

ORKUSTOFNUN  
Vatnsorkudeild

**SKEIÐARÁRHLAUP OG FRAMHLAUP  
SKEIÐARÁRJÖKULS 1991**

Svanur Pálsson, Snorri Zóphóníasson,  
Oddur Sigurðsson, Hrefna Kristmannsdóttir,  
Hákon Aðalsteinsson

Unnið fyrir Vegagerð ríkisins

OS-92035/VOD-09 B

September 1992

**SKEIÐARÁRHLAUP OG FRAMHLAUP  
SKEIÐARÁRJÖKULS 1991**

Svanur Pálsson, Snorri Zóphóníasson,  
Oddur Sigurðsson, Hrefna Kristmannsdóttir,  
Hákon Aðalsteinsson

Unnið fyrir Vegagerð ríkisins

OS-92035/VOD-09 B

September 1992



## EFNISYFIRLIT

|  |    |
|--|----|
| SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR                           | 5  |
| 1. INNGANGUR                                       | 7  |
| 2. FRAMHLAUP SKEIÐARÁRJÖKULS                       | 9  |
| 3. RENNSLISMÆLINGAR                                | 11 |
| 3.1 Aðferðir                                       | 11 |
| 3.2 Rennsli og rennslisferill                      | 11 |
| 3.3 Dýpi hlaupfarvegarins                          | 14 |
| 4. SVIFAUR   | 15 |
| 4.1 Sýnataka og flokkun svifaurs                   | 15 |
| 4.2 Styrkur svifaurs í hlaupinu 1991               | 15 |
| 4.3 Heildarmagn svifaurs í hlaupinu 1991           | 18 |
| 4.4 Kornastærð svifaursins                         | 18 |
| 4.5 Bergflokkun                                    | 20 |
| 5. UPPLEYST EFNI                                   | 22 |
| 5.1 Heildarefnastyrkur                             | 22 |
| 5.2 Efnasamsetning vatnsins                        | 25 |
| 5.3 Leiðnimælingar                                 | 29 |
| 6. HEIMILDIR                                       | 32 |
| VIÐAUKI: Dýptarmælingar í Skeiðará í hlaupinu 1991 | 33 |

## MYNDASKRÁ

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Framhlaup Skeiðarárjökuls 1991  | 8  |
| 2.  | Rennslislutföll fjögurra jökuláa, sem koma úr suðvestanverðum Vatnajökli    | 10 |
| 3.  | Rennsli í Skeiðarárhlaupinu 1991  | 12 |
| 4.  | Dýpi farvegjar Skeiðarár í hámarki hlaupsins 21. nóvember 1991              | 14 |
| 5.  | Styrkur svifaurs í Skeiðarárhlaupinu 1991                                   | 17 |
| 6.  | Heildarmagn svifaurs í 6 Skeiðarárhlaupum, milljónir tonna                  | 18 |
| 7.  | Styrkur mélu (0,002 - 0,02 mm) í Skeiðarárhlaupum                           | 19 |
| 8.  | Styrkur mós (0,02 - 0,2 mm) í Skeiðarárhlaupum                              | 20 |
| 9.  | Hlutfallið basískt gler / súrt gler í svifaur 0,06 - 0,1 mm í Skeiðará      | 21 |
| 10. | Hlutfallið basískt gler / súrt gler í svifaur 0,02 - 0,06 mm í Skeiðará     | 21 |
| 11. | Styrkur uppleystra efna í Skeiðarárhlaupinu 1991                            | 22 |
| 12. | Styrkur kísils í Skeiðará   | 28 |
| 13. | Styrkur uppleystra efna í Skeiðará og leiðni í Skeiðará og Skaftafellsá     | 29 |
| 14. | Leiðni í Skeiðará og lofthiti á Kirkjubæjarklaustri                         | 30 |
| 15. | Efnastyrkur í Skeiðará og leiðni í Skeiðará og Skaftafellsá á hlaup tímanum | 30 |
| 16. | Samband uppleystra efna og leiðni í Skeiðará                                | 31 |

## TÖFLUSKRÁ

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1. | Breytingar á sporði Skeiðarárjökuls 1990 - 1991             | 9  |
| 2. | Grímsvatnahlaup eftir að Skeiðará var brúuð 1974            | 13 |
| 3. | Svifaur og efnastyrkur í Skeiðarárhlaupinu 1991             | 16 |
| 4. | Styrkur uppleystra efna >100 mg/l í Skeiðará á milli hlaupa | 23 |
| 5. | Efnasamsetning vatns úr Skeiðará 1986 - 1990                | 25 |
| 6. | Efnasamsetning vatns úr Skeiðará 1991 (mg/l)                | 26 |
| 7. | Efnasamsetning vatns úr Djúpa 1990 og 1991 (mg/l)           | 26 |
| 8. | Efnasamsetning vatns úr Skaftá, Hverfisfjótí og Gígjukvísl  | 27 |
| 9. | Styrkur uppleystra efna í hámarki Skeiðarárhlaupa           | 28 |

## SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

**Framhlaup Skeiðarárjökuls:** Í maí 1991 byrjaði jökullinn að hlaupa. Um hálfu ári síðar eða í nóvember hafði hann mest færst fram um 1 km um miðjan vesturvænginn. Í septemberlok var nánast allur jökullinn kolsprunginn og hafði um mánaðamótin október-nóvember stækkað um 10 km<sup>2</sup> (mynd 1).

**Rennsli og hlaup tími Skeiðarárhlaups:** Fyrstu merki um að hlaupvatn væri farið að renna fram sáust 21. september, en skýr einkenni hlaups 27. - 28. september. Hlaupið varð í byrjun endasleppt með lágan topp um 2. - 3. október, og eftir það lækkaði aftur í ánni. Um 7. nóvember hefst hlaup á ný, hægt í fyrstu, en snareykst 18. - 19. nóvember. Hámark náði hlaupið um miðnætti 21. nóvember, 2200 m<sup>3</sup>/s, og telst því hafa lokið 30. nóvember (mynd 3). Heildarrensli hlaupsins er áætlað 1,5 - 1,6 km<sup>3</sup>. Þar af komu um 0,2 km<sup>3</sup> fram á fyrra hlaup tímabilinu, og til viðbótar er áætlað að annað eins hafi runnið fram þar til síðara hlaup tímabilið hófst. Heildarrenslið mældist svipað og í hlaupunum 1982 og 1986 (tafla 2).

**Svifaur:** Í heild bar Skeiðará fram um 20 milljónir tonna af svifaur. Hæstur aurstyrkur mældist nálægt fyrri rennslistoppnum, um 15,5 g/l, en mestur framburður rétt fyrir síðari toppinn, um 20 tn/s (tafla 3). Vegna framhlaups jökulsins var óvenju mikil jöklaleysing um sumarið og fram á haust og mikill aurburður. Það torveldar túlkun á magni aurs í hlaupinu, að ekki er vitað hve mikið af aurnum má beinlínis rekja til framhlaupsins og hve mikið til hlaupsins. Að teknu tilliti til viðbótarraurs vegna framhlaupsins, má líklega segja, að þetta hlaup hafi einnig verið svipað hlaupunum 1982 og 1986 hvað aur varðar.

**Heildarefnastyrkur:** Á milli Grímsvatnahlaupa hefur heildarefnastyrkur í Skeiðará oftast verið á bilinu 50-90 mg/l, að meðaltali um 70 mg/l. Í hlaupum fer efnastyrkur í 350-400 mg/l, og mældist hæstur 360 mg/l í hámarki hlaupsins nú (tafla 3).

**Efnasamsetning:** Efnasamsetning vatnsins tekur miklum breytingum í hlaupum. Styrkur nokkurra efna hækkar að tiltölu meira en annarra; karbónat, súlfat, kísill og járn, og sýrustig lækkar að jafnaði. Það sem helst gæti greint þetta hlaup frá fyrri hlaupum (eftir 1972), er einkum hærri styrkur kísils, lægri styrkur súlfats, og hærri styrkur karbónats en í tveimur síðustu hlaupum. Þessi einkenni benda öll til mikilla háhitaáhrifa, en lægri styrkur súlfats til að minni áhrifa gæti af brennisteinsrökri gufu en oft áður í hlaupum. Efnasamsetning hlaupvatnsins nú endurspeglar líklega langan tíma milli hlaupa og þar með lengri hvarftíma í Grímsvötnum, en jafnframt heldur minnkandi jarðhitavirkni.

**Leiðnimælingar:** Rafleiðni vatnsins var mæld reglulega með minnst viku millibili frá 1. ágúst 1990 til 11. janúar 1992. Mjög góði fylgni er á milli leiðni og heildarefnastyrks í Skeiðará. Leiðnimælingarnar skrá árstíðasveiflu heildarefnastyrks yfir 1 ár, að vísu truflaðar af framhlaupi jökulsins sumarið 1991. Hágildin veturinn 1990 - 1991 eru öll hærri en áður hefur mælst (nema 7. nóv. 1965), og af þeim sökum þótti oft ástæða til að þetta mælingar, og í mars 1991 að búa sig undir að hlaup væri í aðsigi.

Tiltölulega hár styrkur uppleystra efna þykir benda til, að einhverra áhrifa af jarðhita gæti þar meira eða minna flest ár, en mismikilla, mikilla t.d. 1974, 1983 og 1990 - 1991. Höfunda skýrslunnar greinir á um það hvort jarðhitaáhrif séu viðvarandi. Sú skoðun byggist á að efnastyrkur er almennt hærri í Skeiðará en í nálægum ám. Hins vegar er ekki hægt að útiloka að önnur jarðfræðileg einkenni en þau er varða jarðhitavirkni á vatnsviði árinna valdi háum efnastyrk.

### Vöktun Skeiðarár og hlaupsins:

Í aðdraganda hlaupsins 1991 eru nokkur atriði, sem vert er að staldra við. Hækkun á rafleiðni vatnsins úr 82 í 140 uS/cm frá 12. til 21. september þótti ekki ótvífræð vísbending um að hlaup væri að byrja, því að þá fór rennsli minnkandi að því er séð varð, og óregla hafði verið á rennsli-mynstri árinna vegna framhlaups jökulsins. Liturinn á ánni 27. september gaf eftirlitsmanni OS tilefni til að láta vita, að eitthvað væri að gerast, þó ekki fyndist jöklaflýla, sem vert væri að tengja hlaupi. Leiðnimæling daginn eftir tók af öll tvífræðingum um hvað væri að gerast. Áður, eða 25. sept-

ember hafði komið fram órói á skjálftamælum í Grímsvötnum, sem tengt var brestum í íshellunni. Slíkt gerist ekki fyrr en einhverjum dögum eftir að vatn byrjar að renna úr Grímsvötnum. Eftir á að hyggja er ljóst, að leiðnimælingar hefðu í þessu tilfelli, eins og þær voru gerðar, getað sagt fyrir um hlaupið fjórum dögum áður en Ísabrotin komu fram á skjálftamælunum.

Í skýrslunni er á það bent, að lítilsháttar viðbót af vatni með efnastyrk eins og í hlaupum, hverfur auðveldlega í háu sumarrennsli, en kemur betur fram við lágrennsli vetrarins. Miðað við það og þann breytileika, sem virðist geta verið á efnastyrk í Skeiðará á milli hlaupa, þarf reglulegar mælingar á leiðni í nokkur ár til að greina árstíðasveiflur, ef hægt á að vera að greina frávik frá náttúrulegum sveiflum. Að ofansögðu má ljóst vera, að út frá tiltækum gögnum er ekki hægt að draga ákveðnar ályktanir um gagnsemi mælinganna. Helst þyrfti að fá reynslu af þessum mælingum bæði í hlaupum að sumri og vetri.

Það er eitt að benda á hugsanlegar ódýrar aðferðir til að segja fyrir um Skeiðarárhlaup og annað að útlísta tilganginn. Vegagerð ríkisins verður að meta gagnsemi þess, að hugsanlega sé hægt að segja fyrir um Skeiðarárhlaup með nokkurra vikna fyrirvara í stað þess að vita hvenær það hefst eins og nú. Venjulega hafa liðið 3 - 4 vikur frá upphafi hlaups, þar til það nær hámarki. Hlaupin 1982, '83, '86 og '91 voru fremur lítil miðað við hlaupið 1976 og mörg fyrri hlaup, og styður það ýmsar aðrar vísbendingar um að virkni fari minnkandi í Grímsvötnum.

Því miður voru rennslismælingar fáar í fyrri hluta hlaupsins, og því fékkst ekki næg vísbending um gagnsemi þéttra leiðnimælinga við að fylla í eyður á rennslisferlinum, sem hefði getað komið sér vel í hlaupi af þessu tagi. Hins vegar má benda á, að ef hlaupin fara minnkandi skipta þau ekki eins miklu máli og áður, og ef þau eru stór skiptir ónákvæmni í túlkun hlaupferils litlu miðað við að ná hámarksgildum.

#### **Tillögur:**

Ýmsir möguleikar eru á framhaldi vöktunar á Skeiðará, og er þá átt við reglulegar mælingar og sýnatöku á milli hlaupa og þéttingu þeirra þegar von er á hlaupi. Áður en tillögur að vöktunarkostum verða kynntar er rétt að gera grein fyrir þeirri ákvörðun Vatnamælinga að framvegis verða ekki farnar sérstakar ferðir til sýnatöku og rennslismælinga í Skeiðará, heldur verður það gert í tengslum við mælaeftirlit og rennslismælingar á öðrum nálægum ám eða þegar mælingamenn eiga leið hjá. Líklega verða þessar mælingar oftast á 5-7 vikna fresti framvegis, oftast að sumri en vetri, í stað 3-5 eins og algengast hefur verið til þessa.

Þéttari mælingar og mælingar í hlaupum verða gerðar, óski Vegagerð ríkisins eftir því, og þá á hennar kostnað.

#### **Vöktunarkostir:**

1. Vikulegar mælingar á leiðni í nokkur ár.
2. Vikulegar mælingar á leiðni frá því að Grímsvötn hafa náð tiltekinni hæð og þar til hlaup er afstaðið.
3. Engar sérstakar ráðstafanir fyrr en hlaup er hafið eða talið að hefjast; í fyrstu þétting sýnatöku og mælinga og daglegar mælingar, þegar hlaup er að komast í hámark, og að fylgja hlaupinu eftir í rénun.
4. Mælingar í hlaupum, eins og getur í tölulið 3, að viðbættri vöktun eftir lið 1 eða 2.

## 1. INNGANGUR

Orkustofnun hefur fylgst nokkuð reglulega með Skeiðará frá því að hún var brúuð 1974. Rennsli hefur verið mælt eða áætlað og sýni tekin til mælinga á aurstyrk á 3-6 vikna fresti, tíðar í hlaupum og daglega nærri hámarki hlaupanna (Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1991). Um langt árabíl hefur einnig verið fylgst með vatnshæð Grímsvatna í samvinnu Raunvísindastofnunar háskólans og Jökklarannsóknafélags Íslands. Reynslan hefur sýnt, að eftir að vatnsborð hefur náð tiltekinni hæð, má eiga von á hlaupi á næstu mánuðum þar á eftir, en þeir hafa oft orðið æði margir.

Á árunum 1984 - 1986 var tekið mikið af sýnum til efnagreininga, einkum í hlaupinu 1986, og var niðurstöðum efnagreininga, sem gerðar voru bæði á sýnum úr Skeiðará og nálægum ám, gerð skil í skýrslu um hlaupið ásamt mælingum á rennsli, aur- og efnastyrk (Bjarni Kristinsson o.fl. 1986). Skeiðarárhlaup einkennast af háum efnastyrk og efnasamsetningu, sem er ólík því sem gerist milli hlaupa í Skeiðará og í nálægum ám. Að vonum hefur það lengi verið að brjótast í þeim, sem hafa fylgst með hlaupum í Skeiðará, hvort ekki mætti nota þetta frávik í efnastyrk og -samsetningu til að segja fyrir um hlaup með lengri fyrirvara en þeim, sem jöklaflýlan gefur, en skemmri en þeim, er vatnsborðshæð Grímsvatna gefur.

Í fyrrnefndri skýrslu um hlaupið 1986 var lagt til, að teknar yrðu upp vikulegar mælingar á leiðni í ánni, en leiðni er mælikvarði á magn uppleystra efna. Forsenda þess, að slíkar mælingar komi að gagni er sú, að hlaupin hefjist með leka úr Grímsvötnum, sem kæmi fram í hækkuðum efnastyrk. Í nokkrum tilvikum, þar sem mælingar eru til, hefur slík hækkan komið fram bæði fyrir og eftir hlaup, en það er þó ekki einhlítt. Talið var, að með þéttari mælingum, vikulega í stað mánaðarlega, mætti e.t.v. merkja hlaup með nokkurra vikna fyrirvara.

Um mitt ár 1990 varð það að samkomulagi við Vegagerð ríkisins, að slíkar mælingar yrðu hafnar í tilraunaskyni, en þá voru Grímsvötn farin að nálgast "hæstu" vatnsstöðu. Var Guðjón Þorsteinson, Svínafelli fenginn til að annast mælingarnar, sem hófust 1. ágúst 1990. Þeim var hætt 11. janúar 1992, a.m.k. í bili. Í þessari skýrslu verður m.a. reynt að leggja mat á gagnsemi þessara mælinga.

Vorið 1991 varð vart við breytingar á Skeiðarárjökli og hljóp hann fram um sumarið og fram á vetur. Þetta framhlaup olli m.a. tímabundnum breytingum á vatnsföllum á Skeiðarársandi. Ekki er talið, að tengsl séu á milli framhlaups jökulsins og hlaupsins úr Grímsvötnum. Framhlaup Skeiðarárjökuls getur ekki síður en Skeiðarárhlaup haft áhrif á mannvirki á sandinum, og er því eðlilegt að þessir tveir atburðir séu raktir í sömu skýrslu. Vegagerð ríkisins hefur greitt fyrir mælingar á seinustu Skeiðarárhlaupum og hluta af kostnaði við efnamælingar, og greiðir kostnað af þeim athugunum, sem hér er greint frá.

Skeiðarárhlaupin eru hvert með sínu móti, þótt heildarvatnsmagn sé svipað a.m.k. í sumum síðustu hlaupum. Mismunandi einkenni koma fram í svifaur og uppleystum efnum, og eru kaflarnir um þau efni nokkuð ítarlegir í skýrslunni.

Höfundar skiptu þannig með sér verkum, að Svanur skrifaði um svifaur, heildarefnastyrk og leiðni, Snorri um rennsli, Oddur um framhlaup Skeiðarárjökuls, Hrefna um efnagreiningar og Hákon, sem hafði umsjón með verkinu, skrifaði inngang og niðurstöðukafla.





## 2. FRAMHLAUP SKEIÐARÁRJÖKULS

Jökulsporðamælingar hófust við Skeiðarárjökul 1931 að tilhlutan Jóns Eyþórssonar. Skömmu áður, eða 1929 hafði jökullinn gengið fram. Allt fram til 1964 hogaði jökullinn, en hefur síðan þá gengið lítillega fram öðru hverju á milli þess að hann hogaði. Langmest var það 1985 og 1986, þegar jökullinn ruddist fram um 450 m á vestasta merkinu, en einungis um nokkra tugi m austar.

