



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

ÞORLÁKSHÖFN

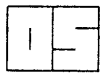
Grunnvatn og vatnsvernd

Freysteinn Sigurðsson
Þórólfur H. Hafstað

Unnið fyrir Ölfushrepp

OS-95027/VOD-04 B

júní 1995



ORKUSTOFNUN
Vatnsorkudeild

ÞORLÁKSHÖFN

Grunnvatn og vatnsvernd

Freysteinn Sigurðsson
Þórólfur H. Hafstað

Unnið fyrir Ölfushrepp

OS-95027/VOD-04 B

júní 1995

Efnisyfirlit

1 Inngangur	3
2 Helstu niðurstöður	3
3 Vatnajarðfræði svæðisins	4
4 Lindir í sunnanverðu Ölfusi	7
5 Efnasamsetning vatns í sunnanverðu Ölfusi	11
6 Hita- og seltumælingar í rannsóknarborholum	16
7 Rannsóknarholur við Þorlákshöfn	20
8 Grunnvatnshæð og -halli við Þorlákshöfn	24
9 Sjávarfallamælingar	30
10 Grunnvatnssvæði	34
11 Vatnsvernd	37
12 Heimildir	42

Myndir

3.1 Yfirlitsmynd	6
4.1 Lindir í sunnanverðu Ölfusi	10
6.1 Hitamælingar í holunni VA - 1	16
6.2 Hitamælingar í holunni VA - 2	17
6.3 Hitamælingar í holunni VA - 3	18
6.4 Hitamælingar í holunni FR - 1	19
7.1 Jarðlagasnið og frágangur VA - 1	21
7.2 Jarðlagasnið og frágangur FR - 2	21
7.3 Jarðlagasnið og frágangur FR - 3	22
7.4 Jarðlagasnið og frágangur FR - 1	23
8.1 Vatnsborðsbreytingar í VA - 1 í maí - júní 1994	26
8.2 Vatnsborðsbreytingar í VA - 1 í júní - ágúst 1994	27
8.3 Vatnsborðsbreytingar í VA - 1 í okt. - nóv. 1994	28
8.4 Grunnvatnshæð við Þorlákshöfn	29
10.1 Undirvatnasvið við Þorlákshöfn	35
11.1 Verndarsvæði vatnsbóla Þorlákshafnar	38
11.2 Vatnsverndarsvæði í sunnanverðu Ölfusi	39

1. Inngangur

Þessi skýrsla er saman sett í samræmi við frumáætlun frá 1990 (Freysteinn Sigurðsson 1990), sem svo var endurskoðuð 1993 (Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur H. Hafstað 1993). Þar er gert ráð fyrir að boraðar yrðu a.m.k. tvær rannsóknarholur í hraunið norðan og vestan við byggðina í Þorlákshöfn. Í þessum holum skyldi mæla vatnsborðshæð um nokkurt skeið, kanna vatnshita og rafleiðni og taka fáein sýni til efnagreininga. Á grundvelli hinna öfluðu gagna skyldi svo dregið upp kort af líklegum grunnvatnsstraumum, lagt mat á líklegt vatnsmegin og vatnsgæði, og gerðar tillögur um hentug vatnsverndarsvæði.

Þessum athugunum lauk í desember 1994 (Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur H. Hafstað 1994). Þær skiluðu skýrari og nákvæmari niðurstöðum en gera mátti ráð fyrir í upphafi. Kemur það til af því, að drættir grunnvatnsfarsins eru skarpari en reikna mátti með og einnig tókst höfundum mjög vel til við val borstaðanna.

2. Helstu niðurstöður

Samkvæmt vatnsborðsmælingum, mati á útrennsli á fjörum, reiknaðri lekt samkvæmt sjávarfallamælingum, mælingum á hæð grunnvatnsborðs, efnagreiningum á vatni og könnun á jarðgerð, þá eru niðurstöður eftirfarandi:

- Á svæðinu upp af Hafnarskeiði, austan Þorlákshafnarveggar og upp undir Hraun virðist lekt jarðlaga vera frekar lítil og tiltölulega lítið grunnvatn vera á ferðinni.
- Vestan þessa svæðis er mjög öflugur grunnvatnsstraumur, sennilega niður frá svæðinu við Hlíðarenda, sem hefur útrás við Þorlákshöfn.
- Austan Selvogsheiðar er grunnvatnsstreymi úr austurhluta sprunguskarans, sem liggur frá Hellisheiði og niður í Selvog. Sennilega er þarna verulegt vatn á ferðinni.
- Undan byggðinni í Selvogi rennur mikið vatn til sjávar úr fyrrnefndum sprunguskara. Sennilega rennur heldur minna vatn í Hlíðarvatn að austan, en norðan í Hlíðarvatn er sennilega fyrst og fram grunnvatnsrennsli undan fjalllendinu ofan þess.

Í samræmi við þessar niðurstöður virðist vera skynsamlegt að haga vatnsvernd sem hér segir:

- Vatnsbólín vestan byggðarinnar í Þorlákshöfn virðast vera á einhverju vatnsgæfasta svæðinu á þessum slóðum. Undanfæri er til að taka upp ný vatnsból eitthvað vestar og ofar, ef nauðsynlegt verður að víkka byggðina út til vesturs.
- Aðrennslissvæði þessa vatnstökusvæðis, ofan frá Hlíðarenda og austur undir Litlaland en vestur undir Selvogsheiði, þarf ítrustu vernd.
- Grunnvatnsstraumurinn í sprunguskaranum upp af byggðinni í Selvogi er mikil auðlind og þarf víðeigandi verndar við. Norðan Hlíðarvatns og vestur þaðan þarf ströng vatnsvernd einkum að ná til hraunanna við hlíðarræturnar.
- Strandlengjan sjálf, frá Hafnarskeiði og vestur fyrir Herdísarvík, þarf ekki endilega strangrar verndar við, þar eð töluvert undanfæri er til að ná meginþorra þess vatns, sem þar er á ferð, ofar í hraununum.
- Á svæðinu austan Þorlákshafnarveggar þarf ekki eins strangrar verndar við, en þó verður að gæta þess á ofanverðu svæðinu, að mengun gæti dreifst þaðan í einhverjum mæli til vesturs.
- Fyrirliggjandi niðurstöður benda til þess, að ekki muni endilega vera þörf mjög strangrar verndar á svæðinu frá Keflavík - Bjarnavík og upp undir Selvogsheiði, svo og austan við Hlíðarvatn, en þess er að gæta, að þessi svæði voru ekki könnuð neitt sérstaklega. Því þarf að hafa fyrirvara á þessum ábendingum.

3. Vatnajarðfræði svæðisins

Svæðaskifting.

Vatnajarðfræðilegar megineiningar svæðisins umhverfis Þorlákshöfn eru fimm talsins:

- Ungur og lekur, en úrkomusamur, fjallabákur Reykjaneskagans í V og NV.
- Lek sprungurein frá Helligheiði - Hveradölum til SV niður í Selvog.
- Byggðafjöllin í Ölfusi, frá Hlíðarenda til Núpa, eitthvað minna lek.
- Hriplek hraun á láglandinu frá Hlíðarvatni og austur til Ölfusár.
- Eldri jarðlög og minna lek setlög á láglandi í Ölfusi og undir ósum Ölfusár.

Upplýsingar um jarðfræði svæðisins byggja að mestu á kortum og skýrslu Jóns Jónssonar (1978) um jarðfræði Reykjaneskagans, jarðfræðikorti af Suðvesturlandi (Kristján Sæmundsson og Sigmundur Einarsson 1980) og ýmsum athugunum á vegum Orkustofnunar á svæðinu, þ.á.m. athugunum höfunda sjálfra.

Vatnajarðfræði fjallendisins.

Fjallendi austanverðs Reykjaneskagans nær upp í 700 m hæð y.s. í Bláfjöllum, en annars upp í kringum 600 m y.s. Vel lek hraun þekja yfirborð að mestu. Grónir jarðvegsblettir og mosapembur þekja þó hraunin víða, einkum hið lægra. Eitthvert yfirborðsfrennsli virðist geta átt sér stað hið efra á Heiðinni há, líklega á frosinni jörð í vetrarblotum og vorleysingum. Það vatn nær þó aldrei niður undir byggð. Móbergfjöll rísa yfir hraunin og á stöku stað gægist grágrýti fram. Er móbergið yfirleitt vel lekt, þó að stundarrensli á yfirborði hafi grafið gil og rásir í hlíðar og brúnir fjallanna. Úrkoma, sem á land þetta fellur, skilar sér því að lang mestu leyti til grunnvatns.

Á Bláfjöllum er talið, að úrkomnan nái 3.000 - 4.000 mm/ári en niðri við ströndina er hún líklega nærri 1.500 - 2.000 mm/ári. Írennsli til grunnvatns gæti í samræmi við það numið 60 - 100 l/s á km². Vatnaskil og grunnvatnsstraumar á svæðinu eru ekki þekkt með neinni vissu. Líklegt er, að sprungureinin til NA upp frá Selvogi dragi til sín grunnvatn, bæði frá vestri og norðri, en það er þó ókannað mál og ósannað. Engar borholur ná til grunnvatns uppi í fjallendinu. Miðað við líkur má giska á, að vatnasvið það, sem útrennsli hefur frá Herðísarvík til Þorlákshafnar, gæti verið 350 - 450 km² að stærð. Afrennsli þessa svæðis gæti þá verið 20 - 40 m³/s að meðaltali. Sýnilegt útrennsli á fjörum hefur verið metið að vera 0,3 - 1 m³/s á km strandar. Búast má við, að heildarútrennslið sé tvöfalt eða þrefalt meira, ef miða má við reynsluna vestar á Reykjaneskaganum. Það samsvaraði 15 - 70 m³/s útrennsli. Þessum mismunandi matsaðferðum ber því nokkuð vel saman. Líklegt útrennsli virðist því vera um 30 m³/s (30.000 l/s). Líkleg skekkja er enn 10 m³/s til eða frá.

Á sprungureininni verður vart við opnar sprungur frá því skammt suður af eyðibýlinu Hlíð við Hlíðarvatn og austur fyrir Þjóðveg, sunnan í Selvogsheiðardýngjunni. Misgengisstallar eða opnar sprungur eru frá Selvogsheiði og norðaustur fyrir Geitafell. Framhald sprungureinarinnar má svo rekja upp á vestanverða Helligheiði. Raunar nær hún þaðan áfram norður um Hengil, Þingvallavatn og Þingvelli, allt upp í Langjökul, en sá hluti skiftir að öllum líkindum litlu máli fyrir vatnafar á umræddu svæði. Dýngjugos hefur orðið á suðurenda reinarinnar snemma á nútíma (fyrir um 9.000 árum), þegar Selvogsheiði myndaðist. Sennilega hefur orðið sprungugos nærri austurjaðri reinarinnar, norðaustur af Selvogsheiði, þegar hraun brann í Djúpadal (fyrir 5.000 - 7.000 árum). Sprungugos urðu miklu síðar norðar á sprungunni, þegar Eldborg bak við Litla - Meitil og gígaröð hjá Litla - Sandfelli mynduðust (fyrir um 2.000 árum). Mörg og mikil gos hafa orðið á sprungureininni norðar og utan svæðisins. Jarðhiti er í Hveradölum og í Hverahlíðum norðan undir Skálafelli, nærri jöðrum sprungureinarinnar á Helligheiði. Þessi

tíltölulega unga gosvirkni og jarðhiti gætu haft áhrif á efnainnihald grunnvatns og vatnshita á austanverðri sprungureininni. Sem fyrr segir, er líklegt að sprungureinin dragi til sín grunnvatn og beini því eftir sér. Við það gæti beinst mikið vatn til sjávar í Selvogi, sem ella hefði runnið niður til Ölfuss.

Austan sprungureinarinnar taka byggðafjöllin við. Þau eru að mestu úr grágrýtis- og jökulbergslögum sunnan til, en móberg (einkum bólstraberg) kemur fram í Hjallafjalli og er ríkjandi í Núpafjalli. Austan Þrengslavegar eru fjöllin víða þakin grágrýti frá dyngju vestan undir Skálafelli, sem talið er, að hafi verið virk í lok síðasta jökulskeiðs (e.t.v. fyrir 10.000 - 13.000 árum, eða jafnvel eldri). Talsvert ber á brotum með NA - stefnu í Hlíðarendafjalli, en stefna brota í Núpafjalli er norðlægari. Aldur jarðlaga í byggðafjöllunum er ekki þekktur með vissu, en þau eru þó frá núverandi segulskeiði (Brunhes - segulskeiði), e.t.v. frá síðari jökulskeiðum og hlýskeiðum á milli þeirra, þó ekki endilega frá síðasta jökulskeiði. Uppi á vestanverðum byggðafjöllunum standa þrjár þíkrít-basalt-dyngjur, sem munu vera frá því snemma á Nútíma (eftir Ísaldarlok fyrir um 10.000). Þess háttar gosstöðvar afmarka hinn virka hluta gosbeltisins á Reykjaneskaga (Freysteinn Sigurðsson 1985, 1986) en hafa annars litla vatnafarslega þýðingu. Lekt jarðlaga í byggðafjöllunum er líklega sæmilega, þó ekki jafnist hún neitt á við lekt í nútíma hraunum. Líklegt er, að sprungureinin að baki fjallanna dragi eitthvað úr grunnvatnsrennsli frá fjallendinu niður til Ölfuss. Fyrir vikið er líklegt, að hlutfall úrkomu í grunnvatni undan byggðafjöllunum sjálfum sé hærra en ella hefði verið, einkum þegar innar (austar) dregur í Ölfusið.

Vatnajarðfræði láglandisins.

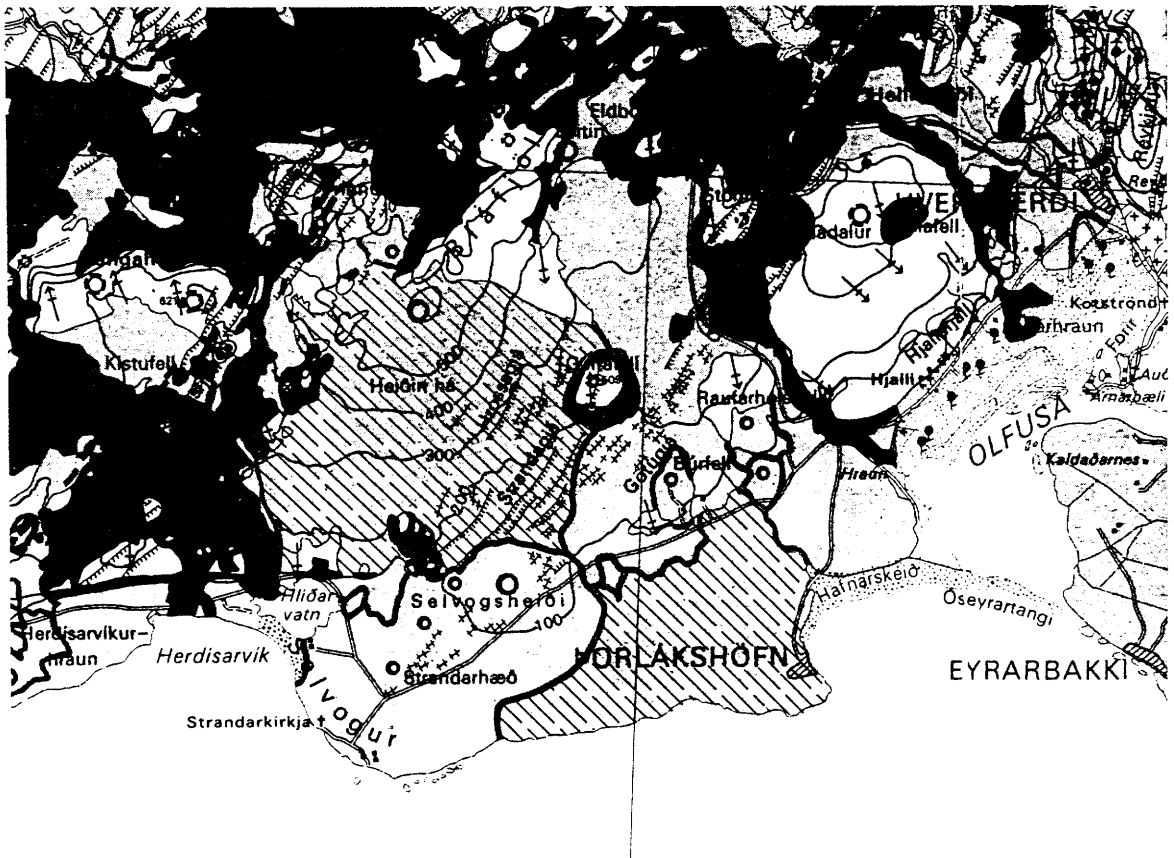
Á láglandinu austar í Ölfusi, austan Fora, eru eldri jarðlög á yfirborði, frá næst - síðasta segulskeiði (Matuyama - segulskeiði), sem er eldra en 700.000 - 800.000 ára. Þetta berg er að öðru jöfnu mun þéttara en þau yngri jarðlög, sem fjallað var um að framan. Sunnan (austan) Ölfusár liggur Þjórsárhraunið mikla (sennilega nærri 9.000 ára). Ytri brún þess liggur nokkuð neðan sjávarmáls og hefur myndast breið hraunfjara undan Eyrarbakka og Stokkseyri. Líkist þetta aðstæðum í Selvogi. Undir hrauninu eru setlög, sums staðar einhverja tugi metra á þykkt. Eru þau sæmileg lek á Stokkseyri en miður á Eyrarbakka (Björn A. Harðarson 1987). Þjórsárhraunið mun hafa bægt Ölfusá í sem næst núverandi farveg, en áður munu jökulvötn hafa fallið niður Flóa. Útrás Ölfusár mun hafa verið milli Óseyrartanga og Hraunsskeiðs, þar til fyrir nokkrum öldum. Því er ekki ólíklegt, að Ölfusá hafi borið frekar flnt set í sjó upp af núverandi Hafnarskeiði, þangað til hraun rann þar yfir (Leitahraun, sennilega fyrir um 4.500 árum). Í Þorlákshöfn koma eldri og þéttari setlög fram á nærri 50 m dýpi undir sjávarmáli. Yfirborð þeirra fer trúlega hækkandi inn til Ölfuss og eins upp til fjallanna. Þessi lög veita sennilega litlu vatni. Upp af Hafnarskeiði gætu fínkorna og lítið lek setlög náð upp undir hraunið og væri þá grunnvatnsrennsli lítið undir því. Ekki hefur verið borað ofan í þessi jarðlög. Verulegur munur gæti því verið á lekt og vatnsgæfni jarðlaga austan og vestan Þorlákshafnar.

Á strandlendinu milli Hlíðarvatns og Ölfusár eru einkum þrjú hraun á yfirborði, og munu öll hafa gengið í sjó fram. Vestast og elst er hraun frá Selvogsheiði. Það nær talsvert niður fyrir sjávarmál og er á því breið hraunfjara í Selvogi, en engir sjávarhamrar. Frá Bjarnavík til Hafnarvíkur gengur hraun frá Heiðinni há í sjó og eru þar hvarvetna hamrar við sjó, nema í Þorlákshöfn sjálfri. Hraunið er yngra en Selvogsheiði en eldra en Leitahraunið, sem tekur við austast og upp af Hafnarskeiði. Undir hrauninu taka við bólstrabergslög, sem tilheyra hrauninum, niður á nærri 50 m dýpi við ströndina. Þau eru að líkindum vel lek. Efra borð þeirra er aðeins neðan sjávarmáls og má því vera, að hraunin séu runnin við eitthvað lægri sjávarstöðu en nú er. Giska má á, að aldur þess sé nærri 7.000 - 8.000 ár. Grunnvatnsborð nær skammt upp fyrir sjávarmál í hrauninum.

Þykkt ferskvatnslagsins er um 20 m úti við ströndina en sennilega yfir 50 m, þegar innar dregur á hraunin. Grunnvatnið er því væntanlega að verulegu leyti í bólstraberginu úti við ströndina, en e.t.v. að eitthvað meira leyti í hrauninum sjálfum, innar (ofar) á hrauninum. Utan við Þorlákshöfn teygist hraunið nokkuð út í sjó. Fyrir vikið er styttra ofan úr hrauninum til sjávar í Þorlákshöfn sjálfri, sem gæti beint grunnvatnsstraumum þangað.

Yfirlit.

Vatnajarðfræðilegar aðstæður eru þá með því móti, að geysi mikið af grunnvatni fellur til sjávar frá Herðisarvík og austur í Þorlákshöfn, sennilega um $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Mest af þessu vatni kemur af fjallendinu á austanverðum Reykjaneskaga. Sprungurein frá Helligheiði til Selvogs beinir grunnvatninu niður til Selvogs og dregur úr grunnvatnsrennsli austur til Ölfuss. Á láglandinu frá Hafnarskeiði og upp um Ölfus eru jarðlög minna lek en vestar og grunnvatnsstreymi væntanlega lítið í þeim. Hraunin á láglandinu frá Hlíðarvatni til Þorlákshafnar eru hríplek og flytja vatn greiðlega til sjávar. Lögum strandarinnar hefur líklega áhrif til þess að beina grunnvatni til Þorlákshafnar. Vatn í lindum uppi í Ölfusi er líklega að verulegu leyti ættað frá úrkomu á fjöllin sjálf. Öflugast útrennsli grunnvatns er líklega í Þorlákshöfn og undan byggðinni í Selvogi, þó að mikið útrennsli sé einnig undan hrauninum þar á milli og eins undan fjöllum, vestur frá Selvogi.



Mynd 3.1 Yfirlitsmynd.

Hraunið frá Heiðinni há er sérstaklega auðkennt.

Myndin er hluti af jarðfræðikorti Kristjáns Sæmundssonar og Sigmundar Einarssonar (1980) af Suðvesturlandi í kvarðanum 1 : 250.000.

4. Lindir í sunnanverðu Ölfusi

Í Ölfusi og sunnanverðum Grafningi hafa kaldar lindir verið kortlagðar og rennsli mælt frá flestum þeirra. Sjaldnast eru þessar mælingar samt nægilega tíðar til að unnt sé að gera sér fullkomna grein fyrir rensslissveiflum. Hitastig hefur verið mælt í upptökum alls staðar þar sem því hefur verið við komið.

