

ORKUSTOFNUN

RANNSÓKNASVIÐ - Reykjavík, Akureyri

Hitaveita Seltjarnarness

Vinnslueftirlit 1999 - 2000

**Vigdís Harðardóttir
Helga Tulinius
Hrefna Kristmannsdóttir**

Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness

2000

OS-2000/088



ORKUSTOFNUN
Rannsóknasvið

Verknr. 8-610111

Vigdís Harðardóttir
Helga Tulinius
Hrefna Kristmannsdóttir

Hitaveita Seltjarnarness

Vinnslueftirlit 1999-2000

Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness

OS-2000/088

Febrúar 2001

ORKUSTOFNUN - RANNSÓKNASVIÐ

Reykjavík: Grensásvegi 9, 108 Rvk. - Sími 569 6000 - Fax 568 8896

Akureyri: Háskólanum á Akureyri, Sólborg v. Norðurslóð, 600 Ak.

Sími 463 0957 - Fax 463 0999

Netfang: os@os.is - Veffang: <http://www.os.is>



| | | |
|--|--|---|
| Skýrsla nr: OS-2000/088 | Dags: Febrúar 2001 | Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til |
| Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: HITAVEITA SELTJARNARNESS Vinnslueftirlit 1999-2000 | Upplag: 30 | |
| | Fjöldi síðna: 22 | |
| Höfundar: Vigdís Harðardóttir, Helga Tulinius, Hrefna Kristmannsdóttir | Verkefnisstjóri: Hrefna Kristmannsdóttir | |
| Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit | Verknúmer: 8-610111 | |
| Unnið fyrir: Hitaveita Seltjarnarness | | |
| Samvinnuaðilar: | | |
| Útdráttur: Gerð er grein fyrir eftirliti með efnasamsetningu vatns úr vinnsluholum á jarðhitasvæðinu á Seltjarnarnesi, og gefið yfirlit um vatnsvinnslu hitaveitunnar og vatnsborðsmælingar á tímabilinu des. '99 til des. '00. Hitastig og rennsli úr holum, sem hægt er að mæla, er skráð sjálfvirkt og vatnsborð ýmist sjálfvirkt eða handvirkt. Í júní 2000 voru tekin sýni til heildarefnagreininga úr holum SN-04 og SN-12. Leiðni vinnsluvatnsins er mæld reglulega, sem mælikvarði á seltu. Hitastig vatns var einungis mælt í tveimur holum, SN-04 og SN-12, og er það svipað og áður. Selta, kísilstyrkur og önnur efnasamsetning vinnsluvatns sveiflast í takt við vinnsluna, mismunandi eftir holum. Í heilsýninu frá í júní var seltan mjög há enda vatnsstaðan með lægsta móti. Ekki hefur orðið vart neinna langtímbreytinga í efnasamsetningu, enda veldur nýting lítilli áraun á svæðið. Vatnið er yfirmettað af kalki en minna nú en oft áður. Vatnsvinnsla árið 2000 var lítið eitt minni en á fyrra ári og vatnsborð hefur hækkað örlítið. Meðalvatnsborð holu SN-02 hefur verið nær stöðugt frá 1990. Vatnsborð í SN-12 fylgir heildardælingu jafnframt vinnslu og er hátt yfir sumarmánuðina þrátt fyrir mikla dælingu úr holunni. | | |
| Lykilorð: Seltjarnarnes, hitaveita, eftirlit, vinnsla, vatnsborð, hiti, efnastyrkur, útfellingar | ISBN-númer: | |
| | Undirskrift verkefnisstjóra: | |
| | Yfirfarið af: HK, PI | |

EFNISYFIRLIT

| | |
|---|----|
| 1. INNGANGUR..... | 4 |
| 2. EFNAEFTIRLIT | 4 |
| 3. ÚTFELLINGARHÆTTA | 12 |
| 4. VINNSLUGÖGN | 14 |
| 4.1. Vinnsla..... | 14 |
| 4.2. Vatnshiti | 14 |
| 4.3 . Vatnsborð | 14 |
| 5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR..... | 14 |
| 6. HEIMILDIR | 14 |
| | |
| Tafla 1. <i>Efnasamsetning vatns úr holu SN-04.</i> | 5 |
| Tafla 2. <i>Efnasamsetning vatns úr holu SN-12.</i> | 8 |
| Tafla 3. <i>Mælingar á leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vatns úr holu SN-04.</i> | 10 |
| Tafla 4. <i>Mælingar á leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vatns úr holu SN-12.</i> | 11 |
| Tafla 5. <i>Mælingar á leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vatns úr holu SN-05.</i> | 11 |
| Tafla 6. <i>Mælingar á leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vatns úr holu SN-06.</i> | 12 |
| Tafla 7. <i>Vatnsvinnsla úr holum á Seltjarnarnesi tímabilið 1. des. 2000 – 14. des. 2001.</i> | 14 |
| Tafla 8. <i>Mánaðarmeðaltal heildarrennslis (l/s) áranna 1994 til 2000. Engin gögn eru til fyrir árið 1995.</i> | 14 |
| | |
| Mynd 1. <i>Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-04.</i> | 7 |
| Mynd 2. <i>Breytingar í styrk klóríðs með tíma, hola SN-04.</i> | 7 |
| Mynd 3. <i>Breytingar í styrk kísils með tíma, hola SN-04.</i> | 7 |
| Mynd 4. <i>Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-12.</i> | 9 |
| Mynd 5. <i>Breytingar í styrk klóríðs með tíma, hola SN-12.</i> | 9 |
| Mynd 6. <i>Breytingar í styrk kísils með tíma, hola SN-12.</i> | 9 |
| Mynd 7. <i>Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-05.</i> | 10 |
| Mynd 8. <i>Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-06.</i> | 10 |
| Mynd 9. <i>Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-04.</i> | 13 |
| Mynd 10. <i>Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-12.</i> | 13 |

| | |
|---|----|
| Mynd 11. <i>Rennsli úr vinnsluholum á Seltjarnarnesi árið 2000.</i> | 14 |
| Mynd 12. <i>Heildarrennsli úr holum á Seltjarnarnesi.</i> | 14 |
| Mynd 13. <i>Hiti í holum SN-04 og SN-12</i> | 14 |
| Mynd 14. <i>Vatnsborð í holum SN-01, SN-02 og SN-03.</i> | 14 |
| Mynd 15. <i>Vatnsborð í holum SN-05 og SN-12.</i> | 14 |

1. INNGANGUR

Í skýrslunni eru teknar saman niðurstöður vinnslueftirlits með jarðhitasvæðinu á Seltjarnarnesi, samkvæmt samningi Hitaveitu Seltjarnarness og Orkustofnunar nr. 626011-1987. Teknar hafa verið saman skýrslur um sambærilegt eftirlit frá árinu 1988 (Hrefna Kristmannsdóttir og Þorsteinn Thorsteinsson 1988; Þorsteinn Thorsteinsson og Magnús Ólafsson 1989; Auður Ingmarsdóttir 1990; Hrefna Kristmannsdóttir o. fl. 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 1999). Hér er safnað saman niðurstöðum efnaeftirlits og gefið yfirlit yfir vatnsvinnslu og vatnsborðsmælingar á tímabilinu desember 1999 til desember 2000.

Efnaeftirlit hjá Hitaveitu Seltjarnarness er umfangsmeira heldur en gengur og gerist hjá hitaveitum af sambærilegri stærð. Það stafar einkum af því hversu salt vatnið er og hversu örar efnabreytingar hafa verið á samsetningu þess. Því er ekki nægjanlegt að fylgjast með einni vinnsluholu, þar sem holurnar fá vatn úr misheitum og missöltum vatnskerfum. Talsvert hefur borið á yfirmettun kalks í vatninu og vegna rekstraröryggis þarf því að hafa gott eftirlit með þeim þætti svo unnt sé að bregðast strax við með viðeigandi aðgerðum ef á þarf að halda. Selta vatnsins hefur aukist með tíma og jafnframt hafa orðið aðrar breytingar á efnasamsetningu, sem geta haft áhrif á vinnslueiginleika vatnsins. Há selta örvar öll efnahvörf og því þarf að hafa vakandi auga fyrir hugsanlegri súrefnisupptöku og útfellingahættu. Efnasamsetning vatnsins gerir það ónothæft til beinnar nýtingar í ofnakerfi en vatnið tærir ekki stálleiðslur verulega. Eins og hitaveitu-kerfið á Seltjarnarnesi er uppbyggt og rekið ætti þó ekki að vera mikil hætta á að rekstrarvandamál komi óvænt upp.

