



**Um vatnasvið Þingvallavatns.
Rannsóknáfangi 1995**

**Freysteinn Sigurðsson,
Guttormur Sigbjarnarson**

Greinargerð FS-GS-95-11

UM VATNASVIÐ ÞINGVALLAVATNS
Rannsóknáfangi 1995

ÁGRIP:

Vatnasvið Þingvallavatns takmarkast að vestan sem næst af vatnaskilum á yfirborði, nærri Kaldadalsvegi að norðvestan og að norðan eru vatnaskilin undir Langjökli en þar vantar enn jökulkort (Íssjárkort). Getum er leitt að því, að vatnaskil milli Þingvallavatns og Brúarár liggi frá Skerslum, líklega austanverðum, um Hlöðuvelli og vestanverð Laugardalsfjöll, en enn er þó sitthvað óljóst í þeim efnum. Aðrennsli Brúarár er líklega að norðaustan en að litlu leyti úr Brúarárskörðum, en vatnasvið hennar, og mörk þess gagnvart vatnasviði Þingvallavatns, þurfa nánari geiningar við. Lindir vestan í Laugardal hafa að líkum aðrennsli af Lyngdalsheiði og fjöllumum norðan hennar.

*Grunnvatnið til Þingvallavatns rennur einkum fram í sprunguskörunum tveimur við norðvesturhorn vatnsins (Almannagjá o.fl.) og norðausturhorn (Hrafnagjá o.fl.). Vatnsmegin þess vestari er líklega 40 - 65 m³/s en þess austari 20 - 45 m³/s. Aðrennslissvæði þess austari er hugsanlega þrengra og mjórra en þess vestari, en nær að öllum líkum að marki inn á Langjökul, en vestari straumurinn dregur einkum vatn til sín af vesturjaðri vatnasviðsins og hraununum upp að Þór-
isjökli.*

Inngangsorð:

Í greinargerð þessarri er fjallað um rannsóknir, sem gerðar voru á vatnajarðfræði og grunnvatnsfari á vatnasviði Þingvallavatns síðsumars og um haustið 1995. Rannsóknir þessar voru í umsjá Orkustofnunar, en á vegum Landsvirkjunar, samkvæmt samningi milli þessarra aðila og Guttorms Sigbjarnarsonar, jarðfræðings, frá 21.08.1995. Verkáætlun þessa samnings byggði á minnisblaði frá Orkustofnun frá janúar 1995 um áfangarannsókn á téðu vatnasviði. Þetta árið var aðeins sinnt um helmingi þeirra rannsókna, sem þar voru tilgreindar. Eins og fram kemur í téðri verkáætlun og minnisblaði, þá er hér um áfangarannsóknir að ræða, sem er ætlað að skýra vissa þætti í vatnajarðfræði vatnasviðs Þingvallavatns, og þoka þar með rannsóknum á því einu skrefi nær nægjanlegri þekkingu undir fyrirhugaða nýtingu á vatnasviðinu og vatni af því, varðveislu þess og meðferð. Að rannsókn þessarri unnu jarðfræðingarnir Freysteinn Sigurðsson, á Orkustofnun, og Guttormur Sigbjarnarson, fyrrum starfsmaður Orkustofnunar, sem á sínum tíma vann umfangsmiklar rannsóknir á vatnasviðinu.

Vandamál, viðfangsefni og umfjöllun:

Vandamál þau, sem þessi rannsókn beindist að, voru mörk grunnvatnssviðs Þingvallavatns og jarðfræðilegar orsakir þeirra, uppruni grunnvatnsins og leiðir helstu grunnvatnsstrauma til Þingvallavatns. Að þessu sinni var lögð áhersla á að reyna að gera sér grein fyrir yfirliti af megindráttum í vatnajarðfræði svæðisins og fá sýnishorn af efnabáttum ("anjónum", "forfar-eindum") í vatni á og umhverfis vatnasviðið, en þeir eru háðir uppruna og upprunastað vatnsins.

Hér á eftir verður einkum fjallað um eftirtalda þætti:

1. Fyrri rannsóknir og niðurstöður úr þeim.
2. Vatnafar og veðurfar á svæðinu.
3. Jarðgerð og líkleg jarðlekt vatnasviðsins.
4. Efnainnihald vatns og uppruni þess.
5. Samskoðun upplýsingabáttá.

Að lokum eru helstu niðurstöður dregnar saman og bent á hvaða frekari rannsókna þurfi næst við.

Fyrri rannsóknir og niðurstöður þeirra:

Töluverðar vatnafars- og jarðfræðirannsóknir hafa verið gerðar á vatnasviði Þingvallavatns, allt frá því Jónas Hallgrímsson fór villur vegar um Skjaldbreiðarhraun og orti hið fræga kvæði sitt um *Fjallið Skjaldbreið*. Þar setur Jónas fram þá hugmynd sína, að Þingvallahraun sé komið frá Skjaldbreið og Þingvallavatn sé myndað við landsig. Hafa margir haft hvoru tveggja fyrir satt síðan og vekur það m.a. til fhugunar um eftirtektargildi þess, að setja fróðskap fram í bundnu máli. Grein er gerð fyrir rannsóknnum á svæðinu í bókinni *Þingvallavatn* (Ritstjóri: Pétur M. Jónasson, 1992), en í henni eru m.a. kaflar um helstu þætti náttúrufars svæðisins, sem máli skifta fyrir vatnafar og jarðgerð vatnasviðsins: Jarðfræði (Kristján Sæmundsson 1992), jarðfræði vatnsbotnsins (Kjartan Thors 1992), veðurfar á svæðinu (Markús Á. Einarsson 1992), vatnafar og eðliseinkenni Þingvallavatns (Hákon Aðalsteinsson o.fl. 1992), samsætur í vatni á vatnasviðinu (Árný E. Sveinbjarnardóttir og Sigfús J. Johnsen 1992), efnainnihald vatns í og við Þingvallavatn (Jón Ólafsson 1992). Af eldri heimildum, sem þar er getið, skulu aðeins tvennar nefndar: Tvær greinargerðir um vatnshag Sogsins (Guttormur Sigbjarnarson 1966 a og b) og umfjöllun um vatnasvið Þingvallavatns á grundvelli tvívetnissamsætna í vatni (Bragi Árnason 1976). Af síðari rannsóknnum skal hér einungis tveggja getið: Fjölþætta umfjöllun um grunnvatn af jökulrænum (glasfál) uppruna, m.a. á vatnasviði Þingvallavatns (Freysteinn Sigurðsson 1991) og umfjöllun um tengsl efnasamsetningar grunnvatns á Íslandi og veita (aquifers) þeirra, er það rennur um (Freysteinn Sigurðsson 1993).

Samkvæmt þessum heimildum hefur verið talið líklegt, að mörk grunnvatnssviðs norðurstrandar Þingvallavatns liggja nærri yfirborðsvatnaskilum að vestan, og þó vestan þeirra a.m.k. norðan til; nái norður fyrir Þórisdal í Langjökli og austur undir Hlöðufell og Skriðu að austan. Svæðið umhverfis Laugarvatnsvelli er talið hafa afrennsli til austurstrandar Þingvallavatns. Austar sé rennsli frá jökli beint til SSV ofan í Laugardal. Grunnvatnsstraumar skiftist svo, að gjárnar við Almannagjá - og útrennsli hjá Silfru - hafi aðrennslissvæði upp til Þórisjökuls, vestanverðs, en gjárnar við Hrafnagjá - og útrennsli hjá Vellankötlu - af austurhluta vatnasviðsins (Bragi Árnason 1976). Athuganir á efnainnihaldi vatnsins, einkum klóríði, hafa hins vegar verið túlkaðar svo, að nálægt 3/4 vatnsins spretti fram á vestursvæðinu en aðeins 1/4 á austursvæðinu (Jón Ólafsson 1992). Efnainnihald og samsætuinnihald (Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen 1992) á austursvæðinu hafa verið túlkuð þannig, að verulegur hluti vatns þar sé, eða geti verið, af jökulum (glasfál) uppruna. Þess hefur verið getið til (Freysteinn Sigurðsson 1991), að 1/4 - 1/2 af lindavatninu við norðurströnd Þingvallavatns sé jökulvatn að uppruna.

Innan ramma fyrirbyggjandi rannsóknaverks hefur ekki verið vettvangur fyrir að fara vandlega og af fyllstu gagnrýni ofan í tilgreindar, og aðrar tiltækar, heimildir eins og vert væri. Verður það að búa síns tíma. Hér á eftir verður tínt til, það sem meginmáli er talið skifta um hvern þátt, og sennilegast sýnist, að svo stöddu.

Vatnafar og veðurfar:

Líklegt er, að 80 - 90 m³/s af lindavatni falli til norðanverðs Þingvallavatns, en vera má að það sé eitthvað ofmetið. Yfirborðsafrennsli er ekkert til vatnsins af hraununum frá Öxará austur um til Sogs, nema stundum lítið eitt í vetrarblotum og vorleysingum (Guttormur Sigbjarnarson 1966 b). Þer öllum heimildum saman um, að grunnvatnssviðið muni ná upp undir Kaldadal, upp í Langjökul og líklega austur í námunda við Hlöðufell, en óvissan er mest um austurmörk þessa vatnasviðs. Veðurathugunarstöð var lengi á Þingvöllum og var meðaltalsársúrcoma þar nærri 1.300 - 1.400 mm/ári. Mælingar virðist skorta ofar á vatnasviðinu. Hefur því ýmsum getum verið leitt að úrkomudreifingu á því (Markús Á. Einarson 1992, Freysteinn Sigurðsson 1991), en ljóst er, að áhrif fjalla á svæðinu eru gífurlega mikil (Botnssúlur - Hvalvatn, Adda Bára Sigfúsdóttir 1990), en þeim virðast iðulega fylgja úrkomuskuggar að fjallabaki.

Að svo stöddu verður eftirfarandi úrkomudreifing talin vera líkleg: Í Þingvallasveit norðan vatns um 1.500 mm/ári; fjöllin upp af Þingvallasveit og Laugardal upp í eða yfir 3.000 mm/ári; úrkomuskuggar vestur og suðvestur af Skjaldbreið og norður af Skjaldbreið og Hlöðufelli <1.000 - >1.500 mm/ári; Skjaldbreið og Hlöðufell 2.000 - 3.000 mm/ári eða jafnvel meira, Þórisjökull og Langjökull >4.000 mm/ári. Tilvist úrkomuskuggans vestur af Skjaldbreið er byggð á áratuga kynnum en tilvist úrkomuskuggans norður af Hlöðufelli og Skjaldbreið er byggð á gróðurfari, jarðvegsástandi og landsáferð. Mat á úrhelli og áleiðingum á fjöllum og jökla er einnig byggt á margra ára athugunum.

Ekki er enn þá vitað, af hversu stóru svæði á Langjökli grunnvatn streymir til Þingvallavatns. Það verður ekki vitað með marktækri sannirni, fyrr en kort liggur fyrir af jöklinum og grunni jökulsins (Íssjárkort, Helgi Björnsson 1988). Þess hefur verið getið til (Freysteinn Sigurðsson 1991), að vatnasviðið á jökli væri etv. 150 - 300 km², en því jafngilti 20 - 40 m³/s ákoma. Yfirborðsafrennsli frá jökli er ekkert á svæðinu, nema eilítið vestur til Geitár og austur til Hagavatns, auk rennslis út á hraun og sprungusvæði við rætur jöklanna. Samkvæmt þessu væri líklegt, að nærri 30 m³/s af jökulvatni legðust til grunnvatns á vatnasviðinu.

Í sömu heimild er metið, að jökullaust svæði á vatnasviðinu sé nærri 700 - 800 km², en meðaltalsúrcoma á því svæði sé etv. ekki nema um 2.000 - 2.500 mm/ári. Því samsvaraði um 45 - 65 m³/s grunnvatnsafrennsli af því landi. Gert var þá ráð fyrir svipuðum mörkum á grunnvatnssviðinu og rannsóknir í ár benda til, svo að þessar tölur gætu enn verið í gildi. Samtalan er þá 80 - 90 m³/s, þar sem framlag jökulsins er um 20 - 45 %, eða nærri þriðjungu alls vatnsins að meðaltali. Frekari vangaveltur um þessa skiftingu hafa lítinn tilgang, þar til jökulkortið liggur fyrir og austurmörk vatnasviðsins eru betur og tryggar þekkt.

Jarðgerð og jarðlekt:

Ágrip af jarðfræði:

Jarðgerð vatnasviðsins einkennist af því, að meginás svokallaðs vestara gosbeltis (Reykjanes-Langjökuls-gosbeltið) liggur um Þingvallavatn og upp til Langjökuls. Þar er talið vera landrek í gangi, margar og miklar sprungur eru auðsæjar og gosvirkni á stöðkvarter og nútíma er mikil á svæðinu, einkum austanverðu. Jarðlög eru því víða vel lek á vatnasviðinu og sprungurnar auka enn á lektina, auk þess sem þær valda misleitni (anísótrópi) í henni og beina grunnvatninu til Þingvallavatns. Lekust eru hraun frá nútíma, svo sumt grágrýti og ófyllt bólstraberg, en móberg sumt er miður lekt. Gamlar jarðmyndanir (á íslenskan mælikvarða; árkvarterar og eldri) og verulega holufyllt eða ummyndað berg hefur minnsta lektina (Freysteinn Sigurðsson og Jón Ingimarsson 1990).