TAFLA 1. Breytingar á sporði Skeiðarárjökuls 1990-1991  
Staðsetning merkja er sýnd á mynd 1

| Merki dags.                | 4 breyting  | D 6 breyting    | C 4 breyting | B 4 breyting | A 4 breyting | 115 breyting | 114 breyting | 113 breyting |
|----------------------------|-------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 90.09.20                   | -105        |                 |              |              |              |              |              |              |
| 90.10.06                   |             | ?               |              |              |              | -2           | 0            | 0            |
| 91.06.08                   | 0           | ca. +400        |              |              |              | +102         | +28          | 0            |
| 91.06.16                   |             |                 |              |              |              | +26          |              |              |
| 91.06.23                   |             | +14             | +9           | +14          | +11          | +14          | +13          |              |
| 91.06.30                   |             | +9              | +10          | +1           | +5           | +8           | +4           |              |
| 91.07.07                   |             | +4              | +9           | +5           | +4           | +2           | +3           |              |
| 91.07.14                   |             | +1              | -4           | 0            | 0            | +2           | +2           |              |
| 91.07.22                   |             | -6              | +8           | +1           | +2           | +3           | +7           |              |
| 91.07.29                   |             | +3              | 0            | 0            | +1           | -1           | +1           |              |
| 91.08.05                   |             | 0               | 0            | 0            | 0            | 0            | +2           |              |
| 91.08.12                   |             | 0               | 0            | 0            | 0            | +2           | +3           |              |
| 91.10.05                   |             |                 |              |              |              | -11          | +1           | 0            |
| 91.10.15                   | +429        |                 |              |              |              |              |              |              |
| 91.10.30                   | +16         |                 |              |              |              |              |              |              |
| <b>Haust '90-Haust '91</b> | <b>+445</b> | <b>ca. +450</b> |              |              |              | <b>+147</b>  | <b>+64</b>   | <b>0</b>     |

Skaftfellingar veittu því athygli, að jökullinn var farin að bóligna framantil síðari hluta vetrar 1991, en jaðarinn fór ekki að hreyfast fyrr en komið var fram í maí. Jökullinn var mældur á merkjum Jökklarannsóknafélagsins 8. júní og kom þá í ljós, að jökulsporðurinn hafði færst fram um 102 m við Sæluhússkvísl frá því haustið áður. Með samanburði við loftmyndir frá 1986 má sjá, að jökullinn hafði þá skriðið fram um eina 400 m við stærsta lónið í Gígjukvísl, sem er við miðbik jökulsporðsins. Austast og vestast hafði jökullinn nánast ekkert hreyfst. Talið er að þar hafi jökullinn gengið fram um rúmlega 5 m á sólarhring að jafnaði þar sem mest er. Þessi framrás jökulsins fjaraði út upp úr miðjum júlí, en í septemberlok og byrjun október tók vestanverður jaðarinn á rás, var kominn 450 m fram um mánaðarmótin október-nóvember og var enn á hraðferð. Ekki er vitað hve mikið skriðið hefur orðið síðan né hvenær því lauk. Um mánaðarmótin október-nóvember hafði jökuljaðarinn stækkað um 10 km<sup>2</sup> og var kominn 1 km framur um miðjan vesturvænginn en hann var um vorið samkvæmt loftmyndum (mynd 1).

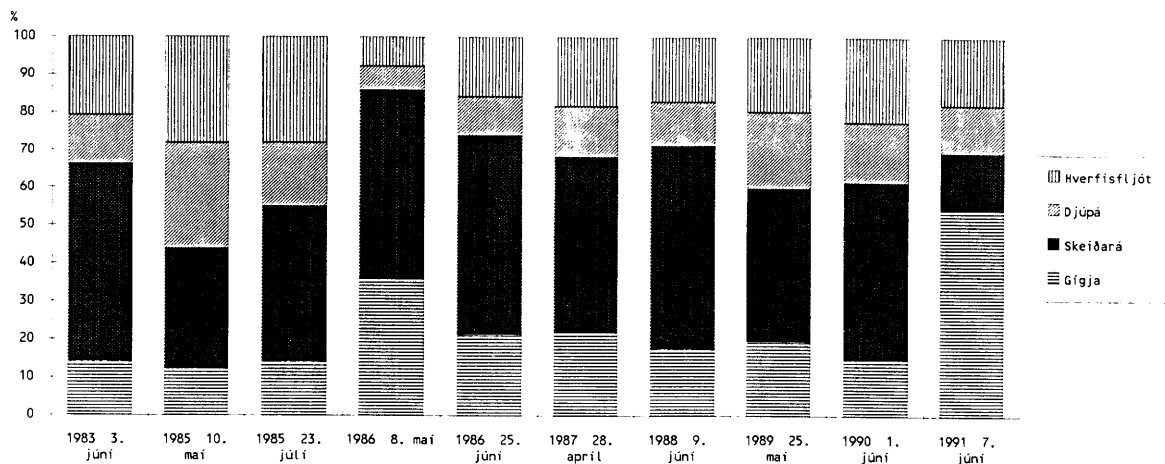
<-----

MYND 1. Framhlaup Skeiðarárjökuls 1991. Jökuljaðarinn eins og hann var samkvæmt loftmynd frá ágúst 1986 og loftmyndum og mælingum 25. september og 17. nóvember 1991. Staðsetning mælipunkta (merkja) sbr. töflu 1.

Mælingar á jöklinum frá hausti 1990 fram á haust 1991 eru raktar í töflu 1. Að hluta til eru þetta reglubundnar mælingar á föstum merkjum Jöklarannsóknafélags Íslands (4, 113, 114, 115), en merki A, B, C og D voru sérstaklega sett upp 16. júní 1991 í sambandi við framhlaup jökulsins.

Ekki er ljóst hvar eða hvenær þetta hraðskrið jökulsins byrjaði, en þó má leiða líkum að, að það hafi verið sðla vetrar nokkrum km innan við jaðarinn, ef til vill þar sem jökullinn fer að breiða úr sér neðan við Færinestinda. Þann 7. júní voru nýjar sprungur farnar að myndast upp undir Grænalón og 20. júlí voru þær komnar upp á móts við Grænafjall. Í septemberlok var svo nánast allur jökullinn upp í undirhlíðar Þórðarhyrnu og Grímsfjalls kolsprunginn. Lætur nærri, að þá hafi um 1000 km<sup>2</sup> jökuls verið hlaupnir fram.

Jafnframt framrás jökulsins urðu miklar breytingar á vötnum á Skeiðarársandi. Í maí byrjaði að vaxa í Gígjukvísl jafnframt því sem rennsli minnkaði í Skeiðará. Í júní var Gígjukvísl langstærsta vatnsfallið á sandinum, sæti sem Skeiðará hefur að jafnaði, og var svo fram í miðjan júlí, en upp úr því skilaði Skeiðará sér í sinn gamla farveg. Samkvæmt mælingum, sem gerðar hafa verið í vor, er hlutfall umræddra vatnsfalla aftur orðið hefðbundið. Sumarrennsli í Skeiðará var óvenju mikið, oft 500-800 m<sup>3</sup>/s, sem stafaði af því, að sumarið var hlýtt og leysing er örari á nýhlaupnum jöklum. Samanburður á rennsli Hverfisfljóts, Djúpár, Skeiðarár og Gígjukvíslar fyrri hluta sumars er sýndur á mynd 2.



MYND 2. Rennslishlutföll fjögurra jökuláa, sem koma úr suðvestanverðum Vatnajökli.

### 3. RENNSLISMÆLINGAR

#### 3.1 Aðferðir

Skeiðará rennur á aurum frá upptökum til ósa. Enginn möguleiki er að koma við sýritandi rennslismælingum á henni a.m.k. ekki með hefðbundnum aðferðum. Í hlaupum er ekki heldur hægt að beita nákvæmum rennslismælum. Mikill straumhraði, grjót og jakaburður myndi eyðileggja þá. Frá árinu 1976 hefur rennsli í hlaupum verið mælt af brúnni. Mælt er dýptarsnið og yfirborðshraði. Mælingin tekur 4 klst., ef 2 menn mæla, en um 2 klst., ef 4 menn mæla, og er þá hægt að mæla yfirborðshraða samtímis dýpi. Hraður vöxtur er í ánni á meðan á mælingum stendur, einkum stuttu fyrir hámark.

Vatnsdýpi var mælt með 100 kg lóði með 5 m millibili eða þéttar, ef ástæða þótti til. Lóðið er straumflúlagaga og berst lítt sem ekkert undan straumi jafnvel ekki í ströngustu álum. Nokkur breyting getur orðið á botninum á meðan á mælingu stendur og veldur það einhverri óvissu. Yfirborðshraði vatnsrennslisins var mældur á sömu stöðum með rekaldi svo lengi sem dýpi var nóg. Rekaldið var fest á fínan þráð með þekktri lengd. Leitað er að straumhraða í þversniði undir brúnni, en rekaldið mælir meðalhraða á 20 m vegalengd neðan brúarinnar. Getur það einnig valdið skekkju sérstaklega á grynningum.

Rennslið er fundið á þann hátt að þversniðinu er skipt lóðrétt í bil, sem hafa lítinn mun á hraða og dýpi milli ytri marka. Síðan er hvert bil reiknað:

$$(\text{Flatarmál þversniðs í bili}) \times \text{yfirborðshraði} \times 0,85 = \text{Rennsli}$$

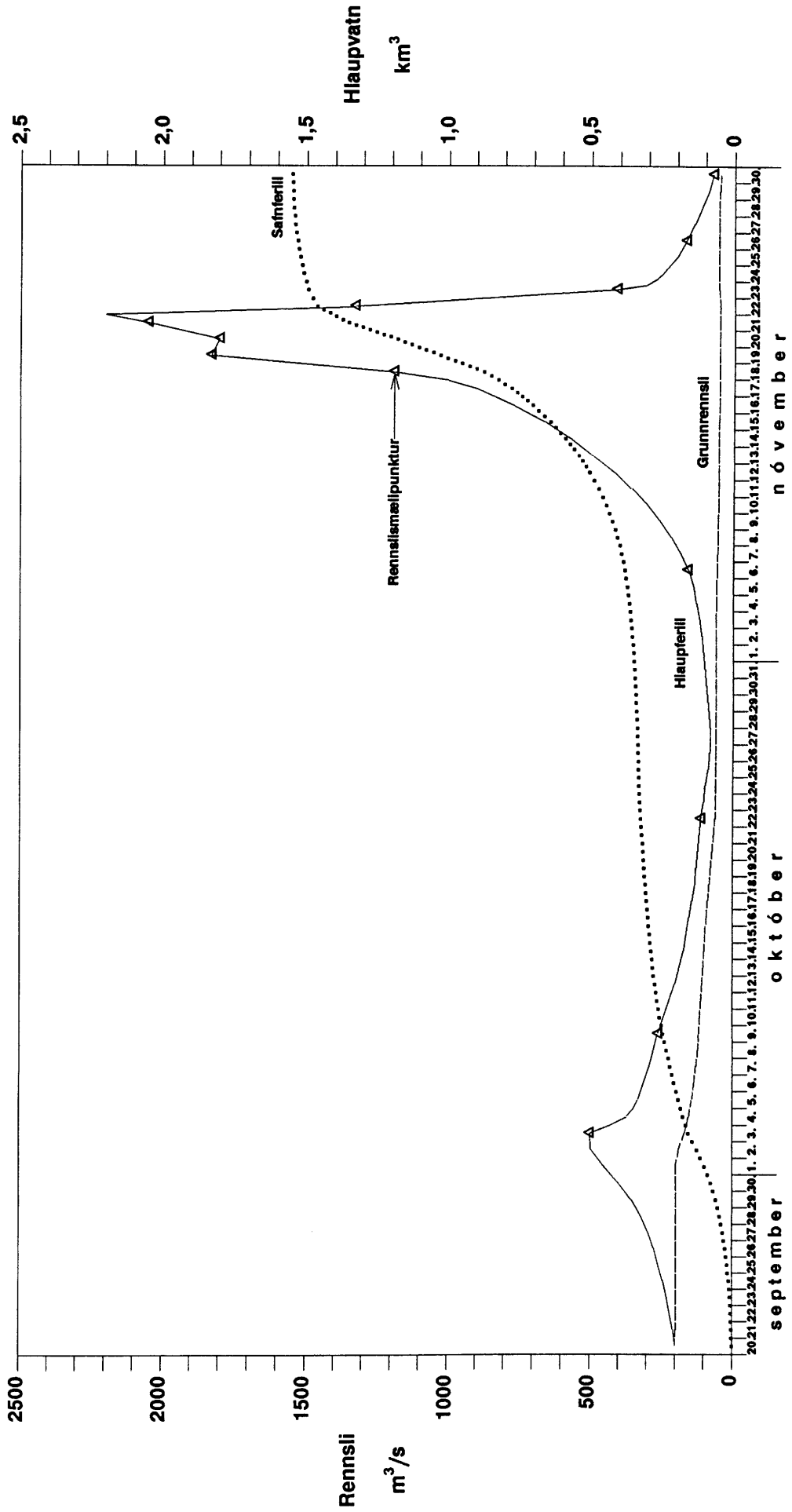
Að lokum er rennslið í öllum bilunum lagt saman.

Nákvæmni dýptarmælinganna er mest háð vandvirkni mælingamannsins, ölduhæð og botnskriði. Auðfundið er hvenær 100 kg lóð leggst á botn, en það getur grafið undan því. Skekkjan verður alltaf ofmat á dýpi um 2 - 5%, sé mælingunni ekki góður gaumur gefinn. Nákvæmni rekrahraðamælingarinnar er í versta falli  $\pm 5\%$  í logni. Svo vel hefur viljað til í a.m.k. tveimur síðustu hlaupum, að vindur hefur ekki truflað rekmælingar. Meðalstraumhraði er áætlaður 85% af yfirborðshraða, og er nákvæmni þeirrar áætlunar  $\pm 7\%$ . Heildarnákvæmni einstakra rennslismælinga er því talin vera  $\pm 10\%$ . Enda þótt meðalhraði sé breytilegt fall af yfirborðshraða eftir dýpi og stað, er ekki tekið tillit til þess hér, heldur er þessi sama hlutfallstala notuð í öllum útreikningum meðalhraða.

#### 3.2 Rennsli og rennslisferill

Fyrstu merki um hlaup komu fram á jarðskjálftamæli Raunvísindastofnunar háskólans á Grímsfjalli 25. september. Samkvæmt mælingum, sem gerðar voru 28. september, hafði íshellan í Grímsvötnum sigið 4-6 m og sprungur voru komnar með öllum jaðri vatnanna (Magnús Tumi Guðmundsson; Fréttabréf Jöklafræðisvísindafélags Íslands nr. 36, 1991). Magnús Tumi (munnl. uppl.) telur, að íshellan byrji að sfga nokkru áður en brothreyfingar í henni fara að koma fram á jarðskjálftamælinum. Rafleiðni mældist 140  $\mu\text{S}/\text{cm}$  í Skeiðará 21. september, sem bendir til að háhitavatn hafi þá líklega verið nálægt 10% vatnsins, en í sýni, sem tekið var 17. sama mánaðar mældist efnastyrkur 67 mg/l, þannig að engin merki voru þá um hlaupvatn.

Þann 27. september bárust boð um, að hlauplitur væri kominn á Skeiðará, og 28. september sýndu leiðnimælingar ótvífræð hlaupeinkenni, en þá hafði leiðni hækkað úr 140 í 300  $\mu\text{S}/\text{cm}$  á einni viku. Vegna bilunar í tækjum Vatnamælinga tókst ekki að mæla rennsli fyrr en 3. október, en þá



MYND 3. Skeiðarárhlaupið 1991.

var rennslið 500 m<sup>3</sup>/s. Rennslisferillinn í fyrri hluta hlaupsins er að öðru leyti fyrst og fremst byggður á sjónmati mælingamanna og sjónarvotta. Leiðni var áfram há miðað við árstíma (>200 µS/cm), og fór aftur að hækka í byrjun nóvember, um 290 µS/cm 2. nóvember og um 350 þann 9. Svo há getur leiðnin ekki verið á þessum árstíma nema fyrir mikil áhrif jarðhitavatts (sbr. kafla 5.3).

Hæst mældist hlaupið 21. nóvember, um 2050 m<sup>3</sup>/s, en lækkaði strax daginn eftir í 1330 m<sup>3</sup>/s og hélt síðan áfram að lækka ört. Samkvæmt reynslu falla ferlar vaxtar og lækkunar hlaupvatts á beina línu á log-skala, og út frá því er áætlað að hlaupið hafi náð hámarki á miðnætti 21. nóvember, um 2200 m<sup>3</sup>/s (mynd 3). Þann 26. nóvember má telja að hlaupinu væri nánast lokið, þó að nokkur hlaupeinkenni héldust að því er varðaði háan efnastyrk fram í desember. Þá hafði aðal-hlaupið staðið yfir í röskar 2 vikur, en í heild stóð þó hlaupið 1991 yfir í rúma tvo mánuði, því að vatnið hafði skýr hlaupeinkenni sem fyrr segir, þótt rennslið hafi verið lítið lengst af í október.

Á mynd 3 er sýndur hlaupferillinn, ásamt mælipunktum, safnferli og ferli yfir grunnrennsli. Vegna þess að hlaupið stóð yfir í langan tíma og rennslismælingar eru tiltölulega fáar, gætir allmikillar ónákvæmni í gerð ferlanna, einkum í byrjun hlaupsins. Hlaupferillinn er óvenjulegur að því leyti, að hann hefur tvo aðaltoppa, en ekki einn eins og venjulegt er í Grímsvatnahlaupum.

TAFLA 2. Grímsvatnahlaup eftir að Skeiðará var brúuð 1974

| Ár                | Heildarrennsli km <sup>3</sup> | Hlauptoppur       |            | Vatnsföll, sem hlaupið kom í | % af hlaupinu 1976 | Vatnshæð í Grímsvötnum m y. s. |       |
|-------------------|--------------------------------|-------------------|------------|------------------------------|--------------------|--------------------------------|-------|
|                   |                                | m <sup>3</sup> /s | Dagsetning |                              |                    | fyrir                          | eftir |
| 1976 <sup>1</sup> | 2.4                            | 5200              | 1976.09.22 | Skeiðará + Gígjukvísl        | 100                | 1440                           | 1350  |
| 1982              | 1.3                            | 2020              | 1982.02.12 | Skeiðará + Gígjukvísl        | 58                 | 1447                           | 1388  |
| 1983 <sup>2</sup> | 0.55                           | 600               | 1983.12.14 | Skeiðará + Gígjukvísl        | 23                 | 1412                           | 1370  |
| 1986              | 1.2                            | 2030              | 1986.09.07 | Skeiðará                     | 50                 | 1430                           | 1350  |
| 1991              | 1.5                            | 2050              | 1991.11.21 | Skeiðará                     | 60                 | 1450                           |       |

1) Sigurjón Rist 1976.

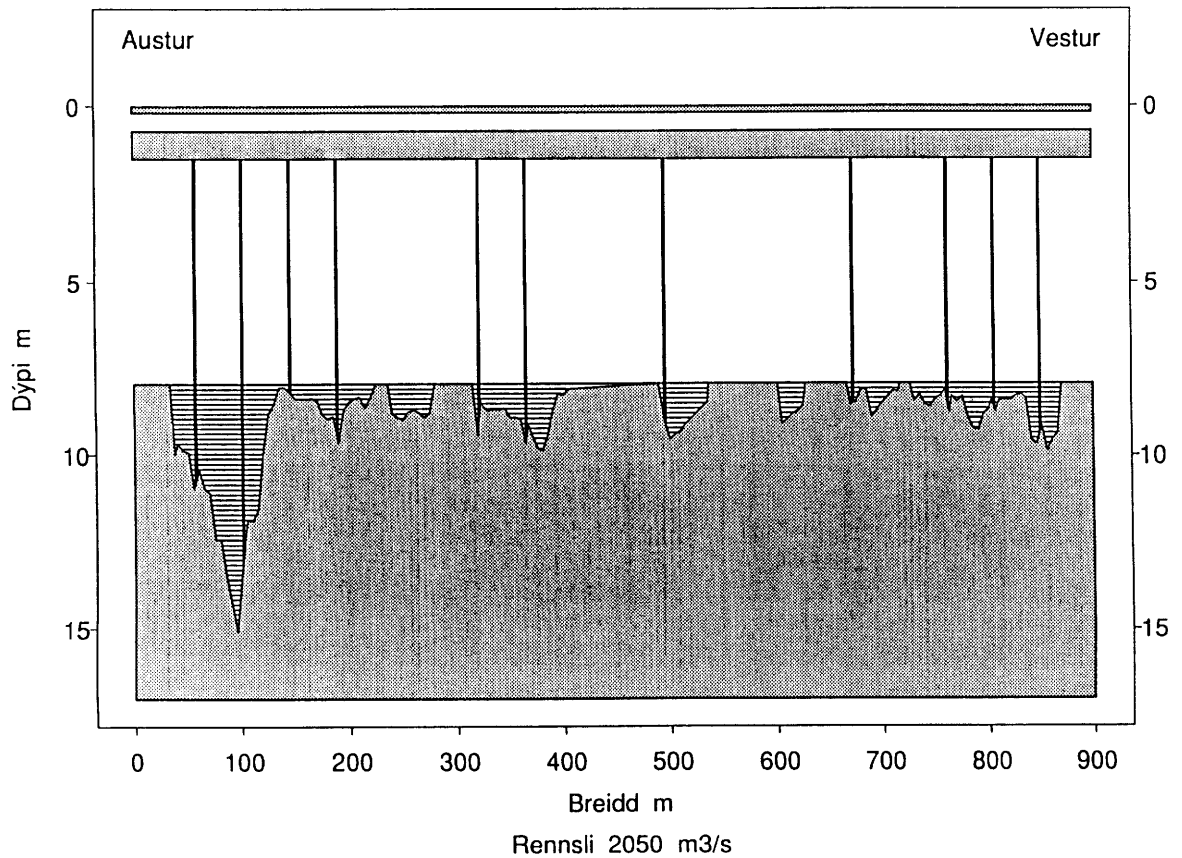
2) Haukur Tómasson o.fl. 1985.

