru algengastir en núna eru seigjárnsteypulokar algengir og einnig má fá loka úr ryðfríu stáli.
 - e. **Ryðvörn lokahúss**.
Algengt er að ryðverja lokahús með jarðbiki, sinkhúðun, epoxy málningu (Hawle) eða glerhúðun (enamel) (Erhard Armaturen).

f. Þétting milli loku og lokahúss.

Í aðalstriðum eru um að ræða tvær gerðir þ.e.a.s. málmsæti úr ryðfríu stáli og kopar (Erhard Armaturen) eða gervigúmmíþéttihring t.d. úr Buna N (Erhard) eða EPDM (Hawle).

Ýmsar aðrar gerðir af rennilokum eru fáanlegar, t.d. þeir sem eru sambyggðir með T-tengi eða þeir sem eru innbyggðir í T-tengi (3 lokar), í kross (4 lokar) eða í minnkun (Hawle). Þessar gerðir af lokum geta komið sér vel þegar lítið pláss er til ráðstöfunar fyrir leiðslukerfið.

Fáanlegar víddir á rennilokum fyrir vatnslagnakerfi eru á bilinu d_n 20 til 600 mm og hægt er að fá 6,0 bara loka í víddum 600-1200 mm. Ókostur við víðari gerðir af rennilokum er hversu byggingarhæð þeirra er mikil. Spjaldlokar eru miklu lægri.

Rennilokar eru ekki heppilegir til að stjórna rennsli. Þeir eru fyrst og fremst gerðir til að vera fullopnir eða fulllokaðir. Öðru máli gegnir um spjaldloka (butterfly valves). Þeir geta þjónað ágætlega sem stjórnlokar og einnig sem stopplokar.

Helstu hlutar spjaldloka eru:

- hús með eða án flanga,
- hringlaga spjald með þéttihring og festingarbúnaði fyrir spindil,
- spindill og stjórnúnaður til að snúa honum.

Spjaldinu er annað hvort snúið með láréttum eða lóðréttum spindli og er hreyfing þess 90° frá lokaðri í fullofna stöðu.

Einfaldasti stjórnúnaður lokans er hjól sem fest er á annan enda spindils, en viðameiri er gír sem breytir snúningsplani og minnkar átak við lokun og opnun. Umfangsmestur búnaður spjaldloka er gír og vél sem drifin er með rafmagni, vökva eða lofti.

Spjaldlokar eru framleiddir í nafnmálsstærðum $\varnothing 40 - 3000$ mm í þrýstingsflokkum 2,5 til 40,0 bör samkvæmt þýska staðlinum DIN 3354/2 og 3354/3. Algengustu lokar fyrir vatnsveitukerfi eru í þrýstingsflokkum 6, 10 og 16 bör. Staktöp í spjaldlokum eru breytileg eftir vídd þeirra og þrýstingsflokki, en algengt er að reikna með $\zeta = 0,25$ (1).

Spjaldloka má í aðalatriðum flokka eftir sömu byggingarþáttum og renniloka. Þeir eru þó ekki framleiddir með jafn fjölbreyttum tengingarmöguleikum og rennilokar, yfirleitt aðeins í tveggja flanga eða flangalausri gerð. Byggingarlengd þeirra er yfirleitt styttri. Tveggja flanga lokar eru jafn langir og styttri gerð renniloka og flangalausir lokar eru mun styttri.

Tveggja flanga spjaldloki, PN 10 bör, með gír og handhjól frá Erhard. Hús og spjald úr seigjárnsteypu og þéttingar úr Buna N gúmmí. Vísir á girhúsi sýnir stöðu spjaldloku..

10.5.3 STJÓRNLOKAR

Algengustu stjórnlokar í vatnsveitukerfum eru spjaldlokar og sætislokar (globe valve). Kúlulokar eru sjaldan notaðir. Spjaldlokar hafa litla rennismótstöðu eða ζ á bilinu 0,25-1,5, en sætislokar mun meiri með ζ -gildi á bilinu 2,0-10,0 (19). Þegar stjórnlokar eru valdir eru nokkur atriði, sem mikilvægt er að hafa í huga, t.d. (26):

- a. Lokinn ætti að hafa áhrif á rennslið á öllu lokunarbílinu, þ.e.a.s. hafa góða stjórneiginleika.
- b. Mesta rennsli um lokann þarf að takmarka við að álagið verði ekki of mikið fyrir sjálfan lokann eða stjórnþúnað tengdan honum.
- c. Athuga þarf að rennslisþraði verði ekki svo mikill að vatnið "sjóði" (cavitation) og valdi skemmdum á lokanum. Sumir lokar þola illa rennsli við litla opnun vegna þessa.
- d. Suma loka ætti ekki að hafa í stöðu nálægt fullopinni, t.d. suma spjaldloka. Á vissu bili getur snúningsálag straumsins skipt stöðugt um stefnu og valdið of miklu álagi á spindil og lokunarbúnað lokans.
- e. Þess skal gætt að hreyfing á stjórnloka verði ekki það hröð að þrýstingshögg myndist og hækki eða lækki þrýsting yfir þau mörk sem leiðslukerfið þolir.

Rennslistjórnareiginleikum loka er oft lýst með línuriti sem sýnir staktapsstuðulinn

ζ ($\Delta h = \zeta \frac{v^2}{2g}$) sem fall af opnun (opnunarhlutfall í % eða opunarstaða í gráðum).

Á myndinni hér fyrir neðan er slíkt línurit sýnt fyrir spjaldloka frá Jóhannesi Erhard. Staktapsstuðullinn er háður lokastærð og þrýstingsflokki og fer stækkandi með minnkandi pípuvidd og hækkandi þrýstingsþoli.

Lóðrétti ásinn sýnir staktapsstuðulinn ζ á bilinu 0,1-1.000 og lárétti ásinn stöðu lokans (fullopinn 90° og lokaður = 0°). Efsta línuritið á við um loka DN 150, PN 15 og það neðsta DN 1.600, PN 6.

Línuritið hér fyrir neðan er einnig fengið að láni frá Jóhannesi Erhard. Það sýnir leyfilegan aðrennslisþraða (miðað við d_n) í 6, 10 og 16 bara spjaldlokum frá fyrirtækinu.

Lóðrétti ásinn sýnir vatnsþrýsting í börum og lóðrétti ásinn leyfilegan hámarks rennslishraða í m/sek.

Sætislokar.

Í venjulegum sætisloka myndar rennslisbrautin Z-beygju, sem hefur þau áhrif, að þrýstingsfall er mikið í lokanum (ζ á bilinu 2-10) og þar með er hann góður stjórnloki. Heppilegast er að staðsetja lokann þannig að rennslið stefni upp um sætisgatið, hornrétt á lokuna. Með því fyrirkomulagi er minni hættu á rennslissliti, titringi og hávaða, þegar lokinn er notaður við rennslisstýringu (27).

Sætislokar eru einnig framleiddir sem vinkillokar (angle valve) og lokar með 45° halla á spindli (friströmsventil, Y-pattern valve). Þeir eru til í þrýstingflokkum upp í 40 bör og í nafnmálsstærðum á bilinu 15-300 mm.

10.5.4 EINSTEFNULOKAR

Algengustu gerðir einstefnuloka eru: spjaldlokar, kúlulokar, þindarlokar og sætislokar. Heppilegasta gerð þeirra fer eftir aðstæðum hverju sinni og miðast val á þeim oft við að draga úr hættu á miklum þrýstingshöggum við stefnubreytingar rennslis og stundum þarf að aðgæta að hugsanleg óhreinindi í vatninu trúfli ekki virkni þeirra.

A.m.k. tvær gerðir spjald-einstefnuloka eru notaðar í vatnsveitukerfum. Önnur þeirra er með spjaldi sem hangir í liðamótum sem komið er fyrir efst á spjaldinu (swing check valve, Rückschlagklappe), en hin gerðin er útbúin með lokunarspjaldi sem snýst um spindil sem komið er fyrir í tvíhjámíðju-staðsetningu. Þessir lokar eru fánlegir með armi og færanlegu lóði, sem flýtir fyrir lokun og eykur um leið þrýstingsfall um lokann.

Tvær gerðir spjald-einstefnuloka frá Erhard. Þeir eru útbúnir með armi og færanlegum lóðum.
 Þrýstingsþol 10 bör.

Í þindarloka (Membran-Rückflusssperre) er hringlaga gúmmíþind komið fyrir utan um perulagðan hlut í miðju lokahússins. Þessi loki er sérstaklega gerður til að hafa lokunina mjúka, en ókostur er að nokkurn þrýsting þarf til að opna hann, 1-1,5 m.vs. (1).

Kúlu-einstefnulokar (ball check valve) eru með sæti eins og sætislokar og kúlu sem sest á sætið og lokar fyrir rennslið þegar rennslisstefnan er slík. Við mótstæða rennslisstefnu lyftist kúlan frá sætinu og færast inn í sérstakt hús þar sem hún truflar rennslið óverulega.

Sætis-einstefnulokar eru fáanlegir í a.m.k. tveimur gerðum. Í annarri þeirra er sætið eins og í venjulegum sætisloka með sætisflötum samsíða rennslisstefnunni. Lokuspjaldið er úr málmni með áföstum stangarbút, sem gengur inn í leiðirör þegar lokan lyftist frá sætinu. Þegar straumstefnan breytist í "lokunarstefnu" sígur lokan að sætinu vegna þyngdar sinnar (lárétt uppsetning nauðsynleg) eða vegna krafts í gormi sem komið er fyrir í leiðirörinu (piston check valve).

Í hinni sætislokagerðinni er sætið hornrétt á straumstefnuna og sæti og lokuspjald mynda kraga utan um perulaga hlut í miðju lokahúsi. Stangarbútur áfastur lokuspjaldinu og tengdur gormi tryggir snögga lokun, þegar það á við. Lokar af þessari gerð (nozzle check value) eru framléiddir af Mannesheim Demag AG í stærðunum 25-1500 mm og í þrýstingsflokkum upp í 400 bör. Lokunartími þeirra er minni en 0,15 sek.

10.5.5 ÞRÝSTINGSMINNKUNARLOKAR

Flestir þrýstingsminnkunarlokar eru byggðir upp á svipaðan hátt. Þeir eru sætislokar og er lokuspjaldinu komið fyrir undir sætisopinu. Spindill tengir saman lokuspjald og þind og þar fyrir ofan er áfastur og stillanlegur gormur.

Hinn minnkaði þrýstingur (sem lokinn er stilltur á) virkar á þindina og leitast við að loka lokanum, minnka rennsli og auka þrýstingsminnkun. Gormurinn er hins vegar spenntur þannig að hann leitast við að opna lokann. Þegar þrýstingur í aðrennsli að þrýstingsminnkunarloka fer niður fyrir viss mörk fer lokinn í fullopna stöðu og eftir það er þrýstingsfall í gegnum hann óháð innstillingu og aðeins háð rennsli og staktapsstuðli.

Ýmsar tegundir loka eru í notkun eða hafa verið boðnar til sölu hér á landi. Af þeim má nefna Samson, Braukmann, Clayton, Hawido og IWKA. Þrýstingsminnkunarlokar eru mjög gagnlegir í dreifikerfum vatnsveitna. Þeir minnka lekamagn og lengja endingartíma plastleiðslna.

Þrýstingsminnkunarloki frá Honeywell Braukmann fyrir mesta þrýsting 16 bör og mestu þrýstingsminnkun 14,5 bör.

10.5.6 BRUNAHANAR

Brunahanar eru annað hvort gerðir fyrir ofanjarðar eða neðanjarðar uppsetningu. Algengastir hér á landi eru ofanjarðar brunahanar og eru þeir framleiddir í nafnmálsstærðum Ø80, Ø100 og Ø150 mm og í þrýstingsflokkum 10 og 16 bör. Nafnmál brunahana á við um tengistút hans að neðan.

Ofanjarðar brunahanar.

Þeir voru framleiddir hér á landi í allmörg ár af vélsmiðjunni Hamri hf. en núna hefur Stálsmiðjan hf. tekið við framleiðslunni. Þessi brunahanar eru Ø80 og Ø100 mm, sjálfstemandi og með aðeins einum slöngustút Ø65 mm. Þeir eru gerðir úr járnsteypu. Brunahana má flokka eftir ýmsum eiginleikum fyrir utan nafnmál og þrýstingsþol, t.d.

a. Fjöldi slöngustúta.

Algengast er að þeir hafi tvo Ø65 mm stúta og víðari gerðirnar þriðja stútinn Ø100. Samkvæmt þýska staðlinum DIN 3222 eru Ø80 mm brunahanar útbúnir með tveimur Ø50 mm slöngustútum. Mjög mikilvægt er að gerð slöngustúta passi við þau rörtengi sem viðkomandi slökkvilið er með í förum sínum. Brunahanar eru fáanlegir með og án slöngustútsloka með tilheyrandi keðjum.

b. Efni í bol.

Seigjárnssteypa (ductil) er algengust núna, en áður var járnsteypa nær eingöngu notuð. Brunahanar úr ryðfríu stáli eru einnig fáanlegir.

c. Brunahanaloki.

Lokinn er yfirleitt sætisloki sem er staðsettur neðst í bolnum og er ýmist opnaður á móti þrýstingi (lokan fyrir neðan sætið) eða undan honum.

Mynd til vinstri sýnir brunahana úr ryðfríu stáli frá Hawle. Þrjár slöngustútar Ø65 og Ø110 mm með loki og keðju eru sýndir. Sætislokinn er með loku ofan sætis. Hann er bæði aðalloki og sjálf-tæmingarloki. Tæmingarstúturinn er Ø25 mm og tengistútur að neðan er með flanga. Bolurinn er án brotsniðs.

Myndin til vinstri sýnir brunahana úr járnsteypu frá American Darling Valve. Hann hefur brotsnið og sætisloka með loku undir sæti. Fótbeygjan er með hólktengi og er hluti af lokahúsinu.

d. Brotsnið.

Sumir brunahanar eru framleiddir með brotsniði (break away connection, Sollbruchstelle), sem er haft fyrir ofan jarðaryfirborð (0,12 m samkvæmt DIN 3222). Hlutverk þess er að koma í veg fyrir að brunahanalokinn opnast, þegar brunahaninn brotnar, t.d. við ákeyrslu. Brunahani án brotsniðs er yfirleitt með heilan bol milli hauss og lokahúss.

e. Tengistútur að neðan.

Tengistútur brunahana stefnir ýmist lóðrétt niður eða er láréttur, eins og hann er á American-Darling hönunum þar sem fótbeygjan er hluti hánans og lokahús um leið. Yfirleitt eru stútarnir með stöðluðum flöngum en hólkstútar eru einnig fánlegir.

f. Tæming brunahana,

Nauðsynlegt er að tæma brunahana eftir notkun, þ.e.a.s. rýmið i bolnum yfir lokanum, svo að ekki sé hætt á skemmdum í frosti. Nýir brunahanar eru yfirleitt útbúnir með sjálfvirkri tæmingu og felur hún í sér tæmingarstút sem er staðsettur neðst á bolnum, rétt fyrir ofan lokann. Þegar brunahanalokinn er í opinni stöðu er tæmingarstúturinn lokaður en við lokun opnast hann og bolurinn tæmist.

g. Þrýstingsfall í brunahönum.

Stærsti hluti þrýstingstapsins verður við stefnubreytingu rennslisins úr bol og inn í slöngustúta og í sætislokanum. Heildarþrýstingstap í brunahana ræðst því mjög af stærð og lögun þessara tveggja hluta hans.

Í Bandaríkjunum er staðalbundin krafa til brunahana um mest 2,2 m.vs. þrýstingsfall við 63,1 l/sek rennsli um Ø114 mm slöngustút eða $H = 0,00055 \cdot q^2$.

Samsvarandi kröfur samkvæmt DIN 3222/2 eru ekki alveg sambærilegar af því þær miðast við rennsli um einn Ø65 mm stút.

Þær fela í sér:

Fyrir brunahana Ø80 mm $H = 10$ m.vs. $q^{\min} = 15,3$ l/sek. eða $H = 0,0427 q^2$
og fyrir brunahana Ø100 mm $H = 10$ m.vs. $q^{\min} = 30,6$ l/sek. eða $H = 0,0107 q^2$

þ.e.a.s. mun meira þrýstingstap en bandarísku kröfurnar fela í sér.

Eftirlit og viðhald:

Mikilvægt er að haft sé reglubundið eftirlit með brunahönum, því ýmislegt getur komið í veg fyrir að þeir skili hlutverki sínu eins og til er ætlast. Eftirfarandi vankantar eru algengastir:

a. Stíflun

Ekki er óalgengt að möl eða aðrir aðskotahlutir stífli lokaop eða stúta.

b. Lokun

Stundum gleymist að opna fyrir loka á brunahanaleiðslu eftir að viðgerð hefur farið fram.

c. Efri hluti brunahana lekur

Lekinn getur verið í frostsprungu sem hefur myndast af því að haninn hefur ekki tæmt sig eftir notkun, en ástæðan getur verið stífluð eða þröng tæmingarrás eða lélegir tæmingarmöguleikar í fyllingu umhverfis hanann. Önnur ástæða fyrir leka getur verið sú, að sprunga hafi myndast við ákeyrslu.

d. Tærðir boltar

Öðru hvoru þarf að skipta um samsetningarbolta brunahana vegna tæringar. Mælt er með að nota heit-zinkhúðaða bolta frekar en raf-zinkhúðaða eða ryðfría (Aisi 304) (35).

Staðlar.

Þýskir staðlar eru:

DIN 3221	Unterflurhydranten. Teil 1 Masse. Teil 2 Anforderung, Prüfung.
DIN 3222	Überflurhydranten. Teil 1 Masse. Teil 2 Anforderung, Prüfung.
DIN 4055	Strassenklappen für Unterflurhydraten in Gehwegen und Fahrbahnen.
DIN 14308	B-Festkupplung mit Gummidichtring.
DIN 14309	A-Festkupplung mit Gummidichtring.
DIN 14375	Strandrohr PN 16.
DIN 19720	Tragplatten aus Beton für Strassenkappen.

Í Bandaríkjunum eru neðanskraðir staðlar mikilvægir:

AWWA, C 502.

Mutual Research Corporation and Underwriters Laboratories, UL 246.

Helstu tegundir brunahana á markaði hérlendis eru:

Ein-stúta Ø80 og Ø100 mm hanar í Stálsmiðjunni, eins og áður segir.

American-Darling, ITT Kennedy og Erhard hjá Adolfi Bjarnasyni.

Hawle hjá Tækja-Tækni hf.

V.S. Pipe hjá Varmaverki og

American Water Works hjá Eldvarnarmiðstöðinni hf.

10.5.7 ÞRÝSTINGSAUKNINGARBÚNAÐUR

Þrýstingsaukning með dælustöð í dreifikerfinu getur verið hagkvæm lausn við sérstakar aðstæður. Slíkar aðstæður eru yfirleitt þannig að takmarkaður hluti notenda hefur þörf fyrir viðbótarþrýsting vegna hárrar legu lands eða húss eða vegna mikillar fjarlægðar frá aðaldælustöð eða geymi. Þörf fyrir þrýstingsaukningu getur verið stöðug t.d. þar sem er mikil geometrisk lyftihæð, en hún getur einnig verið nær eingöngu á vissum tímum, t.d. við q^{\max} og q_{eldv} . Þar sem eru langar leiðslur að notkunarstað. Við síðarnefndu aðstæðurnar getur verið þörf fyrir þrýstingsminnkun um nætur, þegar notkun er í lágmarki og þrýstingsaukningu einhvern hluta dagsins þegar notkun er nálægt hámarki.

Áður en ráðist er í byggingu dælustöðvar fyrir þrýstingsaukningu er mikilvægt að gera sér grein fyrir hagkvæmni hennar með því að skoða aðrar mögulegar lausnir til samanburðar, t.d. aukningu á pípuvidd með endurnýjunar- eða viðaukaleiðslum, þrýstingsaukningu í aðaldælustöð vatnsveitunnar eða minnkun á leka og notkun. Helstu hlutar dælustöðvar af þessu tagi eru:

- Miðflóttaaflsdæla með nauðsynlegum rafbúnaði.
- Aðalleiðsla og framhjáleiðsla með stopp- og einstefnulokum og með stútum fyrir þrýstingsmæla og þrýstingsskynjara.
- Þrýstingsskynjari bak við dælu og búnaður (pressostat) sem stöðvar dælu við lítinn þrýsting og kemur í veg fyrir að hún gangi þurr. Sami búnaður setur dælu aftur í gang, ef þörf krefur, þegar þrýstingur hefur náð ákveðnu innstilltu marki.
- Þrýstingsskynjari á leiðslu eftir dælu og tilheyrandi stjórnþúnaður sem setur dælu í gang við lágan þrýsting og stöðvar hana við háan (pressostat) eða stjórnar snúningshraða hennar á þessu þrýstingsbili.
- Þrýstingsmælar fyrir og eftir dælu.
- Tæmingar- og útloftunarlokar.
- Hugsanleg tenging (um símastreng eða loftsamband) við fjarlæga stjórnstöð og boðsendir, sem sendir upplýsingar um gang dælu, þrýsting á undan og eftir henni og e.t.v. rennsli.

Við val á dælum og stjórnbúnaði þarf fyrst að athuga helstu þætti dælingarþarfarinnar, þ.e.a.s. nauðsynleg mestu og minnstu dælingarafköst og tilheyrandi lyftihæð við daglega notkun og við óvenjulega notkun (aðfangadagur, $q_{eldv.}^{max}$) og áætlað dælingarmagn. Ef bilið milli mestu og minnstu afkasta er stórt er líklegt að tvær eða fleiri dælar séu heppileg lausn og snúningshraðastýring er heppilegur stjórnbúnaður ef nauðsynleg lyftihæð er breytileg, auk þess kemur snúningshraðastýring alltaf til greina til að draga úr óþægindum vegna þrýstingshögga við gangsetningu og stöðvun dælna.

Dælunýtni og gæði dælustýringar eru þeim mun mikilvægari fyrir reksturskostnaðinn, því stærra sem dælingarmagnið er. Mjög góð lýsing er á gerð vatnsdælustöðva í heimild (28).

10.5.8 ÚTLOFTUNARLOKAR

10.5.8.1 Inngangur

Útloftunarlokar eru yfirleitt ekki settir á leiðslur í dreifikerfi vatnsveitna og eru ástæður fyrir þessu einkum tvær. Í fyrsta lagi er leitast við að sleppa þessum lokum af því þeir eru dýrir og taka mikið pláss með nauðsynlegum umbúnaði og í öðru lagi eru þeir ekki taldir bráðnauðsynlegir af því vatnsstraumurinn nær yfirleitt að rífa með sér samansafnað loft og skila því inn í heimtaugarnar þar sem það kemst auðveldlega inn í húsakerfi og út um töppunarkrana. Ekki eru þó allar heimtaugar góðar afloftunarleiðir. Bestar eru þær sem eru tengdar í eða við leiðslutopp götuleiðslu og hafa jafna stígandi að húsleiðslukerfi. Æskilegt er að hafa þetta í huga við hönnun og lagningu vatnsdreifikerfa og gera ráð fyrir aukadýpt á leiðslu þar sem hún liggur hæst svo að mögulegt sé að tengja heimtaug við leiðslutopp án þess að frostöryggi hennar sé skert of mikið.

Eins hólfis inn- og útloftunarloki frá Erhard. Hann er gerður fyrir vinnuþrýsting 1-10 bör og er án stopploka.

Önnur útloftunarleið er um brunahana og er sú leið sérstaklega greiðfær þegar brunahanaleiðsla er jafn víð og götuleiðslan. Það er því æskilegt, ef annað mælir ekki á móti því, að tengja brunahanaleiðslur við götuleiðslur þar sem þær liggja hæst.

Þriðja útloftunarleiðin í vatnsveitukerfum er um þar til gerða loka, sem annað hvort eru handstýrðir eða sjálfvirkir. Nafnmál útloftunarloka er oft valið u.þ.b. 1/8 af nafnmáli viðkomandi vatnsleiðslu. Þótt ekki sé talin þörf á sérstökum útloftunarlokum í dreifikerfum vatnsveitna, sbr. heimild (1), (8) og (15) er sjálfsagt að koma þeim fyrir við vissar aðstæður, t.d.

- a. Þar sem kemur fyrir langur leiðslukafli, e.t.v. með hápunktsstefnubreytingu, án útloftunarmöguleika um heimtaugar eða brunahana.
- b. Þar sem lagt hefur verið í kostnað við brunn utan um loka, rennslismæli eða annan búnað og þar sem viðbótarkostnaður við tengingu útloftunarloka er tiltölulega lítill.

Í tilvikum þar sem loftsamansöfnun á sér stað í vatnsveituleiðslu er hægt að meta nauðsyn þess að gera sérstakar ráðstafanir til útloftunar með hliðsjón af neðanskráðum línuritum. (1). Þau sýna þann lágmarks rennslishraða, sem er nægjanlegur til að loft í leiðslu berist með straumnum. Eins og sjá má, er nauðsynlegur rennslishraði vaxandi með vaxandi pípuvidd og með vaxandi halla í straumstefnu.

Línurit úr Taschenbuch der Wasserversorgung (1) sem sýnir nauðsynlegan rennslishraða í leiðslum við mismunandi aðstæður til að loft berist með straumnum.

Eitt línurit er fyrir hverja pípuvidd. Lóðrétti ásinn sýnir leiðsluhalla í % í straumstefnu og sá lárétti rennslishraða í m/sek. í leiðslunni.

10.5.8.2 Gerðir útloftunarloka

Handstýrðir lokar geta verið af hvaða gerð, sem fánleg er, en heppilegastir eru líklega keilu-, kúlu- eða sætislokar.

Sjálfvirkir útloftunarlokar eru annað hvort eins- eða tveggja hólfa. Í hverju hólfi er kúla, sem hefur það hlutverk að fljóta upp og loka fyrir útstreymisgat þegar lítið eða ekkert loft er í hólfinu. Þegar loft safnast upp í hólfið lækkar vatnsborð þess, kúlan fylgir með og loft kemst út um útstreymisgatið.

Sumir lokar virka aðeins við útloftun en aðrir virka í báðar áttir og hleypa lofti inn þegar verið er að tæma leiðslur. Þeir flýta fyrir tæmingu og minnka undirþrýsting í leiðslu við miklar þrýstingsveiflur.

Tveggja hólfa inn- og útloftunarloki frá Erhard. Hann er útbúinn með sætisloka og gerður fyrir vinnuþrýsting á bilinu 1-25 bör.

10.6 GERÐ LEIÐSLUKERFA

10.6.1 VATNSVEITULEIÐSLUR Í JÖRÐ

Við staðsetningu vatnveituleiðslna í jörð er nauðsynlegt að taka tillit til ýmissa sjónarmiða, sem því miður eru ekki alltaf fullkomlega samræmanleg og er því stundum nauðsynlegt að velja heppilega millileið.

Hæfileg dýpt leiðslu.

Vatnsveituleiðslur eru yfirleitt lagðar á vissu hæðarbili, sem takmarkast að ofan af hitaveituleiðslum, síma- og rafmagnsstrengjum og frostfrírri dýpt. Að neðan eru það hins vegar frárennislleiðslur og þá sérstaklega skólpleiðslur sem takmarka dýptina.

Í Þýskalandi miðast minnsta dýpt við neðanskráð þekjulag yfir leiðslum samkvæmt (1).

DN, mm 80-200, 250, 300, 400, 500, 600, 700, 800.

Lágmarksþykkt þekjulags, m 1,5, 1,45, 1,4, 1,35, 1,3, 1,25, 1,2, 1,15.

Hér á landi er algengt að leggja leiðslur 0,2-0,4 m grynna en þessu nemur. Sjálfsagt er að leggja vatnsveituleiðslur með jöfnum halla milli fyrirfram valinna brotpunkta svo að auðvelt sé að gera ráðstafanir til að tæma leiðslu í lágpunkti og lofttæma hana í hápunkti um heimtaug eða brunahana.

Staðsetning leiðslu í plani:

Fjárhagslega sjónarmiðið ræður því að vatnsveitu- og fráveituleiðslur eru oftast lagðar í sama skurð og í lítilli fjarlægð hvor frá annarri. Þessi ráðstöfun samræmist ekki kröfunni um lágmarkshættu á mengunarflutningi frá skólpleiðslu í vatnsveituleiðslu, en slíkur flutningur getur átt sér stað þar sem eru lekar á báðum leiðslum og þá sérstaklega þegar undirþrýstingur verður í vatnsveituleiðslunni, t.d. við tæmingu eða við miklar þrýstings-sveiflur.

Þar sem þannig hagar til, að grunnvatn stendur hátt og nær jafnvel yfir vatnsveituleiðslu eða leiðslur eru lagðar í þétt jarðlög með litlum niðursigsmöguleikum, er ástæða til að auka kröfur um minnstu fjarlægð milli þessara leiðslna. Í "Dansk Ingeniørforenings norm for fælles vandforsyningsanlæg" (8) er krafist minnstu fjarlægðar milli rörveggja 1,0 m þegar vatnsveituleiðslan er staðsett ofar og $1,0 + 1,5 \times h$ þegar hún er neðar. Hér táknar h hæðarmunur í m milli miðlína leiðslna. Leiðslur úr PEH og PVC plasti ætti að leggja sem lengst frá geymum og leiðslum með jarðgasi, bensíni eða olíum. Þegar slíkar leiðslur eru lagðar samsíða þessum mannvirkjum á bili milli rörveggja þeirra að vera minnst 1,0 m (8).

Mikilvægt er að vatnsveituleiðslur séu þannig staðsettar, að auðvelt sé að komast að þeim til eftirlits, viðhalds og viðgerða. Til að tryggja þetta eru neðanskráðar ráðstafanir æskilegar.

- a. Minnsta lárétta fjarlægð frá annarri leiðslu eða jarðstreng skal vera 0,4 m og minnsta lóðrétta bil við þverun 0,2 m (29).
- b. Fjarlægð frá undirstöðum bygginga skal vera nægileg til að öryggi þeirra sé ekki skert þótt grafið sé niður að leiðslu.

- c. Vatnsveituleiðslur skulu lagðar þar sem öruggt leyfi er fyrir að leggja þær og grafa niður að þeim síðar, t.d. í götusvæði viðkomandi sveitarfélags.

Ef leggja þarf leiðslu yfir land sem annar aðili á eða hefur umráðarétt yfir er nauðsynlegt að fá tilskilin leyfi fyrir lagningu og síðar aðkomu að leiðslunni.

Ef um er að ræða einkaeign, sem getur skipt oft um eiganda er öruggast að þinglýsa kvöð á eignina, sem tryggir fullnægjandi heimild fyrir staðsetningu leiðslunnar og aðkomu að henni. Slík kvöð ætti að ná yfir minnst 5 m breiða ræmu meðfram leiðslunni.

Lagning vatnsröra, fylling umhverfis þau og burðarþol þeirra.

Við flutning og lagningu vatnsröra skal þess gætt að burðarþol þeirra skerðist ekki. Auðvelt er að setja rispur í plaströr, t.d. með því að draga þau eftir hrjúfu yfirborði, en grunn rispa getur skert þrýstingsþol og endingartíma röranna verulega. Einnig þarf að gæta þess að ryðvarnarlag stál- og járnsteypuröra skemmist ekki. Rörin eru lögð á vel þjappað og jafnað jöfnunarlag úr grús, sem er haft minnst 0,05 m þykkt og með stærstu kornastærð 16 mm ef um plaströr er að ræða (30). Þar sem skurðbotninn er mjög ósléttur, t.d. sprengd klöpp eða gróf möl er nauðsynlegt að hafa jöfnunarlagið þykkara t.d. 0,10-0,15 m.

Stundum er nauðsynlegt að leggja burðarlag eða millilag undir jöfnunarlag þar sem skurðbotn hefur litla burðargetu, eða þar sem hann er sérstaklega grófur (grjót, gróf möl, nýlegt gljúpt hraun) og því hætta á að efni út jöfnunarlagi hripi niður.

Við lagningu stífra röra (stál-, járnsteypu- og asbeiströr) er lagt sérstakt stuðningslag úr sama efni og jöfnunarlagið í þykkt sem er minnst 0,05 m og mest $0,25 \times d_u$. Þessu lagi er ætlað er gefa rörbolnum stuðning á 60° - 90° hluta af botni hans.

Þegar leiðslukafli hefur verið þrýstingsprófaður og samþykktur af verkkaupa, hefst fylling meðfram rörum og yfir þau. Þessi fylling er þjöppuð í mest 0,3 m þykktum og þarf sérstaklega að gæta varúðar við fyllingu og þjöppun meðfram rörum svo að lega þeirra og samskeyti raskist ekki.

Þegar leiðslur eru lagðar í skurð þar sem er mikið vatnsrennsli getur þurft að minnka rennslið, t.d. með dælingu, til að koma í veg fyrir að fylling raskist.

Kröfur um fyllingar næst rörum samkvæmt heimildum (30) og (31).

a. Jöfnunarlag

Plaströr Stærsta steinastærð, $d^{\max} = 16$ mm, mest 10% þyngdar á bilinu 8-16 mm, ekki frosið efni og steinar ekki með hvössum hornum (ekki brotið efni). Minnsta þykkt 0,05 m, en þykkara lag undir hólkrörum og víðari rörum.

Stíf rör $d^{\max} = 32$ mm, mest 10% þyngdar á bilinu 16-32 mm, ófrosið efni. Minnsta þykkt 0,05 m, meiri þykkt með vaxandi pípuvidd, 30% meiri þykkt undir hólkrörum en hólklusum rörum.

b. Stuðningslag

Stíf rör Kröfur um kornastærð og frostleysi þær sömu og fyrir jöfnunarlag.

c. Fylling meðfram og yfir rör

Plaströr Kröfur um stærð og lögun korna og frostleysi þær sömu og fyrir jöfnunarlag.

Minnsta þykkt yfir rörhvirfli 0,10 m, meiri þykkt við rörtengi og loka.

Stíf rör $d^{\max} = 64$ mm, ófrosið efni, sem inniheldur ekki tærandi efni.

Til greina kemur að nota sand í ofanefndar fyllingar, þegar engin hættu er á að hann hripi inn í aðliggjandi jarðlög þannig að holrúm myndist og stuðningur við leiðslu minki verulega.

d. Fylling í efri hluta skurðar

Kröfur til þessarar fyllingar eru óháðar rögagerð og byggjast oftast á vegatæknilegum sjónarmiðum, þ.e.a.s. að burðareiginleikar og frostöryggi fyllingar í skurði séu svipuð og utan skurðar.

Sérstök athugun á burðarþoli

Þegar búið hefur verið um rör eins og lýst er hér á undan, samkvæmt dönsku stöðlunum DS 430 og DS 437, er yfirleitt ekki ástæða til að gera sérstaka athugun á burðarþolsöryggi vatnsveituleiðslu. Við vissar aðstæður er þó rétt að framkvæma slíka athugun t.d.

- Þar sem álag frá umferð er mikið vegna þunga umferðar og þunns þekjulags ofan á leiðslu.
- Þar sem er mikið álag frá fyllingu af því þekjulag er þykkt og burðargeta skurðveggja er lítið.
- Þegar rör eru í lægstu þrýstingsflokkum.
- Þar sem undirþrýstingur getur komið fyrir í leiðslu.

Við burðarþolsathugun á rörum í jörð er bent á heimildir (11) og (32). Sjá einnig (106).

10.6.2 STOPPLOKAR

Engar sérstakar reglur gilda um staðsetningu stopploka í dreifikerfum vatnsveitna, en algengast er að þeir séu settir:

- a. Við helstu greiningar og er við það miðað að hægt sé að loka af ákveðna leiðslukafla án þess að of margir íbúar missi vatnsaðfærslu við það.
- b. Við brunahana.
- c. Báðum megin við þrýstingsaukningasrdælur, þrýstingsminnkunarloka, rennslismæla og e.t.v. útloftunarloka og á tilheyrandi hliðarleiðslur, ef lagðar eru.

Lokar við greiningar og við brunahana er yfirleitt komið fyrir í fyllingu með spindilframlengingu, spindilhlíf og vatnshanaólki efst. Árangursrík aðferð við að auka ryðvörn niðurgrafinna loka og annarra járnhluta (beygjur, té, flangatengi) er að vefja þá þétt með plastdúk. Þegar lokað er fyrir stopploka myndast kraftur með sömu stefnu og rennslíð. Stærð hans er margfeldi af innri þrýstingi og þverflatarmáli leiðslu. Yfirleitt yfirfærir þessi kraftur auðveldlega, sem passívur jarðþrýstingur við flanga og sem núningskraftur milli fyllingar og leiðslu og er því ekki ástæða til að gera aðrar ráðstafanir í þessu sambandi en að vanda val og þjöppun fyllingar umhverfis lokann.

10.6.3 BRUNAHANAR

Eins og áður segir eru nær eingöngu notaðir ofanjarðar brunahanar á Íslandi. Þeir hafa þann kost fram yfir neðanjarðarhana að auðveldara er að finna þá og tengja við þá í miklum snjóalögum.

Brunahanar eru yfirleitt staðsettir við enda sérstakrar brunahanaleiðslu, sem er útbúin með stopploka þar sem hún greinist frá götuleiðslunni eða nálægt hanaanum. Ráðlegt er að steypa stuðningsklossa bak við fótbeygju brunahana og að koma fyrir hæfilegu magni af drenmöl undir tæmingarstút hans til að auðvelda tæmingu.

Kröfur um staðsetningu brunahana og minnstu fjarlægð þeirra frá hugsanlegum brunastöðum hafa mikil áhrif á kostnað við gerð vatnsdreifikerfa, enda getur kostnaður við hvern þeirra verið á bilinu 200-350 þús.kr. Það er því mikilvægt að nauðsynlegur lágmarksfjöldi þeirra sé valinn í nánú samráði við viðkomandi slökkviliðsstjóra og brunatryggingarfélag. Jafnframt er sjálfsagt að athuga hugsanlega hagkvæmni við að fækka brunahönum og auka í staðinn flutningsgetu á eldvarnarvatni í geymum eins og áður er minnst á.

Æskilegt er að tengja brunahana við vatnsveituleiðslur þar sem lega þeirra er hæst til að auðvelda útloftun. Jafnframt er æskilegt að brunahanaleiðsla hafi stígandi halla að brunahana. Einnig er hagkvæmt að tengja brunahana þar sem vatnsveituleiðsla er lægst til að auðvelda tæmingu.

10.6.4 ANNAR BÚNAÐUR Í DREIFIKERFUM VATNSVEITNA

Hér er átt við búnað fyrir rennslis- og þrýstingsmælingu, þrýstingsaukningu, þrýstingsminnkun, út- og innloftun og tæmingu. Þessum búnaði er yfirleitt komið fyrir í manngengum neðanjarðarbyrgjum, en stundum í húsum með leiðslukjallara. Við þannig fyrirkomulag þarf að tryggja sérstaklega frostöryggi leiðslu og búnaðar með því að einangra loft, lok og efsta hluta veggja og upphitun kemur einnig til greina.

Loftraki getur valdið óþægindum í þessum mannvirkjum. Hann þéttist á köldum flötum, veldur tæringu á stálhlutum og getur skemmt rafbúnað. Vafningaeinangrun dælumótors sem stendur ónotaður í langan tíma getur rýrnað verulega í röku lofti (36). Til að koma í veg fyrir þessi óþægindi hefur reynst vel að nota sérstök rakaeyðingartæki, sem er hægt að stilla á ákveðið rakastig þannig að daggarmark loftsins verði örugglega 1-2°C neðar en hitastig köldustu flata, en á þann hátt er komið í veg fyrir að þéttiraki myndist. Óheppilegt er að hita upp rými þar sem rakaeyðingartæki er í gangi því orkunotkun þeirra vex með hækkandi lofthita.

Við frágang á leiðslukerfum er mikilvægt að tekið sé tillit til krafta sem verða til í lokuðum leiðslum í beygjum og þar sem þrýstingsbreyting á sér stað (lokar, dælur, þrýstingsmínkun). Stærð þessara krafta er að stærstum hluta háð innra flatarmáli leiðslu annars vegar og hins vegar stærð þrýstingsmunar eða stefnubreytingar. Algennt er að yfirfæra þessa krafta um stálleiðslur og stálbita í steinsteypt gólf og vegg.

Dæmi um tengingu búnaðar er sýnd á neðanskráðum myndum.

Lóðrétt snið í brunn með rennismæli, þrýstingsmínkunarloka og þrýstingsskynjurum.

Lóðrétt snið í brunn með út- og innloftunarloka.

Þegar rennslismæling er ekki höfð með þrýstingsaukningardælingu er hægt að hafa einstefnuloka í stað stopploka á hliðarleiðslu. Með því fyrirkomulagi verður þrýstingstap minna, þegar dæla er ekki í gangi. Leitast er við að hafa þrýstingstap í söggrein dælu sem minnst og beygjur eins fáar og hægt er og helst í einu plani (28).

Við tengingu rennslismæla þarf að sjá til þess að nægilega löngum beinum leiðslukafla án rennslustruflana sé komið fyrir á undan og eftir mæli. Með þeirri ráðstöfun er verið að tryggja að nákvæmni mælingar verði sem mest.

Við tengingu sjálfvirkra út- og innloftunarloka er æskilegt að koma fyrir stopploka milli vatnsveituleiðslu og útloftunarloka. Með því má aftengja útloftunarloka, vegna viðhalds og viðgerða, án þess að nauðsynlegt sé að loka fyrir rennsli í vatnsveituleiðslu.

10.7 ÞRÝSTINGSPRÓFUN

10.7.1 INNGANGUR

Þegar búið er að leggja ákveðinn leiðslukafla er hann venjulega þrýstingsprófaður áður en fyllt er yfir hann. Byrjað er á því að loka leiðsluendum eða enda - e.t.v. með flangaloki, sem er útbúið með áfyllingar- og útloftunarstútum (4). Ráðstafanir eru gerðar til að styðja við beygjur, T-greinar, leiðsluenda og aðra álíka staði þar sem innri þrýstingur getur raskað legu leiðslunnar ef ekkert er að gert. Yfirleitt eru notaðir steinsteyptir klossar til að yfirfæra lárétta krafta og stóra lóðrétta krafta. Minni lóðrétta krafta með stefnu upp má yfirfæra með fargi úr sandi og grjóti. Steinsteyptir klossar sem er ætlað að taka við láréttum krafti eru yfirleitt steypfir þétt að skurðvegg. Þannig yfirfærirast hinn lárétti kraftur að hluta um skurðvegginn (svo til allur í klapparskurði) og að hluta sem núningsspenna við botn.

Þrýstingsprófanir eru framkvæmdar með það að markmiði að sannreyna styrk og þéttleika röra og samskeyta. Fyrsta skref prófunarinnar er að fylla viðkomandi leiðslukafla með vatni og er mikilvægt að allt loft hverfi úr leiðslunni við þá aðgerð. Sjálf þrýstingsprófunin skiptist í forprófun og aðalprófun og er framkvæmd hennar mismunandi eftir pípugerð, pípuvidd og þrýstingsþoli.