Skráning vinnslugagna var alfarið á hendi hitaveitunnar, en sjálfvirkt gagnaskráningar-kerfi Orkustofnunar hefur ekki verið virkt á undanförunum árum.

Á árinu 1999 var byrjað að vinna úr gögnum frá borunum síðustu tveggja vinnsluholna og gerð um það áfangaskýrsla (Vigdís Harðardóttir og Hrefna Kristmannsdóttir 1999). Það verk er langt komið og lýkur sennilega í febrúar 2001.

Á þessu ári verður fram haldið gerð þrívíðs líkans af jarðhitasvæðinu á Seltjarnarnesi og verður það verk unnið af verkfræðistofunni Vatnaskil sf. í samvinnu við Orkustofnun. Tilgangur líkangerðarinnar og annarra vinnslurannsóknna er að tryggja sem hagkvæmasta og sjálfbæra nýtingu jarðhitasvæðisins í framtíðinni.

2. EFNAEFTIRLIT

Sýni til heildarefnagreiningar voru tekin í júní 2000 úr holum SN-04 og SN-12. Niðurstöður þessara greininga er að finna í töflum 1 og 2. Auk heildarefnagreininga úr þessum holum taka starfsmenn hitaveitunnar reglulega sýni til leiðnimælinga og er niðurstöður þeirra að finna í töflum 3 og 4. Til hægðarauka eru mælingar á leiðni-, klóríði- og kísil úr holum SN-04 og SN-12 sýndar á myndum 1, 2, 3, 4, 5 og 6.

Eins og sjá má í töflu 1. er verulegur munur á efnasamsetningu vatns úr holu 4 frá árinu 2000 borið saman við eldri greiningar.

Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu SN-04.

| Sýnanúmer | 19950077 | 19960529 | 19970681 | 19980597 | 19990127 ¹ | 20000204 |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------------------|-----------|
| Dagsetning | 95-05-09 | 96-11-28 | 97-11-10 | 98-11-26 | 99-04-29 | 00-06-22 |
| Hitastig °C | 107,2 | 96,8 | 96,7 | 98,4 | 84,3 | 87 |
| pH/°C | 8,5/24 | 8,3/21 | 8,2/22 | 8,3/19 | 8,09/21,9 | 8,25/23,1 |
| Heildar karbónat(CO ₂) | 7,9 | 13,0 | 14,8 | 8,4 | 6,96 | 7,79 |
| Brennisteinsvetni (H ₂ S) | 0,09 | 0,12 | 0,08 | 0,13 | 0,04 | 0,11 |
| Bór (B) mg/l | 0,22 | 0,25 | 0,25 | 0,23 | 0,32 | 0,25 |
| Leiðni µS/cm | 5150 | - | 5270 | 4370 | 7470 | 5770 |
| Kísill (SiO ₂) mg/l | 97,7 | 108,7 | 102,0 | 112,9 | 93,8 | 102,2 |
| Heildar uppl. mg/l | 3598 | 3445 | 3100 | 2966 | 4980 | 3890 |
| Súrefni O ₂ mg/l | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Natríum(Na) mg/l | 633 | 633 | 668 | 622 | 842 | 704 |
| Kalíum (K) mg/l | 16,5 | 13,2 | 13,2 | 14,3 | 15,7 | 13,6 |
| Magnesium Mg mg/l | 0,22 | 0,70 | 1,09 | 0,73 | 2,07 | 1,10 |
| Kalsíum (Ca) mg/l | 549 | 466 | 472 | 461 | 686 | 552 |
| Flúoríð (F) mg/l | 0,62 | 0,60 | 0,55 | 0,58 | 0,49 | 0,53 |
| Klóríð (Cl) mg/l | 1691 | 1625 | 1774 | 1510 | 2362 | 1780 |
| Brómíð (Br) mg/l | - | 5,4 | - | 5,2 | - | - |
| Súlfat (SO ₄) mg/l | 292 | 276 | 205 | 276 | 343 | 293 |
| Ál (Al) mg/l | 0,021 | 0,011 | 0,009 | 0,009 | 0,008 | 0,015 |
| Járn (Fe) mg/l | 0,0083 | 0,007 | 0,010 | 0,0078 | 0,014 | 0,0079 |
| Mangan (Mn) mg/l | 0,007 | 0,011 | 0,012 | 0,0185 | 0,0283 | 0,0143 |
| δD ‰ | - | -71,3 | -73,1 | -71,6 | 73,1 | -71,8 |
| δ18O ‰ | -10,50 | -10,40 | -10,27 | -10,44 | -10,16 | -10,32 |
| Kalsedónhiti °C ² | 106 | 114 | 110 | 117 | 105 | 110 |

- ekki mælt ¹ Sýni tekið u.þ.b. 2½ klst. eftir að dæling hófst. ² Fournier, 1977.

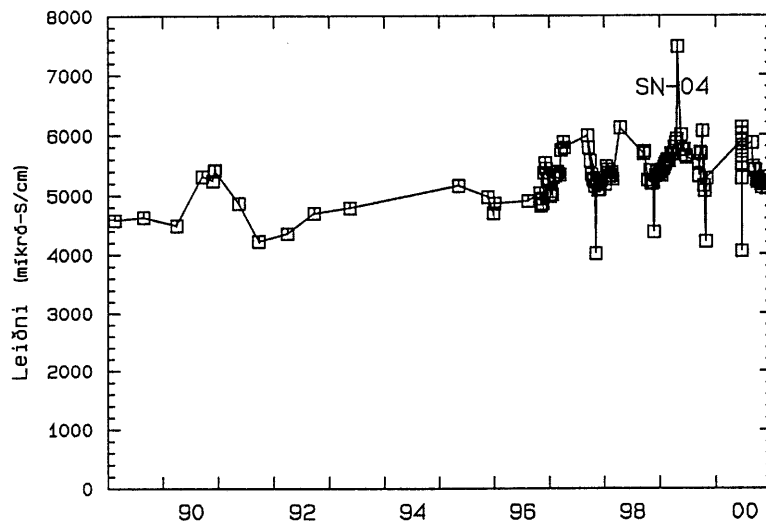
Eins og kemur fram í skýrslu frá fyrra ári var sýni til heildargreiningar úr holu 4 tekið örstuttu eftir að dæling hófst, og það eitt gat skýrt verulega breytingar á efnasamsetningu vatns í holunni samanboreð við eldri greiningar (Hrefna Kristmannsdóttir og fl. 1999). Sé sýni frá 1999 sleppt og sýni frá 2000 borið saman við hin eldri má sjá að sýnið erfremur salt, sem kemur einkum fram í háum styrk klóríðs, natríums og kalsíums. Styrkur kísils er í meðallagi miðað við undanfarinn ár, svo og reiknaður kísilhiti, þrátt fyrir lágt mælt hitastig við sýnatöku. Sýni til leiðnimælinga voru tekin nokkuð ört 20., 21. og 22. júní og 9., 10. og 11 september, er verið var að setja holuna í gang eftir hlé og eru þær niðurstöður sýndar í töflu 3 og á mynd 1. Mjög miklar sveiflur koma fram í júnísýnunum eftir margra mánaða hvíld holunnar. Á fyrstu

klukkustundunum lækkar leiðnin ört og fer í 4050 $\mu\text{S}/\text{cm}$ og hækkar svo á næsta sólarhring í 6120 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Eftir það lækkar leiðnin aftur hægt. Sveiflur eru mun minni í septembersýnunum.