Í töflu 2 eru birtar helstu upplýsingar um þau fimm Grímsvatnahlaup, sem hafa orðið eftir að árnar á Skeiðarársandi voru brúaðar, en brýrnar hafa skapað möguleika til þess að mæla rennsli í hlaupum með viðunandi nákvæmni. Hæð vatnsborðs í Grímsvötnum er fengin úr línuriti á mynd 5.2 í riti Helga Björnssonar 1988, *Hydrology of Ice Caps in Volcanic Regions*, nema vatnshæðin fyrir hlaupið 1991 er frá Magnúsi Tuma Guðmundssyni 1991.

### 3.3 Dýpi hlaupfarvegarins

Sem fyrr segir var vatnsdýpi mælt með 5 metra millibili eða þéttar í farvegi hlaupsins. Mesta dýpi mældist í hámarki hlaupsins 21. nóvember, 713 cm, sem samsvarar 15,1 m hæð frá brúarhandriði (mynd 4). Niðurstöður allra dýptarmælinga eru sýndar í viðauka.

Skeiðará 1991.11.21 kl.10:15



*MYND 4. Dýpi farvegar Skeiðarár í hámarki hlaupsins 21. nóvember 1991.*

## 4. SVIFAUR

### 4.1 Sýnataka og flokkun svifaurs

Til þess að auðvelda lesandanum að átta sig á umfjölluninni um svifaur hér á eftir er hér stutt yfirlit yfir sýnatöku og tegundir sýna. Ennfremur er greint frá flokkun aursins eftir kornastærð.

Sýni til svifaursmælinga eru yfirleitt tekin með sýnataka af bandarískri gerð, S-49, sem hafður er í spili á bfl á brú. Hvert sýni er venjulega tekið á 3 - 5 stöðum á þversniði vatnsfalls. Þessi sýni eru nefnd S1-sýni, en S2-sýni eru frábrugðin þeim að því leyti, að þau eru aðeins tekin á einum eða tveimur stöðum á þversniðinu. Á S1- og S2-sýnum þarf ekki að vera mikill gæðamunur. Úr Skeiðarárhlaupinu 1991 voru flest sýnin S1-sýni, en aðeins 2 S2-sýni.

Stundum verður ekki hjá því komist, að taka sýnið uppi við land og er þá reynt að velja tókustað, þar sem aurinn virðist vera vel upphræður. Í þeim tilfellum er notaður miklu minni sýnataka, DH-48, sem festur er á grannt rör og dýft í ána með höndunum. Þau sýni eru kölluð S3-sýni, og gefa þau ófullkomnari mynd af framburði árinna en hin. Í S3-sýnunum er yfirleitt minna af grófum aur en í S1-sýnunum, jafnvel verulega minna. Úr Skeiðarárhlaupinu 1991 var aðeins tekið 1 S3-sýni, fyrsta sýnið.

Þegar mæliniðurstöðurnar eru fluttar í tölvu til varðveislu og úrvinnslu, er kornastærðarferli hvers sýnis skipt í fjóra kornastærðarflokka með hliðsjón af kornastærðarkvarða Atterbergs. Skiptingin er unnin þannig, að kornastærðarferillinn er mældur og skipt í fjóra flokka eftir hundradshlutum, og látið standa á heilum tölum, enda leyfir ferillinn varla meiri nákvæmni. Þær tölur eru eins og fyrr segir geymdar í tölvu og eru prentaðar í dálkunum fjórum, sem bera yfirskriftina "Kornastærð %", í töflum 1, 3, 4, 5 og 6 hér á eftir. Tölurnar í hinum dálkunum fjórum, sem bera yfirskriftina "Kornastærð mg/l", í sömu töflum, hefur tölvan reiknað út frá hundradstölunum.

Heiti og stærðarmörk kornastærðarflokkanna eru þessi:

|        |             |            |    |
|--------|-------------|------------|----|
| Sandur | þvermál (ø) | >0,2       | mm |
| Mór    | "           | 0,02-0,2   | "  |
| Méla   | "           | 0,002-0,02 | "  |
| Leir   | "           | <0,002     | "  |

Þótt orðið *mór* hafi verið notað um þennan tiltekna kornastærðarflokk, er það ekki heppilegt, því að það er nafn á öðru jarðefni, eins og allir vita. Þess vegna væri hér þörf á öðru orði í þess stað.

Sandur og mór (>0,02 mm) er nefndur grófur svifaur, en méla og leir (<0,02 mm) fínn. Þess vegna eru meðaltöl þessara kornastærðarflokka lögð saman í neðstu líninni í töflunum.

Grófi aurinn er miklu viðkvæmari fyrir mismunandi sýnatökuaðferðum og aðstæðum á sýnatökustað en sá fíni. Grófi aurinn berst sem botnskrið á einum stað í ánni, en sem svifaur á öðrum.

### 4.2 Styrkur svifaurs í hlaupinu 1991

Úr Skeiðarárhlaupinu 1991 voru tekin 16 sýni til mælinga á svifaur. Þau voru öll tekin við Skeiðarárbrú. Aurinnihald þeirra ásamt efnastyrk (heildarstyrk uppleystra efna) var mælt og eru niðurstöður þeirra mælinga birtar í töflu 3.



TAFLA 3. Svifaur og efnastyrkur í Skeiðarárhlaupinu 1991

| Tekið            |       | Rennsli<br>m <sup>3</sup> /s | Svifaur |        | Efnastyrkur<br>mg/l | Kornastærð mg/l |       |      |      | Kornastærð % |     |      |      | Stærstu<br>korn<br>mm | Töku-<br>aðferð |
|------------------|-------|------------------------------|---------|--------|---------------------|-----------------|-------|------|------|--------------|-----|------|------|-----------------------|-----------------|
| Dagur            | kl.   |                              | mg/l    | kg/s   |                     | Sandur          | Mór   | Méla | Leir | Sandur       | Mór | Méla | Leir |                       |                 |
| 91.09.29         | 07:30 | (350)                        | 11623   | (4068) | 233                 | 814             | 8833  | 1743 | 232  | 7            | 76  | 15   | 2    | 0.8                   | S3              |
| 91.10.03         | 18:30 | 500                          | 15415   | 7708   | 252                 | 2621            | 10174 | 2312 | 308  | 17           | 66  | 15   | 2    | 1.3                   | S1              |
| 91.10.09         | 13:00 | 260                          | 13557   | 3525   | 228                 | 2983            | 8541  | 1762 | 271  | 22           | 63  | 13   | 2    | 2.0                   | S1              |
| 91.10.22         | 08:00 | 110                          | 6363    | 700    | 205                 | 2545            | 2991  | 700  | 127  | 40           | 47  | 11   | 2    | 2.1                   | S1              |
| 91.11.05         | 16:50 | 150                          | 9238    | 1386   | 224                 | 4619            | 3788  | 739  | 92   | 50           | 41  | 8    | 1    | 4.5                   | S2              |
| 91.11.06         | 14:00 | 158                          | 11225   | 1774   | 234                 | 4378            | 5725  | 1010 | 112  | 39           | 51  | 9    | 1    | 3.4                   | S1              |
| 91.11.17         | 18:30 | (900)                        | 8088    | (7279) | 339                 | 2993            | 3316  | 1618 | 162  | 37           | 41  | 20   | 2    | 2.7                   | S2              |
| 91.11.18         | 19:00 | 1170                         | 9983    | 11680  | 352                 | 3893            | 3893  | 1997 | 200  | 39           | 39  | 20   | 2    | 3.3                   | S1              |
| 91.11.19         | 17:00 | 1800                         | 8254    | 14860  | 358                 | 2146            | 3962  | 1898 | 248  | 26           | 48  | 23   | 3    | 2.8                   | S1              |
| 91.11.20         | 17:00 | 1790                         | 11000   | 19690  | 357                 | 2860            | 5720  | 2200 | 220  | 26           | 52  | 20   | 2    | 2.3                   | S1              |
| 91.11.21         | 15:40 | 2050                         | 9361    | 19190  | 360                 | 1872            | 5336  | 1966 | 187  | 20           | 57  | 21   | 2    | 1.7                   | S1              |
| 91.11.22         | 15:00 | 1340                         | 10973   | 14700  | 337                 | 2304            | 6145  | 2304 | 219  | 21           | 56  | 21   | 2    | 1.7                   | S1              |
| 91.11.23         | 13:30 | 410                          | 4557    | 1868   | 325                 | 1322            | 2324  | 820  | 91   | 29           | 51  | 18   | 2    | 2.5                   | S1              |
| 91.11.26         | 09:15 | 168                          | 737     | 124    | 246                 | 162             | 251   | 273  | 52   | 22           | 34  | 37   | 7    | 1.8                   | S1              |
| 91.11.30         | 14:00 | 74.0                         | 387     | 28.6   | 164                 | 124             | 62    | 147  | 54   | 32           | 16  | 38   | 14   | 1.4                   | S1              |
| 91.12.06         | 10:00 | 36.0                         | 164     | 5.90   | 160                 | 13              | 30    | 89   | 33   | 8            | 18  | 54   | 20   | 0.9                   | S1              |
| Meðaltöl 15 sýna |       | 754                          | 8717    | 7270   | 281                 | 2376            | 4737  | 1433 | 172  | 28           | 49  | 19   | 3    | 2.3                   |                 |
|                  |       |                              |         |        |                     | 7113            | 1605  |      |      | 77           | 22  |      |      |                       |                 |

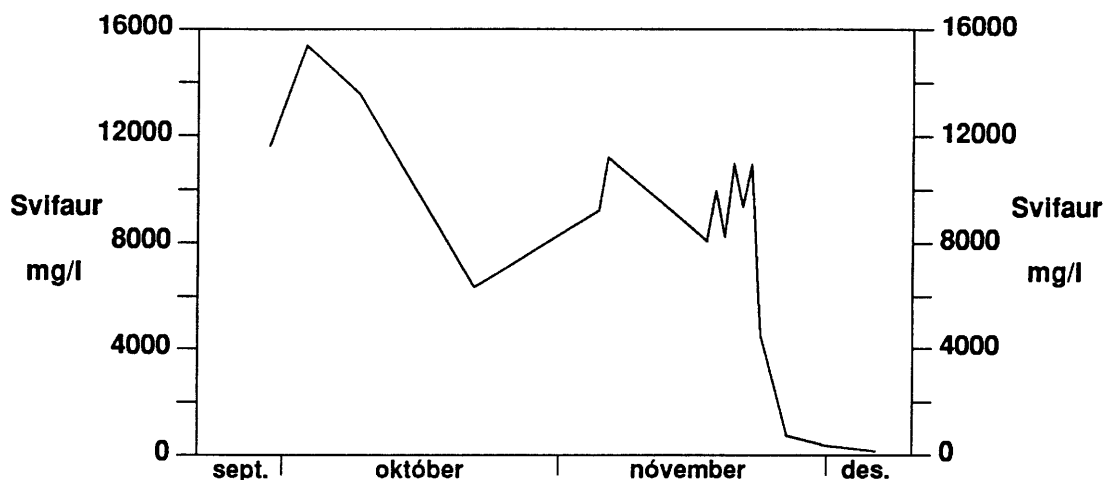
Rennsli og aur í kg/s eru innan sviga, þegar rennsli er áætlað. Sýnið frá 6. desember er ekki með í meðaltöllum.

Eins og fram kemur í kaflanum um rennsli, var þetta hlaup tvítoppa, og var seinni toppurinn miklu hærri. Gangur var í Skeiðarárjökli sumarið 1991, eins og vikið er að annars staðar í þessari skýrslu. Skeiðará var mjög lítil framan af sumri, en Gísgjúkvísl mikil. Þegar leið á sumarið, færðust þau hlutföll í fyrri horf og Skeiðará varð mjög vatnsmikil, bæði vegna gangsins í jöklinum og sökum hlýrrar veðráttu.

Vegna afbrigðilegs ástands í jöklinum mátti búast við, að aurframburður í þessu hlaupi yrði eitt-hvað frábrugðinn því, sem verið hafði í undanförunum hlaupum. Gangi í jöklum fylgir alltaf mikil aukning á aurframburði þeirra vatnsfalla, sem frá þeim falla. Er þá sérstaklega um að ræða fínan svifaur, enda hafði aukning á honum einmitt sett svip sinn á árnar á Skeiðarársandi um sumarið.

Til frekari glöggvunar er breytileiki aurstyrks í sýnum úr Skeiðará á hlaupmánum sýndur á mynd 5. Aurstyrkurinn er óreglulegur með tilliti til rennslis og mældist hæstur nálægt fyrri rennslistoppnum. Við athugun á einkennum hlaupsins með tilliti til aurburðar er það óneitanlega til boga, hve fá sýni voru tekin, því að hlaupið stóð yfir í langan tíma og hegðaði sér óreglulega.

Aurstyrkurinn fyrst í hlaupinu er mikill miðað við rennsli. Hæsti aurstyrkurinn í hlaupinu, sem mældist við rennsli 500 m<sup>3</sup>/s, er um þrefalt hærri en aurstyrkur hefur mælst hæstur við álfka rennsli í fyrri Skeiðarárhlaupum. Aurinn í því sýni er að 66 hundraðshlutum af mókornastærð, sjá töflu 3.



MYND 5. Styrkur svifaurs í Skeiðarárhlaupinu 1991.

Mikinn aurstyrk fyrstu vikur hlaupsins má skýra með því, að mikill aur hefur orðið á vegi hlaupvatnsins vegna þess umróts, sem fylgt hafði framskriði jökulsins síðustu mánuðina fyrir hlaupið. Við framskriðið sprakk jökullinn mjög mikið í sundur, við það jókst yfirborð jökulssins stórlega, svo að leysing jókst. Aukin leysing jók að sjálfsögðu útskolun aurs úr ísnum, og gera verður ráð fyrir, að hluti aursins hafi skolast niður í farveg hlaupsins undir jöklinum og borist með hlaupvatninu í Skeiðará. Sá viðbótaraur verður því ekki rakinn til hlaupsins úr Grímsvötnum.

Í fyrri Skeiðarárhlaupum, sem mælingar ná yfir, allt frá 1954, hefur hámark rennslis og aurstyrks fylgst nokkurn veginn að, nema í hlaupunum 1972 og 1983.

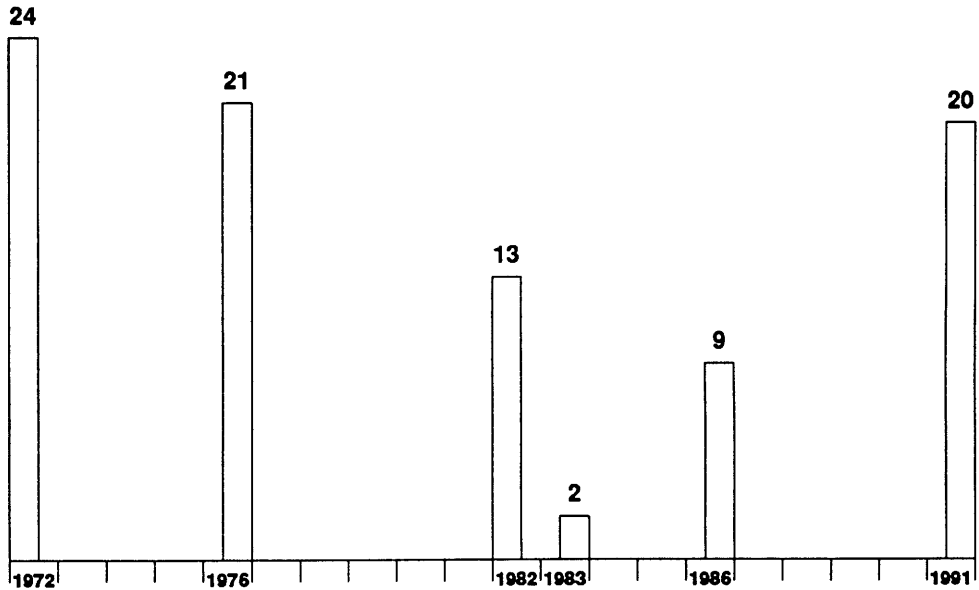
Í hlaupinu 1972 mældist hámarksstyrkur aurs og uppleystra efna um þremur sólarhringum eftir að rennslis var í hámarki. Sú hækkun einkenndist af því, að í hlaupvatnið hafði skyndilega bæst mikið af basísku gleri aðallega af mókornastærð jafnframt því sem styrkur uppleystra efna hafði aukist. Talið var hugsanlegt, að orsökina hefði verið smágos í Grímsvötnum, sem ekki hefði náð að brjótast upp úr jöklinum, sjá t.d. Haukur Tómasson o.fl. 1974.

Hlaupið 1983 var mjög lítið, rennslis komst aðeins í um  $600 \text{ m}^3/\text{s}$ . Sýni var ekki tekið í sjálfum rennslisstopnum, en sýni tekið um einum og hálfum sólarhring síðar kemst næst því. Aurstyrkur þess mældist  $3318 \text{ mg/l}$ . Tveimur vikum fyrir hámark rennslis urðu miklar leysingar og þá mældist hæsti aurstyrkur á hlaupfmanum,  $4175 \text{ mg/l}$ . Þá var tiltölulega mikill hluti aursins af mélu- og leirkornastærðum, sem geta orðið áberandi í Skeiðará í stórrigningum og leysingum. Segja má, að sá aurtoppur hafi að verulegu leyti stafað af öðru en Grímsvatnahlaupinu.

Það, að hámarksaurstyrkur mældist snemma í hlaupinu 1991, minnir nokkuð á það, sem gerðist í hlaupinu 1983, en að þessu sinni var allt miklu stærra í sniðum og aurtoppurinn rakinn til gangs í Skeiðarárjökli, en 1983 til mikillar úrkomu og snjóleysingar, eins og fyrr segir.

### 4.3 Heildarmagn svifaurs í hlaupinu 1991

Heildarmagn svifaurs í Skeiðará frá því að hlaups varð fyrst vart seint í september til nóvemberloka reiknast um 20 milljónir tonna. Þessi útreikningur er mjög ónákvæmur, því að hlaupið stóð yfir í langan tíma og rennslismælingar og sýni voru tiltölulega fá. Þar af leiðandi er í meira mæli en oft áður byggt á áætluðu rennsli og aurstyrk. Af þeim Skeiðarárhlaupum, sem komið hafa frá því að Skeiðará var brúuð 1974, er hlaupið 1991 það hlaup, sem mestrar óvissu gætir varðandi heildarsvifaur.