Hér á eftir er skráð lausleg lýsing á þrýstingsprófunum algengustu leiðslutegunda og er nær eingöngu stuðst við þýska staðalinn DIN 4279 ⁽³⁴⁾ í því sambandi.

Forprófun.

Eftir að leiðslan hefur verið fyllt af vatni og tæmd af lofti er þrýstingur aukinn í þrýstingsþol leiðsluefnis, PN, og ef ekkert finnst athugasemdir við þéttleika eða stöðugleika leiðslu er þrýstingur að lokum aukinn í prófunarstærð, PP.

Þegar mikill hæðarmunur er á leiðslu verður mikill þrýstingsmunur milli hæsta og lægsta hluta hennar. Nægilegt er að velja prófunarkaflann þannig að þrýstingur í efsta hluta hans sé $1,10 \times$ þrýstingsþol um leið og hann er jafn tilskildum prófunarþrýstingi í lægsta hluta hans.

Aðalprófun.

Aðalþrýstingsprófunin er framkvæmd í beinu framhaldi af forprófuninni og er prófunarþrýstingurinn $1,3 \times$ PN fyrir PE rör og $1,5 \times$ PN eða PN + 5 bör fyrir aðrar gerðir.

Nauðsynlegur búnaður við þrýstingsprófanir.

- Dæla sem getur skapað viðeigandi prófunarþrýsting.
- Vatnsmæligeymir eða vatnsmagnsmælir.
- Þrýstingsmælir með 0,1 bar aflestrarnákvæmni.
- Einstefnuloki og stopploki.
- Útloftunarbúnaður.
- Hitamælar til að mæla hitastig vatns í leiðslu og lofts utan leiðslu.

10.7.2 ÞRÝSTIPRÓFUN SEIGJÁRNSSTEYPURÖRA (án sementshúðunar að innan)

	Nafnmál mm	Varandi klst.	Nafnmáls- þrýstingur bör	Prófunar- þrýstingur bör	Leyfileg lækkun þrýstings á prófunartímanum
Forprófun	40-200	3	10	10-15	
	250-400	6	16	16-21	
	> 400	12	> 16	PN-(PN+5)	
Aðalprófun	40-400	3	10	15	0,1 bar
	500-700	12	16	21	0,15 bar
	> 700	24	> 16	PN+5	0,2 bar

Forprófunarvarandinn mælist frá þeim tíma er prófunarþrýstingurinn hefur náð nafnmáls-þrýstingi PN.

10.7.3 ÞRÝSTIPRÓFUN SEIGJÁRNSSTEYPURÖRA OG JÁRNRÖRA

(með sementsmúrhúðun að innan)

Prófunin skiptist í þrjá hluta, forprófun, þrýstingslækkunarprófun og aðalprófun.

Forprófun

Prófunarþrýstingur er sá sami og fyrir seigjárnssteypurör án sementsmúrhúðunar en prófunarvarandi er lengri eða 24 klst. Vegna stöðugrar vatnsupptöku múrhúðunarinnar lækkar þrýstingur í prófunarleiðslunni og þarf því að hækka hann eftir hverja lækkun að $\Delta p = 0,5$ bar.

Þrýstingslækkunarprófun

Hún er framkvæmd til að ganga úr skugga um að prófunarleiðslan hafi verið lofttæmd fullkomlega og hefst í beinu framhaldi af forprófuninni. Eftir að prófunarþrýstingurinn hefur lækkað um tiltekið Δp er vatni dælt inn í leiðsluna þar til fullum prófunarþrýstingi er náð. Vatnsmagnið sem til þess þarf ΔV er mælt.

Ef $\Delta V \leq 1,5 \times a \times \Delta p \times L$ telst leiðslan nægjanlega lofttæmd og tilbúin í aðalprófun.

Hér er ΔV í cm^3 og er Δp í börum L er leiðslulengdin í m og k er stuðull með neðanskráðum gildum (sjá nánar í (34)).

DN	100,	125,	150,	200,	300,	400,	500,	600,	700
a	0,5	0,8	1,2	2,4	5,5	9,7	15	25	35

Aðalprófun

Nafnmál mm	Prófunar- varandi klst.	Nafnmáls- þrýstingur bör	Prófunar- þrýstingur bör	Leyfileg þrýstingslækkun á prófunartíma
40-200	3			
250-400	6	10	15	0,1 bar
500-700	18	16	21	0,15 bar
> 700	24	> 16	PN+5	0,2 bar

10.7.4 ÞRÝSTINGSPRÓFUN STÁLÖRA MEÐ OG ÁN JARÐBIKSHÚÐUNAR

Prófunin skiptist í forprófun og aðalprófun og hér gilda sömu tölur og fyrir seigjárnsteypurör án múrhúðunar um prófunarþrýsting, prófunarvaranda og leyfilegt þrýstingsfall.

10.7.5 ÞRÝSTINGSPRÓFUN RÖRA ÚR HÖRÐU PVC PLASTI

Prófunaraðferðin gildir fyrir rör samkvæmt DIN 19532.

Forprófun

	Prófunarvarandi ≥ 12 klst.	
	PN bör	Prófunarþrýstingur bör
Prófunarþrýstingur	6	6-9
	10	10-15
	16	16-21

Aðalprófun

Prófunarvarandi	DN mm		
	≤ 150	3 klst.	
	200-400	6 klst.	

Prófunarþrýstingur	PN bör	
	6	9 bör
10	15 bör	
16	21 bör	

Leyfileg þrýstingarlækkun á prófunartímanum: 0,2 bar.

10.7.6 ÞRÝSTINGSPRÓFUN RÖRA ÚR PEH PLASTI

Prófunaraðferðin gildir fyrir rör samkvæmt DIN 19533.

Forprófun

Prófunarþrýstingur.

Hann er $1,5 \times$ nafnmálsþrýstingurinn og þarf að halda honum við með því að dæla viðbótarvatni inn í leiðsluna á 2 klst. fresti.

Prófunarvarandi

Leiðslur án samtenginga = 4 klst.

Leiðslur með samtengingum = 12 klst.

Aðalprófun

Prófunarþrýstingur: $1,3 \times$ nafnmálsþrýstingur

Prófunarvarandi DN ≤ 150 3 klst.

200 \leq DN \leq 400 6 klst.

Leyfileg þrýstingslækkun: 0,1 bar/klst.

10.8 HEIMILDIR

- (1) Johann Mutschmann og Fritz Stimmelmayer.
Taschenbuch der Wasserversorgung.
Zehnte Auflage 1991.
- (2) R. Hopman og T.J.J. van den Hoven.
"Permeation of organic chemicals through plastic water pipes."
AQUA nr. 3/1992.
- (3) Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.v. Schutz des Trinkwassers in
Wasserrohrnetzen vor Verunreinigungen. Arbeitsblatt W345 Januar 1962.
- (4) Halberg-Luitpoldhütte Vertriebs GmbH.
"Ductil cast iron pipeline."
- (5) Hoechst Plastics.
Hostalen GM 5010 Pipes.
Ágúst 1971.
- (6) Sigurður Björnsson.
Vatnsveitur - Vöxtur þeirra og viðhald.
Tímaritið Skipulagsmál nr. 3/1986.
- (7) R.M. Clark et al.
"Effect of the distribution system on drinking-water quality."
AQUA nr. 1/1993 bls. 30.
- (8) Dansk ingeniörforening.
Norm for fælles vandforsyningsanlæg, 1. udgave, april 1978.
- (9) Þóroddur Th. Sigurðsson
Vatnsveitur. - Erindi flutt á ráðstefnu um skipulags- og byggingarmál 29/3-1/4
1965.
Handbók sveitarstjórna nr. 4.
- (10) Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Forskningsråd.
Program for VAR-teknikk.
- (10a) Projektrapport nr. 20/84.
Vannforsyning til brannslökkning. Krav til konsekvenser for vannforsynings-
nettet.
- (10b) Projektrapport nr. 66/87.
Trykkstöt i pumpeledninger for avløpsvann.
- (10c) Projektrapport nr. 29/85.
Overvåking og kontroll av lekkasjetap i vannledningsnett.
- (10d) Projektrapport nr. 21/85.

Vannforsyning til brannslökking. Behov for brannvann. Transport av brannvann i tankbiler.

- (11) Lars-Eric Janson.
Plastic Pipes for Water Supply and Sewerage Disposal, 1989.
- (12) Harold E. Babbitt, James J. Donald og John L. Cleasby.
Water Supply Engineering, 6. útgáfa.
- (13) Eternit Aktiengesellschaft.
Eternit Druckrohre und Formstücke, 7. útgáfa, apríl 1975.
- (14) E. Cabrera og F. Martínez.
Water Supply Systems. - State of the art and future trends.
- (15) Svenska Vatten och avloppsverk föreningen.
Allmänna vattenledningar, VAV-3, 1963.
- (16) D. van der Kooij, G.M.H. Suylen og J. van Genderen.
Interaction of Water with Pipes. -
18. International Water Supply Congress and Exhibition, Copenhagen 25.-31.
May 1991.
- (17) J. Forslund og N.H. Nilsson.
Influence of Plastic Materials on Drinking Water Quality.
18. International Water Supply Congress and Exhibition, Copenhagen 25.-31.
May 1991.
- (18) Gatnamálastjórnin í Reykjavík.
Athuganir á notkun á heitu og köldu vatni. Maí 1985.
- (19) E. Bahl Andersen og fl.
Vandforsyningsteknik. 1976.
- (20) Loftur Loftsson.
Munnlegar upplýsingar. 1989.
- (21) Jóhannes Guðmundsson.
Vatnsveitudreifikerfi - Hönnunarforsendur. Janúar 1981.
- (22) Kristinn Vilhelmsson, Sigurlinni Sigurlinnason og Trausti Eiríksson.
Vatnsnotkun í frystihúsum.
Tæknitíðindi Rannsóknarstofnunar fiskiðnaðarins. Febr. 1979.
- (23) Páll Lúðvígsson.
Erindi flutt á ráðstefnu sveitarfélaga 25.-26./2 1972.
- (24) Sigurjón Arason.
Munnleg heimild. Mars 1995.

- (25) Jan Lundgren
Aktuelle systemer for levering af vann til brannslökkning.
VAR dagene i Trondheim 1984.
- (26) J. Paul Tullis.
"Selection and use of control devices in water distribution networks." Oct. 1992.
- (27) John T. Mead.
Valve Selection and Service Guide. 1986.
- (28) Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.v.
Planung und Gestaltung von Förderanlagen.
Merkblatt W 612. Maí 1989.
- (29) DIN 19630. Richtlinien für die Bau von Wasserrohrleitungen
Ágúst 1982.
- (30) Dansk ingeniørforening.
Norm for lægning af fleksible ledninger i jord. Dansk standard DS430.
Apríl 1986.
- (31) Dansk ingeniørforening.
Norm for lægning af stive ledninger af beton mv í jord. Dansk standard DS437.
Mars 1986.
- (32) Karl og Klaus R. Imhoff.
Taschenbuch der Städtenwässerung - 28. Auflage 1993.
- (33) DIN 1998.
Unterbringung von Leitungen und Anlagen in öffentlichen Flächen.
Maí 1978.
- (34) DIN 4279, Teil 1-10.
Innendruckprüfung von Druckrohrleitungen für Wasser.
1975, 1975 og 1990.
- (35) Lars – Eric Janson
Plastic pipes for water supply and sewage disposal 1995.
- (36) Samtal við Gunnar Þórðarson efnaverkfræðing 19. okt. 2010.
- (37) Martin Denberg, Erik Arvin og Ole Hassager.
“Modelling of the release of organic compounds from polyethylene pipes to water”
AQUA nr. 6-7/2007.
- (38) Upplýsingar frá Staðlaráði Íslands 29.sept. 2010.
- (39) DIN 8074, “Rohre aus Polyethylen PE63, PE80, PE100, PE – HD, Masse”

Útgáfa í ágúst 1999

- (40) Björn Ásmundsson
“Úti er ævintýri” SÍBS blaðið okt. 2004
- (41) DS/INF 70 “ Plaströr – stuksvejsning af polyolefinrörssystemer – Del 1 – 7”
1. útgáfa okt 1992.

Pétur Kristjánsson

Vatnsveituhandbók Samorku

11. Kafli

Heimæðar

SEPTEMBER 2004

Efnisyfirlit

11. KAFLI	1
11.1 Inngangur	3
11.2 Sögulegt yfirlit	3
11.3 Neysluvatnsheimæðar	5
11.3.1 Skilgreiningar og lagaumhverfi	5
11.3.2 Hönnunarforsendur	7
11.3.3 Nýlögn heimæðar	9
11.3.3.1 Byggingarvatn	9
11.3.3.2 Plast alla leið	10
11.3.3.3 Plastinntak	13
11.3.3.4 Spindillokar á heimæðum	16
11.3.3.5 Stálinntök	16
11.3.3.6 Fyrirkomulag heimæða	17
11.3.4 Samliggjandi heimlagir	19
11.3.4.1 Forsendur samliggjandi heimlagna	20
11.3.4.2 Verkaskipting húsbyggjanda og veitu	21
11.3.5 Inntaksrými-mælagrindur	24
11.3.5.1 Inntaksrými	24
11.3.5.2 Mælagrindur	25
11.3.6 Stærðarval	27
11.3.6.1 Grunnildi vatnstækja	27
11.3.6.2 Stærð á heimæð og áborunargati.	28
11.3.7 Efnisval	30
11.3.8 Plastefni (PE)	35
11.3.9 Frostfrítt dýpi	38
11.3.10 Algengar bilanir og viðgerðir	40
11.3.11 Endurnýjun heimæða	45
11.3.11.1 Endurnýjun	46
11.3.11.2 Verklag við endurnýjun	48
11.3.11.3 Reynslan er verðmæt	50
11.3.12 Heimæðar í sumarbústaði	51
11.4 Eldvarnarheimæðar	51
11.4.1 Rennslismælingar	51
11.4.2 Eldvarnar- og neysluvatnsheimæð	53
11.4.3 Dæmi um vettvangskönnun	54
11.5 Nokkrar vinnureglur	57
11.6 Tengiskilmálar	59
11.7 Umsókn um heimæð	60
11.8 Gröf, skýringarmyndir o. fl.	63

11.1 Inngangur

Í kaflanum hér á eftir verður farið yfir helstu atriði er lúta að kaldvatnsheimæðum og reynt að byggja á þeirri reynslu sem starfsmenn vatnsveitna hafa aflað sér.

Flest dreifikerfi vatnsveitna eru að byggð upp sem hringtengd kerfi, þ.e. að hver punktur í kerfinu er *fæddur* úr minnst tveimur áttum. Þetta eykur rekstraröryggi kerfisins og truflanir verða í lágmarki þótt dreifiæð bili, að því vatnið fer eftir öðrum leiðum meðan gert er við. Þetta á þó ekki við um einstök húskerfi, þau eru almennt tengd með einni æð, heimæð. Bili heimæðin eru engar varaleiðir.

Kaldvatnsheimæðar flytja neysluvatnið síðasta spölinn á leið þess frá vatnsbóli til notanda. Kröfur aukast stöðugt hvað varðar afhendingaröryggi og vatnið á alltaf að vera til staðar þegar skrúfað er frá krananum, það má helst aldrei rofna. Þess vegna er afar mikilvægt að vanda vel til heimæða svo að hægt sé að mæta kröfum neytandans eins og best verður á kosið.

Útfærsla heimæðar, efnisval, lagnavinna, lega og frágangur inntaks eru þættir sem hafa ekki aðeins áhrif á endingu æðarinnar heldur geta einnig haft áhrif á gæði vatnsins sem heimæðin flytur. Þess vegna skiptir máli að hönnuðir og lagnamenn vandi til verka og kynni sér þessi atriði vel.

11.2 Sögulegt yfirlit

Um 75% yfirborðs jarðar er þakið vatni en minna en 3% eru aðgengileg til neyslu. Fyrstu íbúar jarðarinnar neyttu sama vatns og við gerum í dag. Jörðinni áskotnast ekki nýtt vatn og það sem fyrir er eyðist ekki. Vatnið stígur upp í háloftin í gasformi þéttist þar og fellur sem regn eða snjór til jarðar. Þar lendir það á láði, legi, heimskautais eða jöklum, rennur til sjávar eða niður í jarðlögin þar sem það safnast saman sem grunnvatn. Þetta er eilífðarhringrás og um leið náttúrulegt hreinsunarferli vatnsins. Það fer svo eftir aðstæðum á hverjum stað hversu vel það hreinsast og hversu aðgengilegt það er.

Aðgengi að vatni hefur frá öræfi alda verið eitt af grundvallaratriðum sem réð því hvar fólk settist að. Þvarr vatnið eða mengaðist neyddist fólk til að flytja og finna sér nýjan samastað með aðgengi að drykkjarhæfu vatni. Vatnsveitur á Íslandi voru ekki stofnaðar fyrir en í upphafi tuttugustu aldar en saga vatnsveitna er sem kunnugt er mikið eldri. Frægar eru vatnsveitur Rómverja, sem lögðu vatnsstokka langar leiðir og auðvelduðu þannig íbúum aðgang að vatni. Eitt best varðveitta mannvirki frá Rómartímanum er vatnsæð sem var lögð að bænum Segovia á Spáni um árið 70 fyrir Krist. Segja má að þessi æð hafi þjónað allt í senn sem aðal-, dreifi- og heimæð. Hún flutti vatn frá ánni Rio Frio (Kaldá), um 17 km leið, að aðaltorgi bæjarins þar sem fólk gat sótt sér vatn. Mannvirkið er bogahlaðið með stórum steinblokkum og er um 30 m hátt þar sem það liggur hæst, yfir núverandi aðaltorgi Segovia. Það mætti gjarnan vera skylduverkefni vatnsveitumanna, sem leið eiga um Spán, að skoða

Þetta stórkostlega 2000 ára gamla mannvirki sem talið er eitt hið fallegasta sem varðveist hefur frá Rómartímanum. Segovia liggur um 85 km norð-vestur af Madrid.

Mynd 1 Rómversk vatnsveita frá árinu 70 f. K.



Í upphafi tuttugustu aldar voru fyrstu vatnsveiturnar á Íslandi stofnaðar. Vatnsveitan á Ísafirði er elst, stofnuð árið 1900. Vatnsveitan á Seyðisfirði er frá árinu 1903, Vatnsveita Hafnarfjarðar frá árinu 1904 og Vatnsveita Reykjavíkur var stofnuð 1909. Almennt giltu þær reglur að sveitarfélagið lagði æðar frá vatnsbólum og í götur á skipulögðum svæðum. Eigendur húsa við þær götur sem vatnsæðar voru lagðar í höfðu heimild til að tengjast þeim með þeim skilyrðum að þeir legðu sjálfir heimæðarnar og héldu þeim við. Þetta átti einnig við um frárennslisæðar. Þessi háttur, að húseigendur áttu og héldu við heimlögnum, var ekki viðhafður þegar raf- og hitaveitur voru síðar stofnaðar, heldur lagði sveitarfélagið þær inn í hús, átti þær og hélt þeim við.

Á upphafsárum vatnsveitna voru götur og gangstéttar ekki lagðar varanlegu slitlagi og þess vegna var tiltölulega ódýrt að leggja æðarnar. Húseigendur þurftu bara hrausta karlmenn með haka og skóflu til að grafa skurðinn, ráðgjöf við lagnavinnuna og þar með var vatnsburður úr sögunni og það erfiði sem honum fylgdi.

Þegar fram liðu stundir bar á síaukinni vatnspörf í dreifikerfum vatnsveitna, vatnspörf sem ekki skýrðist eingöngu af aukinni notkun heldur einnig af lekum. Elstu heimæðarnar fóru að ganga úr sér og eigendurnir, sem í mörgum tilvikum voru ekki þeir upphaflegu, höfðu ekki hugmynd um eignarhald sitt og viðhaldsskyldu og veigruðu sér við að endurnýja æðarnar. Þetta var skiljanlegt þar sem ærinn kostnaður fylgdi endurnýjun. Í tímans rás höfðu götur verið malbikaðar, gangstéttar steiptar og lætur nærri að helmingur kostnaðar við að endurnýja heimæð liggja í endurlögn malbiks og gangstéttar sem raskast við framkvæmdina.

Árið 1992 tóku gildi ný vatnsveitulög, landslög sem leystu af hólmi eldri lög og reglugerðir sveitarfélaga um þessi mál. Í lögnum var kveðið á um eignarhald og yfirtöku vatnsveitna á heimæðum. Lögin tóku síðan smávægilegum breytingum árið 1995 en megin inntakið varðandi eignarhald á heimæðum var að heimæðar sem lagðar höfðu verið fyrir 1992 yrðu áfram í eigu húseigenda eða þar til að því kæmi að endurnýja þær. Vatnsveitum var gert að endurnýja heimæðar á sinn kostnað og yfirtaka þær um leið. Nýjar heimæðar skyldu lagðar af vatnsveitum og vera eign þeirra. Þann 26. apríl 2004 voru samþykkt ný lög á Alþingi um vatnsveitur sveitarfélaga, lög nr. 32/2004. Reglugerð er í smíðum og hefur ekki verið gefin út þegar þetta er skrifað. Nokkrar veigamiklar breytingar eru í nýju lögnum og eru þessar helstar:

1. Opnað á breytilegt rekstrar- og eignarform.
2. Frjálsari gjaldskrár. M. a. er heimilt að skipta vatnsveitu í veitusvæði og setja sérstaka gjaldskrá fyrir hvert veitusvæði. Einnig heimilt að skipta greiðendum notkunargjalds í mismunandi gjaldflokka eftir magni og/eða notkun.
3. Heimæðar lagðar fyrir 1992 verða áfram í eigu húseiganda, en húseigandinn getur, með því að senda beiðni til vatnsveitunnar, farið fram á að vatnsveitan yfirtaki æðina. Vatnsveitunni er skylt að taka við æðinni og ábyrgjast hana.

Þetta gefur vatnsveitum tilefni til að skoða sérstaklega gamlar heimæðar og ganga úr skugga um að þær, vegna bilunar, hafi ekki þegar valdið tjóni á fasteign eða lóð, þegar yfirtöku er óskað.

Nokkur kostnaðarauki fylgir yfirtöku á heimæðum, en samt sem áður er það bæði eðlilegt og hagkvæmt að vatnsveitur annist allar jarðlagnir frá vatnsbóli til notanda. Víða voru mikil vanhöld á viðhaldi heimæða og lekar heimæðar áttu drjúgan þátt í vatnspörf margra vatnsveitna. Nú er hægt að endurnýja heimæðar með skipulegum hætti, forgangsraða verkefnum og draga úr lekum.

11.3 Neysluvatnsheimæðar

11.3.1 Skilgreiningar og lagaumhverfi

Það getur verið nokkuð mismunandi hvaða nöfn eru notuð yfir einstaka lagnahluta og annað sem tengist rekstri vatnsveitna. Starfsfólk vatnsveitna notar þau nöfn sem það hefur vanist á sínum vinnustað. Talað er um aðveituæðar, flutningsæðar, aðalæðar eða jafnvel stofnæðar og getur verið átt við sömu lagnagerðina í öllum tilvikum. Í 2. kafla reglugerðar fyrir vatnsveitur sveitarfélaga nr. 421/1992 með breytingum úr reglugerðum nr. 175/1994 og 614/1996 eru hugtök skilgreind með einföldum og skýrum hætti. Það er æskilegt að nafnanotkun sé einsleit til að koma í veg fyrir misskilning og hugtakarugling. Í **Töflu 1** er að finna skilgreiningar reglugerðarinnar á mikilvægum hugtökum auk skilgreiningar höfundar á stofnæð og götuæð, en þessi hugtök eru nefnd í skilgreiningum reglugerðarinnar en ekki skilgreind.

Tafla 1 Skilgreiningar á hugtökum

Hugtök:	Skilgreining
Vatnsgjald	Gjald, sem sveitarstjórn leggur á eigendur fasteigna er geta notið vatns frá vatnsveitu sveitarfélagsins, í samræmi við 7. grein laga nr. 81/1991, sbr. Lög nr. 149/1995, og ætlað er ásamt öðrum tekjum að standa straum af stofnkostnaði og rekstri vatnsveitu.
Notkunargjald	Gjald, sem sveitarfélag leggur á þá notendur vatns, er kaupa vatn til annarra þarfa en heimilis, samkvæmt mældri notkun í rúmmetrum.
Heimæðargjald	Gjald, sem felur í sér greiðslu fasteignareiganda til sveitarsjóðs/vatnsveitu fyrir lagningu einnar heimæðar og uppsetningu á stofnkranana.
Vatnsæð	Samheiti yfir heimæð, götuæð, stofnæð* og aðalæð
Aðalæð	Vatnslögn, sem liggur frá vatnsbólí að miðlunarstað, þaðan sem stofnæðar dreifast til einstakra hverfa og dreifiaðar eru lagðar frá.
Stofnæð*	Vatnslögn, sem liggur frá aðalæð eða annarri stofnæð og dreifir vatni til einstakra hverfa og/eða bæjarhluta.
Dreifiað	Vatnslögn, sem liggur frá stofnæð og ætlað er að flytja vatn um einstakar götur eða opin svæði.
Götuæð*	Dreifiað.
Heimæð	Vatnslögn, sem liggur frá dreifiað og er ætlað að sjá einstökum notendum fyrir vatni.
Stofnkran	Sá hluti heimæðar, sem vatnslagnir innan húss eru tengdar við.
Tengiloki	Loki, sem settur er á enda heimæðar við lóðarmörk.
Ídráttarrör	Hlífðarrör, sem heimæð er dregin inn í, þegar heimæð er lögð frá lóðarmörkum í hús.
Neysluvatn**	Vatn, í upphaflegu ástandi eða eftir meðhöndlun, sem notað er til drykkjar, við matargerð og í matvælafyrirtækjum. Hitaveituvatn telst ekki neysluvatn.
Vatnspörf*	Það vatn sem dreifikerfið þarfnast, vatnsnotkun + lekar.

* Skilgreiningar sem höfundur hefur vanist. ** Úr reglugerð um neysluvatn nr. 319/1995 gr. 2.

Ýmis lög og reglugerðir auk staðla ná til heimæða með beinum eða óbeinum hætti. Þau kveða á um eignarhald, hreinlæti, viðhaldsskyldu o.fl. Í **Töflu 2** eru taldar upp helstu reglugerðir sem með einum eða öðrum hætti geta snert heimæðar.

Tafla 2 Reglugerðir

Reglugerðir:	Þættir um heimæðar:
Reglugerð um vatnsveitur sveitarfélaga nr. 421/1992, m.br. 175/1994 og 614/1996	12. gr: Um heimæðargjald vegna lagningar heimæðar. 17. gr: Um lagnaskyldu vatnsveitu á heimæðum. 18. gr: Um yfirtöku og viðhaldsskyldu á heimæðum. 21. gr: Um rétt eiganda/lóðarhafa að fá heimæð lagða. Um breytingar á legu heimæða. Um dælutengingu. 22. gr: Um tengiskilmála, ídráttarrör á frostfríu dýpi, inntaksrými, bráðabirgðatengingu o.fl. 23. gr: Um flutningsgetu og þrýsting í heimæðum. 24. gr: Um stofnkрана heimæðar, síu og einstreymisloka. 25. gr: Um aðgang starfsmanna vatnsveitu að heimæð innan lóðar til viðhalds og eftirlits. 30. gr: Um lögveðsrétt vegna heimæðargjalds og heimildir til lokunar fyrir heimæð.
Byggingarreglugerð nr. 441/1998 m.br. 563/2000, 996/2001, 133/2002 og 425/2002	86. gr: Um inntaksrými fyrir heimlagfir. 123. gr: Skilgreining á frostfríu dýpi (1,2 – 2 m).
Reglugerð um matvælaeftirlit og hollustuhætti við framleiðslu og dreifingu matvæla nr. 522/1994. Ath! Gildir aðeins fyrir vatnsveitur með 50 notendur eða fleiri	Þar sem neysluvatn er skilgreint sem matvæli falla vatnveitur undir þessa reglugerð. Það sem helst snýr að lögnum vatnsveitna þ.m.t. heimæðum er innra eftirlit sem kveðið er á um, GÁMES (greining áhættuþátta og mikilvægra eftirlitsstaða) eða sambærilegt eftirlit. Við lagnavinnu er t.d. mikilvægt að skola vel út úr lögnum jafnvel sótthreinsa áður en þær eru teknar í notkun sbr. Viðauka 5.
Reglugerð um neysluvatn nr 536/2001	4. gr: Um heilbrigði starfsmanna m.t.t. sýkingarhættu. 12. gr: Um heilnæmi leiðslna þ.m.t. heimæða.

11.3.2 Hönnunarforsendur

Hér verður aðeins bent á nokkur almenn atriði sem geta gagnast vatnsveitumönnum sem ekki hafa greiðan aðgang að tækni- eða verkfræðipjónustu, sjá **Töflu 3**. Að öðru leyti er vísað í **kafla 10.3** um hönnunarforsendur í dreifikerfum. Þar er gerð grein fyrir þessum málum.

Sú skylda sem hvílir á vatnsveitum, að útvega nægjanlegt slökkvivatn, gerir það að verkum að yfirleitt eru yfirstærðir á dreifiaðum með tilliti til vatnsparfar heimæða. Þó geta komið fyrir einstakir botnlangar, þar sem ekki er gert ráð fyrir brunahana og þá þarf að reikna út lagnastærðir.

Í **Töflu 3** eru sett fram nokkur atriði sem nýst geta vatnsveitumönnum til að ákvarða stærð og lögn á heimæðum í íbúðahúsi, eins konar “þumalputtareglur”. Þetta gæti komið að notum og sparað útreikninga t.d. þegar taka þarf ákvarðanir um endurnýjanir á venjulegum heimæðum. Þegar heimæðar eru endurnýjaðar gætur þurft að breyta stærð þeirra vegna breyttra aðstæðna í viðkomandi húsi og einnig vegna þess að kröfur um minna þrýstifall og hærri notkunarþrýsting eru meiri í dag en þær voru þegar upphaflega heimæðin var lögð.

Tafla 3 Hönnunarforsendur

Þættir:	Niðurstöður:
Þrýstingur	Minnst 2 bör við inntak og minnst 1 bar við töppunarstað á efstu hæð. Ath. Eigendur háhýsa þurfa að koma upp dælubúnaði í húskerfum sínum ef veitubrýstingurinn er ekki nægjanlegur. Hámarksþrýstingur ræðst af hönnunarforsendum dreifikerfisins. Forðast ætti að fara með þrýsting í heimæðum yfir 6 bör , en það fer þó eftir aðstæðum og styrkleika kerfisins á hverjum stað.
Veðráttá	Leggja ber heimæðina á frostfrítt dýpi sem er 1,2 – 2 m á Íslandi samkv. skilgreiningu byggingarreglugerðar. Sjá einnig 11.3.9.
Pípuefni	HDPE pípur eru notaðar í heimæðar á Íslandi, svo til eingöngu. Algengt er að nota HDPE SDR 17,6 MRS-80 eða MRS-100 , bæði fyrir ídráttarrör og vatnslögnina. Það er góð regla að nota ávallt pípur með sömu SDR-tölu, en SDR-talan ákvarðar veggþykktina. Þetta auðveldar viðhald og birgðahald. Þrýstistaðall: 6 bör miðað við MRS-63* .
Pípuviddir	HDPE-32: Einbýlishús HDPE-40: Sambýlishús 2 – 6 íbúðir HDPE-50: Sambýlishús 7 – 12 íbúðir HDPE-63: Sambýlishús 13 – 18 íbúðir Ath. Hér er átt við heimæðar að venjulegri lengd (allt að 30 –40 m). Ef um mjög langar heimæðar er að ræða er nauðsynlegt að taka tillit til þrýstifalls í lögninni og veitubrýstings á tengistað. Ágætt er að nota þrýstifallsgröf framleiðenda fyrir HDPE pípur.
Jarðvinna	Hægt er að áætla magn fyllingarefnis, sands og grúsar, í heimæðarskurð samkvæmt formúlunni hér að neðan. Miðað er við þversnið kjörskurðar fyrir heimæðastærðirnar hér að ofan. Fyrir pípustærðir = HDPE-63: $S = 0,30 \times L \text{ [m}^3\text{]}$ $G = 0,78 \times L \text{ [m}^3\text{]}$ S: Heildarmagn sands, mælt í rúmmetrum. G: Heildarmagn grúsar, mælt í rúmmetrum. L: Lengd skurðar mæld í metrum. Þversnið kjörskurðar: Miðað er við dýpi, 1,20 m að efri brún lagnar, að sandað sé 15 sm undir lögnina, 30 sm yfir og 20 sm til hliðar við hana og skurðurinn síðan fylltur með grús. Þá er miðað við að halli skurðveggjar sé 5:1. Þjappa skal undir lögnina og síðan í 30 sm lögum. Þjöppunarstuðlar eru þegar innreiknaðir í gildi formúlunar (1,20 fyrir sand og 1,12 fyrir grús). Sjá 11.8.2

* Alþjóðl. þrýstistaðall miðar við MRS 63. Sterkara efni MRS 80 og MRS 100, þolir í raun hærri vinnubrýsting.

11.3.3 Nýlögn heimæðar

Dreifiaðar fyrir kalt vatn og frárennsli liggja oftast í miðjum götum. Á síðari árum hefur sá háttur verið hafður á að malbika götur í nýjum hverfum áður en lóðum er úthlutað. Þess vegna leggja sveitarfélögin/vatnsveiturnar sérhverja heimæð út fyrir götukassann og rétt inn fyrir lóðarmörk hvers húss áður en malbikað er, svo ekki þurfi að brjóta upp malbik þegar að því kemur að sótt er um heimæð.

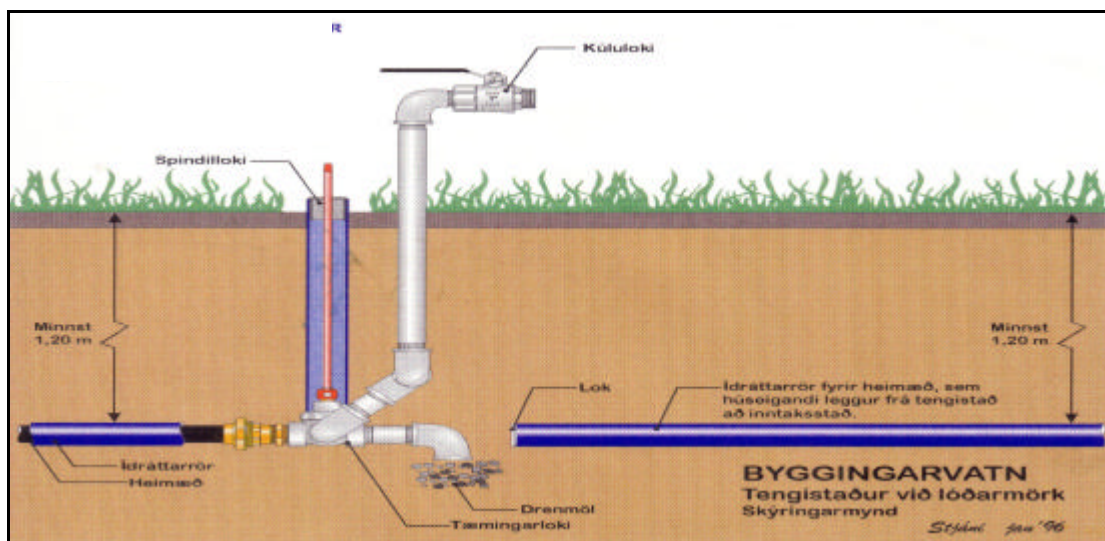
Fram til ársins 1992 lögðu húsbyggjendur almennt heimæðar fyrir kalt vatn í hús sín. Húsbyggjandinn tók við heimæðinni við lóðarmörk og greiddi sérstaklega fyrir legginn undan malbikinu. Þetta gat þó verið mismunandi eftir sveitarfélögum. Algengt er að leggja kalt vatn og frárennsli saman. Þessar lagnir liggja dýpst allra dreifilagna og þess vegna hagkvæmt að nýta sama skurð, ekki síst þar sem grunnt er á klöpp. Þar sem þessar lagnir liggja saman í skurði er mikilvægt að frárennislögnin liggji neðar, þá er minni hætt á að neysluvatn í heimæðinni spillist ef frárennislæðin bilar.

Með vatnsveitulögunum frá 1992 og einnig nýju lögunum frá 2004 var sveitarfélögum/vatnsveitum gert að leggja heimæðar fyrir kalt vatn alla leið inn í inntaksrými viðkomandi húsa. Húseigandi skyldi greiða heimæðargjald fyrir eina heimæð og mátti það nema allt að meðtalskostnaði við að leggja slíkar heimæðar í sveitarfélaginu. Til að halda niðri kostnaði húsbyggjandans og vatnsveitunnar var víðast ákveðið, í tengiskilmálum, að láta húsbyggjandann leggja ídráttarrör á frostfríu dýpi, í fyrstu frá inntaksstað utan við hús að lóðarmörkum á þann stað sem heimæðarendinn úr götunni hafði verið lagður. Síðar var ákveðið að láta húsbyggjandann leggja ídráttarrörið í heilu lagi frá inntaksrými að lóðarmörkum. Þannig getur húsbyggjandinn nýtt sér skurðinn, sem grafinn er fyrir frárennsli innan lóðar, og lagt ídráttarrörið fyrir vatnið um leið. Þegar að því kemur að fá kalda vatnið inn, þarf vatnsveitan aðeins að grafa eina holu við lóðarmörk, draga vatnsæðina inn í hús og setja upp tengigrind. Með þessum hætti getur vatnsveitan haldið heimæðargjöldum lágum.

11.3.3.1 Byggingarvatn

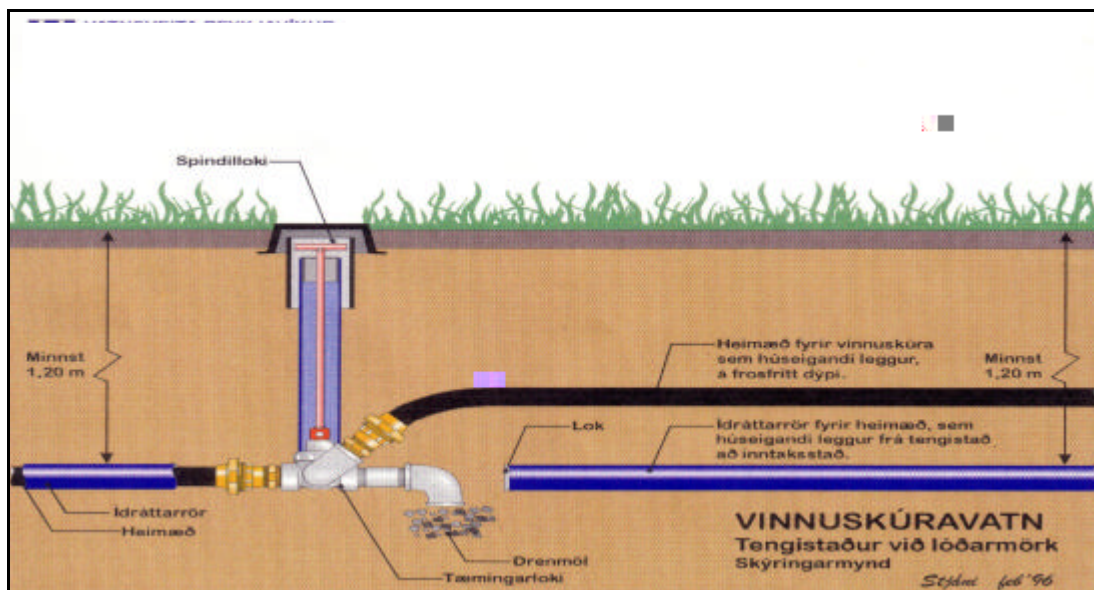
Húsbyggjendur þurfa á vatni að halda meðan á húsbyggingu stendur bæði vegna framkvæmdarinnar sjálfrar og einnig vegna hreinlætisaðstöðu sem krafa er gerð um. Vatnsveitan þarf að veita þessa bráðabirgðapjónustu. Byggingartími er misjafnlega langur og oft getur hann staðið í nokkur ár. Þess vegna þarf að vanda nokkuð frágang byggingarvatns og varast til dæmis að frjósi í byggingarvatnskrananum, slíkt truflar hina almennu starfsemi vatnsveitunnar og að auðvitað húsbyggjandann. Húsbyggjandinn þarf annað hvort svo kallað byggingarvatn eða vinnuskúravatn. Byggingarvatn er stútur sem kemur upp úr jörð og er ætlaður til tenginga við slöngur sem liggja ofanjarðar. Þessi gerð tengingar er oft valin ef byggingartími er stuttur og stendur ekki yfir árstíma þegar hætt er á frosti. Vinnuskúravatn er valið ef meira þarf til. Þá er lögn grafin í jörð og lögð frá byggingarvatnskrananum og inn í vinnuskúr, sem oft er með góðri hreinlætisaðstöðu. Þegar að því kemur að heimæð er lögð í viðkomandi byggingu er byggingarkraninn aftengdur og vatnsveitan fjarlægir hann og endurnotar. Sjá myndir 1 og 2.

Mynd 2 Byggingarvatn



Lokinn á **Myndum 2 og 3** er þriggja átta, þ.e. vatnstökustúturinn frosttæmist þegar lokað er fyrir lokann.