Vatnasvið norðurstrandar Þingvallavatns liggur fyrst og fremst í svokallaðri Þingvallavatnslægð, sem takmarkast af árkvarteru bergi í fjöllóttu landi að vestan, grágrýtisbreiðum og upp-

brotnu landi á Kaldadal að norðaustan, háum og meira eða minna jökulþöktum móbergsfjöllum í Langjökli og Þórisjökli að norðan og móbergsfjallgördum (Skefilfjall, Kálfstindar o.fl.) á hásléttubrún að austan, en móbergsfjöllum í Laugardalsfjöllum austan þeirra, sem hugsanlega eru hluti af einhvers konar megineldstöðvarfildi og líklega úr eldra bergi og þéttara. Sunnan fjallgarðanna liggur grágrýtisskjöldur Lyngdalsheiðar líklega ofan á eldra bergi og þéttara.

Lægðin sjálf er sléttlend og þakin hraunum, m.a. frá Skjaldbreið, sem rís hátt yfir hana. Sprunguskarar liggja nærri N 30 °A eftir lægðinni, mest áberandi vestan megin (Almannagjá o.fl.) og austan megin (Hrafnagjá o.fl.) í henni. Um þá er mesta grunnvatnsstreymið til Þingvallavatns. Á vatnasviði Brúarár og Tungufljóts klýfur eldri megineldstöð undir Bjarnarfelli líklega grunnvatnsstrauma innan af hrauninum og innan frá Langjökli. Norðaustlægir móbergsfjallgarðar ofan byggðar mynda þar líklega eins konar stíflur á grunnvatnið, en vera má að lekara berg (grágrýti ?) og sprunguskarar liggi undir þau og veiti einhverju grunnvatni fram.

Þingvallavatnslægðin:

Aðalsprungusvæðin liggja í landslagslægð frá Þingvallavatni upp undir Langjökul, sem hefur að hluta til myndast við sig, einkum sunnan til, en er að hluta til vegna upphleðslu móbergsfjalla og gosskjalda (dyngjur) beggja vegna við, einkum þó austan megin. Lægð þessi er girt af til norðurs af fjöllum undir Þórisjökli og Langjökli, en Ármannsfell og Lágafell - Mófell girða hálfu leið yfir lægðina upp af Þingvallasveit. Þau fell liggja á ASA-lægu belti um Botnssúlur og Laugardalsfjöll, þar sem uppkoma gosefna á síðkvarter er talin hafa verið óvenjulega mikil á síðkvarter (Kristján Sæmundsson 1992), en belti þetta er framlenging til austur á samstefndu belti í Borgarfirði, þar sem tertferar og árkvarterar megineldstöðvar hafa verið virkar. Langjökulsfjöllin eru trúlega tengd megineldstöðvum við Prestahnjúk á Kaldadal (sama heimild), í norðanverðum Langjökli og etv. þeirri þriðju í suðaustanverðum Langjökli.

Lægð þessi eða sigdalur er ósammældur (assymmetriskur) í gerð sinni (sjá þversnið hjá Kristjáni Sæmundssyni 1992). Sigið virðist vera mest vestur undir vesturmörkum sigdældarinnar og eru þar jarðlög víða snöruð til austurs. Gosvirkni á seinni hluta síðkvarter og á nútíma virðist hins vegar vera mun meiri austast á sigdældinni eða jafnvel austan hennar, nema þar sem megineldstöðvanna í Hengli (sunnan Þingvallavatns) og í Langjökli gætir. Lægð þessi er nú þakin dyngjuhraunum ("gos-skjaldarhraunum") frá Skjaldbreið, Þjófahraunsgígum og Eldborgum. Sára fá móbergsfell rísa upp úr hrauninum og er því víssast, að upphleðsla slíkra fjalla hafi verið þar rýr en yfir land þetta hafi í seinni tíma rás einkum lagst dyngjuhraun, sem nú myndu flokkast sem grágrýti. Þess hefur verið getið til, að jökulelfur hefðu fallið frá Langjökli til Þingvallavatns við lok síðustu ísaldar og borið með sér sand og annað set (Kristján Sæmundsson 1992). Þetta er ekki víst, því að sundur sprungin grágrýtishraunin gætu hafa gleypst það vatn, rétt eins og nútíma hraunin síðustu 9.000 ár. Samt er líklegt, að eftir hjaðnandi jöklana í ísaldarlokin hafi legið valkestir af seti úr og undan þeim. Í heild hefðu þessi áhrif líklega verið í þá átt, að fylla meira í bergið næst jöklunum og draga þar meira úr lektinni en neðar, og skapa lagskifta og láretta misleitni í lektinni í grágrýtinu, svo langt sem þau ná.

Jarðlekt þessa meginsvæðis byggir því líklega á stafla af grágrýtishraunum og samsíða sprunguskörum. Trúlegt er, að einhverjir rislitlir móbergshryggir séu á kafi í grágrýtinu. Líklegt er, að lekt þeirra væri eitthvað lakari en í grágrýtinu, en aðaláhrif þeirra væru væntanlega að skapa misleitni í lektinni, þannig að rennsli grunnvatnsins væri tregara þvert á þá en greiðara samsíða þeim. Allt skal látið ósagt um, hvernig jarðgerðin er, þegar dýpra dregur í jörð niður, en almennt verður berg þéttara og minna lekt, því neðar í jarðlagastaflanum, sem það liggur og það verður eldra, meira fergt og meira ummyndað. Sem fyrr segir er hugsanlegt, að setfylling hafi dregið úr lekt grágrýtisins, því meira sem lengra kemur inn til landsins og nær dregur Langjökli. Núverandi háfjöll í Langjökli og Þórisjökli eru hugsanlega frá síðasta jökulskeiði og hafi því jökullinn verið risminni fyrir þann tíma. Á er þó að líta, að megineldstöðvar munu vera

undir jöklinum, sem ekki hafa verið sérlega virkar á nútíma og því etv. komnar nokkuð til aldurs. Gætu þar því verið fjöll frá fyrri jökulskeiðum, sem nú sér lítt eða ekki til. Þetta eru þó allt meira eða minna vangaveltur.

Sprunguskararnir í lögðinni (og austan hennar) stefna nærri 30°A, en stefnur á einstökum sprungum virðast gjarnan dreifast á bilinu 20 - 40 °A. Höggul greining (tektónisk analýsa) á sprungum þessum liggur ekki fyrir, né hefur í þessu verki verið tóm til að stunda loftmynda-könnun á sprungunum. Hvort tveggja væri þó býsna gagnlegt að gera, einkum þar eð mörg ósköp hafa í tímans rás verið sett á kreik með gervifræðum um sprungur og lekt þeirra. Sprungurnar virðast knippast saman í sprunguskara, eins og vandi er til. Þær eru að vanda gleggstar í hraununum frá nútíma, en enn eldri sprungur sjást líka í eldri jarðmyndunum, sem eykur á uppbrotna áferð þeirra sprunguskara. Niðri í Þingvallasveit ber mest á þremur sprunguskörum: Við Almannagjá og austan hennar, vestan megin í sigdældinni; við Hrafnagjá, austan megin í sigdældinni; við Drift, vestan í Lyngdalsheiði. Milli þessarra sprunguskara ber lítið á sprungum, en þetta 3 - 5 km virðast vera á milli sprunguskaranna. Með góðum vilja má rekja sprunguskara þessa upp undir Langjökul, en þó greinast þeir og dreifast meira í sundur upp í fjöllin austan lögðarinnar og upp undir Skjaldbreið. Að svo stöddu eru ekki efni til að greina sprungur þessar og sprunguskara nánar.

Niðri á hraununum eru margar sprungurnar galopnar niður á nokkurt dýpi og geta því fleytt fram mjög miklu vatni. Annars eru sprungurnar mismikið opnar og á köflum jafnvel lokaðar. Hvernig þessu er varið á Þingvallavatnassvæðinu verður að bíða höggular greiningar á sprungunum (Freysteinn Sigurðsson 1985). Ljóst er, að grunnvatnið rennur margfalt greiðara eftir sprungunum en þvert á þær. Sprungurnar valda því afar sterkri misleitni í jarðlekt svæðisins, sem dregur grunnvatnsstraumana til sprunguskaranna og hindrar þá strauma í því að renna til stórra muna út úr þeim aftur. Það eru því gildar forsendur fyrir því, að hverjum sprunguskara fylgi sérstakur grunnvatnsstraumur, með sérstakt aðrennslissvæði að verulegu leyti og séreinkenni í ástandi vatnsins.

Vesturfjöllin:

Vestan sigdældarinnar, eða landslagslögðarinnar, taka brátt við jarðlög frá árkarverer eða fyrri hluta síðkarverer. Þau eru mest megnis basalhlög eða grágrýti, með lítils háttar ívafi af setlögum eða móbergi hér og þar. Mislægt ofan á þeim standa ríshá móbergsfjöll á fyrrnefndu "gosefnaframleiðslubelti", þar sem eru Búrfell, Botnssúlur, Hvalfell og Kvísgindisfell. Eitthvað af lindum sprettur undan fellum þessum, t.d. í Hvannadölum sunnan undir Kvísgindisfelli, en lítið er það vatn í heild. Norðan Brunnvatns og Reyðarlæks (við Reyðarvatn) eru grágrýtishlög brotin upp af sprungum ofan frá Kaldadal og falla þaðan lindavötn vestur til Borgarfjarðar. Sunnan Kvísgindisfells tekur við annar sprunguskari, hliðraður til austurs, með opnum sprungum suður af Tröllhálsi og á Ormavöllum. Liggur hann suður um Gagnheiði og í hæðirnar vestan bæja í Þingvallasveit, en ekki er vitað um miklar lindauppkomur þar á honum. Land er hins vegar þarna þurrt og afrennslissnautt á yfirborði, þar til fyrr nefnd eldri jarðlög, með yfirborðsafrennslu, taka við, en úr þeim sprettur sára lítið lindavatn, það sem vitað er. Svo virðist, sem opni sprunguskarinn á Þingvöllum sé enn skaraður til austurs, miðað við mest opna hluta skarans um Gagnheiði.

Austurfjöllin:

Austan sigdældarinnar rísa móbergsfjallgarðar inn og austur frá Þingvallasveit. Milli þeirra vestari er landið að mestu þakið hraunum frá nútíma, sem komið hafa upp á þeim slóðum. Austar liggja að fjallgördunum basalhettadír stapar, grágrýtisskildir og dalrofin fjöll í Laugardalsfjöllum. Er allt annar blær yfir þeim fjöllum en fjallgördunum, bæði í uppbyggingu og rofástandi. Vekur það grun um, að þau kunni að vera allnokkru eldri en fjallgarðarnir, en þorri

Þessarar fjalla hefur verið talinn vera frá síðasta jökulskeiði (Kristján Sæmundsson 1992). Enn austar taka við fjallaradírarnar ofan við Biskupstungur (Rauðafell, Högnhöfði, Kálfstindur), en utan (sunnan) þeirra er nokkuð fullorðin megineldstöð með ljósgrýti undir Bjarnarfelli. Austan undir því er Geysissvæðið, sem er talið vera háhitasvæði.

Megineldstöð þessi liggur því sem næst beinstefnis á áður nefndu megineldstöðva- og gosefna-framleiðslubelti þvert yfir vestara gosbeltið. Hefur þess verið getið til (Kristján Sæmundsson 1992), að Laugardalsfjöllin gætu verið á einhvern hátt kynjuð við megineldstöð eða efni til hennar. Dýpra liggjandi jarðlög í þeim gætu því hafa orðið fyrir auknum hitaáhrifum og etv. einhverri þéttingu af völdum ummyndunar, en öflugt jarðhitasvæði er á Laugarvatni, undir fjöllunum. Ef tilgátan um aldur og ummyndun í fjöllum þessum er rétt, þá væri við því að búast, að lekt væri til einhverra muna minni þar en í landinu vestan þeirra, a.m.k. í neðri hluta fjallanna. Það sést raunar á því, að yfirborðsafrennslis gætir þó aðeins í fjöllum þessum, lindir spretta fram úr þeim, en þó flestar litlar, en öflugar lindir koma upp á sprungum í berginu, bæði hjá Miðdal (Ljósár) og við Skillandsá, og vestan Laugardals (undan Lyngdalsheiði). Vestarlega í fjöllum þessum eru brot mikil (Hrossadalsbrún o.fl.) og verða á þeim slóðum mikil umskifti í útliti fjallanna. Austan þeirra eru fjöllin snjád og strokin og vatnsvætlur ekki óalgengar, en vestan þeirra eru þau úfin og hvöss í dráttum, en vatnsvætl sést nánast hvergi. Verulegur áferð-armunur mun einnig vera á grágrýtisþekjunni á Laugarvatnsfjalli og (nafnlausri ?) grágrýtisbungu vestur undir Kálfstindum, norðan Hrossadals.