Mynd 6. Heildarmagn svifaurs í 6 Skeiðarárhlaupum, milljónir tonna.

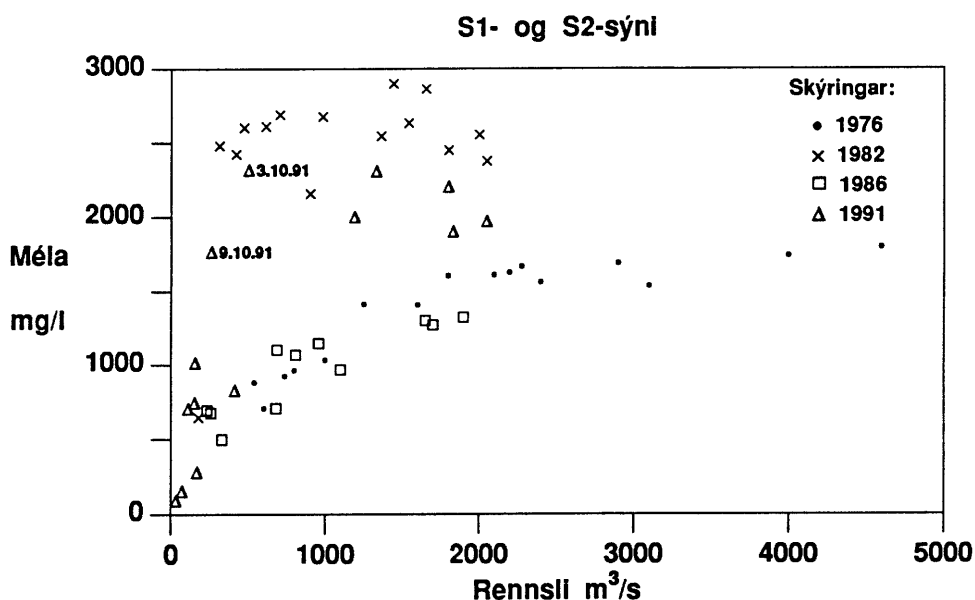
Súluritið á mynd 6 sýnir heildarmagn svifaurs í síðustu 6 Skeiðarárhlaupum. Tölurnar ofan á súlunum tákna milljónir tonna. Heildarsvifaurinn í hlaupinu 1991 var mikill miðað við hlaupin 1982 og 1986, en hámarksrennsli þeirra var svipað og nú, en heildarrennsli þeirra var nokkru minna. Þetta þarf ekki að koma á óvart, því að gangur hafði verið í jöklinum um sumarið, eins og áður hefur komið fram, svo að aðstæður voru afbrigðilegar miðað við hin hlaupin. Aukins aurburðar vegna gangs í jöklinum virðist hafa gætt mest fyrri hluta hlaupmagns, því að aurstyrkur var þá mikill miðað við rennsli. Grunnrennsli árinna var mikið fyrri hluta hlaupmagns, eins og áður hefur komið fram. Ekki er hér reynt fremur en við umfjöllun um aur í fyrri hlaupum að áætla hve mikill hluti aursins hefur komið með hlaupvatninu og hve mikill með grunnrennslinu. Ljóst er, að hlutur aurs, sem borist hefur með grunnrennsli hefur verið meiri að þessu sinni en oftast áður, vegna þess að hlaupið stóð yfir í langan tíma og gangur hafði nýlega verið í jöklinum.

### 4.4 Kornastærð svifaursins

Í skýrslu um hlaup á Skeiðarársandi 1986 (Bjarni Kristinsson o.fl. 1986, mynd 6) kemur fram, að styrkur mós og mélu hafi verið minni í Skeiðarárhlaupunum 1976 og 1986 en í hlaupinu 1982 við sambærilegt rennsli. Sérstaklega var þetta áberandi með melukornastærðina. Munurinn á styrk aurs af þessum kornastærðum í hlaupunum 1982 og 1986 olli því, að heildarsvifaur í hlaupinu 1986 reiknaðist um 30% minni en í hlaupinu 1982, þó að bæði heildarrennsli þeirra og hámarks-

rennsli hafi verið svipað. Hér er styrkur þessara kornastærðarflokka úr fyrrtöldum þremur hlaupum sýndur aftur á myndum 6 og 7, en nú er niðurstöðum úr hlaupinu 1991 bætt við.

Á mynd 7 er styrkur mélu úr fjórum Skeiðarárhlaupum borinn saman við rennsli. Í hlaupunum 1976 og 1986 var styrkur mélu lægstur og mjög svipaður í þeim báðum, en hlaupið 1976 sker sig reyndar úr að því leyti, að rennslið varð rúmlega tvöfalt hærra en í hinum hlaupunum. Hæstur var styrkur mélu í hlaupinu 1982 og er þar mikill munur á og 1976 og 1986. Meiri dreifing er á mélu-styrknum úr hlaupinu 1982. Niðurstöðurnar úr hlaupinu 1991 lenda þarna á milli, en á þeim er töluverð dreifing. Þau tvö sýni, sem tekin voru fyrst í hlaupinu, víkja mest frá hinum til hækkunar. Þau eru auðkennd með dagsetningum. Eðlilegt er, að styrkur mélu sé tiltölulega hár framan af hlaupfmanum vegna þeirra aðstæðna í jöklinum, sem nefndar hafa verið hér að framan.

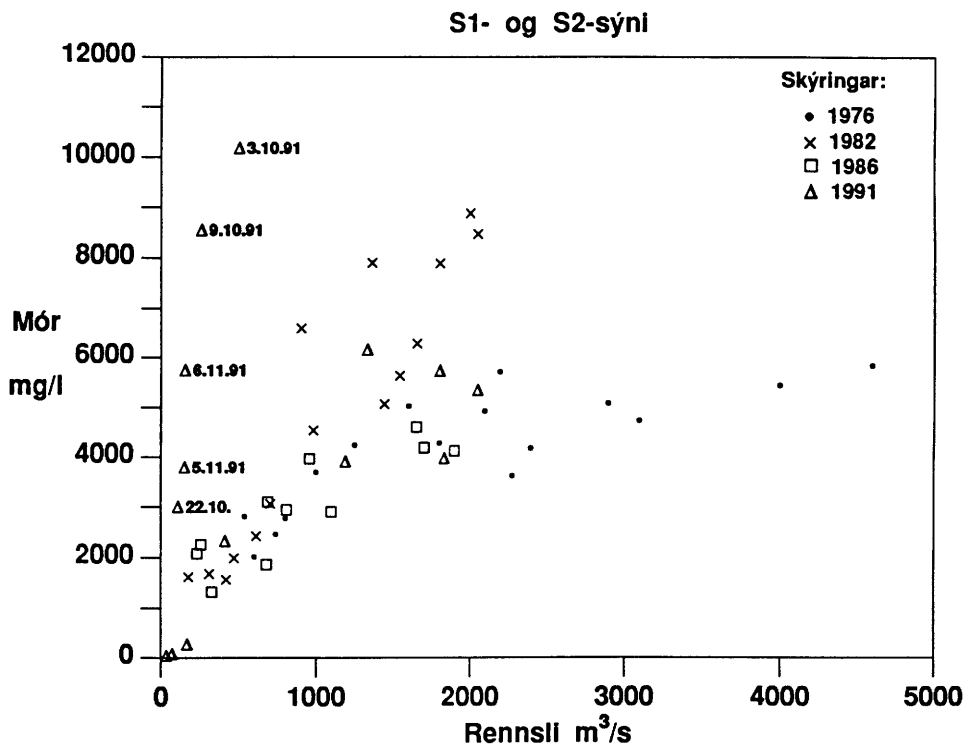


MYND 7. Styrkur mélu (0,002 - 0,02 mm) í Skeiðarárhlaupum.

Á mynd 8 er styrkur mós úr þessum fjórum hlaupum borinn saman við rennsli. Hér er dreifingin meiri, sérstaklega á sýnunum úr hlaupinu 1991. Sýnum úr því hlaupi má raunar skipta í tvo flokka. Í sýnunum, sem tekin voru framan af hlaupfmanum, var styrkur mós mjög hár samanborið við önnur sýni. Þessi sýni eru auðkennd með dagsetningum. Hin sýnin úr hlaupinu 1991 hafa flest móstyrk, sem er sambærilegur eða heldur lægri en í sýnunum úr hlaupinu 1982, en sýni úr því hlaupi höfðu hærri móstyrk en flest sýnin úr hlaupunum 1976 og 1986, eins og áður hefur verið getið, þótt sá munur sé ekki eins skýr og í mélustyrknum á mynd 6.

Beint liggur við að rekja hinn háa styrk mós framan af hlaupfmanum 1991 til aðstæðna í jöklinum vegna framskriðsins, eins og fyrr hefur verið getið.

Ekki verður fjölyrt um hugsanlega ástæðu fyrir því, að styrkur mós og mélu í sumum hlaupum hefur mælst verulega frábrugðinn styrknum í öðrum. Hlaupvatnið virðist hafa haft misgreiðan aðgang að efni af þessum kornastærðum. Hugsanlega er hlaupfarvegurinn ekki alltaf á sama stað eða skrið jökulsins á milli hlaupa veldur breytilegum aðstæðum fyrir hlaupvatni að taka með sér aur, en sú ástæða skýrir einmitt aukinn aurstyrk framan af hlaupfmanum 1991.



MYND 8. Styrkur mós (0,02 - 0,2 mm) í Skeiðarárhlaupum.

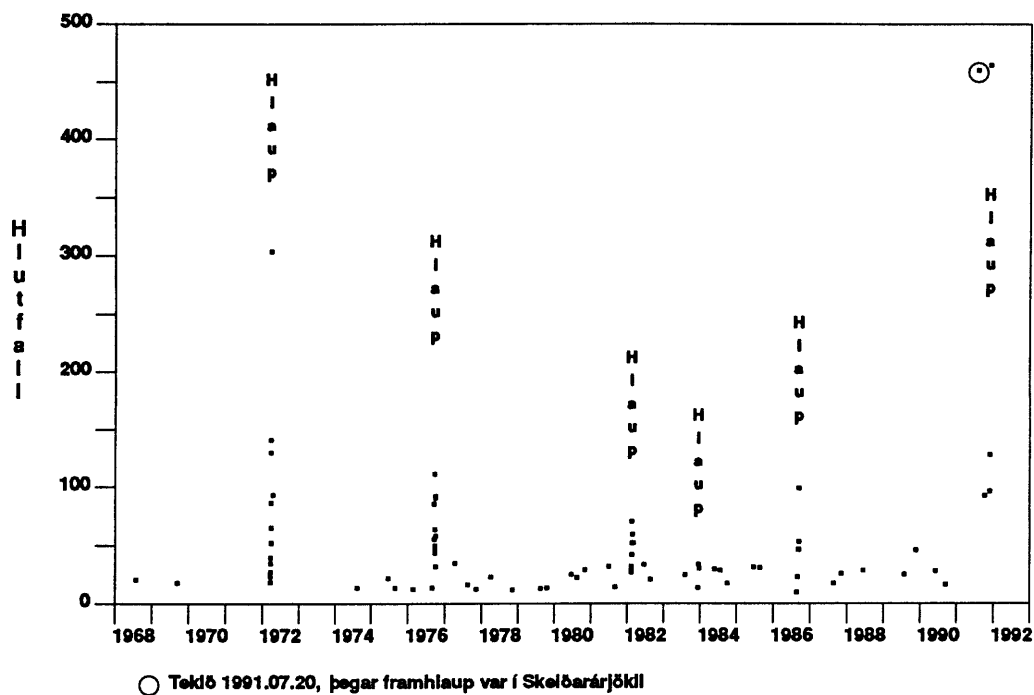
## 4.5 Bergflokkun

Eins og fram hefur komið í sumum fyrri skýrslum Orkustofnunar um Skeiðarárhlaup, er svifaur í Skeiðará að jafnaði ríkari af basísku gleri í hlaupum en á milli hlaupa. Í hlaupum greinist það langoftast 70 til 90% af aur af kornastærð 0,02 - 0,1 mm, en á milli hlaupa að meðaltali um 60%. Um bergflokkun á svifaur má lesa nánar í skýrslu frá Orkustofnun (Svanur Pálsson og Elsa G. Vilmundardóttir 1983).

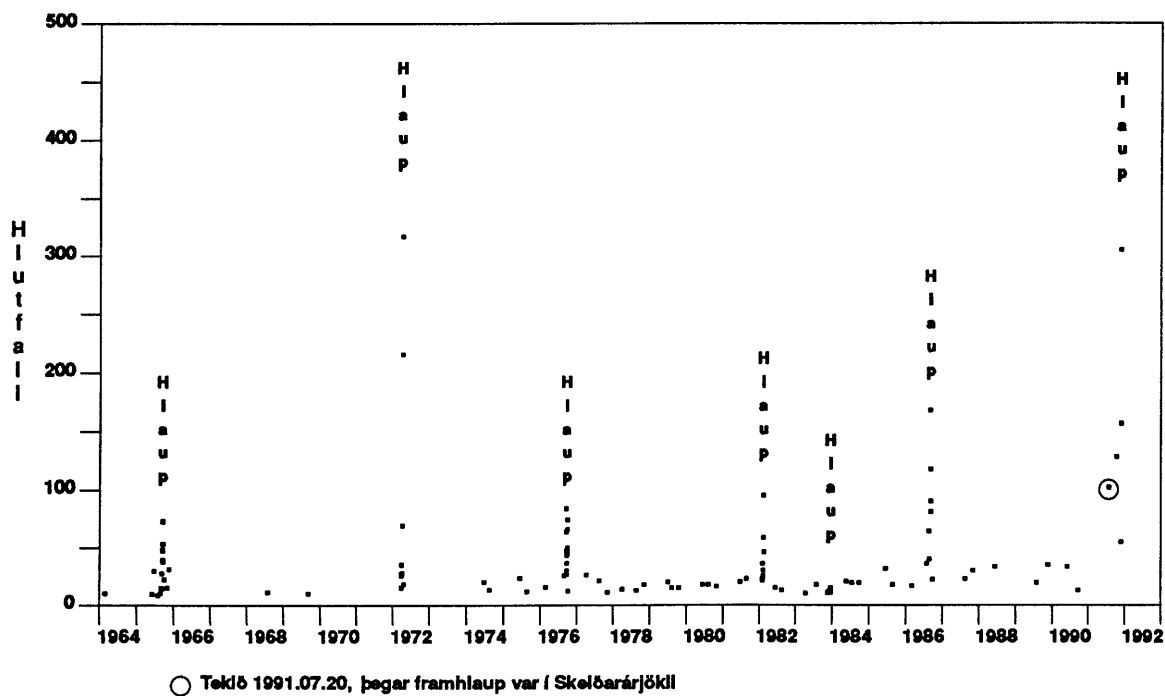
Mynd 9 sýnir hlutfallið basískt gler / súrt gler í svifaur af kornastærð 0,02 - 0,06 mm á tímabilinu 1964 - 1991 og mynd 10 sýnir þetta hlutfall í aur af kornastærðinni 0,06 - 0,1 mm frá árunum 1968 - 1991. Til þess að greina á milli basísks og súrs glers var ljósbrot plastsins í þunnsneiðunum, sem kornin voru steipt í, haft sem viðmiðun, en ljósbrot þess er 1,55 - 1,57. Korn, sem hafa hærri ljósbrot en plastið, voru greind sem basísk, en hin súr. Oftast voru greind 1000 korn í hverri þunnsneið. Eins og myndirnar bera með sér, hefur hlutfallið hækkad verulega í öllum hlaupum, sem komið hafa á tímabilinu, nema í hlaupinu 1983 varð hækkunar ekki vart. Það hlaup var miklu minna en hin hlaupin og hlaupvatnið hefur líklega verið tiltölulega lengi á leiðinni ofan úr Grímsvötnum, svo að veruleg umskipti hafa orðið á aur í vatninu á leiðinni.

Rétt er að vekja athygli á einum punkti á hvorri mynd, sem hringur er dreginn utanum. Punktarnir eiga við sýni, sem var tekið 20. júlí 1991, en þá var gangur í Skeiðarárjökli. Þetta var það sýni úr Skeiðará á framhlaupstímanum, sem innihélt langmest af aur, 5400 mg/l, en rennslið mældist 700 m<sup>3</sup>/s. Í því greindist hlutfallið hátt eins og um Grímsvatnahlaup væri að ræða. Það var svo ríkt af basísku gleri, að helst mætti hugsa sér, að í þeirri miklu leysingu, sem varð í jöklinum vegna hlýrrar veðráttu á þessum tíma og aukins yfirborðs jökulíssins vegna framhlaupsins, hafi losnað óvenjulega mikið af gjósku úr jökulíssnum. Samt ber að hafa í huga, að þetta er aðeins eitt sýni, en forvitnilegt væri að athuga síðar fleiri sýni úr ánni frá framhlaupstímanum. Ennfremur er rétt að benda á þann annmarka við notkun þessa hlutfalls, að súrt gler er mjög líttill hluti aursins, svo að

aðeins örfá korn af því hafa greinst, þegar hlutfallið er hæst, enda er dreifing punktanna þá mikil á myndunum. Þetta hlutfall hefur aftur á móti þann kost, að hlaupin skera sig vel úr.



MYND 9. Hlutfallið basískt gler / súrt gler í svifaur 0,06 - 0,1 mm í Skeiðará.

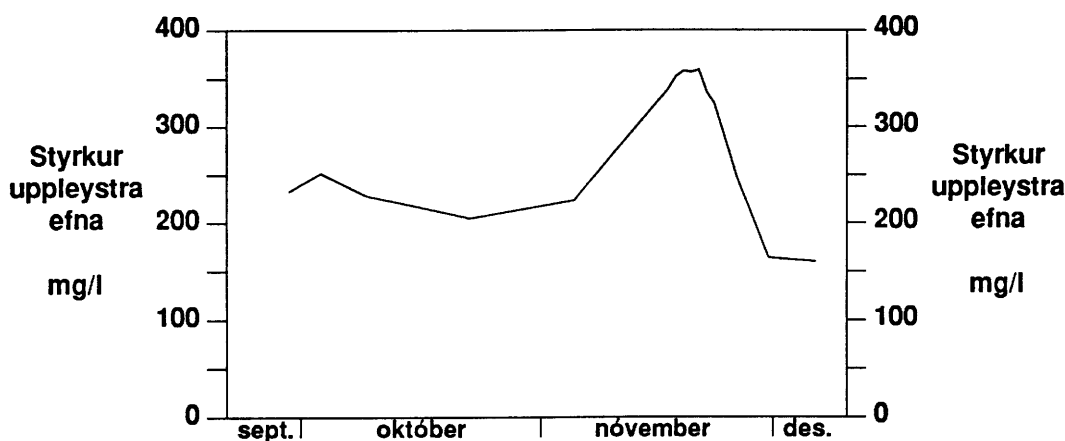


MYND 10. Hlutfallið basískt gler / súrt gler í svifaur 0,02 - 0,06 mm í Skeiðará.

## 5. UPPLEYST EFNI

### 5.1 Heildarefnastyrkur

Heildarefnastyrkur (oft aðeins nefndur efnastyrkur eða styrkur uppleystra efna) í hlaupinu 1991 er sýndur á mynd 11. Hann var svipaður og í fyrri hlaupum, en ferillinn er tvítoppa eins og rennslisferillinn. Það staðfestir, að rennslisferill sjálfs Grímsvatnahlaupsins hafi líka verið tvítoppa.



MYND 11. Styrkur uppleystra efna í Skeiðarárhlaupinu 1991.

Framan af hlaupinu var efnastyrkur frekar lágur sem eðlilegt er, því að grunnrennslis Skeiðarár var þá mikið miðað við árstíma. Í fyrri hlaupum hefur vatn úr Grímsvötnum sennilega verið nálægt 50% af árvatninu.