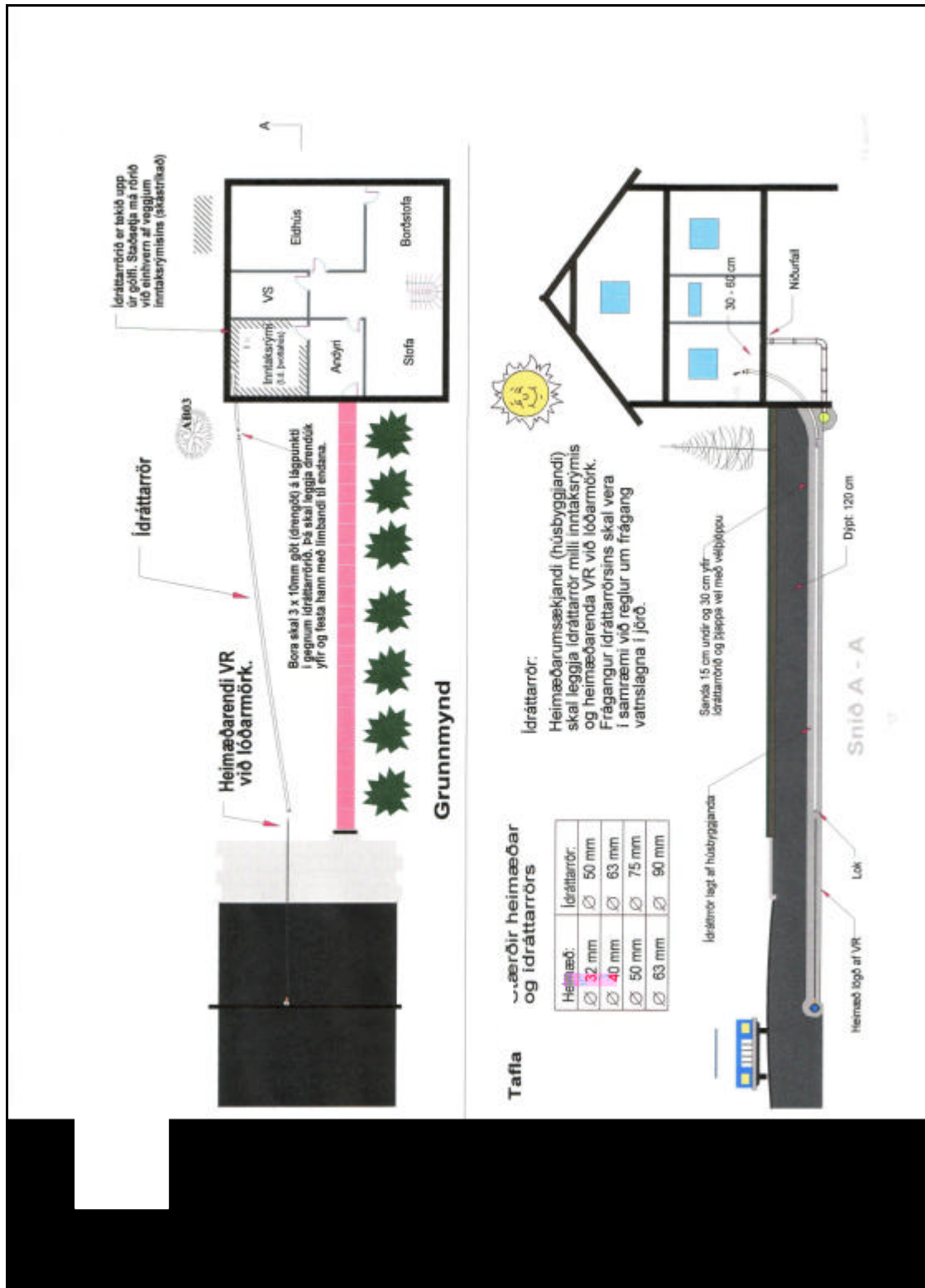
Mynd 3 Vinnuskúravatn



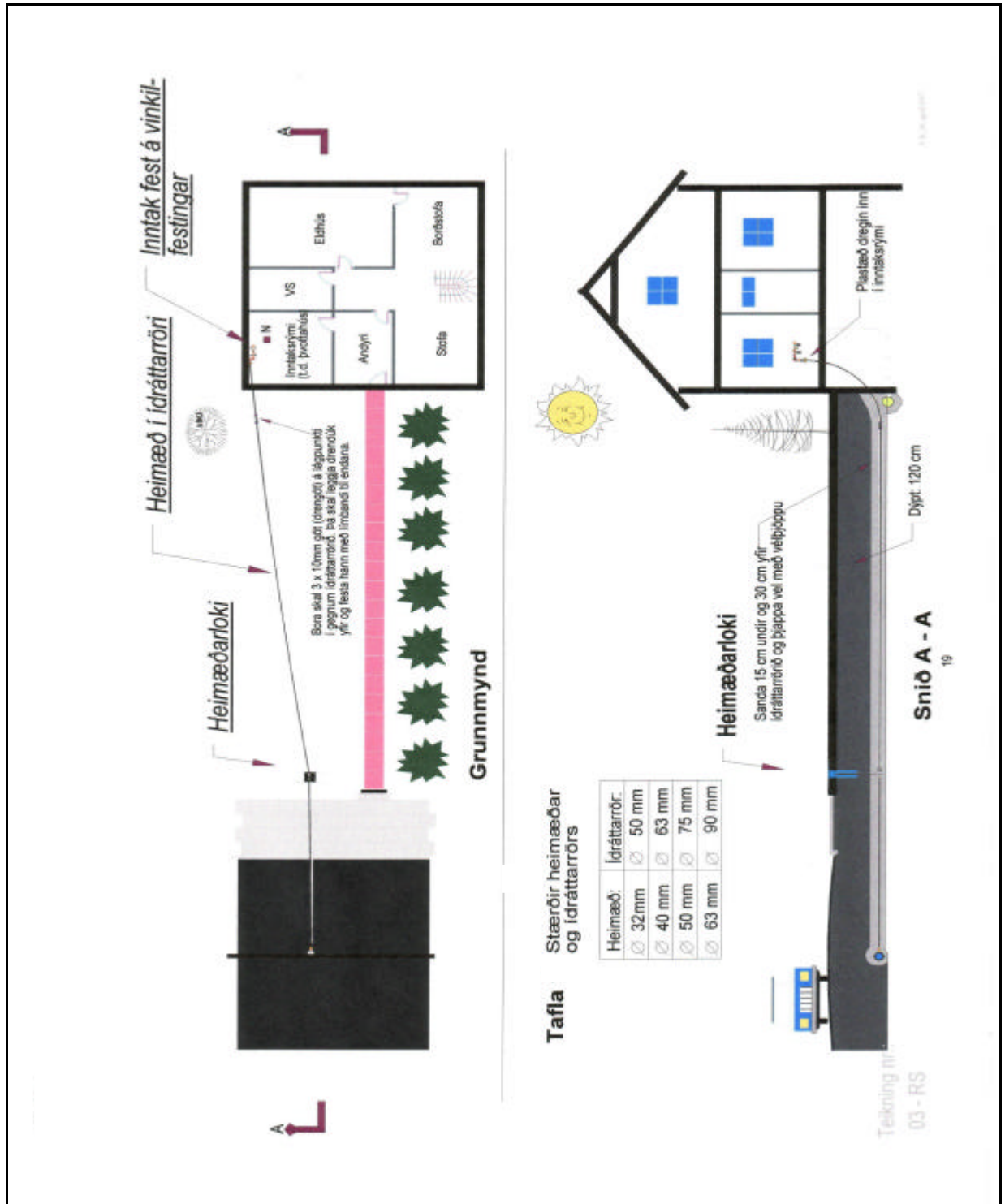
11.3.3.2 Plast alla leið

Vatnsveitum var gert skylt að leggja heimæðar alla leið inn í hús með lögnum frá 1992. Eins og áður er lýst var ákveðið að láta húsbyggjandann leggja ídráttarrör fyrir væntanlega heimæð úr inntaksrými að lóðarmörkum. Með þessu verklagi var hægt að leggja plastæðar alla leið inn í hús. Til að vernda plaströrið fyrir hjaski þar sem það kemur inn í húsið var ídráttarrörið látið ná að stofnloknum. Þannig verndar ídráttarrörið vatnslögnina bæði fyrir áverkum og einnig dagsljósi.

Mynd 4 Plast alla leið. Ídráttarrör



Mynd 5 Plast alla leið. Ný heimæð

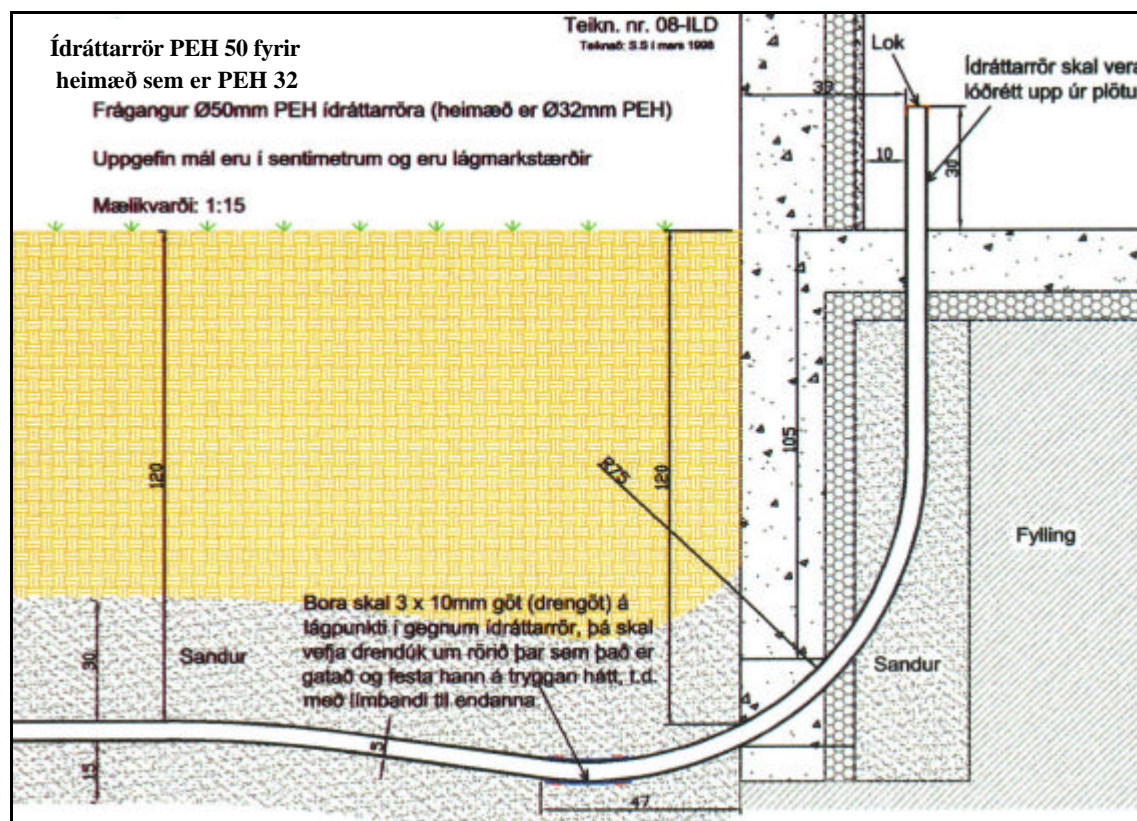


Myndir 4 og 5 sýna meginþætti innlagna heimæða. Framkvæmdir við ný hverfi hefjast á jarðvinnu fyrir dreifilagnir og götur. Vatnsveitan leggur dreifiaðina og heimæð út frá henni að eða rétt inn fyrir lóðarmörk. Lóðarhafi byggir hús sitt og leggur ídráttarrör að heimæðarandanum á lóðarmörkum. Á myndunum má sjá töflu yfir stærðir vatnslagna og passandi ídráttarrör. Það er mikilvægt að efnisgerð vatnslagnar og ídráttarrörs sé eins ef því verður við komið, t.d. SDR-17,6 (SDR segir til um veggþykkt rörsins) og MRS-100 (MRS segir til um efnisstyrkinn). Á **Mynd 5** sést endanlegur frágangur á nýrri heimæð. Tengigrind með stofnloka, síu og einstreymisloka, hefur verið komið fyrir í inntaksrými og á lóðarmörkum hefur verið settur heimæðarloki með spindli. Þennan loka gætu íbúar hússins notað ef skyndilegur leki kæmi upp, veitu megin við stofnlokann. Síðar í þessum kafla verður fjallað um hvort æskilegt sé að sleppa þessum heimæðarloka.

11.3.3.3 Plastinntak

Próunin hefur orðið sú að algengast er að leggja plast alla leið inn í hús fyrir heimæðar af stærðinni 63 mm í þvermál og minni. Það lætur nærri að yfir 90% allra heimæða falli undir þetta.

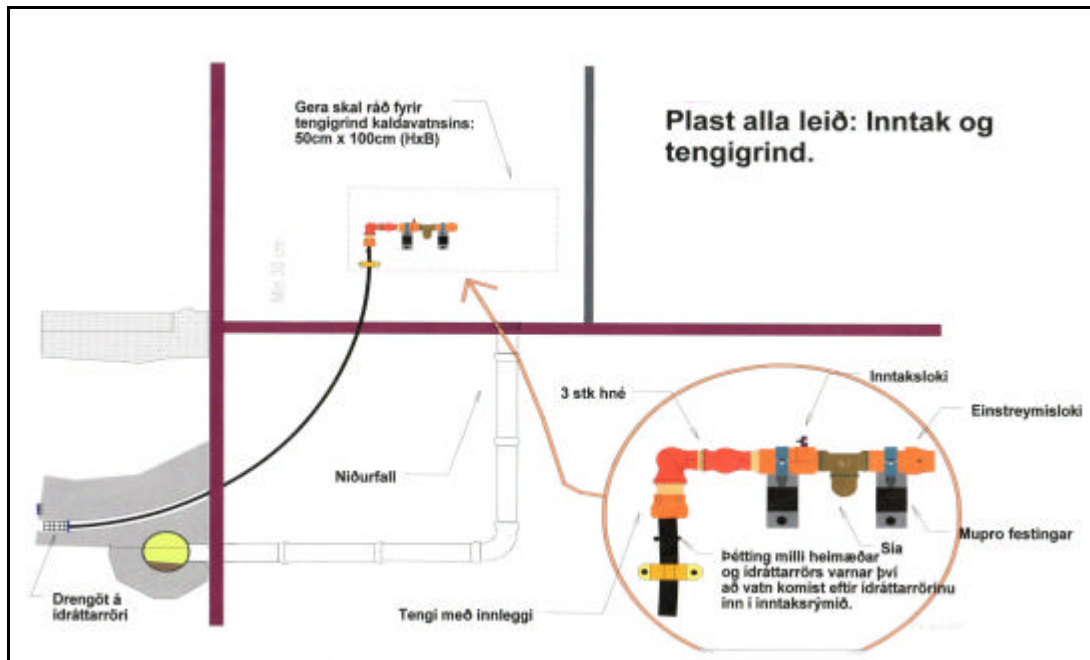
Mynd 6 Ídráttarrör í gegnum vegg



Mynd 6 sýnir hvernig skal ganga frá ídráttarröri þar sem það fer inn í húsið. Beygjuradínn á 50 mm PEH plaströri er 75 cm, en framleiðendur ráðleggja ekki krappari beygju. Þannig verður bilið milli útveggjar og rörs minnst 10 cm. Fyrir PEH 63 ídráttarrör er beygjuradínn 94,5 cm og bilið milli útveggjar og rörs verður minnst 22 cm. Fyrir PEH 75 ídráttarrör er beygjuradínn 112,5 cm og bilið milli útveggjar og rörs verður minnst 37 cm. Með því að

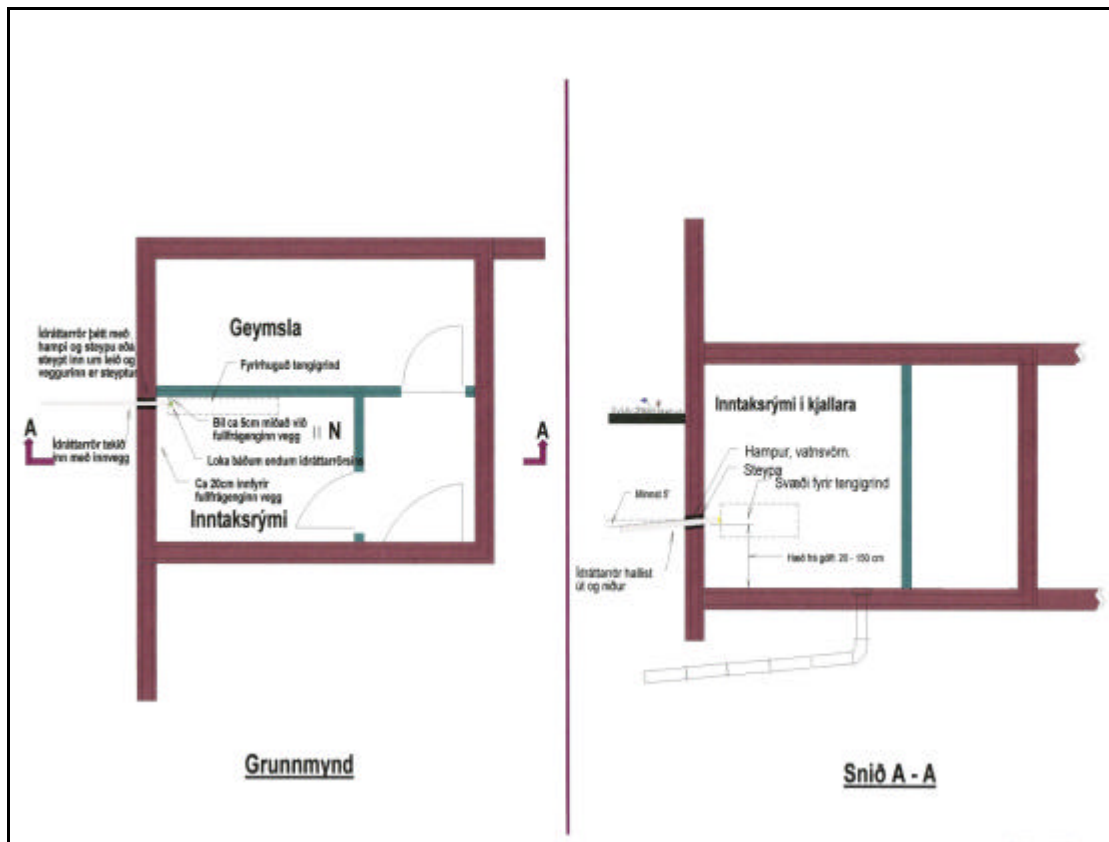
fylgja þessum ráðleggingum framleiðenda er tryggt að heimæðin sjálf, sem dregin er í ídráttarrörið, brotni ekki. Fyrir stærri heimæðar > 32 mm lendir ídráttarrörið nokkuð frá þeim útvegg sem það kemur inn um og erfitt að festa tengigrindina á þann vegg. Þess vegna er ráðlegt að velja inntaksrörinu stað þar sem það getur komið upp við innvegg eða vegg sem kemur hornrétt á inntaksvegginn.

Mynd 7 Plast alla leið. Tengigrind



Mynd 7 sýnir frágang plastinntaks. Nauðsynlegt er að þétta á milli vatnslagnar og ídráttarrörs til að kom í veg fyrir að jarðvatn eða lekavatn, sem kann að komast inn í ídráttarrörið, komist ekki inn í inntaksrýmið. Best er nota O-hringi til þéttingar. Þá er gert ráð fyrir að boruð séu drengöt á ídráttarrörið á lágpunkti utan húss í þeim tilgangi að vatnið eigi útleið. Erfitt getur verið að finna O-hringi að réttri stærð. Í **Töflu 4** er að finna upplýsingar um hvernig má smíða passandi O-hringi. Notuð eru 3 hné milli kopartengis sem tengir plastlögna við tengigrind, í þeim tilgangi að taka upp togkrafta í heimæðinni.

Mynd 8 Plast alla leið. Inntak í kjallara



Mynd 8 sýnir hvernig gengið er frá ídráttarröri þegar inntaksrými er í kjallara. Annað hvort þarf að steypa rörið inn um leið og kjallaraveggir eru steypdir eða kjarnbora fyrir því. Þegar kjarnborað er fyrir ídráttarrörinu skal þess gætt að gatið halli út a.m.k. 5°.

Tafla 4 Þéttihringir milli ídráttarrörs og heimæðar

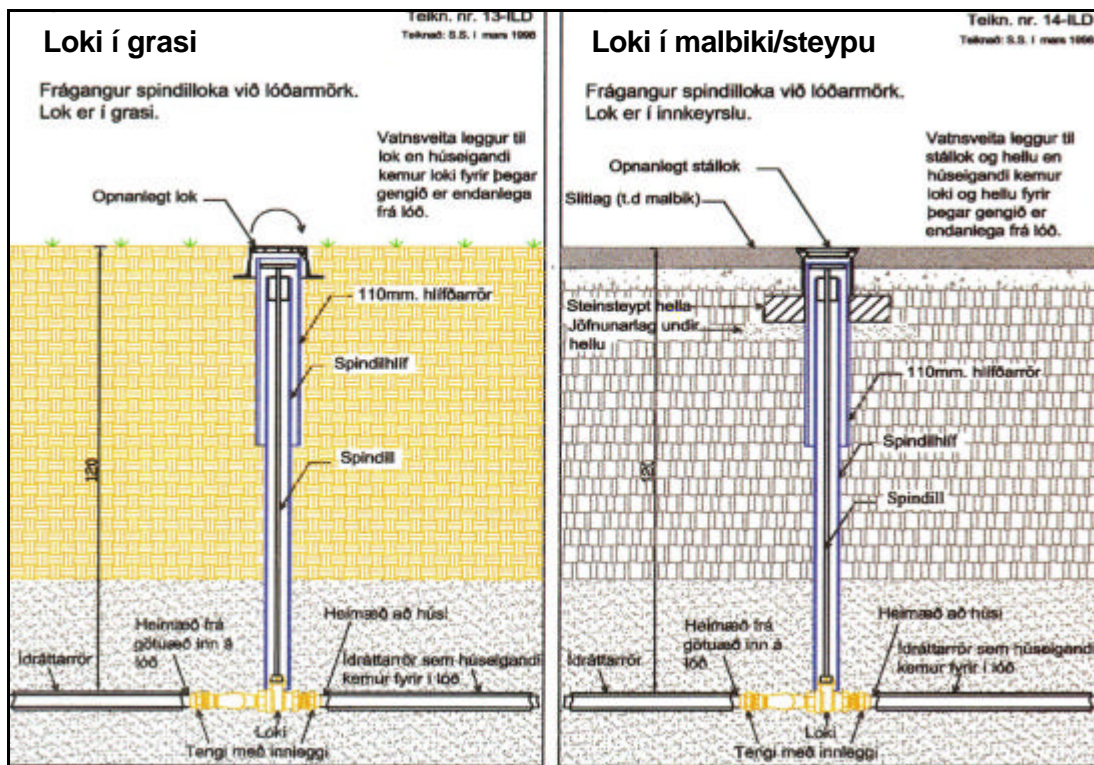
Nafnþvermál röra SDR 17,6 Heimæð / ídráttarrör	Þvermál gúmmísnúru mm	Lengd snúru í O-hring mm
32 / 50	7	115
40 / 63	8,4	148
50 / 75	10	184
63 / 90	Hægt að fá passandi O-hring í lagnavörverslunum	-

Í **Töflu 4** eru upplýsingar um þéttihringjaefni til smíði á passandi O-hringjum sem komið er fyrir milli vatnslagnar og ídráttarrörs í inntaksrými. Þegar efnið hefur verið skorið í rétta lengd er það límt saman með tröllataki eða áþekku lími. Þegar heimæðin hefur verið dregin inn í hús skal tengja hana fyrst inni við tengigrindina. Þetta þarf að gera til að koma þéttihringnum fyrir, það þarf að ýta vatnslögninni út um leið og O-hringurinn er látinn “renna” inn á milli vatnslagnar og ídráttarrörs.

11.3.3.4 Spindillokar á heimæðum

Spindillokar á jarðlögnum gera það kleift að hægt er að loka fyrir án þess að grafa niður á æðina. Það getur verið nokkuð öryggi í því að hafa spindiloka á heimæðinni, ef t.d. stofnloki innan húss bilar eða ef lögnin kerfismegin við hann fer í sundur. Það er mismunandi útfærsla á þessum lokum eftir því hvort þeir lenda í grasi/mold eða í malbiki. Svokallað flotlok og hella eru notuð ef lokinn kemur upp í malbiki en annars svokallað graslok.

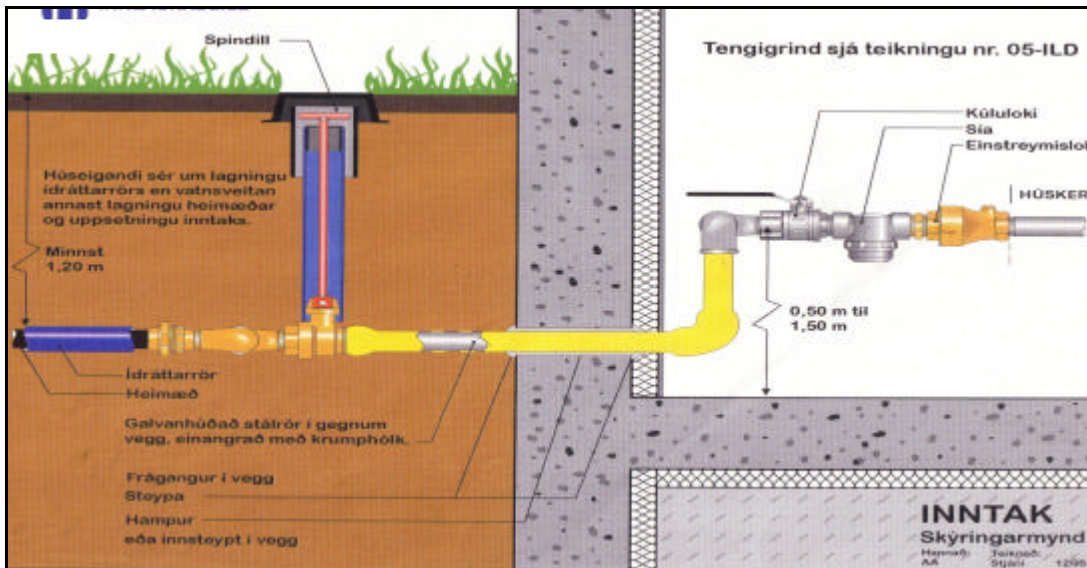
Mynd 9 Spindillokar í grasi og malbiki



11.3.3.5 Stálinntök

Í fyrstu heimæðar á Íslandi voru notaðar heitgalvanísraðar stálpípur. Að utanverðu voru þær bikaðar, striga vafið utan um bikið og síðan bikað aftur yfir strigann. Þetta reyndist mjög endingargóður frágangur sérstaklega ef þess var gætt að vanda til verksins og sanda vel undir og yfir lögnina. Finna má slíkar heimæðar í Reykjavík frá upphafsárum vatnsveitunnar sem enn er í notkun. Þetta efni var notað í heimæðar fram á sjöunda áratug tuttugustu aldar en þá hóf “plastöldin” innreið sína. Frá árinu 1965 hefur nær eingöngu verið notað plast í heimæðar á Íslandi. Fyrst var notað svo kallað PEL rör (polyethelene low density). Þróun plastsins var ör og fljótlega kom á markaðinn PEH rör (polyethelene high density) sem þóttu betri, sterkari og þöldu betur jarðvegsþrýsting.

Mynd 10 Stálinntak



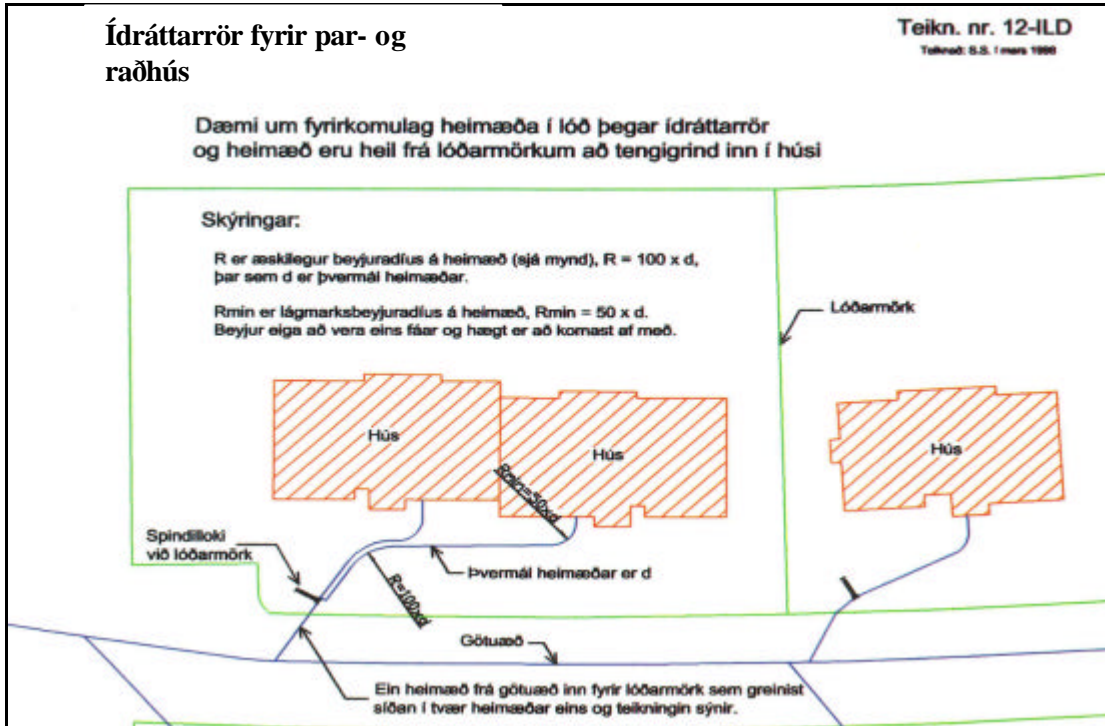
Þegar notkun plaströra hófst var venja að leggja heimæðina úr plasti frá dreifiað að húsvegg, en inntakið í gegnum vegginn var haft úr galvaníseruðu stáli. Ekki þótti treystandi á að fara með plastið í gegnum vegginn vegna þess hversu mjúkt efnið er og hætt við að það fari í sundur við minnstu áverka. Plastæðin tengist stálinntakinu með kopartengi með innleggi og 2 hnjám. Hnén eru höfð 2 til að geta tekið upp jarðvegshreyfingar. Reynslan hefur sýnt að oft sígur jarðvegur undir heimæðinni meðan stálinntakið haggast ekki í sökkulveggnum og þá geta myndast togkraftar sem reyna á tengingu plaströrs og stálinntaks. Ef kopartengi eru notuð til að setja saman plaströr sem liggja í jörð er afar mikilvægt að velja tengi með kónísku innleggi. Innleggið er slegið inn í enda rörsins og þenur hann aðeins út. Róin sem herðir tengið saman klemmir plaströrið við innleggið. Tilraunir með þessi tengi hafa sýnt að plaströrið dregst ekki úr tenginu þótt togkraftar reyni á það, fyrir slitnar rörið. Hins vegar, ef notuð eru tengi án svona innleggs, hefur reynslan sýnt að hætta er á að plaströrið dragist úr. Æskilegt er að nota stálinntak fyrir stærri heimæðar = 75 mm. Þá er mikilvægt að vernda stálrörið fyrir tæringu, t. d. með því að setja herpihólk utanum það og vefja plastrenningum til endanna alveg út á plaströrið þannig að hvergi sé ber málmur eða bika það að innan og utan ef svart efni er notað. Þegar neysluvatnslagnir eru bikaðar verður að nota til þess ætlað bik, svo kallað blásið bik, sem ekki mengar vatnið. Best er að kjarnabora fyrir stálrörið gegnum útvegginn, slá hampi inn í vegginn allt umhverfis rörið þannig að um 3 cm djúp glufa verði eftir, bæði að innan- og utanverðu, til að steypa í.

Upplýsingar um stálinntök fyrir stærri heimæðar = 4" er að finna í kafla 11.4.2, sem fjallar um eldvarnarheimæðar.

11.3.3.6 Fyrirkomulag heimæða

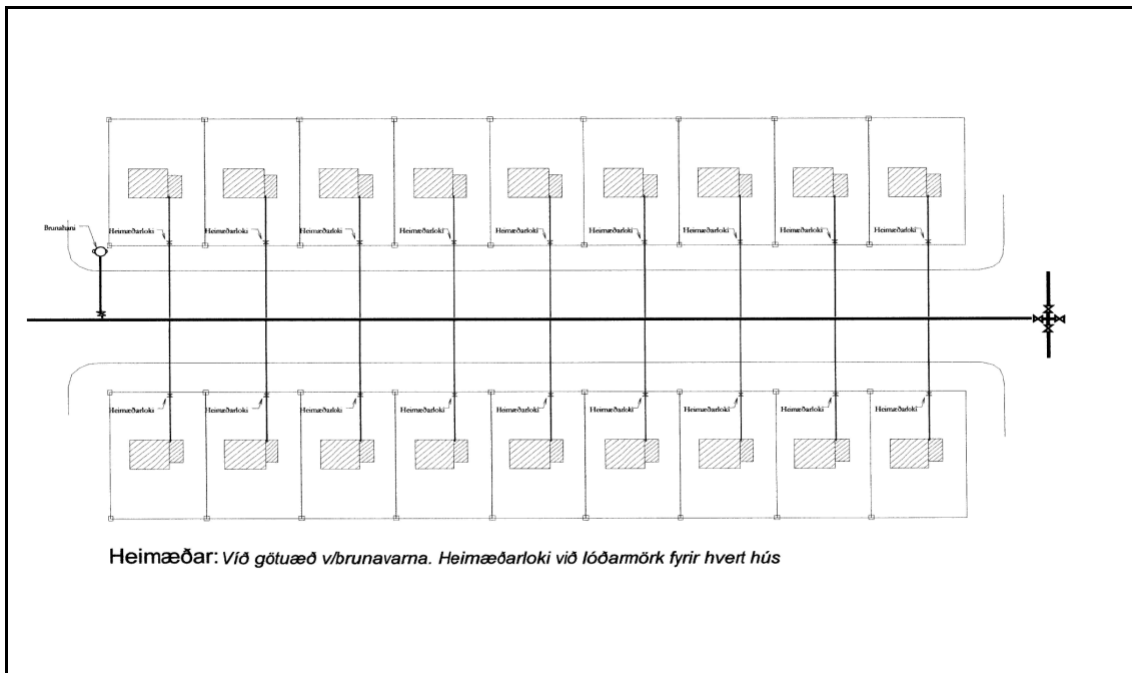
Þegar vatnslagnir eru lagðar í ný hverfi er venja að leggja einn heimæðarlegg fyrir hverja lóð að eða rétt innfyrris lóðarmörkin. Fyrir par- og raðhús ræðst það af aðstæðum hvort lagður er heimæðarleggur úr götu fyrir sérhvert hús eða bara einn nægilega stór heimæðarleggur fyrir lóðina. T.d. ef parhús/raðhús snýr gaflinum að götunni þaðan sem heimæðin er lögð er venjulega aðeins lögð ein heimæð inn á lóðina og húsbyggjandinn leggur ídráttarrör frá hverju húsi að heimæðarendanum.

Mynd 11 Fyrirkomulag ídráttarröra



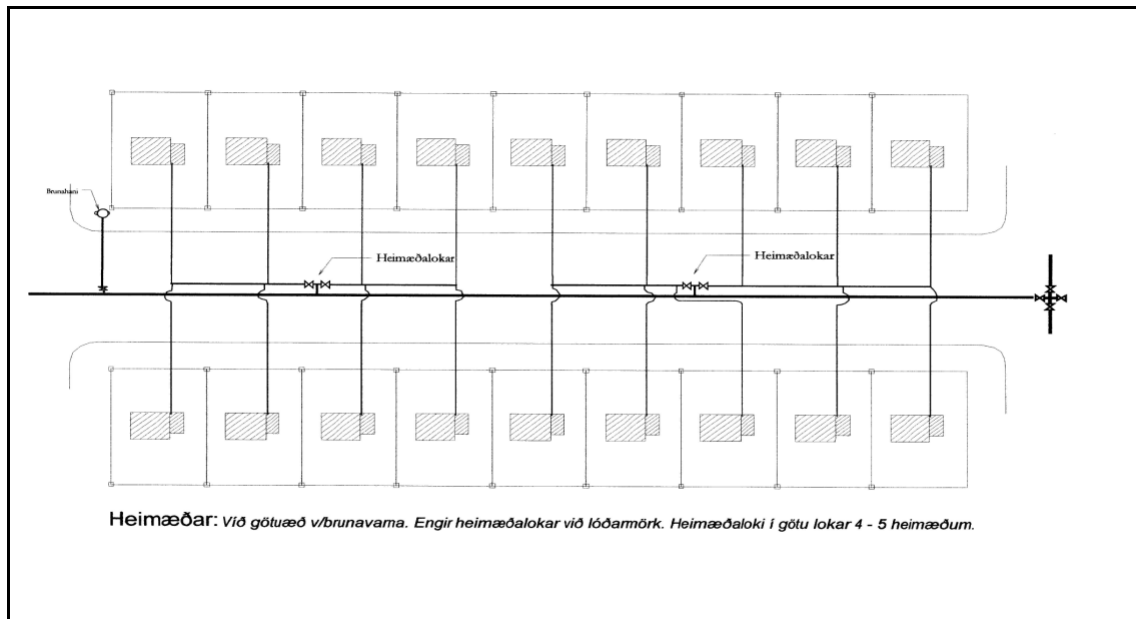
Kostnaður við lögn og viðhald heimæðar ræðst nokkuð á því hvernig útfærsla er valin. Á myndum 5, 11 og 12 eru sýndar kjörútfærslur með heimæðarloka á hverri heimæð.

Mynd 12 Heimæðar með sérloka



Heimæðarlokinn á lóðarmörkum er hugsaður sem neyðarloki ef heimæðin milli hans og stofnlokans eða stofnlokinn sjálfur bilar. Það gerist raunar afar sjaldan og ef það gerist er óvíst hvort heimæðarlokinn sé aðgengilegur eða í lagi. Í tímans rás er oft óvart hellulagt eða tyrft yfir slíka loka. Það fylgir því allnokkur kostnaður að setja upp heimæðaroka á lóðarmörkum og viðhaldskostnaður getur orðið hár ef lokanum er haldið vel við. Þess vegna er útfærslan eins og **Mynd 13** sýnir góður kostur, mun ódýrari og veldur ekki mikilli þjónustuskerðingu. Að meðaltali eru það örfáar heimæðar sem þarf að loka einhvern tíma á líftíma þeirra, vegna bilana. Það er ekki fyrr en að því kemur að endurnýja heimæðina (eftir ca 50 ár) sem truflun verður á afhendingu vatnsins.

Mynd 13 Heimæðar án sérloka



Mynd 13 sýnir víða götuæð (6' eða stærri) sem þarf að geta flutt nægjanlegt slökkvivatn að brunahönum. Inn á götuæðina er sett T-stykki og tveir heimæðalokar. Við þá er tengd grennri tengiæð (oft 63 mm plastæð) fyrir nokkrar heimæðar (hæfilegt, 4-10 heimæðar á loka). Einnig má hugsa sér að leggja ídráttarrör frá sérhverri lóð að lokunum í götunni. Það gæti sparað holur í malbikið síðar þegar að því kemur að endurnýja heimæðarnar.

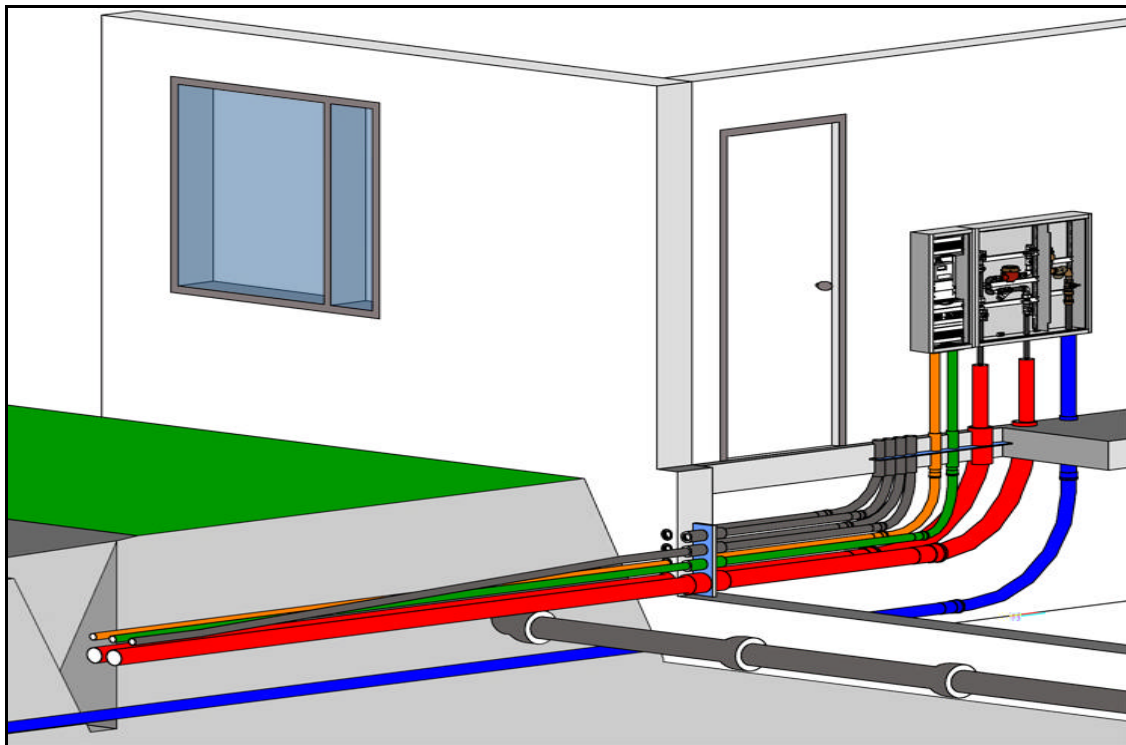
11.3.4 Samliggjandi heimlaginir

Það hefur verið tímafrekt og kostnaðarsamt að leggja inn nýjar heimlaginir, fyrir rafmagn, hitaveitu og kalt vatn. Verkferlið hefur verið margþætt og fjöldi ferða framkvæmdaflokka, eftirlitsmanna og áhleypingarmanna eru farnar á hvern þann stað sem sækir um nýjar heimlaginir. Þá hefur það ekki síður verið tafsamt fyrir húsbýggjandann að sækja um og fylgja síðan innlögnunum eftir.

Fljótlega eftir að veitufyrirtækin í Reykjavík sameinuðust í Orkuveitu Reykjavíkur hófst undirbúningur á innlagnaúrbótum og var stofnaður vinnuhópur í þessu skyni. Markmiðið var að bjóða viðskiptavinum upp á að sækja um allar lagnir í einu á einum stað og fá þær lagðar inn í einni ferð. Innlagnaferlið var nokkuð mismunandi hjá veitunum, vatnsveitan lagði inn heimæð og hleypti á í einni ferð. Hitaveita og rafmagnsveita skiptu innlögninni í nokkra þætti,

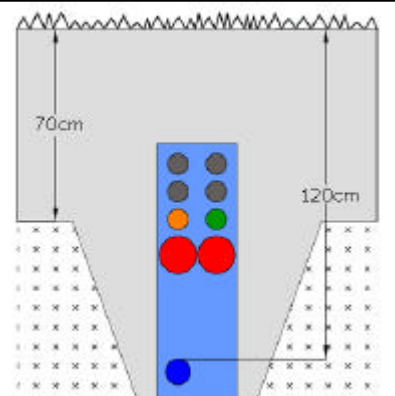
innlögn lagnar, uppsetning mælis, áhleypling o.s. frv. Ýmsar ástæður lágu að baki verklaginu eins og öryggismál o.þ.h. Verkefni vinnuhópsins var að finna lausnir á öllum þáttum málsins með þeim hætti að markmiðið næðist, þ.e. að leggja heimlagin fyrir rafmagn, heitt- og kalt vatn í einni ferð á verkstaðinn og hleypa á. Starf vinnuhópsins er að mestu lokið, niðurstöður liggja fyrir og innlagnir með þessum nýja hætti eru þegar hafnar.