Lægri fellaradír skjóta upp kollunum milli eða utan í hinum hærri, t.d. Hrutáfjöll utan í Kálfstindum. Má vel vera, að radír þessar séu misgamlar og þær lægri séu eldri og dýpra grafnar í hraunflóð frá nútíma og gömul grágrýtisflóð. Vesturhluti fjallabálks þessa a.m.k. væri þá byggður upp úr lögum af grágrýti, líklega afmörkuð milli móbergshryggja, og téðum móbergshryggjum með stefnu nærri 30 - 35°A. Hryggir þessir valda líklega nokkurri misleitni í lekt bergsins, þannig að grunnvatnið streymi meira í stefnu þeirra en þvert á þá, að öðru jöfnu. Sömu áhrif, en líklega sterkari, hafa sprungur þær, sem liggja í sömu eða svipaða stefnu eftir fjallalandi þessu.

Lyngdalsheiði:

Sunnan fjallgarða þessarar liggur grágrýtisskjöldur Lyngdalsheiðar, en Laugarvatnsvellir í krik-anum milli hans og fjallgarðanna. Skjöldur þessi virðist við fyrstu sýn vera lítið rofinn og er það líklega einu af tvennu að þakka (eða hvoru tveggja): Hann er mjög ungur og roföflin hafa ekki haft tíma til að vinna á honum, eða hann hefur legið í jökulskjólí við fjöllin norðan hans og roföflin hafa lítið náð til hans. Fyrri skýringin hefur verið notuð m.m. til að aldurssetja Lyngdalsheiði, allt frá dögum Þorvaldar Thoroddsen. Vera má, að grágrýti skjaldarins nái ekki nema norður að völlum (Beitivöllum, Laugarvatnsvöllum) og austur í heiðarbrúnina, en þar liggja mikil setlög utan á hlðarbrekkunum. Ekki er vitað hvað sé undir grágrýtinu, en hitt er ljóst, að ekki gnæfa nein háreist móbergsfjöll þar upp úr landinu, t.d. sambærileg við Búrfell, sunnan heiðarinnar. Raunar er athyglisvert, hve gosræn (vulkanisk) upphleðsla er lítil sunnan undir "upphleðslubeltinu" frá Borgarfirði til Bjarnarfells, ef undan eru skildir grágrýtisskildirnir á Mosfellsheiði og Lyngdalsheiði og stöku móbergfell eða gígar. Hefur verið bent á, að þetta fyrirbæri eigi þátt í myndun og tilvist Þingvallavatns, ásamt landsiginu (Kristján Sæmundsson 1992). Er því eins líklegt, að hólur, hæðir og þekjur úr lítið leku eldra bergi séu undir Lyngdalsheiði. Hrólfs hólar, syðst á Lyngdalsheiði, gætu tengst þessum myndunum og raunar gæti landslag undir grágrýtisskildinum beint grunnvatni norður og austur af heiðinni, til Laugardals.

Sprunguskari er vestan á heiðinni, frá Laugarvatnsvöllum og niður að Kaldárhöfða. Þar eru lindir, tengdar sprungunum. Austan og suðaustan í heiðinni og í heiðarrótunum eru einnig sprunguskarar, sumir með opnum sprungum. Vella vatnsmiklar lindir upp á þeim í brekkurót-

um heiðarinnar í Laugardal. Stefna sprungur þessar nærri SSV - NNA, en vera má að þær séu skaraðar til norðurs og nálgist þannig eða tengist lekara bergi og sprunguskara vestan við Laugarvatnsfjall.

Forland Langjökuls:

Háslétta er milli Laugardalsfjalla og annarra byggðafjalla að sunnan og undirfjalla Langjökuls að norðan. Rís móbergsstapinn Hlöðufell upp af henni, gneypur og hlöbrattur, en á henni hvíla einnig hraundyngjur Skjaldbreiðar, Sköflungshrauns og Lambahrauns. Undir þeim er hásléttan líklega í 400 - 500 m y.s. hæð, en nokkur stök og rislftil móbergfell virðast þó standa upp úr henni. Er vístast, að háslétta þessi hafi verið meira eða minni hlaðin upp af grágrýtislögum, sem nú eru hulin nútíma hraunum. Má vera, að jarðgerð hafi verið svipuð og í Þingvallalægðinni ofan byggðar. Þó er svo að sjá sem móbergsfellin séu eitthvað fleiri og þéttstæðari í framhaldi af fjallgördunum upp af Þingvallasveit. Liggur Hlöðufell austast á þessu svæði. Sprunguræma er í svipaða stefnu á austanverðu svæðinu. Líklegt er, að lekt sé heldur minni í bergi á þessu svæði en beggja vegna við og sprunguskarinn og móbergshryggirnir valdi misleitni að auki. Gæti þetta valdið grunnvatnshæð eða hrygg á þessum slóðum og vatnaskilum milli Þingvallavats og Brúarár.

Austan Hlöðufells virðist hafa verið háslétta eða jafnvel dalur, áður en Lambahraun brann. Nær það svæði austur að Brekknafjöllum, sem eru nánast í framhaldi af Jarlhettum (innri fellaröðinni) og næstum því í framhaldi af byggðafjöllum í Biskupstungum, sem þó eru aðeins hliðruð til vesturs, svo að skarð verður milli þeirra og suðurenda Brekknafjalla, sem hluti af hraunflóði Lambahrauns hefur hellst í gegnum. Það hraun nær að baki Bjarnarfells og Miðfells vestur að Brúará. Þar spretta stuttar en vatnsmiklar lindaár upp og falla í Brúará. Leggja þær til meginvatnið í lindárþætti árinna. Er ekki ólíklegt, að megineldstöðin undir Bjarnarfelli eigi sinn þátt í því, að draga úr lekt bergsins þar og þvinga með því vatnið að fjallabaki til Brúarár.

Vatnið í lindaánum úr hrauninu er miklu meira en samsvarar vatnasviðinu á hrauninu neðan Högnhöfða og Kálfstinds. Hvergi verður vart við lindaleka út úr fjöllum þessum eða rótum þeirra. Er þá sú skýring eftir, að vatn frá Lambahrauni - og allt upp í jökul - hafi framrennsli um fornt gljúfur fyrirrennara Brúarár um skarðið framangreinda austan Kálfstinds, sem þar hafi verið áður en Lambahraun brann. Þessi skýring er nokkuð ævintýraleg, en mjög miklar líkur hafa verið leiddar að svipuðu fyrirbæri í Skaftárgljúfri því, sem til var fyrir Skaftárelda 1783 (Freysteinn Sigurðsson 1995). Þessi svæði, á vatnasviði Brúarár, voru ekki skoðuð sérstaklega þessu sinni, heldur byggir umfjöllun þessi á fyrri rannsóknum á þeim svæðum.

Undirfjöll Langjökuls:

Sem fyrr segir liggur jökulkápa Langjökuls ofan á háum fjöllum, sem hafa hlaðist upp í megineldstöðvum, eða í líklegum tengslum við þær. Raunar má vel vera, að þar sé að verki samskonar upphleðsla og leggur rætur til flestra aðaljökla landsins: Tilvist jöklanna á hlýskeyðum byggir á hæð fjallanna en þeir valda því, að móbergsfjöll hlaðast þar frekar upp í eldgosum en sléttar hraunabreiður. Svipuð áhrif hefur lega gosstöðva þessarra á miðju landsins, þar sem jökulþykkt er meiri á ísöldum (Langjökull, Hofsjökull, Vatnajökull að hluta til), eða á móti öflugustu úrkomuáttunum (Mýrdalsjökull, Vatnajökull að nokkrum hluta). Magnar þar hvort annað upp. Á gosbeltinu frá Þingvallavatni til Langjökuls ber mest á dyngjugosum (hraunskjöldum), sem á jökulskeyðum hafa leitt til myndunar á móbergsstöpum. Utan jökla ná Skriðan og Hlöðufell upp fyrir 1.000 m hæð y.s., en svo er og um Skjaldbreið, þó á íslausu landi hafi gosið. Til bergs sér í Þórisjökli upp fyrir 1.000 m y.s. en í Geitlandsjökli og Skriðufelli við Hvítárvatn upp fyrir 1.100 m y.s. Ná þó fjöll þessi líklega eitthvað hærri undir jökulskjöldunum. Þessi landhæð veldur bæði lágum lofthita og gífurlegri úrkomu og er þar með orsök jökulsins, viðhalds hans og tilvistar.

Undan þesum háu fjöllum koma fram grágrýtisbreiður, t.d. undan Þórisjökli og Björnsfellunum báðum, en á Skerslum, sunnan Þórisdals, er grágrýtisdýngja. Hagafell virðist vera einhvers konar stapi, með grágrýtishettu, en nútímahraun liggja ofan á því frá gígum uppi undir jökulrönd. Sem fyrr segir ganga raðir af móbergshryggjum á vissum ræmum upp undir jökul- og væntanlega inn undir hann. Óregla gæti verið í upphleðslu fjalla og jarðlagaskipan í megineldstöðinni kringum Prestahnjúk, þ.e. við og norður af Þórisjökli. Austar, upp af Skerslum, er líklegt að grágrýtlög og móbergshryggir séu ríkjandi, en Hagafellsjökull ytri (vestari) gengur líklega niður í dal milli þessa fjallabálks og Hagafells. Austan þess gengur Hagafellsjökull eystri ofan í dalverpi milli fellsins og Brekknafjalla og Jarlhettna. Má vera, að jarðgerð austan Skersla beini grunnvatni meira til vatnasviðs Brúarár, en innri gerð megineldstöðvarinnar við Prestahnjúk ráði því, hversu langt eða skammt aðrennslissvæði Þingvallavatns nær til norðurs.

Af framanskráðu má ljóst vera, að verulegar ábendingar má lesa úr tilverandi upplýsingum um jarðgerð svæðisins um mörk vatnasviðsins og líklegar rennslisleiðir grunnvatnsstrauma. Frekari ábendingar má fá í einn stað úr upplýsingum um legu grunnvatnsborðs, og þar með um halla þess, og um uppkomustaði grunnvatnsins í lindum og vatnsmegin þess þar. Í annan stað má lesa miklar upplýsingar úr ástandi vatns á svæðinu, hita, efnainnihaldi og samsætuinnihaldi. Þó vantar enn ýmsar upplýsingar úr jarðfræðinni, sem afla má án ærins tilkostnaðar. Má þar nefna loftmyndatúlkun á höggun (tektóník), einkum sprunguskörunum, og á ýmsum fleiri jarðfræðilegum atriðum. Ástæða gæti verið til að skoða vatnajarðfræðilega gerð Laugardalsfjalla betur á vettvangi (á foldinni). Einnig þarf að tengja vatnajarðfræði vatnasviðs Þingvallavatns betur við vatnajarðfræði vatnasviðs Brúarár, en vatnasviðin takmarka hvort annað á vatnaskilum sín á milli, eðli málsins samkvæmt. Því er þekking á aðliggjandi vatnasviðum nauðsynleg til að geta afmarkað vatnasvið Þingvallavatns.

Grunnvatnsborð og lega lindasvæða:

Ágrip um grunnvatnsborð og lindarennslí:

Grunnvatnsborð er í um 100 m y.s. í Þingvallavatni, 100 - 140 m y.s. í lindum vestan í Laugardal, 100 - 200 m y.s. við upptakaár Brúarár í Úthlíðarhrauni, upp undir og yfir 300 m y.s. í Haukadalsheiði, 350 - 400 m y.s. uppi á Kaldadal og í undirfjöllum Þórisjökuls, stíflað upp í 440 m y.s. í Hagavatni, en hugsanlega í 400 - 450 m y.s. í innanverðum Laugardalsfjöllum og inn undir Skersli.

Til Þingvallavatns að norðan falla 80 - 90 m³/s af lindavatni, þar af líklega 40 - 65 m³/s í vestari straumnum (Almannagjá o.fl.) en 20 - 45 m³/s til austari straumsins (Hrafnagjá o.fl.). Til Tungufljóts falla næstum 30 m³/s en til Brúarár um 30 m³/s. Í lindum vestan Laugardals eru næstum 10 m³/s en um 5 m³/s í lindum í Laugardal innanverðum að austan.

Grunnvatnsborð:

Upplýsingar um hæð grunnvatnsborðs á vatnasviði Þingvallavatns eru ákaflega rýrar, því að grunnvatn fyrirfinnst þar varla á yfirborði. Vatn er einkum aðgengilegt á jöðrum vatnasviðsins. Þar er að hluta til um stöðuvötn að ræða, en ekki er alltaf tryggt að vatnsborð þeirra liggi í raunverulegu grunnvatnsborði. Á nokkrum stöðum spretta upp lindir eða lindalækir, en þó sjaldan svo vatnsmiklar, að fullvíst sé, hvort um raunverulegt grunnvatn eða svokallað "villuvatn" sé að ræða. Loks eru á nokkrum stöðum uppistöðutjarnir, sem þó oft síga niður með sumrinu og óvíst er, hvort þær séu villuvatn eða liggi rétt ofan raunverulegs grunnvatnsborðs. Hæð þessarar vatnsstaða er hér yfirleitt lesin af DMA - kortum í mælikvarða 1:50.000, samanteknum 1989. Slíkar hæðartölur eru að sjálfsögðu ærið ónákvæmar, en staðsetning vatnsstaðanna er það líka, svo að þar er jafnt á komið. Með þessum fyrirvörum eru hér á eftir tilgreindar

nokkrar hæðartölur, sem þó oft eru hámarks- eða lágmarkstölur.