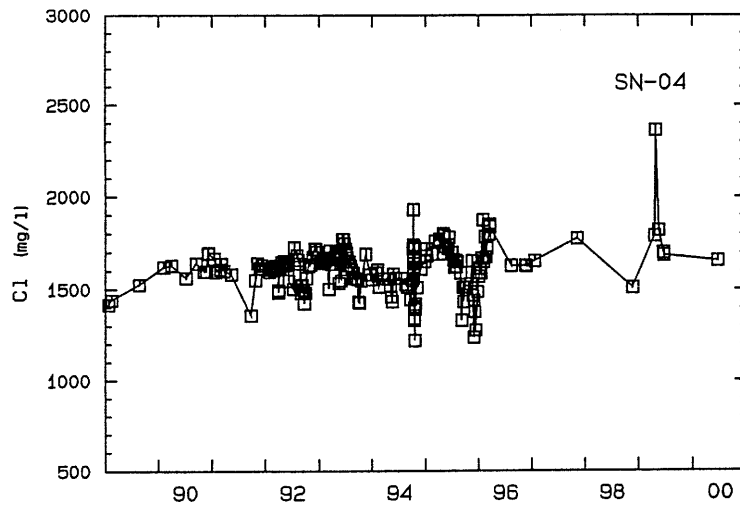
Í upphafi dælingar er holan full af vatni sem lekið hefur í hana úr aðveitunni meðan hún var ónotuð og fer það eftir lengd stopps hve langa tíma það tekur að hreinsa út. Síðan virðist í SN-04 oft koma mjög salt vatn úr efstu æðum, eins og fram kom í sýninu frá 1999. Í júnisýnunum kemur hins vegar fyrst mun ósaltara vatn og síðan talsvert mikið salt. Þessar sveiflur stafa eflaust af mismikilli dælingu, sem ræður hlutfalli heita saltminna vatnsins úr neðri æðum holunnar og kaldara salta vatnsins í efri æðum hennar. Eins og fram hefur komið í eldri skýrslum þá gjörbreyttist hola SN-04 við borun SN-12, bæði hvað hitastig og efnabreytingar varðar, og var það skýrt með því að þrýstingur neðri æða hefði lækkað.

Í dag er leiðni mæld í stað þess að mæla klóríð, þar sem leiðnimælingarnar eru ódýrari, og eru þær notaðar sem mælikvarði á styrk klóríð. Sjá má á að sveiflurnar í styrk leiðni (mynd 1) og klóríðs (mynd 2) eru eins og áður á árum og greinilegt að sveiflur í styrk efna ráðast fyrst og fremst af dælingu úr holunni. Mynd 3 sýnir styrk kísils með tíma og þó að kísill sé ekki eins oft greindur er auðsjáanlegt að sveiflur í styrk hans fara eftir nýtingu úr holunni. Þar sem snúverandi nýting reynir ekki verulega á svæðið (Kristmannsdóttir og Tulinius 2000) væri óeðlilegt að verulegar langtíma breytingar ættu sér stað í efnasamsetningu.

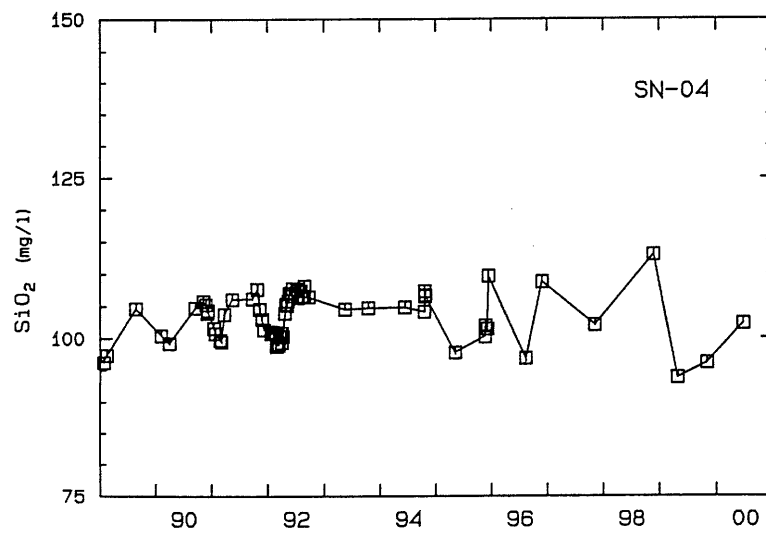
Niðurstöður heildarefnagreiningar sýnis úr holu SN-12 eru sýndar í töflu 2 ásamt eldri greiningum. Myndir 4, 5 og 6 sýna leiðnimælingar, styrk klóríðs og kísils á móti tíma. Einhverjar sveiflur eru greinilegar á milli ára í styrk efna í holu SN-12, en eins og úr holu 4 er selta vatnsins í hærra lagi, og þar sem heilsýnin eru tekin í sumar byrjun eftir mikla vetrardælingu og lægstu vatnsstöðu ársins er það ekki óeðlilegt. Leiðnimælingarnar sýna mjög reglulegar sveiflur (tafla 4, mynd 4), þar sem styrkur leiðni er mestur um mánaðarmótin apríl/maí (í lok mestu dælingar úr jarðhitageymnum) og lægstur er styrkurinn um mánaðarmótin október/nóvember (lítill dæling úr kerfinu yfir heitustu mánuðina). Ekki er hægt að sjá eins reglulegar breytingar í styrk klóríðs né kísils enda sýni ekki tekin eins oft. Styrkur magnesíums er nokkuð hærri en undanfarin ár og sem getur bent til kalds innstreymis, en það er ekki hægt að sjá á hitamælingum. Borið saman við holu 4 er styrk aukningin óveruleg enda þarf lítið magn af sjó til að breyta styrk magnesíums. Kísillinn (mynd 6) er um 8% lægri nú en árið 1999, en styrkur kísilsins sveiflast í beinu samhengi við hitastig vatnsins og kemur sú breyting fyrr en hitastigsbreytingin. Flúor er annað efnið sem hefur lækkað frá því í fyrra en þá hafði það hækkað óvenju mikið frá árunum áður, en styrkur flúors er nú mjög svipaður og hann hefur verið undan farin ár. Styrkur flúors er háður mörgum öðrum þáttum en hitastigi og ekki ljóst hvað þessar sveiflur þýða í jarðhitakerfinu þarna.



Mynd 1. Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-04.



Mynd 2. Breytingar í styrk klóriðs með tíma, hola SN-04.

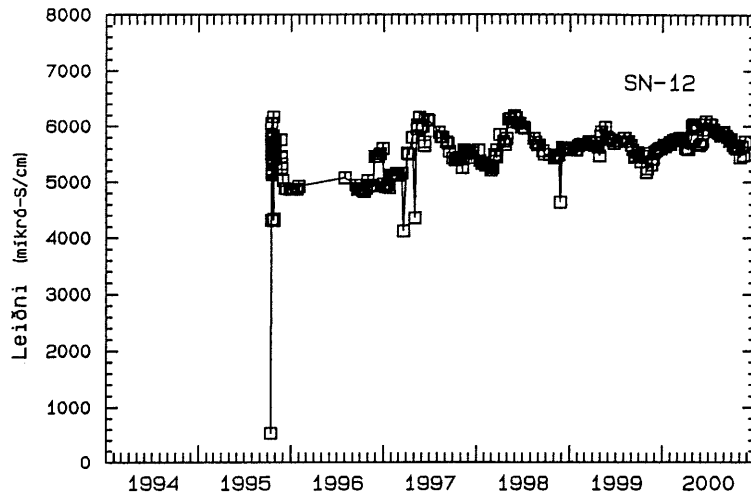


Mynd 3. Breytingar í styrk kísils með tíma, hola SN-04.

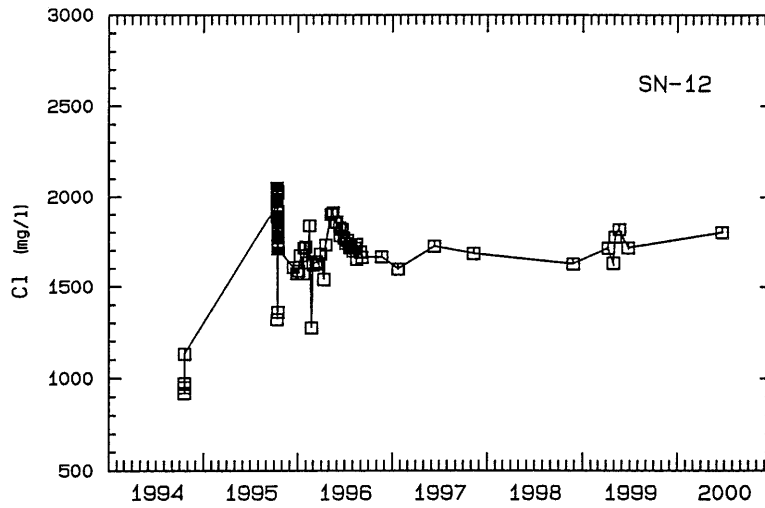
Tafla 2. Efnasamsetning vatns úr holu SN-12.