Mynd 14 Samliggjandi heimlaginir



- ? Rör húseiganda
(t.d. snjóbræðsla,
lóðarlýsing og fjarskipti)
- ? Ídráttarrör OR
- ? Rafmagn
- ? Heitt vatn
- ? Kalt vatn

Þegar sökkull nær ekki sömu dýpt og lagnamótið, getur þurft að brjóta úr klöpp til að koma því fyrir á réttu dýpi.



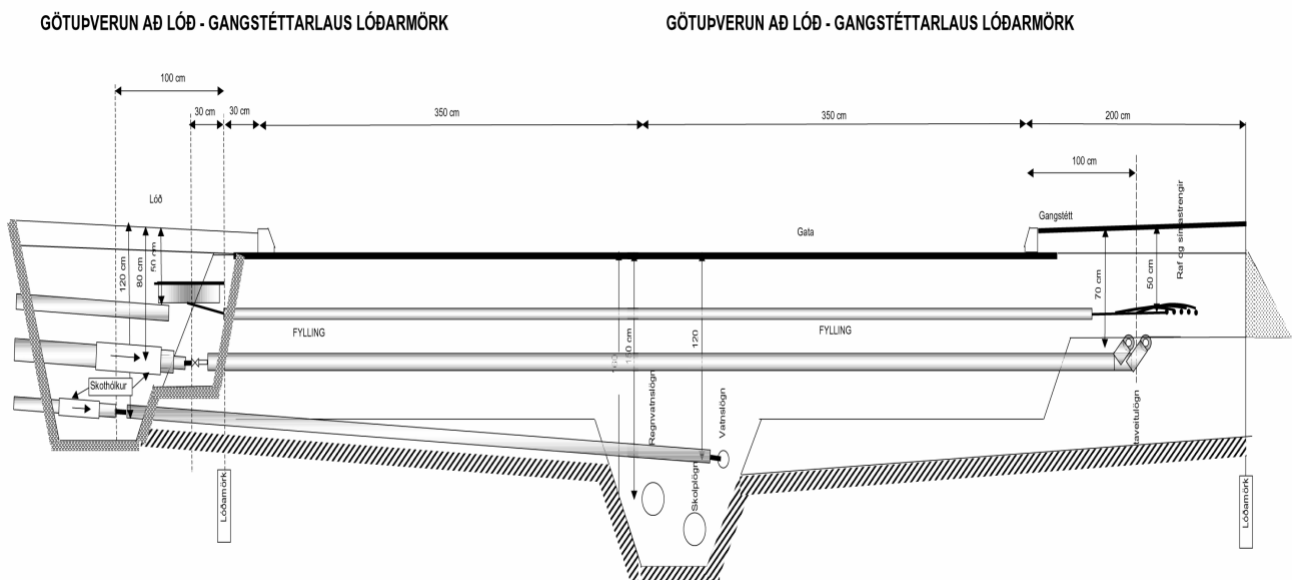
11.3.4.1 Forsendur samliggjandi heimlagna

Undirbúningur að samliggjandi heimlögnum hefst strax og lagnir í ný hverfi eru hannaðar. Leggja þarf heimlagin fyrir kalt vatn, heitt vatn, rafmagn og síma á sama stað út úr götukassanum og um 1 m inn á viðkomandi lóð. Þar eru endar heita- og kalda vatnsins lokaðir með botnhólk eða soðið fyrir, en rafmagnskapallinn er hringaður upp og hafður nógu langur, þannig að hann muni ná inn í hús. Kapalhönkinni er komið fyrir í sérstakri kapahlíff og í

kapahlífinni er einnig komið fyrir segulkúlu sem auðveldar staðsetningu heimlagnarendanna þegar að því kemur að leggja lagnirnar inn í hús. Að öðru leyti eru forsendur samliggjandi heimlagna eftirfarandi:

1. Heimlagnir í einbýlishús, raðhús og minni fjölbýlishús (allt að 3000 m³).
2. Sveigjanleg hitaveiturör (einangruð plaströr), þannig að hægt sé að draga allar lagnir í ídráttarrör.
3. Gera ráð fyrir samliggjandi heimlögnum strax við hönnun gatna og dreifilagna þannig að allar lagnir komi inn á lóð á sama stað.
4. Samvinna við húsbyggjanda sem kemur fyrir mátum og ídráttarrörum í sökkul og e.t.v. leggur ídráttarrörin að lóðarmörkum.
5. Samvinna við byggingarfulltrúa um yfirferð innlagðra teikninga og úttektir á lagnavinnu húsbyggjandans.

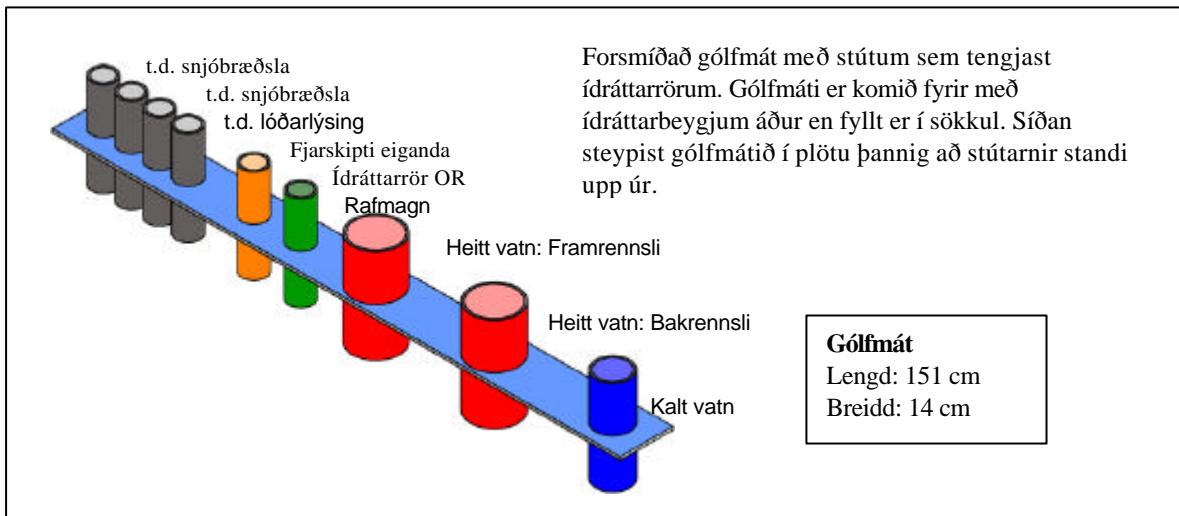
Mynd 15 Samliggjandi heimlagnir, þversnið



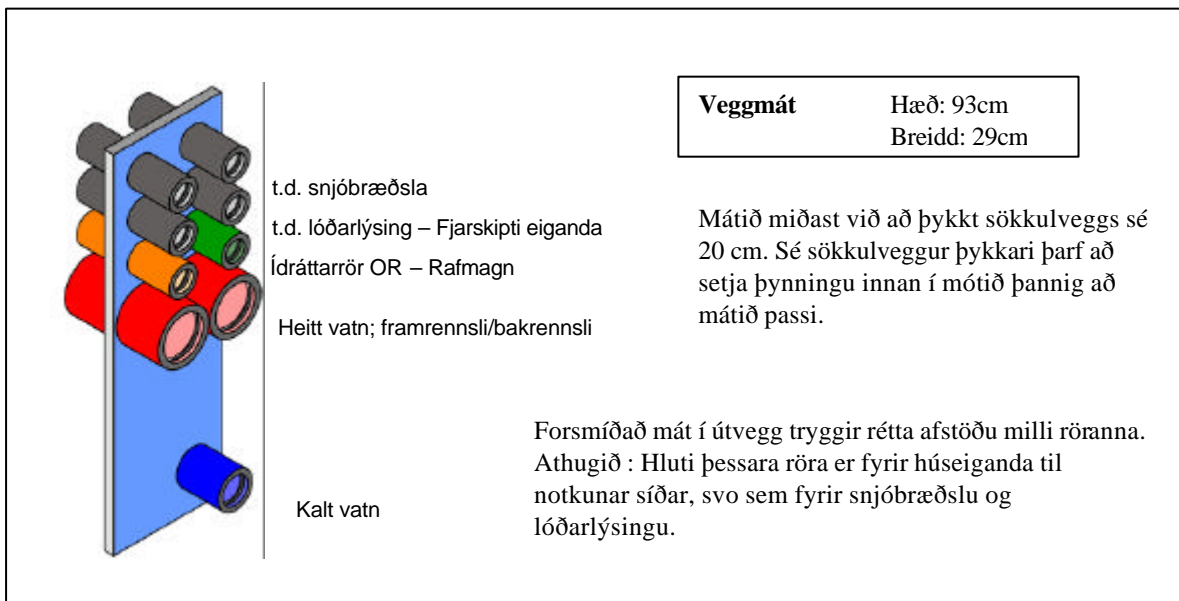
11.3.4.2 Verkaskipting húsbyggjanda og veitu

Húsbyggjandi kemur fyrir mátum og ídráttarrörum í sökkulgrunn. Ef inntaksrými er í niðurgröfnum kjallara er aðeins um að ræða að koma fyrir máti í útvegg kjallarans. Orkuveita Reykjavíkur hefur ákveðið að grafa fyrir og leggja sjálf ídráttarrör innan lóðar, a.m.k. fyrst um sinn. Áhersla er lögð á að verkefnið fari vel af stað og þess vegna vill OR tryggja, með eigin verktökum, að lagn ídráttarröranna innan lóðar verði viðunandi. Það er á valdi sveitarfélags/veitna að ákveða í tengiskilmálum hvernig þessari verkaskiptingu er háttað. Það getur verið góður kostur að láta húsbyggjandinn einnig grafa og leggja ídráttarrör að lóðarmörkum. Húsbyggjandinn getur nýtt þau jarðvinnutæki, sem hann notar við grunn og frárennislagnir og hægt væri að halda heimlagnagjöldum lægri.

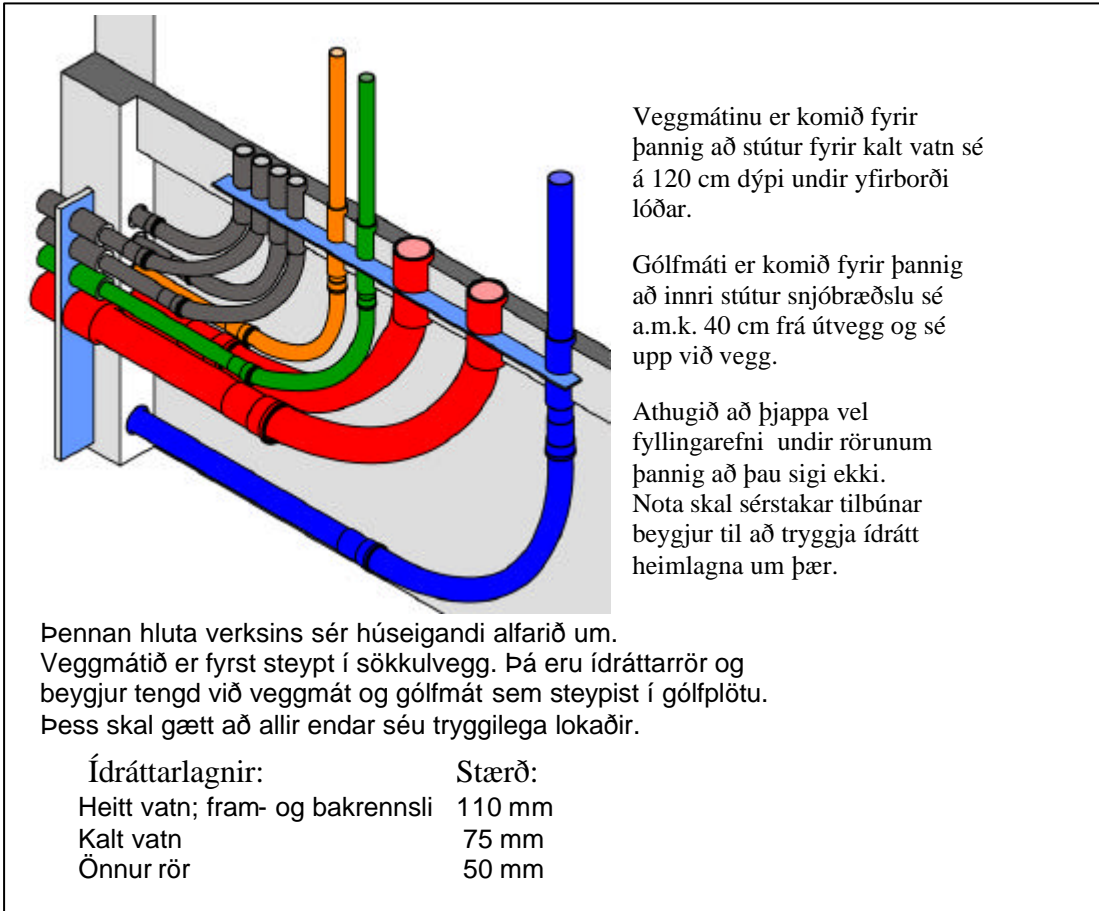
Mynd 16 Gólfmát



Mynd 17 Sökkulmát



Mynd 18 Ídráttarrör í grunni



Mynd 19 Inntaksskápur



Mynd 19 sýnir inntaksskáp fyrir samliggjandi heimlagnir. Skápurinn er settur saman úr 2 skápum, sérskáp fyrir rafmagn og sameiginlegum skáp fyrir heitt og kalt vatn. Í skápinn á myndinni vantar einangrandi skilrúm á milli heita- og kalda vatnsins.

11.3.5 Inntaksrými-mælagrindur

11.3.5.1 Inntaksrými

Inntaksrými er það rými eða klefi þar sem heimæð fyrir kalt vatn tengist húskerfi. Í fjöleignarhúsum skal slíkt rými ætíð vera í sameign.

Rýmið skal vera upplýst, upphitað, með gólfniðurfalli, þröskuldi í dyrum og loftræstingu. Að jafnaði skal rýmið vera staðsett við þann útvegg sem snýr að götunni þar sem heimæðin er tengd við dreifikerfi vatnsveitu.

Lágmarksstærð á inntaksklefa: Lágmarkshæð á inntaksklefa skal almennt vera 2,2 m. Fyrir heimæðar \varnothing 63mm og minni skal lágmarks breidd vera 1,0 m. Lágmarkslengd er samkvæmt **Töflu 5** enda sé tengigrind sett á þann vegg. Í töflunni er miðað við að lokar og mælar húseiganda rýri ekki lágmarkskröfur vatnsveitunnar.

Tafla 5 Lágmarkslengdir á inntaksrými f. = DN 63

Þvermál lagna (utanmál)	Tilfelli a Lengd:	Tilfelli b Lengd:	Tilfelli c Lengd:
32 mm	1,2 m	1,2 m	1,5 m
40 mm	1,4 m	1,3 m	1,6 m
50 mm	1,5 m	1,4 m	1,7 m
63 mm	1,5 m	1,5 m	1,9 m

Tilfelli a: Tengigrind í stefnu heimæðarinnar inn í hús.
 Tilfelli b: Tengigrind er þvert á stefnu heimæðar inn í hús.
 Tilfelli c: Inntak hitaveitu inn í húsið er samhliða inntaki vatnsveitu.

Ef tæmingarloki, þrýstingsmælir, hitamælir og stofnloki húseiganda eru í beinu framhaldi tengigrindar bætast 0.4 m við lengdir í töflu (0,1 m fyrir hvern).

Ef heimæð er stærri en \varnothing 63 mm skal lágmarkslengd (tengigrind kemur á þann vegg) og lágmarksbreidd vera samkvæmt **Töflu 6** en hafa verður í huga að rýmisþörf fyrir tæknibúnað húseiganda (t.d. sprinkler) getur aukið verulega stærð inntaksklefa.

Tafla 6 Lágmarkslengdir á inntaksrými f. > DN 63

Þvermál lagna (utanmál)	Tilfelli a og b Lengd:	Tilfelli c Lengd:	Tilfelli a, b og c Breidd:
75 mm	2,1 m	2,5 m	1,1 m
90 mm	2,2 m	2,6 m	1,1 m
110 mm	2,7 m	3,1 m	1,2 m
180 mm	3,5 m	3,9 m	1,2 m

Þar sem lagnir vatnsveitu og hitaveitu liggja samhliða, skulu vera a.m.k. 0,3 m á milli lagna og lögn vatnsveitu skal vera neðri lögnin.

11.3.5.2 Mælagrindur

Víðast á landinu er vatn til heimilisnotkunnar ekki selt samkvæmt mældri notkun, heldur er lagt á vatnsgjald samkvæmt ákvæðum reglugerðar. Þrátt fyrir það þurfa hönnuðir húsa að gera ráð fyrir nægilega stóru veggrymi fyrir tengigrindur vatns, þannig að mæli verði við komið. Þetta á við hvort heldur um íbúðar- eða annað húsnæði er að ræða. Ástæðan er sú að íbúðarhúsnæði gæti breyst í atvinnuhúsnæði í tímans rás og einnig gæti síðar vaknað vilji ráðamanna til að selja vatn til heimilisnotkunnar um mæli.

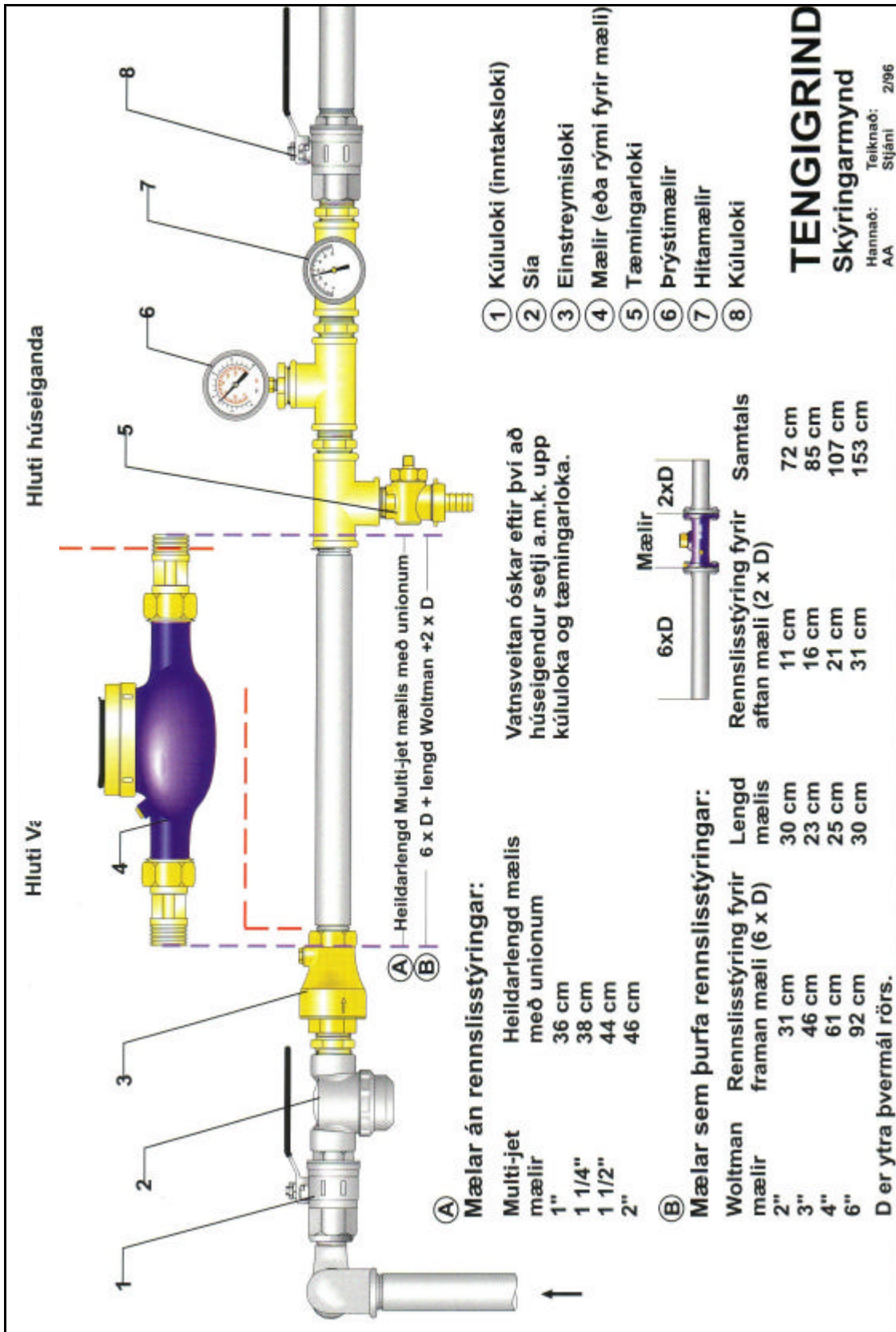
Stærð tengiflatar (svæði fyrir tengigrind) þarf að vera að lágmarki samkvæmt **Töflu 7**.

Tafla 7 Stærð tengiflatar fyrir mælagrindur

Þvermál lagna (utanmál):	Lengd tengiflatar:	Hæð tengiflatar:
32 mm	0,8 m	0,5 m
40 mm	0,9 m	0,5 m
50 mm	1,0 m	0,5 m
63 mm	1,2 m	0,5 m
75 mm	1,6 m	0,5 m
90 mm	1,7 m	0,6 m
110 mm	2,0 m	0,6 m
180 mm	2,8 m	0,6 m

Hæð tengigrindar frá gólfi skal vera á bilinu 0,3 m til 1,5 m. Auðvelt skal vera að komast að tengigrindinni til aflestrar mæla, viðhalds og viðgerða. Óheimilt er að setja vatnsinntak upp í aflokaðri geymslu nema gerður sé sérstakur aðgengilegur inntaksklefi.

Mynd 20 Tengigrind



Mynd 20 sýnir mælagrind ásamt upplýsingum um rennslisstýringar. Enn eru túrbínúmælar, sambærilegir þeim sem myndin sýnir, mest notaðir sem solumælar. Ör þróun hefur átt sér stað með rafræna mæla og þá sérstaklega segulsviðsmæla. Slíkir mælar eru fyrirferðarlitlir og þurfa styttri rennslisstýringar (þ.e. beina leggi framan og aftan við mælinn) og bjóða upp á ýmsar tæknilausnir eins og t.d. fjaraflestur. Fáanlegir eru mælar með innbyggðum GSM-símum sem hægt er að láta hringja aflesturinn inn eða hringja í mælinn og fá upplýsingar um stöðuna. Eflaust er það spurning um tíma hvenær slíkar lausnir verða hagkvæmar en ekki má heldur vanmeta, að með því að senda starfsmann til að lesa af mæli fæst um leið upplýsingar um ástand inntaks sem er á ábyrgð veitunnar.

11.3.6 Stærðarval

Það kemur fyrir að húseigendur setji upp varmaskipta og noti upphitað kalt vatn í heitt neysluvatn. Í kaflanum hér á eftir er hins vegar **ekki** gert ráð fyrir þessu heldur er gengið út frá að um hefðbundin lagnakerfi sé að ræða, þ.e. að kalt vatn sé notað í kaldavatslagnir og hitaveituvatn í heitar neysluvatnslagnir. Ef kalda vatnið er notað í heitt neysluvatn þarf að taka tillit til þess í stærðarvali á kaldavatsheimæð.

11.3.6.1 Grunnildi vatnstækja

Hönnuðir húsgerfa reikna út vatnspörf og ákveða pípuþvermál heimæða í samræmi við það. Starfsmenn vatnsveitna geta þurft að ákveða stærðir heimæða sérstaklega í sambandi við endurnýjanir á þeim. Gamlar heimæðar eru oft full grannar og standast ekki þær kröfur sem gerðar eru í dag og einnig geta hús breyst með árunum, komin viðbygging eða önnur starfssemi í þau þegar kemur að endurnýja heimæðina. Í **Töflu 3** er “þumalputtaregla” sem hægt er að fara eftir en einnig má styðjast við eftirfarandi:

Samkvæmt ÍST 67 má ákveða stærð vatnslagna í íbúða- og skrifstofuhúsnæði án sérstakra útreikninga ef eftirtalin skilyrði eru uppfyllt:

Hvergi sé kerfisbundin notkun á töppunarstað.

Hámarks grunnildi sé = 0,3 l/s.

Þrýstítap p í heimæð og dreifilögn innan húss sé $p = P_r/L = 0,05 \text{ m VS/m}$.

P_r er sá þrýstingur, sem er til umráða fyrir þrýstítap í heimæð og dreifilögn inni.

L er samanlögð lengd heimæðar og dreifilögn inni að fjærsta/efsta töppunarstað.

Summa grunnilda Q_t má ekki vera hærra en 100 l/s.

Hæðir séu ekki fleiri en fjórar. Kjallari reiknast ekki með.

Tafla 8 Grunnildi tækja

Grunngildi q_N fyrir hreinlætistöki

Grunngildi:	Kalt vatn l/s
Blöndunartæki við baðker	0,3
Blöndunartæki við sturtu	0,2
Skolskál	0,1
Drykkjarskál	0,05
Eldhúsvaskur	0,2
Kranar	0,2
Krani við þvottarennu (pr. stk.)	0,03
Krani við handlaug	0,1
Kranar utanhúss til vökvunar	0,3
Uppþvottavél	0,2
Þvagskál (skolkassi)	0,1
Þvagskál (skolkrani) ¹	0,3
Þvottavél (einbýlishús)	0,2
Þvottavél (fjölbýlishús)	0,3
VS (skolkassi)	0,1
VS (skolkrani) ²	0,5
Skolvaskur	0,2

1 Grunnildi fyrir margar þvagskálur í röð reiknast 0,3 l/s fyrir fyrsta krana en 0,1 l/s fyrir aðra krana.

2 Grunnildi fyrir mörg vatnssalerni í röð reiknast 0,5 l/s fyrir fyrsta skolkrana og 0,2 l/s fyrir aðra skolkrana.

Tafla 9 Flokkun tækja

Flokkun á blöndunartækjum og krönum:

Þrýstings- Flokkur kN/m ² :	Þrýstingstap P_{VN} ef opnað er að fullu:	Tæki í þessum flokki:
50	$P_{VN} = 50$	Venjulegir kranar og blöndunartæki
150	$50 < P_{VN} = 150$	Eingripstæki þvotta- og upphvottavéla r til heimilisnota
300	$150 < P_{VN} < 300$	Blöndunartæki með hitastilli

100 kN/m² = 1 bar ~ 1 kg/cm²

Taflan sýnir nauðsynlegan þrýsting við töppunarstað viðkomandi tækja svo að þau skili nægjanlegu rennsli við fulla opnun.

11.3.6.2 Stærð á heimæð og áborunargati.

Ef summa grunngilda, Q_t , er = 15 l/s má tengiborun vera 20 mm. Ef summa grunngilda er = 40 l/s má tengiborun vera 25 mm. Ef summa grunngilda fer yfir 40 l/s skal tengja heimæð við götuæð með T-stykki.

Tafla 10 Stærðarval á heimæðum

p	Summa grunngilda Q_t l/s		
	Vidd á heimæð		
m VS/m	32 mm	40 mm	50 mm
0,05	1,6	8	35
0,10	6	20	60
0,20	15	45	100
0,30	20	65	100
0,40	30	80	100
0,50	40	95	100

Dæmi 1 Stærðarval

Sævar Marvinnsson, útgerðarmaður og kvótaeigandi, býr að Sjávarhóli í Skötuselsvík, sem er meðalstórt kaupún við Ytri Fjörur í Valsfirði. Sjávarhóll er gamalt reisulegt hús sem stendur ofarlega í bænum, við Kirkjuvelli. Húsið var byggt 1927 af Marvin Baldvinnssyni skipstjóra, föður Sævars.

Sævar átti við smá vanda að glíma með kalda vatnið, þrýstingur virtist fara þverrandi og vera of lágur. Hann ákvað að hringja í Viðar Arnarson hjá vatnsveitu bæjarins, eða Vidda í vatninu, eins og hann var jafnan kallaður, og skýra honum frá þessu. Viddi má ekki vamm sitt vita þegar þjónustan er annars vegar og þess vegna og var hann kominn að vörmu spori. Viddi hafði með sér nýju staðsetningartækin sem hann hafði keypt eftir að hafa tekið þátt í lekarleitarnámskeiði Samorku. Viddi sá strax að heimæðin var sú upphaflega og ekki nema ½” og hafði orð á því við Sævar að þetta væri í raun alltof grannt. Sævar sagði honum að pabbi sinn, Marvin, hefði lagt æðina á sínum tíma og hann var ekki vanur að kosta meiru til en nauðsynlegt var. Viddi byrjaði á að loka fyrir inntakið og leggja eyrun að inntakskrananum og heyrði um leið syngjandi hljóð. Greinilegt var að heimæðin var farin að leka utan við húsið. “Þetta verðum við að endurnýja” sagði Viddi og tengdi staðsetningartækin við inntakið, hlustaði út heimæðina og mældi lengd hennar, sem reyndist vera 26 m. Aðalæð vatnsveitunnar lá um Kirkjuvelli og gegndi þar hlutverki dreifiaðar sem m.a. heimæðin í Sjávarhól var tengd við. Viddi vissi nákvæmlega hver lágmarksþrýstingur í æðinni var, hann hafði nokkrum sinnum mælt hann á álagstíma í brunahana sem var í gangstéttin framan við Sjávarhól. Þrýstingurinn reyndist vera 3,3 kg/cm² eða 33 VS m. Viddi gekk síðan með Sævari um húsið og taldi alla töppunarstaði og flokkaði þá eftir hlutverkum. Hann áætlaði einnig lengd dreifiaðar innanhúss að fjærsta krana, 23 m. Viddi fór síðan niður á veitu með upplýsingarnar.

Viddi þarf að finna út tvö gildi til að ákveða þvermál nýju heimæðarinnar sem hann ætlar að leggja að Sjávarhól:

Q_t : Samanlögð grunnildi töppunarstaðanna og

p : þ.e. þrýstingurinn sem hann má tapa í heimæðinni og dreifilögninni inni [Vs m/m].

$$p = P_r/L \text{ [Vs m/m]}$$

$$P_r = P_{in} - H - P_o \text{ [Vs m]}$$

P_{in} : Þrýstingur á tengistað heimæðar við götuæð [VS m]

P_o : Þrýstingstap í blöndunartæki og lagnahlutum öðrum en heimæð og dreifilögn innan húss m.v. 70 % af grunnildi [VS m] (um er að ræða nauðsynlegan þrýsting eða réttara sagt nauðsynlegt þrýstítap til að koma vatninu með viðunandi hætti í gegnum blöndunartækin)

H: Hæðarmunur milli tengistaðar og efsta töppunarstaðar í húskerfinu [m]

Á fjærsta töppunarstað í Sjávarhól eru hitastýrð blöndunartæki og Viddi ákveður P_o : 22 og reiknar með að þá verði ávallt nægilegur þrýstingur á töppunarstöðum fyrir viðkomandi vatnstæki, þá fann hann út að hæðarmunur milli tengistaðar og efsta töppunarstaðar er 6 m.

$$P_r = 33 - 6 - 22 = 5 \text{ m}$$

$$L = 26 + 23 = 49 \text{ m}$$

$$p = 5/49 = \mathbf{0,10 \text{ VS m/m}}$$

Tafla 11 (Sjávarhóll) Grunnildi q_N fyrir hreinlætistæki

Grunngildi:	Kalt vatn l/s	Fjöldi Eininga:	Samtals L/s:
Blöndunartæki við baðker	0,3	1	0,3
Blöndunartæki við sturtu	0,2	2	0,4
Skolskál	0,1	1	0,1
Drykkjarskál	0,05	0	0
Eldhúsvaskur	0,2	1	0,2
Kranar	0,2	4	0,8
Krani við þvottarennu (pr. stk.)	0,03	0	0
Krani við handlaug	0,1	4	0,4
Kranar utanhúss til vökvunar	0,3	3	0,9
Uppþvottavél	0,2	1	0,2
Þvagskál (skolkassi)	0,1	0	0
Þvagskál (skolkrani) ¹	0,3	0	0
Þvottavél (einbýlishús)	0,2	1	0,2
Þvottavél (fjölbýlishús)	0,3	0	0
VS (skolkassi)	0,1	2	0,2
VS (skolkrani) ²	0,5	0	0
Skolvaskur	0,2	3	0,6
		Samtals (Q_t):	4,3

Viddi ber saman niðurstöður sínar við **Töflu 12** og sér að samkvæmt línu 2 er rétta stærðin fyrir Sjávarhól **32 mm** heimæð og hann velur þann sverleika. Ef summa grunnilda hefði verið meiri en 6 l/s en minni eða jöfn 20 l/s hefði hann valið 40 mm heimæð.

Tafla 12 (Sjávarhóll) $1,6 < 4,3 < 6$ l/s

p m VS/m	Summa grunnilda Q_t l/s		
	Vidd á heimæð		
	32 mm	40 mm	50 mm
0,05	1,6	8	35
0,10	6	20	60
0,20	15	45	100
0,30	20	65	100
0,40	30	80	100
0,50	40	95	100

11.3.7 Efnisval

Mikilvægt er að vanda val á efni í heimæðar og reyna að gera það með þeim hætti að engan veikan hlekk verði að finna á heildarlögninni heldur hafi allir hlutar lagnarinnar nokkurn veginn jafnlangan líftíma. Viðgerðir eru kostnaðarsamar, sérstaklega ef bilun á sér stað undir frágengnu yfirborði, steypu, malbikuðu og/eða hellulögðu eða undir viðkvæmum gróðri.

Heimæðin þarf helst að endast í 50 ár án viðgerða. Reiknaður líftími plastefnisins sem notað er í heimæðar er 50 ár.

HDPE (High Density Polyethylene) er ráðandi efni í heimæðarpípur á Íslandi. Efnið er ódýrt og auðlagt og hefur reynst vel. Efniskostnaður er hlutfallslega lágur í heildarverði lagna og þess vegna getur verið skynsamlegt að velja alltaf efni sömu gerðar í heimæðar og jafnvel alla veituna, þ.e. efni með sömu SDR-töluna (sem ræður veggþykktinni). Það gerir lagerhald einfaldara og getur komið í veg fyrir mistök t.d. í efnisvali til viðgerða. Þetta þurfa veitur þó að meta á hverjum stað því vissulega getur verið nokkur kostnaðarauki ef valið er sterkara efni en nauðsynlegt er, sérstaklega fyrir víðari pípur og langar lagnir.

Á heimæðum í nýjum hverfum eru venjulega tveir tengistaðir á leið frá götuæð að inntaksrými, annar við götuæðina og hinn við lóðarmörk. Þegar heimæðar eru endurnýjaðar er venjulega einn tengistaður, þ.e.a.s. við götuæðina. Tengistaður getur orðið veikur hlekkur, það hefur reynslan sýnt, og þess vegna þarf að velja gott efni til samtenginga. Sé valið efni úr málum, tengi og annar fittings, þarf að hafa eigin spennu málmanna í huga því ef ólíkir málmar eru tengdir saman myndast rafspenna á milli þeirra sem getur leitt til tæringar. Sá málmurinn sem er meira í mínus tærist. Mynd 8.7.1, í kafla 8 um lekaleit, sýnir grunnefni nokkurra máлма og hvernig þau raðast eftir eigin spennu. Flestir kannast við hvernig járn getur tærst á skömmum tíma sé það tengt við kopar og raki og loft leika um. Eins og myndin sýnir er ál enn meira í mínus en járn og það tærist þar af leiðandi með enn meiri hraða sé það tengt við kopar við sömu aðstæður. Sé nauðsynlegt að nota ólíka máлма til tenginga á jarðlögnum er mikilvægt að vefja tengihlutina vel með plastvafningum og takmarka þannig að loft og raki eigi aðgang að.


Á síðari árum hafa komið fram á markaðinn tengihlutir sem soðnir eru á plastlagnir. Þetta eru tengihlutir sem annað hvort eru fyrir spegilsuðu, eins og notuð er við samsetningu röranna sjálfra, eða fyrir rafsuðu. **Fyrir plaströr sem eru = 63 mm er ekki æskilegt að nota spegilsuðu vegna þess að grennri rör eru oft ellipsulaga og rörveggir þunnir. Smá hliðrun við suðuna, sem ávallt er hættu á, veldur skertu þrýstipóli á tengistaðnum.** Hins vegar hentar ágætlega að nota tengihluti til rafsuðu fyrir smærri lagnir. Fyrir stórar lagnir er oft fljótlegra og ódýrara að nota rafsuðu fittings, sérstaklega þar sem aðstæður eru þröngar, t.d. ofan í skurði. Sumar vatnsveitur leitast eftir því að nota eingöngu HDPE plastefni í lagnir kerfisins, pípur og raf- og spegilsuðufittings. Þannig fæst nokkuð einsleitt kerfi þar sem aðeins lokar eru úr máłmi. Líklegt er að líftíminn slíkra kerfa verði jafn.

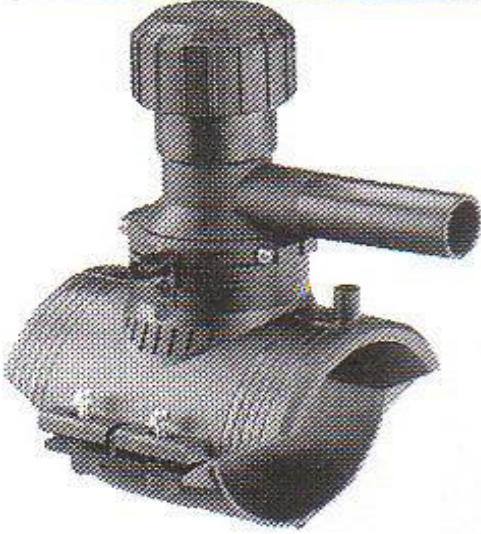

Í þessum kafla er mælt með því að inntök fyrir stærri heimæðar > 63 mm, þ.e. leggurinn í gegnum útvegg og inn í inntaksrýmið, sé hafður úr stáli. Kopar kemur ekki til greina í inntök nema kaldavatslagnir húskerfisins séu úr kopar eða efni sem ekki ryðgar, t.d. plasti. Það er áhætta fólgin í því að nota plast í inntök vegna þess hversu mjúkt efnið er og viðkvæmt fyrir áverkum. Áverkar á stóru heimæðarinntaki geta sett það sundur og valdið “stórflóði” innanhúss. Þess vegna er æskilegt að nota t.d. stál í stærri heimæðarinntök. Venja er að nota sínkhúðaðar stálpípur í inntök 75mm og 90 mm (sjá mynd 6) en bikað stál eða ryðfrítt stál í stærri inntök. Sé notað bikað stál skal þess gætt að notað sé bik (bitumen) sem ekki innheldur eiturefni heldur er ætlað í neysluvatnslagnir.




Í **Töflu 13** er að finna efni sem algengt er að nota í kaldvatnsheimæðar.

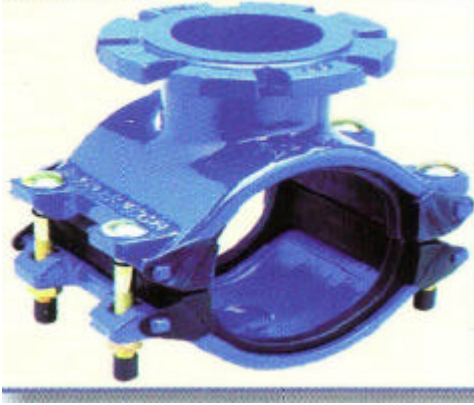
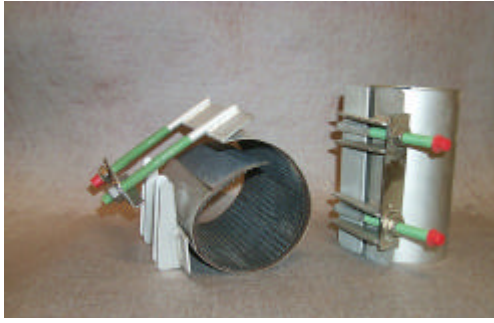
Mikilvægt er að vatnsveitumenn og verktakar á þeirra vegum fylgi ýrtrustu reglum framleiðenda um flutning, geymslu og meðferð lagnaefnis.