Berggrunnur á þessum slóðum er þegar á heildina er litið ungur jarðfræðilega séð. Bergið er víða lekt og gleypir úrkomu sem á það fellur að verulegu leyti og myndar grunnvatn sem skilar sér síðan fram til linda eða beint á haf út. Stundum gegna sprungur og misgengi stóru hlutverki, því þær beina grunnvatnsstraumum í stefnu sína. Þetta á ekki hvað síst við um svæðið upp og austur af Selvogi, þrátt fyrir að á þeim slóðum sjáist grunnvatn ekki streyma til sjávar. Aðstæður við ströndina eru líka slæmar til lindaleitar og mælingaholur á svæðinu strjálar. Það er samt sem áður vissa fyrir því að geysimikill grunnvatnsstraumur leitar ofan úr fjallendinu út í hraumbreiðuna miklu milli Þorlákshafnar og Selvogs. Ljóst er að rennsli frá lindum er ekki nema brot af heildargrunnvatnsstreyminu á svæðinu. Vitað er að verulega mikið grunnvatn leitar til sjávar í flæðarmáli fram úr hrauninu milli Þorlákshafnar og Hlíðarvatns, en hér verður einungis greið grein fyrir því vatni sem sést renna frá lindum.

Hlíðarvatn og Selvogur.

Lítið sýnilegt grunnvatnsrennsli er út í **Hlíðarvatn**. Hér og þar eru smáseyrur í hrauninu, einkum við vatnið og í því vestanverðu. Til sjávar leitar vatnið svo til sjávar út um ósinn og líklega ekki síður í gegn um grandann, sem er hraunrimi. Útrennsli þar er að minnsta kosti $0,3 \text{ m}^3/\text{km}$ (Freysteinn Sigurðsson mældi 1988).

Svæðið austan Hlíðarvatns er mjög víðlent og að mestu hulið hraunum sem án efa flytja mikið grunnvatn frá mjög úrkomusælu hálendi til sjávar. Í Selvogi nær hraun frá Selvogsheiði í sjó fram. Þegar það rann hefur sjór staðið um 10 m lægra en nú er, enda er mikið útfiri í Selvogi. Þar gengur sprungurein til hafs úr norðaustri og hefur hún efalaust veruleg áhrif á grunnvatnsstreymi. Víða verður vart við fjörulindir þegar lágsjávað er og við Strandarkirkju renna að minnsta kosti $0,4 \text{ m}^3/\text{km}$ út (Freysteinn Sigurðsson mældi 1988).

Austan við Bjarnavík gengur dyngjuhraun frá Heiðinni há í sjó fram. Það hefur runnið í sjó fram og virðist sjávarmál þá hafa verið um 5 m neðar en það nú er. Neðan sjávarmáls hefur það hlaðist upp sem skálögótt bólstarberg og breksía, sem svo síðan huldust beltuðu hrauninu, eftir að upphleðslan hafði náð upp úr sjó. (Ólafur G. Flóvenz o.fl. 1988. Kristján Sæmundsson, Björn A. Harðarson 1988). Hraunið er mjög vel lekt, ekki síst bólstrabergshlutinn. Efalaust er verulegt streymi grunnvatns til sjávar, en af því sést nær ekkert í fjöru, enda er ströndin klettótt og brimasöm. Allmikið vatn sést þó spretta fram í höfninni í Þorlákshöfn.

Frá Selvogi að Grímslæk.

Linda verður ekki vart fyrr en austur við **Hlíðarenda**. Þar er dálítið lindasvæði og annað minna á **Torfadal**. Verulega vatnsmiklar lindir spretta fram undan hraunkanti við **Hraun** og **Grímslækjarbæina** báða. Af þessu svæði renna efalaust margir rúmmetrar á sekúndu beint til sjávar. Frá lindum þessum sjást hins vegar einungis tæpir 400 l/s, ef marka má stopular mælingar. Handbærar rennslis- og hitamælingar eru raktar í töflu 4.1.

Innan við bæinn að **Hlíðarenda** er tjörn undir bröttu klifi og kemur út í hana vatn undan skriðunni í hlíðarfætinum á a.m.k. þrem stöðum og eflaust víðar. Úr tjörninni rennur um 100 l/s lækur og bætist honum vatn úr þremur lindum í túninu austan við bæinn. Hiti hefur mælst um og yfir $4,0^\circ\text{C}$. Lækurinn hverfur svo í hraunið niður undan túnfætinum á Litlalandi á sömu slóðum og **Breiðabólstaðalækurinn** sem á upptök inni á Torfadali. Ein upptakalinda hans er virkjuð fyrir vatnsveitu bæja í sunnanverðu Ölfusi. Fjórar lindir þar gefa nálægt 30 l/s, hiti $5,8^\circ - 6,4^\circ\text{C}$.

Þetta vatn er einungis lítill hluti grunnvatnsstraums, sem leitar til sjávar á Þorlákshafnarsvæðinu. Mestur hluti þessa flaums hans sést aldrei, heldur rennur á laun neðan jarðar til sjávar.

Austan Þorlákshafnar og sunnan við Hraun verður lítið vart við grunnvatn. Sandur liggur víða ofan á hraunbrúninni og leynir hann vísast einhverju rennsli. Líklegt er þó að tiltölulega lítið vatn leiti þar framrásar. Þannig má líta á að grunnvatnsstraumurinn frá fjallendinu leiti annars vegar til suðurs í átt til Þorlákshafnar en hins vegar austurs, ofan Grímslækjar.

Verulegt vatnsmagn kemur upp undan hraunkantinum við bæinn **Hraun**, nánast allt úr einni lind. Við Grímslækjarsvæðinu báða eru einnig umtalsverð lindasvæði. Heildarrennsli frá lindasvæðum við Grímslæk og Hraun er um 250 l/s, hiti 5,2° - 5,5°C.

Frá Grímslæk að Þurárnúp

Á þessu svæði kemur fram mikið vatn og á obbinn af því rót að rekja til töluvert útbreidds bólstrabergslags, sem fram kemur neðarlega í hlífðarfætinum undir grágrýti eða neðst í því. Grunnvatn sprettur ýmist fram í lindum í brekkurótunum, eða þá að malarlög leiða það síðasta spölinn. Jarðhitablöndunar verður lítillega vart í einstaka lind við Hjalla og á Bakka og í grunnnum borholum á Læk og Þóroddsstöðum. Rennsli frá lindum er töluverðum sveiflum háð, einkum þeirra sem hæst liggja. Þannig þverra lækir ofan þjóðvegans iðulega alveg í þurkkatíð. Talið er líklegt að framstreymi grunnvatns sé hér töluvert meira í heild en samanlagt lindarennisli af svæðinu, en óvíst er hversu mikið það gæti verið. Lindamælingar eru raktar í töflu 4.1. Fiskeldisstöðvar hafa hér virkjað vatn með ýmsu móti. Náttúrulegar lindir hafa verið grafnar upp (á Þóroddsstöðum) brunnar grafnir í malarlög (á Bakka) og holur boraðar í berg nærri fjallsrótum til að ná vatni úr bólstaberghi (Lækur, Þóroddsstaðir), ellegar að lindir eru grafnar upp og veitt saman í skurði (Þóroddsstaðir)

Vatnsmestu lindirnar eru í röð meðfram þjóðveginum allt frá afleggjara að Grímslæk og inn undir **Hjalla**. (Forman 1969). Rennsli frá þeim hefur verið áætlað um 300 l/s, en meðalrennsli er ef að líkum lætur nokkru minna. Syðsti lindalækurinn er miklu mestur og kemur vatnið að mestu úr malarlögum sem teygja sig inn undir hraunjarðrinn. Þá er röð af lindum meðfram votlendinu, rétt undir kambinum sem vegurinn liggur eftir og auk þess er lind að húsabaki að Hjalla.

Í löndum **Bakka og Riftúns** raða lindirnar sér á mótum malarhjalla og mýrar, en bólstrabergið í hlífðarfætinum veitir vatninu út í hjallann, sem skilar því síðasta spölinn upp á yfirborð. Á Bakka hafa brunnar verið grafnir ofan í mölina, sem virkar þá sem miðlun. Lindasvæði norðan og vestan bæjarins hefur einnig dálitla miðlun í malarlögum á bak við sig. Þar er jarðhitavottur í bland við lindavatnið í nokkrum af uppkomuaugunum. (Kristján Sæmundsson 1988). Ofan vegans er lindarennisli á hinn bóginn víðast hverfult; verður hvað mest á vormánuðum að því best verður séð, en er alla jafnan alveg þurrt á haustin. Þarna er ekki um neina miðlun að ræða í lausum jarðlögum og rennsli mun næmara fyrir breytilegri úrkomu og leysingum.

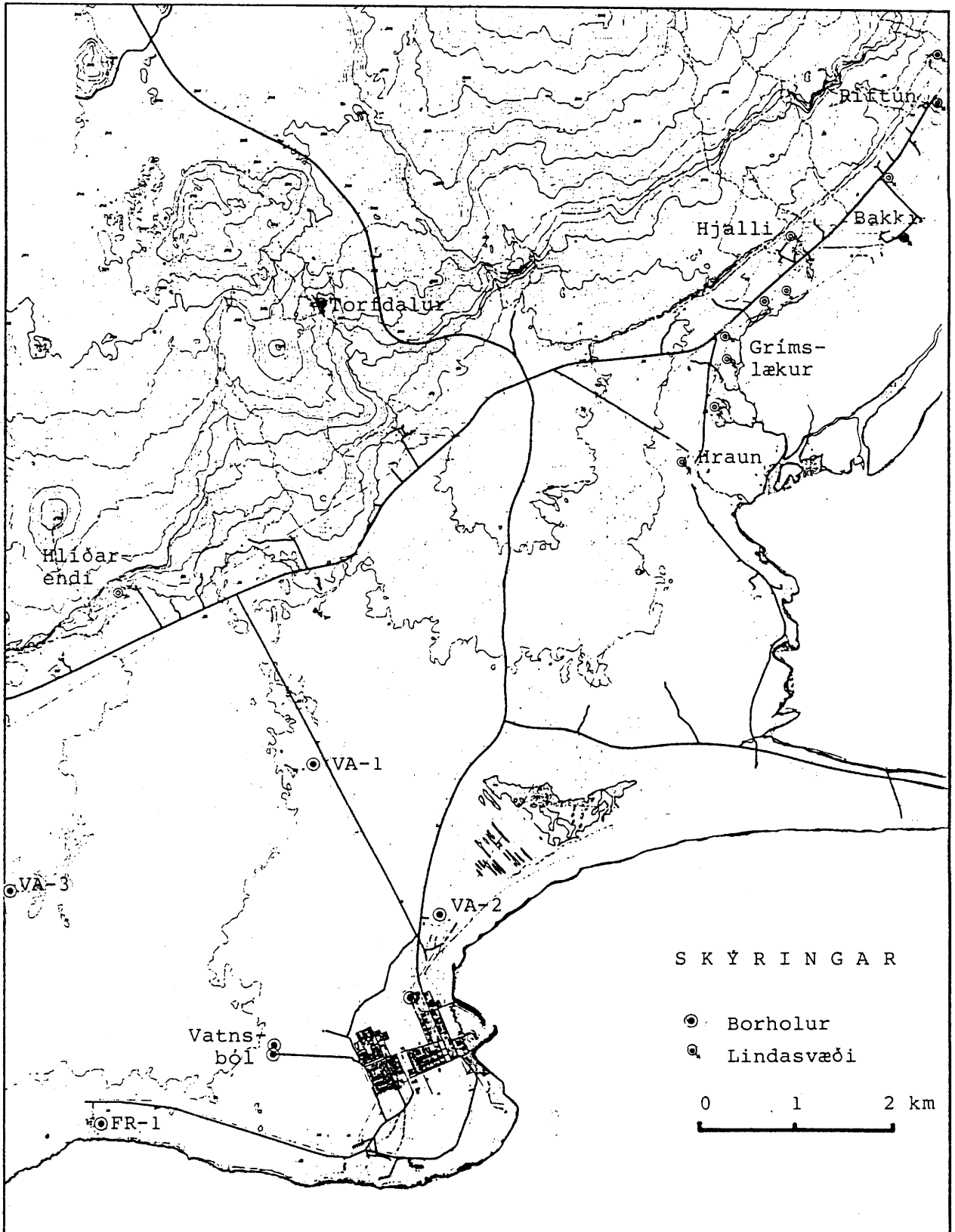
Lindasvæðin við Bakka og Riftún voru skoðuð í maílok 1988 og var heildarrennslið þá áætlað 440 l/s. Gera má ráð fyrir að rennsli hafi orðið a.m.k. helmingi minna um haustið, eða sem næst 200 l/s. Þar sem jarðhita gætir ekki, mælist vatnshitinn alla jafnan á bilinu 4,2 - 5,2°C.

Á **Þóroddsstöðum** er verulega gjöfult lindasvæði, sem virkjað var fyrir seiðaeldisstöðina. Grafnir voru djúpir skurðir ofan í bólstrabergið og vatninu veitt saman og einnig má fá vatn úr borholum þegar á þarf að halda. Fylgst var nokkuð reglulega með heildarrennsli gegnum eldisstöðina árið 1987. Þessar mælingar gefa til kynna að búast megi við hárennsli í mars - maí (253 l/s), en það minnki töluvert yfir sumarið og verði í lágmarki síðsumars eða á haustmánuðum (97 l/s). Haustrigningar geta þó haft mikil áhrif snemma vetrar. Reiknað er með að rennslið hafi að meðaltali verið 170 l/s. Þær lindir sem efst eru í brekkurótunum eru eðlilega hverfulastar. Hiti í uppsprettunum er dálítið árstíðabundinn og mælist á bilinu 4,0° - 5,5°C, en botnhiti í 30 m djúpri athugunarholu við þær er orðinn ríflega 10°.

Tafla 4.1. Mælingar á lindum í sunnanverðu Ölfusi milli Hlíðarenda og Þurárnúps.

- Lindir í skriðufæti að húsabaki að Hlíðarenda: 1983 10 25: Vestast: 5,5 - 5,6°C, austast: 5,0°C. 1987 06 02: Austast: ca. 20 l/s 4,0°C 97 µS. Lindir í túni; 25 l/s. Héðan rennur lækur, 120 l/s, milli hrauns og hlíðar og hverfur svo í hraunið við túnfótinn á Litlalandi.
- Lindalækur á Torfadal ofan Breiðabólstaðar; 1987 06 02: alls í upptökum ca. 30 l/s; þrjár lindir mestar: Þar af efst; tvö augu; alls 15 l/s 5,8°C; vatnsból 30 m neðar; 10 l/s (6,4°C); smáland 200 m austar; 5 l/s. Lækurinn við veg áður en hann hverfur: 1986 09 01; ca. 40 l/s. 1987 06 02; 41 l/s. 1987 09 26; 21 l/s.
- Lindir við Hraun: 1983 10 25; 5,5°C 1987 06 01; ca 100 l/s 5,5°C; auk þess undan vegi: 15 l/s, 5,5°C niður undan hraunkolli ögn austar: 10 l/s 5,5°C.
- Syðri-Grímslækur. Sunnan bæjar eru þrjár tjarnir undir hraunbrún. Heildarrennsli frá þeim >100 l/s. Úr hinni syðstu runnu 1987 06 01; >60 l/s, dreifð upptök, 5,2°C. Í miðtjóminni sáust tvær lindir; 15 l/s alls. Í heimustu tjóminni eru a.m.k. tvær 5 l/s uppsprettur, en líklegt er að fleiri lindir séu hér á laun.
- Efri-Grímslækur; fimm lindavellur séðar í hraunviki: 1987 06 01; alls ca. 40 l/s, 5,2°C.
- Lindir í krika við hraunbrún norðan afleggjara að Hrauni; 1976 06 30; ca. 100 l/s 5,5°C. 1986 10 31; ca. 100 l/s 5,6°C. 1987 06 01; 120 l/s 5,5°C.
- Undir hjalla neðan vegar; syðri hluti: 1987 06 01: 5 + 10 + 10 + 30(6,6°C) + 25 + 15(7,0°C), alls 95 l/s.
- Undir hjalla neðan vegar, nyrðri hluti lindalínnumar: 1987 06 01; 35 + 25(5,9°C) + 5 + 25; eða alls 90 l/s.
- Hjalli; lindir við tjöm að húsabaki; 1976 06 30; 30 l/s, 8,8°C, 1986 09 01; ca 35 l/s + ca 10 l/s úr brunni. 1987 06 01; 30 l/s alls, 9,4°C 144 µS.
- Lækur, dælt úr tveim holum við eldisstöð; 1987 06 01; ca. 35 l/s. Botnhiti (18,5 m); 11,6°C.
- Mælt rennsli frá Bakkalaxi; 1987 05 22; ca 45 l/s, 5,2°C í vatnsbólssbrunni.
- Lind undir hjalla austur af eldisstöð Bakkalax: 1987 05 22: 28 l/s, 5,2°C í uppt.
- Alldreifðar lindir undan bakka suður af fjósinu á Bakka; 1987 05 22: 23,5 l/s í læk 5,3°C í uppt.
- Uppspretta Bakkahöfða; 1987 05 22: 4 l/s, 4,9°C 144 µS og í mýri norðanundir honum; 13 l/s, 4,8°C 133 µS.
- Töluvert innar eru smálindir við skurðbakka, mældar 1987 05 21 alls 13 l/s 4,8°C.
- Lindasvæði Vatnaræktar; að hluta virkjað; 1986 10 31; 21 + 6 l/s, 4,9°C. 1987 05 21; 13 + 33 l/s 4,3°C.
- Tveir lindalækir innan stöðvar jarðhitamengaðir: 1987 05 21: alls 32 l/s, 12,2°C og norðar; 9,5 l/s 8,5°C.
- Lind niður af túnhorni, innar og neðan vegar, mest í einu auga; 1987 05 21: 17,5 l/s 6,8°C.
- Dreift og líklega mjög hverfult lindasvæði í mýri neðan þjóðvegur: 1987 05 21: ca 65 l/s 4,5°C
- Annað við sömu aðstæður innar: 1986 09 01: ca 15 l/s? 4,8°C. 1987 05 21: ca 30 l/s >4,8°C, eitt auga mest.
- Gamalt vatnsból sunnan Riftúnslækjar, rétt neðan vegarins; 1986 09 01; ca 6 l/s: 1987 05 21; 5,8 l/s. Norðan við Riftúnslækinn er tvær lindir neðan í vegkanti og eru þær stundum efstu upptök hans, rennsli alls; 1986 09 01; 12 + 5 l/s; 5,8°C. 1986 10 30; >10 l/s alls; 5,8°C. 1987 05 21: 3 + 12 l/s; 4,5°C. Upptök Riftúnslækjar eru oftast rétt norðan útihúsa en; 1986 09 01; þurr. 1987 05 21; 17,5 l/s 4,2°C. Í vorleysingum teygja efstu upptök sig upp undir fjallsrætur: 1987 05 21; ca. 60 l/s; 4,4°C, 1986 09 01; þurr.
- Lækjarupptök að baki útihúsa á Þóroddsstöðum; 1987 05 19, 16,5 l/s við veg, en eru oftast nær þurr.
- Þóroddsstaðalindir: Mældar 1986 - 1987: 97 - 253 l/s, 4,7°C - 5,5°C; mest í maí en minnst í september.
- Lind í kambi norðan Þurár; mæld í nóv. 1986; 15 l/s (stöðug í tvær vikur), 4,9°C í upptökum.

Beggja vegna við Þurá eru fáeinar lindir, flestar heldur hverfular, enda stendur áin bærilega undir nafni og er iðulega vatnslaus. Flest lindaaugu við Þurá eru ekki umtals verð, en eigi að síður er grunnvatn á ferli í berggrunninum. Dæluprófun í holu sunnanundir Þurárnúp benti til að svæðið gæti gefið 100 - 200 l/s. Jarðhitaáhrifin eru minni en á Þóroddsstöðum og mátti ætla að vatnshiti við samfellda dælingu yrði 5° - 6°C (Sæþór L. Jónsson o.fl 1987).



Mynd 4.1 Lindir í sunnanveðu Ölfusi
Sýnd eru helstu lindasvæði milli Þurárnúps og Hlíðarenda og rannsóknarholur við Þorlákshöfn.

5. Efnasamsetning vatns í sunnanverðu Ölfusi

Sýnatökustaðir.

Tekin hafa verið sýni og efnagreind úr nokkrum lindum og borholum í utanverðu Ölfusi og í Selvogi. Í október 1983 voru tekin sýni á eftirtöldum stöðum:

- Riftún í Ölfusi: Syðri upptök lækjar milli Riftúns og Þóroddsstaða.
- Efri - Grímslækur: Lind í mýrarjaðri í krika milli hrauns og hjalla uppi undir þjóðvegi.
- Hraun: Lind austan heimreiðar og ofan (norðan) við bæ.
- Hlíðarendi: Vestasta lind í skriðufæti vestur frá bæ.
- Hlíð við Hlíðarvatn: Lind úr hraunklökk við fjöruborð niður frá eyðibýlinu Hlíð.
- Réttarnes við Hlíðarvatn: Lind í fjöruborði undan vestanverðu nesinu.

Sýni þessi tóku Freysteinn Sigurðsson og Snorri P. Snorrason. Þau voru tekin í tengslum við almennar grunnvatnsrannsóknir á vegum Orkustofnunar, sem á þeim tíma voru stundaðar. Næst voru sýni tekin í janúar 1988 í tengslum við rannsóknir á náttúrulegum forsendum fiskeldis. Þau tóku Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur H. Hafstað. Þau voru á eftirtöldum stöðum:

- Bakki í Ölfusi: Lind neðan þjóðvegur og ofan (norðaustan) heimreiðar.
- Vatnsból í Þorlákshöfn: Úr borholum vestan byggðarinnar.

Síðasta söfnunin fór fram í október 1994. Sýni tóku Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur H. Hafstað, en sýni voru tekin á eftirtöldum stöðum:

- Vatnsból í Þorlákshöfn: Á sama stað og árið 1988.
- VA - 1: Miðs vegar upp með gamla Þorlákshafnarveginum.
- VA - 3: Um 3 km upp frá Keflavík í stefnu rétt austan við Selvogshéiði.

Sýni þessi voru öll greind á efnafræðistofu Orkustofnunar. Niðurstöður greininganna eru sýndar í töflum 5.1 og 5.2.

Almennt um uppruna efna í grunnvatni.

Á síðustu tólf árum hefur efnainnihald grunnvatns á Íslandi verið kortlagt, þó í grófum dráttum sé, og aðferðir verið þróaðar til að túlka efnasamsetningu grunnvatnsins (Freysteinn Sigurðsson 1985, Sigurður R. Gíslason 1985, Freysteinn Sigurðsson 1991, Sigurður R. Gíslason 1991, Freysteinn Sigurðsson 1993). Er hér stuðst við þær aðferðir og kortlögð landsdreifing efna í grunnvatni höfð til viðmiðunar, svo og tiltækar efnagreiningar á grunnvatni úr nálægum sveitum í landnámi Ingólfs.