| Sýnanúmer | 19960190 | 19970352 | 19970683 | 19980599 | 19990128 | 20000203 |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| Dagsetning | 96-08-02 | 97-06-12 | 97-11-10 | 98-11-26 | 99-04-29 | 00-06-22 |
| Hitastig °C | 108,8 | 106,8 | 107,8 | 107,2 | 108,4 | 107,5 |
| pH/°C | 8,4/23 | 8,4/22 | 8,3/22 | 8,4/22 | 8,4/23 | 8,36/23,2 |
| Heildar karbónat(CO ₂) | 10,4 | 12,2 | 14,1 | 7,7 | 5,3 | 7,51 |
| Brennisteinsvetni (H ₂ S) | 0,11 | 0,11 | 0,18 | 0,14 | 0,15 | 0,10 |
| Bór (B) mg/l | 0,24 | 0,26 | 0,17 | 0,18 | 0,21 | 0,23 |
| Leiðni µS/cm | 5080 | 5650 | 5420 | 4640 | 5470 | 6090 |
| Súrefni O ₂ mg/l | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Kísill (SiO ₂) mg/l | 101,4 | 99,9 | 105,0 | 101,0 | 104,6 | 95,5 |
| Heildar uppl. mg/l | 3700 | 4030 | 2800 | 3370 | 3240 | 3770 |
| Natríum(Na) mg/l | 630 | 634 | 601 | 612 | 607 | 697 |
| Kalíum (K) mg/l | 12,4 | 12,5 | 12,1 | 12,8 | 12,6 | 13,2 |
| Magnesium Mg) mg/l | 0,25 | 0,18 | 0,27 | 0,29 | 0,27 | 0,44 |
| Kalsíum (Ca) mg/l | 506 | 523 | 491 | 524 | 500 | 609 |
| Flúoríð (F) mg/l | 0,63 | 0,61 | 0,68 | 0,64 | 0,78 | 0,60 |
| Klóríð (Cl) mg/l | 1696 | 1723 | 1683 | 1626 | 1630 | 1910 |
| Brómíð (Br) mg/l | - | 5,7 | - | 5,5 | - | - |
| Súlfat (SO ₄) mg/l | 283 | 285 | 221 | 293 | 286 | 315 |
| Ál (Al) mg/l | 0,016 | 0,029 | 0,022 | 0,015 | 0,028 | 0,041 |
| Járn (Fe) mg/l | 0,004 | 0,006 | 0,064 | 0,007 | 0,003 | 0,0046 |
| Mangan (Mn) mg/l | 0,007 | 0,008 | 0,011 | 0,011 | 0,009 | 0,0104 |
| δD ‰ | - | -72,5 | -73,7 | -72,6 | 73,1 | -72,7 |
| δ18O ‰ | -10,42 | -10,40 | -10,53 | -10,44 | -10,47 | -10,38 |
| Kalsedónhiti °C ¹ | 109 | 108 | 112 | 109 | 111 | 106 |

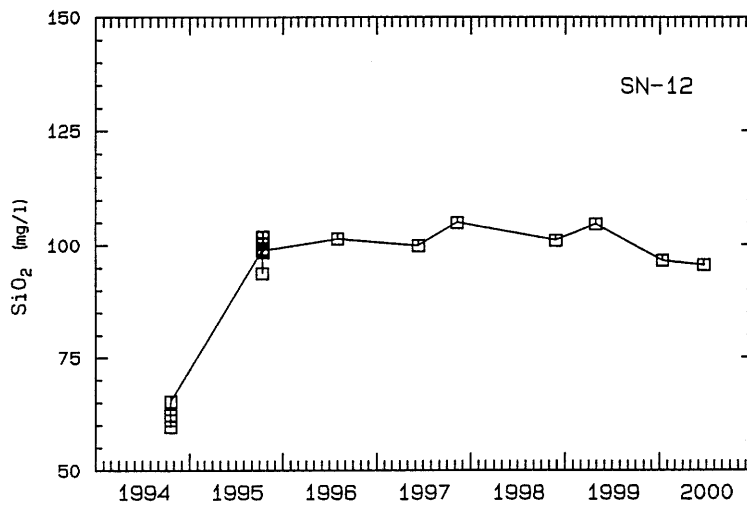
¹ Fournier, 1977.



Mynd 4. Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-12.



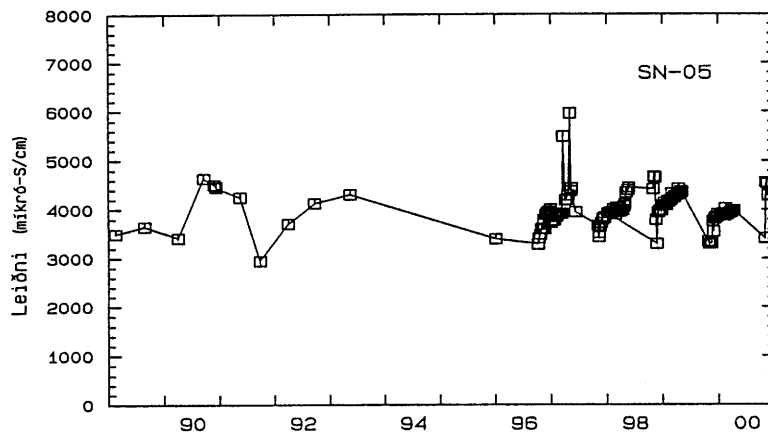
Mynd 5. Breytingar í styrk klóriðs með tíma, hola SN-12.



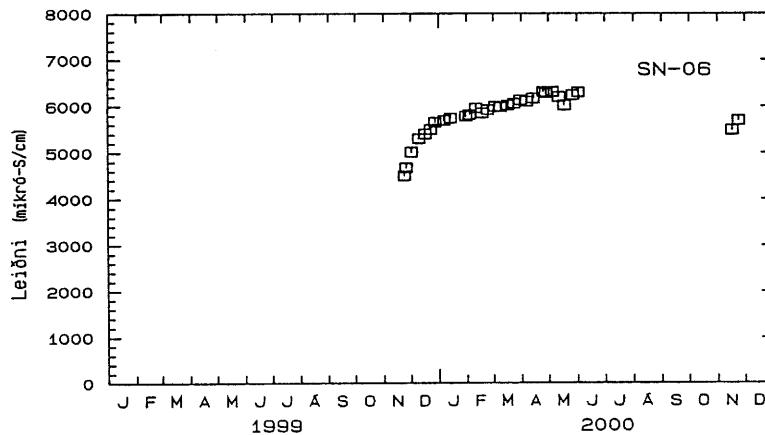
Mynd 6. Breytingar í styrk kísils með tíma, hola SN-12.

Tafla 3. Mælingar á leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vatns úr holu SN-04.

| Ár. mán. dag. kl. | sýni nr. | leiðni | Ár. mán. dag. kl. | sýni nr. | leiðni |
|-------------------|-----------|--------|-------------------|-----------|--------|
| 1999-11-04 | 1999-0552 | 5270 | 2000-06-22 8:30 | 2000-0222 | 5710 |
| 2000-06-20 8:24 | 2000-0210 | 5890 | 2000-08-25 0:0 | 2000-0421 | 5860 |
| 2000-06-20 8:45 | 2000-0211 | 5270 | 2000-08-31 0:0 | 2000-0422 | 5470 |
| 2000-06-20 9:30 | 2000-0212 | 4050 | 2000-09-08 0:0 | 2000-0423 | 5420 |
| 2000-06-20 10:30 | 2000-0213 | 5510 | 2000-09-15 | 2000-0424 | 5400 |
| 2000-06-20 11:40 | 2000-0214 | 6010 | 2000-09-22 | 2000-0425 | 5240 |
| 2000-06-20 13:00 | 2000-0215 | 5890 | 2000-09-29 11:0 | 2000-0491 | 5210 |
| 2000-06-20 14:30 | 2000-0216 | 5640 | 2000-09-29 0:0 | 2000-0492 | 5270 |
| 2000-06-20 16:00 | 2000-0217 | 5630 | 2000-10-13 | 2000-0493 | 5230 |
| 2000-06-21 8:20 | 2000-0218 | 6120 | 2000-10-20 | 2000-0494 | 5170 |
| 2000-06-21 11:05 | 2000-0219 | 6020 | 2000-10-27 | 2000-0495 | 5120 |
| 2000-06-21 00:00 | 2000-0220 | 6010 | 2000-11-03 | 2000-0496 | 5210 |
| 2000-06-21 16:00 | 2000-0221 | 5920 | 2000-11-10 | 2000-0497 | 5290 |



Mynd 7. Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-05.