Tafla 13 **Lagnaefni**

	a	<p>HDPE plaströr: Ráðandi efni í heimæðar</p> <p>Auðkenni: DN: Ytra þvermál (nafnþvermál). SDR: Standard dimension ratio DN/SDR: Veggþykkt [mm] MRS: Minimum required strength PN: Þrýstistaðall*</p> <p>Kostir: Ódýrt, auðlagt, mikið tæringarviðnám. Ókostir: Viðkvæmt fyrir áverkum, ekki hitapolið, þan við hitabreytingar (ca 0,06 – 0,18 mm/m °C), formbreytist undir álagi, takmarkað viðnám gegn útfjólubláu ljósi. * Þrýstistaðall HDPE röra er enn miðaður við MRS-63 sem er veikara efni en það sem ríkir á markaðinum í dag (MRS-100) þess vegna er efnið nokkuð þrýstipólnara en gefið er upp.</p>
	b	<p>Kopartengi með innleggi. Ef kopartengi er notað til að setja saman plaströr ætti ávallt að nota tengi svipað því sem myndin sýnir, þ.e. með innleggi. Reynslan hefur sýnt að hverfandi líkur eru á að rörið dragist úr tenginu. Um leið og róin herðist að tenginu dregur hún með sér koparhringinn og klemmir plaströrið fast við innleggið, sem er örlítið kónískt og þenur rörendann út.</p>
	c	<p>Rafsuðutengi. Rafsuðufittings er ekki alveg nýr af nálinni, en efnið hefur orðið ódýrara og betra í seinni tíð og þess vegna hefur notkun þess aukist verulega. Pólar rafsúðuvélarinnar tengjast í stútana tvo sem standa upp úr tenginu. Það þarf að gæta þess sérstaklega að rörið undir tenginu sé vel hreinsað annars er hættu á að rafsúðan misfarist. Rétt innan við þann vegg fittingsins sem leggst að rörinu eru rafþræðir sem hitna þegar straumi er hleypt á og bræða þeir tengið og rörið saman. Það er mikilvægt að gæta þess að velja fittings af sama staðli og rörið sem á að tengja við og að straumtíminn sé í samræmi við leiðbeiningar.</p>

	<p>d</p> <p>Rafsuðuminnkun. Nánast allar tegundir tengihluta til rafsuðu eru fáanlegar, tengi, minnkanir, beygjur, T-stk, áborunarbaulur o.s. frv. Oft er heppilegra að nota rafsuðufittings á stórar lagnir ef suðuvinnan þarf að fara fram ofan í skurðinum vegna þess hversu plássfrekar spegilsuðuvélar eru.</p>
	<p>e</p> <p>Áborunarsöðull til rafsuðu. Ýmsar tegundir söðla eru til, með eða án undirstykkis. Undirstykkið tryggir góða festingu við rörið áður en straumi er hleypt á og því síður hætta á að suðan misfarist. Myndin sýnir tegund rafsuðusöðuls sem er með tengiloka. Tengilokinn hefur þá eiginleika og hlutverk að skera “áborunar” gat á rörið. Sérstök áborunarborvél er því óþörf þegar þessi tegund er notuð. Áður en rafsuðusöðlar komu til sögunnar var algengt að nota borbaulur úr áli til að tengja heimæðar inn á plast-götuæðar. Þessu gat fylgt tæringarvandi sérstaklega ef koparloki var skrúfaður beint á álsöðulinn. Einnig komu stundum upp lekar meðfram baulunni vegna formbreytinga á plaströrinu.</p>
	<p>f</p> <p>Áborunarsöðull fyrir flangsatengingu. Heimæðar sem eru 63 mm og stærri eru venjulega tengdar með flangsaloka við götuæðina. ÍST 67 mælir fyrir að slíkar tengingar séu gerðar með greiningu, þ.e. T-stk, en ef um tengingu inn á plastæð er að ræða má leysa málið rafsuðubúnaði eins og þeim sem myndin hér til hliðar sýnir.</p>
 <p>g</p> <p>8. Ef tengi á söðul þarf að hella eða skula rörið þar sem suða fer fram.</p> <p>9. Hreinsid vel með PE hreinsiefni.</p> <p>11. Hreinsid á rafsuðuvél og tengid sidan auðukapla við fittingsinn.</p> <p>12. Leaid af atikamerki með þanna fsiu hantöku.</p>	<p>Grundvallaratriði að hreinsa vel. Það er afar mikilvægt að hreinsa rörið vel á þeim stað þar sem rafsuðufittingsinn er soðinn á það. Góð rafsuðuvél er búinn lespenna sem les strikamerkinguna, sem er á öllum rafsuðufittings. Þannig er vélin stillt til að skammta nákvæmlega rétt straummagn fyrir viðkomandi tengihlut.</p>

 <div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; float: right;">h</div>	<p>Tengihlutir fyrir spegilsuðu. Mynd g sýnir spegilsuðufittings af ýmsum gerðum. Þegar spegilsuðufittings er notaður þarf að gæta þess að hann sé sömu gerðar og plaströrið sem á að nota hann við.</p>
 <div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; float: right;">i</div>	<p>Tengihlutir á inntak. Efst til vinstri: Silenta einstreymisloki. Þetta er vönduð vara en nokkuð þrýstifall yfir lokann. Efst til hægri: Netsía. Sían kemur á eftir stofnlokunum en á undan einstreymislokunum. Neðst til vinstri: Einstreymisloki sem fellir þrýsting ekki jafn mikið og Silentan. Neðst hægri: Netsía.</p>
 <p>B11-333</p> <div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; float: right;">j</div>	<p>Tengiloki. Myndin sýnir tengiloka af amerískri gerð (Ford). Lokinn er einfaldur en samt vandaður. Um er að ræða kúluloka með 2 O-hringjum sem þetta lokaspindillinn og kúlan er teflonhúðuð. Þessir lokar henta vel, hvort heldur þeir eru notaðir sem jarðlokar eða sem stofnlokar á tengigrind.</p> <p>Fyrir heimæðar af stærðunum: (3/4"), 1", 1 1/4", 1 1/2" og 2"</p> <p>Fyrir stærri heimæðar er venja að nota flangsaloka.</p>
 <div style="text-align: right; border: 1px solid black; padding: 2px; width: 30px; float: right;">k</div>	<p>Borbaulur. Myndin sýnir borbaulur sem notaðar eru þegar heimæðar eru tengdar inn á götuæðar úr potti, stáli og/eða seigjárn. Gjörðin er úr ryðfríu stáli fóðruð með gúmmíborða. Gúmmíborðin hlífir rörinu, veitir betra grip og rýfur leiðnina milli rörsins og gjarðarinnar en það ver samsetninguna fyrir tæringu. Söðullinn er úr seigjárn sem húðað er með epoxy.</p>

	<p style="text-align: center;">l</p>	<p>Bor-T (underpressure tee). Þegar tengja þarf stóra heimæð, = 63 mm, við götuæð úr potti, stáli eða seigjárn, er góður kostur að nota bor-T og ábora með stórum áborunartækjum í stað þess að loka fyrir götuæðina, taka hana í sundur og setja T-stk inn í hana. Töluverð vinna sparast við að nota bor-T auk þess að ekki þarf að loka fyrir vatn til notenda sem tengdir eru æðinni. Bor-T samanstendur af 2 helmingum úr seigjárn sem boltaðir eru saman og utan um götuæðina, með þéttigúmmí á milli.</p>
	<p style="text-align: center;">m</p>	<p>Viðgerðarspangir. Viðgerðarspangir eru mikið notaðar til viðgerða á heimæðum og öðrum æðum. Það er fljótlegt að skella spönginni yfir bilaða pípu. Efnið er ryðfrítt og undir spönginni er svo kallað vöflugúmmí sem þéttir afar vel.</p>

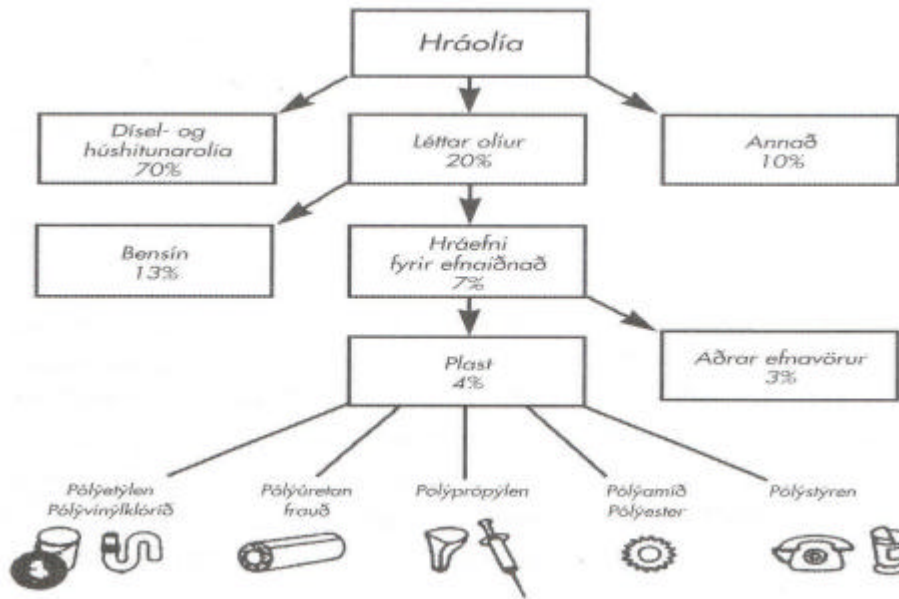
11.3.8 Plastefni (PE)

Kaflinn hér á efti er byggður á efni bókar Páls Árnasonar, “Plast”. Mest er um beinar tilvitnanir úr bókinni að ræða.

Pólýetýlen (PE) kom fyrst fram á fjórða áratug síðustu aldar í Englandi. Efnið samanstendur af kolefniskeðjum (pólýmerum) með vetnisfrumeindum utan á. Hráefnið er olíuafurð. Í fyrstu var það framleitt undir miklum þrýstingi sem gerði það að verkum að pólýmerkeðjurnar urðu nokkuð greinóttar og eðlisþyngd efnisins frekar lág (ca 0,915 – 0,924 g/ml).

Árið 1953 kom fram ný aðferð á framleiðslu pólýetýlens, svo kölluð Ziegler-aðferð. Aðferðin gerði kleift að framleiða efnið undir lágum þrýstingi og gera pólýmerkeðjurnar beinni og minna greinóttar. Þannig röðuðust kolefniskeðjurnar þéttar í efninu og efnið varð stífara, slitsterkara og eðlisþyngdin jókst (ca 0,945 - 0,965 g/ml). Þetta varð grundvöllurinn að framleiðslunni eins og hún er í dag.

Mynd 21 Notkun hráolíu



Öll plastefni hleypa í gegnum sig lofttegundum og lífrænum efnum. Plastefnin eru þó misþétt fyrir hinum ýmsu efnum. Fyrir umbúðir um matvæli skiptir það mestu máli að súrefni komist ekki inn og skemmi matinn og fyrir plaströr getur skipt máli hvort súrefni kemst inn, raki og frostlögur kemst út. Ef óholl eða bragðvond lífræn efnasambönd, t.d. olíumengaður jarðvegur o.þ.h., liggja að vatnsröri þá gætu þau komist inn. Þetta gegndræpi er mjög lítið en vex mjög hratt með hækkun hitastigs.

Tafla 14 Gegndræpi plasts

Mælieining: ml af lofti á ferm.af 0,025mm þykku plasti á 24 klst við 23° og 90% rakastig.

Plastefni	Gegndræpi				
	Súrefni O ₂	Kolsýra CO ₂	Raki H ₂ O	Olíur	Bragð
LDPE	6.000	15.000	1.500	mikið	mikið
HDPE	3.000	6.000	750	lítið	mikið
PP	3.000	6.000	750	lítið	mikið
PVC-hart	150	450	2.000	lítið	meðal
PS	6.000	12.000	10.000	meðal	mikið
PET	50	50-250	6.000	lítið	meðal
PA 6	30-60	120	12.000	lítið	lítið
EVOH	0,8-1,2	0,8	3.000	meðal	lítið
PVdC	0,8-2,0	0,8-2,5	100	lítið	lítið

Neðstu 3 efnin eru aðallega notuð sem viðnámslag gegn lofttegundum (súrefnissperrur).

Nokkur þróun á sér stað innan HDPE. Mikilvægust verður þar að teljast að nýjar framleiðslueiningar á hefðbundnu HDPE efni geta framleitt sterkara efni en áður var. Þessi efni eru gjarnan kölluð MRS 100 (material min. required strength 100) í samræmi við togstyrk efnanna. Hefðbundið HDPE er skráð sem MRS 63 og er þrýstistaðall þeirra

miðaður við það. Þetta þýðir að efnið hefur í raun hærra þrýstistaðal en gefið er upp sé miðað við sömu veggþykkt.

Auk hefðbundins HDPE er nú framleidd pólýetylen efni sem eru mjög slitsterk, stíf og þétt eins og t.d. UHDPE sem er mjög eðlisþungt og HMW/HDPE með mjög löngum pólýmerkeðjum. Þessi efni eru mun dýrari en hefðbundið HDPE og því ekki notuð nema í mjög sérstaka hluti.

Ýmsum aukaefnum er blandað í plastið til að bæta eiginleika þess og/eða til að vinna gegn óæskilegum ytri áhrifum. Mikilvægustu aukaefnin eru:

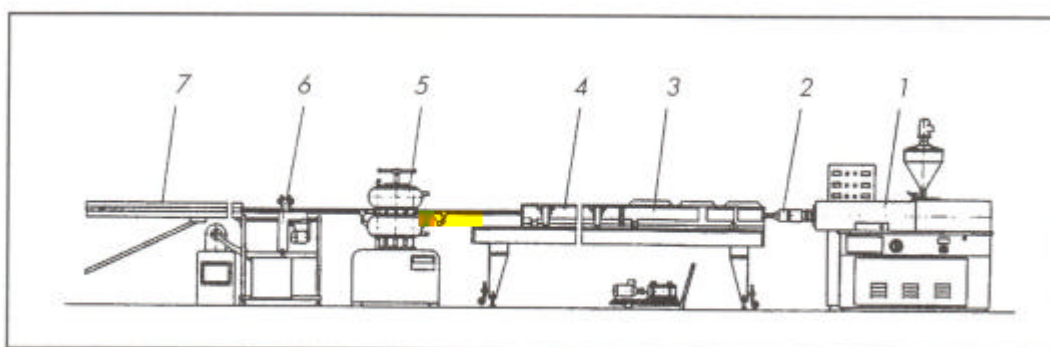
Andoxunarefni (antioxidantar). Þeim er ætlað að koma í veg fyrir að plast og gúmmí, hvarfist við súrefni eða “oxist” á annan hátt og skemmist of fljótt og

ljóspolfefni (ljósstabilísator). Þeim er ætlað að koma í veg fyrir að ljós og þó einkum útfjólublátt ljós brjóti niður plastefnið. Besta og ódýrasta ljóspolfefnið er kolaryk og því er svartur litur algengur á plasthlutum eins og t.d. heimæðum fyrir kalt vatn.

Extrúsjón.

Framleiðsluferli plaströra, t.d. HDPE, heitir extrúsjón og mun ekki vera til íslenskt nafn á það. Tækið sem extrúderar heitir extrúder (sjá **Mynd 22**) og er í raun eins og upphituð hakkavél. Plastkorn fara í trekt og niður í tækið þar sem þau hitna um leið og skrúfan matar þau fram eftir tækinu. Hráefnið er orðið fullbráðið áður en það kemur að munnstykkinu þar sem lögunin ákvarðast og síðan er efnið kælt í þeirri lögun sem það hefur fengið. Heilmikill annar búnaður fylgir þó oftast extrúdernum, svo sem hráefnisdælur, hráefnisþurrkari og hinum megin við extrúderinn geta verið tæki sem tryggja rétt mál á vörinni, vefja hana upp eða skera niður. Með þessari tækni geta menn framleitt prófíla, rör, slöngur, þræði, plötur og filmur, þ.e.a.s. hvað eina sem hefur lögun í tveimur víddum, en má saga á þriðju víddina.

Mynd 22 Extrúsjón



Mynd 5.1. Röraframleiðslutæki. 1. Extrúder 2. Munnstykki 3. „Kalibreitor“ 4. Vatnsbað 5. Dráttarkarl 6. Sög 7. Hleðslurenna

Tegundir plastefna eru ótal margar og notkunarviðið verður sífellt stærra. Þróun plastefna er ekki ólík þróun tölvutækninnar, þ.e. að það sér hvergi fyrir enda hennar. Helstu kostir þess eru hversu ódýrt og létt efnið er og hve auðvelt er að forma það. Veikleikar liggja helst í styrk ef miðað er við járn, þani hjá sumum tegundum og næmni þess fyrir utanaðkomandi áhrifum.

11.3.9 Frostfrítt dýpi

Í reglugerð um vatnsveitur sveitarfélaga er kveðið á um að leggja skuli ídráttarrör fyrir heimæðar á frostfrítt dýpi. Í byggingarreglugerð er frostfrítt dýpi á Íslandi skilgreint sem 1,2 – 2,0 m. Um nánari skilgreiningar er ekki að ræða.

Það er mikilvægt að heimæðar fyrir kalt vatn liggi á frostfríu dýpi m.a. vegna þess að það getur verið kostnaðarsamt að þíða þær fjósi í þeim og einnig er skerðing á vatnsafgreiðslu til notenda í lengri tíma óviðunandi. Það er ekki hægt að reikna með að orkan í kalda vatninu (ca 17 kJ/kg m.v. 4°C) haldi heimæðinni frostfrírri. Ólíkt hitaveituæðum er ekki sírennsli í kaldavatsheimæðum og þess vegna fjarar þessi orka út á skömmum tíma ef heimæðin er umlukin frosnum jarðvegi. Íbúar í einbýlishúsum og smærri fjölbýlishúsum geta farið í frí yfir helgi eða í lengri tíma og líka yfir köldustu mánuðina. Þá liggur vatnið hreyfingarlaust í heimæðinni, hitastigið lækkar og getur frosið ef æðin liggur ekki á frostfríu dýpi. Dæmi eru um að frosið hafi í vatnsæð á 180 cm dýpi í nýju hverfi í Reykjavík. Í því tilviki var lítil sem engin hreyfing á vatninu og fyllingarefnið yfir æðinni var grús og sandur. Þá þarf að gæta þess að ef lagnavinna fer t.d. fram að vetralagi og sjávarmöl sem ís blandast við er notuð til að fylla skurðinn getur slíkur fyllingarpúði virkað eins og “frystikista”.

Hitastig jarðvegsins á þessu frostfría dýpi á Íslandi, sem heimæðar eru lagðar í, er að jafnaði nokkuð stöðugt og lágt. Þetta lága hitastig skiptir máli og það viðheldur gæðum vatnsins. Víðast á Íslandi er neysluvatni dreift án nokkurrar hreinsunar. Í vatninu eru skaðlausar jarðvegsbakteríur í litlum mæli og þær fjölga sér lítið eða ekki í þessu lága hitastigi. Með auknu hitastigi vatnsins fjölga þessar jarðvegsbakteríur sér og gæði vatnsins versna.

Náttúruaðstæður á hverjum stað ráða því hve djúpt þarf að fara til að ná frostfríum jarðveg eins og t.d.:

- ? Meðalárshiti á svæðinu.
- ? Vetrarkuldi
- ? Afgangsvarmi sumarsins á undan
- ? Jarðvegstegundir
- ? Snjóþekjupykkkt svæðisins

Víða erlendis eru gerð kort með frostdýptarlínum. Þessi kort segja tæknimönnum til um hversu djúpt má reikna með að frost gangi niður í jarðveginn á hverjum stað. En auk þeirra upplýsinga sem fram koma á kortinu þarf að taka tillit til jarðvegsins á þeim stað sem grafið er og/eða þess fyllingarefnis sem notað er. Leiðni þess skiptir máli og getur ráðið því hve djúpt þarf að grafa. **Tafla 15** sýnir leiðnistuðla nokkurra jarðvegsefna og getur verið leiðbeinandi fyrir vatnsveitumenn við lagnavinna. Rétt frostfrí dýpt er fundin með því að margfalda frostdýpt svæðisins með efnisstuðlinum.

Tafla 15 Efnisstuðlar jarðvegs og/eða fyllingarefnis

Jarðefni:	Stuðlar:
Grús	1,7
Sandur	1,2
Kvars	1,0
Leir	0,6
Mold eða torf	0,3

Dæmi. Grafa á skurð fyrir 50 mm vatnslögn sem á að liggja á frostfríu dýpi á svæði þar sem sem búast má við að frost geti farið 1,2 m niður í jarðveginn sem fyrir er. Setja á 30 cm lag af sandi ofan á lögnina og fylla síðan skurðinn með grús. Hversu djúpt þarf að vera niður á lögnina?

Dýpt ofan á lögnina þarf þá að vera:

$$D = (30/1,2) \times 1,2 + (30 - 30/1,2 + 90) \times 1,7 =$$

$$= 30 + (30 - 30/1,2 + 90) \times 1,7 = \mathbf{191,5 \text{ cm}}$$

Skýring. Ef leiðnistuðull er 1, á frostdýpt að vera 120 cm, 30 cm sandur og 90 cm grús. Hér er um 2 leiðnistuðla að ræða, 1,2 og 1,7 og auk þess er óskað eftir að sandlagið verði 30 cm, hvorki meira né minna. Þess vegna þarf að færa aukninguna í sandlaginu yfir á grúsina. Í raun er reiknað með $30/1,2 = 25$ cm sandlagi og 95 cm grúsarlagi. $25 \times 1,2 = 30$ og $95 \times 1,7 = 161,5$, samtals 191,5 cm.

Auk þess þarf að grafa fyrir sandlagi undir lögnina, 15 cm og sem nemur breidd lagnarinnar 5 cm. Dýpt skurðarins þarf því að vera **211,5 cm**.

Í dæminu hér að ofan er reiknað með að grúsinn nái upp á yfirborð og ekki sé sett annað efni yfir. Sé malbikað eða steipt yfir skurðinn hefur það heftandi áhrif á frostið og því ætti ekki að vera nauðsynlegt að leggja vatnsæðina þetta djúpt.

11.3.10 Algengar bilanir og viðgerðir

Bilanir á heimæðum geta verið margvíslegar. Sumar bilanir má rekja til þess að eitthvað hefur misfarist við lögn æðarinnar, rangt efnisval og/eða óvönduð vinnubrögð, aðrar bilanir orsakast af utanaðkomandi áhrifum eða öldrun æðarinnar. Góðar upplýsingar um heimæðar, staðsetningu, bilanasögu o.þ.h., auk starfsmanna með góða starfsmenntun og verkþekkingu, er forsenda þess að geta veitt góða þjónustu, haldið truflunum í lágmarki og brugðist fljótt við þegar bilanir eiga sér stað. Flestar bilanir á heimæðum uppgötvast vegna þess að notandinn eða vegfarandi sem verður var við leka á götu, kvarta, en einnig finnast bilanir við kerfisbundna lekaleit á dreifikerfinu.

Í **Töflu 16** er að finna algengar kvartanir frá notendum, líklega skýringu á kvörtun og ráð til að bregðast við henni. Í **Töflu 17** er að finna algengar bilanir á heimæðum og viðbrögð við þeim. Í **Töflu 18** er að finna helstu verkfæri sem koma að gagni við viðgerðir og nýlagnir.

Mynd 23 Tærð borspöng



Mynd 23 sýnir sérstaka bilun á tengibúnaði heimæðar. Þegar notkun plaströra hófst voru notaðar álborspangir til tenginga fyrir heimæðar. Algengt var að skrúfa kopartengiloka beint í álborspöngina (samsetning ólíkra málma sem veldur óðatæringu). Í þessu tilviki hefur álborspöngin tærst í sundur á skömmum tíma og vatn farið að leka með henni. Vatnsgeislinn beindist að koparlokanum og með hjálp sandsins í kring fletti hann koparlokanum upp. Milli 10 og 15 sekúndulítrar láku út og höfðu gert um árabíl áður en þetta uppgötvaðist. Lekinn kom ekki upp á yfirborðið og því ekki auðfundinn. Um var að ræða aðkeypt vatn frá öðru sveitarfélagi og viðgerðin þess vegna verulega verðmæt.

Seljendur álborspanga brugðust við þessu tæringarvandamáli með því að setja nælonfóðringu í gengjurnar á álborspönginni. Þannig rufu þeir leiðnina og lengdu líftíma búnaðarins.

Tafla 16 Algengar kvartanir

Kvörtun:	Líkleg skýring:	Aðgerðir sem koma til greina:
Húsið er vatnslaut!	Starfsmenn veitunnar að vinna í götunni. Einhver íbúi hefur lokað inntaki vegna framkv. Frosið í heimæð eða inntaki. Stífla í innanhússlögnum. Heimæðin í sundur.	Tilkynna notanda hvenær vatn kemst á. Hringja aftur ef skýringin er ekki rétt. Þíða æðina t.d. með því að ýta slöngu með rennandi vatni inn í æðina Taka í sundur við inntak og blása úr lögnum eða hleypa heitu vatni yfir í kaldavatslagnir Senda skoðunarmann og staðsetja bilun.
Þrýstingur lágur!	Leki á heimæðinni Bilun í dreifikerfi Stífla í húskerfi sem takmarkar rennsli Kvartari vanur hærri þrýstingi, nýfluttur Aukin vatnsnotkun, grannar lagnir, útfellingar	Senda skoðunarmann sem staðfestir lekann og staðsetur heimæðina. Finna bilunina og gera við. Senda skoðunarmann sem staðsetur stífluna og ráðleggur með losun hennar. Engar Ráðleggja með endurbætur á lagnakerfi.
Vatn á lóðinni sem ekki þornar þó þurrkur sé	Leki á einhverri heimlögn kaldavatsheimæð, hitaveitu, túr eða retúr. Jafnvel getur verið leki á stíflaðri fráveitulögn	Kanna á staðnum með mælingum Leiðnimæla vatnið, lekahlusta. Ef leki á k-heimæð: Endurnýja ef lögn er úr járn annars gera við.
Óhreinindi, brúnleitt vatn!	Lagnir í húskerfinu farnar að tærast að innanverðu Óhreinindi úr dreifikerfinu	Kanna orsakir, Rannsaka bæði vatnið og lagnakerfi hússins. Skola út um nærliggjandi brunahana, kanna orsakir.
Suð í lögnum!	Sírennsli einhvers staðar í húskerfinu Leki á heimæð; suðar eftir að inntaksloka er lokað.	Kanna WC-kassa, lagnir undir gólfum og/eða annað sírennsli. Endurnýja æðina sé hún úr járn. Gera við plastæð.
Högg og smellir í lögnum!	Vél sem notar vatn lokar snögg og títt fyrir Bilun í lögnum, einstreymisloka eða renniloka.	Stilla vélna ef hægt er. Setja dempara (t.d. lóðréttan lokaðan bít) á inntaksgrindina. Gera við eða endurnýja bilaðan búnað.
Heitt vatn í í köldum krönum!	Millirensli í húskerfinu, hitastýrð blöndunartæki tenging milli heita og kalda vatnsins v/þrýstipróf. Millirensli í nálægum húsum. Bilun á hitaveitu. Lagnir, heitar og kaldar liggja saman í stokkum illa einangraðar.	Finna orsakavald og gera við. Leita að bilun í nálægum húsum og setja einstreymisloka þar sem vantar. Tilkynna starfsmönnum hitaveitu. Ráðleggja endurbætur og einangrun á lögnum.
Vatnið grátt, loftbólur í því!	Kaldavats lagnir liggja með hitalögnum illa einangraðar og vatnið hitnar og mettunarmörk súrefnis í vatninu lækka	Ráðleggja að einangra lagnimar.
Vont bragð að vatninu!	Nýjar lagnir eða nýviðgerðar, snittolía og mak. Millirensli. Úr dreifikerfinu.	Hverfur með tímanum. Finna orsökina, hitastýrð blöndunartæki o.þ.h. Rannsaka vel dreifiæðar í grennd við kvörtunarstað og skola út.

Mikilvægt að ákveða ekki viðgerð fyrr en fagmaður vatnsveitunnar hefur skoðað orsök kvörtunar á viðkomandi stað. Reynslan hefur sýnt að skýringar þeirra sem kvarta símleiðis geta verið ónákvæmar og kvörtunarefnið ekki þess eðlis sem í fyrstu virðist. Þess vegna er áriðandi að skoðað sé fyrst og gengið úr skugga um hvað raunverulega er að.

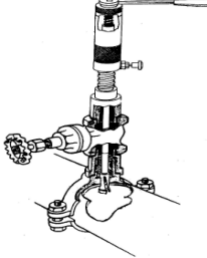

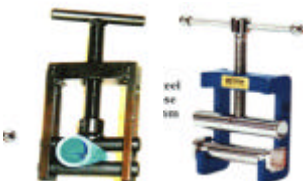
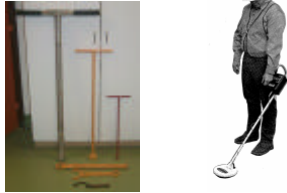



Álitaefnin geta verið mörg eins og taflan að ofan sýnir og oft er það spurning um hvort bilunin, sem kvartað er yfir, er á húskerfi sem húseigandi á að sjá um eða heimæðinni.

Tafla 17

Helstu bilanir

Helstu bilanir:	Skýringar:
Vinnuvélar taka heimæðar í sundur. 	Úrbætur, eftir tjón af völdum vinnuvéla, eru algengustu viðgerðir á heimæðum. -Umfang afleiðinga af slíkum óhöppum er mismikið. Stundum þarf að loka fyrir vatn í heilli götu jafnvel í öllu hverfinu og fer það eftir ástandi og staðsetningu götuloka. Í öðrum tilvikum er hægt að loka fyrir heimæðina eina og sér. Ef um plastæð er að ræða er venjulega byrjað á að brjóta upp á endann til að stöðva vatnsflauminn, síðan þarf að loka fyrir vatnið í heimæðinni og setja rörið saman. Klemman, sem sýnd er í Töflu 18-c , er mjög vinnusparandi verkfæri sem gerir kleift að loka fyrir æðina við viðgerðarstaðinn. -Til að fækka slíkum tjónum þarf að upplýsa vinnuvélaeigendur um lagnir og vinnu í nánd við þær eins vel og kostur er. Orkuveita Reykjavíkur hefur gefið út leiðbeiningar fyrir verktaka í þessum efnum “Meðferð veitulagna” og þær ættu að vera til taks í öllum vélgröfum.
Tæringargöt. 	Bili stálheimæð, vegna tæringar eða annars, ætti að endurnýja hana í heild. Til bráðabirgða má gera við hana með viðgerðarspöng eins og sýnd er í Töflu 13-m eða setja bút inn í hana. – Vegna efnisskorts var áður fyrr stundum notaður stálskrúfbútur til að setja saman 2 koparplasttengi sem notuð voru til að setja saman plastæð. Liggi slík tenging óvarin í jörðinni tærist hún á skömmum tíma (galvanísk tæring). Betra hefði verið að nota koparskrúfbút.
Jarðvegsáverkar á plastheimæðum. 	HDPE er hitadeigt plast og samkvæmt skilningi eðlisfræðinnar er hitadeigt plast fljótandi efni, þ.e.a.s. undir álagi breytir það lögun sinni. Af þessum sökum er afar mikilvægt að ganga vandlega frá jarðlögnum úr HDPE. Sanda þarf minnst 15 cm lag undir, minnst 30 cm lag yfir og minnst 20 cm lag til hliða við rörið. Þá þarf að gæta þess að aðeins sé notaður sandur úr núnu efni og jafnframt þarf að fylgjast vel með, þegar sandað er, að grjót úr skurðbökkum falli ekki að lögninni eða í sandpúðann. -Það eru nokkuð algengar bilanir að grjót gangi inn í plastæðar og setji gat.
Hitaáverkar á plastheimæðum. 	Bræðslumark HDPE er lágt, 125 – 140 °C. Þrýstipól efnisins lækkar við aukið hitastig og það þolir ekki hita hitaveituvatsins. Millirensli milli heita og kalda vatsins í húskerfum er mjög algengt vandamál og venjulega er það heita vatnið sem flæðir inn í kaldavatskerfið vegna þess að það er oftast með hærri þrýsting. Afar mikilvægt er að koma í veg fyrir að heitt vatn komist út í kaldavatsheimæðina. Það er best gert með því að velja mjög vandaðan einstreymisloka á tengigrind inntaks. Í Töflu 13-i er að finna mynd af einum slíkum, Silenta einstreymisloka.
Heimæð dregst úr tengi 	Jarðvegssig eða hitabreytingar geta orsakað tog í plastheimæðum og þá getur reynt á lögnina og sérstaklega á tengistaði. Það kemur fyrir að heimæðar, af þessum sökum, losna úr tengjum. Nær undantekningarlaust er um tengi að ræða sem ekki hafa kónískt innlegg. Ef heimæðar eru settar saman með kopartengjum ætti alltaf að nota tengi sambærilegt því sem sýnt er í Töflu 13-b eða nota rafsúðumúffur.
Frosið í heimæð 	Hvítleitt er þegar frýs í heimæðum. Ástæðan er venjulega sú að frost hefur gengið djúpt í jörðu og heimæðin hefur verið lögð of grunnt eða jarðvegur verið fjarlægður ofan af heimæðinni, t.d. vegna lóðarbreytingar. Stundum getur orsökinni verið sú að inntaksrýmið er illa upphitað. Það getur verið snúið og tímafrekt að gera við slíkar bilanir. Stundum frýs í inntakinu sjálfu og venjulega er auðvelt að þíða það með því að vefja tuskum um inntaksrörið hella volgu vatni yfir þar til frosttappinn gefur sig. Erfiðara er þegar frosttappinn er utan við hús. Þá getur þurft að grafa niður á æðina, hlé megin við frosttappann og þræða slöngu, sem tengd er tæki sem framleiðir gufu, inn í æðina og bræða frosttappann (sjá mynd).

Tafla 18 Helstu verkfæri

Verkfæri:	Skýringar:
Lítið áborunartæki.  a	<p>Áborunartæki eru nauðsynleg til að geta tengt heimæð inn á götuæð undir þrýstingi. -Borspöng er fest á götuæðina, renniloka er skrúfað á borspöngina og áborunartækið er skrúfað fast í rennilokann. Rennilokinn er fullopnaður og borað á götuæðina í gegnum hann. Þegar borinn er kominn í gegn er boröxlinum lyft og lokað fyrir rennilokann. Ýmsar gerðir áborunartækja og aðferðir við tengingu eru til. Talbot selur tæki sem ætluð eru til áborunar á seigjárnspípur. Það kerfi notar ekki borspangir heldur er tengilokanum skrúfað beint niður í rörið. Reynsla Vatnsveitu Reykjavíkur á sínum tíma af slíkum búnaði gefur ekki tilefni til að mæla með honum. Lítil ábornurtæki eru ætluð fyrir heimæðar 50 mm (1½") og minni.</p>
Stórt áborunartæki.  h	<p>Samkvæmt ÍST 67 skal tengja heimæðar 63 mm (2") og stærri með greiningu, þ.e. með T-stykki. Það leiðir til þess að loka þarf fyrir götuæðar og taka þær í sundur til að setja T-stykkið inn. Í því felst þjónustuskerðing, því að oft verða margir notendur vatnslausir við aðgerðina. Það er hægt að komast hjá þessu með því að nota bor-T (sjá Töflu 13-1) og stórt áborunartæki. Sú lausn leiðir til hagkvæmni því að hún er vinnusparandi og ódýr. Tækið á myndinni hér til hliðar er fyrir heimæðar af stærðunum 63 mm til 180 mm. Hægt er að fá loftdrifinn motor við tækið til að auðvelda borunina.</p>
Röraklemmur  c	<p>Hægt er að loka fyrir HDPE plastæðar með því að klemma þær saman. Þegar klemman er losuð fær rörið aftur sitt fyrra form. Þessi verkfæri auðvelda vinnuna mikið, ekki síst þegar vinnuvélar taka heimæðar í sundur eða þegar tengja þarf nýjar heimæðar við lóðarmörk. Á myndinni hér til hliðar eru tæki fyrir heimæðar 63 mm og minni. Fáanlegar eru klemmur fyrir mun stærri plastæðar, 400 mm eða jafnvel enn stærri.</p>
Stoppahanalyklar, málmleitartæki.  d	<p>Það er mismunandi stærðir á stopphanalyklum notaðar, eftir því hvort um stóran loka er að ræða eða t.d. lítinn heimæðarloka. Hetturnar sem settar eru ofan á lokaspindilinn eru misstórar og viðgerðarflokkar þurfa að vera við því búnir. Heimæða- og götuæðalokar geta verið huldin snjó og/eða búið er að malbika yfir þá. Þess vegna er gott að hafa við hendina málmleitartæki til að finna lokið yfir lokanum fljótt.</p>
Kjarnaborvél.  e	<p>Þegar gat er tekið á kjallara- eða sökkulvegg fyrir heimæðarinntaki er best að nota kjarnaborvél. Þannig fæst hreint gat fyrir inntaksrörið og auðvelt verður að þétta með því.</p>
Skerar.  f	<p>Vinnuflokkar þurfa að vera búnir ýmsum gerðum af skerum. Stóra skera ef taka þarf í sundur stórar götuæðar til að koma fyrir T-stykki til heimæðartengingar. Oft þarf að taka í sundur járnör og þá getur verið ágætt að nota rafmagns stingsög og slípirokka. Venjulega járnög og/eða bakkasög er gott að nota á plaströrin.</p>  g

<p>Töppunartæki.</p> 	<p>h</p> <p>Íslensk uppfinning. Geir Sigurðsson, jarðlagnatæknir, hannaði og smíðaði þetta tæki. Tækið gerir það kleift að skipta um borspöng á götuæð undir þrýstingi. Þegar heimæðar eru endurnýjaðar er nauðsynlegt að endurnýja einnig borspöngina sem tengir heimæðina við götuæðina. Það er bæði þjónustuauki og vinnusparnaður sem felst í því að þurfa ekki að loka götuæðinni.</p>
<p>Vél fyrir rafsuðufittings</p> 	<p>i</p> <p>Það færir í vöxt að nota rafsuðufittings á plastlagnir í stað tengihluta úr kopar. Tengihlutir til rafsuðu hafa orðið ódýrari með árunum og eru góður kostur til tenginga á plastlögnum. Flestar nýrri rafsuðuvélar eru búnar strikalesara sem les strikamerkingu sem ávallt er á rafsuðutengihlutum. Þannig fær vélin upplýsingar sem hún notar til að skammta hárrétt straummagn fyrir viðkomandi tengihlut.</p>
<p>Vél fyrir spegilsuðu plaströra og tengihluta.</p> 	<p>j</p> <p>Spegilsuða hentar vel til tenginga á stærri plastpípum og tengihlutum. Rörendarnir og/eða rörendi og endi á tengihlut eru settir í “gapastokk” til að endarnir mætist á nákvæman hátt. Hitaplata hitar upp plastendana, sem setja á saman, vel yfir bræðslumark plastsins, hitaplötunni er lyft frá og endunum þrýst saman (sjá mynd).</p>
<p>Moldvarpa.</p> 	<p>k</p> <p>Þegar endurnýja þarf heimæðar getur verið góður kostur að nota moldvörpu, ekki síst þegar fallegir garðar og viðkvæmur gróður er annars vegar. Moldvarpan er loftdrifinn og hægt er senda hana neðanjarðar milli tveggja hola með ídráttarrör í eftirdragi.</p>
<p>Malbiks- og steypusög. Vélin þarf að vera nægilega öflug til að geta sagað 12-14 cm djúpt í malbik og steypu.</p> 	<p>Lítill vökvadrifinn fleyghamar. Kemur sér vel til að brjóta klapparnippur og klaka þegar frost er í jörð. Vel búinn vinnuflokkur hefur slíkt verkfæri í farteskinu.</p>  <p>m</p>
<p>Skurðvatnsdæla. Skurðvatnsdæla er nauðsynlegt verkfæri. Velja þarf dælu sem sérstaklega er ætluð til þessarar hluta og þolir leðjukennt vatnið sem safnast oft í viðgerðarholur. Dælan hér til hliðar er slík rafmagnsdæla.</p> 	<p>Rafstöð. Hæfileg stærð rafstöðva fyrir vatnsveituvinnuflokka er 2,5 – 5 kW. Straumflekustu verkfærin eru spegilsuðuvélar og geta þær jafnvel þurft meira en 5 kW.</p>  <p>n o</p>
<p>Smágrafa. Smágröfur auðvelda jarðvinnu, sérstaklega innan lóðar. Þær eru léttar og auðvelta að flytja þær á milli staða. Ekki koma djúp för eftir þær, eins og hætta er á þegar traktorsgröfur eru notaðar.</p>  <p>p</p>	<p>Jarðvegsþjöppur. Þjappa þarf í 30 cm lögum til að koma í veg fyrir sig. Hnallurinn hentar þar sem þröngt er og í viðgerðarholur, en stærri þjappan í heimæðar-skurði.</p>  <p>q</p>

Auk þeirra verkfæra sem fram koma í **Töflu 18** fylgja framkvæmdaflokkum ýmis önnur verkfæri, eins og skóflur, hakar, járnkallar, lyklastett, hitunartæki og ýmis verkfæri til frágangs á yfirborði.

11.3.11 Endurnýjun heimæða

Áhersla á umhverfismál verður æ meira ríkjandi í starfssemi vatnsveitna sem og annarra fyrirtækja. Eitt athyglisvert sjónarmið umhverfisstefnunar er að taka tillit til líftíma, t.d. við efnisval, framkvæmdir o.þ.h. Þ.e.a.s. að taka ekki aðeins tillit til að vörur sem valdar eru innihaldi ekki efni sem hefur slæm áhrif á náttúruna heldur einnig að þær endist sem lengst. Framleiðsla á vörum og vinna við framkvæmdir veldur mengun og þess vegna skiptir þetta máli. Það er einnig rekstrarlegt sjónarmið að fjárfestingar endist sem lengst og á það ekki síst við um endurnýjanir heimæða, en þær eru afar kostnaðarsamar. Vandvirkni við efnisval og lagnavinnu eru mikilvægir þættir í þessum efnunum.

Eins og áður hefur komið fram er reiknuð lífs lengd plaströra, sem almennt eru notuð í heimæðar, um 50 ár. Við þennan útreikning er tekið tillit til vinnuþrýstings vatnsröra og eiginleika efnisins, bindinguna í efninu sem gefur sig með tímanum. Samkvæmt athugunum sem hafa verið gerðar endast plaströrin mun lengur sé þrýstingsálagið minna en það sem pípurar eru gerðar fyrir.

Það getur verið nokkuð kostnaðarsamt fyrir vatnsveitur ef lagnir eru endurnýjaðar áður en líftíma þeirra lýkur. Þetta má finna út ef endurnýjunarkostnaður er framreiknaður til núvirðis:

Formúla: $N = F \times (v/100)^a$

- N: Núvirði kostnaðar
- F: Framkvæmdarkostnaður
- v: Vextir á fjármagn
- a: Árafjöldi

Dæmi 2 Framreiknaður kostnaður

Viddi í vatninu í Skötuselsvík fékk fyrirspurn frá viðskiptavini um það hvort vatnsveitan væri til í að endurnýja kaldvatnsheimæðina. Viðskiptavinurinn sagðist vera að taka húsið í gegn og að hann vildi hafa “allt draslið nýtt”, eins og hann nefndi það. Viddi kvaðst skoða málið og hafa samband síðar. Viddi fletti upp í fasteignaskránni og fann út að viðkomandi hús var byggt fyrir tæpum 40 árum og að heimæðin, sem var úr plasti, væri frá þeim tíma. Viddi vissi að það myndi kosta vatnsveituna 700.000 kr. að endurnýja. Viddi vissi líka sem var að hreppurinn var nokkuð skuldsettur og lánakjörin hjá bankanum voru 7,2 % ársvextir verðtryggðir. Viddi taldi að heimæðin ætti að minnsta kosti 10 ár eftir af líftímanum og þess vegna reiknaði hann út núvirðið miðað við að 10 ár væru eftir af endingartímanum og notaði sömu vaxtatölu og var á lánum hreppsins:

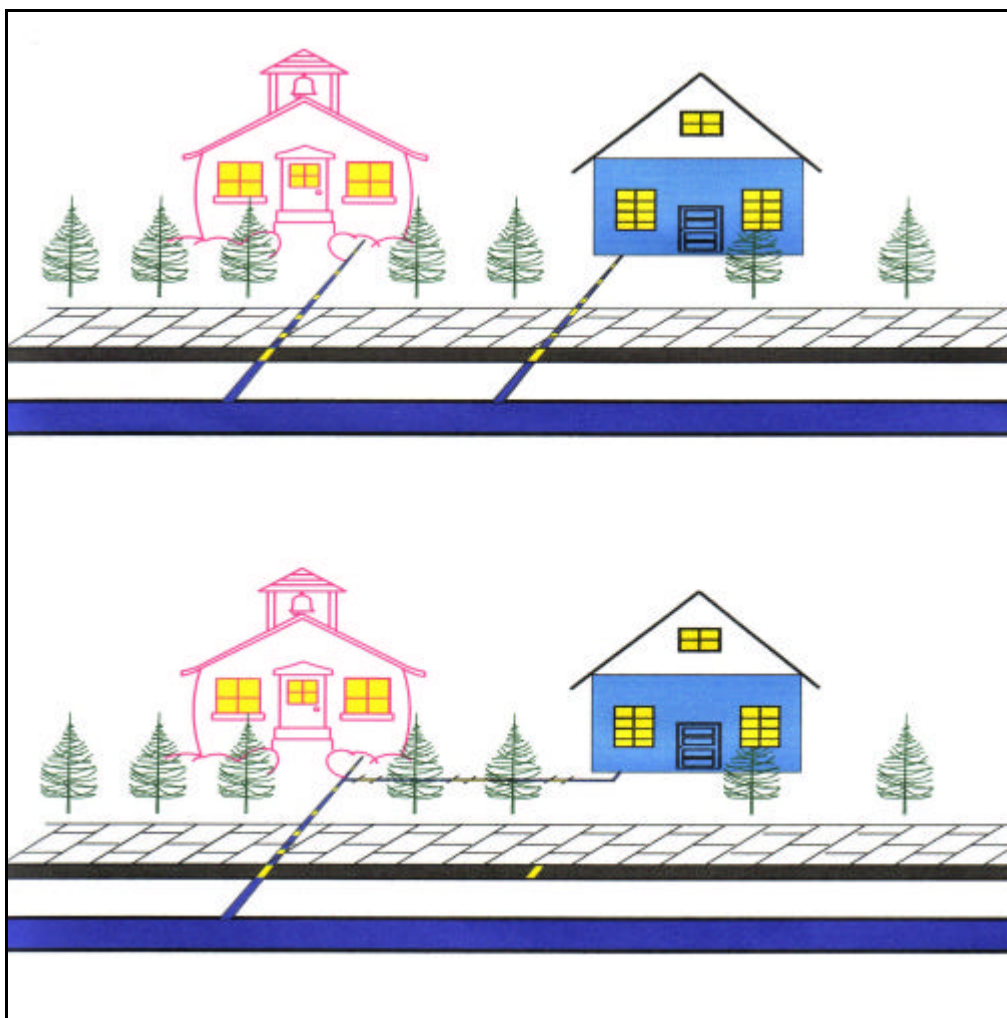
$$N = 700.000 \times (7,2/100)^{10} = \underline{1.402.962}$$

Viddi hafði samband við viðskiptavininn og sagði að vatnsveitan myndi ekki endurnýja heimæðina. Slíkt hefði í för með sér rúmlega tvöfaldan kostnað fyrir vatnsveituna miðað við það að endurnýja eftir 10 ár og að hann reiknaði með æðin dygði a.m.k. í 10 ár í viðbót.