Uppleyst efni í grunnvatni eru að mestu leyti af tvennum toga: Sælöður, sjávarsalt og önnur efni í úrkomu; uppleyst steinefni úr jarðvegi og bergi, sem bætast í við dvöl grunnvatnsins í jörðu. Sums staðar gætir lífrænna efna úr gróðri og jarðvegi, sem stundum valda aukningu á innihaldi steinefna. Einnig verður vart við áhrif eða íblöndun jarðhitavatns eða annarra gosrænna áhrifa á sumum svæðum. Þessa þætti má oft greina í sundur, ef áhrif þeirra eru nógu glögg og trúflanir á samsetningu eða margbreytni hennar hamla því ekki. Efnasamsetning í úrkomu fylgir nokkuð samsetningu í sjóvatni, að því er talið er (Freysteinn Sigurðsson 1985, 1991, Sigurður R. Gíslason, Stefán Arnórson og Halldór Ármannsson 1990). Framlag þessarra efna, í hlutfalli við klóríðstyrk, má því draga frá styrk þeirra, en afgangurinn sýnir framlag jarðvegs og bergs, auk annarra þátta. Mikill styrkur kolsýru CO₂ getur einnig valdið efnastyrksaukningu á steinefnum,

Tafla 5.1. Efnagreiningar á vatni í sunnanveðu Ölfusi, (mg/l)

	Riftún okt. 1983 # 71	E.-Grímsl. okt. 1983 # 70	Hraun okt. 1983 # 69	Hlíðarendi okt. 1983 # 68	Hlíð, Selvogi okt. 1983 # 66	Réttarnes okt. 1983 # 67
Hiti, °C	4.3	5.7	5.4	5.5	3.6	3.5
pH/°C	8.08/21.8	8.74/21.8	7.68/20.6	8.80/21.8	9.30/21.8	9.35/21.8
Leiðni, µS	60	75	80	90	90	75
Kílsill SiO ₂	14.00	14.59	15.89	17.64	11.91	14.17
Natríum Na	7.68	8.96	10.49	10.84	12.28	10.60
Kálfum K	0.73	0.81	0.95	0.86	0.73	0.72
Kalsíum Ca	4.28	5.03	4.55	5.84	4.82	4.80
Magnesíum Mg	1.87	1.85	2.29	2.83	1.53	1.11
Kolsýra CO ₂	16.4	19.0	19.7	22.7	11.3	12.2
Súlfat SO ₄	3.66	4.14	3.71	4.04	3.89	3.66
Klóríð Cl	8.33	6.57	11.76	7.75	17.44	13.94
Flúor F	0.02	0.06	0.05	0.06	0.05	0.06
Uppleyst efni	60.1	65.2	70.8	77.4	67.2	63.3

sem leiðréttá má. Þessi leiðréttu gildi henta vel til að kanna áhrif vatnajarðfræðilegra aðstæðna. Þetta hefur verið gert fyrir umrætt svæði, en ónotalega kom í ljós, hve mjög vantar marktækt sýni úr byggðinni í Selvogi.

Klóríð.

Klóríð (Cl⁻) er styrkasta efnið í sjávarsalti, en yfir 80 % þess er natríumklóríð (NaCl). Styrkur klóríðs sýnir því að öðru jöfnu áhrif sjávar og er einkennandi fyrir úrkomuþáttinn í grunnvatninu. Mestur er styrkurinn úti við ströndina, en fer síðan þverrandi inn til landsins, einnig með hæð upp eftir fjöllum og loks í minna mæli austur eftir Reykjanesskaganum. Þar gætir þess, að útsýningur og amerískar lægðir bera mest allra veðurfarsfyrirbrigða sjávarsalt inn yfir landið.

Á Réttarnesi við Hlíðarvatn er klóríðstyrkur um 17 ppm (partes per millionem, milljónustuhlutar eða mg/l), þrátt fyrir að vatn það eigi uppruna ofan af hálendi skagans, eins og innihald annarra efna sýnir. Í vatnsbóli Þorlákshafnar var klóríð 13,9 ppm, bæði 1988 og 1994, sem bendir til mjög stöðugs ástands þess vatns. Samsetning þess að öðru leyti var einnig mjög svipað hvoru tveggja árin. Í borholu VA-03 var klóríð 1994 greint 10,6 ppm en 14,6 ppm í borholu VA-01. Holurnar eru báðar lengra inn til lands en vatnsbólun og því minni klóríðstyrks að vænta. Hann hefði þó átt að vera meiri, ef eitthvað, í VA-03, sem liggur vestar og opnar fyrir hafi. Þetta má skýra svo, að öflugur grunnvatnsstraumur renni ofan af fjallendinu hjá VA-03 og hans gæti einnig í verulegum mæli í vatnsbólunum. Hins vegar gæti úrkomu af hafi mun meira í VA-01, en þar sé minna aðrennsli grunnvatns ofan úr landinu.

Í lindunum undan hlíðabrekkunum í utanverðu Ölfusi er klóríðstyrkur á bilinu 6 - 12 ppm. Gætir þar minni styrks í úrkomu þeirri, sem fellur hærra til fjalls og lengra inn til lands. Til samanburðar skal nefnt, að klóríðstyrkur í lindum í fjallaskjóli við Kleifarvatn er um 8 ppm (Freysteinn Sigurðsson 1976), á bilinu 7 - 11 í lindum í Kaldárbotnum og undan Heiðmörk (ýmsar heimildir) en um 7 - 8 ppm í vatni, sem fellur sunnan og vestan að Þingvallavatni (Jón Ólafsson 1992). Efstu upptök þessa lindavatns eru ekki vel þekkt, því að grunnvatn og vatnaskil á hálendi austanverðs Reykjanesskaga hafa ekki verið könnuð nema með óbeinum aðferðum (efnafræðitúlkun, mat á vatnajarðfræði og grunnvatnslökangerð). Samkvæmt dráttum í

Tafla 5.2. Efnagreiningar á vatni við Þorlákshöfn, (mg/l)

	Vatnsból jan. 1988 # 9002	Vatnsból okt. 1994 # 9166	Holan VA - 1 okt. 1994 # 9164	Holan VA - 3 okt. 1994 # 9165	Bakki, jan. 1988 # 9001
Hiti, °C	5.1	5.6	-	6.0	4.7
pH/°C	8.42/21.6	8.41/24.8	8.14/24.6	8.22/24.7	7.86/21.4
Leiðni, µS	92.		(85.)	(90.)	109.
Kífsill SiO ₂	17.47	17.7	17.3	19.4	16.5
Natríum Na	10.78	11.0	11.2	10.8	8.53
Kálfum K	0.85	0.74	0.73	0.98	0.80
Kalsíum Ca	5.66	5.85	5.38	7.14	5.64
Magnesium Mg	2.63	2.58	2.51	2.70	2.31
Kolsýra CO ₂	21.40	21.0	19.7	28.4	24.1
Súlfat SO ₄	4.22	4.32	3.91	5.75	2.65
Klóríð Cl	13.90	13.9	14.6	10.6	9.84
Flúor F	0.05	0.05	0.05	0.06	0.04
Súrefni O ₂	6.				6.
Uppleyst efni	75.2	62.0	63.0	60.0	66.0

landsdreifingu klóríðs (Freysteinn Sigurðsson 1991, 1993) má vænta þess, að klóríð sé hlutfallslega minna á hallanum suðaustur af hálendinu en á öðrum hliðum þess. Virðist ekki ósanngjarnt að gera ráð fyrir 6 - 8 ppm klóríðstyrk í grunnvatni úr fjalllendinu, þegar niður kemur í byggðafjöllin. Búast má við, að þessi styrkur aukist eitthvað vegna fblöndunar klóríðrskari úrkomu, samanber styrk í VA - 1. Klóríðstyrkurinn í lindunum bendir þó til þess, að grunnvatnsstraumurinn ofan að sé mun meiri en frensli frá úrkomunni.

Hjá Efri - Grímslæk greindist klóríð 6,6 ppm. Hugsanlega gætir þar truflunar vegna snjóleysingar og rigninga, en þess virðist þó lítt gæta í vatnshita. Önnur efni virðast lítt eða ekki trufluð af þessum völdum, nema hvað kísilstyrkur er e.t.v. ögn lægri en vænta mætti. Tilgreint gildi gæti því verið nærri marktæku fyrir grunnvatnið undan hlífðarbrekkunum. Úti á Hlíðarenda ætti sambærilegt gildi að vera nokkru hærra, en hins vegar eitthvað lægra inni hjá Riftúni. Á báðum stöðum eru gildin um 8 ppm. Það má túlka svo, að hálendisvatns af skaganum gæti minna inni hjá Riftúni, þar gæti einkum úrkomu á byggðafjöllin og Skálafell, en grunnvatnsstraumurinn ofan að hjá Hlíðarenda sé enn öflugri en hjá Efri - Grímslæk. Styrkur klóríðs er nokkru hærra hjá Bakka (um 10 ppm) og hjá Hrauni (um 12 ppm). Þar gætir úrkomu sennilega meira, einkum hjá Hrauni, en lindirnar þar spretta undan hraumbreiðu á láglandi. Styrkur klóríðs í borholu VA - 3 er samkvæmt þessu ekki óeðlilegur, svo nærri sjó sem holan er, ef grunnvatnsstraumurinn ofan að er öflugur á þeim slóðum.

Steinefni.

Natríum (Na) er næst styrkasta efnið í sjávarsalti, en jafnframt efni, sem leysist í nokkuð rísum mæli út úr bergi (Sigurður R. Gíslason 1985, 1991). Hér á eftir verður fjallað um natríumstyrk, leiðréttan fyrir hafrænan þátt í úrkomunni. Mestur er styrkur natríums hjá Hlíðarenda (um 6½ ppm), Efri - Grímslæk (um 5½ ppm) og í borholu VA - 3 (um 5 ppm). Annars staðar er styrkurinn 2½ - 4 ppm. Það eru algeng gildi við jaðar virku gosbeltanna. Hærra gildi benda til meiri gosrænna áhrifa, sem í þessu tilfelli má rekja til gosreinarinnar um Stóra - Meitil og Hellisheiði. Skýr sprungurein gengur þaðan suðvestur í Selvog og er gosreinin einkum við austurhlið hennar. Því má vænta natríumauðgaðs vatns, sem flæddi út úr sprungurein þessarri austanverðri. Í

vatnsbólum Þorlákshafnar er natríum (leiðrétt) um og yfir 3 ppm, sem þá bendir til nokkurrar blöndunar úrkomuvatns á hraununum við grunnvatnsstrauminn ofan að. Er þetta í samræmi við niðurstöðuna úr athugun á klóríðinu.

Súlfat (SO_4^{2-}) hefur svipaða dreifingu og natríum á svæðinu. Mestur er styrkur (leiðréttur) í borholu VA - 3 (um $4\frac{1}{2}$ ppm), en einnig hár hjá Hlíðarenda og Efri - Grímslæk (um 3 ppm). Annars eru gildin á bilinu $1\frac{1}{2}$ - $2\frac{1}{2}$ ppm. Þetta eru svipuð gildi og annars staðar undan fjallendinu (Kaldárbotnar, Heiðmörk, Þingvallavatn), en þar eru þau oftast 1 - 2 ppm. Leiðréttur súlfatstyrkur yfir 2 - 3 ppm fyrirfinnst einkum á virku gosbeltunum og benda því súlfatgildin einnig til útrennslis úr sprungureininni austanverðri. Háa gildið í VA - 3 gæti bent til hæsts hlutfalls grunnvatns úr sprungureininni á þeim slóðum. Í vatnsbólum Þorlákshafnar er súlfatstyrkurinn um $2\frac{1}{2}$ ppm, eða með hærra móti á láglandinu. Bendir það einnig til nokkuð hás hlutfalls grunnvatns ofan að í því vatni.

Magnesíum (Mg) er mjög háð vatnajarðfræðilegum aðstæðum. Lág gildi (leiðrétt) koma einkum fyrir í vatni úr djúpum og lokuðum veitum ("aquifers"), t.d. djúpt úr sprunguskörum eða úr þykkum jarðlagastöflum. Einnig koma lág gildi fyrir í grunnvatni frá háum og gróðursnaudum fjöllum. Há gildi koma hins vegar einkum fyrir, þar sem jarðhitaáhrifa eða gosrænna áhrifa gætir. Á Heiðmerkursvæðinu eru magnesíumgildin (leiðrétt) mörg um $\frac{1}{2}$ ppm en 1 - $1\frac{1}{2}$ ppm í vatni til Þingvallavatns. Á rannsóknarsvæðinu eru flest gildin á bilinu $1\frac{1}{2}$ - 2 ppm, sem bendir til nokkurrar íblöndunar úr sprungureininni. Hæstu gildin (um og yfir 2 ppm) eru hjá Hlíðarenda og VA - 3, sem bendir til uppruna vatns úr sprungureininni, en einnig þess, að það hafi ekki farið mjög djúpt í jörð í lokuðum veitum. Við Hlíðarvatn eru gildin lægri en $\frac{1}{2}$ ppm, sem bendir til djúpra veita. Hjá Efri - Grímslæk er gildið frekar lágt (innan við $1\frac{1}{2}$ ppm), en það, ásamt háu natríumgildi, gæti bent til áhrifa lokaðra veita á grunnvatnið. Í vatnsbólunum eru gildin 1,7 ppm, sem gæti bent til áhrifa grunnvatns frá VA - 3, en varlega verður að fara í slíka túlkun.

Kalsíumstyrkur (Ca) er háður klóríðstyrk og kolsýrustyrk og hefur að auki nokkra fylgni með súlfati. Þessi tengsl eru ekki nákvæmlega þekkt og því getur verið veruleg dreifing á leiðréttum kalsíumgildum. Gildin eru samt flest svipuð og á Heiðmerkursvæðinu, eða á bilinu $3\frac{1}{2}$ - $4\frac{1}{2}$ ppm. Há kalsíumgildi benda oft til gosrænna áhrifa, en hæsta gildið er í borholu VA - 3, um $5\frac{1}{2}$ ppm. Hátt gildi er einnig hjá Hlíðarenda (yfir $4\frac{1}{2}$ ppm), en lægstu gildin eru við Hlíðarvatn og hjá Riftúni, rúmlega 3 ppm. Þar gætir gosrænna áhrifa frá sprungureininni sennilega einna minnst. Í vatnsbólunum er kalsíumstyrkurinn rúmlega 4 ppm, sem rennir enn einni stöðinni undir verulega hlutdeild vatns svipaðs og hjá VA - 3.

Kolsýra og kísill.

Kolsýra (CO_2) er víðast um 20 ppm, sem er svipað og vænta má. Til muna minni er styrkur í vatni við Hlíðarvatn (11 - 12 ppm), sem bendir til djúps og lokaðs veitis. Meiri er styrkur í borholu VA - 3 (um 28 ppm), sem gæti bent til gosrænna áhrifa úr sprungureininni. Kísill (SiO_2) fylgir yfirleitt vatnshita nokkuð glögg. Minni styrkur getur bent til beinna áhrifa úrkomu. Á umræddu svæði er kísilstyrkurinn yfirleitt mjög nærri vatnshita (í °C) margfölduðum með stuðlinum 3, svo að sjaldan skeikar meiru en ± 1 ppm. Hjá Efri - Grímslæk og í borholu VA - 1 er kísilstyrkur e.t.v. með lægra móti, sem gæti bent til áhrifa úrkomu, en ekki er það glögg.

Vatnshiti og sýrustig.

Hiti grunnvatns er ýmsu háður. Uppruni hátt til fjalla veldur lágum hita en far djúpt í jörðu og jarðhitaáhrif valda háum hita. Hæstur er hitinn í borholu VA - 3 (6,0 °C), en annars er hann iðulega 5 - 5½ °C í lindunum undan hlífðarbrekkunum. Lægstur er hann úti við Hlífðarvatn, um 3,5 °C, sem bendir til uppruna á fjalllendum ofan við. Hjá Riftúni er hann rúmar 4 °C, en hjá Bakka tæpar 5 °C, sem gæti hvoru tveggja bent til tiltölulega líttilla áhrifa frá sprungureininni margumræddu. Athuga ber, að vatnshiti hefur verið mældur miklu víðar en sýni hafa verið tekin. Úti í Selvogi (í fjörulindum og fódraðri borholu) virðist vatnshiti vera nálægt 4,8 °C. Þar er líklegt að renni einkum fram vatn úr vesturhluta sprungureinarinnar, sem ekki þarf að hafa orðið fyrir jafnmiklum gosrænum áhrifum og austari hlutinn.

Sýrustig (pH) ræðst einkum af því, hvort veitar eru opnir eða lokaðir (Sigurður R. Gíslason 1985), en einnig nokkuð af styrk kolsýru. Hátt pH, þ.e. basískt vatn, bendir til lokaðra veita, en vatn með pH rétt yfir hlutleysismörkum bendir til opinna veita. Lindirnar við Hlífðarvatn hafa pH yfir 9, sem bendir til lokaðra veita. Hjá Hrauni er pH mælt 7,7, sem bendir til nokkuð opins veitis, líklega hraunbreiðunnar ofan lindanna. Í borholum VA - 1 og VA - 3 er pH rétt rúmlega 8, enda er þar komið út í opin hraunin. Hjá Efri - Grímslæk og Hlífðarenda er pH 8½ - 9, sem bendir til verulegra áhrifa lokaðra veita, líklega þeirra, sem veita fjallavatninu fram. Í vatnsbólunum er pH um 8,4, sem bendir til verulegs þáttar fjallavats og frekar líttillar opunar í hrauninu.

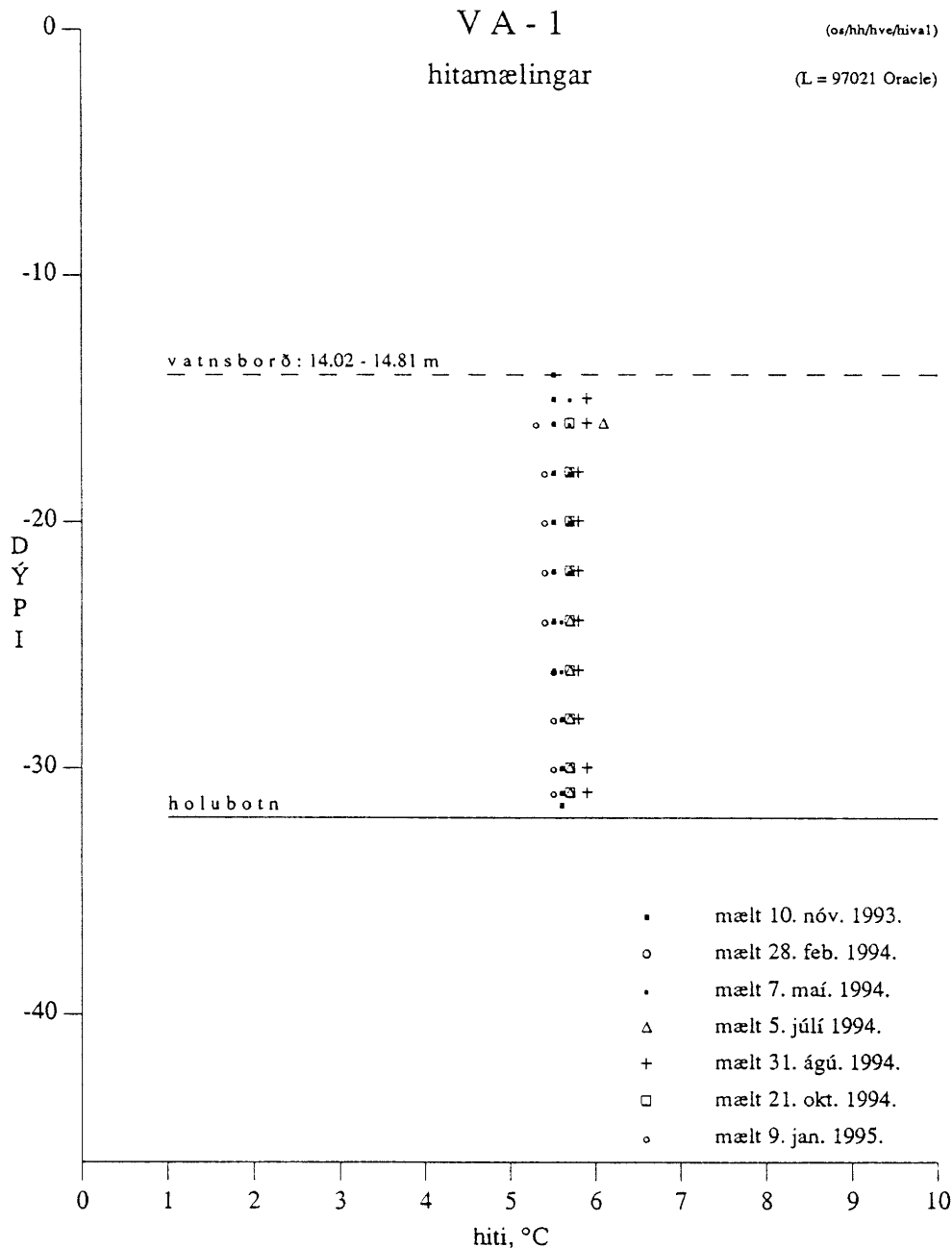
Samantekt.

Framangreind atriði má draga saman sem hér segir:

- Vatn við norðanvert Hlífðarvatn er komið í allmjög lokuðum veitum undan fjalllendum ofan við, þ.e. Heiðinni há og því svæði.
- Vatn í Selvogi rennur sennilega að eftir vesturhluta sprungureinarinnar, sem nær upp á Hellisheiði, en efnagreiningar vantar þaðan alveg.
- Vatn úr austurhluta sprungureinarinnar rennur út úr henni ofan við borholu VA - 3, en einnig niður í gegnum byggðafjöllin, þar sem það blandast þó staðbundnara vatni.
- Aðrennsli þessa grunnvatns er mikið til vatnsbóla Þorlákshafnar, vestur af byggðinni, en lítið til svæðisins umkringis borholu VA - 1. Þar virðist ekki vera mjög mikið grunnvatn á ferð, en greið útrás opnast hins vegar í Þorlákshöfn og vestur frá henni.
- Lindirnar hjá Hrauni virðast að verulega leyti fá vatn sitt frá úrkomu á hraunbreiðuna upp frá bænum.
- Hjá Riftúni og Bakka er útrennsli úr sprungureininni farið að gæta mun minna.