Mynd 8. Breytingar í leiðni með tíma, hola SN-06.

Tafla 4. Mælingar á leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vatns úr holu SN-12.

| Dagsetning | Númer | Leiðni | Dagsetning | Númer | Leiðni |
|------------|-----------|--------|------------|-----------|--------|
| 1999-10-08 | 1999-0462 | 5370 | 2000-05-12 | 2000-0179 | 6000 |
| 1999-10-15 | 1999-0463 | 5470 | 2000-05-18 | 2000-0223 | 5960 |
| 1999-10-22 | 1999-0464 | 5520 | 2000-05-27 | 2000-0224 | 5660 |
| 1999-10-29 | 1999-0465 | 5180 | 2000-06-02 | 2000-0225 | 5690 |
| 1999-11-04 | 1999-0568 | 5240 | 2000-06-09 | 2000-0226 | 5740 |
| 1999-11-19 | 1999-0569 | 5310 | 2000-06-16 | 2000-0227 | 6040 |
| 1999-11-26 | 1999-0570 | 5420 | 2000-06-22 | 2000-0203 | 6090 |
| 1999-12-02 | 1999-0571 | 5550 | 2000-07-07 | 2000-0409 | 6040 |
| 1999-12-10 | 1999-0572 | 5570 | 2000-07-14 | 2000-0410 | 6030 |
| 1999-12-17 | 1999-0573 | 5600 | 2000-07-21 | 2000-0411 | 5950 |
| 1999-12-23 | 1999-0574 | 5610 | 2000-07-28 | 2000-0412 | 5910 |
| 1999-12-28 | 1999-0575 | 5600 | 2000-08-04 | 2000-0413 | 5900 |
| 2000-01-07 | 2000-0006 | 5670 | 2000-08-11 | 2000-0414 | 5870 |
| 2000-01-14 | 2000-0007 | 5640 | 2000-08-18 | 2000-0415 | 5830 |
| 2000-01-31 | 2000-0075 | 5720 | 2000-08-25 | 2000-0416 | 5880 |
| 2000-02-04 | 2000-0076 | 5680 | 2000-08-31 | 2000-0417 | 5900 |
| 2000-02-14 | 2000-0077 | 5760 | 2000-09-08 | 2000-0418 | 5830 |
| 2000-02-18 | 2000-0078 | 5750 | 2000-09-15 | 2000-0419 | 5800 |
| 2000-02-24 | 2000-0079 | 5770 | 2000-09-22 | 2000-0420 | 5740 |
| 2000-03-03 | 2000-0080 | 5760 | 2000-09-29 | 2000-0504 | 5770 |
| 2000-03-09 | 2000-0081 | 5790 | 2000-10-06 | 2000-0505 | 5660 |
| 2000-03-17 | 2000-0082 | 5750 | 2000-10-13 | 2000-0506 | 5620 |
| 2000-03-24 | 2000-0083 | 5800 | 2000-10-20 | 2000-0507 | 5600 |
| 2000-03-31 | 2000-0173 | 5610 | 2000-10-27 | 2000-0508 | 5660 |
| 2000-04-07 | 2000-0174 | 5600 | 2000-11-03 | 2000-0509 | 5440 |
| 2000-04-14 | 2000-0175 | 5590 | 2000-11-10 | 2000-0510 | 5640 |
| 2000-04-25 | 2000-0176 | 5770 | 2000-11-17 | 2000-0511 | 5480 |
| 2000-04-28 | 2000-0177 | 6010 | 2000-11-24 | 2000-0512 | 5730 |
| 2000-05-05 | 2000-0178 | 6040 | | | |

Tafla 5. Mælingar á leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vatns úr holu SN-05.

| Dagsetning | Númer | Leiðni | Dagsetning | Númer | Leiðni |
|------------|-----------|--------|------------|-----------|--------|
| 1999-11-04 | 1999-0553 | 3300 | 2000-02-18 | 2000-0087 | 4030 |
| 1999-11-19 | 1999-0554 | 3310 | 2000-02-24 | 2000-0088 | 3900 |
| 1999-11-26 | 1999-0555 | 3770 | 2000-03-03 | 2000-0089 | 3910 |
| 1999-12-02 | 1999-0556 | 3550 | 2000-03-09 | 2000-0090 | 3930 |
| 1999-12-10 | 1999-0557 | 3820 | 2000-03-17 | 2000-0091 | 3940 |
| 1999-12-17 | 1999-0558 | 3850 | 2000-03-24 | 2000-0092 | 3950 |
| 1999-12-23 | 1999-0559 | 3850 | 2000-03-31 | 2000-0187 | 3960 |
| 1999-12-28 | 1999-0560 | 3910 | 2000-04-07 | 2000-0188 | 3980 |
| | | | 2000-04-14 | 2000-0189 | 3990 |
| 2000-01-14 | 2000-0008 | 3890 | 2000-11-03 | 2000-0498 | 3420 |
| 2000-01-31 | 2000-0084 | 3930 | 2000-11-10 | 2000-0499 | 4560 |
| 2000-02-04 | 2000-0085 | 3890 | 2000-11-17 | 2000-0500 | 4530 |
| 2000-02-11 | 2000-0086 | 3870 | 2000-11-24 | 2000-0501 | 4290 |

Tafla 6. Mælingar á leiðni ($\mu\text{S}/\text{cm}$) vatns úr holu SN-06.

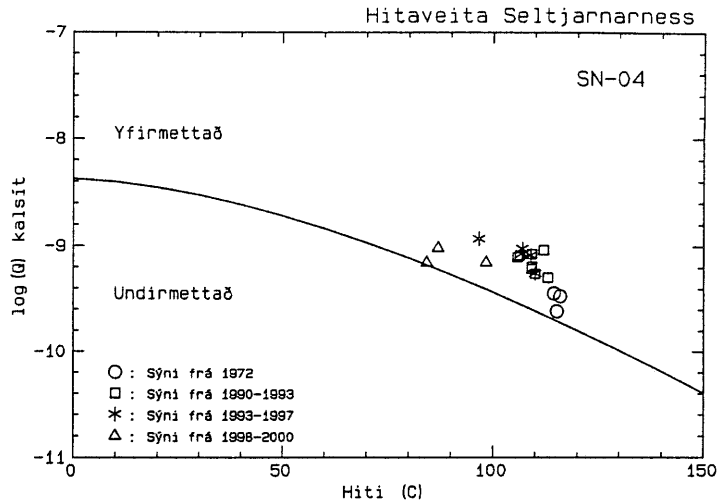
| Dagsetning | Númer | Númer | Dagsetning | Númer | Númer |
|------------|-----------|-------|------------|-----------|-------|
| 1999-11-24 | 1999-0561 | 4500 | 2000-03-09 | 2000-0099 | 5980 |
| 1999-11-26 | 1999-0562 | 4670 | 2000-03-17 | 2000-0100 | 6020 |
| 1999-12-02 | 1999-0563 | 5010 | 2000-03-24 | 2000-0101 | 6060 |
| 1999-12-10 | 1999-0564 | 5300 | 2000-03-31 | 2000-0180 | 6130 |
| 1999-12-17 | 1999-0565 | 5400 | 2000-04-07 | 2000-0181 | 6100 |
| 1999-12-23 | 1999-0566 | 5500 | 2000-04-14 | 2000-0182 | 6170 |
| 1999-12-28 | 1999-0567 | 5650 | 2000-04-25 | 2000-0183 | 6310 |
| | | | 2000-04-28 | 2000-0184 | 6280 |
| 2000-01-07 | 2000-0005 | 5690 | 2000-05-05 | 2000-0185 | 6310 |
| 2000-01-14 | 2000-0009 | 5740 | 2000-05-12 | 2000-0186 | 6200 |
| 2000-01-31 | 2000-0093 | 5780 | 2000-05-18 | 2000-0228 | 6020 |
| 2000-02-04 | 2000-0094 | 5820 | 2000-05-27 | 2000-0229 | 6240 |
| 2000-02-11 | 2000-0095 | 5960 | 2000-06-02 | 2000-0230 | 6300 |
| 2000-02-18 | 2000-0096 | 5850 | 2000-11-17 | 2000-0502 | 5490 |
| 2000-02-24 | 2000-0097 | 5920 | 2000-11-24 | 2000-0503 | 5700 |
| 2000-03-03 | 2000-0098 | 5990 | | | |

Ekkert heilsýni var tekið úr holu SN-05 en reglulega er mældur styrkur leiðni og eru þær niðurstöður sýndar í töflu 5 og á Mynd 7. Þar má greinilega sjá þær reglulegu sveiflur sem verða við nýtingu svæðisins.