11.3.11.1 Endurnýjun

Þegar ákveðið er að endurnýja heimæð í eitthvert hús er mikilvægt að skoða allar aðstæður vel á vettvangi. Velja þarf lagnaleið og inntaksstað. Oft hefur orðið breyting á skipan innanhúss. Upphaflegi inntaksstaðurinn getur hafa verið þvottahús sem með tímanum hefur breyst t.d. í barnaherbergi. Velja skal þá nýjan inntaksstað og gæta þess að hann sé við útvegg, upphitaður, með niðurfalli og að íbúar hússins hafi aðgang að honum, sé þess nokkur kostur. Þegar lagnaleið er valin þarf að hafa kostnað við yfirborðsfrágang í huga. Velja frekar leið í grasi en t.d. steypa innkeyrslu o.s. frv. Það er skynsamlegt að skoða ástand heimæða í húsum við hliðina á því, sem ákveðið er að endurnýja í. Það getur verið ástæða til að endurnýja í þau um leið og þá er hægt að sameina t.d. stofn úr götu og spara þannig gröft og yfirborðsfrágang í götu (sjá **Mynd 24**).

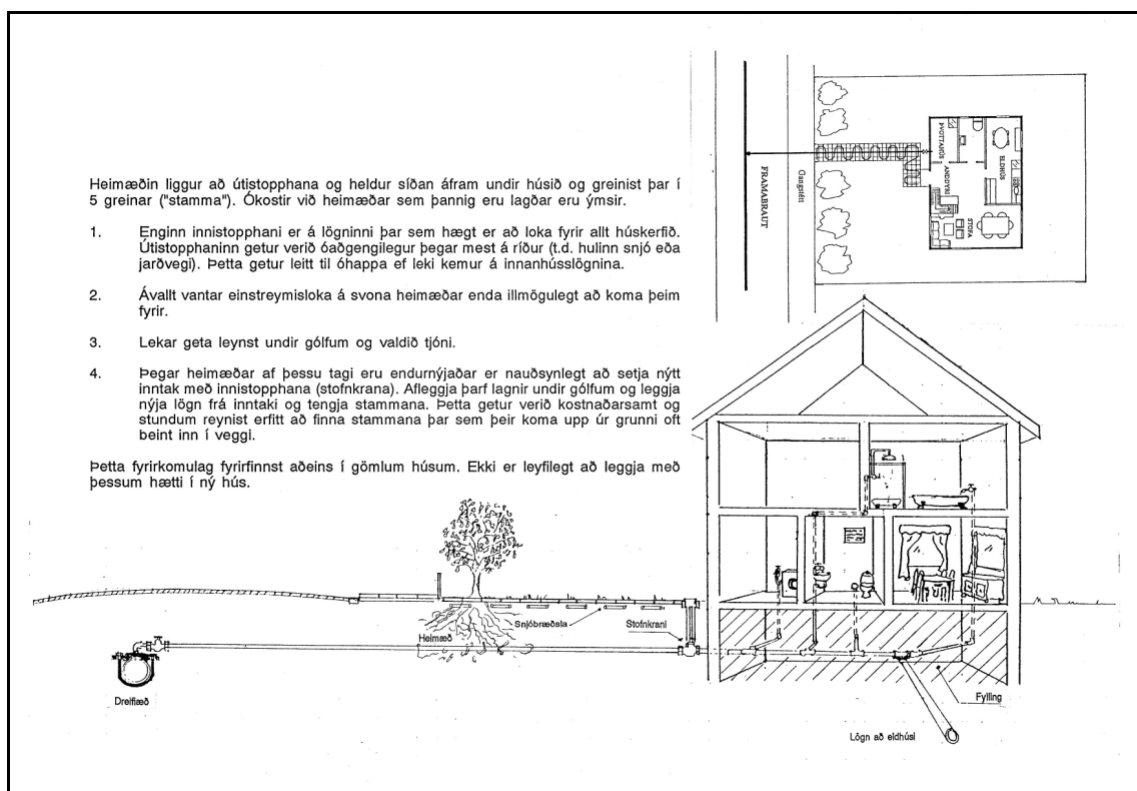
Mynd 24 Heimæðar sameinaðar þegar endurnýjað er



Áður fyrr voru heimæðar stundum lagðar með þeim hætti að stofnlöki húskerfis var hafður utan við hús (spindilloki) og dreifilagnir innanhúss lagðar undir neðsta gólfi (sjá **Mynd 26**). Stofnar húskerfis koma upp úr grunni hússins á nokkru stöðum og jafnvel inni í veggjum. Þetta veldur nokkrum erfiðleikum þegar að því kemur að endurnýja. Ekki er raunhæft að tengja nýju heimæðina við stofnlökann utan við hús heldur þarf að fara inn í húsið og setja upp tengigrind með stofnloka síu og einstreymisloka. Í þessum tilvikum þarf húseigandi að sjá til þess að lagnir undir gólfum verði aflagðar enda má búast við að þær séu jafn illa á sig komnar og sjálf heimæðin sem endurnýjuð er. Það getur verið úmafrekt og oft erfitt að finna stofna í veggjum þar sem þeir koma upp úr grunni. Þess vegna þarf ofast að bráðabirgðatengja nýja heimæð. Einfaldast er að gera það með þeim hætti að tengja inn á kaldavatnslögn í inntaksrými og tappa gömlu heimæðina við gamla spindillokann til að missa vatnið ekki út um gömlu heimæðina. Þannig fæst dreifing um allt húskerfið, en hún getur verið ófullkominn ef lögnin sem bráðabirgðatengt er við er grönn. Þess vegna er áriðandi að húseigandi leggi nýja dreifilögn út frá nýja inntakinu og afleggi þær sem eru í grunni.

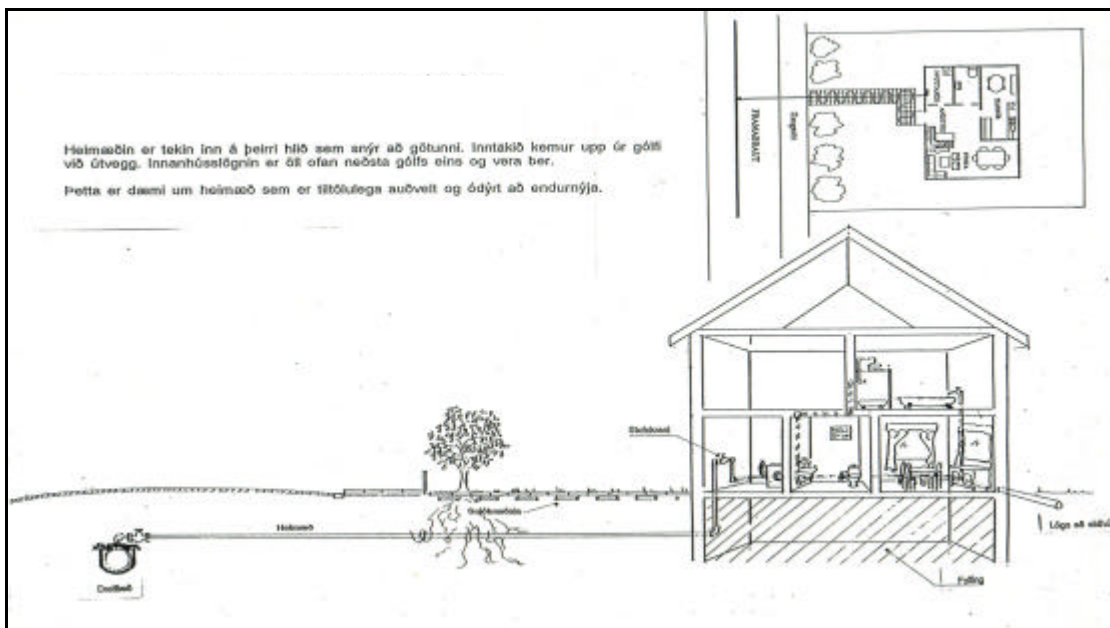
Reynslan hefur sýnt að nauðsynlegt er að endurnýja tengibúnaðinn við götuæð þegar heimæð er endurnýjuð, borspöng og tengiloka. Hægt er að komast hjá því að loka fyrir götuæðina ef notað er töppunartæki eins og sýnt er í **Töflu 18-h**. Að öðru leyti er vísað í kafla **11.3.3.1** um nýjar heimæðar.

Mynd 25 Gömul heimæð, lagnir undir gólfum



Mynd 25 sýnir heimæð og húskerfi þar sem dreifilögn innanhúss er lögð undir neðsta gólf. Hér skilgreinist heimæðin frá götuæð að spindilloka utan við húsið og húskerfið tengist við hann.

Mynd 26 Húskerfi, lagnir ofan gólfs



Mynd 26 sýnir húskerfi þar sem lagnir undir gólfum eru ekki fyrir hendi heldur er vatninu dreift ofan neðsta gólfs.

11.3.11.2 Verklag við endurnýjun

Það fer eftir aðstæðum hvaða aðferðum er beitt við endurnýjun á heimæðum. Í þéttbýli er að mörgu að gæta. Oft þarf að fara yfir vel ræktaðar lóðir og utan lóðar er endurlögn malbiks og gangstéttar ávallt kostnaðarsöm. Hefðbundið verklag er að saga malbik og steinsteypu og grafa með vélgröfu frá inntaksstað að götuæð. Stundum er hægt að vernda skruðgarða, þó lagnaleiðin liggir í gegnum þá, með því að nota jarðvegsbor, “moldvörpu eða “navigator”. Þetta er oft kallað “skurðlausar lagnir”. Þá er stundum hægt að draga gömlu heimæðina út og draga samtímis inn ídráttarrör fyrir nýja heimæð. Í dreifbýli er oft hagkvæmasta leiðin að plægja niður ídráttarrör og draga heimæð í það.

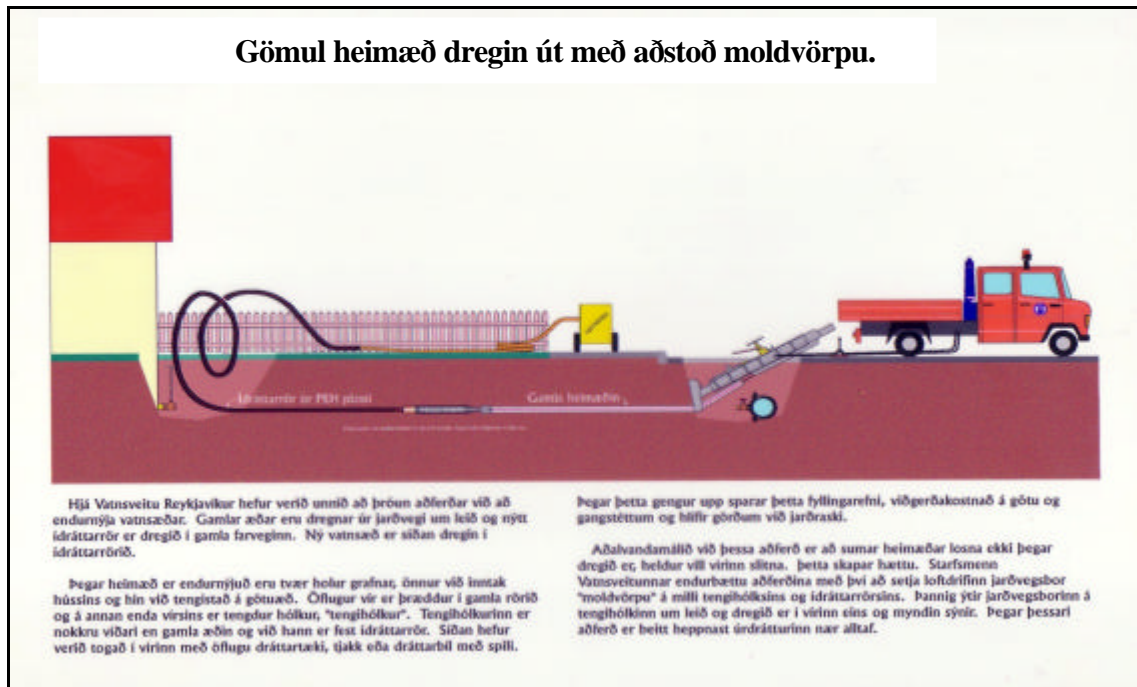
Mynd 27 Endurnýjun, hefðbundin aðferð



Hefðbundin aðferð.

Mynd 27. Grafinn skurður, sandað 15 cm lag og þjappað, ídráttarrör lagt og heimæð dregin í það. Þá er sandað 30 cm lag yfir, þjappað og síðan fyllt með grús og þjappað í 30 cm lögum. Töluvert jarðrask fylgir þessu og nokkur tími fer í verkið. Aðferðin er traust og góð en nokkuð dýr.

Mynd 28 Úrdráttur með “moldvörpu”



Hægt er að draga út gamlar heimæðar ef notað er dráttartæki með nægilegan dráttarkraft. Þessi aðferð er nefnd “Kópavogsaðferð” vegna þess að starfsmenn vatnsveitunnar í Kópavogi fundu upp á þessu. Stálvír, 14 – 16 mm í þvermál, er þræddur inn í gömlu lögnina og festur við hólk sem grípur um rörið á hinum endanum. Við hólkinn er einnig tengt ídráttarrör sem dregst inn um leið og gamla æðin dregst út. Starfsmenn Vatnsveitunnar í Reykjavík endurbættu aðeins aðferðina með því að tengja moldvörpu á milli hólksins og ídráttarrörsins. Það þarf mikinn dráttarkraft til að losa heimæðina sem er gróin föst við jarðveginn í kring. Moldvarpan gefur reglubundin högg fram á við og hjálpar til við að losa. Eftir að gamla heimæðin losnar er eftirleikurinn yfirleitt auðveldur (sjá **Mynd 28**).

Þegar skurðlausri aðferð er beitt er algengast að nota moldvörpuna eina og sér. Þá eru grafnar 2 eða fleiri holur og moldvarpan send á milli þeirra á frostfríu dýpi með ídráttarrör í eftirdragi. Helstu kostir moldvörpu eru þeir að með því að nota hana er hægt að hlífa fallegum gördum og spara kostnað við endurlögn malbiks og gangstétta. Ókostirnir eru þeir að hún kemst ekki í gegnum klappir og stór grjótt. Þess vegna þarf að vera nokkur þekking á jarðveginum þar sem fyrirhugað er að nota hana.

Mynd 29 Navigator



Mynd 29. Navigator, eða stýranlegur jarðbor, er notaður við skurðlausar lagnir. Sú aðferð er frábrugðin moldvörpuaðferðinni að því leyti að borinn snýst og líkist venjulegum jarðbor, en moldvarpan þrykkir sér áfram í gegnum jarðveginn. Hægt er að stýra navigator-bornum og breyta stefnu niðri í jarðveginum. Það er eiginleiki sem ætti að vera hægt að nýta meira við endurnýjun lagna.

Navigator-jarðbor hefur það fram yfir moldvörpuna að hann kemst í gegnum grófari jarðveg, hægt er að stýra honum og mögulegt er að bora lengri leið í einum áfanga (300 – 500 m). Hins vegar er þetta dýrara verkfæri og einingarverð þ.a.l. hærra. Verklagið er þannig að fyrst er borað með grannri borkrónu frá einni holu og í aðra, þ.e. þá leið sem leggja á lögn. Þegar borinn er kominn í gegn er rýmir tengdur við trjónu hans og rörið sem leggja á tengt við rýminn. Borinn er dreginn til baka, með snúningi, og rýmir þá borgöngin um leið í það þvermál sem passar rörinu. Á bakaleiðinni er sprautað, í gegnum boröxulinn, steypueðju utan með rörinu, sem dregst inn með bornum. Eðjan harðnar með tímanum og veitir rörinu vernd, kemur í stað sandpúðans.

Mynd 29 sýnir Navigator-borvagn sem hefur verið fenginn í mörg verkefni hjá Orkuveitu Reykjavíkur. Borvagninn boraði m.a. fyrir 500 m langri 225 mm lögn í Gunnarsbraut með afar góðum árangri. Þá hefur þessi bor verið notaður til að bora fyrir heimæð. Í því tilviki var grafin hola niður á götuæð þar sem tengja átti heimæðina og borað að húsi, í gegnum kjallaravegg og inn í inntaksrýmið í einum áfanga.

11.3.11.3 Reynslan er verðmæt

Það er einmitt við viðhald, viðgerðir, endurnýjanir og nýlagnir, sem starfsmenn vatnsveitna kynnast veik- og varanleika lagnaefnis, verklags og vinnubragða. Hjá fyrirtækjunum safnast upp reynsla og þekking í þessum efnum, reynsla og þekking sem gengur mann fram að manni. Það getur verið misjafnt hversu vel er haldið um þessa hluti en þetta er þróun sem skilar með tímanum hagkvæmni. Starfsumhverfið er sífellt að breytast. Kröfur eru gerðar um útboð til að ná lágum verðum bæði í lagnaefni og framkvæmdir. Það þarf að vanda verk- og vörulýsingar í slíkum útboðum vegna þess að lagnavara, sem hægt er bjóða á góðum kjörum, getur haft stuttan líftíma þótt það þurfi ekki að vera svo. Jarðvinna er kostnaðarsöm sérstaklega í þéttbýli þegar grafið er í malbik eða annað varanlegt yfirborð. Þess vegna er það mikilvægt að reynsla og þekking vatnsveitumanna skili sér, bæði í efnisvali og vinnubrögðum.

Iðnaðurinn fylgist vel með starfssemi vatnsveitna sem annarra fyrirtækja og stöðug Þórun á lagnaefni og verkfærum á sér stað. Vatnsveitumenn þurfa stöðugt að fylgjast með þessu og t.d. sækja vörusýningar.

11.3.12 Heimæðar í sumarbústaði

Flestir sumarbústaðir eru byggðir á stólpum og útiloft leikur um þá, m.a. milli botnplötu og jarðar. Þetta eykur hættu á að vatn frjósi í heimæðinni þar sem hún kemur upp úr jarðveginum og fer inn í bústaðinn. Þess vegna þarf að gera ráðstafanir til forðast frostsKemmdir.

Ganga skal frá heimæðum í sumarbústaði með sama hætti og byggingarvatni (sjá 11.3.3.1), þ. e. að setja frosttæmingarloka utan við inntaksstað. Þannig er hægt að tæma húskerfið og inntakspípuna niður í jarðveginn áður en bústaðurinn er yfirgefinn. Einnig er hægt að festa hitaþráð, sem tengdur er við 230 V kerfi, við inntakspípuna. Hitaþráðurinn er þannig úr garði gerður að við hitastig yfir frostmarki hleypir hann ekki straumi í gegnum sig, en þegar hitastig lækkar minnkar viðnám í þræðinum, rafstraumur flæðir í gegn og þráðurinn hitnar nægjanlega til að halda pípunni þíðri. Með frosttæmingarloka og hitaþráð á heimæðinni eru menn nokkuð “vel í sveit settir”.

11.4 Eldvarnarheimæðar

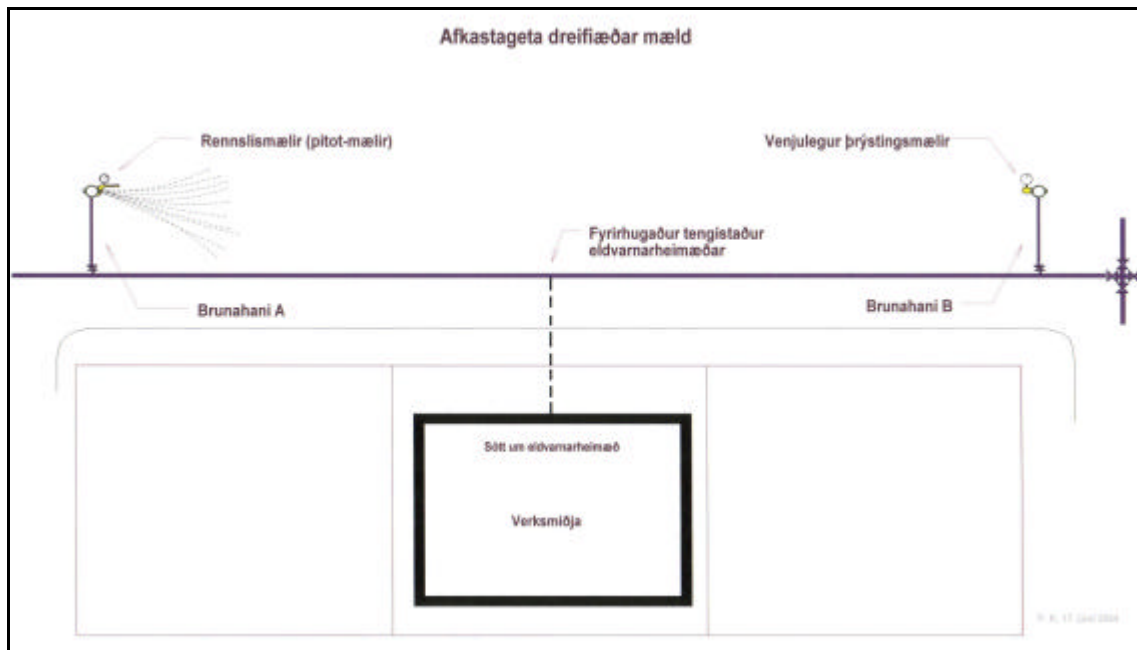
11.4.1 Rennslismælingar

Eldvarnarkerfi (sprinkler) í byggingum geta verið mjög vatnsfrek. Vatnsveitum berast oft fyrirspurnir frá hönnuðum um afkastagetu dreifikerfisins á þeim stað þar sem fyrirhugað er að setja upp slíkt kerfi.

Til eru tölvuvædd reiknilíkön sem geta áætlað afkastagetuna en best og einfaldast er að mæla dreifikerfið á viðkomandi stað. Það er gert með því að velja 2 brunahana sem næst þeim stað sem væntanleg eldvarnarheimæð yrði tengd, t.d. sitt hvoru megin við tengistaðinn. Byrjað er á því að mæla þrýstinginn í dreifilögnum með því að koma fyrir venjulegum þrýstímæli á annan brunahanann, sem við getum kallað brunahana B, og lesa af honum áður en opnað er fyrir hinn, brunahana A. Rennslismæli er komið fyrir á brunahana A og fullopnað fyrir hann. Best er að nota sérstakan pitot-mæli¹ sem gerður er til rennslismælinga á brunahönum. Meðan fullopið er fyrir brunahanann er lesið öðru sinni af þrýstímælinum á brunahana B.

Upplýsingarnar sem hönnuðurinn þarf að fá eru eftirfarandi gildi, rennslið (l/s), þrýstingur (VSm) áður en opnað er fyrir brunahana A og þrýstingur (VSm) á meðan fullopið var fyrir hann. Út frá þessum upplýsingum getur hann reiknað út hvort dreifikerfið er nægilega öflugt til að útvega það vatnsmagn sem eldvarnarkerfið þarf. Hönnuðurinn getur sett upplýsingarnar upp í rennslis/þrýsti graf og fundið út hámarks afkastagetu götuæðarinnar. Hann reiknar jafnframt út þrýstifallið í lögnum frá tengistað brunahana A og að inntaksstað eldvarnarheimæðarinnar. Vatnsveitan getur sett skilyrði um lágmarksþrýsting í dreifikerfinu á viðkomandi stað ef hún telur ástæðu til og hönnuðurinn þarf að taka tillit til þess.

Mynd 30 Afkastageta mæld



Ef dreifikerfi er mjög öflugt á þeim stað þar sem mælt er og þrýstingur í dreifiaðinni fellur lítið sem ekkert við fullopnun brunahanans getur verið ástæða til opna alla stúta brunahanans eða opna fleiri brunahana á svæðinu. Handbók frá ameríska vatnsveitiusambandinu fjallar um þessi mál í AWWA no M17.

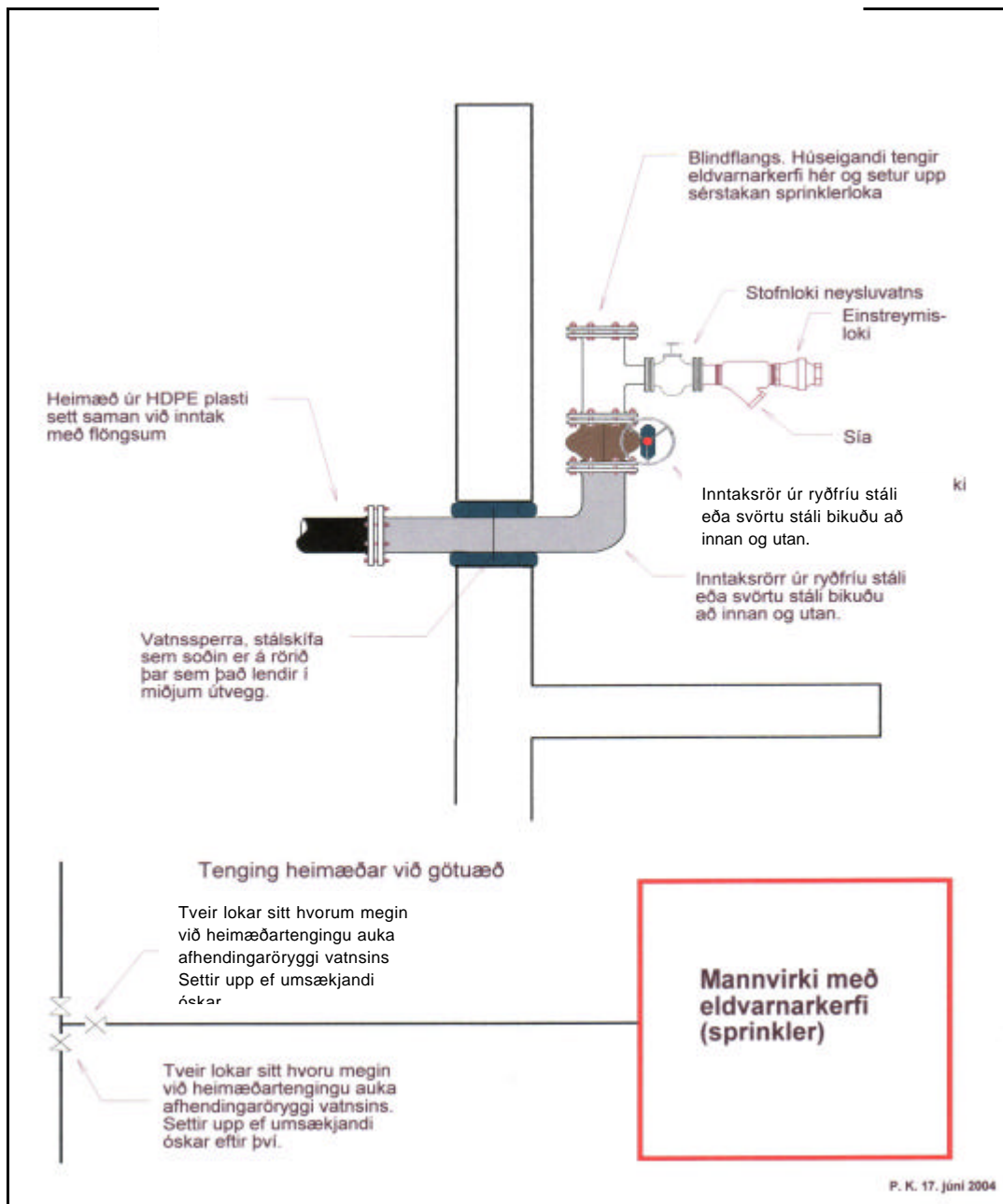
- 1) Fáanlegir eru sérstakir rennslismælar til að mæla rennsli í brunahönum. Þetta eru pitot-mælar og mæla þrýstinginn í stúttum um leið bunan fer í gegnum hann. Út frá þrýstingnum og innra flatarmáli stútsins er hægt að reikana rennslið samkvæmt formúlunni $Q = A \times v(2hg)$ [m^3/s]. A: innra flatarmál brunahanastútsins í m^2 , h: þrýstingur sem pitot-mælirinn sýnir í VS m (hæð vatnssúlu í metrum), g: þyngdarhröðun sem er $9.81 m/s^2$ við yfirborð jarðar, s: sekúnda. Sé dæmið reiknað með þessum einingum er útkoman í rúmmetrum á sekúndu og með að margfalda það með 1000 fást lítrar á sekúndu. Með svona mælum fylgja yfirleitt töflur, þar er hægt að finna rennslismagnið miðað við þrýstinginn sem lesinn er á mælinum og þvermál stútsins sem mælt er í (sjá 11.4.3).

11.4.2 Eldvarnar- og neysluvatnsheimæð

Með því að sameina eldvarnar- og neysluvatnsheimæð fæst viss trygging fyrir að ávallt sé þrýstingur á eldvarnarkerfinu. Hætta er á að fyrir mistök geti verið skrúfað fyrir loka í götu á eldvarnarheimæð og ef hún er séræð er ekki víst að nokkur verði var við það. Sé hún hins vegar sameiginleg með neysluvatnsheimæð er nokkuð víst að slík mistök uppgötvist strax. Amerísk reglugerð um eldvarnarkerfi leyfir slíkar sameiginlegar heimæðar, en samkvæmt reglugerðinni má neysluvatnstengingin ekki vera stærri en 50 mm í þvermál. Sé þörf á stærri neysluvatnsheimæð eiga heimæðarnar að vera aðskildar. Þetta ákvæði á væntanlega að tryggja að rennsli í neysluvatnskerfi felli ekki þrýsting um of á eldvarnarkerfi sem yrði virkt vegna eldsvoða. Það er erfitt að ímynda sér að mikil vatnsþörf í neysluvatnskerfi sé fyrir hendi þegar húsið brennur en allur er varinn góður. Íslensk reglugerð um þessi mál er í smíðum og ekki vitað hvernig þessu verður háttáð.

Mynd 31 sýnir inntak sameiginlegrar eldvarnar- og neysluvatnsheimæðar eins og Orkuveita Reykjavíkur skilar henni. Að vísu eru lokarnir 2 á götuæðinni, sitt hvorum megin við heimæðartenginguna, aðeins settir ef umsækjandi óskar eftir því og greiðir hann sérstaklega fyrir það.

Mynd 31 Sameiginleg eldvarnar- og neysluvatnsheimæð



11.4.3 Dæmi um vettvangskönnun

Dæmi 3 Afkastageta mæld

Viðar Arnarson, vatnsveitustjóri í Skötuselsvík, fékk upphringingu frá Hrannari Marteinsyni á verkfræðistofu Marteins G Guðfinnssonar ehf. Hrannar var að hanna lagnakerfi í nýja einingaverksmiðju sem Húseiningar ehf ætla að reisa við Skeljabraut. Skeljabraut liggur út frá höfninni og er aðalvegurinn út úr bænum ef menn ætla suður. Meðfram Skeljabraut standa flest atvinnufyrirtækin í Skötuselsvík. Hrannar sagði Viðari að hann væri að hanna sprinkler í nýju einingaverksmiðjuna sem á að reisa og vantaði upplýsingar um afkastagetu götuæðarinnar í Skeljabraut. Viðar kvaðst mundi kanna það og gefa honum upplýsingar

síðar. Viðar brást strax við og fór niður á Skeljabraut með rennslismælinn, sem hann keypti af US Pipe Inc í gegnum “Netið”. Í Skeljabraut liggur 225 mm plastæð og þar eru þrjár 6” brunahanar tengdir henni. Viðar velur tvo, A og B, sem eru sitt hvorum megin við lóðina þar sem einingaverksmiðjan á að rísa. Mælinum fylgdu töflur sem gera alla útreikninga einfalda. Mælieiningarnar eru að vísu amerískar, psi (pound per square inch) og gpm (gallon per minute), það gerir ekkert til, Viddi er vanur að breyta niðurstöðunum yfir í SI-kerfið (metrakerfið) í lokin.

Viddi tengir þrýstímæli á brunahana B og les þrýstingin 65 psi. Síðan tengir hann rennslismælinn á 2½” stútinn á brunahana A og opnar á fullu. Hann les töluna 27 psi á rennslismælinum og fer síðan að brunahana B og les aftur af mælinum þar, nú 40 psi. Hann nær í **Töflu 19** og finnur undir dálki fyrir 2½” stútinn og línu fyrir 27 psi, 870 gpm.

Tafla 19 Rennslismagn

Discharge Table for Circular Outlets - 2 1/4"-2 11/16 in.
(Outlet pressure measured by pitot gage.)

Outlet Pressure <i>psi</i>	Outlet Diameter — in.							
	2 1/4	2 1/2	2 3/4	2 7/8	2 9/8	2 5/4	2 11/8	2 11/16
	<i>Gallons per minute</i>							
10 1/4	440	460	480	510	540	570	590	620
10 1/2	440	470	490	520	540	570	600	630
10 3/4	450	470	500	520	550	580	610	640
11	450	480	500	530	560	590	610	640
11 1/4	460	480	510	530	560	590	620	650
11 1/2	460	490	510	540	570	600	630	660
11 3/4	470	490	520	550	580	600	630	660
12	470	500	520	550	580	610	640	670
12 1/2	480	510	540	560	590	620	650	690
13	490	520	550	570	610	640	670	700
13 1/2	500	530	560	590	620	650	680	710
14	510	540	570	600	630	660	690	730
14 1/2	520	550	580	610	640	670	700	740
15	530	560	590	620	650	680	720	750
15 1/2	540	570	600	630	660	700	730	760
16	540	570	610	640	670	710	740	780
16 1/2	550	580	620	650	680	720	750	790
17	560	590	620	660	690	730	760	800
17 1/2	570	600	630	670	700	740	770	810
18	580	610	640	680	710	750	780	820
18 1/2	590	620	650	690	720	760	800	830
19	590	630	660	700	730	770	810	840
19 1/2	600	640	670	700	740	780	820	860
20	610	640	680	710	750	790	830	870
21	620	660	690	730	770	810	850	890
22	640	670	710	750	790	830	870	910
23	650	690	730	770	810	850	890	930
24	670	700	740	780	820	860	910	950
25	680	720	760	800	840	880	920	970
26	690	730	770	810	860	900	940	990
27	710	750	790	830	870	920	960	1010
28	720	760	800	840	890	930	980	1020
29	730	770	820	860	910	950	1000	1040
30	750	790	830	870	920	970	1010	1060
31	760	800	840	890	940	980	1030	1080
32	770	810	860	900	950	1000	1050	1100
33	780	830	870	920	970	1010	1060	1110
34	790	840	880	930	980	1030	1080	1130
35	810	850	900	940	990	1040	1090	1140
36	820	860	910	960	1010	1060	1110	1160

Source: "Fire Flow Tests" Discharge Tables for Circular Outlets American Insurance Association Coefficient = 0.90

Viðar veit að 1 psi samsvarar ca 0,70307 VS m og us gallon er ca 3,7851 lítrar.

65 psi = **45,7 VS m**
40 psi = **28,1 VS m**
870 gpm ? **54,1 l/s**

Þessar upplýsingar nægja Hrannari, en Viðar treystir eigin útreikningum best og vill vita hvað dreifiaðin gefur ef hann fer með þrýstingin niður í 20 psi sem hann álitur lágmarks þrýsting sem vatnsveitan getur sætt sig við undir þeim kringumstæðum að eldvarnarkerfið færi í

Viðar reiknar út hversu miklu vatni má ná úr götuæðinni ef þrýstingurinn færi niður í 20 psi. Hann notar töflu með útreiknuðum gildum og formúlu sem fylgdu mælinum:

$$Q_R = Q_F \times h_R^{0.54} / h_F^{0.54}$$

Q_R : Afkastageta m.v. valinn þrýsting í götuæð, t.d. lágmarksþrýsting.

Q_F : Mælt rennslismagn.

$h_R^{0.54}$: Gildi m.v. valið þrýstifall í götulögn. Viðar finnur rétta gildið í **Töflu 20**.

$h_F^{0.54}$: Gildi m.v. mælt þrýstifall í götulögn. Viðar finnur rétta gildið í **Töflu 20**.

h_R : Þrýstingsmunur, venjulegur þrýstingur að frádrögnum völdum þrýstingi.

h_F : Þrýstingsmunur, mismunur á þrýstingi í götulögn fyrir og undir rennslismælingu.

Viðar finnur út h_F : 65 psi – 40 psi = 25 psi Þetta var þrýstifallið þegar hann rennslismældi. Hann finnur út h_R : 65 psi – 20 psi = 45 psi. Hann velur 20 psi sem lágmarksþrýsting í lögninni. Þessar niðurstöður notar Viðar til finna $h_R^{0.54}$ og $h_F^{0.54}$ í **Töflu 20**.

Tafla 20 Gildi m.v. þrýstifall

*Computing Fire Flow Test Results**

$$Q_R = Q_F \times \frac{h_R^{0.54}}{h_F^{0.54}}$$

Q_R = Flow available at desired residual pressure.
 Q_F = Flow during test.
 h_R = Pressure drop to desired residual pressure.
 h_F = Pressure drop during test.
 (Values of h to the 0.54 power.)

h	$h^{0.54}$	h	$h^{0.54}$	h	$h^{0.54}$	h	$h^{0.54}$	h	$h^{0.54}$	h	$h^{0.54}$
1	1.00	26	5.81	51	8.38	76	10.37	101	12.09	126	13.62
2	1.45	27	5.93	52	8.44	77	10.44	102	12.15	127	13.68
3	1.81	28	6.05	53	8.53	78	10.51	103	12.22	128	13.74
4	2.11	29	6.16	54	8.62	79	10.59	104	12.28	129	13.80
5	2.39	30	6.28	55	8.71	80	10.66	105	12.34	130	13.85
6	2.63	31	6.39	56	8.79	81	10.73	106	12.41	131	13.91
7	2.86	32	6.50	57	8.88	82	10.80	107	12.47	132	13.97
8	3.07	33	6.61	58	8.96	83	10.87	108	12.53	133	14.02
9	3.28	34	6.71	59	9.04	84	10.94	109	12.60	134	14.08
10	3.47	35	6.82	60	9.12	85	11.01	110	12.66	135	14.14
11	3.65	36	6.93	61	9.21	86	11.08	111	12.72	136	14.19
12	3.83	37	7.03	62	9.29	87	11.15	112	12.78	137	14.25
13	4.00	38	7.13	63	9.37	88	11.22	113	12.84	138	14.31
14	4.16	39	7.23	64	9.45	89	11.29	114	12.90	139	14.36
15	4.32	40	7.33	65	9.53	90	11.36	115	12.96	140	14.42
16	4.47	41	7.43	68	9.61	91	11.43	116	13.03	141	14.47
17	4.62	42	7.53	67	9.69	92	11.49	117	13.09	142	14.53
18	4.78	43	7.62	68	9.76	93	11.56	118	13.15	143	14.58
19	4.90	44	7.72	69	9.84	94	11.63	119	13.21	144	14.64
20	5.04	45	7.81	70	9.92	95	11.69	120	13.27	145	14.69
21	5.18	46	7.91	71	9.99	98	11.76	121	13.33	146	14.75
22	5.31	47	8.00	72	10.07	97	11.83	122	13.39	147	14.80
23	5.44	48	8.09	73	10.14	98	11.89	123	13.44	148	14.86
24	5.56	49	8.18	74	10.22	99	11.96	124	13.50	149	14.91
25	5.69	50	8.27	75	10.29	100	12.02	125	13.56	150	14.97

*Method of use: Insert in the formula the values of $h_R^{0.54}$ and $h_F^{0.54}$ determined from the table and the value of Q_F , and then solve the equation for Q_R .

Source: "Fire Flow Tests"
Discharge Table for Circular Outlets
American Insurance Association

$h_R^{0.54}$

$h_F^{0.54}$

Nú getur Viðar reiknað afkastagetuna út m.v. 20 psi lágmarksþrýsting í lögninni.

$Q_R = 870 \times 7,81/5,69 = \underline{1194 \text{ gpm}} ? \underline{75,3 \text{ l/s}}$. Viðar hefur nú samband við Hrannar og veitir honum þessar upplýsingar að vatnsveitan geti útvegað 75,3 l/s í Skeljabraut. Viðar minnir Hrannar á að reikna með þrýstifalli í götulögn og væntanlegri heimæð og gefur honum upp tengistað brunahanans sem rennismælt var í og þvermál götulagnarinnar.

11.5 Nokkrar vinnureglur

Hér eru nokkur atriði sem ágætt er að hafa í huga þegar unnið er með heimæðar.