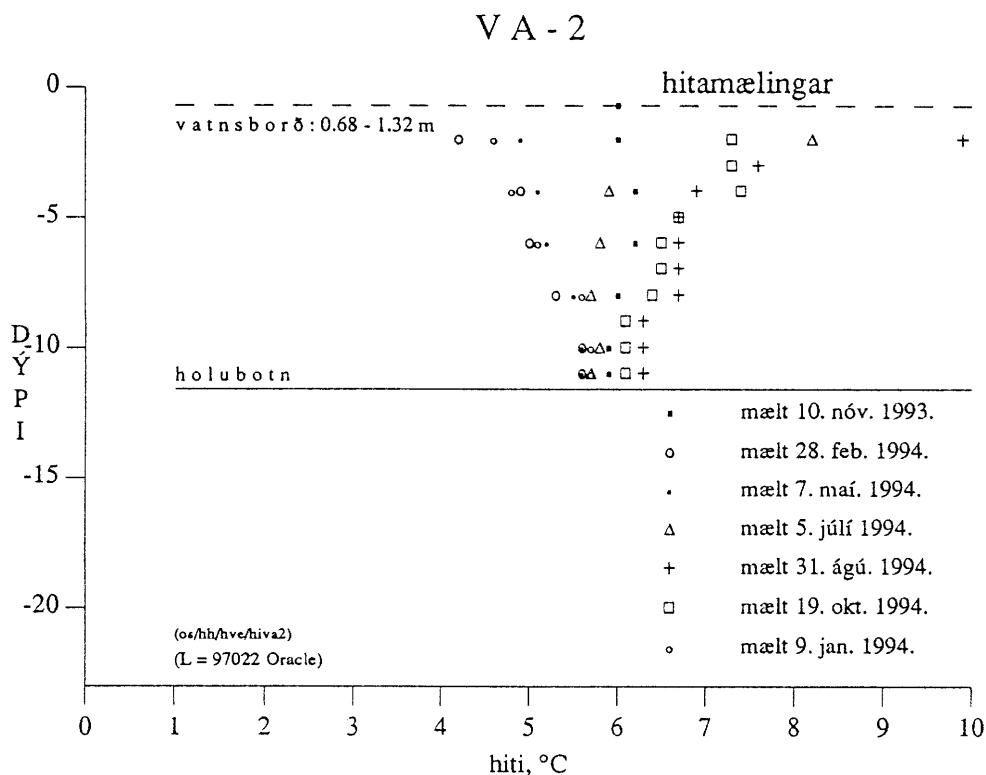
6. Hita- og seltumælingar í rannsóknarborholum

Á næstu síðum eru myndir af ferlum þeirra hitamælinga, sem gerðar hafa verið í rannsóknarholunum við Þorlákshöfn. Að jafnaði hefur verið mælt á um tveggja mánaða fresti, þannig að þær ættu að gefa sæmilega mynd af hitasveiflum í grunnvatninu.



Mynd 6.1 Hitamælingar í rannsóknarholunni VA - 1 við Þorlákshöfn

Árstíðabundnar hitabreytingar eru sáralitlar í grunnvatninu; 5,5 - 5,9 °C. Ferlarnir eru alltaf beinir og lóðréttir; lofthitinn hefur aðeins óveruleg áhrif á hita vatnsins, enda er alldjúpt niður á grunnvatnsyfirborð. Rafleiðni í vatninu mælist lág, eða á bilinu 84 - 89 μ S. Tekið var vatnssýni úr holunni til efnagreiningar 20. október 1994; sjá töflu 5.2. Jarðlagasnið af holunni er á mynd 7.1 hér á eftir og staðsetning á mynd 4.1.



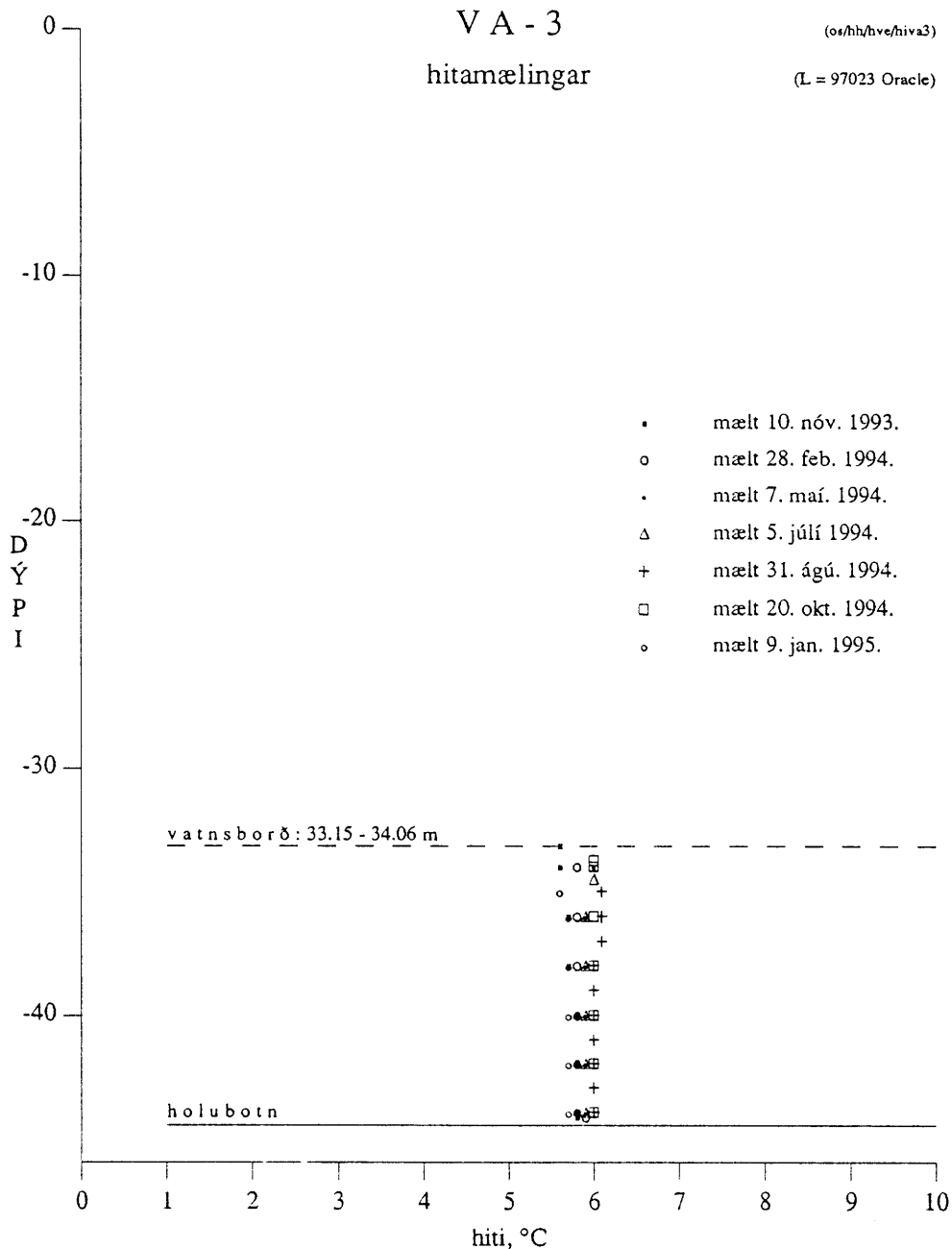
Mynd 6.2 Hitamælingar í rannsóknarholunni VA - 2 við Þorlákshöfn

Eins og sést hefur lofthiti veruleg áhrif á hitann í efstu metrum grunnvatnsins, enda er örgrunnt niður á vatnsborð í holunni. Þó að skammt sé til sjávar ber ekkert á breytingum af völdum særöks í vatninu; rafleiðni í því mælist vera á bilinu 87 - 91 μ S. Jarðlagasnið af holunni er á mynd 7.2 hér á eftir og staðsetning á mynd 4.1.

Samantekt um hita- og seltumælingar í rannsóknarholunum

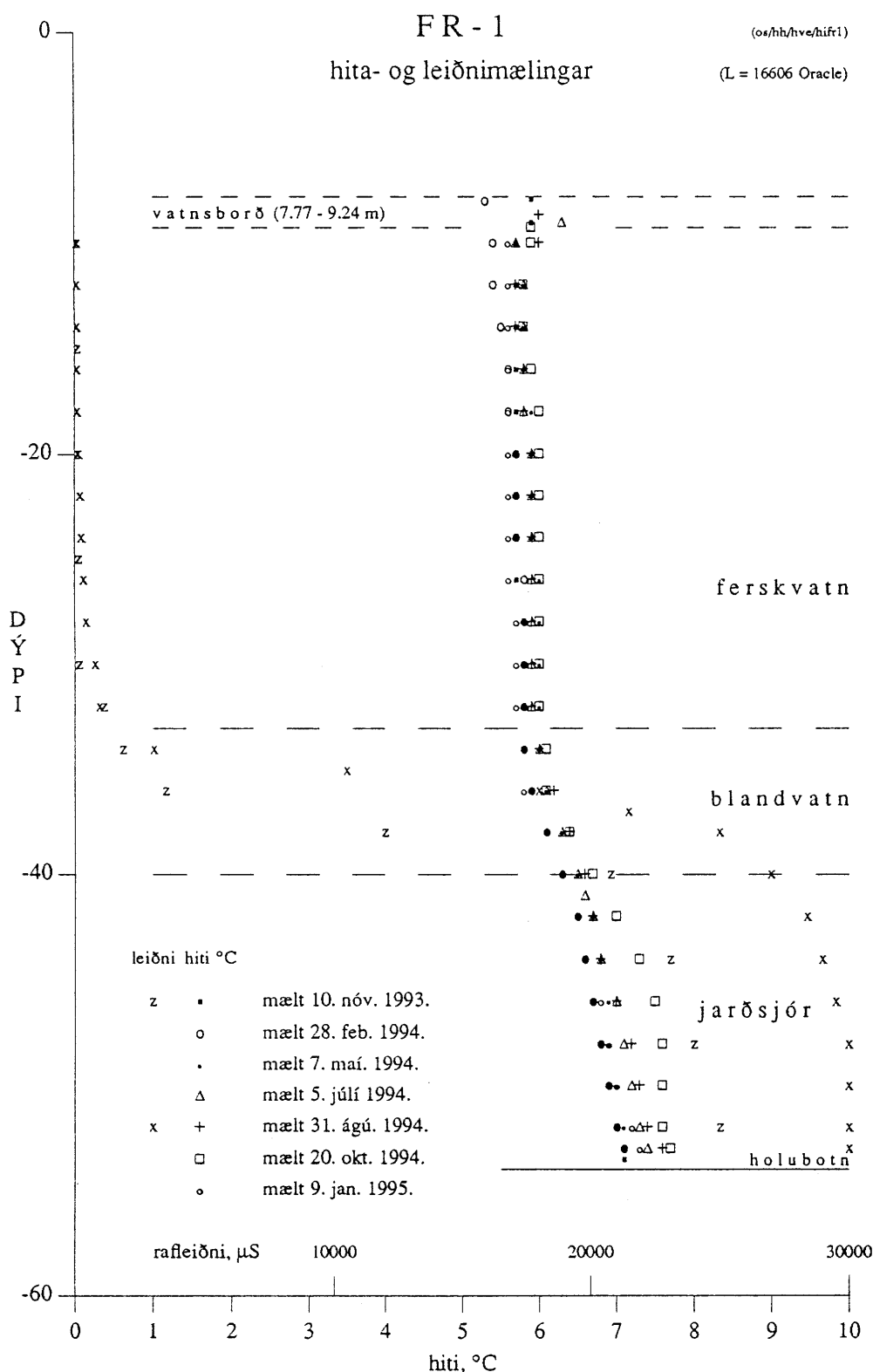
Í stuttu máli má draga eftirfarandi saman um niðurstöður hitamælinganna:

- Grunnvatnshiti mælist alla jafnan á bilinu 5.5 - 6.0 °C þar sem hann er ekki truflaður af árstíðabundnum lofthita (VA - 2) eða velgju neðan úr jarðsjónum (FR - 1).
- Í vatninu mælist ekki hitastigull, en það bendir til að vatnsleiðarinn sé vel lekur og að grunnvatnið í honum blandist vel.
- Rafleiðni er svipuð því sem við er að búast þar sem hvorki gætir seltu né kolsýru. Ekki gætir áhrifa sælðurs, eins og ef til vill mætti ætla vegna nálægðar við sjó, jafnvel ekki í VA - 2 við Hafnarskeið.
- Þykkt grunnvatnslinsunnar úti við sjó er rúmlega 30 metrar, þar af eru neðstu 10 metrarnir sjómengaðir. Undir grunnvatninu er jarðsjór.



Mynd 6.3 Hitamælingar í rannsóknarholunni VA - 3 við Þorlákshöfn

Hitabreytingar eru afar litlar í grunnvatninu, eða á bilinu 5,6 - 6,0 °C. Sumarhitinn hefur nær engin áhrif á grunnvatnshita, enda er djúpt niður á grunnvatnsborð. Hitaferlarnir eru alltaf beinir og lóðréttir. Rafleiðni í vatninu mælist lág, eins og jafnan í grunnvatni hér um slóðir, eða á bilinu 86 - 90 μ S. Tekið var vatnssýni úr holunni til efnagreiningar 20. október 1994; sjá töflu 5.2. Jarðlagasnið af holunni er á mynd 7.3 hér á eftir og staðsetning á mynd 4.1.



Mynd 6.4 Hita- og rafleiðnimælingar í rannsóknarholunni FR - 1 við Þorlákshöfn

Hitamælingarnar eru hver annarri líkar; hitinn efst í grunnvatninu er örflíð mismunandi eftir árstíðum, eins og við er að búast. Hann er svo nokkur jafn þar til komið er niður í jarðsjó. Hæstur mælist hitinn alveg neðst í holunni í október 1994, 7,7 $^{\circ}\text{C}$. Milli ferskvatnslinsunnar og jarðsjávar er tæplega 10 m þykk blandlag með ísöltu vatni. Full sjávarselta í jarðsjónum (hæsta leiðnigildi) næst á um 40 m dýpi. Jarðlagasnið af holunni er á mynd 7.4 hér á eftir og staðsetning á mynd 4.1.

7. Rannsóknarholur við Þorlákshöfn

Í borholuskrá Orkustofnunar eru ekki færri en 75 holur skráðar í Þorlákshöfn. Holur þessar gefa að sjálfsögðu afar mismunandi góðar upplýsingar um jarðfræði og vatnafar svæðisins, enda eru þær boraðar í ýmsum tilgangi og eru flestar grunnar. Langflestar eru þess utan á afar takmörkuðum svæðum í byggðinni, umhverfis höfnina og á athafnasvæðum fiskeldisstöðvanna. Af þessum sökum var það nauðsynlegt að bora nýjar mælingaholur til að gera mögulega þá rannsókn, sem hér er til umfjöllunar. Til að byrja með var ákveðið að bora tvær holur niður fyrir grunnvatnsborð úti í hrauninu norðan og vestan byggðarinnar og reyna að nota eldri holur niðri við ströndina til samanburðar.

Tafla 7.1. *Grunnvatnsmælingaholur við Þorlákshöfn*

Heiti holu	x hnit	y hnit	hæð * m y. s.	athugasemdir
FR - 1	660070.661	376216.914	11.967	við Fjörfiskstöðina í Keflavík
VA - 1	667478.398	380339.260	18.752	vestan gamla Þorlákshafnarvegjar
VA - 2	666023.196	378578.636	4.841	á Hafnarskeiði utan við Eim h/f.
VA - 3	671465.088	378740.315	38.958	milli Keflavíkur og Dimmadals

* : Hæðarkóti er miðaður við bæjarkerfi í Þorlákshöfn, sem er 1.90 m yfir kerfi Vegagerðarinnar.

Holan FR - 1 er rannsóknarhola, boruð 1988 vegna fiskeldisáforma í Keflavík.

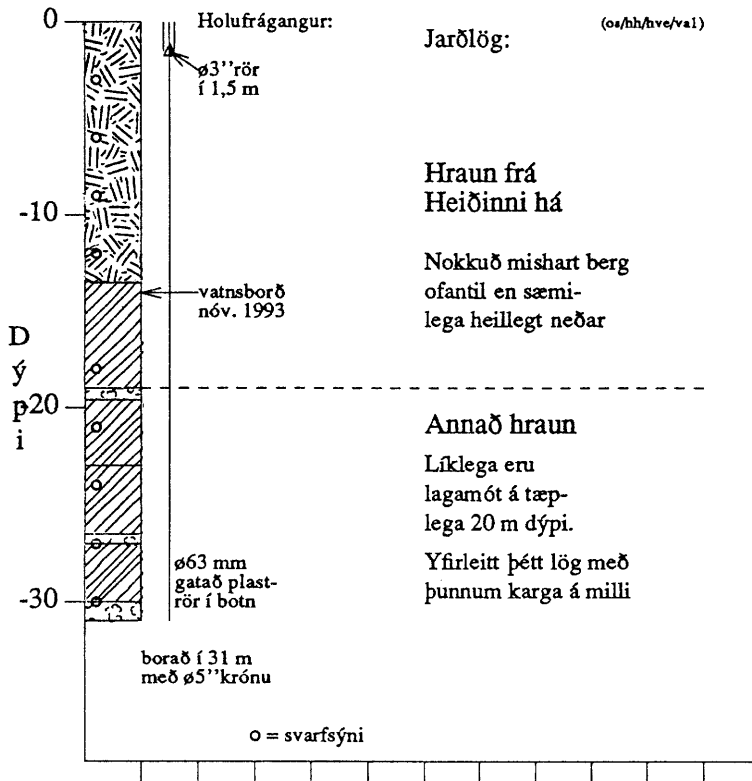
Holurnar VA - 1 og VA - 3 voru boraðar sérstaklega sem grunnvatnsmælingaholur snemma vetrar 1993.

Holan VA - 2 er væntanleg vinnsluhola vegna áforma um vökvun á Hafnarskeiði.

Þegar upp var staðið reyndust svo þessi tvö holupör gefa nægilega glöggar upplýsingar til að ákvarða halla grunnvatnsborðs og um leið stefnu grunnvatnsstrauma í höfuðdráttum. Holurnar glöggva einnig jarðfræðilegar hugmyndir manna. Upplýsingar um holufrágang og jarðfræðileg túlkun er á meðfylgjandi sniðum hér á eftir; sjá myndir 7.1 - 7.4.

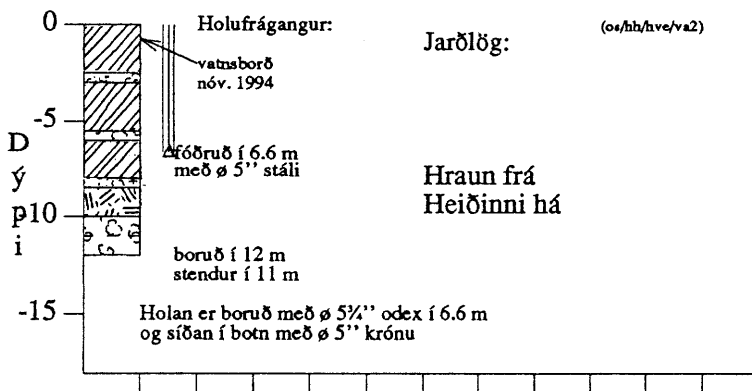
Hraunbreiðan, sem Þorlákshöfn stendur á, er runnin frá Heiðinni Há, en hún er mesta hraundyngja á Reykjanesskaga (Jón Jónsson 1978). Dyngjuhvírfillinn, Kerlingarhnjúkur, er við suðvesturenda Bláfjalla og þaðan hafa hraunstraumar runnið til allra átta. Hraunið breiðir úr sér á svæðinu milli Hlíðarvatns og Geitafells og hefur runnið beggja vegna við Selvogsheiði. Það nær í sjó fram milli Þorlákshafnar og Bjarnarvíkur, sem er um 11 km vestar. Á láglandinu virðist hraunið vera um og yfir 20 m þykkt (sjá borholusnið VA - 1 og VA - 3). Það er alla jafnan nokkuð beltótt; skiptast á heilleg lög og kargakennd. Það virðist hafa runnið við dálítið lægri sjávarstöðu en nú er og verður þess vart í borholum næst ströndinni. Efst í rannsóknarholunni FR - 1 í Keflavík er traust, lagskipt hraun, sannanlega runnið á þurru landi, en u. þ. b. 4 m undir núverandi sjávarborði fer að bera á bólstrabergsmulningi, sem skömmu neðar verður alls ráðandi. Þetta er sá hluti hraunsins, sem runnið hefur í sjó fram og storknað neðansjávar (Kristján Sæmundsson og Björn A. Harðarson 1988). Hraunið hefur runnið yfir eldri fjöru og út á töluvert dýpi; holan í Keflavíkinni nær ekki niður úr bólstraberginu á 57 m dýpi (sem er u. þ. b. 47 m neðan við núverandi sjávarmál, sjá snið FR - 1). Austar á ströndinni, á athafnasvæði Smára h/f, var borað niður úr bólstraberginu á 58 m dýpi (Ólafur G. Flóvenz o.fl. 1988).

Vestan til hylur hraunið frá Heiðinni há eldra hraun, sem runnið hefur frá Selvogsheiði. Gert er ráð fyrir að þetta hraunlag komi fram á um 25 m dýpi í holunni VA - 3 (sjá snið á mynd 7.3), en ekki er verulegur munur á þessum hraunstraumum, a. m. k. vatnsleiðnieiginleika varðar. Í VA - 1 eru einnig hraunlagamót á um 20 m dýpi, en ekki verður úr því skorið hvaða hraun það er, sem þar er komið í.