Staður:	Athugasemd:	Hæð í m y.s.:
	<i>Vesturmörk:</i>	
Pingvallavatn	-	um 100
Öxará	útfall á hraunin	≤ 140
Sandvatn (Bláskógaheiði)	afrennslislaust vatn	? < 270
Víðiker, Hvannadalakvísl	austan vatnaskila	325
Uxavatn	á vatnaskilum	395
Reyðarvatn	vestan vatnaskila	325
Brunnavatn	á vatnaskilum ?	350
Sandvatnsvísl	upptök norðan Brunna	370
Lindir í Brunnum	á vatnaskilum ?	380
Kaldidalur, við Egilsáfanganga	á vatnaskilum	≤ 425
Kaldidalur, "Geitárlón"	á vatnaskilum ?	? < 600
	<i>Norðurhluti:</i>	
við Lambahlíðar	jökullækir	? < 410
Langavatn austan Skersla	afrennslislaust	? < 490
tjörn austan Hlöðufells	afrennslislaus	? ≤ 470
Hlöðuvellir	uppistöðutjarnir	? ≤ 440
Rótarsandur, Brúarárskörð	lindir	400
Hagavatn	uppstíflað	? 440
	<i>Austur- og suðurmörk:</i>	
Sandvatn (Haukadalsheiði)	-	275
Rótarsandur	(sjá fyrir)	400
Vatnsheiðarvatn á Efstadalsfjalli	-	≤ 370
Skillandsá	efstu upptök ?	? 440
- sama -	sýnileg upptök okt. 1995	280 - 300
Helgadalur í Laugarvatnsfjalli	lindalækur	≥ 200
Rauðamýri, á völlumum	votlendi	? ≤ 240
Vallalækur	upptök á völlumum	≤ 200
Beitivellir	uppistöðutjarnir	? ≤ 170
lindir í Laugardal	-	100 - 140

Af þessum tölum verða ekki dregnar miklar ályktanir, en þó virðist svo, sem grunnvatnshæð sé mjög lág í Pingvallalægðinni, annars vegar, og svo suður frá Hagavatni, hins vegar. Lskur eru á hrygg eða hól í grunnvatnsborði kringum Hlöðufell og etv. suður um Laugardalsfjöll. Á völlumum norðan Lyngdalsheiðar virðast vatnaskil vera um Rauðumýri og öðru hvoru megin við þurrtjörnina Blöndu, en þar verður að vísu að gjalda varhuga við mögulegu villuvatni. Öruggar upplýsingar um grunnvatnsborð á þessu svæði fást ekki nema með borunum á rannsóknarholum á viðeigandi stöðum. Þó má hér og hvar geta sér til un grunnvatnshæðina með nokkurri sanngirni, þó slitrótt sé.

Á vesturmörkum vatnasviðsins fylgja vatnaskil í meginatriðum vatnaskilum á yfirborði á eldri og þetta berginu. Yfirborðsvatnið fellur þaðan inn á lek jarðlög og sfgur niður til grunnvatns. Dæmi er Sandvatn (ranglega kallað "Sandkluftavatn" á mörgum kortum, "Sandkluftir" er talið að eigi við gilskorurnar sunnan vatnsins, en einnig sést á kortum "Sandklettur" austan vatnsins), en í það rennur Sæluhúsakvísl frá norðri, sem hverfur oft ofan í hraunin, áður en hún nær vatninu. Mest vatn bætist í Sandvatn í snjóleysingum á vorin. Síðan lækkar almennt í því jafnt og

þétt fram eftir sumri. Vatnið hefur þornað allveg a.m.k. einu sinni á síðustu þremur áratugum, en þó líklega tvisvar. Ýmislegt mælir með því, að vatnið sé villuvatn, a.m.k. við háa vatnsborðsstöðu.

Norðan Brunnvatns kemur vatn upp í 350 - 400 m y.s. og fellur vestur til Borgarfjarðar. Eru þar austur af vatnaskil til Þingvallavatns og þá líklega eitthvað hærrí. Þau eru í sprungnu og sæmilega leku grágrýti. Norðan Sandfells falla jökullækir frá Þórisjökli út á sandflesjur, etv. með svelgjum, í tæplega 400 m y.s. hæð. Við línuveginn, suðvestur af Sandfelli, er grunnvatnsborð líklega komið vel niður fyrir 350 m y.s. Í Þórisdal eru afrennslislaus vötn með vatnsborð sitt hvoru megin við 700 m y.s. Vera má, að einhver grunnvatnshóll sé í tengslum við miður lek jarðlög í megineldstöðinni, sem er á þessum slóðum. Langavatn, austan undir Skerslum, er afrennslislaust og í tæplega 500 m y.s. hæð. Austan þess falla jökullækir meðfram Hagafellsjökli (vestari eða ytri) austur til Hagavatns, í 440 - 460 m y.s. hæð. Þar var áður vatn, sem var kallað Sandvatn. Hagavatn er stíflað uppi bak við Fagradalsfjall og má vel vera, að grunnvatnsborði sé haldið uppi þar af vatninu sjálfu. Smáar lindir koma upp á misfelli í berginu við Leynifoss, en annars sjást ekki lekar í gegnum fjöllin. Þau eru að vísu brött og mjög og líklegri til að steypa af sér úrkomu en að gleypa hana. Samt virðast fjöll þessi vera furðu þéttar stíflur.

Í Brúarárskörðum koma efstu lindir fram í um 400 m y.s. hæð. Neðar í skörðunum sprænir vatn fram úr lekum lögum, á lagamótum og úr sprungum. Alls er það vatn innan við 5 m³/s og ekki nema lítil hluti lindavatnsins í Brúará. Sýnir þetta einnig, hversu þétt þessi móbergsfjöll geta verið, og hvernig grunnvatnið leitar í lekustu leiðirnar í fjöllunum. Þarna rennur hvergi nærri fram allt það vatn, sem safnast í hraunin upp að jökli, hvað þá heldur að viðbættu vatni frá jöklinum. Sýnist raunar mikið efunarmál, að sá grunnvatnsstraumur leki í gegnum fjöllin þarna, nema þá í litlum mæli, því að hvergi mun sjást til linda í giljum eða í rótum þessarar fjalla. Það þýrfti þó nánari könnunar við.

Vatn stendur iðulega uppi í tjörnum og pyttum á Hlöðuvöllum, eins og vatnsstæði og gróður í þeim ber vitni. Þar var allt þurrt í ágúst 1995, enda var grunnvatnsstaða mjög lág um stærstan hluta landsins það sumar, þrátt fyrir þurrkleysu á Suðurlandi frá um 20. júlí og fram í október. Stórrigningar voru ekki á þeim tíma. Vatn þarna gæti verið villuvatn ofan raunverulegs grunnvatns, en takmörkuð stærð aðrennslissvæðisins leiðir a.m.k. grun að því, að þarna gæti verið um grunnvatnsborð að ræða. Sé svo, þá bendir allt til þess, að grunnvatnsskil séu á þessum slóðum milli Þingvallavatns og Brúará.

Á austanverðum völlum norðan Lyngdalsheiðar virðast vera grunnvatnaskil nærri yfirborði í rúmlega 200 m y.s. hæð. Sé svo, þá lækkar grunnvatnsborð þaðan og er sennilega undir 170 m y.s. á Beitivöllum en er komið niður í um 100 m y.s. í Þingvallavatni. Austan í hlíðarfæti Lyngdalsheiðar spretta upp vatnsmiklar lindir, sem koma upp í 100 - 140 m y.s. hæð (nákvæmt mat og mælingar skortir), en upptakalindir Apár liggja nokkru herra og lindir og tjörn með afrennslí hjá Hallkelshólum eru í nærri 140 m y.s. hæð. Það virðist því líklegt, að grunnvatn standi nokkuð hátt í Lyngdalsheiði sjálfri og myndi þar sjálfstætt grunnvatnssvið. Um þá grunnvatnshæð klofni grunnvatnsstraumurinn til Þingvallavatns og til Laugardals.

Lindasvæði:

Langsamlega vatnsmesta lindasvæðið er við norðurströnd Þingvallavatns og þá einkum í sprunguskörunum tveimur, sem kenna mætti við Almannagjá (Silfra o.fl.) og Hrafnagjá (Vellankatla o.fl.) (Guttormur Sigbjarnarson 1966 a). Hefur verið metið (Jón Ólafsson 1992), að nálægt 64 m³/s spretti fram á vestara svæðinu og nærri 22 m³/s á því austara. Byggir sú greining m.a. á styrk klóríðs í Þingvallavatninu og í lindunum. Miklum mun minna vatn er talið, að falli til austurstrandar vatnsins. Kemur þarna fram nær allt grunnvatn af vatnasviði Þingvallavatns, þó að eitthvað lítilræði renni mjög djúpt í jörðu til jarðhitasvæðanna í Hengli, a.m.k. í

samanburði við þessi ókjör af vatni. Benda má á, að helmingaskifti á vatnasviðinu milli þessarar grunnvatnsstrauma væru líklegri vegna jarðgerðar, auk þess sem það væri í betra samræmi við stærð afbræðslusvæða á fsum Þingvallavatns á vorin (Guttormur Sigbjarnarson 1966 b, óbirt gögn). Samkvæmt þessu misjafna mati væri líklegt, að vatnsmegin vestari straumsins væri 40 - 65 m³/s, en vatnsmegin þess austari 20 - 45 m³/s, í heilum og hálfum tugum m³/s reiknað.

Af grunnvatnssviðinu austan vatnasviðs Þingvallavatns falla lindavötn til Tungufljóts og Brúarár (Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1988). Í innanverðum Haukadal koma upp hátt í 10 m³/s (a.m.k. 9 m³/s) en í Fljótsbotnum og Grjótám innan við Haukadal hátt í 20 m³/s (a.m.k. 17 - 18 m³/s). Kemur vatnið yfirleitt upp í 170 - 220 m y.s. hæð, en upptök Stóru-Grjótár, norðan í Sandfelli, eru í um 300 m y.s. hæð. Utan í og undan Bjarnarfelli og Múlafjalli koma vænar lindir, margar í 200 - 300 m y.s. hæð. Má af þessu vænta, að sérstök jarðvatnshæð sé undir Bjarnarfelli og Sandfelli og falli sinn grunnvatnsstraumurinn hvoru megin við hana. Undan Úthlíðarhrauni falla líklega um 20 m³/s eða meira til Brúarár. Auk þess koma líklega um 5 m³/s af lindavatni úr Brúarárskörðum, svo að vera má, að allt að 30 m³/s af lindavatni falli til Brúarár ofan Hagaóss. Suður úr Úthlíðarhrauni falla líklega yfir 2 m³/s, m.a. úr svokallaðri Brúntjörn gegnt Dalsmynni.

Lindir spretta fram úr neðanverðu fjallinu innan við Miðdal í Laugardal (Ljósár og lindir, sem falla í Skillandsá) en auk þess spretta upp lindir neðan brekkuróta í nánd við Miðdal. Allar eru þessar uppkomur á frekar þröngu svæði og er samanlagt vatnsmegin þeirra líklega nærri 3 - 4 m³/s. Vestan megin í Laugardal koma lindir undan Lyngdalsheiði, niður á móts við Apavatn. Samanlagt vatnsmegin þeirra er líklega hátt í 10 m³/s (a.m.k. 9 m³/s). Vatnsmegin í Kaldá hefur verið mælt eða metið um 1½ m³/s, en lindarennslí um Sog (20.06.1959., í kjölfar flóðlekans um göngin í Dráttarhlöð) um 5 m³/s (Árni Hjartarson og Þóroddur F. Þóroddsson 1981). Undan og úr Laugarvatnsfjalli og Snorrastaðafjalli kemur reytingur af lindavatni, etv. um eða yfir 1 m³/s. Um Hagaós (frá Laugarvatni og Apavatni) falla líklega hátt í eða um 15 m³/s af lindavatni til Brúarár. Allt í allt koma því líklega um 70 m³/s af lindavatni undan hálendisbrúnni frá Tungufljóti til Lyngdalsheiðar, en um 90 m³/s til Þingvallavatns að norðan og austan. Þetta vatn, um 160 m³/s, er afrennsli Langjökuls og afrennslislausu svæðanna sunnan hans til suðurs.