1. **Tilkynning.** Ef til stendur að vinna við heimæð, t.d. endurnýja hana, er góð regla að tilkynna um það áður. Í slíkri tilkynningu ætti að koma fram ástæða framkvæmdanna, hvenær þær hefjast og hvernig þær fara fram. Þá er einnig æskilegt að gefa upp símanúmer hjá fulltrúa vatnsveitunnar sem veitir frekari upplýsingar. Sjá 11.8.7
2. **Samskipti við húseigendur.** Starfsmenn sem vinna við viðgerðir, t.d. á heimæðum, eru fulltrúar og “andlit” vatnsveitunnar gagnvart íbúum þeirra húsa sem unnið er við. Þess vegna er mikilvægt að öll framkoma þeirra sé til fyrirmyndar og ávallt sé sýnd háttvísi og kurteisi. Oft getur reynt á slík samskipti og fyrir koma ósanngjarnar aðfinnslur af hálfu íbúa, en þá er gullreglan að svara slíku af hógværd og vísa ágreiningi til stjórnenda vatnsveitunnar.
3. **Lagnavinna.** Heimæð á helst aldrei að bila og hún á að endast sem lengst. Þess vegna þarf að fylgja yftrustu reglum um fagleg vinnubrögð þegar heimæð er lögð. Leggja æðina á frostfrítt dýpi, sanda 15 cm undir og 30 cm yfir og nota núinn sand, þjappa fyllingarefnið í lagnaskurðinum í 30 cm lögum. Endurnýja borspöng einnig þegar heimæð er endurnýjuð. Ef málmhlutir eru notaðir á lögnina, t.d. kopartengi, borspöng og/eða stálinntak, skal vefja þá með t.d. plastfilmu þannig að málmurinn hyljist og hvergi verði ber blettur.
4. **Lagnavinna í köldu veðri.** Ef plaströr eru lögð í köldu veðri og notaðir eru flangsar og kopartengi til samsetninga getur þurft að herða flangsana og tengin aftur eftir að þrýstingi er hleypt á. Plaströr af gerðinni MRS-100 eru afar stíf og reynslan hefur sýnt að tengingar, sérstaklega flangsatingingar, en einnig tengingar með kopartengjum, eiga til með að leka þegar þrýstingi er hleypt á, sérstaklega ef lagnavinnan hefur farið fram í köldu veðri. Það er góð regla að nota landefni til fyllingar í lagnaskurðum á veturna. Sé salt sjávarafni notað og snjóar í efnið getur slíkur fyllingarpúði virkað sem “frystikista”.
5. **Meðferð lagnaefnis.** Gæta þarf fyllsta hreinlætis við í meðhöndlun lagnaefnis, ekki síst vegna þess að vatnið sem það á að flytja er neysluvara. Þegar vatnslagnapípur eru framleiddar á að setja lok á enda þeirra og þannig eiga þær að vera geymdar allt þar til þær eru teknar í notkun. Það er mikilvægt að yfirgefa aldrei verkstað með pípuenda opna. Einnig skal loka gati á útvegg, sem e.t.v. hefur verið tekið fyrir inntaki, ef yfirgefa þarf vinnusvæðið t.d. yfir nótt. Það getur gert úrhelli og vatn flætt inn um slík göt og valdið tjóni. Það þarf að meðhöndla plastlagnaefni með gætni, draga það ekki með jörðinni þannig að rispur myndist. Djúpar rispur rýra þrýstipolið.

6. **Snyrtileg vinnubrögð.** Jarðraski við heimlagnavinnu fylgir nokkur óþrifnaður. Uppgröftur getur borist um lóðina og starfsmenn spora út auri á stéttir og inn í inntaksrými. Það er mikilvægt að þrifa vel upp eftir sig þannig að við verklok nánast merkist ekki að jarðvinna hafi farið fram. Það er góð regla að leggja byggingarplast undir uppgröft inni á lóð, það auðveldar verkfrágang (sjá **Mynd 32**). Það er einnig góð regla að mynda vettvang áður en framkvæmdir hefjast, það getur auðveldað uppgjör á ágreiningi um verkfrágang.

Mynd 32 Frágangur



7. **Útskolun.** Eftir viðgerð, nýlögn og/eða endurnýjun heimæðar er nauðsynlegt að skola vel út. Best er að tengja víða slöngu við inntak heimæðarinnar, leiða hana út og láta vatnið renna með krafti út í nokkrar mínútur. Ef um nýja heimæð er að ræða eða nýtt inntak sem húseigandi sér um að tengja við húskerfið er ágæt regla af hálfu vatnsveitunnar að skila inntakinu af sér með skrúfuðum tappa í sem síðan er fjarlægður þegar húskerfið verður tengt. Þetta getur komið í veg fyrir vatnstjón. Oft er nokkuð rask í byggingum og hlutir geta rekist í stofnlokann og opnað hann óvart.
8. **Tenging við húskerfi.** Það er nokkuð misjafnt meðal vatnsveitna hvernig staðið er að tengingu við húskerfi þegar heimæð er endurnýjuð. Þetta þarf að liggja fyrir áður en endurnýjun hefst. Orkuveita Reykjavíkur (OR) hefur eftirfarandi reglu: “Ef stofnlögn húskerfisins er til staðar innan 2 metra fjarlægðar frá þeim stað sem nýja heimæðin kemur inn í húsið og í sama rými, tengir OR húskerfið. Að öðrum kosti verður húskerfið aðeins bráðabirgðatengt en húseigandi þarf að fá sér pípulagningameistara til að leggja stofnlögn húskerfisins að nýja inntaksstaðnum og tengja varanlega við nýja inntakið”.
9. **Færsla á heimæðarinntaki.** Samkvæmt lögum um vatnsveitur sveitarfélaga kostar húseigandi breytingar á legu heimæðar sem hann óskar eftir vegna framkvæmda á eigin vegum. Það er góð þjónusta við húseigendur, sem óska eftir slíkum breytingum, að geta upplýst um kostnað áður en verkið fer fram. Það getur líka sparað vinnu og umstang við innheimtu kostnaðarins og það getur einnig leitt til þess að húseigandinn leiti annarra og hagkvæmari leiða til að leysa málið. Við gerð gjaldskrár fyrir breytingar á heimæð ætti að hafa í huga að umsækjandinn gæti, ef hann óskaði, séð um einhverja verkþætti sjálfur, eins og t.d. skurðgröft og lögn ídráttarrörs.
10. **Yfirtaka heimæða.** Samkvæmt nýju vatnsveitulögum, nr. 32/2004, verður heimæð, sem lögð var fyrir 1992, eign vatnsveitu í kjölfar endurnýjunar á henni. Þetta er óbreytt frá lögum nr. 81/1991. Óski húseigandi eftir því að vatnsveita yfirtaki heimæð hans verður hún að verða við því. Þetta er nýtt ákvæði. Yfirtöku á heimæð fylgir jafnframt ábyrgð á henni og því tjóni sem hún gæti valdið. Þess vegna

ættu starfsmenn vatnsveitna að skoða allar aðstæður á vettvangi og kanna hvort heimæð, sem óskað er að vatnsveita yfirtaki, hafi ekki þegar valdið tjóni á lóð eða innan húss, t.d. vegna leka. Ef heimæðin reynist þegar hafa valdið tjóni ætti vatnsveitan að gera skriflegan fyrirvara um að hún firri sig því tjóni.

11.6 Tengiskilmálar

Vatnsveitur setja skilyrði fyrir innlögnum heimæða. Skilyrðin hafa það að markmiði að jafnræði sé gætt meðal umsækjanda, að tæknilegir þættir séu uppfylltir og að ekki sé hætt á tjóni vegna innlagnarinnar. Vatnsveitur hafa áhrif á hvaða skilmálar eru settir, en þær verða að hafa til hliðsjónar lög og reglugerðir sem í gildi eru. Hér verða ekki settir fram neinir algildir tengiskilmálar, heldur aðeins bent á nokkur atriði sem taka ætti fyrir í tengiskilmálum.

- 1) **Upplýsingar.** Í tengiskilmálum ætti í upphafi að geta hvar sé sótt um heimæð og hvernig, opnunartíma skrifstofu og hver eða hverjir sjái um samskipti við húsbyggjendur.
- 2) **Gildissvið.** Geta skal um til hvaða mannvirkja tengiskilmálarnir ná. Hvort í gildi séu sérskilmálar fyrir einstök hús.
- 3) **Uppdrættir.** Hvaða teikningar ber að leggja inn, í hvaða skölum og hvað á að koma fram á þeim. T.d. afstöðumynd sem sýnir legu ídráttarrörs að lóðarmörkum í kvarðanum 1:500 og grunnmynd af inntaksrými, sem að jafnaði skal vera á þeirri hlið húss sem snýr að vatnslögn þeirri sem leggja á heimæð frá, í kvarðanum 1:50. Teikningu af tengigrind o.s. frv.
- 4) **Lagnir.** Lýsing á gerð og lögn ídráttarrörs á frostfrítt dýpi. Krafa um að skurður sé ekki fylltur fyrr en eftirlitsmaður vatnsveitu hefur tekið út lögn ídráttarrörs og mælt hana inn.
- 5) **Inntaksrými.** Lýsa kröfum um inntaksrými. Mikilvæg er krafa um að inntaksrýmið sé upphitað og lokað áður en ný heimæð er lögð inn í það. Gera þarf kröfu um að niðurfall sé í inntaksrými. Sjá nánar um inntaksrými í kafla 11.3.5.
- 6) **Aðgengi.** Ástæða er til að setja kröfu um gott aðgengi á lóð og í inntaksrými, að byggingarefni eða gámar hindri ekki vinnu við innlögnum.
- 7) **Aukatengingar við vatnsveitu.** Upplýsingar um byggingar- og vinnuskúravatn, hvernig að slíkri tengingu er staðið og geta um ábyrgð húsbyggjanda á búnaðinum sem settur er upp.
- 8) **Gjaldskrár.** Í tengiskilmálum skal skýra frá þeim gjaldskrár sem í gildi eru, setja fram kröfur vatnsveitunnar um greiðslu heimæðargjalds áður en innlögnum fer fram eða kröfu um greiðsluskilmála.
- 9) **Skýringarmyndir.** Æskilegt er að gögnum um tengiskilmála fylgi skýringarmyndir sem styðja og útskýra kröfur vatnsveitunnar.

11.7 Umsókn um heimæð

Venja er að umsækjendur um heimæðar fylli út umsóknareyðublað á skrifstofu vatnsveitunnar. Við það tækifæri gefst möguleiki á samskiptum. Húsbyggjandi aflar sér frekari upplýsinga og starfsmenn vatnsveitunnar ræða við hann um framkvæmd innlagnarinnar. Hjá Orkuveitu Reykjavíkur er unnið að því að gera umsækjendum heimæða kleift að sækja um og greiða fyrir innlögn heimæða á “Netinu” og ekki er ólíklegt að það verði almennur kostur innan skamms.


Upplýsingar um umsækjanda, pípulagningameistara, mannvirki og stærð lagnar þurfa að koma fram á umsókninni auk upplýsinga um fylgigögn. Mikilvægt er að símanúmer tengiliðs, byggingarstjóra eða umboðsmanns húsbyggjanda, komi fram í umsókninni. **Myndir 33 og 34** sýna umsóknareyðublað sem Orkuveita Reykjavíkur notar.

Mynd 33 Umsóknareyðublað (framhlið)

Umsókn um heimlögn

Tilkynning um rafverktöku

Orkuveita Reykjavíkur



Almennar upplýsingar	Veimstaður, gata, nr.		Löggiltur rafverktaki			
	Póstnr.	Sveitarfélag	Kennitala rafverktaka	Heimasími	Vinnusími	
	Eigandi / umsækjandi		Löggiltur pípalagningameistari			
	Kennitala	Heimasími	Vinnusími	Kennitala pípalagningameistara	Heimasími	Vinnusími
	Pósturinn eiganda/umsækjanda	Póstnr.	Sveitarfélag	Byggingastjóri	Sími	Farsími

Notkunarflokkur:

Íbúðarhúsnæði Sumarhús Landb./Garðyrkja Iðnaður Fiskidnaður Versl./þjónusta Opinb. stofnun Bráðabirgðanotkun

Byggingarstaða mannvirkis

Hús fókelt Lóð grófjöfnuð og í réttri hæð Aðkoma greið til framkvæmda (ekki byggingarefni eða annað fyrir)

Heildarstærð _____ m² og _____ m² Fjöldi íbúða _____ Áður komnar heimlagir Vatn Hitu Rafmagn Frárennsli Sími

Hitaveitutengingu

Ný heimæð Bráðab. heimæð

Breyting Í vinnuskúr

Stækkun Snjóbræðsla

Aftenging Annað

Stærð heimæðar samkvæmt fyrirliggjandi gjaldskrá: _____ mm eða _____ m²

Fjöldi fyrirhugaðra mæla/hemla _____

Áætluð vatnsþörf (vatnsflek starfsemi) _____ l/m

Ef hitakerfi eru fleiri en eitt fylgi listi sem tilgreini nafn, kennitölu og húshluta sem hitakerfi er fyrir ásamt skráningartöflu

Rafmagnstengingu

Aðalheimtaug Bráðab.heimtaug

Breyting Við götuljósakerfi

Stækkun Vararafstöð

Aftenging Annað

Stærð heimtaugar samkvæmt fyrirliggjandi gjaldskrá: _____

Fjöldi fyrirhugaðra mæla _____

Inntakspípa er fyrir hendi

Inntakspípa hefur verið lögð út fyrir lóðarmörk (63 A heimtaug)

Fyrirhugað að sækja um rafhlita til húshitunar

Sumar veitar bjóða eftirfarandi þjónustu

Óska eftir lögnum inntakspípu fyrir rafmagn (63A)

Óska eftir lögnum inntakspípu fyrir síma

Vatnsveitutengingu

Ný heimæð Bráðab.heimæð

Breyting Vinnuskúravatn

Stækkun Byggingarvatn

Aftenging Annað

Stærð heimtaugar samkvæmt samþykktri teikningu: _____ mm

Fjöldi fyrirhugaðra mæla _____

Idráttarpípa hefur verið lögð

Óska eftir lögnum idráttarpípu

Grafa þarf niður á heimæð við lóðarmörk

Inntakseyminni er upphitað

Áætluð vatnsþörf (vatnsflek starfsemi eða slökkvikerfi) _____ l/m

Athugasemdir umsækjanda

Umsækjandi er tilbúinn að greiða frostalag

Fylgigögn

Afstöðumynd, grunnmynd og snið Einlínumynd af aðaltöflu og og öðrum mælatöflum (fyrir rafmagnstengingu)

Byggingarleyfi (sumarhús o.fl.) Leyfi landeiganda (ef mannvirki eða heimlögn verður að hluta á landareign annars aðila)

Afháttelun (rafm. heimtaugar stærri en 200A) Útlisamynd og skammhlaupsútreikningar fyrir aðaltöflu (rafmagnsheimtaug 400A eða stærri)

Yfirlýsing umsækjanda:

Ég undirritaður skuldbind mig til að greiða tengigjöld þínu, sem ákveðin eru í gjaldskrá veitu, áður en vinna við tengingu hefst. Einnfremur skuldbind ég mig til að greiða þann kostnað, sem veitan hefur stofnað til, verði umsókn breytt eða hún dregin til baka. Ég skuldbind mig einnig til að kaupa oerku/vatn um heimlögn samkvæmt gildandi gjaldskrá og skilmálum, sem í gildi eru á hverjum tíma og ég hef kynnt mér. Undirritaður lýsir því yfir að ákvæði skilmála veitunnar eru uppfyllt svo og ákvæði teknilegra tengiskilmála veitna. Heimilt er að grafa fyrir og leggja heimlögn og líta standa á lóð húss/l landi jarðarinnar, staura, tengiskápa og annan búnað fyrir lagnir veitunnar og verða engar betur kræfur vegna þessara framkvæmda. Verði spjöll á girðingum, ræktuðu landi, húsum eða öðrum mannvirkjum, skulu mannvirkin færð í samt lag. Að öðrum kosti áskil ég mér rétt til samgjamra bóta, enda ber mér þá að tilkynna veitunni skriflega innan sex mánaða frá því spjöllin urðu.

Starfsmönnum veitunnar er heimill aðgangur án endargjalds að þessum mannvirkjum ásamt tilheyrandi búnaði og mælitækjum vegna reksturs og eftirlits.

Varðandi rafhitun: Undirritaður er ljóst að veitan getur hafnað umsókn um rafhlita eða sett skilyrði fyrir samþykkt hennar samkvæmt viðeigandi reglugerð.

Dags.	Undirskrift umsækjanda	Undirskrift lögg. rafverktaka (ef Tilkynning um rafverktöku)
-------	------------------------	--

Fyllist út af veitu Undirskrift

Umsókn móttékin	Umsókn samþykkt	Umsókn innotef	Númer heitavatsheimæðar	Númer rafmagnsheimtaugar	Númer kaldvatnsheimæðar
-----------------	-----------------	----------------	-------------------------	--------------------------	-------------------------

Athugasemdir

SO.801 Umsókn um heimlögn – Útg. nr. 2 – útgefandi Samorka 20.6.00 / OR 25.01.02

Mynd 34 Umsóknareyðublað (bakhlíð)

Veitusvæði Orkuveitu Reykjavíkur

Sveitarfélag	hitaveita	rafveita	vatnsveita
Reykjavík	X	X	X
Kópavogur	X	X	
Garðabær, norðan Hraunholtslækjar	X	X	
Garðabær,	X		
Bessastaðahreppur	X		
Hafnarfjörður	X		
Mosfellsbær		X	
Seltjarnarnes		X	
Akranes	X	X	X
Borgarnes	X		
Hitaveita Akraness og Borgarfjarðar Umhverfis lagnaleið stofnlagnar frá Deildartungu að Borgarnesi og Akranesi. Bifröst og Svartagil	X X		
Hitaveita Þorlákshafnar Þorlákshöfn Grímsnes vestanvert	X X		

Ágæti umsækjandi, vinsamlega athugaðu;

- að lesa umsóknarblaðið vel yfir og merkja samviskusamlega við það sem við á
- að öll skilyrði reglna og skilmála séu uppfyllt þegar sótt er um heimlögn og að viðeigandi teikningar og gögn fylgi umsókn. Fyrsta þrep í afgreiðslu Orkuveitunnar er að senda eftirlitsmann á staðinn til að staðfesta að öll skilyrði séu uppfyllt.
Sé þar einhverju ábótavant veldur það óhjákvæmilega töfum á afgreiðslu umsóknar. Gögn um helstu skilyrði fylgja úthlutunarskilmálum byggingaryfirvalda og nánari útlístun er í reglum og tengiskilmálum Orkuveitunnar
- að hafa samráð við viðkomandi byggingarstjóra og iðnmeistara um útfyllingu umsóknar og mat á uppfyllingu skilyrða
- að ganga þarf frá greiðslu heimlagnagjalds áður en óskað er eftir tengingu heimlagnar og notkun rafmagns eða vatns hefst

11.8 Gröf, skýringarmyndir o. fl.

Graf 1 Þrýstifallsgraf (dæmi um notkun þess)

Tafla 21 Fyllingarefni (útreikningur)

Tafla 22 Vatnsmagn sem getur lekið úr biluðum pípum

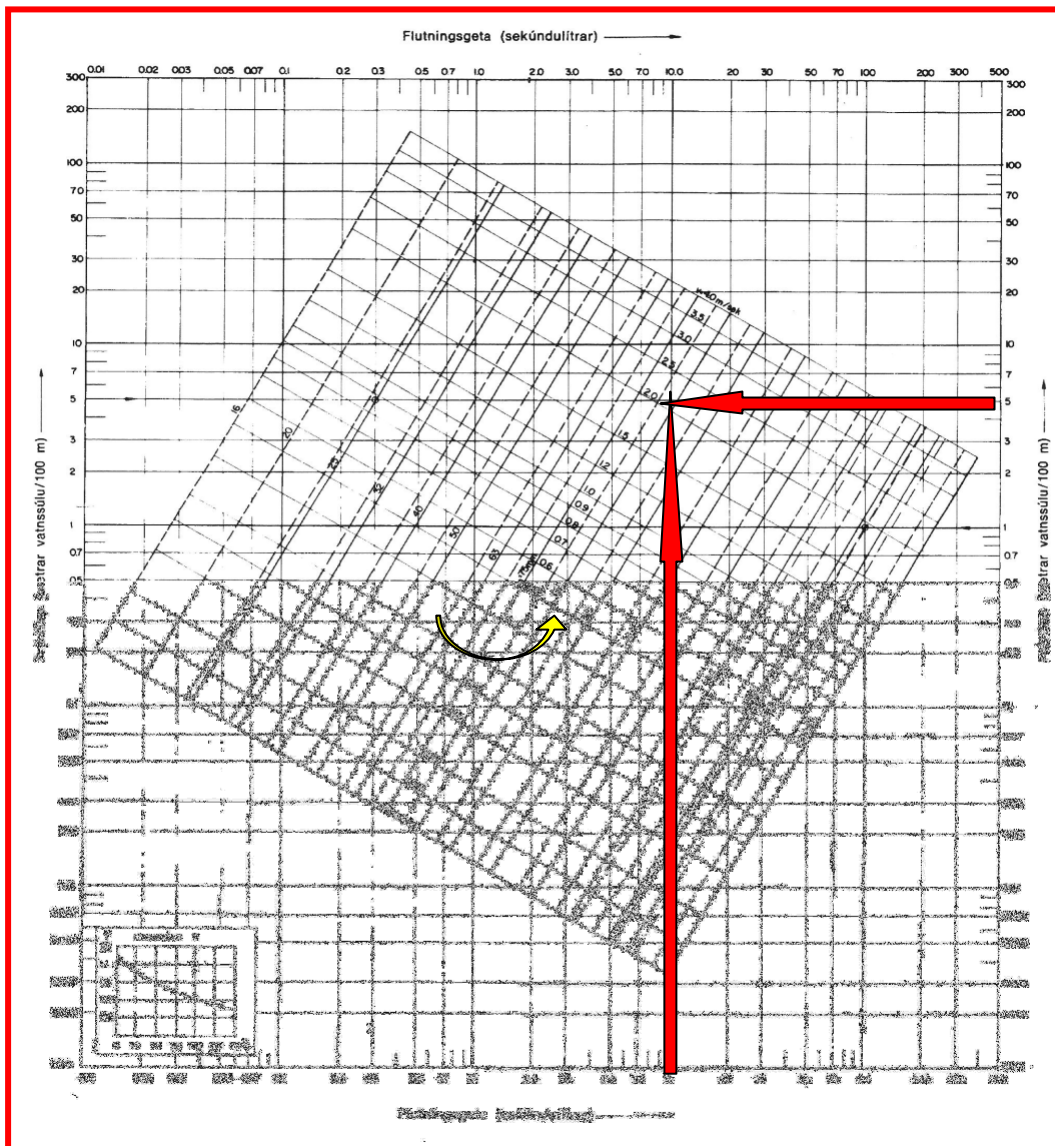
Mynd 36 Samliggjandi lagnir, málsetningar

Mynd 37 Samliggjandi lagnir. Fyrirkomulag ídráttarröra

Mynd 38 Samliggjandi lagnir. Inntaksskápur

Tilkynning 1 Dæmi um tilkynningu til húseigenda vegna endurnýjunar

Graf 1 Þrýstifall í HDPE pípum




Dæmi 4 Þrýstifall og flutningsgeta

Bæjarstjórn Skötuselsvíkur hefur ákveðið að koma upp almennu tjaldstæði á Bökkunum ofan við Innnri Fjörur. Viðar vatnsveitustjóri hefur fengið það verkefni að koma vatnslögn á svæðið. Viðar þarf að sækja vatnið beint úr vatnsbólí Skötuselsvíkur. Vatnið er tekið í skriðum neðarlega í Víkurmúla og vatnsbólíð liggur um 61 metra yfir Bökkunum. Viðar þarf að leggja 1000 m lögn að væntanlegu tjaldstæði og setja upp vatnstökustút þar fyrir ferðamenn.

Viðar veit að þjónustuhús verður reist síðar á svæðinu og þess vegna gerir hann ráð fyrir að setja brunahana upp einnig. Hann vill fá 10 l/s úr vatnslögninni í slökkvivatn og eiga þá eftir þrýsting sem nemur 12 VSm. Viðar þarf að velja stærð á lögninni, sem hann ætlar að leggja og dregur fram þrýstifallsgraf sem hann fékk með vöruskránni frá pípuframleiðandanum. Grafið sýnir flutningsgetuna á x-öxlinum og þrýstifall í metrum á hverja 100 metra á y-öxlinum. Þrýstifall í pípunni má vera $61 - 12 = 49$ metrar eða 4,9 metrar á hverja 100 metra. Viðar leggur stiku lárétt á grafið út frá tölunni 4,9 á y-öxlinum og strikar lauslega með blýanti og síðan leggur hann stikuna lóðrétt frá tölunni 10 l/s á x-öxlinum og strikin mætast þá á línunni fyrir **HDPE 90** og Viðar velur þá stærð.

Tafla 21 Fyllingarefni, útreikningur

Samorka - MFA
Jarðlagnatekni



Fyllingarefni.

Formúlur:

$$F_s = \left[\frac{B1 + B2}{2 \times 100} \times \frac{h1}{100} - \frac{D^2 \times \eta}{4 \times 1000^2} \right] \times L \times k_s \quad [m^3]$$

$$F_G = \left[\frac{B2 + B3}{2 \times 100} \times \frac{h2}{100} \right] \times L \times k_G \quad [m^3]$$

ξ : Sandfylling mæld í rúmmetrum.
 ξ_s : Grúsarfylling mæld í rúmmetrum.
 B1: Breidd skurðarbotns mæld í cm.
 B2: Breidd skurðar 30 cm ofan við efri brún lagnar, mæld í cm.
 B3: Breidd skurðar við yfirborð, mæld í cm.
 h1: Hæð sandfyllingar mæld í cm.
 h2: Hæð grúsarfyllingar mæld í cm.
 k_s : Þjöppunarstuðull ~ 1.20 fyrir sand.
 k_G : Þjöppunarstuðull fyrir grús ~ 1.12
 D: Ytra þvermál lagnar mælt í millimetrum (mm).
 L: Lengd skurðar mæld í metrum (m).

Tafla II

Minni lagirnir hafa lítil áhrif á magn fyllingarefnis og eru þær því dregnar saman í töflunni.	Ca magn fyllingarefnis í einum löngdarmetra skurðar:		Lengd skurðar: [m]	Samtals magn fyllingarefnis:	
	Kjörskurður fyrir eftirtaldar lagnastærðir:	Sandur [m ³]		Grús [m ³]	Sandur [m ³]
< 2"	0,30	0,78	x	-	-
3"	0,33	0,81	x	-	-
4"	0,36	0,85	x	-	-
6"	0,42	0,91	x	-	-
8"	0,49	0,97	x	-	-
10"	0,54	1,04	x	-	-
12"	0,60	1,16	x	-	-
14"	0,67	1,10	x	-	-
16"	0,73	1,22	x	-	-

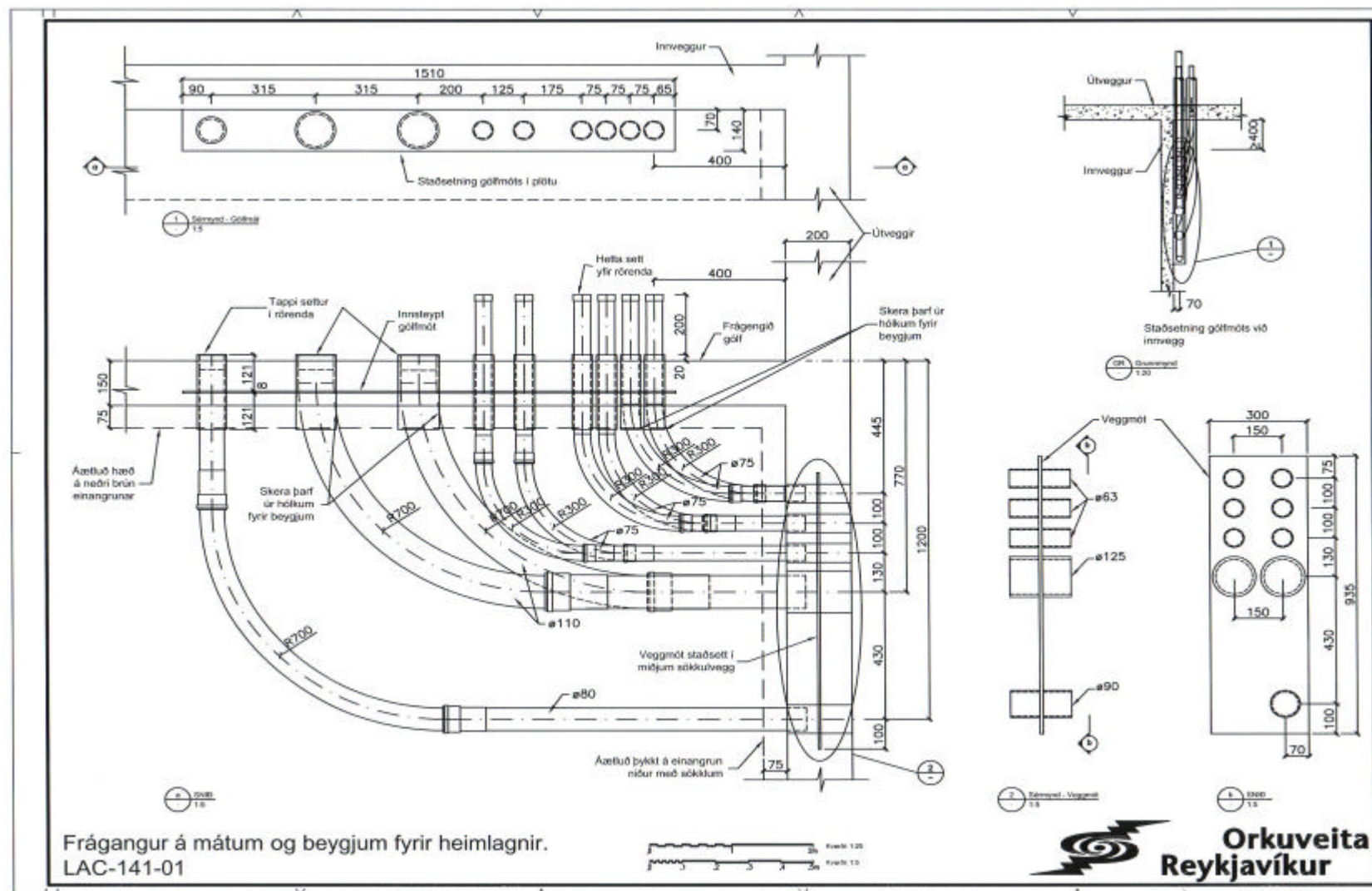
Í töflunni hér til hliðar er reiknað út fyllingarefni í einum löngdarmetra kjörskurðar, fyrir nokkrar stærðir af lögnum. Þegar skurðir eru grafnir fá þeir ekki alltaf lag kjörskurðar en þá er hægt að nota formúlurnar að ofan til að reikna út sand- og grúsarmagn.

P. K. okt. 1998

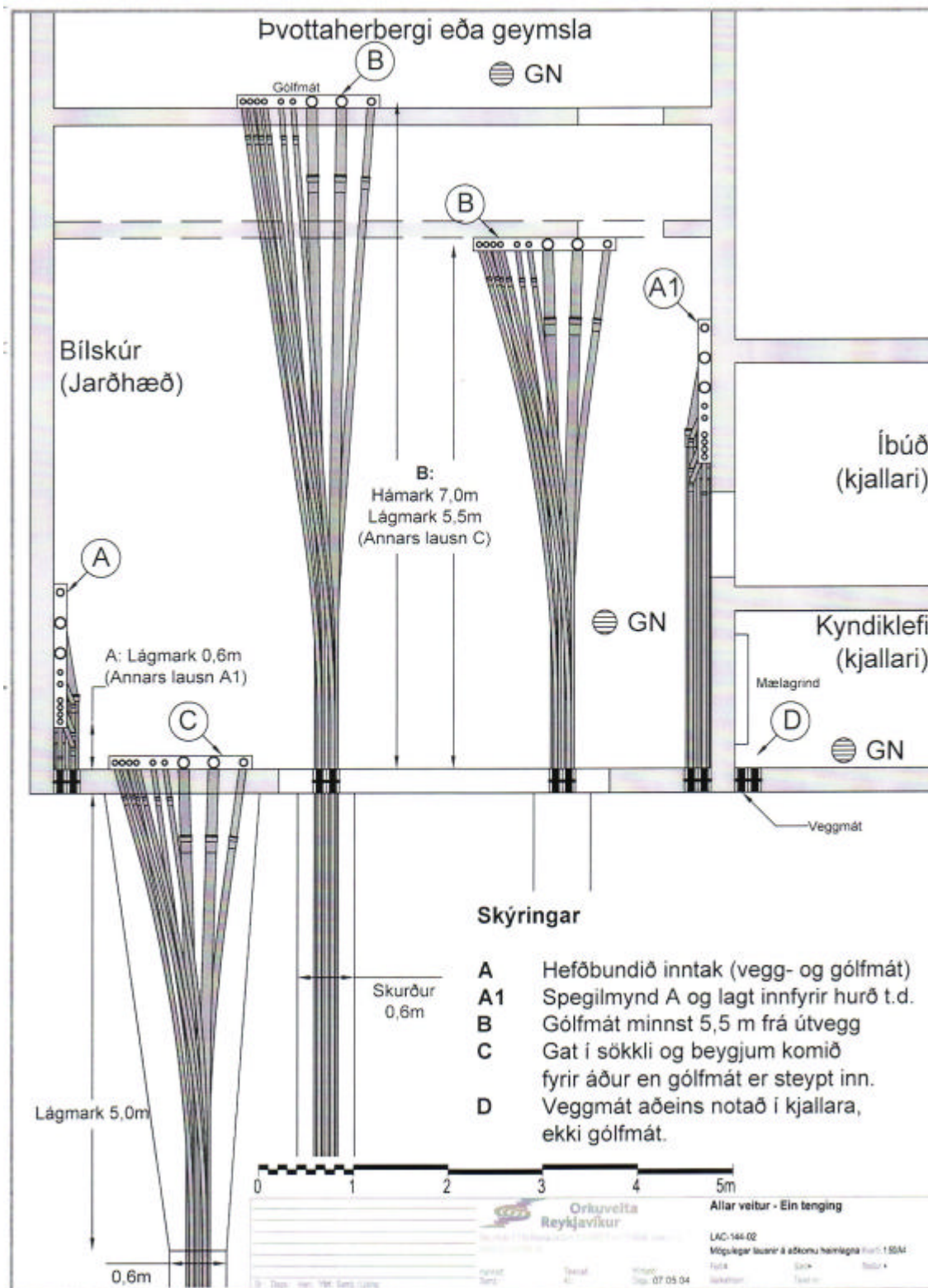
Tafla 22 Leki úr biluðum pípum

Gat \varnothing cm	1 kg/cm ² l/s	2 kg/cm ² l/s	3 kg/cm ² l/s	4 kg/cm ² l/s	5 kg/cm ² l/s	6 kg/cm ² l/s	7 kg/cm ² l/s	8 kg/cm ² l/s	9 kg/cm ² l/s	10 kg/cm ² l/s
0,10	0,006	0,009	0,011	0,013	0,015	0,016	0,017	0,019	0,020	0,021
0,20	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07	0,08	0,08
0,30	0,06	0,08	0,10	0,12	0,13	0,14	0,16	0,17	0,18	0,19
0,40	0,10	0,15	0,18	0,21	0,23	0,26	0,28	0,30	0,31	0,33
0,50	0,16	0,23	0,28	0,33	0,36	0,40	0,43	0,46	0,49	0,52
0,60	0,23	0,33	0,40	0,47	0,53	0,58	0,62	0,67	0,71	0,75
0,70	0,31	0,45	0,55	0,64	0,72	0,78	0,85	0,91	0,96	1,02
0,80	0,40	0,58	0,72	0,83	0,93	1,03	1,11	1,19	1,26	1,33
0,90	0,51	0,74	0,91	1,05	1,18	1,30	1,40	1,50	1,59	1,68
1,00	0,63	0,91	1,12	1,30	1,46	1,60	1,73	1,85	1,97	2,08
1,50	1,41	2,05	2,53	2,93	3,28	3,60	3,90	4,17	4,43	4,67
2,00	2,50	3,64	4,49	5,21	5,84	6,41	6,93	7,41	7,87	8,30
2,50	3,91	5,68	7,02	8,14	9,12	10,01	10,83	11,59	12,30	12,97
3,00	5,63	8,18	10,11	11,72	13,14	14,42	15,59	16,68	17,71	18,68
3,50	7,66	11,14	13,76	15,96	17,88	19,62	21,22	22,71	24,10	25,42
4,00	10,01	14,55	17,97	20,84	23,36	25,63	27,72	29,66	31,48	33,20
4,50	12,67	18,41	22,74	26,37	29,56	32,44	35,08	37,54	39,84	42,02
5,00	15,64	22,73	28,08	32,56	36,50	40,05	43,31	46,34	49,19	51,88
5,50	18,93	27,50	33,97	39,40	44,16	48,46	52,41	56,07	59,52	62,77
6,00	22,52	32,73	40,43	46,89	52,56	57,67	62,37	66,73	70,83	74,70
7,00	30,66	44,55	55,03	63,82	71,84	78,50	84,89	90,83	96,41	101,68
7,50	35,19	51,14	63,18	73,26	82,12	90,11	97,45	104,27	110,67	116,73
8,00	40,04	58,18	71,88	83,36	93,43	102,53	110,88	118,64	125,92	132,81
8,50	45,21	65,68	81,15	94,10	105,48	115,74	125,17	133,93	142,16	149,93
9,00	50,68	73,64	90,97	105,50	118,25	129,76	140,33	150,15	159,37	168,09
9,50	56,47	82,05	101,36	117,55	131,76	144,58	156,35	167,30	177,57	187,28
10,00	62,57	90,91	112,31	130,25	145,99	160,20	173,24	185,37	196,75	207,51

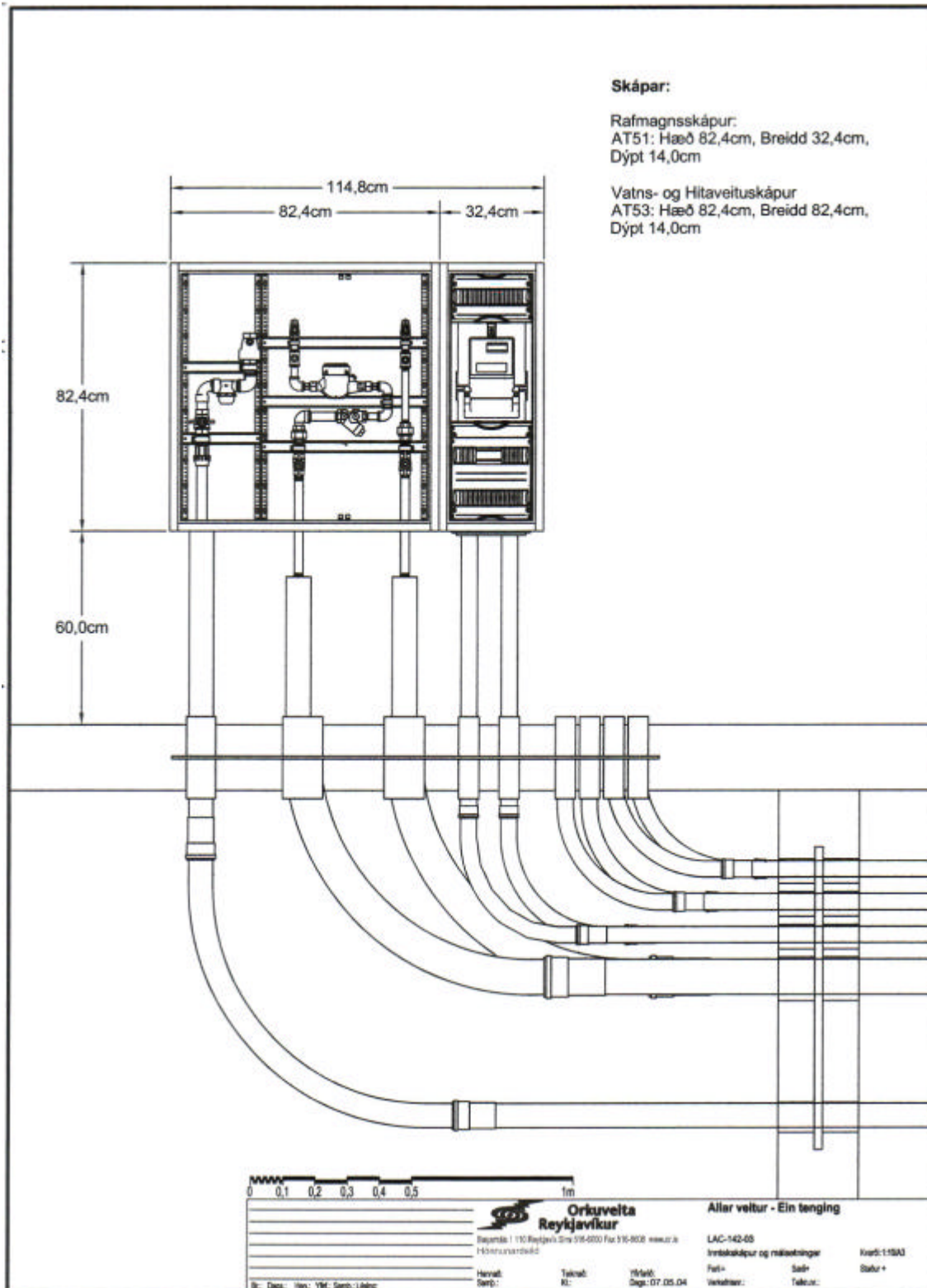
Töflugildi eru lítrar á sekúndu, gat er þvermál. Gildir aðeins ef þrýstingur fellur ekki í pípu.

Mynd 35 Málsetningar á mátum og beygjum

Samliggjandi lagfir.

Á myndinni er að finna öll mál á beygjum og sökkul- og gölfmátum sem húsbyggjandi leggur.

Mynd 36 Ídráttarrör undir gólfum


Mynd 37 **Inntaksskápur**



Tilkynning 1 Dæmi um tilkynningu til húseigenda

Verkefni: Endurnýjun heimæðar

Tilkynning frá Vatnsveitu Skötuselsvíkur (VS) vegna endurnýjunar á kaldavatnsheimæð.

Á næstu dögum áformar VS að endurnýja kaldavatnsheimæð í Hrefnustíg 18.

Sérstök ástæða er til að vekja athygli á að núverandi kaldavatnsheimæð er í eigu húseiganda en nýja æðin verður eign VS sem jafnframt kostar endurnýjunina. Í lögum nr. 32/2004 um vatnsveitur sveitarfélaga, segir m.a. í 5. gr.: *“Heimæðar í einkaeigu sem lagðar hafa verið fyrir 1. janúar 1992 verða eign vatnsveitu í framhaldi af endurnýjun á þeim. Vatnsveitu er skylt að yfirtaka heimæðar að skriflegri beiðni eiganda”*.