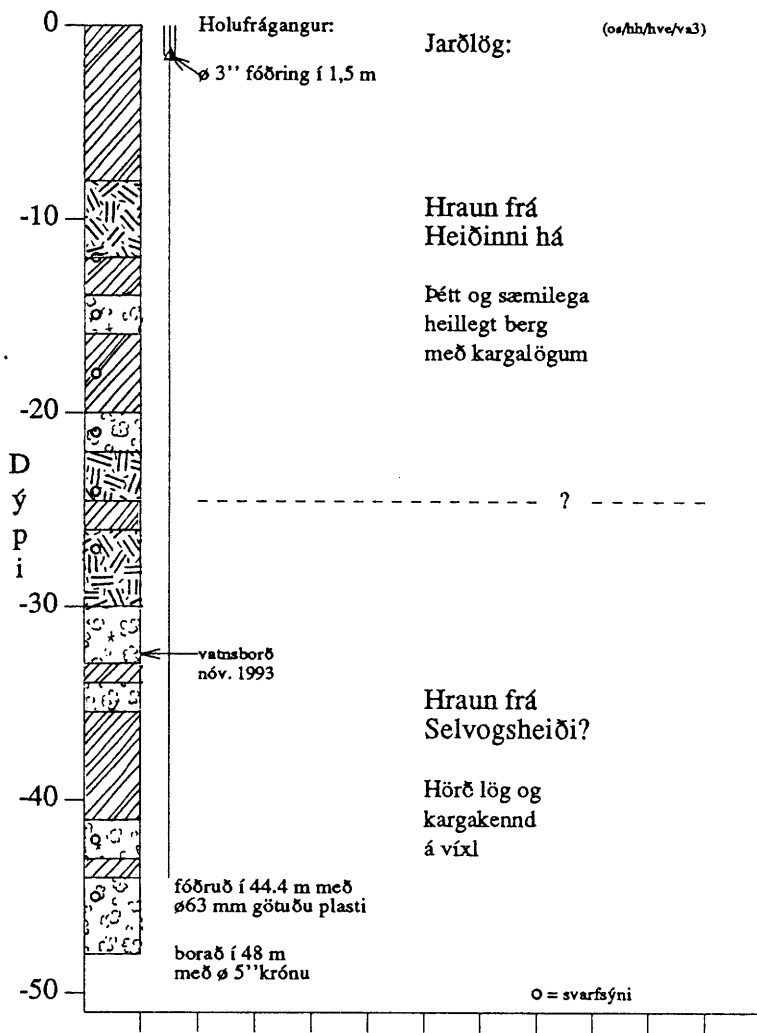
Mynd 7.1. Jarðlagasnið og frágangur rannsóknarholunar VA - 1

Holan VA - 1 (# 97021) er steinsnar vestan við gamla Þorlákshafnarveginn. Boruð 2. nóvember 1993 með bor Ræktunarsambands Flóa og Skeiða. Hnit; 667478.398, 380339. Hæð; 18.752 m y.s. (hæðarkerfi Þorlákshafnar) Skýringar við jarðlagasniðið eru undir mynd 7.3.



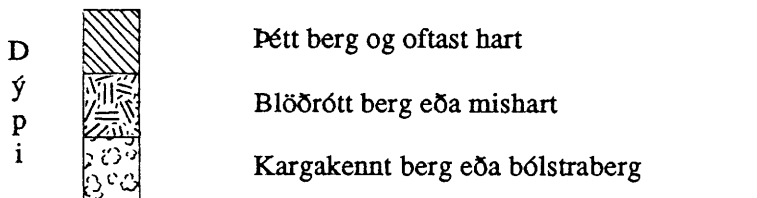
Mynd 7.2. Jarðlagasnið og frágangur rannsóknarholunar VA - 2

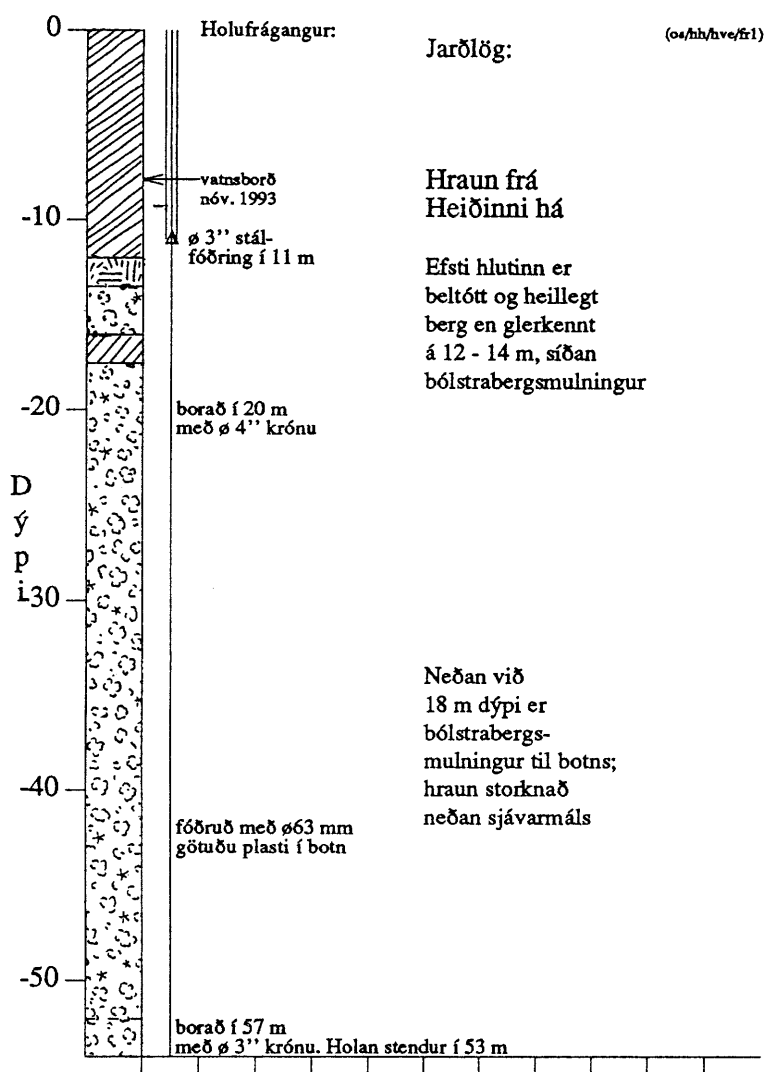
Holan VA - 2 (# 97022) á Hafnarskeiði nærri verksmiðju Eims h/Æ. Boruð 3. nóvember 1993 með bor Ræktunarsambands Flóa og Skeiða. Hnit; 666023.196, 378578.635. Hæð; 4.841 m y.s. (hæðarkerfi Þorlákshafnar) Skýringar við jarðlagasniðið eru undir mynd 7.3.



Mynd 7.3. Jarðlagasnið og frágangur rannsóknarholunar VA - 3
 Holan VA - 3 (# 97023) í hrauninu upp af Keflavík, neðan Dimmadals.
 Boruð 4. nóvember 1993 af bor Ræktunarsambands Flóa og Skeiða.
 Hnit; 671465.088, 378740.315. Hæð; 38.958 m y.s. (hæðarkerfi Þorlákshafnar)

Skýringar við borholusniðin





Mynd 7.4. Jarðlagasnið og frágangur rannsóknarholunar FR - 1

Holan FR - 1 (# 96809) er rétt austan við Fjörfisk-stöðina í Keflavík.

Boruð 1. febrúar 1988 m með jarðbor Ræktunarsambands Flóa og Skeiða vegna rannsóknar á þykkt ferskvatnslags og ástandi jarðsjávar.

Hnit; 669970.661, 376216.914. Hæð; 11.967 m y.s. (hæðarkerfi Þorlákshafnar)

Skýringar við jarðlagasniðið eru við snið af holunni VA - 3.

8. Grunnvatnshæð og -halli við Þorlákshöfn

Í töflu 7.1 hér að framan voru raktar rannsóknarholurnar við Þorlákshöfn. Athygli er enn vakin á því að uppgefinn hæðarkóti þar er samkvæmt bæjarkerfinu í Þorlákshöfn, en það liggur töluvert herra en ef miðað væri við raunverulegt meðalsjávarmál. Til þess að forðast rugling, er þessum hæðartölum haldið í töflum og umfjöllun, þó svo að vitað sé að þarna skeiki næstum tveim metrum.

Í töflu 8.1 hér á eftir eru dregnar saman einstakar grunnvatnshæðarmælingar, sem gerðar voru í athugunarholunum á rannsóknartímabilinu. Hér er mælitölunum, það er að segja "dýpi á vatn", breytt í kóta, þannig að þær verði innbyrðis samanberanlegar í hæðarkerfi Þorlákshafnar. Eins og fram kemur í næsta kafla, getur verið töluverður munur á vatnshæð í holunum eftir því hvernig stendur á sjávarföllum. Þess vegna er tífundað svo skilmerkilega hvað klukkan var þegar mælt var.

Mynd 8.4 er síðan teiknuð á grundvelli talnanna úr töflu 8.1. Á myndinni er sýnd grunnvatnsstaðan þann 10. nóvember 1993, en þann dag tókst næstum því að mæla grunnvatnshæð í holunum á sama klukkutímanum. Þó svo að hæðarmunur vatns í enistöskum holum sé nokkuð mikill þennan einstaka dag, þá er álitid að bjögun vegna áhrifa sjávarfallanna sé í lágmarki. Vel hefði mátt hugsa sér að leiðréttá þessar mælitölur með tilliti til sjávarfalla, þar sem taftími bylgjunnar og dempun er þekkt að einhverju leyti (sjá næsta kafla). Hætt er þó við að slíkir umreikningar myndu valda nýjum óvissuþáttum, sem erfitt gæti reynst að henda reiður á.

Þann 10. nóvember 1993 var háflóð við strönd kl. 14:45 en mælingalotan hófst rétt rúmlega klukkustund síðar. Þá hafði flóðið rétt náð hámarki í holunni FR - 1, en í þeirri rannsóknarholu gætir fallanna mest (sjá kafla 9). *Að teknu tilliti til þessa er hægt að fullyrða, að halli grunnvatnsborðsins, eins og hann er sýndur á mynd 8.4 er lágmarkshalli, því hugsanlega gæti vatn staðið allt að metra lægra í FR - 1 á fjöru.* Þetta breytir þó ekki heildarmyndinni að öðru leyti

- Fjarlægð milli VA - 3 og FR - 1 er 2932 m og vatnshæðarmunur í holunum títtnefndan athugunardag $\Delta h: 5.81-4.10 = 1.71$ m. Grunnvatnshalli i er því: $6 \cdot 10^{-4}$.
- Fjarlægð milli VA - 1 og VA - 2 er 2284 m og vatnshæðarmunur í holunum athugunardaginn $\Delta h: 4.73-4.16 = 0.57$ m. Grunnvatnshalli i er helmingi minni: $3 \cdot 10^{-4}$.
- Fjarlægð milli VA - 3 og VA - 1 er 4296 m og vatnshæðarmunur í holunum athugunardaginn $\Delta h: 5.81-4.73 = 1.08$ m. Grunnvatnshalli i er álfka mikill: $3 \cdot 10^{-4}$.
- Vatnsborð í VA - 2 og FR - 1 stendur álfka hátt.

Í aftasta dálkinum í töflu 8.1 er sérstaklega sýndur vatnshæðarmunur í VA - 1 og VA - 3. Í þessum holum gætir sjávarfallanna lítið og sýna þær því "ótruflaða" vatnshæð betur en hinar. Í þeim fáu mælingum, sem hægt er að bera saman, sést, að vatnshæðarmunur í þeim er jafnan á bilinu 0,84 - 1,08 m. Að óreyndu hefði mátt ætla að vatnsborð væri álfka hátt, þar sem fjarlægð frá þeim til sjávar er svipuð.

Tafla 8.1. Grunnvatnshæð í borholun við Þorlákshöfn

Dagsetning	klukkan	VA - 1	VA - 2	VA - 3	FR - 1	Δh VA-3 - VA-1
93.11.10	16:00				4.10	1.08
	16:20			5,81		
	17:00		4.16			
	17:17	4.73				
93.12.16	11:07				3.83	
	13:30				2.96	
	14:11	4.64				
94.02.28 *1	10:48				3.53	
	12:09			5.40		
	16:28			5.42		
	21:21				4.20	
	22:00		4.05			
94.05.07 *2	15:15	4.25				1.03
	17:33		3.86			
	17:50				3.97	
	18:32			5.28		
94.07.05	17:10		3.58		0.97	
	17:30				3.66	
	18:15			4.90		
	20:05	3.93				
94.08.31	11:05	3.93				0.97
	11:30		3.52			
	12:00				3.32	
	13:10			4.90		
94.10.19 *3	15:20		3.79			
	16:00		3.82			
	16:45		3.86			
94.10.20	10:37		3.90			0.84
	11:44	4.38		5.22		
	14:03				2.73	
	15:34		3.77			
94.10.21 *4	11:25		3.93			
	14:27	4.43				
94.10.24 *5	09:39		3.98			
	10:40		3.97			
	12:00	4.42				
95.01.09 *6	11:00		3.83			0.84
	11:15	4.34				
	11:52				3.66	
	12:30			5.18		

*1 Fleiri mælingar voru gerðar í VA - 3 og FR - 1 þennan dag.

*2 Settur upp sífritandi þrýstiskynjari frá Huguínu í VA - 1. Mælir á stundarfresti til 13. ágúst

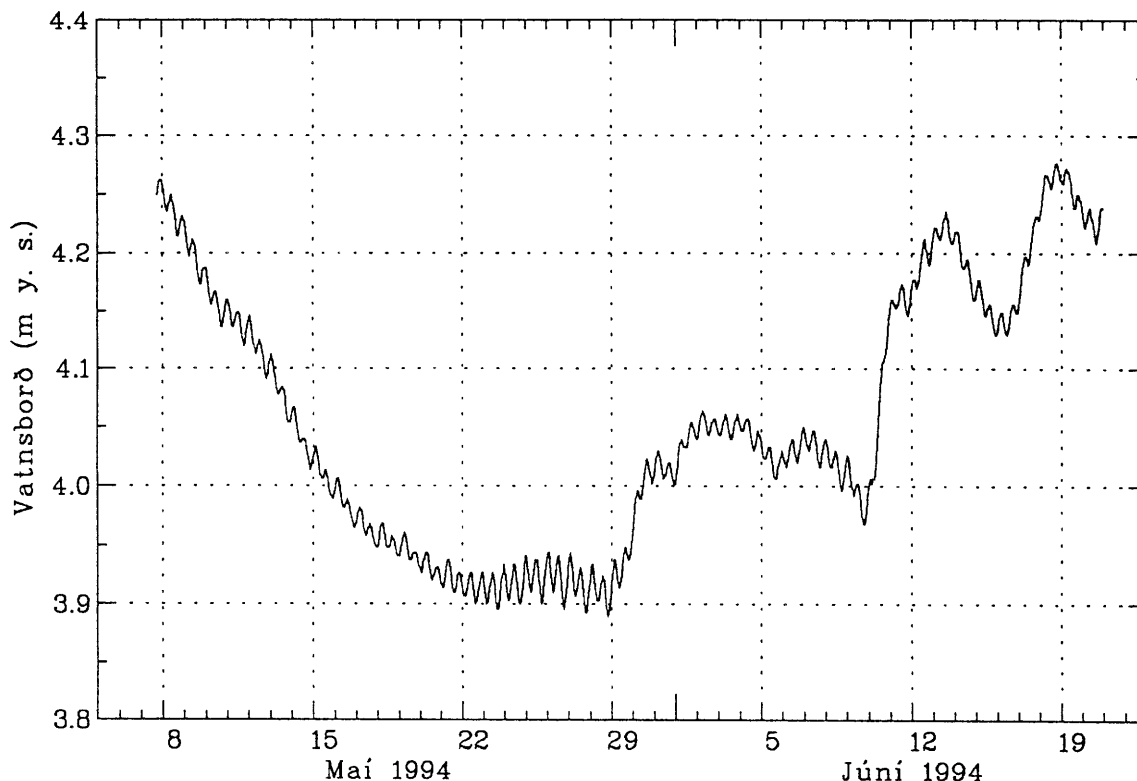
*3 Sífritun hefst í VA - 2. Sífritað 19. - 24. okt. '94

*4 Gögn úr Huguínarsírita gölluð 19. - 24. okt. '94 vegna bilunar

*5 Sífriti mælir vatnshæð í VA - 1 á klukkustundarfresti til 9. jan. '95

*6 Huguínarsífriti tekinn upp; mælingum lokið.

7 Mar 1995 PA
tp V2.1



Mynd 8.1.

Vatnsborðsbreytingar í holunni VA - 1 frá 7. maí til 20. júní 1994.

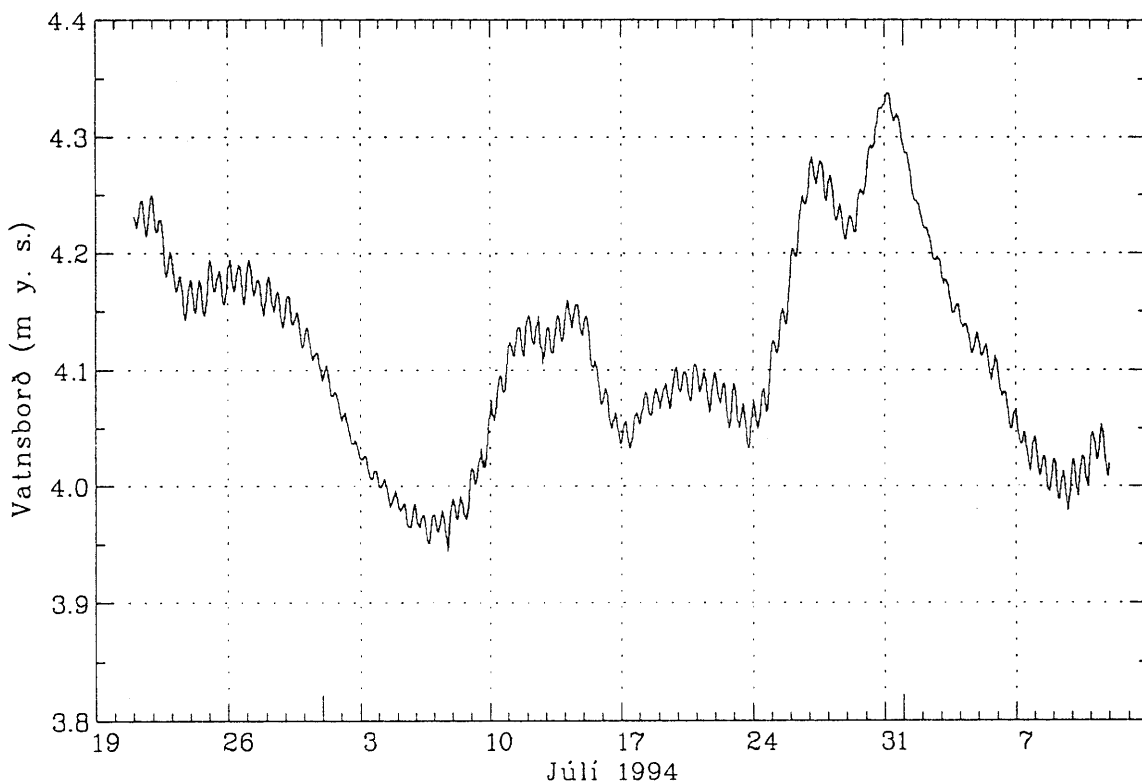
Myndirnar 8.1, 8.2 og 8.3 sýna grunnvatnshæð í holunni VA - 1 eins og hún var skráð með síritandi þrýstiskynjara, sem settur var í holuna í maí 1994. Raunar gekk skráningartækið skrykkjótt; rafhlöður þess eyddust óeðlilega hratt þannig að samfelld skráning náðist ekki. Eigi að síður fæst nokkur mynd af þeim vatnsborðssveiflum, sem við er að búast á svæðinu.

Á myndunum sjást áhrif sjávarfalla glögg. Þessar breytingar eru alla jafnan 2 - 4 cm og mismiklar eftir því hvort straumur er stór eða smár. Síritun hófst þann 7. apríl og eins og sést á mynd 8.1 lækkar vatnsborð jafnt og þétt út mánuðinn, enda kemur í ljós við samanburð við úrkomumælingar Veðurstofunnar, að sáráltil úrcoma hefur verið það tímabil, eða allt fram til 30. maí. Þá rignir mikið og það kemur umsvifalaust fram í vatnshæð í holunni, eins og nánar verður vikið að í næsta kafla.

Svipaða sögu er að segja um aðrar snöggar vatnsborðshækkunarir, sem fram koma á myndunum. Breytingar vegna úrkomu virðast yfirgnæfa hægari vatnsborðssveiflur, til dæmis af völdum leysinga og úrkomu á hálendari svæði vatnasviðsins, sem skilar sér mun síðar til niður á láglengið, þar sem mælistaðurinn er.

Samband úrkomu og vatnshæðar virðist fljótt á litið vera afar náíð, en úrkomumælingar í Reykjavík þurfa á hinn bóginn alls ekki að vera lýsandi fyrir úkomuna á vatnasvæði grunnvatnsstraumsins við Þorlákshöfn. Þess vegna er ekki að svo stöddu með góðu móti hægt að greina sundur hvaða breytingar eru af völdum leysinga og staðbundinnar úrkomu og hverjar eru vegna aðrennslis frá hærri hluta ákomusvæðisins. Auk þess spanna mælingarnar ekki nema stutt tímabil.

7 Mar 1995 ÞA
tp V2.1



Mynd 8.2.

Vatnsborðsbreytingar í holunni VA - 1 frá 20. júní til 13. ágúst 1994.

Eins og fram kemur á myndunum eru vatnsborðsbreytingar töluverðar og fljótar að eiga sér stað. Sé hins vega litið á mánaðarleg meðaltöl, verða öfgarnar minni. Samkvæmt töflu 8.2 ætti búast við að vatnsborð sé hæst fyrri hluta vetrar.