Á milli Grímsvatnahlaupa hefur heildarefnastyrkur í Skeiðará oftast mælst á bilinu 50 - 90 mg/l, að meðaltali um 70 mg/l. Stundum hefur hann mælst hærri en 100 mg/l, án þess að um hlaup hafi verið að ræða. Það gæti bent til sblöndunar af jarðhitavatni. Ekki má þó taka þetta viðmiðunarmark, 100 mg/l, of alvarlega, mörk milli jarðhitavats og annars vatns eru ekki svo skýr að þessu leyti og mælingar á efnastyrk eru ekki sérlega nákvæmar, óvissa er ± fáein mg/l.

Þar til um mitt ár 1991 var aurinn skilinn úr árvatninu með skilvindu áður en styrkur uppleystra efna var ákvarðaður. Þegar þeirri aðferð er beitt, er hætt á, að allra ffnasti leirinn mælist sem uppleyst efni. Sumarið 1991 var keyptur búnaður til membransúnar, sem er miklu virkari aðferð til að ná leirnum úr árvatninu, en skilvindaðferðin verður fyrst um sinn einnig notuð til samanburðar. Báðar aðferðirnar voru notaðar á sýni úr Skeiðarárhlaupinu 1991 og úr hlaupinu í Skaftá á sama ári. Aðferðunum bar vel saman, svo að ekki virðist vera ástæða til að tortryggja mæligildi á efnastyrk úr fyrri Skeiðarár- eða Skaftárhlaupum. Hins vegar er ljóst, að sum mæligildi á efnastyrk á milli hlaupa eru of há. Í þeim tilfellum hefur styrkur aurs af leirkornastærð verið hár og má hafa hann til viðmiðunar, þegar metið er hvort treysta megi mældum gildum á heildarefnastyrk.

Eins og fyrr segir, hefur heildarefnastyrkur stundum mælst hærri en 100 mg/l á milli Skeiðarárhlaupa. Í sumum þeirra tilfella er engin ástæða til að ætla, að há gildi megi rekja til þess, að leir hafi skilist illa frá, heldur hafi efnastyrkurinn raunverulega verið hár.

Tafla 4 er skrá yfir þau mæld gildi á styrk uppleystra efna >100 mg/l úr Skeiðará á milli hlaupa, sem ekki virðist ástæða til að tortryggja. Þetta eru alls 21 sýni, sem voru tekin á tímanum frá

október til apríl og 1 sýni í júní, en flest í mars og apríl. Greinilega eru mestar líkur til þess, að há gildi mælist, þegar rennsli er lægst síðla vetrar. Gildi frá mars og apríl 1991 eru áberandi há, enda rennslið í Skeiðará með því allra lægsta, sem það hefur verið við sýnatöku.

TAFLA 4. Styrkur uppleystra efna >100 mg/l í Skeiðará á milli hlaupa

| Dagsetning | Rennsli<br>m <sup>3</sup> /s | Efnastyrkur<br>mg/l |
|------------|------------------------------|---------------------|
| 13.06.1965 |                              | 113                 |
| 07.11.1965 |                              | 182                 |
| 02.10.1974 | 38                           | 103                 |
| 14.04.1982 | 12                           | 101                 |
| 14.04.1982 | 12                           | 104                 |
| 16.12.1982 | 13.6                         | 117                 |
| 17.02.1983 | 12                           | 104                 |
| 17.02.1983 | 12                           | 101                 |
| 13.04.1983 | 30                           | 106                 |
| 13.04.1983 | 30                           | 113                 |
| 29.03.1984 |                              | 103                 |
| 15.01.1986 |                              | 101                 |
| 05.03.1986 | 11                           | 113                 |
| 07.04.1988 |                              | 109                 |
| 21.03.1990 |                              | 114                 |
| 08.04.1990 |                              | 105                 |
| 06.03.1991 | 9                            | 137                 |
| 18.03.1991 | 8                            | 134                 |
| 19.03.1991 | 8                            | 138                 |
| 10.04.1991 | 10                           | 123                 |
| 11.04.1991 | 10                           | 126                 |

Líklegt er, að nokkurt aðstreymi jarðhitavats, sennilega háhitavats, til Skeiðarár sé meira og minna viðvarandi, en í mismiklum mæli. Einkenna þess, sem eru hár efnastyrkur, verður eðlilega helst vart, þegar rennsli árinna er lítið, því að þá er það hlutfallslega stærri hluti árvatsins. Út frá sömu forsendum og notaðar eru hér framar í skýrslunni, að efnastyrkur háhitavats sé nálægt 365 mg/l, en annars vatns 60 mg/l, má áætla út frá sýnunum, sem tekin voru í mars og apríl 1991, að aðrennsli háhitavats til Skeiðarár hafi þá verið um 2 - 3 m<sup>3</sup>/s. Áhrifa svo lítils aðrennslis háhitavats á efnastyrk í Skeiðará verður ekki vart nema þegar rennsli er lítið, þ.e.a.s. þess verður ekki vart meiri hluta ársins, þótt það eigi sér þá einnig stað.

Þó að gert sé ráð fyrir, að eitthvað af háhitavatni streymi langtímum saman til Skeiðarár, hljóta mismunandi aðstæður undir jöklinum að valda því, að það berist mjög misgreiðlega til árinna og komist jafnvel alls ekki til hennar öðru hvoru. Efnastyrkur í sumum vetrarsýnum við lágt rennsli er svo lágur, að fblöndun háhitavats hlýtur þá að hafa verið lítil eða engin.

Sú spurning hefur komið upp, hvort heildarefnastyrkur í Skeiðará hækki fyrir Grímsvatnahlaup, svo að hægt sé út frá reglulegum mælingum að segja til um hvort hlaup sé í aðsigi.

Til þess að reyna að átta sig á þessu verður hér rakið í stuttu máli, hver efnastyrkur hefur verið rétt á undan hlaupum, eftir því sem mælingar ná til.



1965. 22. ágúst mældist efnastyrkur aðeins 48 mg/l, en samt var áin farin að verða dekkri á litinn en áður og jökulfýla hafði fundist í nokkra daga (Sigurður Þórarinnsson 1974). Þegar næsta sýni var tekið 29. ágúst, var hlaup greinilega hafið. 13. júní, tveimur og hálfum mánuði fyrir hlaup, mældist efnastyrkur 113 mg/l. Þess má geta, að um einum og hálfum mánuði eftir að þessu hlaupi lauk mældist efnastyrkur 182 mg/l, sem er hæsta sæmilega örugga gildið, sem mælst hefur á milli hlaupa.
1972. Sýni voru ekki tekin fyrr en hlaupið var greinilega hafið.
1976. Í sýni, sem tekið var 25. ágúst, 17 dögum áður en hlaupið var greinilega hafið, var efnastyrkur með eðlilegum hætti, 74 mg/l.
1982. Ekkert sýni var tekið næstu tvo mánuðina fyrir hlaup.
1983. Hækkunar á efnastyrk fór að verða vart tæpum tveimur mánuðum fyrir hámark hlaupsins 13. desember. Samkvæmt munnlegum upplýsingum frá Ragnari Stefánssyni þjóðgarðs-verði í Skaftafelli fannst fýla af ánni af og til í október og nóvember. Hlaupið var afbrigðilega lítið.
1986. 20. ágúst fannst fýla af ánni, þótt efnastyrkur mældist aðeins 98 mg/l. Efnastyrkurinn hækkaði hægt næstu daga, en þremur vikum áður mældist hann aðeins 63 mg/l.
1991. 28. september var hlaup greinilega hafið, samkvæmt mælingu á leiðni, en 17. september mældist efnastyrkur aðeins 67 mg/l.

Þetta eru alls 7 hlaup. Að hlaupinu 1983, sem var langminnst þessara hlaupa, var langur aðdragandi í hækkun á efnastyrk. Það varð að vetrarlagi og þess vegna kemur hækkun miklu betur í ljós. Hlaupin 1972 og 1982 urðu einnig að vetrarlagi, en vegna þess að sýnataka lá niðri fyrir hlaupin, er því ósvarað hvort hækkun hefur orðið á efnastyrk á undan þeim. Þegar hin hlaupin fjögur hófust, var rennsli miklu meira. Eitt þeirra, hlaupið 1991, hófst reyndar um haust, en aðstæður voru þá afbrigðilegar vegna framhlaups Skeiðarárjökuls, svo að rennsli var tiltölulega mikið. Næstu sýni, sem tekin voru fyrir þessi hlaup, voru tekin 1 - 3 vikum áður en þeirra varð vart. Þau sýndu enga hækkun á efnastyrk.

Þetta yfirlit má draga saman í stuttu máli:

Þrjú hlaupanna, sem hér um ræðir, hófust að vetrarlagi, en þá ættu að vera mestar líkur til þess að hækkunar á efnastyrk yrði vart. Greinileg hækkun varð á efnastyrk í um einn og hálfan mánuð, áður en hægt var að sjá að hlaup væri hafið 1983. Upplýsingar vantar um efnastyrk á undan hinum hlaupunum tveimur.

Hin hlaupin fjögur hófust, þegar rennsli var tiltölulega mikið vegna árstíma og gangs í jökli. Næstu sýni, sem tekin voru áður en hlaup var sýnilega hafið, voru tekin 1 - 3 vikum fyrr og sýndu ekki hækkun á efnastyrk.

Svarið við spurningunni hér að framan um það hvort hægt sé að sjá hlaup fyrir verður eitthvað á þessa leið:

*Hlaup að vetrarlagi mætti hugsanlega sjá fyrir með einhverra vikna fyrirvara með mælingum á efnastyrk eða leiðni. Þetta svar er einungis byggt á því, að mælingar fyrir hlaupið 1983 sýndu hækkun á efnastyrk, en skortur á mælingum fyrir hlaupin 1972 og 1982 veldur mikilli óvissu.*

*Hlaup að sumarlagi er varla hægt að sjá fyrir með þessum mælingum, nema hugsanlega með örfárra daga fyrirvara.*

*Athuganir á Grímsvatnahlaupum síðustu áratuga leiða í ljós, að hlaupin eru nokkuð breytileg. Hvert hlaup er að hverju leyti frábrugðið öllum hinum, að því er varðar rennsli, aurburð, hámarksefnastyrk og útbreiðslu, þ.e. hvort þau komi í Gígjukvísl og Súlu auk Skeiðarár. Aðdragandinn að hlaupum, að því er efnastyrk varðar, getur því verið misjafn.*

## 5.2 Efnasamsetning vatnsins

Engin sýni til efnagreininga voru tekin úr Skeiðará 1987, 1988 né 1989. Á árinu 1990 voru tekin tvö sýni til efnagreininga og efnagreindir voru nokkrir þættir í einu sýni, sem tekið var til aurburðarmælinga. Til stöð að setja upp mælingar á leiðni árvatsins, eins og lagt var til í skýrslum 1985 og 1986, en úr því varð ekki fyrir en á síðari hluta árs 1990.

TAFLA 5. Efnasamsetning vatns úr Skeiðará 1986-1990 (mg/l)

| Dagsetning<br>Númer            | 86-08-26<br>86-9126 | 86-08-27<br>86-9127 | 86-09-07<br>86-9128 | 86-09-09<br>86-9137 | 86-09-10<br>86-9138 | 90-03-21<br>90-9016 | 90-07-23<br>90-9040 | 90-10-24<br>90-9073 |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Hiti (°C)                      | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | 1,4                 | -                   | -                   |
| Sýrustig (pH/°C)               | 6,43/24             | 6,41/25             | 6,26/24             | 6,33/23             | 6,40/23             | 7,79/23             | -                   | 7,50/24             |
| Kísill (SiO <sub>2</sub> )     | 28,3                | 31,9                | 62,4                | 58,0                | 55,4                | 15,2                | -                   | 8,1                 |
| Natríum (Na)                   | 23,6                | 25,9                | 52,7                | 47,2                | 45,6                | 13,6                | -                   | 6,0                 |
| Kalíum (K)                     | 1,9                 | 2,1                 | 4,4                 | 4,0                 | 3,9                 | 0,9                 | -                   | 0,4                 |
| Kalsíum (Ca)                   | 21,2                | 23,0                | 43,2                | 40,5                | 37,0                | 11,6                | 5,1                 | 8,2                 |
| Magnesium (Mg)                 | 5,3                 | 5,7                 | 10,7                | 10,1                | 9,7                 | 4,6                 | -                   | 2,2                 |
| Karborat (CO <sub>3</sub> )    | 167                 | 189                 | 384                 | 338                 | 305                 | 57                  | -                   | 36                  |
| Súlfat (SO <sub>4</sub> )      | 17,1                | 18,8                | 38,4                | 36,5                | 31,7                | 7,6                 | 2,0                 | 3,4                 |
| Brennist.v. (H <sub>2</sub> S) | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | -                   | 0                   |
| Klórfið (Cl)                   | 7,1                 | 7,5                 | 13,7                | 12,7                | 12,0                | 6,7                 | 2,6                 | 3,0                 |
| Flúoríð (F)                    | 0,13                | 0,15                | 0,26                | 0,22                | 0,22                | 0,18                | 0,05                | 0,09                |
| Jám (Fe)                       | 0,3                 | 0,4                 | 2,3                 | 2,0                 | 1,7                 | -                   | -                   | -                   |
| Uppleyst efni                  | 162                 | 180                 | 336                 | 309                 | 292                 | 62                  | 52                  | 45                  |
| Brómíð (Br)                    | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | 0,02                | 0                   | -                   |
| Nítrat (NO <sub>3</sub> )      | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | 0                   | 0,19                | -                   |

Í töflu 5 eru niðurstöður efnagreininga vatnssýna úr Skeiðará 1986-1990 og í töflu 6 eru niðurstöður efnagreininga sýna frá 1991. Í töflu 7 eru niðurstöður efnagreininga úr Djúpa 1990-1991 og í töflu 8 frá Skaftá, Hverfisfljót og Gígjukvísl á tímabilinu 1989-1991. Langflestar greiningar úr Skeiðará eru frá 1991, eða 17 talsins. Verulegar árstíðasveiflur eru á efnainnihaldi vatnsins, en heildarstyrkur uppleystra efna er þó ætíð verulega lægri utan hlaupa en í hlaupum. Það eru líka ákveðin efni, sem hækka mest í hlaupunum eins og karborat, súlfat, kísill og járn og sýrustig lækkar.

Niðurstöður greininga á árinu 1991 sýna hvernig hlaupáhrif koma fram fyrirhluta október: m.a. hækkar styrkur uppleystra efna, sýrustig lækkar og styrkur járn verður verulegur. Þessi áhrif réna svo síðar í mánuðinum, en aukast svo aftur í sýnum frá því í nóvember og ná hámarki um 20. nóvember. Í töflu 9 eru bornar saman greiningar af vatnssýnum frá hámarki átta síðustu Skeiðarárhlaupa. Gögn frá síðustu fjórum hlaupum eru fyllilega sambærileg, en eldri gögnin eru það ekki að öllu leyti þótt sumir þættir séu það. Ástæður þess að gögnin eru ekki sambærileg eru mismunandi efnagreiningaaðferðir, gæði sýnatöku og reyndar einnig fæð sýna og þar með óvissa um að þau séu marktæk fyrir hámark hlaupsins. Vatnið í síðasta hlaupi hefur heldur hærri styrk kísils en almennt gerist í hlaupvatni (mynd 12 og tafla 9). Styrkur súlfats er verulega lægri en í síðustu tveim hlaupum, en svipaður og í hlaupinu 1982 og reyndar sumum eldri hlaupanna. Þau gögn eru þó ekki sambærileg þar sem bæði var mælt með annarri aðferð og sýni fá og ekki tekin á sama hátt og nýrri sýnin. Styrkur karborats er hærri en í síðustu tveim hlaupum, en hann mældist hærri bæði í hlaupinu 1982 og 1965. Hár styrkur kísils bendir til að hlutur jarðhitavats í hlaupvatninu sé hár og karboratstyrkur bendir einnig til mikilla jarðhitaáhrifa. Lágur styrkur súlfats bendir til að brennisteinsrík gufa hafi blandast í minna mæli en oft áður í hlaupum.

TAFLA 6. Efnasamsetning vatns úr Skeiðará 1991 (mg/l).

| Dagsetning<br>Númer            | 91-01-24<br>91-9002 | 91-03-06<br>91-9011 | 91-03-19<br>91-9014 | 91-04-11<br>91-9025 | 91-06-21<br>91-9062 | 91-10-03<br>91-9109 | 91-10-09<br>91-9097 | 91-10-22<br>91-9099 | 91-11-06<br>91-9115 | 91-11-18<br>91-9118 | 91-11-19<br>91-9119 | 91-11-20<br>91-9120 | 91-11-21<br>91-9121 | 91-11-22<br>91-9122 | 91-11-23<br>91-9123 | 91-11-26<br>91-9125 | 91-12-06<br>91-9129 |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Hiti (°C)                      | 7,74/24             | 7,75/23             | 7,88/22             | 7,96/23             | 8,21/26             | 6,66/21             | 6,64/23             | 6,70/23             | 6,47/21             | 6,44/24             | 6,20/24             | 6,35/19             | 6,41/20             | 6,40/21             | 6,50/22             | 6,87/23             | 7,36/20             |
| Sýrustig (pH/°C)               | 8,0                 | 17,6                | 19,3                | 16,2                | 5,3                 | 47,5                | 46,0                | 37,9                | 44,5                | 67,0                | 67,0                | 67,9                | 66,0                | 59,2                | 55,3                | 39,5                | 19,2                |
| Kísill (SiO <sub>2</sub> )     | 7,9                 | 16,2                | 16,4                | 15,5                | 4,3                 | 41,1                | 38,7                | 31,6                | 37,2                | 57,2                | 57,1                | 58,1                | 56,8                | 51,9                | 48,4                | 34,7                | 17,2                |
| Natríum (Na)                   | 0,4                 | 0,7                 | 0,8                 | 0,6                 | 0,3                 | 2,9                 | 2,8                 | 2,4                 | 2,5                 | 3,9                 | 3,9                 | 4,0                 | 4,0                 | 3,6                 | 3,4                 | 2,4                 | 1,0                 |
| Kalíum (K)                     | 8,9                 | 19,5                | 22,3                | 22,3                | 6,6                 | 32,6                | 29,9                | 25,3                | 28,7                | 50,3                | 51,0                | 53,3                | 53,5                | 50,3                | 43,1                | 36,3                | 24,1                |
| Kalsíum (Ca)                   | 2,0                 | 5,3                 | 4,4                 | 4,8                 | 0,8                 | 8,3                 | 8,2                 | 8,1                 | 8,3                 | 12,1                | 12,6                | 12,3                | 12,2                | 11,8                | 11,0                | 8,3                 | 5,9                 |
| Magnesium (Mg)                 | 37,8                | 84,3                | 94,0                | 89,2                | 30,8                | 258                 | 228                 | 178                 | 241                 | 410                 | 559                 | 492                 | 458                 | 418                 | 338                 | 201                 | 99                  |
| Karbonsát (CO <sub>2</sub> )   | 3,4                 | 6,7                 | 7,0                 | 7,1                 | 2,4                 | 15,1                | 14,4                | 12,4                | 14,9                | 21,5                | 22,0                | 21,5                | 20,9                | 19,6                | 17,5                | 14,4                | 9,4                 |
| Súlfat (SO <sub>4</sub> )      | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   |
| Brennist.v. (H <sub>2</sub> S) | 6,2                 | 7,3                 | 6,8                 | 8,8                 | 3,0                 | 6,4                 | 6,4                 | 8,9                 | 10,7                | 15,1                | 14,8                | 15,0                | 14,5                | 13,3                | 12,5                | 9,7                 | 5,8                 |
| Klóríd (Cl)                    | 0,28                | 0,16                | 0,17                | 0,15                | 0,08                | 0,18                | 0,17                | 0,17                | 0,16                | 0,17                | 0,16                | 0,18                | 0,17                | 0,17                | 0,17                | 0,15                | 0,13                |
| Flúoríd (F)                    | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | 2,7                 | 1,9                 | 1,4                 | 2,1                 | 2,2                 | 2,3                 | 2,4                 | 2,6                 | 2,6                 | 2,3                 | 1,0                 | 0,3                 |
| Járn (Fe)                      | 60                  | 134                 | 144                 | 131                 | 33                  | 253                 | 238                 | 200                 | 240                 | 381                 | 386                 | 395                 | 384                 | 349                 | 321                 | 247                 | 144                 |
| Uppl. efni                     | 0,02                | 0,02                | 0,02                | -                   | 0,01                | 0,03                | 0,03                | 0,03                | 0,03                | 0,04                | 0,04                | 0,04                | 0,04                | 0,04                | 0,04                | 0,03                | 0,02                |
| Brómíð (Br)                    | -                   | -                   | -                   | -                   | 0,15                | 0,05                | 0,09                | 0,10                | 0,07                | 0,02                | -                   | 0,02                | 0                   | -                   | -                   | 0,08                | 0,33                |
| Nítrat (NO <sub>3</sub> )      | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   |