Í holu SN-06 hefur einungis verið mæld leiðni á síðasta eftirlitstímabili og eru þær niðurstöður sýndar í töflu 6 og á Mynd 8. Ekki sjást aðrar breytingar á leiðni en sveiflur vegna vinnslu.

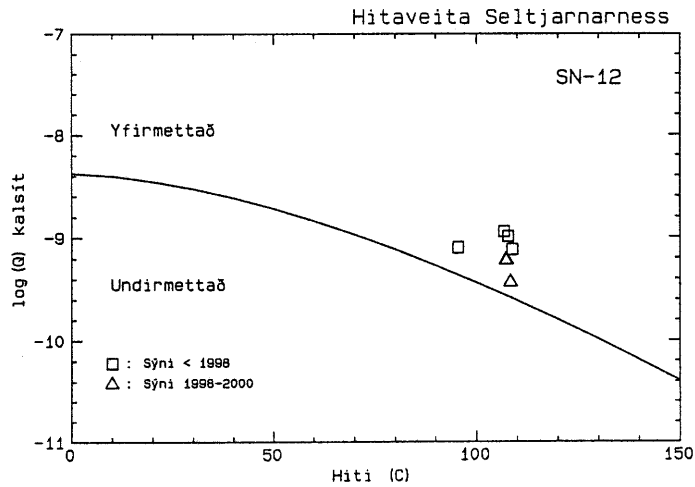
3. ÚTFELLINGARHÆTTA

Að venju er kalkmettun athuguð þar sem saman fer útfellingarhætta vegna hárrar seltu og blöndunar misheitra vatnsæða í holum. Vegna þessa hefur verið fylgst með kalkmettun hjá Hitaveitu Seltjarnarness, m.a. hefur verið komið fyrir útfellingarplötum við holur 4, 5 og 6. Breytingar á virkni kalsíums og eða karbónats eða breytingar á sýrustigi hafa áhrif á reiknað gildi kalkmettunar sem hefur farið lækkandi undan farin ár. Á mynd 9 er sýnd mettun kalks undanfarin ár í vatni úr holu SN-04 en sýnið frá því í júní 2000 er rétt fyrir ofan mettunarferilinn (var á mettunarferlinum síðast), sem trúlega sýnir að kalkútfelling verður væntanlega ekki í leiðslum.



Mynd 9. Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-04.

Kalkmettun holu 12 er sýnd á móti tíma á mynd 11. Reiknaða gildið í fyrra er aðeins ofar en reiknaða gildið frá því í hittiðfyrra en lægra en um margra ára bil þar á undan, sem bendir til að minni hættu sé á útfellingum í dreifikerfi hitaveitunnar. Í huga ber þó að hafa að sveiflur í samsetningu vatnsins eru verulegar, þannig að útfelling getur átt sér stað við litlar breytingar og því nauðsynlegt að fylgjast vel með útfellingarplötunum.



Mynd 10. Kalkmettun vinnsluvatns úr holu SN-12.

4. VINNSLUGÖGN

Vinnslugögnin eru með sama sniði og undanfarin ár (t.d. Hrefna Kristmannsdóttir og fl., 1999). Bjarni Bjarnason hjá Raftaikningu útvegaði þau gögn sem mæld voru sjálfvirkt, en þar að auki voru notuð vatnborðsgögn, sem starfsmenn hitaveitunnar skráðu handvirkt.

Mælt er sjálfvirkt á klukkutíma fresti í holum SN-04, SN-05, SN-06 og SN-12. Rennsli er mælt í öllum holunum, en vatnsborðsrör eru í sundur í holum SN-04 og SN-06 og er því ekki mælt vatnsborð í neinni holu. Handvirkar mælingar eru til úr holum SN-01, SN-02, SN-03, SN-05 og SN-12, en engar vatnsborðsmælingar er til úr holum SN-04 og SN-06. Búnaður til að mæla hita er fyrir allar holurnar, en svo virðist sem hitamælur í holum SN-05 og SN-06 séu í ólagi eins og undanfarin ár. Því eru hitamælingar aðeins til út holum SN-04 og SN-12. Þau gögn sem til eru, eru í ágætu lagi, eða svipað því og undanfarin ár. Æskilegt væri að endurnýja hitamæla sem fyrst og ef dælur verða teknar upp að sæta lagi og lagfæra vatnsborðsrör.

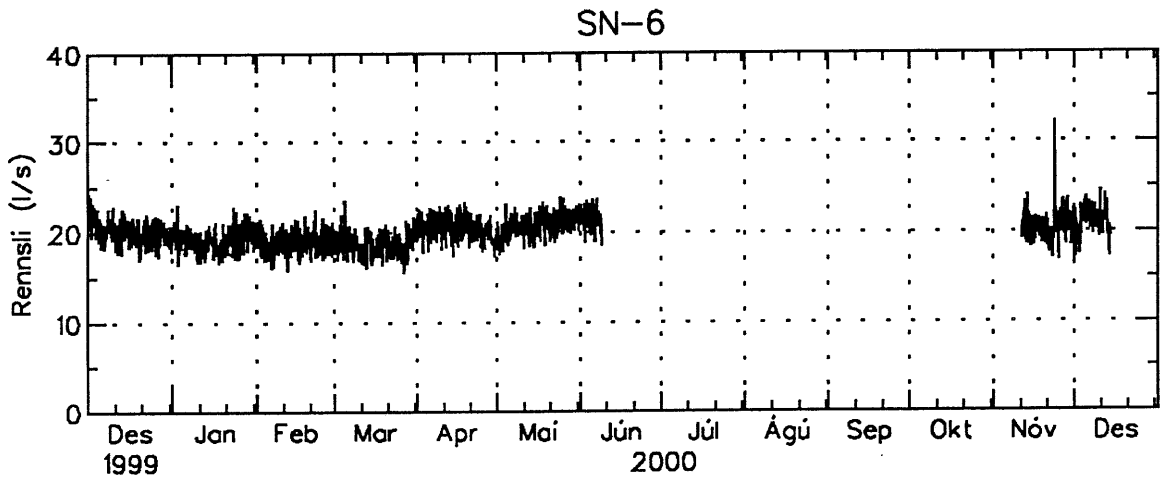
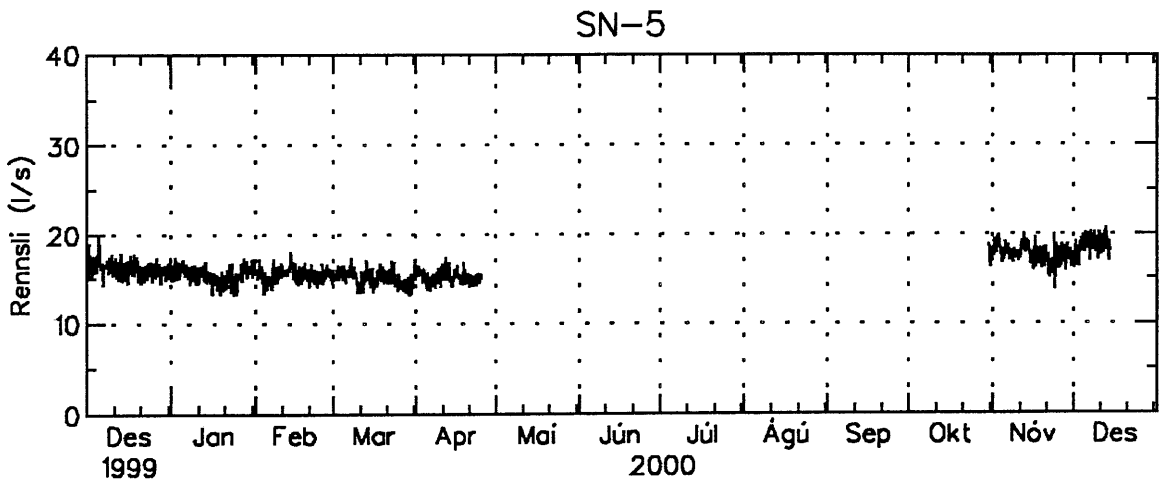
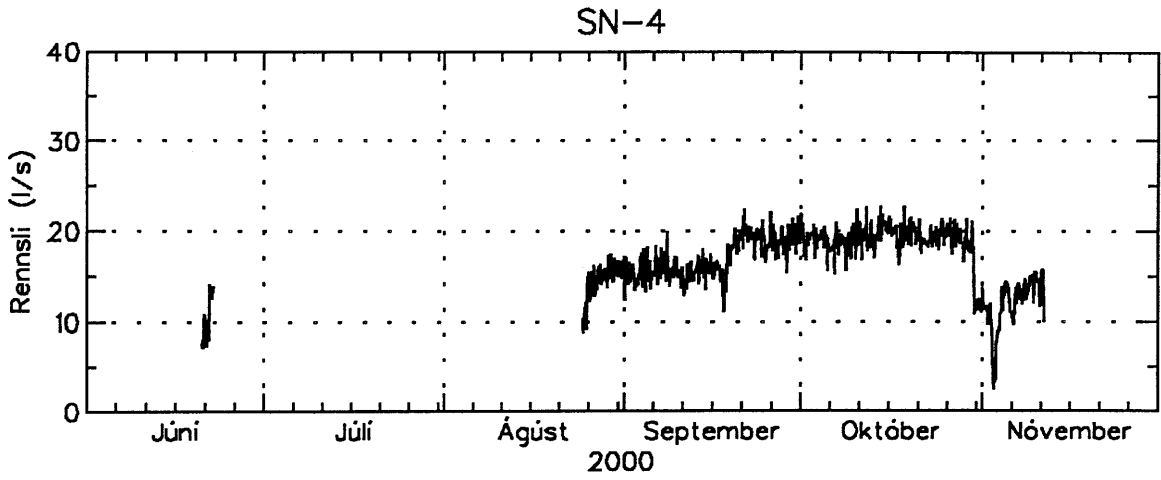
Þegar sjálfvirku mælingarnar eru teiknaðar er yfirleitt teiknað gildi á þriggja klukkutíma fresti, en ekki á klukkutíma fresti eins og þau eru mæld. Þetta er gert til einföldunar og til að myndirnar séu skýrari. Einnig þarf að taka tillit til þess að þegar ekki er dælt úr einhverri holunni, mælist samt eitthvað rennsli úr henni. Þetta er frekar lítið fyrir allar holurnar nema holu SN-04, en þar getur mælist allt upp fyrir 20 tonn/klst. þegar ekkert er dælt. Þetta gerir alla úrvinnslu mun erfiðari og skapar hættu á villum.