Grunnvatn fellur til fleiri átta frá Langjökli og afrennslislausu (á yfirborði) umlandi hans. Til Reyðarvatns falla um 5 m³/s, til Hvítár í Borgarfirði um 30 m³/s (mest hjá Húsafelli og Hraunfossu), til Seyðisár á Kili um 5 m³/s og til Hvítárvatns (einkum í Karlsdrætti og í Fróðárdal), etv. hátt í eða um 10 m³/s, en það er þó óvíst. Allt í allt falla því líklega um eða yfir 200 m³/s af grunnvatni frá grunnvatnssviði Langjökuls og þurrlendanna umhverfis hann. Þar af falla líklega 75 - 80 % suður af, en nærri 45 % til Þingvallavatns eins og sér.

Efnagreiningar og uppruni vatnsins:

Ágrip um efnainnihald:

Klóríðstyrkur í Hrafnagjá hefur verið greindur 6,5 ppm en í Vellankötlu og nálægum lindum um 5 ppm. Á vesturjaðri svæðisins er styrkurinn 6 - 8 ppm, í lindum vestan í Laugardal 5 - 7 ppm, en yfir 8 ppm yst á heidinni og 4 - 5 ppm á lindum innan af Laugardal. Í Brúará er styrkur klóríðs líklega um 4½ ppm, 3 - 4 ppm í Fljótsbotnum og Haukadal, sennilega um eða undir 3 ppm í jökulvatni frá suðaustanverðum Langjökli, en líklega 3 - 4 ppm frá suðvestanverðum jöklinum. Samkvæmt þessu er vatn í sprunguskara Almannaárgjár líklega að mestu af vesturmörkum svæðisins og af hraununum í Þingvallavatnslægdinni, en í sprunguskara Hrafnagjár líklega nærri jöfnu af svæðinu utan við Skjaldbreið og af svæðinu inn á Langjökul. Lindir vestan í Laugardal eru líklega blanda vatns af Laugardalsfjöllum og Lyngdalsheiði, en hlutdeild jökulvatns er veru-

leg í lindavatni til Tungufljóts og Brúarár. Samræmi er gott milli niðurstaðna úr mati á klóríðstyrk og tvívetni, þegar tvívetniskortið hefur verið leiðrétt, þannig að lágstyrkssvæði á því nái út á Laugardalsfjöllin og byggðafjöllin í Biskupstungum.

Um sýnatöku og túlkanir greininga:

Á síðustu 10 - 15 árum hefur verið lagður grunnur að því að samtúlka efnainnihald grunnvatns og vatnajarðfræði (Freysteinn Sigurðsson 1993). Byggist það einkum á kerfisbundinni sýnatöku á hálendinu, sem staðið hefur yfir síðan 1983 á vegum Orkustofnunar, en einnig á stöðugum viðbótum á efnagreiningum af láglandi, langmest á vegum Orkustofnunar. Samtímis þessu hefur verið kannað samband efnainnihalds vatns, snjós og jökulss við veðurfar og berggerð og ástand veita (aquifers) þeirra, er grunnvatnið streymir um, einkum á vegum Háskóla Íslands (Sigurður R. Gíslason 1985, 1991, 1993). Niðurstöðum úr þessum fræðilegu rannsóknum ber svo vel saman við niðurstöður úr samskoðun efnainnihalds og vatnajarðfræðilegra aðstæðna, að full ástæða er til að bera verulegt traust til þessarar aðferða og túlkun á niðurstöðunum.

Samsætur í frumefnum vatnsins (tvívetni, δD , og þungt súrefni, $\delta^{18}O$) hafa verið notaðar til að rekja uppruna vatns, þar eð talið er, að styrkur þeirra breytist lítið við efnahvörf milli vatns og bergs, a.m.k. tvívetnið. Var á sínum tíma (Bragi Árnason 1976) gert kort, sem sýna átti styrk tvívetnis í úrkomu á landinu, en á grundvelli þess var rennsli grunnvatnsstrauma víða á landinu túlkað, þ.á.m. á aðrennslissvæði Þingvallavatns. Þetta var og er stórsnjöll hugmynd, en bent hefur verið á (Freysteinn Sigurðsson 1991), að varhugavert getur verið að treysta útkomunni gagnrýnislaust sem nýju neti. Veikleikarnir eru einkum þrennir, og er þeirra raunar allra getið í upphafsverkinu sjálfu (Bragi Árnason 1976):

- 1) Sýnataka var ekki nógu marktæk. Þekking á vatnajarðfræði og grunnvatni á landinu var þá rýr (fyrir 1976), einkum á hálendinu, og kom það niður á sýnivalinu.
- 2) Samanburður við vatnajarðfræðilegar aðstæður var ekki nógu marktækur, vegna sama þekkingarskorts og að framan greinir.
- 3) Við gerð kortsins var ekki tekið nógu mikið tillit til landhæðar (hæðar fjalla) né mismunandi uppruna úrkomunnar (mismunandi loftmassa). Miklu mun hafa valdið um þetta, hversu fáir marktækir sýnatökustaðir í raun eru.

Jafnstyrkslínur kortsins eru því mistraustar, eftir því sem síðari samanburður bendir til, á grundvelli meiri og betri þekkingar. Sums staðar virðast þær og túlkanir, sem byggðar eru á þeim, standast næsta vel, en annars staðar eru niðurstöðurnar greinilega varhugaverðar og stundum augljóslega rangar. Væri full ástæða til að endurgera jafnlínukortið, með þeim fyrirvörum, sem nauðsynlegir eru, og byggja það þessu sinni á svo vandlega völdum sýnum, er þekking okkar gefur efni til. Með því væri bætt enn einu traustu viðmáli (parameter) í aðferðir vatnarrannsakenda. Það er líka illa farið með svona mikið, og í heild gott verk, að laga það ekki svo að nýta megi það til hlítar í samræmi við nýjustu þekkingu í vatnajarðfræðunum í heild sinni.

Ítrekað skal, að val marktækra vatnssýna er ekki á færi annarra en þeirra, sem hafa nauðsynlegt eðlisupplag (svo sem glögga foldarsýn, a.m.k. fjórvíða skynjan o.s.frv.), undirstöðugóða þekkingu á vatnafræði og vatnajarðfræði og ekki síst langa (og stundum bitra) reynslu af vatnajarðfræði og grunnvatnsrannsóknum. Þetta kann að hljóma hart, en reynslan sýnir þetta og sannar. Því verður að hlíta.

Einföldust er túlkun á efna- eða samsætuinnihaldi stórra linda, sem hafa stórt vatnasvið, langar aðrennslisleiðir og langan aðrennslistíma. Þar eru sveiflur og breytingar á innihaldinu litlar og stök sýni því sæmilega marktæk, svo fremi sem þau eru rétt tekin. Sýni úr smærri lindum (fáeinir l/s og etv. upp í nokkrir tugir l/s) eru torveldari í túlkun og ekki eins traustverðar, einar og stakar. Í þeim getur gætt árstíðasveiflna eða áhrif stórrigninga og annarra ytri aðstæðna geta

verið mikil. Sýnaraðir draga strax úr ónákvæmninni, en það sama gerir einnig vandað val, þar sem litið er til vatnajarðfræðilegra aðstæðna og veðurfars undanfarið. Erfiðast er að nýta yfirborðsvatn. Kemur þar margt til. Í lækjum og ám gætir mikið úrkomu undanfarinna tímaskeiða, mislangra eftir aðstæðum, mest þó úrkomu. Þó hefur sýnt sig, að í úrkomurýmum sumrum getur efnainnihald í fallvötnum stefnt býsna nærri efnainnihaldi í grunnvatni því, sem til þeirra falla (Freysteinn Sigurðsson 1994). Hér skiftir því vandað vatnafræðilegt og vatnajarðfræðilegt val á sýnum einnig meginmáli, ekki síst við túlkun á greiningunum.

Jökulvatn er sérlega erfitt viðfangs. Snjóbráð (vor og sumar) skolar í upphafi einkum út efnaríku vatni (Sigurður R. Gíslason 1991) með þeim afleiðingum, að óbráðni hlutinn er efnasneyddur. Jökulbráðin (bráðinn jökuls) verður því efnasnaud, en hlutfall nýrrar úrkomu (rigningar), snjóbráðar og jökulbráðar í jökulvatninu verður ærið flókið fyrir vikið og breytilegt frá degi til dags og eftir því, hvernig sumrinu vindur fram. Sambærilegar sveiflur koma fram í samsætunum, þó að ekki séu þar nákvæmlega sömu ferli að verki (Bragi Árnason 1976). Helst er hægt að taka mark á jökulvatni, sem sígið hefur gegnum jarðlög og efnasveiflurnar þar með jafnast út fyrir lengri eða skemmri tímaskeið. Þessu er óvísða til að dreifa á rannsóknarsvæðinu, því að mikið jökulvatn hverfur ofan í berggrunninn undir jöklinum, en jökullækirnir ofan í hraun, sprungur og aðra veita, þeir sem ná svo langt. Einungis rennslið til Hagavatns rennur brott á yfirborði. Hins vegar gætir jökulvatnsins vísða í lindasvæðum utan jökulsins annars staðar, eins og m.a. vatnshagsreikningar sýna á óyggjandi hátt (Freysteinn Sigurðsson 1991), og má því líta til efnasamsetningar þess vatns til að meta efnainnihald jökulvatnsins.

Stöðuvötn og tjarnir geta á þessum slóðum verið afrennslislaus villuvötn, þar sem mestmegnis gætir snjóbráðar eða sumarregns, eða uppgufun breytir efnastyrknum (Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen 1992). Auk þess getur yfirborðslag það, sem auðveldast er að ná úr sýnum, haft aðra efnasamsetningu en vatnsbolurinn sjálfur. Það er þó mjög aðstæðum háð. Túlkun á efnainnihaldi svona vatns er því vandasöm og ugglaust oft vafasöm. Þessa fyrirvara alla verður að hafa í huga, þegar reynt er að lesa upplýsingar um grunnvatnið úr efnainnihaldi og samsætustyrk í vatni á svæðinu.

Efnainnihald vatnsins:

Upplýsingar um efnainnihald vatns á rannsóknarsvæðinu eru einkum af þrennum toga:

1. Efnagreiningar á Þingvallavatni og innrennsli til þess (Jón Ólafsson 1992).
2. Heildargreiningar á lindavatni á vegum Orkustofnunar (Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1988; óbirt gögn Orkustofnunar).
3. Sýni tekin fyrir fyrirliggjandi rannsóknarverk 1995, aðeins greint klóríð og sulfat.

Að þessu sinni verður einungis litið á upplýsingar þær, sem lesa má úr landsdreifingu klóríðs og sulfats á svæðinu. Þessi aðferð byggir á landsvísri dreifingu þessarra efna (Freysteinn Sigurðsson 1991, 1993, Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson 1988) og á sæmilegum árangri við beitingu hennar annars staðar á landinu (Freysteinn Sigurðsson 1994, 1995). Klóríð er næstum alfarið ættað úr úrkomunni og að mestu leyti óháð veitum þeim, sem grunnvatnið hefur runnið um. Sulfat virðist einkum háð jarðhita og eldvirkniáhrifum, en einnig sennilega hlutfalli fersks glers (móbergs) í veitunum. Það fylgir klóríði í vissu hlutfalli í úrkomunni og má því reikna þann hluta sulfatstyrksins frá. Einhver fylgni er með sulfatstyrk og uppruna loftmassa þeirra, sem bera úrkomuna inn á landið. Iðnaðarreykur og útblástur á sinn þátt, en einnig hafa veðurfarsþættir eins og veðurhæð, lofthiti og loftraki sín áhrif. Því er jafnan vottur af sulfati í vatninu (að fylgipættinum við klóríðið fráðregnum), þó svo að áhrif veitanna (þ.e. jarðarinnar) séu hverfandi.

Hér á eftir eru tilgreind klóríð- og sulfatgildi fyrir einstaka hluta rannsóknarsvæðisins og nágrennis þess. Heimildir og aðilar að sýnatöku eru auðkennd með upphafsstöfum: JÓ: Jón Ólafsson (1992), OS: Orkustofnun, ÁH: Árni Hjartarson, FS: Freysteinn Sigurðsson, SPS: Snorri Páll Snorrason. Sýni frá Þingvallavatni (Jón Ólafsson 1992) eru meðalgildi af nokkrum fjölda sýna. Tilgreint er árið, sem sýni Orkustofnunar voru tekin. Styrkur efnanna er tilgreindur í ppm (milljónustuhlutar, samsvarar mg/l).