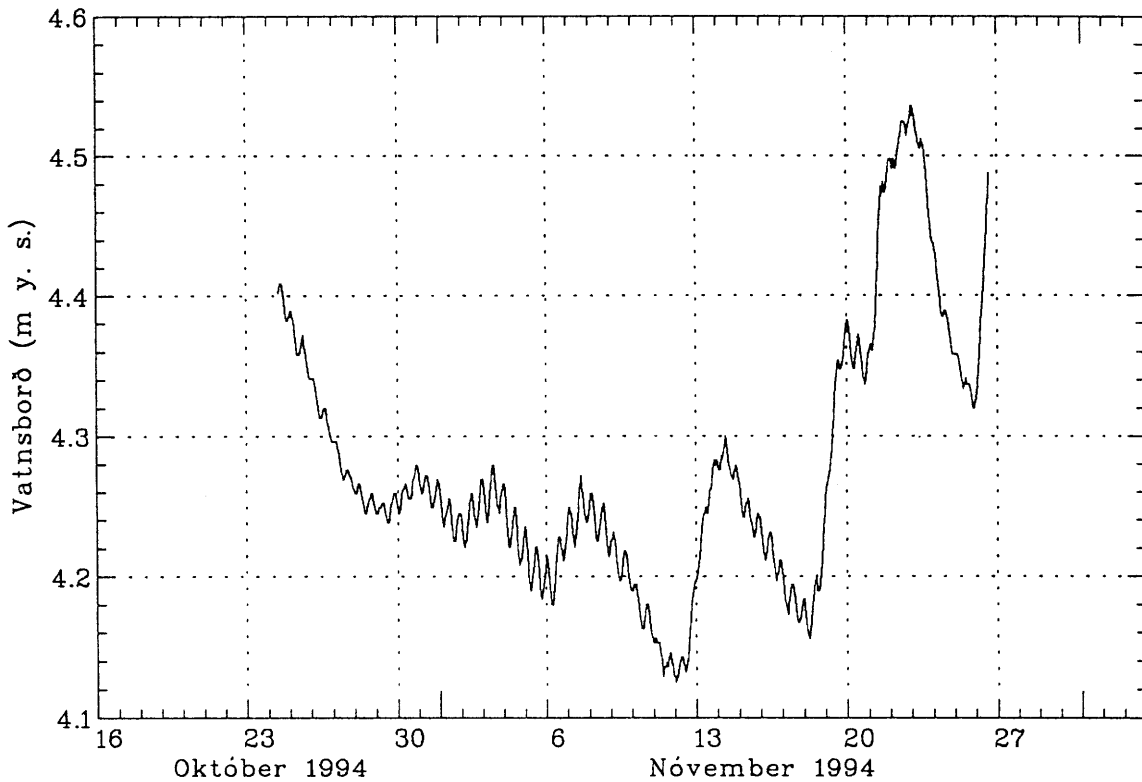
Tafla 8.2 Meðalvatnshæð í holunni VA - 1 í sex mánuðum ársins 1994

Mánuður	Vatnsborð	Mánuður	Mánuður
maí	4.01	júní	4.14
júlí	4.10	ágúst	4.10
október	4.29	nóvember	4.27

Miðað er sem jafnan fyrr við hæðarkerfi Þorlákshafnar. Tölurnar eru meðaltöl mælinga í hverjum almanaksmánuði, en sjaldnast er þó um heilan mánuð að ræða. Síritun hófst 7. maí 1994 og var mælt allan júní og allan júlí fram að 13. ágúst. Síðan var mælt frá 24. október til 26. nóvember.

Eins og sýnt er í töflu 8.1 er vatnsborð alla jafnan tæpum metra hærra í VA - 3 en í VA - 1. Jafnframt er halli grunnvatns frá VA - 3 í átt að VA - 1 (þ. e. samsíða ströndinni) helmingur þess sem hann mælist í átt að FR - 1 (í átt til sjávar). Af þessum strjálu vatnsborðsmælingum í VA - 3 er það eitt að ráða, að þar stendur vatn að meðaltali 96 ± 12 cm hærra en í VA - 1. Ekki þykir ástæða til annars en að ætla að vatnsborðssveiflur séu með svipuðum hætti í VA - 3 og VA - 1.

7 Mar 1995 ÞA
tp V2.1



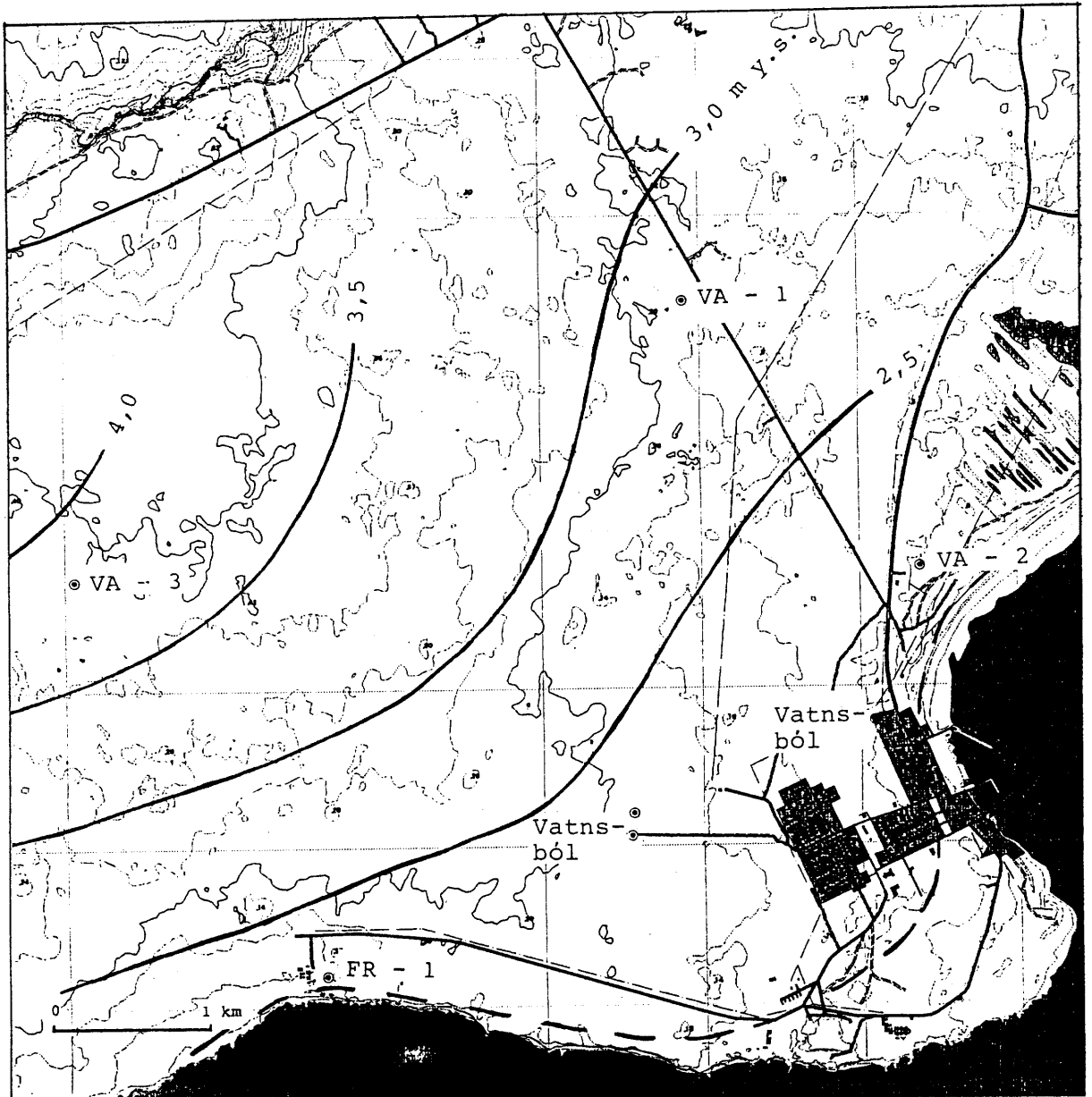
Mynd 8.3.

Vatnsborðsbreytingar í holunni VA - 1 frá 24. október til 26. nóvember 1994.

Grunnvatnsstraumar við Þorlákshöfn

Mynd 8.4 er dregin upp eftir mælitölum frá 10. nóvember 1993 að rétt nýliðnu háfóði, eins og fyrr segir. Hún lýsir því einungis því ástandi, sem þá var. Samt sem áður teljum við hana gefa ágæta mynd af því, hvernig lega grunnvatnsborðsins norðan og vestan við Þorlákshöfn er að staðaldri. Svæðið takmarkast að sjálfsögðu við þann ferning, sem rannsóknarholurnar fjórar afmarka.

- Meginstraumur grunnvatns er úr norðvestri. Austantil á svæðinu liggur "laut" í grunnvatnsborðið til norðurs. Grunnvatn virðist eiga greiðari framrás eftir þessari laut og til sjávar austanvert við Hafnartangann.
- Líkur benda til að vatnsleiðni hraunsins í "lautinni" sé tvöfalt meiri en á svæðinu vestanverðu. Austan hennar er einnig töluvert þéttara jarðlag (Hafnarskeið). Meginstreyminu er því beint inn á hafnarsvæðið í bænum.
- Auk vatns úr meginstraumun, leitar vatn úr norðri framrásar eftir "lautinni" Þetta vatn er að hluta vatn úr Breiðabólstaðalæk og lindum við Hlíðarenda, sem sigið hefur ofan í hraunið niður undan Litlalandi. Það er staðfest með efnagreiningu á vatni úr holu VA - 1, sem sker sig dálftið frá vatni úr FR - 1 og vatnsbóli bæjarins.
- Aðskildar niðurstöður efnagreininganna annars vegar og grunnvatnsmælinga hins vegar styðja hér hvorar aðra eins og best verður á kosið.



Mynd 8.4. Grunnvatnshæð við Þorlákshöfn

Sýndar eru jafnhæðarlínur grunnvatns. Þær eru teiknaðar eftir mælingum í rannsóknarholunum þann 10. nóvember 1993. Hér er miðað við hæðarkerfi Vegagerðarinnar (V.r. Suðurland) en ekki bæjarkerfi Þorlákshafnar eins og annarsstaðar í þessari skýrslu. Þannig fæst væntanlega trúverðug mynd af legu vatnsborðsins miðað við meðalsjávarmál. Af myndinni má ráða, að vatnsholan við Unubakka fái að mestu vatn sitt úr norðri, meðan aðrennsli til aðalvatnsbólsholanna er úr norðvestri. Það er í samræmi við niðurstöður efnagreininga á vatni úr VA - 1 og aðalvatnsbóli (sjá töflu 5.2).

9. Sjávarfallamælingar

Þegar núverandi vatnsbólsholur voru teknar í notkun árið 1975, var framkvæmd í þeim töluvert ítarleg þrúfudæling til að kanna afkastagetu þeirra. Marktæk niðurstaða fékkst hins vegar ekki vegna þess, að þrátt fyrir að dælt væri meira en 50 l/s úr syðri vatnsbólsholunni, var lækkun vegna dælingarinnar vart mælanleg. Þá mældust breytingar á vatnshæð í holunni í takt við sjávarföllin við ströndina og mátti reikna lekt jarðlagsins milli holu og hafs eftir þeim (Björn Jóhann Björnsson, 1977). Útreikningar sýndu að hraunið var mjög lekt og þurfti sú niðurstaða ekki að koma á óvart.

Tafla 9.1 Nokkrar einkennisstærðir sjávarfallamælinga í holum við Þorlákshöfn.

Fallamæling 1. júlí 1975.

- Fjara við strönd var kl. 5:00 og flóð kl. 11:05 og fjara á ný kl 17:30. Hæðarmunur flóðs og fjöru var sem næst 1,4 m.
- Flóð varð í vatnsbólsholunni 1½ klukkutíma síðar og mældist sveiflan 13,5 cm, sem er 10% af sjávarfallasveiflunni í sjónum.

Fallamæling 28. febrúar 1994.

- Fjara við strönd var kl. 13:32 og flóð kl. 19:39. Hæðarmunur flóðs og fjöru var sem næst 3,4 m, enda stórstreymt.
- FR - 1: Fjara var kl. 14:28 (9,68 m á vatn) og flóð kl. 20:35 (7,72 m á vatn). Seinkun fallabylgjunnar er 56 mínútur, sveiflan mældist 1,96 m, eða 58% af fallasveiflunni.
- VA - 3: Flóð er sennilega milli kl. 15 og 16 (33,54 m á vatn) og líklega var fjaran eftir kl 20 (33,57 m á vatn). Seinkun fallabylgjunnar er mjög óviss, en hugsanlega 7 - 8 klukkustundir. Sveiflan mældist aðeins 3 cm, sem þýðir að einungis tæplega 1% af fallasveiflunni kemur fram.

Fallamæling 24. október 1994.

- Flóð var við ströndina var kl. 8:10 og fjara kl. 14:26. Hæðarmunur flóðs og fjöru var 2,1 m.
- VA - 2: Flóð var kl. 10:40 (0,87 m á vatn) en fjaran áður var kl. 20:35 (1,05 m á vatn). Seinkun fallabylgjunnar er 2½ klukkutími, sveiflan mældist 18 cm, eða 16% af fallasveiflunni.
- VA - 1: Flóð er sennilega kl. 15:00 (14,34 m á vatn) og seinkun fallabylgjunnar er tæpar 7 klukkustundir. Sveiflan mældist rúm 2 cm, sem þýðir að 1% af fallasveiflunni mælist í holunni.

Gildin fyrir sjávarfallahæð í Þorlákshöfn eru eftir töflum Sjómælinga Íslands (Sjávarföll við Ísland 1975 og 1994). Upplýsingar um einkenniölur mælinganna 1975: Björn Jóhann Björnsson 1977.

Það þótti þó vera ástæða til að endurtaka sjávarfallamælingar á svæðinu samhliða þeim athugunum, sem hér eru til umfjöllunar. Með því að mæla töf og dempun sjávarfallabylgjunnar milli tveggja holupara minnkar hættu á skekkju, sem óhjákvæmilega er á mældri og áætlaðri sjávarhæð við ströndina.

Í febrúarlök 1994 var mælt í vestara holuparinu, FR - 1 og VA - 3. Notaður var handmælir og ekið í hasti fram og til baka milli holanna frá morgni til kvölds. Vegna þess hve sjávarfallanna gætir lítið í VA - 3, reyndist vera fulllangt milli mælinga og þótti ástæða til að endurtaka aðgerðina með sítitandi mæli.

Það var svo gert í hinu holuparinu, VA - 2 og VA - 1 í október 1994. Þá var skráð ein heil bylgja (flóð - fjara) í báðum holunum, en bilanir í söfnunartækinu og ört hækkandi grunnvatnsborð á svæðinu spilltu fyrir mælingu yfir lengra tímabil.

Mælingar á sjávarföllum í borholum miða að því að fá hugmynd um vatnsleiðni þeirra jarðlaga sem holan er boruð í. Annars vegar er seinkun fallabylgjunnar mæld, þ.e. hversu munar á flóði og fjöru í holunni miðað við sjóinn úti fyrir. Hins vegar er dempun sjávarfallanna mæld. Þetta hlutfall má reikna á tvo vegu:

Reiknað er hlutfallið T/S þar sem T er leiðni (transmissivity) en S er geymd (storage coefficient).

Samkvæmt dempun bylgjunnar [D]:

$$\frac{T}{S} = \left(\frac{x}{\ln \frac{h_x}{h_0}} \right)^2 \cdot \frac{\pi}{t_0}$$

Samkvæmt seinkun hennar [S]:

$$\frac{T}{S} = \left(\frac{x}{t_1} \right)^2 \cdot \frac{t_0}{4\pi}$$

Niðurstöður úr þessum þremur mæliotum eru dregnar saman í töflu 9.2 hér á eftir og eins og sést er dálftill munur á niðurstöðunum innbyrðis. Þessi munur er þó mun minni en oft fæst við svona mælingar og hér er jafnvel hægt að útskýra í hverju hann liggur. Það gefur ástæðu til að ætla að töluvert mark sé takandi á þeim þegar allar koma saman. Yfirleitt er samband jarðlaganna við hafið eitthvað flóknara en forsendur lókinganna. Hugsanlega veldur munur á lóðréttri og láréttri leiðni í berginu einhverju þar um. Þá má einnig ætla að fjarlægð frá sjó sé vanmetin og að réttara sé að miða hana við hraunkantinn úti í sjó en flæðarmálið sjálft. Sömu leiðis er við því að búast að virk groppa og þá um leið vatnsleiðni, sé dálftið mismikil eftir svæðum, enda er hún fyrst og fremst háð því hversu mikið er af kargakenndum millilögum á hverjum stað. Af þessu leiðir að rétt er að horfa á niðurstöðurnar með hæfilega gagnrýnu hugarfari.

Tafla 9.2 Niðurstöður sjávarfallamælinga við Þorlákshöfn

tákn	sjór- v. bó1*1	sjór- FR - 1*2	sjór- VA - 3*2	FR - 1 VA - 3*2	sjór- VA - 2*3	sjór- VA -	VA - 2 1*3
x	1500	100	3000	2932	500	2800	2284
t ₀	45000	45000	45000	45000	45000	45000	45000
t ₁	12600	3360	32160	28800	9000	24600	15600
h _x	0.14	1.96	0.03	0.03	0.18	0.02	0.02
h ₀	1.35	3.4-	3.4-	1.96	2.1-	2.1-	0.18
T/S [D]	29.6	2.3	26.8	34.4	2.9	25.8	73.5
T/S [S]	50.7	2.8	31.2	37.1	11.1	46.4	76.7
S	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
T [D]	1.5	0.1	1.3	1.7	1.5	1.3	3.7
T [S]	2.5	0.1	1.5	1.8	0.6	2.3	3.8

S k ý r i n g a r :

x	fjarlægð athugunarstaða, m	t ₁	tímamunur á athugunarstöðum, s
t ₀	sveiflutími sjávarfallabylgju	h ₀	hæð fallabylgju nær sjó, m
h _x	hæð fallabylgju fjær sjó, m	T/S [S]	leiðni/geymsl. skv. seinkun
T/S [D]	leiðni/geymsl. skv. dempun	T	leiðnistuðull, m ² /s
S	grop; hér virk groppa	(sjá :	Björn Jóhann Björnsson, 1977)
*1	B. J. B. mældi 1. júlí 1975	*3	P. H. H. mældi 24. okt. 1994
*2	P. H. H. mældi 28. feb. 1994		

Í töflunni er giskað á að geymslustuðull hraunlaganna, sem grunnvatnið streymir um, sé jafngildur virkri groppu (porosity) þeirra, en það er ekki ósennilegt við þær aðstæður sem hér eru. Álitnið er að virk groppa liggi á bilinu 1% til 15%, en hugsanlegt er að fara nær um það með athugun á snöggun vatnsborðsbreytingum. Á mynd 8.1 sést hvernig vatnsborð í VA - 1 lækkar jafnt og þétt fyrst í stað og er síðan nokkuð stöðugt til 29. maf. Þá rís það snögglega um 70 cm á einum degi. Þennan dag rigndi 36 mm í Reykjavík eftir alllangan þurrviðriskafla. Við gerum nú ráð fyrir að álíka mikið hafi rignt ofan í hraunbreiðuna við Þorlákshöfn, sem alls ekki er víst, og að þessi úrkoma hafi öll náð að skila sér strax niður að grunnvatnsborði, sem heldur er ekki víst. Við gerum líka ráð fyrir að aðrennsli frá hærra liggjandi svæðum og útrennsli til sjávar sé í jafnvægi á þessum stutta tíma. Með þessum einföldunum fæst, að þessir 3½ cm af úrkomuvatni ættu að hækka grunnvatnsborð um 70 cm ef 5% bergsins eru ófyllt holrúm (virk groppa). Í töflu 9.2 er gert ráð fyrir að geymslustuðullinn (S) sé í öllum tilfellum hinn sami og má vera að það sé full mikil einföldun, því efalaust eru kargakennd og önnur gropin millilög misjafnlega útbreidd í hrauninu neðan við grunnvatnsborð innan svæðisins.

Leiðnigildið (T) er upp gefið í m^2/s . Í töflu 9.2 eru gildin, sem fást við samanburð holuparanna feitletuð. Í þeim tilfellum eru færri óvissuþættir, sem valdið geta ónákvæmni. Annars vegar getur flóðhæð við ströndina (h_0) verið önnur en spáð er í flóðatöflum vegna breytilegs loftþrýstings og annarra veðurþátta á athugunartíma. Hins vegar getur vegalengin milli sjávar og athugunarstaðar (x) verið skilgreiningaratriði, eins og vikið er að hér að framan. Einnig má benda á að leiðni og groppa í bólstraberginu við ströndina er áreiðanlega nokkuð ólík því, sem er ofar í hraunabreiðunni, þó ekki sé farið nánar út í þá sálma hér.

Til þess að hægt sé að fara eitthvað nærri um rennslis hraða grunnvatns í hraunastaflanum ofan við Þorlákshöfn, þarf að vita nánar um þykkt hins vatnsleiðandi jarðlags. Hér þarf enn að giska á stærð. Eins og fram kemur hér að framan, nær bólstrabergshluti hraunsins frá Heiðinni há um 50 m niður fyrir sjávarmál úti við ströndina hjá Þorlákshöfn (Ólafur G. Flóvenz o.fl. 1988). Uppi við Hlíðarenda og Litlaland hvílir hraunið á þétu undirlagi; á rannsóknarsvæðinu er þykkt vatnsleiðarans (aquifer) því á bilinu 0 - 50 m og er ekki fráleitt að ætla að hún sé að jafnaði um 30 m á því svæði sem afmarkað er af rannsóknarholunum. Athýgli er vakin á að í holunni VA - 1 nær grunnvatnið upp í kargakenndan botn hraunsins frá Heiðinni há en í VA - 3 er það í Selvogsheiðarhrauninu, sem gæti verið þéttara (sjá myndir 7.1 og 7.3). Þetta er líklega ástæðan fyrir því að hærri leiðni mælist í austara holuparinu (VA - 2 og VA - 1). Þetta er raunar í fullu samræmi við mynd 8.4; þar kemur fram lægð í grunnvatnsborðið á austurhluta rannsóknarsvæðisins, efalaust vegna betri vatnsleiðnieiginleika jarðlaganna þar.

Með því að gera ráð fyrir 30 m meðalþykkt vatnsleiðarans norðan og vestan Þorlákshafnar, fæst að lektargildið k ($= T/\text{þykkt}$) er 0.06 m/s vestantil á svæðinu en 0.13 m/s austantil á því eða 10^{-1} m/s að jafnaði.

Nú eru komnar forsendur til að reyna að gera sér grein fyrir hversu mikið grunnvatni streymir um hraunin umhverfis Þorlákshöfn og hversu hratt það streymir um bergið. Allar meginstærðir sem því máli við koma eru settar fram í töflu 9.3.