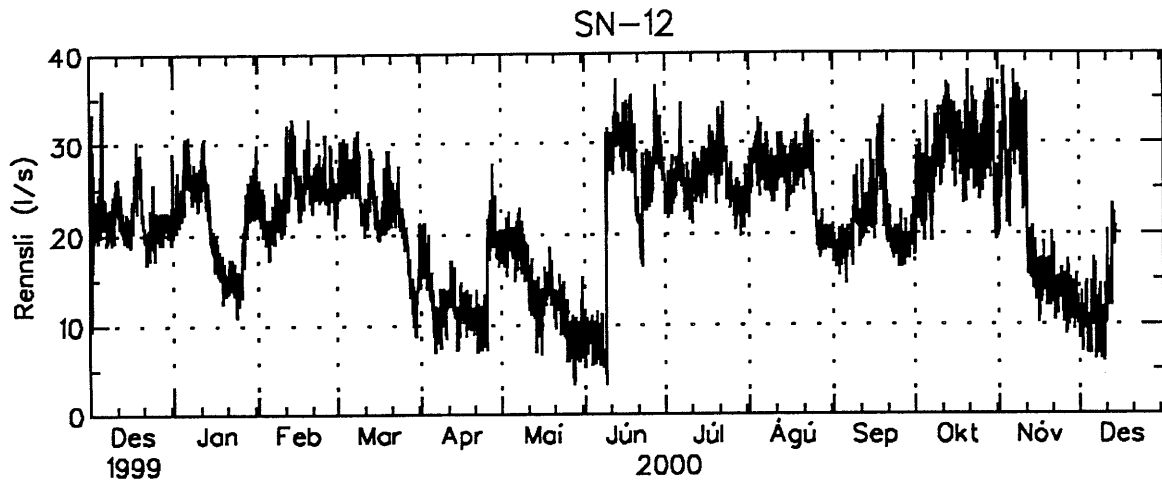
4.1. Vinnsla

Vinnsla úr hverri holu fyrir sig er sýnd á mynd 1, en í töflu 1 sést hvenær dælt var úr holunum. Eins og undanfarin ár er mest dælt úr holu SN-12, en hún var í notkun allt árið. Meira var dælt úr holu SN-06 en árið á undan, en minna úr holu SN-04, en svipað úr SN-05. Aðeins var dælt úr holu SN-12 yfir sumarmánuðina, þegar vatnsnotkunin er minnst.

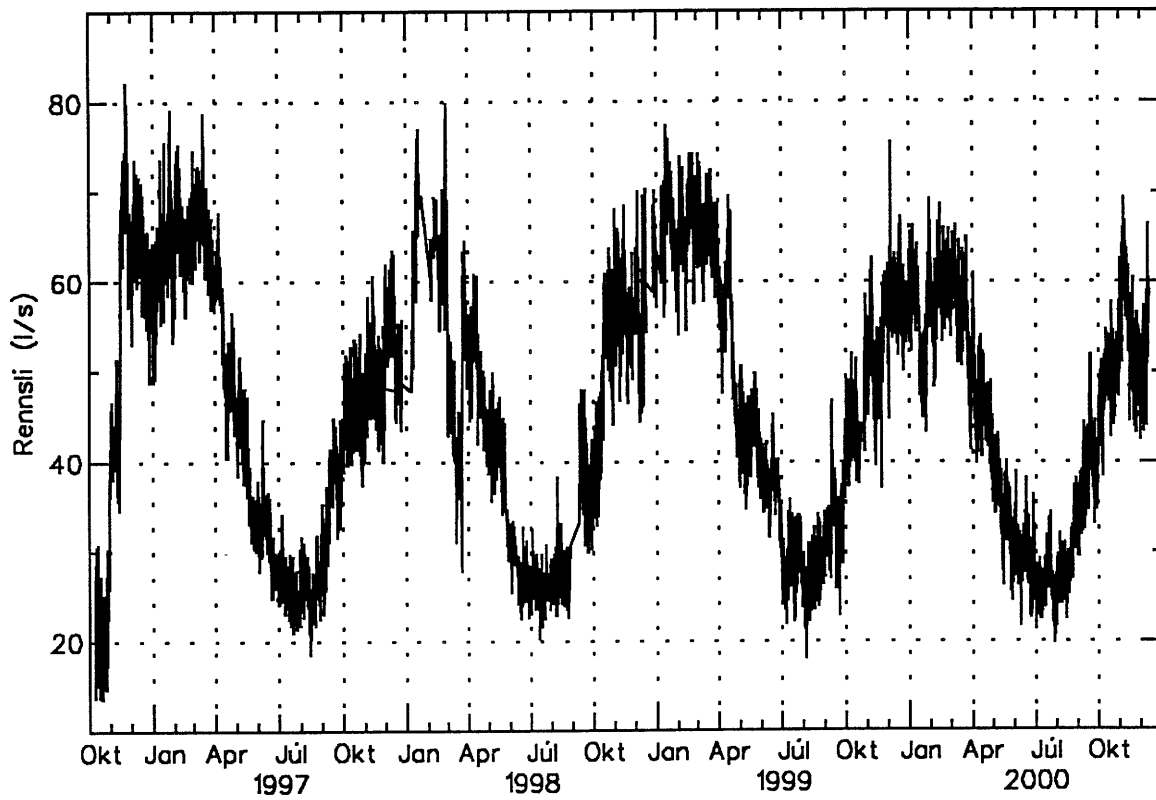
Tafla 7. *Vatnsvinnsla úr holum á Seltjarnarnesi tímabilið 1. des. 2000 – 14. des. 2001.*

| Hola | Athugasemdir |
|-------|---|
| SN-01 | Ekki í notkun |
| SN-02 | Ekki í notkun |
| SN-03 | Ekki í notkun |
| SN-04 | Í notkun 20.06.2000 – 22.06.2000 24.08.2000 – 11.11.2000 |
| SN-05 | Í notkun 01.01.2000 – 25.04.2000 30.10.2000 - -> |
| SN-06 | Í notkun 01.01.2000 – 09.06.2000n 11.11.2000 - -> |
| SN-12 | Í notkun 01.01.2000 - -> |





Mynd 11. Rennsli úr vinnsluholum á Seltjarnarnesi árið 2000.