Staður, sýnataka:	Klóríð (ppm):	Súlfat (ppm), - sama, leiðrétt:
<i>Þingvallavatn:</i>		
Útrennsli um Sog, JÓ 1992	6,4	-
Villingavatnsá, JÓ 1992	7,1	2,1 - 1,2
Heiðarbær - Skálabrekka, JÓ 1992	8,0	2,4 - 1,4
Óxará o.fl., JÓ 1992	7,6	1,8 - 0,8
Flosagjá, JÓ 1992	6,5	2,3 - 1,5
Vatnsvík - Vellankatla, JÓ 1992	4,9	1,9 - 1,3
<i>Vesturmörk:</i>		
Leiran (þjónustumiðstöð), FS 1995	6,4	1,6 - 0,8
Hvannadalakvísl, FS 1995	6,6	1,3 - 0,4
Sæluhúsakvísl, FS 1995	7,2	1,5 - 0,6
Draugabrekka, lind, FS 1995	7,8	1,5 - 0,5
Þverfell, Lund., lindir, FS 1985	8,5	3,8 - 2,7
Tunguá, Lund., FS 1988	9,4	4,1 - 2,9
Brunnar, lindir, FS 1995	6,4	1,5 - 0,7
Sandvatnkvísl, FS 1995	7,1	1,5 - 0,6
Egilsáfangi, FS 1985	5,1	1,2 - 0,5
<i>Umhverfi Langjökuls:</i>		
Húsafell, FS, ÁH 1985	3,5	1,4 - 1,0
Hraunfossar, FS, ÁH 1985	3,2	1,5 - 1,1
Seyðisárdrög á Kili, FS 1986	2,4	1,8 - 1,5
Svartárbotnar á Kili, FS 1986	3,8	2,8 - 2,3
Hvítárbrú við Hvítárvatn, lind, FS 1986	4,9	3,8 - 3,2
Brunnalækir, lindir, FS 1986	4,7	2,2 - 1,6
<i>Haukadalur - Hagavatn:</i>		
Leynifoss, lind, FS 1995:	3,2	1,0 - 0,6
Fljótsbotnar, SPS, FS 1984	3,5	1,1 - 0,6
Sprænur, SPS, FS 1984	3,7	1,2 - 0,7
Helludalur, SPS, FS 1984	4,6	2,0 - 1,4
Brúntjörn, SPS 1984	5,2	1,9 - 1,2
Dalsmynni, úrkoma, OS 1975-76	4,6	2,8 - 2,2
<i>Brúará:</i>		
Innri-Kálfá, FS 1987	3,8	2,3 - 1,8
Brúará v. Efstadal, FS 1995	4,6	1,8 - 1,2
Vallá, lindir, SPS 1984	4,7	1,4 - 0,8

Laugardalur:

Ljósár, FS, ÁH 1987	4,2	1,5 - 1,0
Skillandsá, FS 1995	4,5	1,4 - 0,8
Helgadalur, FS 1995	6,8	1,5 - 0,6
Vallalækur, FS 1995	4,6	1,4 - 0,8
Djúpá, FS 1995	5,6	1,6 - 0,9
Sogin, FS, ÁH 1987	4,8	1,5 - 0,9
Djúpakvísl, FS 1995	5,1	1,7 - 1,0
Grafará, FS 1995	6,3	1,6 - 0,8
Apá, FS 1995	7,2	1,7 - 0,8

Grimsnes:

Búrfell, FS 1995	8,2	2,5 - 1,4
Kaldárhöfði, FS 1995	5,8	1,6 - 0,8

Sem fyrr greinir, þá segir klóríðstyrkurinn til um upprunastað en styrkur súlfats frekar til um veitana, sem vatnið hefur runnið um. Því verður hér fyrst einkum lítið til klóríðsins. Þá er fyrst að líta á líkleg gildi fyrir jökulvatn af sunnanverðum Langjökli. Jökulvatn er yfirleitt efnasnautt (Sigurður R. Gíslason 1991), en til strekunar því skulu tilgreind gildi úr snjó norðan á Hofsjökli (sýni tók Oddur Sigurðsson, Orkustofnun, 1 febrúar 1990).

<i>Hæð, m y.s.:</i>	<i>Klóríð (ppm):</i>	<i>Súlfat (ppm):</i>
1400	0,34	0,19
1800	0,23	0,24

Í grunnvatni, blönduðu jökulvatni, vestan og norðan Langjökuls, er klóríð 2,4 - 3,5 ppm, en á Kili og við Hvítá eystri 3,8 - 4,9 ppm (óvíst með hlut jökulvatns). Líklegt er, að klóríðstyrkur í jökulvatninu af þessum hluta jökulsins sé um eða innan við 2 ppm. Hann er örugglega meiri á sunnanverðum jöklinum (Freysteinn Sigurðsson 1991, 1993) og er raunar ekki ólíklegt, að gildi í lindunum við Leynifoss (3,2 ppm) sé nærri því að vera einkennandi. Um 3 ppm væri þá líklegt gildi af suðurhluta jökulsins. Klóríðgildi eru sérlega lág í regnskuggum bak við Vatnajökul og Hofsjökul (sömu heimildir), eða innan við 2 ppm. Er því ekki ólíklegt, að klóríðgildin séu heldur með lægra móti í regnskuggunum bak við Biskupstungnafjöllin og Hlöðufell - Skjaldbreið, en etv. heldur hærra fyrir "opnu landi" í Þingvallalægðinni og á Haukadalsheiði. Nærri liggur þá að líta á klóríðgildin í Fljótsbotnum sem ábendingu um verulegan þátt af jökulvatni í vatni þar, sem þverri svo mjög niður í Haukadal og vestur fyrir Bjarnarfell. Mismunur klóríðs í lindum og úrkomu við Dalsmynni liggur einkum og sér í lagi í uppgufun (Freysteinn Sigurðsson 1991), en súlfat í úrkomu þar má tengja við austanátt og Geysissvæðið.

Klóríðstyrkur í Innri-Kálfá bendir sterklega til verulegs jökulvatnsþátts, en styrkur í Vallárlindum (neðst í Úthlíðarhrauni) og í Brúará sjálfri (með fyrirvara þó, eitt sýni) bendir til verulegrar íblöndunar vatns utan jökuls, og etv. einkum af svæði byggðafjallanna sjálfra. Lægri súlfatleifarstyrkur gæti bent til hins sama (minni dvöl í móbergsrísum og djúpum veitum, þ.e. úrkoma á Lambahraun á láglandi). Þessar túlkanir koma vel heim við vatnajarðfræði og líklegan vatnshag lindavatnanna og renna þannig stöðum undir áætluð gildi klóríðs í jökulvatninu af sunnanverðum Langjökli.

Gildi klóríðsstyrks á vesturmörkum vatnasviðsins (6,4 - 7,8 ppm) dreifast lítið. Einna hæst eru þau, þar sem fjallaskjólí sleppir á Bláskógaheiði og Kaldadal og útsynningurinn nær sér betur niður. Klóríðstyrkur er yfirleitt mestur á strandlægum svæðum, þar sem útsynnings gætir mest (Freysteinn Sigurðsson 1991, 1993). Munur er hérna merkilega lítill á klóríðstyrk í hreinu lindavatni og lækjavatni, en raunar er verulegt lindavatn í Hvannadalakvíslinni. Það er því ekki

ólíklegt, að klóríðstyrkur í grunnvatni sé víða nærri 7 ppm við vesturmörk vatnasviðsins, eða etv. heldur meiri. Í samræmi við úrkomuáttir og áhrif útsynningsins er ekki ólíklegt, að klóríðstyrkur gæti verið eitthvað meiri í jökulvatni frá Þórisjökli og suðvesturhluta Langiökuls en í jökulvatninu við Hagavatn, etv. um 4 ppm. Líklegt er, að útsynningsins gæti eitthvað inn á hraunin, með auknum klóríðstyrk.

Fátt virðist vera um marktækt og aðgengilegt vatn á fjallaklasanum frá Lyngdalsheiði og Laugardal til Hlöðuvalla, en þar er vatnaskila að vænta. Í smálind í Helgadal í Laugarvatnsfjalli var klóríðstyrkur næstum 7 ppm. Í Skillandsá var hann 4,5 ppm, en í henni er talsvert lindavatn, sem gæti hafa haft svipaðan styrk og í Ljósánum (4,2 ppm). Meginvatnið kom (byrjun október) upp í mól í farvegi árinna í 280 - 300 m y.s. hæð. Er ekki ólíklegt, að þar sé einnig lindavatn á ferðinni í einhverjum mæli. Vallalækur kemur upp í framhaldsstefnu brotsins á Hrossadalabrún en er lítið vatn og því vart mjög langt að runninn, þó hann komi upp á sprungum. Klóríðstyrkur í honum var 4,6 ppm. Í lindunum austan í Lyngdalsheiði er klóríðstyrkur 5 - 7 ppm og fer vaxandi suður eftir. Í lindum undan rótum Búrfells var klóríð 8,2 ppm, en súlfat var þar ögn hærra en víðast annars staðar, enda kemur vatnið undan móbergsfjalli. Þessi gildi má túlka svo, að sunnan til á Lyngdalsheiði sé staðbundinn styrkur klóríðs 8 - 9 ppm, lækki í 6 - 7 ppm yst (syðst) á Laugardalsfjöllum vestan til, en svo í kringum 4 ppm innan til á fjöllum. Er þetta í góðu samræmi við dreifingu klóríðgilda á svæðinu kringum Bjarnarfell.

Samkvæmt þessu væri uppruna Ljósár að leita á innanverðu Miðdalsfjalli, Skillandsár á Skillandsdal og Vallalækjar í nánd við innanverðan Hrossadal. Lindirnar undan Lyngdalsheiði væru þá blanda af fjallavatni, sem rynni að eftir sprunguskörum, fyrst og fremst, með klóríðstyrk 4 - 5 ppm, en blandaðist í innri lindánum (Djúpá, Djúpakvísl) við staðbundið vatn með 6 - 7 ppm (nærri til helminga ?) en í ytri lindunum við staðbundið vatn með nærri 8 ppm klóríð (næstum 80 % ?, mun minna með íblöndun út heiðina). Í samræmi við þessar túlkanir væri lindavatn við Kaldárhöfða (klóríðstyrkur 5,8 ppm) etv. allt að hálfu komið eftir sprunguskörum innan af Laugardalsfjöllum, en að öðru leyti frá staðbundnu vatni út Lyngdalsheiði.

Samkvæmt framanskráðu virðist líklegt að klóríð við vesturmörk vatnasviðs Þingvallavatns sé 7 - 8 ppm, minnki úr 6 í 4 ppm inn eftir fjöllum að austan, sé 3 - 4 ppm á jökulvatninu, en minnki úr 6 í 5 ppm upp eftir hraununum upp frá Ármannsfelli. Jafnstyrkslínur, sem dregnar væru fyrir klóríð á þessum grundvelli, hefðu um margt sömu lögun og legu og jafnstyrkslínur, sem dregnar hafa verið fyrir áætlað tvívetni í úrkomu (Bragi Árnason 1976). Aðalmunurinn lægi í því, að lágstyrkssvæði teygir sig lengra út á Laugardalsfjöllum samkvæmt klóríðinu. Það er raunar í samræmi við meiri og betri þekkingu á aðstæðum og einnig í samræmi við helstu skekkjuvalda, sem til hafa verið greindir hér að framan varðandi tvívetniskortið. Í því ljósi ber þessum tvennum kortlagningum merkilega vel saman, svo valtur sem grunnurinn er að báðum.

Klóríðstyrkur í lindavatni á Almannagjársvæðinu (6,5 ppm) gæti samkvæmt því verið blanda til nærri helminga af vatni af vesturjaðri vatnasviðsins (um 7,5 ppm) og af hraununum upp af Þingvallasveit (um 5,5 ppm). Tölur þessar eru þó það ónákvæmar, að ekki verður glöggkveðið á um samsetningu og hlutföll vatns af einstökum svæðum. Samt er líklegt, að hlutfall jökulvatns (með klóríð um 3,5 ppm) sé frekar lítið í þessum grunnvatnsstraumi. Miðað við úrkomu á vesturfjöllum (meiri) og á hraunin (minni) er líklegt, að safnsvæði (aðrennslissvæði) þessa grunnvatnsstraums nái alllangt austur á hraunin, etv. austur á Skjaldbreið.

Klóríðstyrkur í lindavatni á Hrafnagjársvæðinu (4,7 - 5,1 ppm, Jón Ólafsson 1992) er til muna minni, enda líkur á að staðbundið grunnvatn sé almennt klóríðsnaudara austan til, líklega 6 - 7 ppm niður undir Þingvallavatni, 5 - 6 ppm á hraununum í Þingvallalægðinni, 4 - 5 ppm á innanverðum fjöllum og 3 - 4 ppm á og við jökul. Vera má, að klóríðstyrkurinn sé eitthvað hærri á utan- og vestanverðum fjöllum, en hér er gert ráð fyrir, vegna áhrifa útsynningsins. Þá væri

hugsanlegt, að meðaltalsstyrkur klóríðs á líklegu aðrennissvæði inn undir Skjaldbreið væri um 6 ppm en um 4 ppm þaðan inn um regnskuggann bak við Skjaldbreið og upp á jökul. Samkvæmt klóríðstyrknum kæmi þá vatnið nærri hálfu af hvoru svæði, þó ef til vill heldur meira innan að. Miðað við þau vatnasvið, sem giskað hefur verið á austan þessa og vestan, þá yrði það að vera bæði langt og mjótt og fylgja þröngri sprungurein Hrafnagjárprunguskarans inn undir Langjökul.