Tafla 9.3 Nokkrar vatnajarðfræðilegar einkennistöður

	Vestara holuparið VA - 3 til FR - 1	Austara holuparið VA -1 til VA - 2
X fjarlægð milli mælistaða, km	2.9	2.3
i halli grunnvatnsborðsins	$6 \cdot 10^{-4}$	$3 \cdot 10^{-4}$
T leiðni, m^{-2}/s	1.75	3.75
H þykkt vatnsleiðarans, m	30	30
k lekt, m/s	0.06	0.13
p grop eða virk groppa	0.05 (5%)	
Q rennsli undan rannsóknarsvæðinu, m^2/s		
V massahraði streymisins, m/s		
L breidd útrenslissvæðis* ¹	5 km	
A flatarmál útrenslissvæðis, m^2	15000* ²	

*¹ Svæðið milli Hafnarvíkur og Keflavíkur er um 5 km breitt. Þ. e. $H \times L = 30 \times 5000 = 150.000 \text{ m}^2$

Reiknað er hversu mikið vatn streymir til sjávar milli Hafnarvíkur og Keflavíkur:

$$Q = A \times V = L \times H \times k \times i = L \times T \times i = 5.2 \text{ m}^2/\text{s}, - 5,6 \text{ m}^2/\text{s},$$

Reiknað er hversu hratt þetta vatn streymir til sjávar:

$$\text{Straumhraði vatnsins} = V \times p = k \times i = 7.2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}, \text{ eða um } 60 \text{ m á dag}.$$

Rennslisraðinn er hér reiknaður milli hvors holupars fyrir sig, eða sem næst í stefnuna suð suðaustur (150° austan við norður). Nú hallar vatnsborði einnig frá VA - 3 í átt til VA - 1 og reiknast rennslisraði í þá stefnu vera 32 m/dag. Af því leiðir, að mesti straumhraði í á svæðinu umhverfis VA - 3 er sem næst 70 m/dag og stefna straumsins er 122° austan við norður. Gert er ráð fyrir að stefnan verði sífellt suðlægari eftir því sem austan dregur á rannsóknarsvæðinu, enda er gert ráð fyrir að grunnvatn streymi ekki nema að óverulegu leyti út í gegn um Hafnarskeiðið. Þetta er staðfest með því að efnainnihald vatnsins í VA - 1 er annað en í VA - 3 og vatnbólsholunum (sjá kafla 5).

Þessi reiknaði hraði grunnvatnsframstreymisins er meðalhraði; einstakir dropar vatnsmassans, sem er á leið frá fjalli til fjöru eru misfljótir að komast sína leið. Vegalengdin frá Dimmadal eða Hlíðarenda að vatnsbólsholum Þorlákshafnar er um 5 km og það tekur meðaldropann samkvæmt ofanrituðu rúmar 10 vikur að seytla þessa leið. Á þeim tíma dregur í sundur með einstökum dropum og einnig slást aðrir dropar í förina, því úrkoma, sem fellur á hraunbreiðuna, sígur að mestu í jörð og blandast grunnvatninu. Þannig blandast eða *útbynnist* grunnvatnsstraumurinn á leiðinni, en einng *dreifist* straumurinn að nokkru marki til beggja hliða; einstakur dropi rennur með öðrum orðum ekki endilega norrætt á vatnsborðshallann þó svo að vatnsmassinn í heild sinni geri það að meðaltali.

Auk þessa er mikið vatn á ferðinni og í því þynnast mengandi efni, sem hugsanlega blandast því. Allt þetta veldur því að úr vatnsbólum Þorlákshafnar fæst gott og heilnæmt neysluvatn. Miðað við þá landnotkun, sem nú er á svæðinu norðan og vestan bæjarins er lítil hætta á að vatnið spillist. Viðkvæmast er að sjálfsögðu hraunið næst bólunum sjálfum og í rennslisstefnuna að þeim.

10. Grunnvatnssvæði

Hér að framan hefur verið lýst niðurstöðum um vatnasvið og ástand vatns á rannsóknarsvæðinu eins og þær koma fram fyrir mismunandi viðmálamengi ("parametra-mengi"), vatnshagsreikninga, vatnajarðfræði, efnainnihald og vatnshita, grunnvatnsborðshæð og sjávarföll í borholum. Skjótt frá sagt, þá ber þessum niðurstöðum öllum svo vel saman, að telja verður mjög sennilega þá heildarmynd af vatnafari svæðisins, sem á þeim má byggja. Samkvæmt því má skifta svæðinu upp í fimm hluta, eða "undirvatnasvið" (sub-basins), sem hafa hver sín sérkenni í jarðfræðilegri gerð vatnsveitanna og í ástandi vatnsins. Þessi skifting er sýnd í grófum dráttum á mynd 10.1.

I. Herdísarvík - Hlíðarvatn.

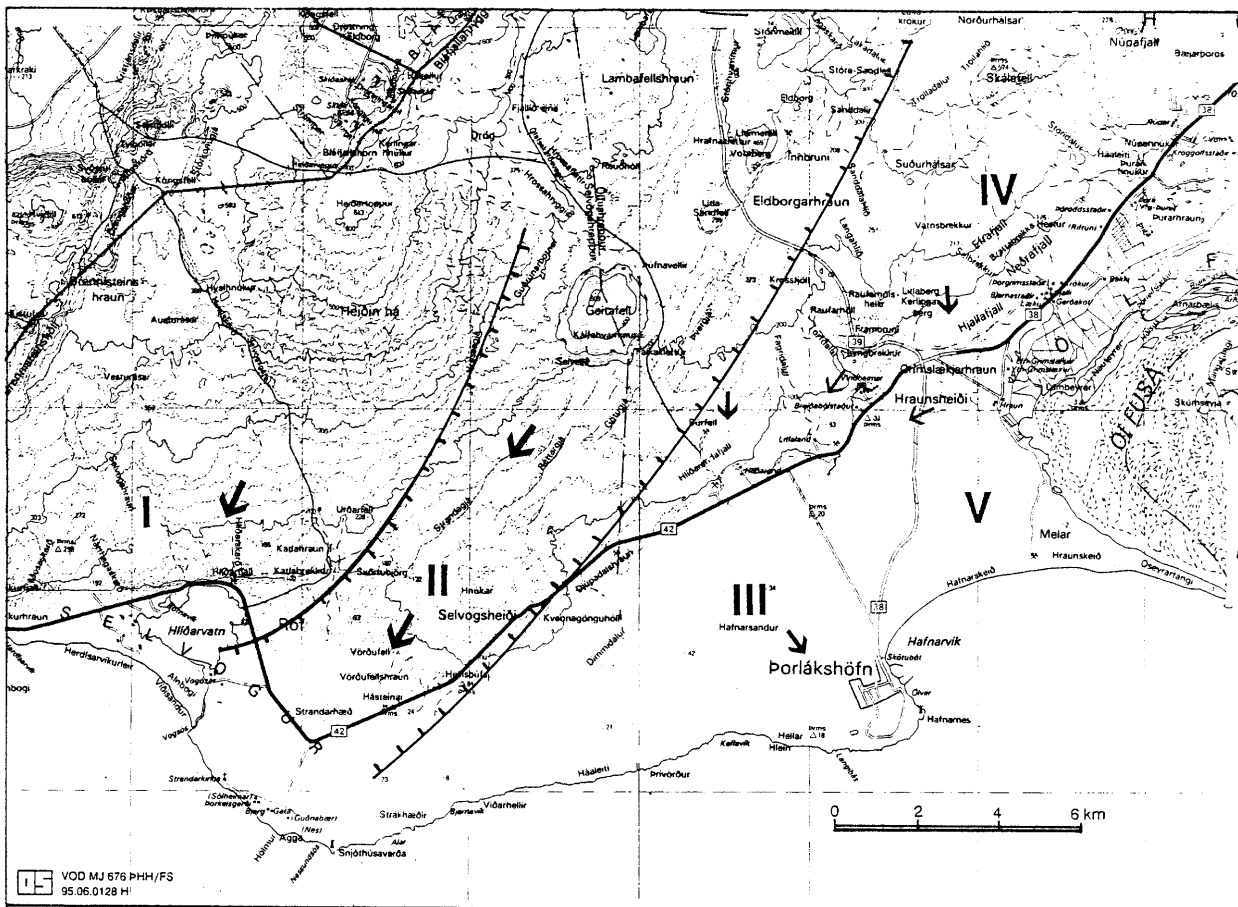
Vestast er svæðið undir Herdísarvíkurfjalli og Hlíðarfjalli, sem nær frá austurströnd Hlíðarvatns og a.m.k. vestur að Herdísarvík. Afrennsli er að þessu svæði upp á Heiðina há, en líklegt er að móbergshryggir og tilsvarendi sprungukerfi í Hvalhnúkum, Vesturásum og Austurásum takmarki það að vestan. Austan megin er líklegt, að sprungureinin upp frá Selvogi dragi til sín vatn af Heiðinni há og e.t.v. Bláfjöllum. Stærð þessa vatnasviðs er líklega 50 - 100 km². Miðað við 75 km² og líklega úrkomu á svæðinu, þá ætti afrennsli af því að vera nærri 6 m³/s. Sama gildi fæst samkvæmt mati á útrennsli á fjöru. Þetta gildi er varla nákvæmt, en þó má reikna með afrennsli að stærð til nærri 5 m³/s. Láglandið er þakið hraunum, sem sennilega hafa að miklu leyti hlaðist fram í sjó. Því má búast við bólstra- og brotabergi undir hraunum þessum og mikilli lekt, allt upp undir fjallsrætur. Fjöllin eru hlaðin upp úr móbergi með jökulbergs- og grágrýtislögum. Töluvert ber á bólstrabergi. Lagskifting og upphleðsla berglaga veldur því, að veitar eru sennilega að miklu leyti lokaðir í fjöllum þessum. Það sýnir sig líka í ástandi vatnsins, en sýrustig þess er hátt (yfir pH 9) og magnesíum (leiðrétt) aðeins 0,2 - 0,3 ppm. Styrkur klóríðs er frekar mikill (14 - 17 ppm), sem bendir til þess, að áhrifa frá ströndinni gæti mikið og að vatnasviðið sé ekki mikið um sig hið efra. Það er í samræmi við jarðfræðina. Hins vegar er vatnshiti lágur (mældur um 3,5 °C), kolsýra lítil (11 - 12 ppm) og kísilstyrkur einnig (12 - 15 ppm), sem bendir allt til þess, að vatnið frá fjöllum sé ríkjandi.

Á svæðinu við Hlíðarvatn og vestur til Herdísarvíkur renna út nærri 5 m³/s. Bergið í fjöllum er lagskift og veitar nærri lokaðir, en lekt mikil í hraununum neðan fjallanna. Vatnið er kalt (< 4 °C), fremur efnasnaut nema að klóríði og basíski (sýrustig yfir pH 9). Vinnanlegu vatni mætti líklega nær öllu ná á nokkur hundruð metra bili meðfram fjallarótum.

II. Selvogur - Bjarnavík.

Næsta vatnasvið er á sprungurein þeirri, sem nær til sjávar undir byggðinni í Selvogi og teygist þaðan upp á Hellisheiði. Erfitt er að áætla mörk og stærð þessa svæðis. Það gæti verið 100 - 200 km², en þó líklega frekar nærri lægra gildinu. Miðað við það og ágiskaða úrkomu væri líklegt afrennsli 8 - 10 m³/s. Miðað við útrennsli á fjörum væri afrennslið nærri 8 m³/s. Þessum gildum ber því þokkalega saman, en hafa verður hugfast, að óvissan er mikil. Nærri 10 m³/s er viðeigandi nákvæmni. Á yfirborði er vatnasviðið næstum alpakið hraunum. Undir þeim eru líklega jarðlagastaflar úr grágrýti og jökulbergi nær sjó, en meira um móbergsspildur uppi til fjalla. Lektin er líklega all nokkur. Hún er þó mögnuð upp af sprungunum á sprungureininni, sem beina rennsli grunnvatns eindregið í suðvestlæga stefnu. Hugsanlegt er, að dyngjumiðjan á Selvogsheiði valdi einhverri rennslhindrun, sem gæti beint vatni út af reininni, til austurs. Sömu áhrif hefur skarð það, hraunum fyllt, sem er inn í reinina ofan við Selvogsheiði, en þar er líka styst til sjávar austur úr. Eldvirkni hefur verið á austurhluta reinarinnar á Nútíma og búast má jafnvel við jarðhitaáhrifum ofan af Hellisheiði á þeim hluta hennar. Ekkert er vitað um efnainnihald vatns á þessari rein, en í fjörlind undan Strandarkirkju og í fóðraðri borholu við vitann hjá Nesi hefur vatnshiti mælt 4,8 °C. Þetta bendir til svipaðs vatns hvarvetna og til þess, að jarðhitahriðið vatn sé runnið út úr reininni, þá til austurs.

Í Selvogi rennur til sjávar vatn, sem runnið hefur að eftir sprungurein, er nær allt upp á Hellisheiði. Líklegt vatnsmegin er nærri 10 m³/s. Hiti vatnsins er um eða undir 5 °C, en ekkert er vitað um efnainnihald þess. Vinnanlegu vatni má líklega ná að mestu leyti milli byggðar og Selvogsheiðar.



Mynd 10.1 Undirvatnasvið rannsóknarsvæðisins umverfis Þorlákshöfn

Myndin sýnir í grófum dráttum skiftingu svæðisins og vísa rómverskar tölur til umfjöllunar í texta. Þflum er ætlað að sýna meginstefnu grunnvatnsstreymis eftir því gerst er vitað, en þar gæti skeikað töluverðu, því rannsóknarholur eru aðeins á láglandi. Sprungurein norður og austur af Selvogi er afmörkuð með tenntum línum.

III. Bjarnavík - Hafnavík.

Þriðja svæðið spannar hraunin frá Bjarnavík til HafnarvÍkur og teygist sennilega upp undir Hellisheiði og Skálafell. Mörk þess eru óviss til fjalla, en gíska má á, að stærð þess sé 120 - 200 km², sennilega þó heldur nær hærra gildinu. Miðað við það og ágískaða úrkomu væri afrennsli 10 - 12 m³/s. Miðað við lengd strandlengju og leiðnigildi og grunnvatnshalla samkvæmt mælingum í borholum, þá væri útrennsli 12 - 14 m³/s. Ber þessum gildum allvel saman, þó að varlegra sé að telja vatnsmeginið um eða yfir 10 m³/s. Hraunin á láglandinu eru almennt vel lek, en sennilega eru þau að mestu úr bólstra- og brotabergi, þegar kemur vel niður fyrir sjávarmál. Vera má að lekt sé heldur minni á vestanverðu svæðinu, þar sem hrauna frá Selvogsheiði gætir meira. Jarðgerð og veitar eru mun fjölbreyttari til fjalla. Þar er einkum annars vegar hraunum þakinn austurhluti sprungureinarinnar margumtöluðu, en hins vegar lagskift byggðafjölin úr grágrýti og jökulbergi og móbergi hærra uppi. Á brúnum byggðafjallanna eru smáar þríkrítdyngjur frá því snemma á Núttíma. Þær sýna mörk gosbeltisins á Reykjanesskaga og er raunar ekki ólílegt, að lítlar líkur séu á jarðhita sunnan þeirra. Annars virðast vera augljós merki um jarðhita (eða afleiðingar forrnar eldvirkni) í vatni á svæðinu, einkum á því vestanverðu. Vatnshiti er 5 - 6 °C, styrkur kolsýru er ekki lítill (20 - 30 ppm) og styrkur súlfats talsverður (4 - 6 ppm). Vatnið í hrauninum er dauft basískt (pH 8 - 8½), sem gæti bent til talsvert lokaðra veita uppi á vatnasviðinu. Klóríð er 10 - 15 ppm. sem bendir til verulegs aðrennslis ofan að, svo nærri ströndu sem sýni voru tekin. Lekt er líklega mest á austurhluta svæðisins, en jarðgerð beinir e.t.v. grunnvatnsstraumum til Þorlákshafnar.

Á svæðinu frá Selvogi til Þorlákshafnar er mikið útrennsli vatns, sennilega um eða yfir 10 m³/s, og mikil lekt í hraununum. Vatnasviðið nær líklega upp undir Hellisheiði og gætir sennilegra daufra jarðhitaáhrifa í vatnshita (5 - 6 °C) og efnainnihaldi vatnsins, en það er daufbasískt (pH 8 - 8½). Vinnanlegu vatn má sennilega ná mest öllu á hraununum milli hlíða og strandar.

IV. Hlíðarendi - Núpar.

Fjórða svæðið nær til byggðafjallanna og byggðarinnar frá Hlíðarenda og inn undir Núpa. Hér er þó einungis lítið til svæðisins austur frá Litlalandi. Matsatriði er, hvar mörk þessa svæðis eru dregin strandarmegin, en óvissa nokkur um þau til vesturs uppi í fjöllum. Þó má giska á, að svæði þetta gæti verið um 50 km² að stærð. Miðað við líklega úrkomu á svæðinu væri afrennsli nærri 3 m³/s. Samanlagt rennsli úr lindum og vatnsbólum er a.m.k. 1½ m³/s, en þá eru ótaldar allar seytlur, uppkomur í lækjum og skurðum á flatlendinu við Ölfusá og grunnvatnsrennsli undir Hraunsheiði. Áætlað vatnsmegin gæti því verið nærri lagi. Jarðgerð er breytileg, en meira ber á móbergi þegar norðar dregur í fjöllum. Sprungur stefna SV - NA sunnan til í fjöllum og beina vatni því e.t.v. meðfram fjallshlíðinni. Sama er raunar norðar, þar sem sprungustefnan er nærri N - S. Lagskiftingin í fjöllum og sprungurnar (líka á láglandi) valda því sennilega, að veitarnir eru töluvert lokaðir. Það sést líka á sýrustigi vatnsins (pH 8 - 9), en annars er ástand vatnsins talsvert mismunandi eftir stöðum, vatnshiti 4 - 6 °C, styrkur klóríðs 7 - 12 ppm og kolsýru 15 - 25 ppm, en styrkur súlfats minni en 4 ppm. Þessi ástandsmunur er yfirleitt í greinanlegu samræmi við vatnajarðfræðilegar aðstæður á hverjum stað.

V. Hafnarvík - Ölfusá.

Fimmta svæðið er í rauninni ekki annað en afrennissvæði hins fjórða, og nær til hraunanna frá Þorlákshöfn til Ölfusár. Þetta svæði er varla meira en 20 - 30 km² að stærð og safnast saman á því e.t.v. um eða yfir 1 m³/s. Engar beinar athuganir eru til á vatni þar, en líkur eru á, að undir hrauninu séu lítið lek setlög eða eldra berg. Því er vatnstaka á þessu svæði líklega ekki mjög vænleg og vatnsgæfni sennilega ekki sambærileg við svæðið hjá Þorlákshöfn og vestan hennar. Samanlagt vatnsmegin af fjórða og fimmta svæði er væntanlega um eða yfir 4 m³/s, en nærri 5 m³/s, þegar lítið er til óvissunnar.

Undan byggðafjöllum í Ölfusi spretta um 1½ m³/s af vatni í lindum og vatnsbólum, en líklegt afrennsli til sjávar er nærri 5 m³/s. Jarðgerð og veitar eru fjölbreytileg og sama gildir um ástand vatns á svæðinu. Vatnsgæfni er minni en á hraununum, en þó mætti líklega vinna þarna eitthvað meira vatn en upp kemur í lindum og núverandi vatnsbólum. Sú vinnsla væri trúlega tryggust í nánd við núverandi uppsprettur.

Í heild má segja, að í Selvogi og utanverðu Ölfusi sé eitthvert gjöfulasta grunnvatnssvæði í byggð nærri strönd á landinu. Verulegar líkur eru á því að heildarafrennsli af svæðinu sé nærri 30 m³/s og mikill hluti þess streymi ofan af óbyggðu fjalllendi og niður í hriplek og vatnsgæf hraun við ströndina. Vatnsgæfni er tregari austan Þorlákshafnar og vatnssuppspeltur þar helst undan byggðafjöllum. Hiti vatnsins er á bilinu 3½ - 6 °C, sýrustig pH 7½ - 9½, efnainnihald lítið á alþjóðlegan mælikvarða en frekar mikið á íslenskan kvarða. Engar upplýsingar liggja fyrir um efnainnihald vatns í Selvogi (byggðarsvæðinu), en þar gæti verið eitt vatnsgjöfulsta svæðið. Vatnajarðfræðilegar aðstæður og núverandi landnýting gera kleift að koma á viðeigandi vatnsvernd á svæðinu án þess að þrengja til neinna muna að núverandi landnotum eða sniða byggð og atvinnustarfsemi of þröngan stakk til framtíðar.

11. Vatnsvernd

Vatnsholur eru margar í Þorlákshöfn; auk vatnsbóla bæjarins eiga einstök fyrirtæki á staðnum sínar eigin borholur. Úr þeim holum flestum er fengið vatn, sem ekki þarf endilega að uppfylla ýtrustu kröfur um gæði, svo sem til kælingar eða vikurskolunar. Aðalvatnsból bæjarins er úti í hrauninu, u.þ.b. kílómetra vestur af byggðinni, en þar eru tvær borholur virkjaðar. Auk þess er vatnsbólshola við Unubakka, nyrst í bænum. Bæði eru þessi bólasvæði ágætlega sett með tilliti til mengunarhættu frá byggð, aðalbólið þó mun betur.