TAFLA 7. Efnasamsetning vatns úr Djúpa 1990 og 1991 (mg/l).

| Dagsetning<br>Númer            | 90-03-21<br>90-9017 | 90-10-24<br>909075 | 91-01-24<br>91-9003 | 91-03-06<br>91-9010 | 91-03-19<br>91-9015 | 91-04-11<br>91-9024 | 91-06-21<br>91-9064 | 91-10-03<br>91-9110 | 91-10-09<br>91-9098 | 91-10-22<br>91-9111 | 91-11-06<br>91-9116 | 91-11-22<br>91-9124 | 91-11-26<br>91-9126 | 91-12-06<br>91-9130 |
|--------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Hiti (°C)                      | 0,6                 | 7,50/24            | 7,55/24             | 7,60/23             | 7,60/23             | 7,67/23             | 7,25/26             | 7,56/21             | 7,38/21             | 7,58/23             | 7,19/21             | 7,41/22             | 7,63/24             | 7,24/21             |
| Sýrustig (pH/°C)               | 7,60/23             | 7,50/24            | 7,55/24             | 7,60/23             | 7,60/23             | 7,67/23             | 7,25/26             | 7,56/21             | 7,38/21             | 7,58/23             | 7,19/21             | 7,41/22             | 7,63/24             | 7,24/21             |
| Kísill (SiO <sub>2</sub> )     | 11,9                | 9,9                | 9,7                 | 11,9                | 12,7                | 11,9                | 6,7                 | 10,4                | 10,8                | 11,1                | 11,2                | 9,4                 | 11,3                | 9,5                 |
| Natríum (Na)                   | 6,6                 | 4,6                | 5,5                 | 6,5                 | 6,8                 | 6,8                 | 4,1                 | 5,4                 | 5,7                 | 6,1                 | 6,2                 | 5,0                 | 5,6                 | 5,0                 |
| Kalíum (K)                     | 0,5                 | 0,3                | 0,3                 | 0,3                 | 0,4                 | 0,4                 | 0,3                 | 0,4                 | 0,4                 | 0,5                 | 0,3                 | 0,3                 | 0,3                 | 0,2                 |
| Kalsíum (Ca)                   | 4,0                 | 3,6                | 3,1                 | 3,9                 | 3,9                 | 4,0                 | 2,0                 | 3,2                 | 3,4                 | 3,6                 | 3,7                 | 2,8                 | 3,4                 | 3,0                 |
| Magnesium (Mg)                 | 1,3                 | 0,8                | 1,0                 | 1,3                 | 1,3                 | 1,3                 | 0,6                 | 1,0                 | 1,1                 | 1,1                 | 1,2                 | 0,9                 | 1,1                 | 1,0                 |
| Karbonsát (CO <sub>2</sub> )   | 18,4                | 14,0               | 14,0                | 17,1                | 18,4                | 19,3                | 18,9                | 15,6                | 17,5                | 18,4                | 19,7                | 14,9                | 18,4                | 15,3                |
| Súlfat (SO <sub>4</sub> )      | 3,2                 | 2,1                | 2,1                 | 2,9                 | 3,1                 | 2,9                 | 1,5                 | 2,6                 | 2,9                 | 3,0                 | 3,1                 | 2,2                 | 2,5                 | 2,4                 |
| Brennist.v. (H <sub>2</sub> S) | 0                   | 0                  | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   |
| Klóríd (Cl)                    | 4,8                 | 2,5                | 6,1                 | 6,2                 | 5,6                 | 5,9                 | 3,4                 | 3,3                 | 3,6                 | 3,5                 | 3,7                 | 2,8                 | 3,3                 | 4,0                 |
| Flúoríd (F)                    | 0,10                | 0,07               | 0,09                | 0,08                | 0,09                | 0,09                | 0,07                | 0,10                | 0,10                | 0,11                | 0,10                | 0,07                | 0,08                | 0,05                |
| Járn (Fe)                      | -                   | 0,03               | -                   | -                   | -                   | -                   | -                   | 0,56                | 0,26                | 0,11                | 0,35                | 0,15                | 0,27                | 0,03                |
| Uppl. efni                     | 38                  | 16                 | 31                  | 37                  | 38                  | 41                  | 25                  | 37                  | 34                  | 31                  | 40                  | 38                  | 46                  | 35                  |
| Brómíð (Br)                    | 0,01                | -                  | -                   | 0,02                | 0,02                | -                   | 0,01                | 0,01                | 0,01                | 0,01                | 0,01                | 0,01                | 0,01                | 0,01                |
| Nítrat (NO <sub>3</sub> )      | 0                   | -                  | -                   | 0                   | 0                   | -                   | 0,09                | 0                   | 0,20                | 0,24                | 0,01                | 0                   | 0,05                | 0,60                |

Sveiflur í styrk karbónats og sulfats eru innan þeirra marka, sem áður hafa mælst, en kísilstyrkur er hærri en mælst hefur áður. Hlutfall natríums og klóríðs er nánast eins og í síðasta hlaupi og í flestum hlaupum nema 1983 og 1972 þegar þetta hlutfall var mun hærra. Eins og bent hefur verið á var efnasamsetning hlaupvatns 1983 óvenjuleg, líklega vegna aukinnar jarðhitavirkni, sem hleypti af stað hlaupi við 20 - 30 m lægri vatnshæð en venja hafði verið til (Bjarni Kristinsson o.fl. 1986). Efnasamsetning hlaupvatnsins nú endurspeglar líklega langan tíma milli hlaupa og þar með lengri hvarftíma í vötnunum (hár kísilstyrkur), en jafnframt heldur minnkandi jarðhitavirkni (lágur sulfatstyrkur) og ekki sjást merki um innspýtingu súrra kvikugasa.

Efnagreiningar vatnssýna úr Djúpá eru í töflu 7. Sýnin voru tekin til viðmiðunar við Skeiðarársýnin og til að bera saman árstíðasveiflur í á þar sem ekki koma fram hlaupáhrif. Heildarstyrkur uppleystra efna er nær alltaf verulega lægri en í Skeiðará, en árstíðasveiflur eru talsverðar þótt þær séu minni í Djúpá en í Skeiðará. Sýrustig er lægra að jafnaði í Djúpá en í Skeiðará utan hlaupa.

TAFLA 8. Efnasamsetning vatns úr Skaftá, Hverfisfljóti og Gígjukvísl (mg/l).

| Staður                         | Skaftá              |                     | Hverfisfljót        |                     | Gígjukvísl          |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Dagsetning<br>Númer            | 89-07-21<br>89-9018 | 90-03-21<br>90-9018 | 90-10-24<br>90-9074 | 91-03-06<br>91-9012 | 91-06-21<br>91-9063 |
| Hiti (°C)                      | -                   | 0,6                 | -                   | -                   | -                   |
| Sýrustig (pH/°C)               | 7,76/23             | 7,64/23             | 7,64/24             | 7,60/24             | 8,65/26             |
| Kísill (SiO <sub>2</sub> )     | 26,2                | 18,0                | 10,6                | 11,2                | 8,2                 |
| Natríum (Na)                   | 11,6                | 9,9                 | 7,1                 | 8,4                 | 6,9                 |
| Kalíum (K)                     | 0,9                 | 0,6                 | 0,4                 | 0,4                 | 0,6                 |
| Kalsíum (Ca)                   | 16,1                | 6,7                 | 5,3                 | 4,8                 | 7,5                 |
| Magnesium (Mg)                 | 5,4                 | 2,6                 | 1,6                 | 1,6                 | 1,5                 |
| Karbónat (CO <sub>2</sub> )    | 102,7               | 29,3                | 23,2                | 20,1                | 27,5                |
| Súlfat (SO <sub>4</sub> )      | 11,3                | 6,6                 | 5,1                 | 4,3                 | 2,7                 |
| Brennist.v. (H <sub>2</sub> S) | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   |
| Klóríð (Cl)                    | 4,4                 | 7,8                 | 3,6                 | 7,1                 | 3,6                 |
| Flúoríð (F)                    | 0,17                | 0,13                | 0,12                | 0,11                | 0,09                |
| Járn (Fe)                      | 0,03                | -                   | -                   | -                   | 0,06                |
| Uppl. efni                     | 166                 | 36                  | 41                  | 46                  | 41                  |
| Brómíð (Br)                    | -                   | 0,02                | -                   | 0,02                | 0,01                |
| Nítrat (NO <sub>3</sub> )      | 0                   | 0                   | -                   | 0                   | 0,21                |

Tekin hafa verið örfá sýni úr öðrum ám á svæðinu: Skaftá, Hverfisfljóti og Gígjukvísl, á tímabilinu 1989-1991 og eru þau tekin saman í töflu 8. Fyrsta sýnið úr Skaftá hefur greinileg hlaupáhrif, sem fram koma einkum í hækkuðum styrk karbónats og sulfats, en einnig er styrkur kísils nokkru hærri en venjulega. Heildarstyrkur uppleystra efna í vatni þessara áa er mjög svipaður og í Djúpá og svo er einnig um einstök efni, en sýnin eru fá svo sveiflur sjást illa.

Niðurstöður þessara athugana á efnasamsetningu jökulvatna á þessu svæði sýna að þótt vatnið sé allajafna mjög efnasnaut þá eru miklar árstíðasveiflur í efnainnihaldi, sem tengjast vatnsmagni og bræðslu. Hlaupvatn í Skeiðará hefur tvö til þrefalt efnainnihald á við það sem mest gerist utan hlaupa og endurspeglar efnainnihaldið millibil hlaupa, jarðhitavirkni á hverjum tíma og kvikuáhrif. Rannsókn á vatninu er því vísindalega mjög áhugaverð og gefur mikilvægar upplýsingar um hegðun Grímsvatnakerfisins.

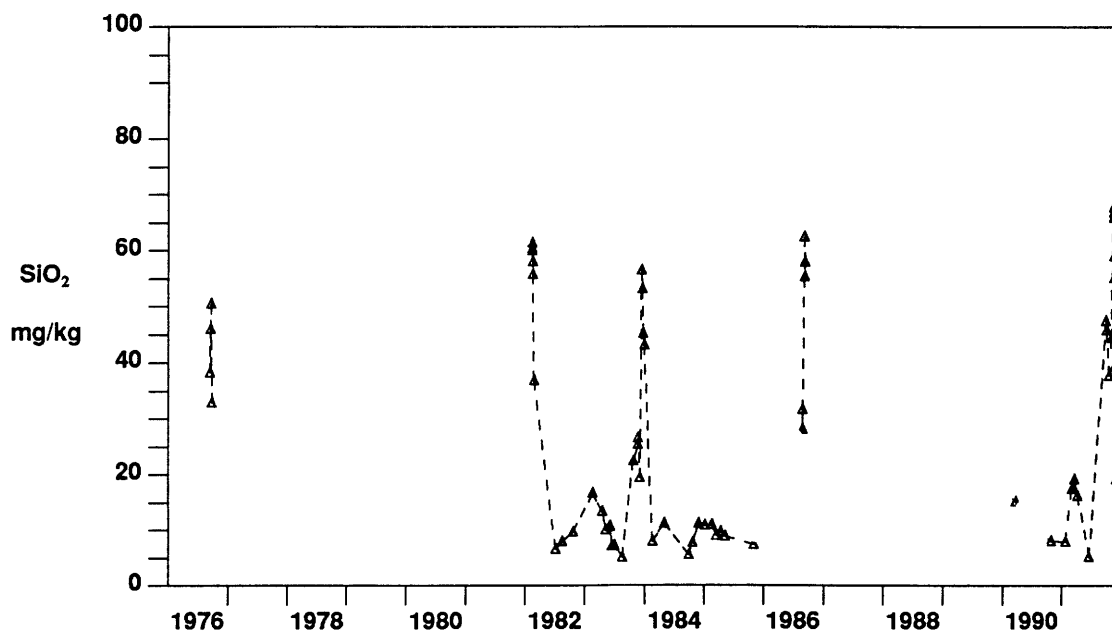
TAFLA 9. Styrkur uppleystra efna í hámarki Skeiðarhlaupa (mg/l)

| Hlaupár                | 1954" | 1965+ | 1972* | 1976 | 1982    | 1983    | 1986    | 1991    |
|------------------------|-------|-------|-------|------|---------|---------|---------|---------|
| Hiti (°C)              | -     | -     | -     | -    | -       | -       | -       | -       |
| Sýrustig (pH/°C)       | -     | 7,0/- | 7,5/- | -    | 6,02/22 | 6,45/21 | 6,26/24 | 6,35/19 |
| Kísil ( $SiO_2$ )      | 57,0  | 56,0  | 44,0  | 50,5 | 60,0    | 56,5    | 62,4    | 67,9    |
| Natríum (Na)           | -     | 63,5  | 89,0  | 43,0 | 53,1    | 50,3    | 52,7    | 58,1    |
| Kalíum (K)             | -     | 19,0  | 3,0   | 3,8  | 4,2     | 4,8     | 4,4     | 04,0    |
| Kalsíum (Ca)           | 60,9  | 59,5  | 28,0  | 45,6 | 50,4    | 38,9    | 43,2    | 53,3    |
| Magnesium (Mg)         | 15,6  | 10,4  | 10,0  | 9,9  | 10,8    | 11,8    | 10,7    | 12,3    |
| Karboínat ( $CO_2$ )   | -     | 680   | 480   | -    | 595     | 343     | 384     | 492     |
| Súlfat ( $SO_4$ )      | 18,1  | 38,7  | 13,0  | 23,5 | 19,2    | 48,8    | 38,4    | 21,5    |
| Brennist.v. ( $H_2S$ ) | 0     | -     | -     | -    | 0,3     | 0       | 0       | 0       |
| Klórið (Cl)            | 8,7   | 42,7  | 11,0  | 13,5 | 13,2    | 7,6     | 13,7    | 15,0    |
| Flúorið (F)            | 0,30  | 0,50  | -     | -    | 0,17    | 0,31    | 0,25    | 0,08    |
| Járn (Fe)              | -     | -     | -     | -    | -       | 4,4     | 2,3     | 2,4     |
| Uppleyst efni          | 388   | 416   | -     | -    | 369     | 359     | 352     | 395     |

" Gögn frá Sigurjóni Rist (1955)

+ Gögn frá Guðmundi Sigvaldasyni (1965)

\* Gögn frá Sigurði Steinþórssyni og Níels Óskarssyni (1983)

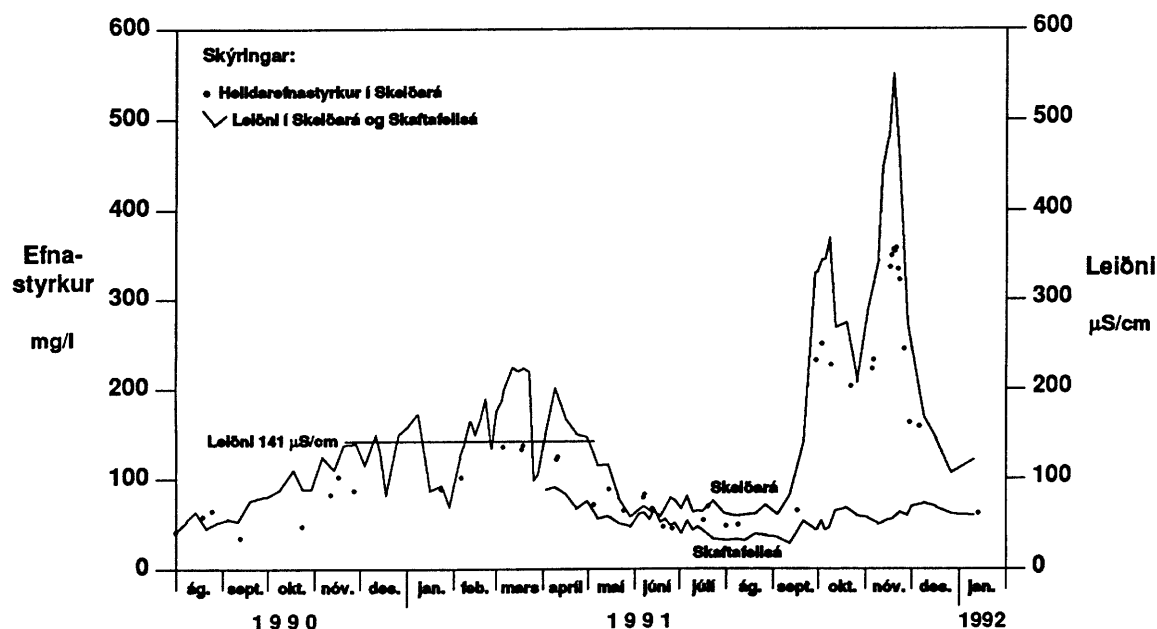


MYND 12. Styrkur kísils í Skeiðará.

### 5.3 Leiðnimælingar

Æskilegt er, að hægt sé að segja fyrir um hlaup með einhverjum fyrirvara. Nokkrar líkur hafa verið taldar á því, að efnastyrkur hækki í Skeiðará fyrir hlaup, en dýrt er og tímafrekt að taka hefðbundin sýni með stuttu millibili og mæla á rannsóknastofu. Því var ákveðið að taka upp mælingar á rafleiðni í vatni úr Skeiðará, en gott samband ætti að vera á milli styrks uppleystra efna og leiðni, en til leiðnimælinga þarf ekki rannsóknastofu. Því var Guðjón Þorsteinsson á Svínafelli í Örafum fenginn til að taka sýni úr ánni og mæla í þeim leiðni með mæli, sem Orkustofnun lagði til.

Guðjón hófst handa við sýnatöku úr Skeiðará 1. ágúst 1990, en frá því í aprílbyrjun 1991 tók hann einnig sýni úr Skaftafellsá til samanburðar. Sýnin tók hann lengst af einu sinni í viku, en stöku sinnum oft, þegar greinilegrar hækkunar hafði orðið vart á leiðni og/eða efnastyrk. Guðjón hagaði mælingunum þannig, að hann mældi leiðnina daginn eftir, að hann tók sýnið. Í millitíðinni hafði sýnið verið geymt við stofuhita, svo að hitastigið yrði stöðugt og mestur hluti aursins hefði sest til, þegar mælingin var gerð.