Nokkuð vantar enn á upplýsingar um efnainnihald í vatni á vatnasviðinu, einkum um innanverð Laugardalsfjöllin, svo og vantar nokkuð á upplýsingar af vatnasviðum Brúarár og Tungufljóts, svo að kveða megi nánar á um austurmörk grunnvatnssviðs Þingvallavatns. Áætluð mörk vatnasviðsins og skifting þess á grunnvatnsstrauma er annars í þokkalegu samræmi við jarðgerð og hæð grunnvatnsborðs, svo langt sem þessir mismunandi upplýsingahópar ná.

Samsætur:

Hér skal ekki fjölyrt mikið um samsæturnar. Um þær hefur verið skrifað annars staðar (sjá fyrri tilvitnanir) og hér að framan hefur verið bent nokkuð á kosti og galla mælinga á þeim og túlkun þeirra. Fylgni er veruleg milli tvívetnis og þungs súrefnis, nema þar sem uppgufun veldur frávikum (Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen 1992). Hér verður því einungis litið til þess, hvernig tilverandi gögn um tvívetnismælingar (Bragi Árnason 1976, Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen 1992) falla að þeim gögnum og túlkunum, sem lýst er hér að framan.

Tímaraðir sýna, að verulegar sveiflur geta verið á mældu tvívetnisinnihaldi, eða -64 - -72 0/00 δD í Háugjá á Þingvöllum, í Öxará -59 - -64 0/00 δD (Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen 1992) og -69 - -78 0/00 δD í Brúará (Bragi Árnason 1976). Mun minni voru sveiflurnar í t.d. Vellankötlu. Í Sogi (Bragi Árnason 1976) voru sveiflurnar -63,6 - -66,3 0/00 δD, en meðaltalið -65,5 0/00 δD. Við þetta er að miða. Hér á eftir eru tíndar saman nokkrar tölur úr tilgreindum heimildum (BÁ 1976, ÁES&SJJ 1992), þær sem líklegastar hafa hér verið taldar til að vera marktækar. Er þar stundum um meðaltöl að ræða, en yfirleitt er aukastöfum sleppt, þar eð þeir virðast ekki vera marktækir, miðað við dreifingu mældra gilda.

Staður:	Heimild:	Tvívetni, δD:
Silfra	ÁES&SJJ 1992	-69
Flosagjá, Nikulásargjá	BÁ 1976, ÁES&SJJ 1992	-65
Vellankatla	BÁ 1976	-72
Vellankatla	ÁES&SJJ 1992	-73
Sæluhúsakvfls ?	BÁ 1976	-66
Sæluhúsakvfls ?	ÁES&SJJ 1992	-64
Brunnar ?	BÁ 1976	-68
Leirá á Kaldadal	ÁES&SJJ 1992	-74
SV-Langjökull	BÁ 1976	-76 - -78
Stóra-Björnsfell	ÁES&SJJ 1992	-72 - -76
Ljósár	BÁ 1976	-73
Grjótá v. Bláfellsháls	BÁ 1976	-74
Brúará	BÁ 1976	-75

Á það skal bent, að meira eða minna fer saman lægra hlutfall tvívetnis (*hærri* neikvæð tala í δD) og lægri styrkur klóríðs í vatni á svæðinu. Gildin af vesturmörkum vatnasviðsins, upp til Kaldalds og Stóra-Björnsfells, eru í all góðu samræmi við tvívetnisstyrk í Silfru, miðað við legu þeirra á líklegu aðrennissvæði Almannagjárprunguskarans. Miðað við líkleg frávik frá áætluðu tvívetniskorti (sjá hér að framan) og t.d. tvívetnisgildin í Grjótá og Brúará, þá er líklegt, að

gildin í Ljósánum samsvari úrkomu á innanverð Laugardalsfjöll, án þess að grípa þurfi til jökulvatns. Miðað við það og tilgreind gildi, þá er ekki ólíklegt, að gildin frá Skjaldbreið inn á jökul séu á bilinu -73 - -78 0/00 δD en frá Þingvallavatni inn á Skjaldbreið -62 - -72 0/00 δD. Vatnið í Vellankötlu væri þá að rúmlega helmingi ættað af innra svæðinu, líklega að meirihluta þar sem jökulvatn. Þetta er í býsna góðu samræmi við það, sem áætla má á grundvelli efnagreininganna, eins og greinir hér að framan.

Þessi lauslega skoðun á túlkun samsætugreininga á vatnasviðinu bendir til þess, að þeim beri vel saman við önnur gögn og athuganir, þegar gerðar hafa verið eðlilegar leiðréttingar á áætlun um dreifingu tvívetnisgilda í úrkomu og greindum sýnum hefur verið skipað á réttan vatnajarðfræðilegan sess.

Samskoðun tilverandi upplýsinga:

Framangreindum upplýsingum eða gagnahópum má raða þannig að litið sé til uppkomu grunnvatns og hvernig rekja megi hlutaðeigandi grunnvatnsstrauma til upptaka og til vatnaskila. Gagnahópum þessum er þá eðlilegt að raða sem hér segir:

1. Lindasvæði, staðsetning og vatnsmegin.
2. Grunnvatnsborð á vatnsviðinu og halli þess til lindasvæða.
3. Vatnajarðfræðileg gerð vatnasviðsins, sem stýrir grunnvatnsstraumum.
4. Efnainnihald og samsætur í grunnvatni, sem rekja má til upprunasvæða.

Vestari grunnvatnsstraumurinn til Þingvallavatns (Almannagjár - sprunguskarinn) flytur líklega 40 - 65 m³/s og hefur afrennsli upp til Þórisjökuls og í undirfjöll Langjökuls þar. Klóríðstyrkur í Flosagjá á Þingvöllum hefur greinst um 6,5 ppm, en er nærri 7 ppm í grunnvatninu á vesturjæðri vatnasviðsins, er líklega 5 - 6 ppm á hrauninum innan Ármannsfells og líklega 3 - 4 ppm í jökulvatninu. Hlutdeild vatns af vestanverðu svæðinu er því líklega veruleg, en hlutdeild jökulvatns sennilega takmörkuð. Grunnvatnsborð nær líklega ekki 350 - 400 m y.s. hæð fyrr en uppi á Kaldadal og uppi undir Þórisjökli. Það er því líklega frekar lágt í Þingvallavatnslægðinni, inn undir eða inn fyrir Skjaldbreið. Vesturmörk vatnasviðsins virðast vera nokkuð ljós á eldra og minna leka berginu sunnan til, þar sem þau fylgja yfirborðsvatnaskilum að mestu leyti. Nordurmörkin eru undir jökli og því óþekkt enn þá, þó að vera megi að upphleðsla fjalla og ummyndun bergs í tengslum við megineldstöð þá, sem kennd er stundum við Prestahnjúk, valdi þar hárrí grunnvatnsstöðu og jafnvel vatnaskilum. Óvísst er um vatnaskil aðrennslissvæðisins að austan. Því meira sem vatnsmeginið er, því lengra austur með Þórisjökli þarf að teygja aðrennslissvið þessa straums.

Austari grunnvatnsstraumurinn til Þingvallavatns (Hrafnagjár - sprunguskarinn) flytur líklega 20 - 45 m³/s og hefur afrennsli ofan frá Langjökli. Klóríðstyrkur í lindum í Þingvallavatni hefur greinst um 5 ppm, en er líklega 5 - 7 ppm inn eftir hrauninum og utanverðum fjöllum austan þeirra, nærri 4 ppm á innanverðum fjöllum og um eða innan við 3 ppm í jökulvatninu. Samkvæmt því gæti vatnið verið komið til nærri helminga af hvoru svæðinu, innan við og ofan við Skjaldbreið. Ef áætlað vatnsmegin er með minna móti, þá fylgir vatnasviðið mjög þröngt sprunguskörum og fjallgörðum austast í Þingvallavatnslægðinni, eins og raunar margt bendir til. Ef áætlað vatnsmegin er með meira móti, þá nær aðrennslissvæðið lengra vestur, en ekki endilega neitt lengra til austurs. Grunnvatnsborð er hugsanlega í 400 - 450 m y.s. hæð frá innanverðum Laugardalsfjöllum, um Hlöðuvelli og inn undir Langjökul, sem væri í samræmi við jarðgerð (minni lekt þar í bergi og misleitni). Vatnaskilin væru þá um Laugardalsfjöll, líklega vestanverð, eða jafnvel í fjallgörðunum vestan þeirra.

Í Haukadalsdal og Fljótsbotnum koma upp um $30 \text{ m}^3/\text{s}$ en í Úthlíðarhrauni og í Brúarárskórðum einnig um $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Líklegt er, að straumar þessir tveir klofni um miður lekt svæði umhverfis eldri megineldstöð undir Bjarnarfelli. Klóríðstyrkur er um $4\frac{1}{2}$ ppm í Brúará, 3 - 4 ppm í lindunum til Tungufljóts - og í Innri-Kálfá, um 5 ppm í kringum Bjarnarfell og líklega um eða innan við 3 ppm í jökulvatninu, en sennilega um eða yfir 4 ppm að baki byggðafjöllum. Samkvæmt því væri verulegur hluti alls þessa vatns undan Langjökli og því minna til skiftanna til Þingvallavatns. Grunnvatnsborð er líklega "stíflað uppi" í Hagavatni, í um 440 m y.s., er komið niður í og niður fyrir 300 m y.s. í Haukadalsheiði og niður fyrir 200 m y.s. við Brúará. Í Brúarárskórðum nær grunnvatn upp í um 400 m y.s. en vatnsmegin er ekki mikið úr gljúfrunum sjálfum, samanborið við vatnið niðri í Úthlíðarhrauni. Því er líklegt, að mesta aðrennslið sé austar, vatnaskil liggi hátt að vestan og líklega í Miðdalsfjalli (innanverðum Laugardalsfjöllum), og þá vatnaskil til Þingvallavatns í samræmi við það. Hlutdeild jökulvatns væri þá líklega meiri en getið hefur verið til (Freysteinn Sigurðsson 1991), en það byggði, að því er nú sýnist vera, m.a. á ofmati áður á úrkomu á svæðinu að baki byggðafjallana.

Undan Lyngdalsheiði í vestanverðum Laugardal falla um $10 \text{ m}^3/\text{s}$ en um $5 \text{ m}^3/\text{s}$ innan af dalnum sjálfum og fjöllum við hann, einkum að austan, að líkindum. Klóríðstyrkur í lindunum á dalnum og vatni innan af honum (sennilega af Miðdalsfjalli og innanverðum Laugardalsfjöllum) er 4 - 5 ppm, en 5 - 7 ppm í lindunum vestan Laugardals og um eða yfir 8 ppm sunnanhált á eða sunnan Lyngdalsheiðar. Lindirnar vestan dalsins koma upp á sprungum og eru væntanlega blanda af vatni innan af fjöllum og af Lyngdalsheiði og völlum norðan hennar, því meira blandað, sem utar dregur. Vatnaskil milli Laugardals og Þingvallavatns eru því líklega einhvers staðar í utanverðum og etv. vestanverðum Laugardalsfjöllum, eða jafnvel í fjallgördunum vestan þeirra. Nánari mynd vantar enn af sprungum og annarri höggun (tektóník) á því svæði.

Samræmi er gott milli efnainnihalds og tvívetnisstyrks, þegar gerðar hafa verið þær breytingar á tvívetniskorti, sem getið var til í upphafi að þurfa kynni (Bragi Árnason 1976). Aðalmunurinn frá tilverandi korti væri sá, að lágstyrkssvæði teygði sig lengra út á Laugardalsfjöllin og líklega líka út á byggðafjöllin í Biskupstungum en talið var áður. Grunnhugmynd um vatnasvið og vatnaskil var ekki alls ólík því, sem nú virðist vera líklegt. Þó eru vesturmörkin færð austar á Kaldadal, Laugardalsfjöllin og Lyngdalsheiði verða með sérstök en samtengd vatnasvið og aðrennsli Brúarár kemur einkum úr austlægri eða norðaustlægri átt (einkum jökulvatnið). Óvissur eru þó enn verulegar, eins og fram kemur víða hér að framan.

Óleyst vandamál og frekari rannsóknir:

Fimm höfuðvandamál eru enn óleyst eða í nokkurri óvissu:

1. Norðurmörk vatnasviðsins undir Langjökli. Þar þarf fyrst jökulkort (íssjá).
2. Austurmörk vatnasviðsins. Að þeim verða enn þá einungis leiddar getur.
3. Skifting vatns og vatnasviða milli Þingvallavatns og Brúarár. Vatnasvið Brúarár er ekki enn nógu ljóst.
4. Suðausturmörk vatnasviðsins. Eftir er að afmarka aðrenslissvæði lunda í Laugardal.
5. Skifting vatns og vatnasviðs á megingrunnvatnsstrauma til Þingvallavatns. Skifting þessi er enn nokkuð óviss.