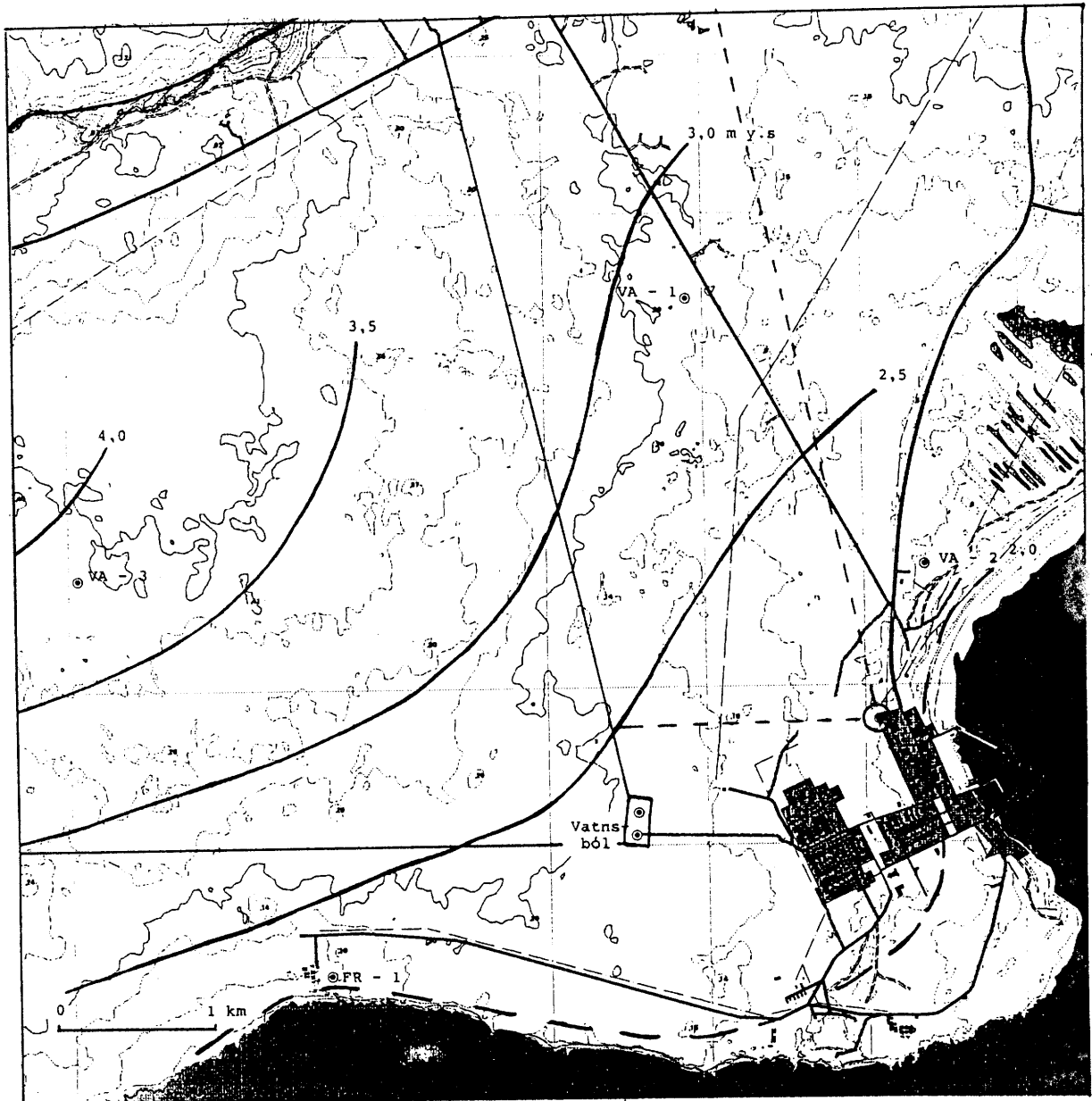
Aðalvatnsbólsholurnar voru boraðar 1975 með höggbor Jarðborana ríkisins. Um 100 m eru á milli holanna. Þær eru boraðar 22" víðar og ná 28 m niður. Þarna eru um 18 m niður á vatnsborð og var borað 10 m niður fyrir það. Neðst er 6 m langt raufað rör, 8" svert og er fyllt að því með siktismöl. Holurnar eru að öðru leyti fódraðar með 12" stálörum og er þétt með þeim að utan með steypu við grunnvatnsborð. Þrjár grannar athugunarholur voru boraðar við syðri holuna og fylgst með vatnsborðsbreytingun í þeim meðan hún var reynsludæld (Björn Jóhann Björnsson 1977). Í ljós kom að í þriggja m fjarlægð frá dæluholunni varð tæpast nokkur vatnsborðlækkun við allt að 50 l/s dælingu. Þá lækkaði vatnsborð í dæluholunni sjálfri um 90 cm, líklega mest vegna iðu, sem verður þegar vatnið beljar inn um raufarnar á siktisrörinu. Niðurstaða reynsludælingarinnar var einfaldlega sú, að fá mætti geysimikið vatn úr holunum, án þess að það hefði teljandi áhrif á grunnvatnsborð í næsta nágrenni þeirra.

Holurnar eru báðar nýttar og er dælingu úr þeim stýrt eftir því sem vatnsþörfin í bænum er hverju sinni, því engin miðlun er á dreifikerfinu. Dælingin er því ærið mismikil, eins og vænta má í sjávarplássum þar sem mikil fiskvinnsla er. Holan við Unubakka var gerð til að draga úr þrýstingsbreytingum í dreifikerfinu. Holuna boraði Narfi, bor Jarðborana h/f árið 1987. Hún er 12 m djúp og 17½" víð. Í henni er 14" fódring, raufuð upp fyrir vatnsborð, sem er á 5½ m dýpi. Þar sem grynna er niður á vatn en í aðalbólinu, er þessi hola síðra vatnsból, þar sem hún ver sig ekki eins vel fyrir mengun frá yfirborði, en auk þess er hún alveg í byggðarjaðrinum. Miðað við núverandi byggð og landnot, eða öllu heldur notkunarleysi á svæðinu upp með gamla Þorlákshafnarveginum, er hins vegar lítið við vatnsnám þarna að athuga enn sem komið er.

Brunnsvæðisvernd við vatnsból Þorlákshafnar

Eldri vatnsbólsholur Þorlákshafnar eru vel úr garði gerðar; þar er djúpt á vatnsborð og komið er í veg fyrir að yfirborðsvatn geti runnið niður með fódringu að utanverðu. Næsta nágrenni þeirra er óraskað og þrífalegt og þær eru í viðunandi fjarlægð frá byggð. Svæðið er á hinn bóginn ógirt. Í Heilbrigðisreglugerð eru ákvæði um að umhverfis vatnsból skuli vera mannheld girðing og ekki fjár bóli en 5 m, en yfirleitt þarf alfriðað svæði að vera miklu mun rýmra. Á það ekki síst við þar sem jarðlög eru opin fyrir frennsli og nálægt byggð, eins og hér er. Þetta alfriðaða svæði er nefnt **brunnsvæði** og þar á ekki að fara fram nein starfsemi nema sú, sem við kemur rekstri vatnsveitunnar.

Það er alltaf matsatriði hversu stórt brunnsvæðið á að vera. Algengt er að girt sé 50 m frá vatnsbóli, en aðstæður eru afar mismunandi. Þegar vatninu er dælt upp myndast lægð í grunnvatnsborðið og vatn streymir að holunum úr öllum áttum. Hér er þessi lægð, eða niðurdráttur, lítið áberandi, eins og fram hefur komið (Björn Jóhann Björnsson 1977). Það eru 100 m á milli dæluholanna og við ótruflað vatnsborð ættu nálægt 100 l/s að streyma um bergið þarna á milli, ef beitt er sömu útreikningum og gert er hér að framan (sjá kafla 9). Ekki er vitað hversu miklu er dælt úr holunum að jafnaði, en það er örugglega innan við 20 l/s. Það er því varla von til að dælingin hafi umtalsverð áhrif á vatnsborðið umhverfis holurnar. Þess vegna þykir ekki út í hött á ætla að streymishraði vatnsins síðasta spölinn að holunum sé álfka mikill og við ótruflað ástand, eða sem næst 70 m/dag. Þannig ætti það að taka grunnvatnið tæpan sólarhring að síga að vatnsbólsholum frá stað beint undir brunnsvæðisgirðingu. Þetta er ekki langur tími, en rétt er að benda á, að vandaður frágangur á fódurrörunum á að aftra því að mengunarefni, sem fljóta á vatni, eins og t.d. olfa, komist inn í holurnar. Einnig berst mengun nokkuð fljótt burt vegna hins hraða streymis gegn um vatnsbólssvæðið.



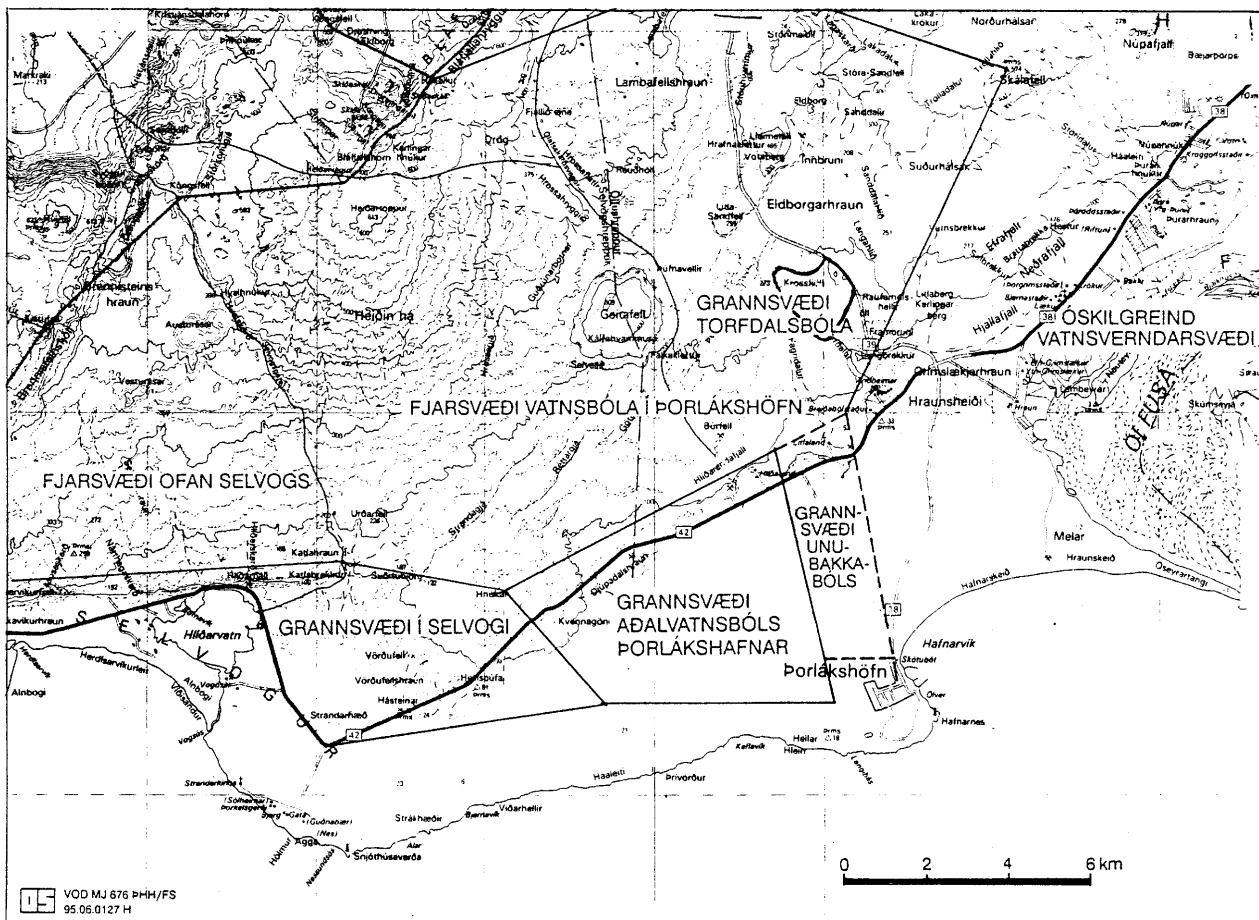
Mynd 11.1 Verndarsvæði vatnsbóla Þorlákshafnar

Myndin sýnir alfriðunarsvæði, eða brunnsvæði, umhverfis vatnsbólsholur bæjarins. Mælt er með að það nái 50 m út frá holunum og sé girt mannheldri girðingu. Innan þeirrar girðingar fari ekki önnur starfsemi fram en sem við kemur vatnsöfluninni.

Þá eru sýnd mörk grannsvæðis bólanna til vesturs og norðurs. Þau eru miðuð við stefnu grunnvatsstraumsins á svæðinu vestanverðu (sjá nánar í megintexta). Grannsvæðismörk vatnsbólsholunnar við Unubakka eru sýnd með brotinni línu.

Eðlilegt er að ein girðing sé utan um báðar vatnsbólsholurnar og yrði hún þá 200 × 100 m. Umferð innan girðingar á að vera í algeru lágmarki og bannað er að geyma þar skaðleg efni eða beita á það búpeningi. Innan brunnsvæðisgirðingar verður að tryggja að leysingavatn eigi greiða leið framhjá einstökum vatnsbólum og sígi sem minnst niður. Oft er líka þrýði að uppgræðslu innan girðingar, því jafnan er mikil mengunarför af gróskumikilli gróðuþekju.

Sé brunnsvæði vatnsbólsholunnar við Unubakka ákvarðað á sama hátt, lendir endi götunnar og byggingar við hana innan girðingar. Ennig virðist staðsetning vatnsbóls þarna geta komið í veg fyrir aðra landnotkun norður af núverandi byggð. Best væri því að komast hjá því að nýta vatn úr holunni til almennar neyslu í framtíðinni, þó ekkert bendi til annars en að úr henni fáiast gallalaust vatn nú. Holuna mætti þá nota til starfsemi, sem ekki gerir strangar kröfur til vatnsgæða, t.d. vikurskolunar eða kælingar eða vökvunar.



Mynd 11.2 Vatnsverndarsvæði í sunnanverðu Ölfusi

Sýnd er tillaga að afmörkun verndarsvæða vatnsbólanna í Þorlákshöfn og að auki samsvarandi svæði upp af Selvogi. Þá er einnig afmarkað grannsvæði í Krossfjöllum inn af Torfdal, en þar eru vatnsból nokkurra bæja í sunnanverðu Ölfusi. Að öðru leyti eru verndarsvæði þar ekki skilgreind. Um legu brunnsvæðis- og grannsvæðismarka næst vatnsbólunum í Þorlákshöfn er fjallað í megintexta og á mynd 11.1.

Grannsvæðisvernd við vatnsból Þorlákshafnar

Samkvæmt þeim reglum, sem nú er unnið eftir, er aðrennslissvæði vatnsbóla nefnt **grannsvæði**. Oftast er um að ræða þann hluta aðrennslissvæðisins sem helst er hætt við mengun, en aðstæður á einstökum svæðum geta verið með margvíslegu móti. Stærð grannsvæðis ræðst meðal annars af lekt jarðlaga og gróðurþekju og það á að vera nægilega stórt til að mengandi efni sem falla til í grunnvatni annað hvort eyðist eða þynnist niður fyrir leyfileg mörk á leið sinni til vatnsbólsins. Á grannsvæði hefur vatnsverndin forgang umfram alla aðra landnotkun. Þar má ekki geyma mengandi efni eða stunda mengandi starfsemi. Á svæðinu þarf að gera ráðstafanir vegna frárennslis frá mannabyggð ef einhver er, svo og skepnuhaldi, sé því til að dreifa og alla jafnan skal ekki heimila nýja byggð á því nema tryggt sé að hún geti ekki skaðað vatnsvinnslu á svæðinu.

Eins og áður er á minnst getur einstaka dropa, og þá um leið mengun í grunnvatni, borið dálftið út frá stefnu meginstraumsins. Tekið er tillit til þessa við ákvörðun á mörkum grannsvæðis vatnsbóla Þorlákshafnar. Óvarlegt er að jaðar grannsvæðisins liggja nær grunnvatnsstefnunni en 30°. Svæðismörkin að sunnanverðu eru þá því sem næst samsíða ströndinni. Austurmörkin verða að liggja nokkuð gleiðar, vegna þess að meginstraumstefnan verður sffellt norðlægar eftir því sem austar dregur. Á mynd 11.2 eru þau dregin til fjalls milli Hlíðarenda og Litlalandis. Norðurmörk fylgja fjallseggjum, yfir mynni Dimmadals með stefnu á Hrauka, efst á Selvogshéiði. Eðlilegt er að grannsvæðið teygi sig að minnsta kosti jafnlangt til vesturs eins og það nær til norðurs, eða 5½ km.

Það grannsvæði, sem hér er gerð tillaga um, tekur aðeins yfir um 30 km² svæði. Vestan þessa svæðis er enn gjöflla grunnvatnssvæði, sem nær allar götur vestur í Selvog. Eðlilegt er og sjálfsgagt að það svæði njóti einnig traustrar verndar, því vafalaust verður grunnvatnsauður þess mikils metinn í framtíðinni. Væri eðlilegt að setja grannsvæðisvernd á svæðið ofan við bæi og tún og jafnlangt til fjalls og upp af Þorlákshöfn, þ.e. upp á heiðarbrún. Vel færi því á að allt svæðið milli Þorlákshafnar og Selvogs nyti grannsvæðisverndar. Það mundi auk annars auka möguleika á að flytja vatnsból Þorlákshafnar til vesturs, ef nauðsyn bæri til, annað hvort vegna mengunaróhapps eða áforma um aðra landnotkun á svæðinu norðan og vestan byggðarinnar.

Séu grannsvæðismörk vatnsbólsholunnar við Unubakka dregin á sama hátt og aðalbólsins, fellur meginhluti geirans milli gamla og nýja vegarins innan grannsvæðismarka. Af því er verulegt óhagræði þar sem það takmarkar aðra landnotkun. Allt mælir því með að holan verði aflögð sem neytluvatnsból, þó ekkert mæli gegn því að hún verði áfram nýtt fyrir starfsemi, sem ekki gerir eins miklar gæðakröfur, enda er hún mjög gjöful.

Fjarsvæðisvernd vegna vatnsbóla

Sá hluti aðrennslissvæðis, sem fjærst liggur vatnsbóli, er nefndur **fjarsvæði**. Þetta getur stundum verið afgangurinn af aðrennslissvæðinu þegar brunnsvæði og grannsvæði hafa verið skilgreind. Fjarsvæði er oftast nær fjalllendi sem er bakland grannsvæðis einstakra vatnsbóla. Alltaf er nokkurt matsatriði hversu víðtækt skilgreint fjarsvæði á að vera, einkum við aðstæður eins og hér eru. Fjarsvæðisvernd er nánast ábending um að fara beri að reglum um heilbrigðismál og mengunarvarnir.

Miðað við núverandi landnotkun virðist ekki vera ástæða til að ætla að öryggi vatnsbólsins sé ógnað nema vegna meiri háttar óhappa. Eðlilegt þykir að fjarsvæði spanni allt fjallendið ofan við sunnanvert Ölfus, því þar er ákomusvæði alls þess grunnvatns sem fram kemur á láglandinu og í fjörum. Fjarsvæði vatnsbólanna í Þorlákshöfn er sýnt á mynd 11.2 og eru mörk þess þar dregin frá grannsvæðismörkum til norðausturs í Skálafell, þaðan í Lambafell og síðan með Bláfjallahrygg og hreppamörkum að Selvogsgötu. Svæðið vestan Selvogsgötu ætti að njóta fjarsvæðisverndar vegna vatnsnáms í Selvogi. Grann- og brunnsvæði einstakra vatnsbóla á svæðinu verður að afmarka í hverju tilviki fyrir sig.

12. Heimildir

Björn Jóhann Björnsson 1974. Jarðfræði Þorlákshafnar og nágrennis. BS - ritgerð við Háskóla Íslands vorið 1974.

Björn Jóhann Björnsson 1977. Þorlákshöfn. Dæluþrófun neysluvatnsholu. Orkustofnun, OS JKD 7717, desember 1977, 11 s.

Forman, Ian 1969: Report of the Cambridgeshire expedition to S.W. Iceland 1969, 17 s.

Freysteinn Sigurðsson 1976. Straumsvíkursvæði, skýrsla um vatnafræðilega forkönnun. (Unnið fyrir Íslenska álfélagið). Orkustofnun, OS-JKD 7603. 59 s.

Freysteinn Sigurðsson 1985. Jarðvatn og vatnajarðfræði á utanverðun Reykjanesskaga. I - IV. (Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja). Orkustofnun, OS 85075/VOD-06. 290 s.

Freysteinn Sigurðsson 1986. Hydrogeology and Groundwater on the Reykjanes Peninsula. Jökull 83 s. 11 - 29.

Freysteinn Sigurðsson 1990. Þorlákshöfn. Rannsókn á grunnvatnssvæði. Bréf dags. 11. október 1990.

Freysteinn Sigurðsson 1991. Groundwater from glacial areas in Iceland. Jökull 40. s. 119 - 146.

Freysteinn Sigurðsson 1993. Groundwater chemistry and aquifer classification in Iceland. IHA - Memories, volume XXIV, part 1. Editors; Sheila and David Banker. XXIVth Congress 1993, International Association of Hydrogeologists.

Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur H. Hafstað 1993. Þorlákshöfn / Ölfus - Selvogur. Áætlun um rannsókn á grunnvatnssvæði. Bréf dags. 21. október 1993. 3 s.

Freysteinn Sigurðsson og Þórólfur H. Hafstað 1994. Minnisblað um grunnvatn hjá Þorlákshöfn, dagsett 28. desember 1994.

Jón Jónsson 1978. Jarðfræðikort af Reykjanesskaga I. Skýringar við jarðfræðikort. Orkustofnun, OS JHD 7831, apríl 1978. 303 s.

Jón Ólafsson 1992. Chemical characteristics and trace elements of Thingvallavatn. In: Ecology of oligotrophic, subarctic Thingvallavatn. Ed. by Pétur M. Jónasson. Hið íslenska fræðafélag í Kaupmannahöfn, s. 151 - 161.

Kristján Sæmundsson 1988: Bakki í Ölfusi. Möguleiki á kaldavatsborun fyrir tvær fiskeldisstöðvar. Orkustofnun, grgr. KS 88/06, 2 s.

Kristján Sæmundsson og Björn A. Harðarson 1988: Fjörfiskur. Rannsóknarborun í Keflavík vestan við Þorlákshöfn. Orkustofnun, grgr. KS/BAH 88/04, 1 s.

Kristján Sæmundsson og Sigmundur Einarsson 1980: Jarðfræðikort af Íslandi, blað 3, Suðvesturland. Náttúrufræðistofnun og Landmælingar Íslands.

Kristján Sæmundsson og Þórólfur H. Hafstað 1990: Álitsgerð um heitt og kalt vatn nærri Þorlákshöfn. Orkustofnun, grgr. KS/PHH 90/05, 3 s.

Ólafur G. Flóvenz, Grímur Björnsson, Sæþór L. Jónsson, Ómar Bjarki Smáráson, Guðmundur Ó. Friðleifsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1988: Leit að volgum jarðsjó og heitu vatni við Þorlákshöfn. Orkustofnun, OS-88020/JHD-11 B, 24 s.

Sigurður R. Gíslason 1985. Meteoric Water - Basalt Interactions. A Field and Laboratory Study. Ph.D. Thesis at the John Hopkins University, Baltimore, USA. 238 s.

Sigurður R. Gíslason 1991. The chemistry of precipitation og the Vatnajökull glacier and chemical fractionation caused by the partial melting of snow. Jökull, 40: s. 97 - 117.

Sigurður R. Gíslason, Stefán Arnórsson og Halldór Ármannsson 1990. Chemical denudation in SW - Iceland. Chemical Geology. 84: s. 64 - 67.

Sæþór L. Jónsson, Björn A. Harðarson, Hrefna Kristmannsdóttir, Verkfræðistofsn Vatnaskil 1987: Þurá í Ölfusi. Dæluþrófun holu 1, niðurstöður rannsókna. Orkustofnun, OS-87006/JHD-05 B, 34.

Sjómælingar Íslands: Sjávarföll við Íslands 1994. 41. árgangur.