Framkvæmdin:

VS leggur nýja heimæð frá götuæð og innfyfir húsvegg og aftengir gömlu æðina úti í götu. **Athygli skal vakin á því, að ef stofnlögn húskerfisins er til staðar innan 2 metra fjarlægðar frá þeim stað sem nýja heimæðin kemur inn í húsið og í sama rými, tengir VS húskerfið. Að öðrum kosti verður húskerfið aðeins bráðabirgðatengt en húseigandi þarf að fá sér pípulagningameistara til að leggja stofnlögn húskerfisins að nýja inntaksstaðnum og tengja varanlega við nýja inntakið.**

Stofnkрана verður komið fyrir, innan við útvegg, í rými þar sem er niðurfali og þar sem íbúar hússins eiga aðgang að, sé þess nokkur kostur. Í eldri húsum getur verið erfitt að uppfylla þessi skilyrði og því þarf samráð við húsráðendur um val á stað fyrir inntakið.

Á meðfylgjandi afstöðumynd sést hvar fyrirhugað er að fara með inntakið inn í húsið.

Ef einhverjar athugasemdir eru við framkvæmdina og/eða inntaksstaðinn vinsamlegast hafið þá samband við NN í síma xxx xxxx.

Skötuselsvík dags. _____

Virðingarfyllst,
Vatnsveita Skötuselsvíkur,

NN

Ath.! Verði bilun á heimæð firrir VS sig ábyrgð á tjóni sem kann að verða innanhúss og rekja má til vöntunar á niðurfalli í inntaksrými og/eða góðs aðgengis að stofnkрана.

* Stofnkranir: “Sá hluti heimæðar sem vatnslagnir innan húss eru tengdar við”

Athugið að bráðabirgðartenging er ófullkomin tenging og ekki er hægt að treysta á hana til langframa. Komi til slíkrar tengingar eru húseigendur hvattir til að láta pípulagningameistara sinn ganga frá fullkominni tengingu sem fyrst.

Heimildir

Energy:	Curt Ulvås
VA – Ledningar:	Karl Axel Björkdahl
ÍST – 67:	Iðntæknistofnun Ísl.
AWWA NO. M17:	AWWA
Plast	Páll Árnason
Formelsamling:	S. Kaasa S.E. Pedersen T. Simonsen S. Torsöe
Upplýsingabæklingar framleiðenda o.fl.:	Set ehf Reykjalundur ehf Ford Company Inc Pipetech Gagnasöfn OR
Teikningar	Sigurgeir B Geirsson Kristján Steinarsson Pétur Kristjánsson
Myndir	Víglundur R Jónsson Björgvin S Haralds.
Lög og reglugerðir	Alþingi/ráðuneyti

Leiðbeiningar: Hvernig á að lesa niðurstöður efnagreininga á neysluvatni

María J. Gunnarsdóttir, deildarstjóri vatnsveitusviðs Samorku

Leiðbeiningarnar eru hugsaðar til að auðvelda vatnsveitufólki að lesa úr efnagreiningum sem gerðar eru í samræmi við Neysluvatnsreglugerð nr.536/ 2001 (NVR). Samantektin er byggð á meistararitgerð höfundar *Neysluvatnsgæði og vatnsvernd*. Hægt er að nálgast ritgerðina í heild á vef Umhverfis- og byggingarverkfræðideild Háskóla Íslands.

Hámarksgildin í neysluvatnsreglugerð eru sett til að tryggja að neysluvatn sé ekki hættulegt heilsu manna og að útlit, bragð og lykt sé fullnægjandi fyrir notendur. Kröfur neysluvatnsreglugerðarinnar eru í Viðauka í töflum 1 og 2 á bls. 10, bæði fyrir reglulegt eftirlit og heildarúttekt. Samantektinni er skipt niður í örveru þætti, eðlis-og efnafræðilega þætti sem eru notaðir sem vísar á breytingar, efni sem eru óæskileg í miklu magni og eitruð efni og þungmálmar. Gefin er stutt lýsing á þeim þáttum sem krafa er um í reglugerðinni, uppruna þeirra, áhrif á heilsufar og leyfðu hámarksgildi.

Örverulegir þættir

Kólígerlar

Kólígerlar finnast náttúrulegir í jarðvegi, yfirborðsvatni og rotnandi jurtaleifum en eru sjaldan í grunnvatni. Tilvist þeirra í vatni bendir til lífrænna efna í vatninu. Þeir eru notaðir sem vísar á sjúkdómsvaldandi mengun en hún þarf þó ekki að vera til staðar. Kólígerlar benda til mengunar frá yfirborðsvatni. Getur einnig bent til mengunar frá óþéttum frárennslisrörum eða leka frá rotþróm. Ef kólígerlar mælast skal mæla *E.Coli*. Hámarksgildi skv. NVR er 0 pr. 100 ml.

Escherichia coli (*E.coli*)

E.coli er baktería sem tilheyrir svokölluðum kólígerlum en er afbrigði sem lifir í þörmum lífvera með heitt blóð og kemur því með saur manna og dýra. Veldur venjulega ekki sjúkdómum en bendir til nýlegrar saurmengunar á drykkjarvatni. Er því talinn besti vísir á saurmengun. Fjögur afbrigði af *E. coli* valda niðurgangspest þ.e. *Enterohaemorrhagic E.coli* (EHEC), *enterotoxigenic E. coli* (ETEC), *enteropathogenic E. coli* (EPEC) og *enteroaggregative E.coli* (EAEC). EHEC lifir fyrst og fremst í saur dýra s.s. nautgripa og sauða (WHO, 2004). Hægt að fjarlægja *E.coli* við suðu. Hámarksgildi skv. NVR er 0 pr. 100 ml.

Saurkokkar (*Enterococcus faecalis*)

Saurkokkar eru bakteríur sem koma úr þörmum manna og dýra en öfugt við *E.coli* lifa þessar bakteríur áfram utan við þarmana og fjölga sér þar. Gefa því vísbendingu um eldri mengun. Hámarksgildi skv. NVR er 0 pr. 100 ml.

Clostridium perfringens þ.m.t. gró

Finnst náttúrulegt í jarðvegi og þörmum manna og dýra. Gefur vísbendingu um saurmengun. Þeir framleiða spora sem eru mjög þolnir gegn hreinsun vatns s.s. UV-hreinsun og klórun. *C.perfringens* aðeins mælt fyrir yfirborðsvatn og ef hætta er á mengun frá yfirborðsvatni. Ef gildi er yfir hámarksgildum skal mæla sjúkdómsvaldandi örverur. Hámarksgildi skv. NVR er 0 pr. 100 ml.

Eðlis-og efnafræðilegir þættir sem notaðir sem vísar á breytingar

Bragð og lykt

Drykkjarvatn skal vera lyktarlaust og bragðgott. Í NVR segir að lykt og bragð skuli vera fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting. *Metið með skynmati.*

Grugg

Grugg er mælt í einingunum FTU (Formazin Turbidity Units). Há gruggtala þýðir að vatnið er gruggugt. Það sést þó ekki alltaf með berum augum þar sem efnisagnir geta verið mjög smáar. Ekki eru sett nein heilsufarsleg mörk fyrir grugg en æskilegt talið að það sé minna en 0,1 NTU (WHO, 2004). Gruggmæling er auðveld mæling til að fylgjast með ástandi kerfisins og breytingum á því. *Í NVR segir að grugg skuli vera fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting.*

Leiðni

Leiðni gefur vísbendingu um styrk uppleystra salta (jóna) í vatninu. Ákveðið magn uppleystra jóna er nauðsynlegt til að vatnið bragðist vel. Ef leiðnin er há getur það bent til að saltvatn leki inn í grunnvatnsgeyminn eða að áhrifa leysinga gæti í vatni. *Hámarksgildi fyrir leiðni í NVR er 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ við 20°C.*

Litur

Há litartala orsakast venjulega af háu innihaldi af lífrænum efnum. Hafi vatnið gulleitan eða brúnleitan blæ bendir það til lífrænna efna í vatninu eða jarðvegsgerla. Rauðleitt eða svartleitt getur verið vegna járns og mangan. Ekki er gefin upp tala í neysluvatnsreglugerð. *Í NVR segir að litur skuli vera fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting.*

Oxunarhæfni (O₂)

Súrefni í vatni tryggir bragðgæði vatnsins og hindrar að bakteríur sem vaxa við loftfirrtar aðstæður fjölgi sér. *Lágmarksgildi í NVR er 5 mg/l.*

Sýrustig

pH er mælikvarði á sýrustig. Oftast er sýrustig á köldu vatni á bilinu 7-9. Sýrustig er vísir sem sýnir hversu súrt vatnið er. Við pH = 7 er vatnið neutralt. Ef pH er hærra en 7 er það baskískt og ef minna en 7 er það súrt. Breyting á sýrustigi gefur til kynna að efnasamsetning vatnsins sé að breytast og það getur þá verið vísbending um t.d. áhrif leysinga. Ef pH-gildið fer niður fyrir 7 er auknar líkur á tæringu í rörum (*Ásbjörn Einarsson o.fl. 2001*). Þó pH hafi ekki bein áhrif á heilsufar þá er það einn af mikilvægari eftirlitsþáttum með gæðum vatnsins. *Í NVR segir að vatnið megi ekki vera tærandi. Það á að vera á bilinu = 6,5 - = 9,5.*

Heildarmagn lífræns kolefnis TOC

Í NVR segir að þar eigi engin óeðlileg breyting að vera.

Efni óæskileg í miklu magni

Ammoníum(NH₄)

Ammoníum í vatni getur verið vísbending um mengun en getur einnig átt sér náttúrulegar orsakir og komið frá niðurbroti á lífrænum efnum í jarðvegi. Hækkun á magni ammóníum bendir oftast til mengunar t.d. frá landbúnaði. Aukið magn ammoníums getur aukið vöxt gerla og einnig tæringu. Það getur valdið slæmri lykt og

bragði af vatninu. Það getur valdið myndun nitríts í dreifikerfi vatnsveitna sem er hættulegt ungbörnum (sjá hér síðar). Hægt er að fjarlægja ammoníum með hefðbundinni meðhöndlun vatns. Með súrefnisíblöndun hvarfast það fyrir tilstilli örvera í níturat og nitrít. Þetta þarf að gerast undir stýrðum aðstæðum annars er hætta á of miklu magni af nitrít hjá notendum.

Ammóníum er ekki talið hafa mikil áhrif á heilsu manna og eitrunaráhrifa verður aðeins vart við 200 mg/kg af líkamsþunga. Alþjóða heildbrigðismálastofnunin hefur ekki gefið út hámarksgildi vegna heilsufarshættu en talið er að ammóníum geti gefið slæmt bragð við 35 mg/l og ólykt við 1,5 mg/l (WHO, 2004).

Hámarksgildi skv. NVR er 0,5 mg/l.

Níturat (NO₃)

Níturat er plöntunæringarefni sem er aðallega í efstu moldarlögum. Náttúrulegt níturat í grunnvatni kemur úr rotnandi lífmassa. Talið er að grunnildi þess hér á landi á grónu láglendi sé 0,06-0,1 mg/l- N og á hálendi yfirleitt lægra en 0,034 mg/l-N (*Freysteinn Sigurðsson, 1995*). Of mikið magn nitrats kemur frá of mikilli áburðargjöf, fráveituvatni, mykjuhaugum eða rotþróm. Til að auka vöxt plantna er borið á köfnunarefni (N) sem er plöntum nauðsynlegt til vaxtar. Því er dreift annað hvort í formi tilbúins áburðar eða sem lífrænn áburður s.s. mykja á tún. Þar breytist það í NO₃ sem plönturnar geta auðveldlega tekið upp. Það köfnunarefni sem er umfram sígur niður í grunnvatnið, sérstaklega á haustin. Það getur einnig farið í vötn og valdið þar næringarefna- ofauðgun sem síðan skaðar lífríkið. Erfitt og kostnaðarsamt er að fjarlægja níturat úr vatni. Suða á vatninu eykur styrk nitrats.

Of mikið níturat í drykkjarvatni er talið hættulegt heilsu manna, sérstaklega ungbörnum. Það breytist í nitrít í meltingarveginum sem síðan hindrar upptöku súrefnis í blóðið og húðin verður blá, svonefnd "blá börn".

Hámarksgildi skv. NVR er 50 NO₃ mg/l.

Nitrít (NO₂)

Nitrít hvarfast úr níturat eða ammoníaki fyrir tilstilli örvera. Nitrít í vatni gefur til kynna mikla rotnun við súrefnislitlar aðstæður. Eins og segir hér á undan hindrar nitrít upptöku súrefnis í blóðið hjá ungbörnum og húðin verður blá, svonefnd "blá börn".

Hámarksgildi skv. NVR er 0,5 NO₂ mg/l.

Ál (Al)

Ál er þriðji algengasta frumefni jarðar. Það er mest í vatni þar sem vatn er súrt og leysir upp ál í jarðvegi. Ál fellur út við pH 5,8-6,2 og sést sem óhreinindi í vatni. Það er aðeins hætta á áli ef pH gildi er lágt. Álsúlfat er víða notað við vatnshreinsun til að fella út óhreinindi í vatni. Ef hreinsunin virkar ekki sem skyldi þá getur styrkur áls aukist í vatninu. Ál getur einnig komið frá iðnaði. Ál í miklu magni hefur áhrif á miðtaugakerfið. *Hámarksgildi skv. NVR er 0,2 mg/l.*

Bór (B)

Efni sem finnst náttúrulegt í jarðskorpunni og í grunnvatni en í yfirborðsvatni er það oft af völdum óhreinsað frárennslis þar sem það kemur úr þvottaefnum. Náttúrulegt bór í grunnvatni fer eftir jarðfræðilegum aðstæðum á hverjum stað. Bór er notað sem efni í framleiðslu á gleri, sápu og þvottaefni. Einnig notað sem eldvarnarefni. Bór í drykkjarvatni getur verið vísbending um mengun frá frárennslí. Erfitt og kostnaðarsamt er að fjarlægja það úr vatni. Hefur áhrif á æxlunarfæri.

Hámarksgildi skv. NVR er 1,0 mg/l.

Flúoríð (F)

Flúoríð er náttúrulegt í jarðskorpunni sem hluti af bergtegundum. Kemur úr jarðlögum t.d. á eldvirkum svæðum. Flúoríð getur einnig bent til mengunar frá iðnaði t.d. áliðnaði. Tiltölulega auðvelt er að hreinsa flúoríð úr drykkjarvatni með síun. Áhrif flúoríð eru aðallega á bein og tennur. Ef magn þess er u.þ.b. 1 mg/l í drykkjarvatni þá kemur það í veg fyrir tannskemmdir en magn yfir 3-4 mg/l getur skaðað tannglerjung og bein í of miklu magni. Flúor í vatni er hættulegt jörturdýrum á eldfjallasvæðum og fá þær sjúkdóm í tannhold sem nefnist gaddur og veslast upp. Þekktar eru afleiðingar þess t.d. í móðuharðindunum eftir Skaftárelda og Heklugos.
Hámarksgildi skv. NVR er 1,5 mg/l.

Járn (Fe)

Járn er einn algengasti málmur í jarðskorpunni. Finnst í jarðlögum og er því náttúrulega í vatni. Er sjaldan til skaða. Getur einnig komið frá leiðslukerfum aðallega úr stálrörum og seig-járnsteypurörum (ductile iron pipes). Járn gefur málmbragð af vatni og gruggugt vatn. Einnig útfellingar í leiðslur, vatnsmæla og blöndunartæki. Það getur einnig gefið þvotti gulleitan blæ og sest í vaska og klósett. Hægt er að fjarlægja járn með afloftun eða síun. *Hámarksgildi skv. NVR er 0,2 mg/l.*

Klóríð (Cl)

Kemur úr saltlögum í jörðu eða blöndun við sjó og er vísbending um að sjór sé að renna í grunnvatnsgeymi eða blöndun við jarðhitavatn. Það gefur saltbragð. Mörk fyrir saltbragð eru um 200 mg/l. Það getur einnig komið úr frárennsli, iðnaðarskolpi, yfirborðsafrennsli í þéttbýli sem getur innihaldið afísingarefni. En mesta uppspretta klóríðs fyrir fólk er úr salti í mat og það er margfalt meira magn en kemur úr drykkjarvatni. Hátt innihald klóríðs eykur hættu á tæringu í lagnakerfum, sérstaklega á svört, galvanhúðuðu og ryðfríu stáli (*Ásbjörn Einarsson o.fl. 2000*). Það getur síðan aukið magn máлма í vatninu. Því hærra sem klóríðið er, þeim mun meiri hætta er á ryðburði úr galvanhúðuðum lögnum og stíflum í þeim af ryðhraukum.

Ekki hafa verið sett nein heilsufarsleg mörk fyrir klóríð en mörk sett vegna bragðgæða. *Hámarksgildi skv. NVR er 250 mg/l.*

Kopar (Cu)

Kopar er frumefni sem finnst náttúrulega í jarðskorpunni. Hann er bæði nauðsynlegur sem næringarefni en er einnig mengun í drykkjarvatni yfir æskulegu magni. Kopar er mikið notaður í lagnir og tengistykki aðallega í innanhúslagnir. Hann er notaður í málmblöndur og í varnarhúð. Koparsúlfat pentahýdrat er stundum notað í vatn til að eyða þörungagróðri. Finnist kopar í vatni bendir það oftast til tæringar í innanhúskerfi. Mest er hættan í lögnum sem eru sjaldan notaðar eða dauðum endum. *Hámarksgildi skv. NVR er 2,0 mg/l.*

Mangan (Mn)

Mangan er einn algengasti málmur í jarðskorpunni og er þar oftast með járn. Það er nauðsynlegt til vaxtar og viðhalds manna og dýra. Það hefur sömu ókosti og járn í drykkjarvatni. Mangan er notað í framleiðslu á járn- og stálblöndum. Auk þess sem efni í ýmsa framleiðslu. Ef mangan er í vatni þá sést það á svartri olíukenndri fitu. Vatnið verður gruggugt og útfellingar verða í rörum, tengistykkjum og klósettskálum og þvottur upplitast.

Sumar faraldsfræðilegar rannsóknir hafa bent til aukningar á sjúkdómum tengdum taugakerfi ef drykkjarvatn er manganríkt en sannanir eru misvísandi.
Hámarksgildi skv. NVR er 0,05 mg/l.

Natríum (Na)

Natríum er oftast með klóríð. Talið valda hækkuðum blóðþrýstingi. Salt sem framleitt var á Suðurnesjum hafði lítið natríum og því talið sérstaklega gott fyrir sjúklinga með háan blóðþrýsting. Hækkað magn getur bent til sjávarmengunar eða mengunar frá vegsalti, frárennsli, húsdýraáburði eða leka frá sorpurðunarstöðum.

Hámarksgildi skv. NVR er 200 mg/l.

Súlfat (SO₄)

Súlfat er náttúrulegt efni og er notað í ýmsa framleiðslu, aðallega í efnaiðnaði. Gefur til kynna salt grunnvatn og getur það stafað af jarðfræðilegum aðstæðum þar sem sjór lekur inn í grunnvatnsgeyminn. Það getur einnig bent til leka frá sorphaugum eða frárennsli frá iðnaði eða að það hafi borist með loftmengun. Það getur valdið tæringu í lagnakerfum.

Súlfat getur gefið biturt bragð eins og klóríð og getur með magnesíum valdið niðurgangi. *Hámarksgildi skv. NVR er 250 mg/l.*

Eitruð efni – þungmálmur, PAH efni og varnarefni

Antimon (Sb)

Silfurhvítur harður málmur sem finnst náttúrulegur í jörðu. Notaður til að herða málmblöndur. Antimon trioxíð er notað sem brunavarnarefni. Notað í lækningaskyni og talið geta leyst blý af hólmi sem lóðmálmur. Getur mengað drykkjarvatn frá pípum og tengistykkjum í dreifikerfi (*WHO, 2004*) Talinn krabbameinsvaldandi.

Hámarksgildi í NVR er 5 µg/l.

Arsen (As)

Arsen er náttúrulegt frumefni í jarðskorpunni og er víða í bergi, oftast sem arsensúlfíð eða málmarsenöt og málmarseníð. Hátt arsen innihald er aðallega í setbergsleirlögum, kalklögum og bergi á eldvirkum svæðum. Arsen í grunnvatni kemur úr efnahvörfum í bergi eða við að járnnoxíð sem innihalda arsen leysast upp. Einnig getur jarðhitavökví innihaldið mikið arsen. Arsen í grunnvatni er vandamál víða um heim.

Arsen getur einnig komið í grunnvatn af mannavöldum s.s. við fúavörn, við framleiðslu á brennisteinssýru, skordýraeitri í landbúnaði, bætiefni í fóður, fosfóráburði og kolanámum (*Árhus Amt, 2002*) Getur einnig komið frá fokösku. Arsen finnst helst í vatni úr dýpri lögum þar sem ekkert súrefni og nítrat er til staðar. Náttúrulegt magn í vatni er oft á bilinu 1 til 2 µg/l.

Arsen er bráðeitruð í stórum skömmtum. Sýnt hefur verið fram á með rannsóknum að arsen veldur krabbameini, aðallega á húð, í þvagblöðru og lungum.

Hámarksgildi skv. NVR er 10 µg/l.

Blý (Pb)

Blý er málmur sem finnst náttúrulega í bergi en í miklu magni á sama stað er hann af mannavöldum. Blý í neysluvatni bendir oftast til mengunar frá pípukerfi. Blý er mikið notað í lagnaefni s.s. í rör, tengistykki og lóðmálma, blandað öðrum málmum. Tærist úr lögnum og berst þannig í drykkjarvatn. Blý er notað í rafgeyma. Blýsambönd hafa einnig verið notuð í íblöndunarefni í bensín en er nú að mestu hætt. Mengun frá blýi er þekkt frá skotsvæðum og frá sorphaugum. Mengun frá blýi hefur fundist í jarðvegi frá skotsvæðum á Íslandi (*Munnleg heimild: Gunnar Steinn Jónsson, 9.11.2004*). Blý frá pípukerfum er háð sýrustigi, hitastigi, hörku vatnsins og tíma vatns í lögnum.

Mjúkt og súrt vatn leysir frekar upp blý.

Blý safnast upp í lífverum og veldur einnig eitúráhrifum á taugakerfi og talið krabbameinsvaldandi. Minnkar vöxt og hefur áhrif á æxlun. Í fullorðnum einstaklingum getur það valdið nýrnasjúkdómum og háum blóðþrýstingi. Dregur úr líkamlegum og andlegum þroska barna. Börn eru viðkvæmari fyrir blýeitrun því þau taka upp 4 til 5 sinnum meira blý en fullorðnir og helmingunartími blýs í þeim er umtalsvert lengri. Smábörn, börn upp að 6 ára aldri og ófrískar konur eru í mestri hættu. Blý safnast fyrir í beinum. Eitúráhrif eru á taugar og taugavef jafnvel við lítið blýmagn. *Hámarksgildi skv. NVR er 10 µg/l.*

Kadmíum (Cd)

Kadmíum er málmur sem finnst náttúrulega í jörðu en sjaldan í hreinu formi og oft með síni. Kadmíum er mikið notaður í stáliðnaði, í plastiðnaði og í rafhlöður. Hann fer út í umhverfið með frárennsli og út í andrúmsloftið. Mengun í vatni getur einnig komið frá óhreinindum í síni í galvaníseruðum rörum og tengistykkjum. Reykingar valda einnig kadmíummengun.

Eitúráhrif frá kadmíum uppgötvaðust fyrst árið 1961 þegar viðurkennt var að stöðug áhrif valda afmyndun á beinum. Kadmíum er þrávirkt og safnast upp í lífverum. Safnast einkum í lifur og nýrum og veldur þar skemmdum. Krabbameinsvaldandi. Hefur áhrif á vöxt, tímgun og ljóstíllíf. Af þungmálmum er aðeins kvikasilfur talinn eittraðri. *Hámarksgildi skv. NVR er 5 µg/l.*

Króm (Cr)

Algengur málmur í jarðskorpunni. Oftast í minna magni en 2 µg/l í vatni. Aðaluppspretta fyrir fólk er í gegnum fæðu. Grunnmálmur sem litar vatnið. Töluvert notaður í iðnaði. Mest notað í málmblöndur s.s. í ryðfritt stál og málmhúðun þ.e. galvaníseringu. Einnig sem litarefni í málningu, steypu, pappír og gúmmí. Hægt er að hreinsa króm að mestu úr vatni með því að fella það út með efnahleypingu.

Safnast upp í náttúrunni og líklegt til að lenda í grunnvatni. Nauðsynlegt til vaxtar og viðhalds í réttu magni en talið geta valdið lungnakrabba í of miklu magni. *Hámarksgildi skv. NVR er 50 µg/l.*

Kvikasilfur (Hg)

Kvikasilfur er frumefni sem finnst náttúrulegt í jarðskorpunni. Þungmálmur sem er ekki nauðsynlegur mannverum til vaxtar. Málmur sem er í fljóttandi formi við stofuhita. Um 50% af kvikasilfursnotkun er í rafmagnstækjum s.s. rafhlöður, flúorperur, rofa og önnur stýritæki. Áður notað í tannfyllingar.

Safnast upp í náttúrunni. Verður mjög eittraður þegar hann gengur í samband við lífrænt efni. Hefur áhrif á taugakerfið og skemmir nýrun við tiltölulega lágan styrk. Veldur fósturskemmdum og hefur áhrif á hreyfiþroska barna. *Hámarksgildi skv. NVR er 1 µg/l.*

Nikkel (Ni)

Nikkel er frumefni sem finnst náttúrulegt í jarðskorpunni. Hann er málmur sem er mannum nauðsynlegur til viðhalds og þroska í réttu magni. Það leysist auðveldlega upp og berst fljótt í grunnvatnið. Breyting á innihaldi bendir til mengunar úr lagnakerfum. Nikkel er aðallega notað í framleiðslu á ryðfriú stáli og nikkelblöndum í t.d. blöndunartækjum. Getur mengað drykkjarvatn frá pípum og tengistykkjum í dreifikerfi (*WHO, 2004*). Getur valdið ofnæmi og exemi. Þekkt er nikkelofnæmi af skartgripum. *Hámarksgildi skv. NVR er 20 µg/l.*

Selen (Se)

Selen er náttúrulegt í jarðskorpunni oft með brennisteinssamböndum. Það er mikilvægt í fæðu manna en í of miklu magni er það talið valda eitrunaráhrifum. Magn þess í drykkjarvatni er mjög mismunandi eftir jarðfræðilegum aðstæðum. Mest notað í rafmagnstækjum og ljósrítunarvörum og einnig í gler, gúmmí, málmblöndur o.fl.

Safnast upp í lifur og nýrum. Hefur áhrif á vöxt og æxlun. Það er talið valda eitrunaráhrifum við langvarandi inntöku sem sést helst á nöglum, hári og lifur.

Hámarksgildi skv. NVR er 10 µg/l.

Sýaníð (CN)

Er kolefnis-nítur efni. Er oftast notað í nælonvörur og líkum vörum og einnig í illgresiseyði. Verður einnig til sem aukaefni við klórun. Bendir til mengunar frá iðnaði, sorphaugum eða galvaníseringu. Sýaníð finnst í sumum matvælum sérstaklega í þróunarlöndunum. Finnst stundum í drykkjarvatni og bendir þá til mengunar frá iðnaði. Bendir til mengunar frá urðunarstöðum eða galvaníseringu. Það er ekki hægt að fjarlægja sýaníð úr vatni með hefðbundnum aðferðum. Bráðaeitrunaráhrif sýaníðs eru mikil. Hefur áhrif á skjaldkirtil og taugakerfi.

Hámarksgildi skv. NVR er 50 µg/l.

1,2-diklóretan

Lífrænt klórefnasamband. Það er m.a. notað sem lífrænt leysiefni, einnig við framleiðslu á plasti, gúmmí og gerviefnum. Notað við ljósmyndagerð, ljósrítun, snyrtivörur, við lyfjagerð og til sótthreinsunar við ræktun. Það hefur eituréhrif m.a. skemmir augu, húð og sljógvar. Talið krabbameinsvaldandi. Hefur áhrif á ónæmiskerfið, miðtaugakerfið, lifur og nýru.

Hámarksgildi skv. NVR er 3 µg/l.

Akrýlamíð

Polyakrýlamíð er notað við meðhöndlun á drykkjarvatni til efnahleypingar og niðurbrotsefni frá því er akrýlamíð. Getur einnig komið úr fæðu þar sem polyakrýlamíð er notað við meðhöndlun á mat og akrýllamíð verður til við háan eldunarhita. Akrylamíð er tekið upp í þörmunum og kemst auðveldlega inn í blóðrásina. Mjög krabbameinsvaldandi efni. Mælt ef vatnið er meðhöndlað.

Hámarksgildi skv. NVR er 0,1 µg/l.

Arómatísk fjölhringa kolvatnsefni - PAH

PAH-efnin eru lífræn efnasambönd sem koma úr olíuefnum annað hvort beint úr hráolíu, bensíni eða tjöru eða verða til við ófullkominn bruna og dreifast þá oft langa leiðir með loftstaumum. Styrkur þeirra í hráolíu er frá 0,2-7%. Þau eru rokgjörn og gufa því fljótt upp í náttúrunni. Leysast illa upp í vatni. Geta komið úr rörum sem eru tjöruborin. Flúoranten er ein helsta vísbending um slíka mengun. PAH efnin geta einnig borist inn í leiðslukerfið úr olíumenguðum jarðvegi t.d. í gegnum plastör.

Hámarksgildið í neysluvatnsreglugerðinni á við summu eftirfarandi efnasambanda: benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene, indeno(1,2,3-cd)pyren. Þau eru eitruð og sum eru krabbameinsvaldandi. *Hámarksgildi skv. NVR er 0,1 µg/l.*

Bensen

Bensen er eldfimt efni. Bensen er notað í framleiðslu á öðrum lífrænum efnum. Notað í efnaíðnaði, í gúmmí, smurolíu, litun, leysiefni og skordýraeitur. Það er í bensíni og kemur með útblæstri frá brennslu þess. Tilheyrir hópnum arómatísk einhringa kolvatnsefni, einnig nefnt BTXN. Er í olíuvörum og hreinsiefnum. Mengun kemur frá og finnst með mengun frá bensintönkum og ýmsum iðnaði. Bensen er eitrað efni og langtímaáhrif eru að minnka rauðu blóðkornin og skemma beinmerg. Langvarandi áhrif eru hvítblæði. *Hámarksgildi skv. NVR er 1 µg/l.*

Bens(a)pyren

Er hluti af PAH hópnum og talið þeirra varhugaverðast. Það hefur sjö bensen hringi. Leysist illa upp í vatni og binst fast í jarðvegi. Kemur úr olíuvörum s.s. bensíni og díselolíu. Aðaluppsprettan er við ófullkominn bruna og þá berast þau langar leiðir. Getur mengað drykkjarvatn frá pípum og tengistykkjum í dreifikerfi sem er með tjöru (WHO, 2004). Ben (a)pyren er það af PAH efnum sem er talið vera mest krabbameinsvaldandi. *Hámarksgildi skv. NVR er 0,01 µg/l.*

Brómat (BrO₃)

Brómat er eitt af þeim aukaefnum sem verður til við ósoneringu og talið þeirra varasamast. Ósonering er mjög áhrifamikil til að eyða einfrumungum s.s. *Cryptosporidium* meðan klórur eyðir þeim illa. Brómat er talið valda krabbameini í nýrum og skjaldkirtli. *Hámarksgildi skv. NVR er 10 µg/l.*

Epiklórhýdrin

Epiklórhýdrin er efni sem notað er við framleiðslu á glýseról, epoxyetani (kvoðu) og efni til vatnshreinsunar. Upptaka gerist hratt við inntöku, þef eða snertingu við skinn. Eitrað, ertir húð og getur valdið skemmdum á miðtaugakerfi. Talið krabbameinsvaldandi. Mælt ef vatnið er klórað. *Hámarksgildi skv. NVR er 0,1 µg/l.*

Tetraklóreten og tríklóreten

Summa styrks efnanna er leyfilegt hámarksgildi. Efnin eru tilbúin efni notuð m.a. sem leysiefni til hreinsunar. Mest notað í þurrhreinsun og við að hreinsa fitu af málmhlutum. Við loftfirrtar aðstæður geta þessi efni hvarfast í víníklóríð sem er eitraðra efni.

Tetraklóreten **PCE** er óeldfímur vökvi með sterka lykt. Hann er aðallega notaður í þurrhreinsun og til að hreinsa málma. Talinn krabbameinsvaldandi og skemmir lifur og nýru. Tríklóreten **TCE** er lyktarlaus óeldfímur vökvi sem er notaður til að hreinsa málma og einnig í lím, málningarleysi og blettahreinsi. Hann leysist lítilllega upp í vatni en getur þó verið lengi í grunnvatni en safnast ekki upp í lífverum. Að innbyrða hann með vökva getur valdið flökurleika, skemmd á lifur, meðvitundarleysi og að lokum dauða. En að drekka í litlum mæli í langan tíma getur skemmt lifur og nýru og er sérstaklega hættulegt ófrískum konum. Það er einnig talinn geta aukið hættu á krabbameini. *Hámarksgildi summa efnanna er skv. NVR 10 µg/l.*

Tríhalómetans - THM

Trihalómetan efni, THM, eru aukaefni sem verða til við klórur. Þau eru summa efna-sambandanna klóróform, brómóform, díbrómóklórmetan og brómodíklórmetan. Magn þeirra er háð hitastigi, sýrustigi og magni klór- og bróm jóna. Eituráhrif þessara efna eru aðeins mismunandi en valda aðallega skemmdum á lifur og auka líkur á krabbameini í lifur. Einungis skylt að mæla þegar neysluvatn er klórað. *Hámarksgildi skv. NVR er 100 µg/l.*

Einstök varnarefni

Varnarefni eru lífrænt skordýraeitur, illgresiseyðir, sveppaeyðir, þráðormaeyðir, mauraeyðir, þörungaeýðir, nagdýraeyðir, slímeyðir og skyldar vörur. Aðeins þarf að mæla þau varnarefni sem líkur eru á að séu til staðar í vatninu. Aldrín og dieldrín eru klórblönduð varnarefni sem eru notuð gegn óværu í jarðvegi og í trjávið. Aldrín breytist hratt í dieldrín og dieldrín er mjög þrávirkt. Þau hafa líka eiturvirkni og aðallega á taugakerfi og lifur. Bannað er að nota þau á Íslandi. Heptaklór og heptaklórepoxíð eru skordýraeitur. Þau eru víða bönnuð eða notkun takmörkuð. Langvarandi áhrif eru talin valda skemmdum á lifur og taugakerfi. Einnig hefur verið sýnt fram á að heptaklór er krabbameinsvaldandi í dýrum en ekki hefur verið sýnt fram á sömu áhrif í mönnum. *Hámarksgildi skv. NVR fyrir hvert er 0,1 µg/l en hámarksgildi fyrir varnarefni aldrín, dieldrín, heptaklór og heptaklórepoxíð er 0,030 µg/l.*

Varnarefni-heildarmagn

Merkir samtölu allra varnarefna sem finnast og eru magngreind við eftirlit. Það þarf aðeins að mæla þau varnarefni sem líkur eru á að séu til staðar í vatninu á hverjum stað. *Hámarksgildi skv. NVR er 0,5 µg/l.*

Víníklóríð

Víníklóríð er tilbúið mjög rokgjarnt efni sem er m.a. notað sem hráefni í plast. Vegna þess hvað það er rokgjarnt finnst það sjaldan í yfirborðsvatni. Getur mengað drykkjarvatn þegar pípur og tengistykki í dreifikerfi eru úr PVC plasti (*WHO, 2004*). Víníklóríð hefur fundist í grunnvatni sem niðurbrotsefni af tetraklóreten og tríklóreten. Aðeins mælt ef þau efni finnast í vatninu.

Það eru nægar sannanir fyrir því að víníklóríð sé krabbameinsvaldandi í iðnaði þar sem fólk andaði að sér slíkum gufum til lengri tíma. Starfsmenn í slíkum iðnaði hafa umtalsvert hærrí tífni á öllum tegundum lifrakrabba miðað við aðra. Talið valda erfðaskemmdum. *Hámarksgildi skv. NVR er 0,5 µg/l.*

Heimildir:

Århus Amt Natur og Miljø (December 2002). Arsen i grundvandet – et fænomen i de tertiære begravede dale? ISBN: 87-7906-247-4. 26 sider.

Ásbjörn Einarsson og Páll Árnason (Maí 2001). Efnisval - tæringavarnir. Vatnsveitufagráð Samorku (Ritstjr.), Vatnsveituhandbók (kafli 6). Samorka.

Freysteinn Sigurðsson; (1995). Um nítrat í grunnvatni á Íslandi – stutt yfirlit um greiningar Orkustofnunar. Greinargerð FS-95/08, Vatnsorkudeild Orkustofnunar.

María J. Gunnarsdóttir (2005). Neysluvatnsgæði og vatnsvernd. M.S. verkefni við verkfræðideild Háskóla Íslands.

WHO Guidelines for Drinking- water Quality- 3rd edition (2004). World Health Organization. Geneva, 2004. 515 s. www.who.int/water_sanitation_health/.

Viðauki: Kröfur í Neysluvatnsreglugerð nr. 536/2001

Tafla 1 Reglubundið eftirlit skv. neysluvatnsreglugerð

Rannsóknarpáttur	Mæli-eining	Hámarksgildi	Athugasemdir
Örverufræðilegir þættir			
Heildargerlafjöldi við 22°C		Engin óeðlileg breyting	
Kólígerlar	pr. 100 ml	0	
Escherichia coli (E.Coli)	pr. 100 ml	0	
Clostridium perfringens (þ.m.t.gró)	pr. 100 ml	0	Aðeins fyrir yfirborðsvatn eða ef hætta er á mengun vatnsbólís frá yfirborðsvatni. Ef gildi mælast yfir hámarksgildi skal mæla sjúkdóms valdandi örverur s.s. <i>Cryptosporidium</i>
Efna- og eðlisfræðilegir þættir			
Litur		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Leiðni	µS/cm	2500 við 20°C	Vatnið má ekki vera tærandi
Lykt		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Bragð		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Grugg		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Sýrustig	pH	=6,5 og =9,5	Vatnið má ekki vera tærandi
Ál (Al)	µg/l	200	Á aðeins við þegar ál er notað við að mynda kekki
Ammoníum (NH ₄)	mg/l	0,5	
Járn (Fe)	µg/l	200	Á einungis við þegar járn er notað við meðhöndlun á vatni
Nitrit (NO ₂)	mg/l	0,5	Á einungis við ef klóramín er notað til sóttþreinsunar

Tafla 2 Heildarúttekt skv. neysluvatnsreglugerð

Rannsóknarpáttur	Mæli-eining	Hámarksgildi	Athugasemdir
Örverufræðilegir þættir			
Heildargerlafjöldi við 22°C		100/ml	
Kólígerlar	pr. 100 ml	0	
Escherichia coli (E.Coli)	pr. 100 ml	0	
Saurkokkar	pr. 100 ml	0	
<i>Clostridium perfringens</i> (þ.m.t.gró)	pr. 100 ml	0	Aðeins mælt fyrir yfirborðsvatn eða ef hætta er á mengun vatnsbólís frá yfirborðsvatni. Ef gildi mælast skal mæla sjúkdómsvaldandi örverur s.s. <i>Cryptosporidium</i>
Eðlis- og efnafræðilegir þættir			
Bragð		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Grugg		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Leiðni	µS/cm	2500 við 20°C	Vatnið má ekki vera tærandi.
Litur		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Lykt		Metið	Fullnægjandi fyrir neytendur og engin óeðlileg breyting
Oxunarhæfni (O ₂)	mg/l	5	Þarf ekki að mæla ef TOC er mælt
Sýrustig	pH	=6,5 - =9,5	Vatnið má ekki vera tærandi

Rannsóknarpáttur	Mæli-eining	Hámarksgildi	Athugasemdir
Heildarmagn lífræns kolefnis TOC			Engin óeðlileg breyting
Efni óæskileg í miklu magni			
Ammoníum (NH ₄)	mg/l	0,5	
Nítrat (NO ₃)	mg/l	50	Uppfylla þarf skilyrði um að NO ₃ /50+NO ₂ /4=1
Nitrit (NO ₂)	mg/l	0,5	Uppfylla þarf skilyrði um að NO ₃ /50+NO ₂ /4=1 og að NO ₂ fari ekki yfir 0,1 mg/l í vatni frá vatnsveitu
Ál (Al)	µg/l	200	
Bór (B)	mg/l	1,0	
Flúoríð (F)	mg/l	1,5	
Járn (Fe)	µg/l	200	Einungis mælt þegar járn er notað við meðhöndlun á vatni.
Klóríð (Cl)	mg/l	250	Vatnið má ekki vera tærandi
Kopar (Cu)	mg/l	2,0	Gildið skal vera lýsandi fyrir neysluvatn
Mangan (Mn)	µg/l	50	
Natríum (Na)	mg/l	200	
Súlfat (SO ₄)	mg/l	250	
Eitruð efni – þungmálmar, PAH efni og varnarefni			
Antímon	µg/l	5	
Arsen (As)	µg/l	10	
Blý (Pb)	µg/l	10	Gildið skal vera lýsandi fyrir neysluvatn
Kadmíum (Cd)	µg/l	5	
Krómi (Cr)	µg/l	50	
Kvikasilfur (Hg)	µg/l	1	
Nikkel (Ni)	µg/l	20	Gildið skal vera lýsandi fyrir neysluvatn
Selen (Se)	µg/l	10	
Sýaníð (CN)	µg/l	50	
1,2-diklóretan	µg/l	3	Lífrænt klórefnasamband
Akrýlamíð	µg/l	0,1	
Aromatísk fjölrínga kolvatnsefni PAH	µg/l	0,1	Hámarksgildið á við summu af styrk eftirfarandi efnasambanda: benzo(b)flúoranten, benzo(k)flúoranten, benzo(ghi)perylene og indeno(1,2,3cd)pyren
Bensen	µg/l	1	
Bens(a)pyren	µg/l	0,01	
Brómat (BrO ₃)	µg/l	10	
Epiklórhýdrin	µg/l	0,1	
Tetraklóretan og triklóretan	µg/l	10	Summa styrks efnasambandanna
Tríhalómetan	µg/l	100	Summa styrks efnasambandanna: klóróform, brómóform, dibrómklóretan, brómódklóretan
Varnarefni	µg/l	0,1	Hámarksgildi á við hvert einstakt varnarefni. En hámarksgildi fyrir aldrín, díeldrín, heptaklór og heptaklórepxíð er 0,030 µg/l fyrir hvert efni
Heildarmagn varnarefna	µg/l	0,5	Merkir samtölu allra einstakra varnarefna sem finnast og eru mælgreinin við eftirlit. Þarf aðeins að mæla þau varnarefni sem líkur eru á að séu til staðar í vatninu á hverjum stað
Víníklóríð	µg/l	0,5	