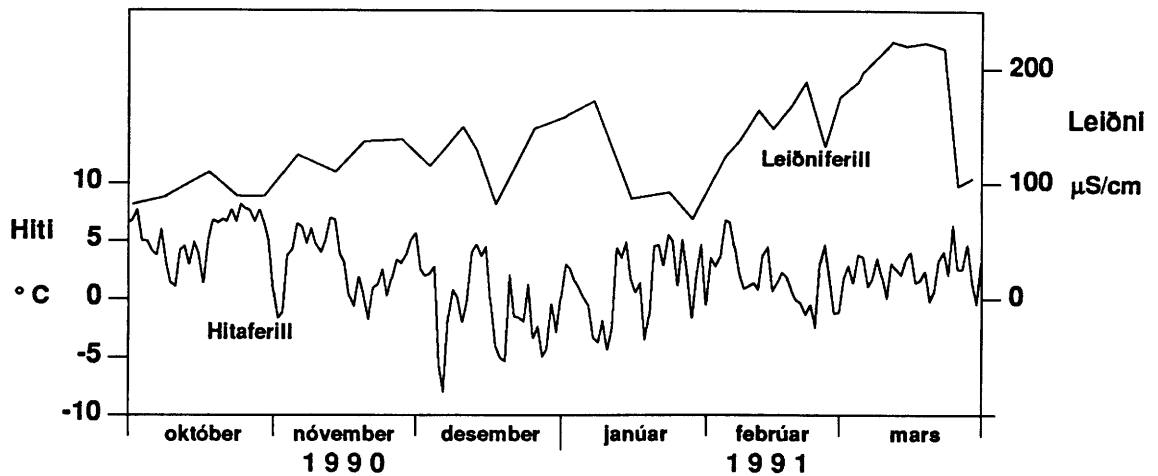


MYND 13. Styrkur uppleystra efna í Skeiðará og leiðni í Skeiðará og Skaftafellsá.

Á mynd 13 eru línurit með niðurstöðum leiðnimælinga Guðjóns í Skeiðará og Skaftafellsá. Ennfremur er þar til samanburðar sýndur með punktum heildarefnastyrkur í sýnum úr Skeiðará.

Á línuritinu yfir leiðni í Skaftafellsá eru sveiflur litlar, en leiðnin er greinilega lægst um hásumarið, þegar jökulleysing er í hámarki. Að vísu skortir nokkuð á, að mælingar nái yfir heilt ár, seinni hluta vetrar vantar.

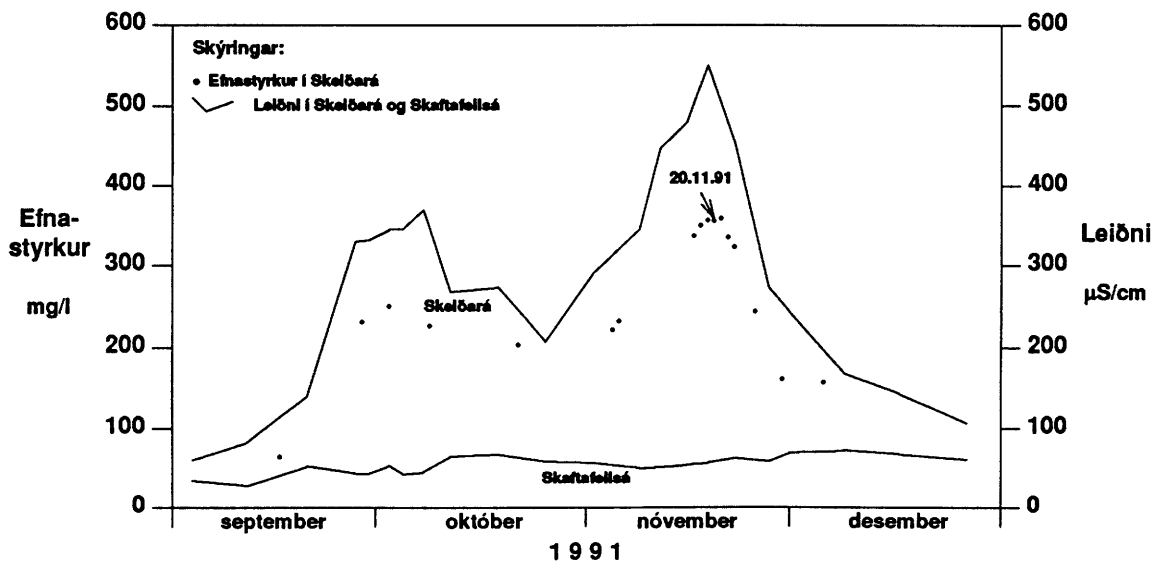
Í Skeiðará eru miklu meiri sveiflur. Hlaupið 1991 er eðlilega sú sveifla, sem er mest áberandi og er mjög greinilega tvítoppa. Miklar sveiflur hafa orðið veturinn 1990 til 1991 og náði leiðnin hámarki í mars. Ef litið er framhjá niðursveiflunum yfir veturinn, væri leiðniferillinn há, ósamhverf banga með hámarki í mars. Beint liggur við að álsta, að niðursveiflurnar á þessum árstíma séu "truflanir" af völdum leysinga á tiltölulega reglulegu ferli, aðstreymi háhitavatns. Til að skoða þetta nánar er leiðniferill Skeiðarár í október 1990 til mars 1991 borinn saman við feril yfir meðalhita sólarhrings á Kirkjubæjarklaustri á sama tíma, sjá mynd 14. Hitatölurnar eru fengnar úr Veðráttunni.



MYND 14. Leiðni í Skeiðará og lofthiti á Kirkjubæjarklaustri.

Við samanburð þessara tveggja ferla á mynd 14 verður að hafa í huga, að hitaferillinn er byggður upp af daglegum meðaltölum, en leiðniferillinn nær eingöngu af vikulegum mælingum. Þess vegna er þess ekki að vænta, að á þessum leiðniferli sjáist samsvaranir við nærri allar sveiflur á hitaferlinum. Hins vegar má finna á hitaferlinum samsvaranir til hækkunar við allar lækkanir á leiðniferlinum.

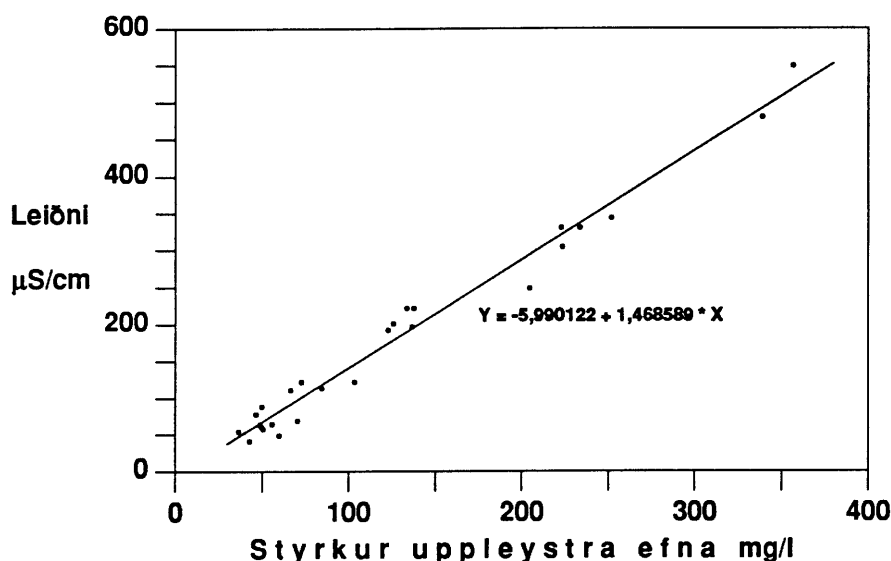
Þessi athugun staðfestir þá tilgátu, sem sett var fram hér að framan, að niðursveiflurnar í annars reglulegri bungu á leiðniferlinum að vetrinum stafi af "truflunum" af völdum hækkaðs lofthita og þar með leysinga, en í leysingavatni er lágur efnastyrkur og þar með leiðni.



MYND 15. Efnastyrkur í Skeiðará og leiðni í Skeiðará og Skaftafellsá á hlaup tímanum.

Til þess að átta sig betur á breytingum á leiðni og efnastyrk á hlaup tímanum eru á mynd 15 sýndir ferlar yfir leiðni í Skeiðará og Skaftafellsá ásamt heildarefnastyrk í sýnum úr Skeiðará á tímabilinu september til desember 1991. Hér er einfaldlega tekinn sá hluti myndar 13, sem nær yfir hlaup tímann eða rúmlega það og tímaskalinn stækkaður til þess að sveiflurnar sjáist betur. Samkvæmt leiðniferli Skeiðarár hefur áhrifa háhitavatns gætt minnst í lok október, báðar hlaupgusurnar hafa staðið í álfka langan tíma, en fyrri leiðnitoppurinn er tiltölulega flatur. Það er í

nokkru ósamræmi við lögun fyrri rennslitoppisins á mynd 3. Annað ósamræmi milli rennslis- og leiðniferlanna er það, að hámarksleiðnin í fyrri toppnum mældist 8. október, þegar rennslíð var komið næstum því niður í helming þess, sem það mældist fimm dögum fyrr, þegar fyrri hlaupgusan var í hámarki. Hins vegar má benda á mjög góða samsvörum milli stallsins í rennslisferlinum, 20. nóvember, daginn áður en rennslíð í hlaupinu náði hámarki, og breytinga á efnastyrk á þeim tíma. Á mynd 15 er vísað með ör á punktinn yfir efnastyrk þann dag.



MYND 16. Samband uppleystra efna og leiðni í Skeiðará.

Á mynd 16 er sýnt sambandið milli styrks uppleystra efna og leiðni í Skeiðará á tímabilinu ágúst 1990 til janúar 1992. Hafa ber í huga, að stundum hafa liðið nokkrir klukkutímar á milli þess, að sýni til leiðnimælinga og mælinga á efnastyrk hafa verið tekin, en það dregur úr nákvæmni sam-  
anburðarins. Mæligildi, sem líklegt er, að hafi verið gölluð vegna lélegs aðskilnaðar leirs og uppleystra efna eru ekki tekin með.

Sambandið er allgott, og var reiknuð jafna línu fyrir það. Samkvæmt þeirri jöfnu svara 100 mg/l af uppleystum efnum til leiðninnar 141 µS/cm. Lína með því gildi er dregin á mynd 10 hér að framan til þess að sýna, að verulegan hluta vetrarins 1990 - 1991 mældust leiðnigildi, sem sam-  
svara heildarefnastyrk 100 mg/l eða hærri, en það er sú viðmiðun, sem hér hefur verið miðað við, þegar um óvenjumikla sblöndun háhitavatns gæti verið að ræða.

Leiðni (og þar með heildarefnastyrkur) í Skeiðará á milli hlaupa breytist þannig eftir árstíðum, að hún er tiltölulega lág að sumrinu, en fer hækkandi, þegar líður á haustið og nær hámarki síðla vetrar, en lækkar ört að vorinu. Hækkun lofthita að vetrinum veldur lækkun á leiðni. Varðandi þann möguleika að sjá hlaup fyrir út frá þessum mælingum vísast til kaflans um efnastyrk hér að framan.



## 6. HEIMILDIR

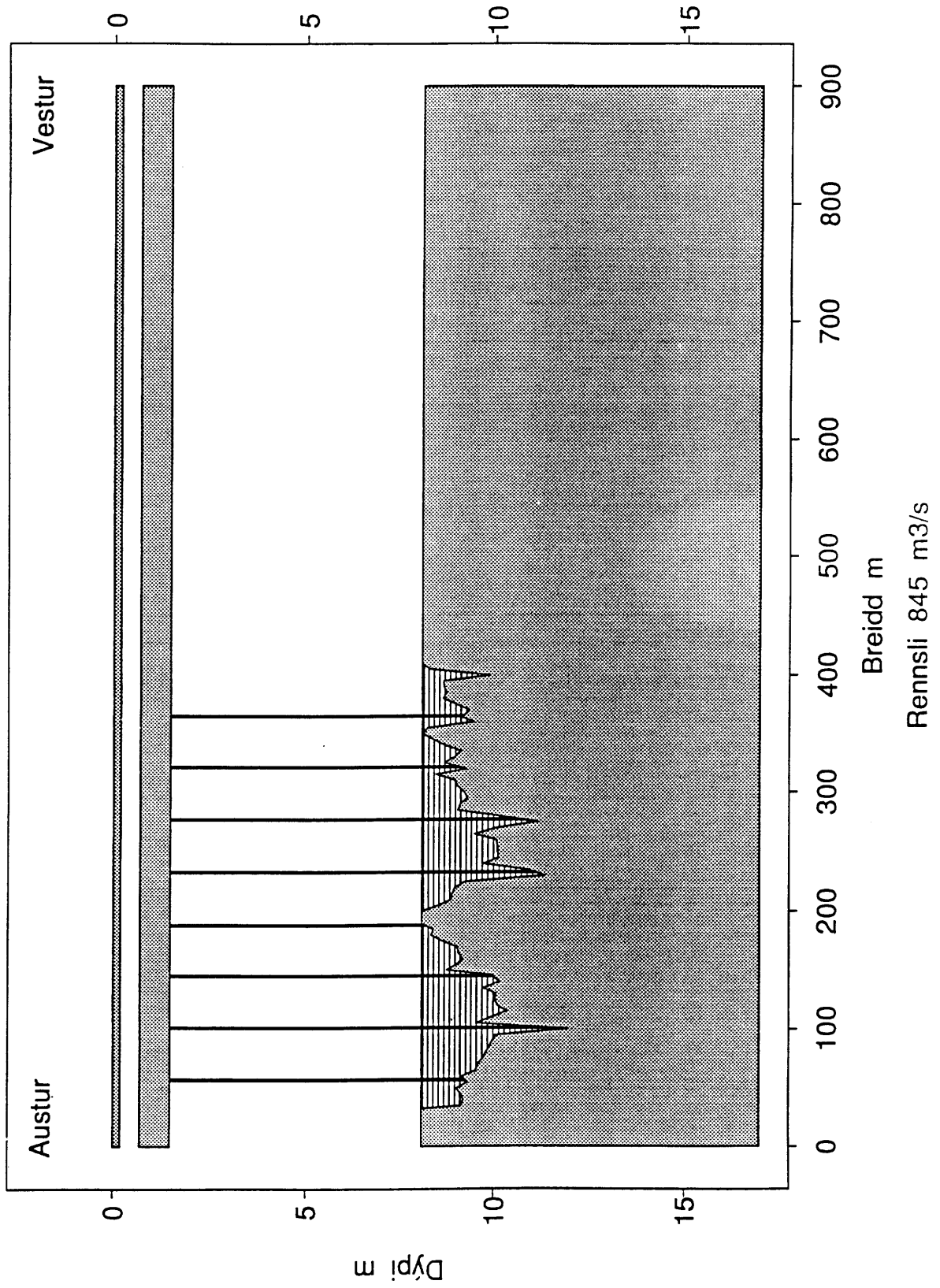
- Bjarni Kristinsson, Snorri Zóphónfásson, Svanur Pálsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1986. *Hlaup á Skeiðarársandi 1986*. Orkustofnun OS-86080/VOD-23 B, (39) s.
- Guðmundur E. Sigvaldason 1965. The Grímsvötn thermal area. Chemical analysis of jökulhlaup water. *Jökull 15*: 125-128.
- Haukur Tómasson, Hrefna Kristmannsdóttir, Svanur Pálsson og Páll Ingólfsson 1974. *Efnisflutningar í Skeiðarárhlaupi 1972*. Orkustofnun OS-ROD-7407, (20) s.
- Haukur Tómasson, Sigurjón Rist, Svanur Pálsson og Hrefna Kristmannsdóttir 1985. *Skeiðarárhlaup 1983, rennsli, aurburður og efnainnihald*. Orkustofnun, OS-85041/VOD-18 B, 27 bls.
- Helgi Björnsson 1988. *Hydrology of Ice Caps in Volcanic Regions*. Vísindafélag Íslendinga Rit XLV. 139 s.
- Magnús Tumi Guðmundsson 1991. Athuganir í Grímsvötnum vegna Skeiðarárhlaups. *Fréttabréf Jöklarannsóknafélags Íslands*. 36: 4-6.
- Sigurður Steinþórsson og Níels Óskarsson 1983. Chemical monitoring of jökulhlaup water in Skeiðará and the geothermal system in Grímsvötn, Iceland. *Jökull 33*: 73-86.
- Sigurjón Rist 1955. Skeiðarárhlaup 1954. *Jökull, 5*: 30-36.
- Sigurjón Rist 1976. Grímsvatnahlaupið 1976. *Jökull 26*:80-90.
- Svanur Pálsson og Elsa G. Vilmundardóttir 1983. *Bergflokkun og eðlismassi aurs*. Orkustofnun, OS-83016/VOD-O1, 73 s.
- Svanur Pálsson og Guðmundur H. Vigfússon 1991. *Niðurstöður svifaursmælinga 1963-1990*. Orkustofnun, OS-91017/VOD-03 B, 151 s.
- Veðráttan*, nóvember 1990 - mars 1991. Veðurstofa Íslands.