Fyrsta vandamálið, norðurmörk vatnasviðsins, hefur líttinn tilgang að kanna með öðrum aðferðum, fyrr en jökulkort (íssjarkort) liggur fyrir. Slíkar rannsóknir verða því að bíða. Annað og þriðja vandamálið tengjast innbyrðis. Vatnasvið Brúarár og Tungufljóts eru rannsóknarvirði af ýmsum öðrum orsökum einnig, en vegna þess vandamáls, sem hér er við að glíma, er líklegt að

foldarskoðun og sýnataka í tvo daga, ásamt greiningu á 10 - 15 sýnum (klóríð og súlfat), myndi duga til að varpa nægjanlegu ljósi á það. Svipaðan tíma - og greiningar - myndi þurfa til rannsóknna á Laugardalsfjöllum, ef vel tekst til. Þar væri æskilegt að kanna grunnvatnshæð með borunum á Hlöðuvöllum og etv. uppi undir Skerslum eða Tjaldfelli. Niðurstaða þeirrar borunar gæti kallað á fleiri boranir, austar eða vestar. Því er rétt að ganga að þeim í áföngum. Fjórða vandamálið mætti líklegast skýra eitthvað með víðeigandi foldarskoðun og sýnatöku í a.m.k. einn dag. Til lausnar því er einnig gagnlegt og jafnvel nauðsynlegt, að vinna höggula greiningu (tektóniska analýsu) af vatnasviðinu, sem útheimtir loftmyndir í vísjía (stereo) af svæðinu og nokkurra daga vinnu. Sú greining nýtist við lausn á flestum öðrum vandamálum, en þó einkum og sér í lagi við lausn fimmta vandamálsins. Vegna þess sérstaklega væri gagnlegt að kanna betur land og vatn með undirfjöllum jöklanna, etv. einn eða tvo daga. Einnig þarf að líkindum borholur til könnunar á grunnvatnshæð. Loks þarf að fhuga, hvernig mæla megi sem best og haganlegast útrennsli hinna tveggja meginstrauma í Þingvallavatn.

Fyrri rannsóknir og rannsóknir þær, sem gerðar voru 1995, hafa leitt margt í ljós um vatnasvið Þingvallavatns, sem byggir á samhæfðum gögnum um mismunandi viðmál (parametra), þó að sitt hvað sé enn ekki þekkt eða óljóst. Miklar líkur má leiða að því, að sum þau vandamál, sem enn standa eftir, megi leysa á tiltölulega einfaldan hátt, þannig að niðurstöður þeirra rannsókna falli inn í samræmt gangasafn tilverandi niðurstaðna. Að því er mikill hagar.

Samantekt á niðurstöðum:

Af framangreindu má ljóst vera, að túlkun á mismunandi og innbyrðis óháðum gögnum (jarðgerð og lektargreining, grunnvatnsborð og lindauppkomur, efnainnihald, samsætuinnihald) ber öllum merkilega vel saman, þó að grunnurinn undir hverjum gagnahópi sé misvel traustur og stundum jafnvel eilítið valtur. Eykur það trú á því, að samskoðaðar niðurstöður muni ekki vera alls fjarri sanni. Verða þessar niðurstöður dregnar saman hér á eftir.

Fyrst er að líta á líkleg mörk vatnasviðs Þingvallavatns. Vesturmörkin virðast vera einna ljósust. Þau fylgja að mestu leyti vatnaskilum á yfirborði, allt norður undir Brunna. Þaðan liggja þau um lekt berg og sprungusvæði í áttina upp á Kaldadal og - sennilega - inn á fjöllin undir Þórisjökli og Geitlandsjökli. Norðurmörk vatnasviðsins eru undir Langjökli og verður ekki á þau kveðið, fyrr en víðeigandi jökulkort (íssjarkort) liggur fyrir.

Austurmörk vatnasviðsins eru til muna óvissari. Vatnsmegin (mikið) og efnainnhald (lítið klóríð) á vatnasviði Brúarár og Tungufljóts benda til þess, að verulegur hluti jökulvatns komi þar fram. Klóríðstyrkur og tvívetnisstyrkur benda til þess, að umtalsvert jökulvatn renni til austari sprunguskarans við Þingvallavatn (Vellankatla o.fl. lindir), eða a.m.k. fjórðungur til þriðjungur þess vatns, sem þar kemur fram. Fer það eftir vatnsmegini því, sem þar kemur upp, hversu langt austur á jökul þarf að teygja vatnaskilin, og þá einnig sunnan hans. Líklegar grunnvatnshæðir og vatnafarsaðstæður benda til þess, að hæð eða bunga gæti verið í grunnvatninu um innanverð Laugardalsfjöll. Lægju þá vatnaskilin líklega út eftir þeim vestanverðum en inn um Hlöðufell, eða þar í nánd. Nánari skoðun þarf á þessu svæði og könnunarboranir að auki.

Nokkur óvissa er einnig með suðausturmörk vatnasviðsins. Þó er svo að sjá á klóríðstyrk og vatnsmegin linda, að lítið vatn falli til Þingvallavatns af Lyngdalsheiði, eitthvað suður til Kaldár (við Sog), en mest austur til Laugardals. Þau vötn hafa einnig nokkuð afrennsli innan af vestanverðum Laugardalsfjöllum, en það virðist Kaldá líka hafa að einhverju leyti. Vatnajarðfræðilegar skýringar á þessu streymismynstri liggja ekki með vissu fyrir, þó að geta megi sér til um ýmsar orsakir: Eldra og þéttara berg undir grágrýtisskildi Lyngdalsheiðar, skaraðar sprungur frá austurhlíðum Lyngdalsheiðar og upp og vestur í fjöllin, mjög skörp misleitni í fjallgördunum vestan Laugardalsfjalla, o.fl. Nánari skoðun á vatnajarðfræði þessa svæðis og höggul grein-

ing (tektónísk analýsa) gætu varpað ljósi á þetta vandamál.

Næst er að líta á grunnvatnsstraumana. Þeir virðast vera einkum tveir, sem falla til Þingvallavatns, og tengjast vestari (Almannagjá o.fl.) og austari (Hrafnagjá o.fl.) sprunguskörunum norðan við vatnið. Samkvæmt efnagreiningum (Jón Ólafsson 1992) hefur verið talið, að $64 \text{ m}^3/\text{s}$ renni út í vatnið í vestari straumnum en $22 \text{ m}^3/\text{s}$ í þeim austari. Aðrennslissvæði Þingvallavatns að norðan skiftist þá ærið ójafnt milli sprunguskaranna og ósamræmi væri einnig milli afbræðslu íss af vatninu og vatnsmegins straumanna (Guttormur Sigbjarnarson, óbirt gögn). Helmingaskifti á vatninu hafa verið talin líklegri á þeim grunni. Þetta mál þarf greinilega að skoða betur.

Ekki verður hægt að marka þessum tveimur megingrunnvatnsstraumum vatnasvið fyrir en jökulkortið liggur fyrir, ytri mörk vatnasviðs Þingvallavatns eru ljós, skifting vatns á milli þeirra er komin á hreint og höggul greining (tektónísk analýsa) hefur verið gerð af svæðinu. Því er að svo stöddu ekki hægt að kveða með vissu á uppruna grunnvatnsins í hvorum straumi fyrir sig. Þó virðast vera ábendingar í efnainnihaldi - og tvívetnisinnihaldi - fyrir því, að vestari straumurinn fái vatn sitt einkum af vesturjaðri svæðisins og hraununum milli Þingvallavatns og Langjökuls, en austari straumurinn fái verulegt vatn frá fjallgördunum vestan Laugardalsfjalla og ofan frá Langjökli.

Rannsóknirnar sumarið 1995 hafa að vísu hvergi nærri leyst öll vandamál, sem fyrir lágu, en margt hefur þó skýrst. Telja verður að vesturmörk vatnasviðs Þingvallavatns séu nú að sinni nógu vel þekkt. Norðurmörkin verða að bíða jökulkortsins, eðli sínu samkvæmt. Líkur hafa verið leiddar að legu austur- og suðausturmörka vatnasviðsins, og hverra frekari rannsókna sé þörf til að greina þau glegggra. Frekari stöðum hefur verið rennt undir skiftingu grunnvatnsstraumanna í tvennt, í tengslum við megin sprunguskara. Líkur hafa verið leiddar að uppruna vatns í þeim, hvorum fyrir sig, en skifting vatnsmegins í þeim og mörk aðrennslissviða þeirra eru ekki enn endanlega ljós. Bent hefur verið á nauðsyn þess að greina vatnasvið Brúarár og Tungufljóts til að afmarka vatnasvið Þingvallavatns.

Heimildaskrá:

Adda Bára Sigfúsdóttir 1990: Úrkomumælingar við Hvalvatn. Í: Guttormur Sigbjarnarson (ritstjóri): Vatnið og landið, 59 - 63. Orkustofnun, Reykjavík.

Árni Hjartarson og Freysteinn Sigurðsson 1988: Lindir í uppsveitum Árnse- og Rangárvallasýslu. OS-88013/VOD-96 B. Orkustofnun, skýrsla, Reykjavík. 24 s. + 4 kort.

Árni Hjartarson og Þóroddur F. Þóroddsson 1981: Kaldar lindir og lindasvæði. Árnassýsla milli Sogs og Hvítár. ÁH-ÞFP-81/03. Orkustofnun, greinargerð, Reykjavík. 24 + 1 s.

Árný E. Sveinbjörnsdóttir og Sigfús J. Johnsen 1992: Stable isotope study of the Thingvallavatn area. Groundwater origin, age and evaporation models. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 136 - 150. OIKOS 64, 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.

Bragi Árnason 1976: Groundwater systems of Iceland. Vísindafélag Íslands XLII. Reykjavík, 236 s.

Freysteinn Sigurðsson 1985: Jarðvatn og vatnjarðfræði á utanverðum Reykjanesskaga, I - IV. OS-85075/VOD-06. Orkustofnun (unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja), skýrsla, Reykjavík. 290 s.

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

Freysteinn Sigurðsson 1993: Groundwater chemistry and aquifer classification in Iceland. IAH - Memoires, Volume XXIV, Part 1, 507 - 518. International Association of Hydrogeologists.

- Freysteinn Sigurðsson 1994: Fjallgarðar - Þrífyrningsdalur. Efnagreiningar á grunnvatni. OS-FS-94/04. Orkustofnun, greinargerð, Reykjavík, 6 s + 2 kort.
- Freysteinn Sigurðsson 1995: Vatnið í lindunum. Í: Eyjar í eldhafi. Afmælisrit Jóns Jónssonar, 53 - 66. Gott mál, Reykjavík.
- Freysteinn Sigurðsson og Jón Ingimarsson 1990: Lekt íslenzkra jarðefna. Í: Guttormur Sigbjarnarson (ritstjóri): Vatnið og landið, 121 - 128. Orkustofnun, Reykjavík.
- Freysteinn Sigurðsson og Kristinn Einarsson 1988: Groundwater resources of Iceland. - Availability and demand. Jökull, 38, 35 - 54.
- Guttormur Sigbjarnarson 1966 a: Vatnafræði sögsins I. Nokkrar undirbúningsathuganir að rannsóknnum á aðrennslissvæði Sögsins. Greinargerð. Raforkumálastjóri. 21 s. + 4 myndir.
- Guttormur Sigbjarnarson 1966 b: Vatnafræði Sögsins II. Samanburður á rennsli og úrkomu. Greinargerð. Raforkumálastjóri. 15 s. + 6 myndir.
- Hákon Aðalsteinsson, Pétur M. Jónasson og Sigurjón Rist 1992: Physical characteristics of Thingvallavatn, Iceland. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 121 - 135. OIKOS 64 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn
- Helgi Björnsson 1988: Hydrology of Ice-Caps in Volcanic Regions. Vísindafélag Íslendinga, Rit XLV. 139 s + 21 kort.
- Jón Ólafsson 1992: Chemical characteristics and trace elements of Thingvallavatn. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 151 -161. OIKOS 64 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.
- Kjartan Thors 1992: Bedrock, sediments and faults in Thingvallavatn. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 69 - 79. OIKOS 54 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.
- Kristján Sæmundsson 1992: Geology of the Thingvallavatn area. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 40 - 68. OIKOS 64 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.
- Markús Á. Einarsson 1992: Climatic conditions of the Thingvallavatn area. Í: Pétur M. Jónasson (ritstjóri): Thingvallavatn, 96 - 104. OIKOS 64 1 - 2, Hið íslenska fræðafélag, Kaupmannahöfn.
- Sigurður R. Gíslason 1985: Meteoric water - Basalt Interactions. A Field and Laboratory Study. 238 + xiv s. Ph.D. Thesis at the John Hopkins University, Baltimore, USA.
- Sigurður R. Gíslason 1991: The chemistry of precipitation on the Vatnajökull glacier and chemical fractionation caused by the partial melting of snow. Jökull, 40, 97 - 118.
- Sigurður R. Gíslason 1993: Efnifræði úrkomu, jökla, árvatns, stöðuvatna og grunnvatns á Íslandi. Náttúrufræðingurinn, 65, 3 - 4, 219 - 238. Náttúrufræðingurinn osfrv.

Reykjavík, 20.12.1995.

Freysteinn Sigurðsson
jarðfræðingur á Orkustofnun

Guttormur Sigbjarnarson
jarðfræðingur