## **VIÐAUKI**

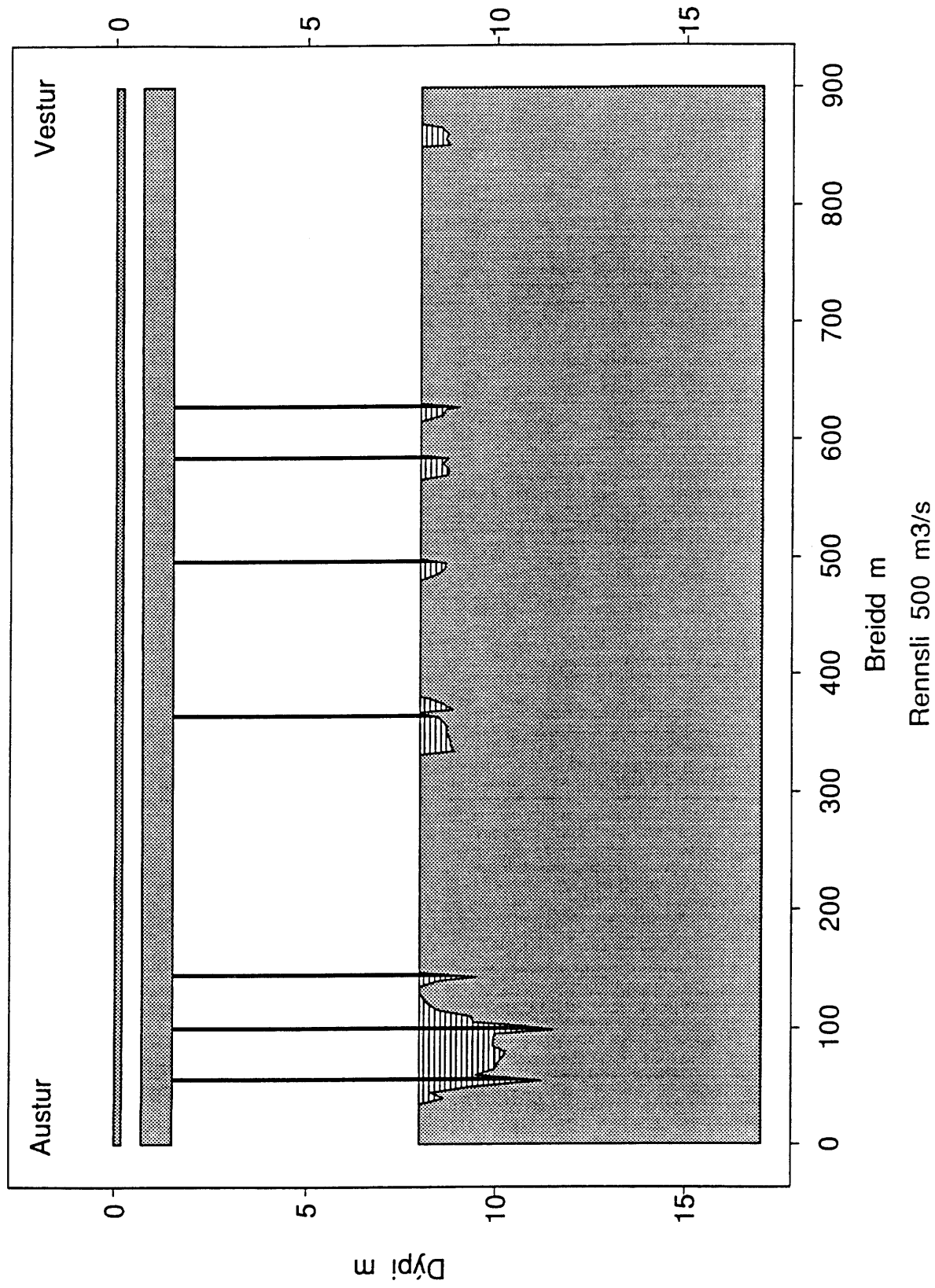
**Dýptarmælingar í Skeiðará**

**í hlaupinu 1991**

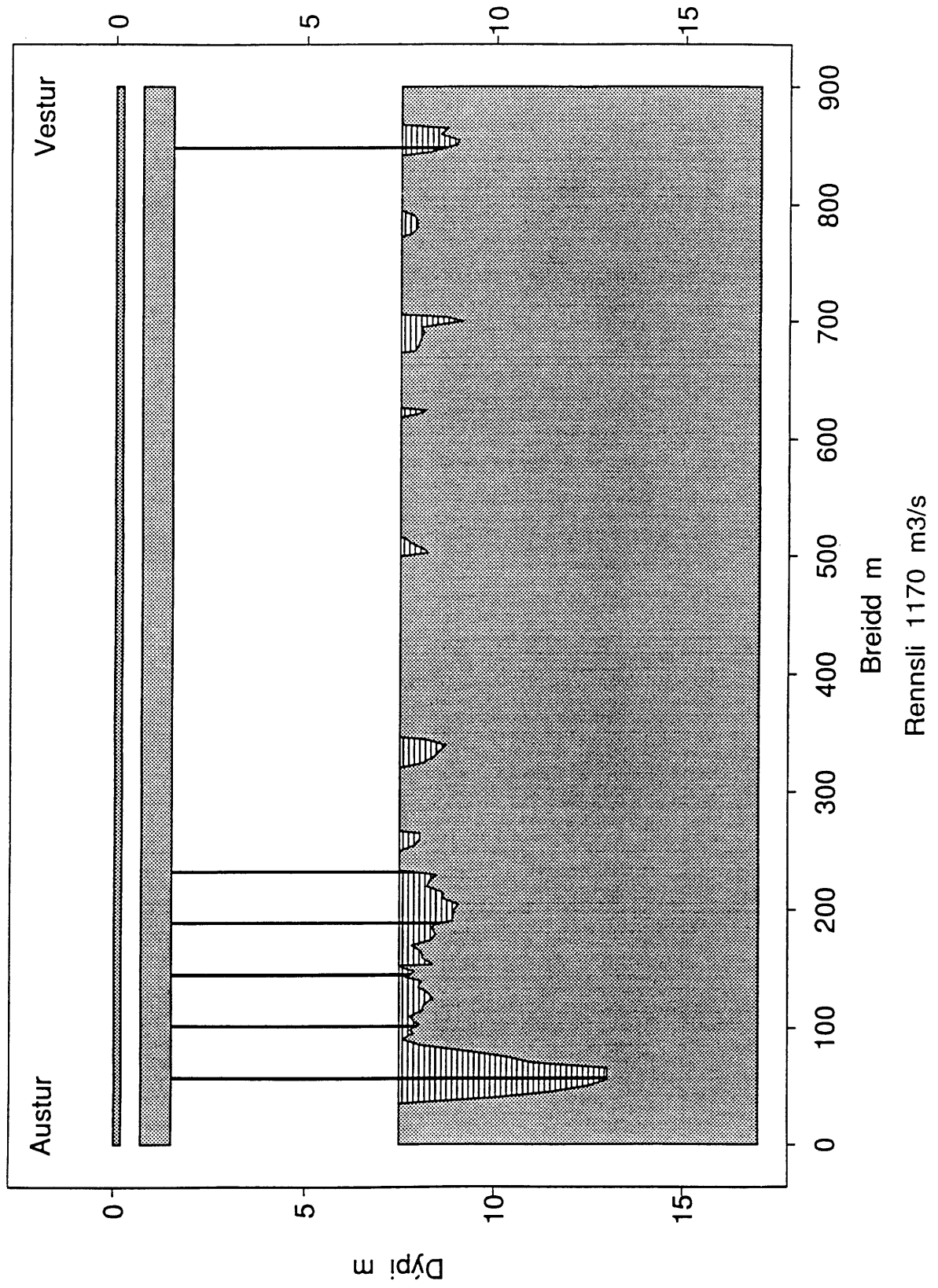
# Skeiðará 1991.08.09 kl.17:48



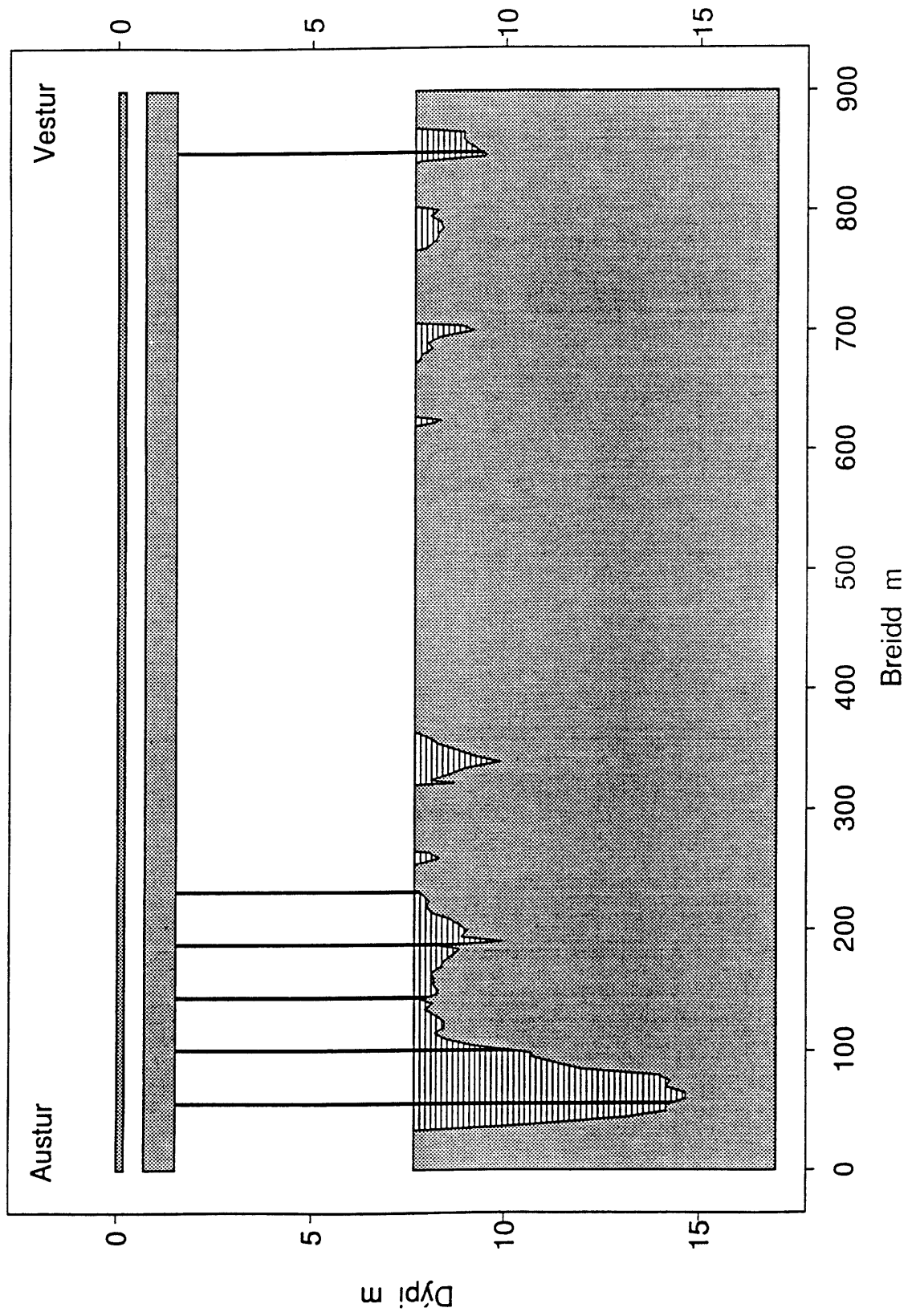
# Skeiðará 1991.10.03 kl.15:20



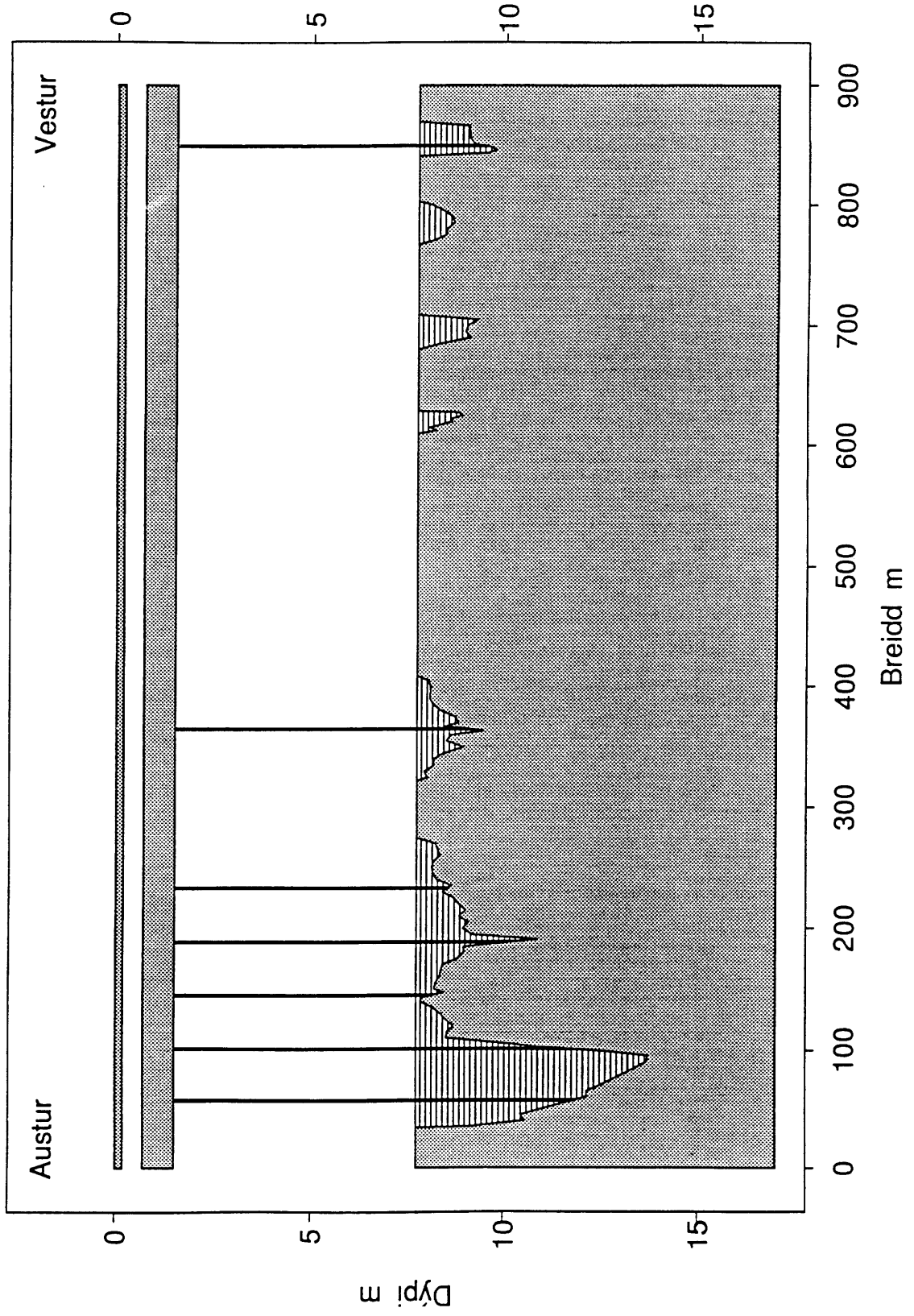
# Skeiðará 1991.11.18 kl.12:00



# Skeiðará 1991.11.19 kl.10:40

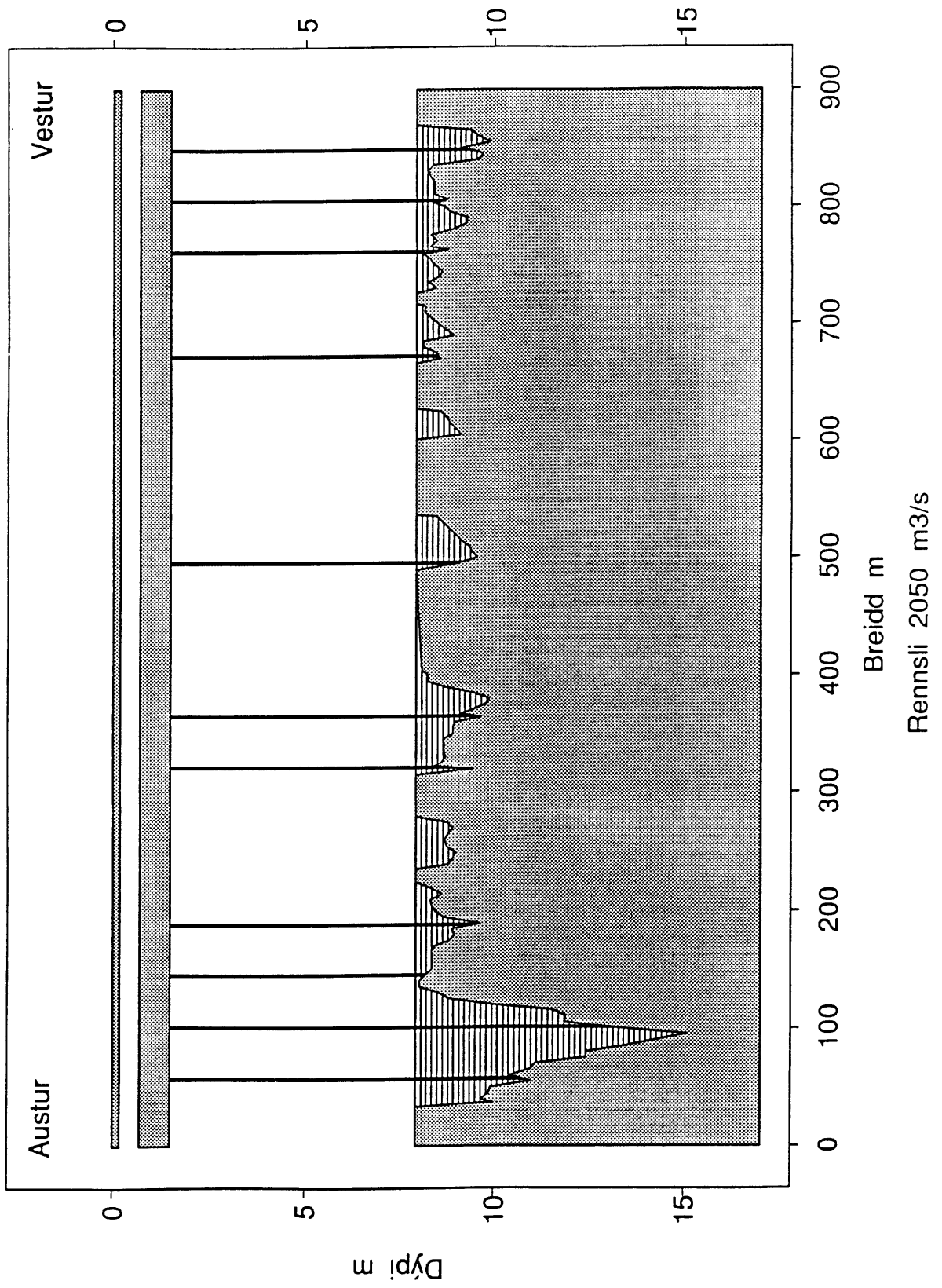


# Skeiðará 1991.11.20 kl.10:30



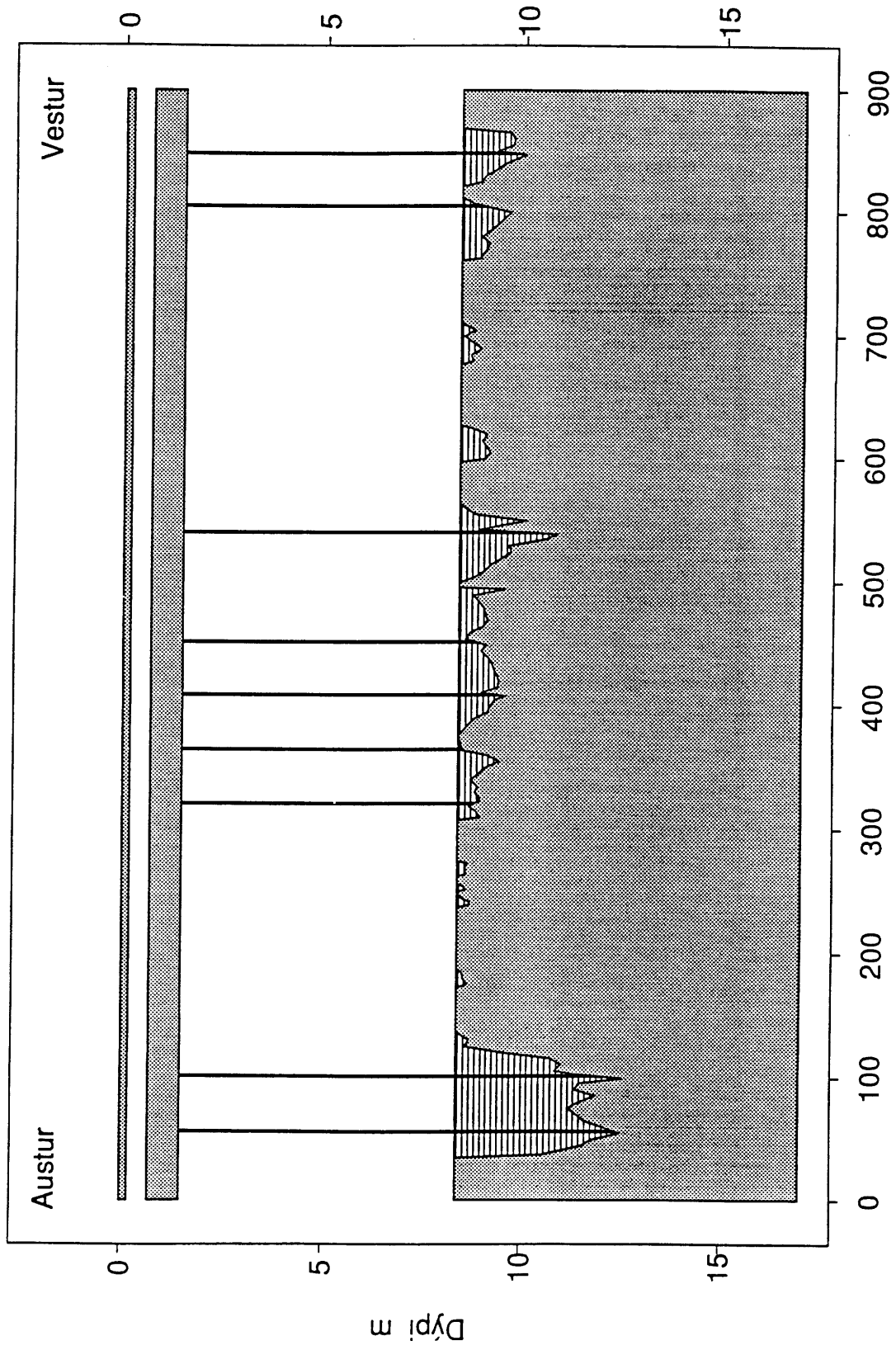
Rennslí 1790 m<sup>3</sup>/s

# Skeiðará 1991.11.21 kl.10:15





# Skeiðará 1991.11.22 kl.10:40



Rennslí 1340 m<sup>3</sup>/s

# Skeiðará 1991.11.23 kl. 10:50