Mynd 12. Heildarrennsli úr holum á Seltjarnarnesi.

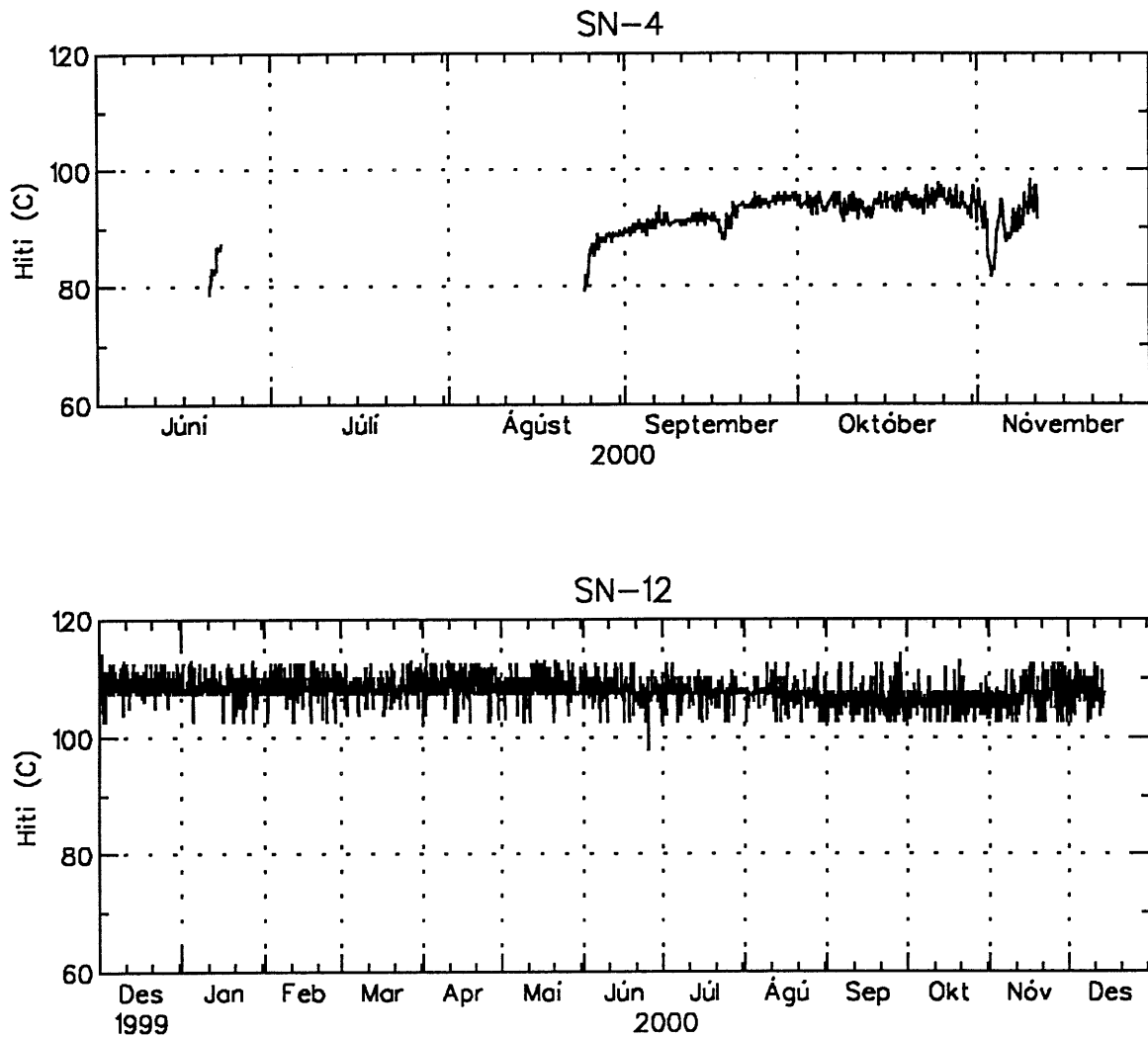
Tafla 8. Mánaðarmeðaltal heildarrennslis (l/s) árunna 1994 til 2000. Engin gögn eru til fyrir árið 1995.

| Mánuður | Meðal- rennsli | Meðal- rennsli | Meðal- rennsli | Meðal- rennsli | Meðal- rennsli | Meðal- Rennsli |
|-----------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 1994 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
| Janúar | | | 62,3 | 63,1 | 65,4 | 55,9 |
| Febrúar | | | 65,3 | 62,8 | 66,4 | 58,5 |
| Mars | | | 65,0 | 60,9 | 64,9 | 56,2 |
| Apríl | | | 53,0 | 49,0 | 54,1 | 46,4 |
| Maí | 20,6 | | 39,1 | 39,7 | 42,9 | 34,5 |
| Júní | 20,9 | 28,3 | 31,2 | 27,3 | 37,1 | 29,5 |
| Júlí | 17,9 | 24,7 | 24,8 | 26,2 | 28,5 | 26,2 |
| Ágúst | 20,1 | 25,5 | 25,9 | 27,4 | 27,5 | 29,2 |
| September | 23,0 | 30,1 | 35,6 | 38,6 | 34,7 | 37,9 |
| Október | 25,1 | | 45,3 | 49,2 | 44,2 | 48,6 |
| Nóvember | | 55,6 | 48,8 | 56,1 | 51,7 | 54,8 |
| Desember | | 62,4 | 53,5 | 58,7 | 59,5 | |

Mánaðarmeðaltöl vinnslu frá 1994 eru sýnd í töflu 2. Þar sést að vinnslan er svipuð og áður, heldur minni framan af ári, sennilega að hluta til vegna aðeins hærrí útihita fyrstu þrjú mánuðina. Heildarvinnsla úr jarðhitasvæðinu á Seltjarnarnesi á árunum 1997 til 2000 er sýnd á mynd 2. Vinnslan árið 2000 var með svipuð sniði og áður, þ.e. mun minni yfir sumarmánuðina, en meiri yfir vetrarmánuðina. Hins vegar er vinnslan aðeins minni en undanfarin ár. Meðalvinnsla seinustu 4 ára var 45,4 l/s, en árið 2000 aðeins 43,7 l/s fram til 14. desember. Heildarvinnslan var um 13.840.000 tonn ef reiknað er með að vinnslan hafi verið sú sama seinnihluta desember eins og fyrri hluta desember. Eins og áður þurfti að taka tillit til þess við útreikninga að þegar ekki er unnið vatn úr holunum, mælist samt örlítið rennsli. Í holu SN-04 getur þessi tala orðið yfir 20 tonn/klst en mun minni fyrir hinar holurnar.

4.2. Vatnshiti

Einungis eru til hitamælingar úr tveimur holum, þ.e. holu SN-04 og SN-12 (mynd 3). Hitinn í holu SN-04 var svipaður og áður, lægri við upphaf dælingar um 80°C, en hækkar svo með tíma. Aðeins var dælt samfelld í rúmlega tvo mánuði úr holunni og náði hún ekki fullum hita á þeim tíma. Hitinn fór aldrei yfir 110°C árið 2000, en það gerðist á tímabili árið 1999. Mikill fylgni er á milli hita og dælingar í holunni, hún er heitari þegar meira er dælt úr henni. Hitinn í holu SN-12 var eins og áður tæplega 110°C, hærrí yfir vetrarmánuðina, en aðeins lægri um haustmánuðina. Meðalhitinn yfir árið var 107,9°C, fór hæst að meðaltali í apríl í 108,9°C, en lægst í október í 106,2°C.

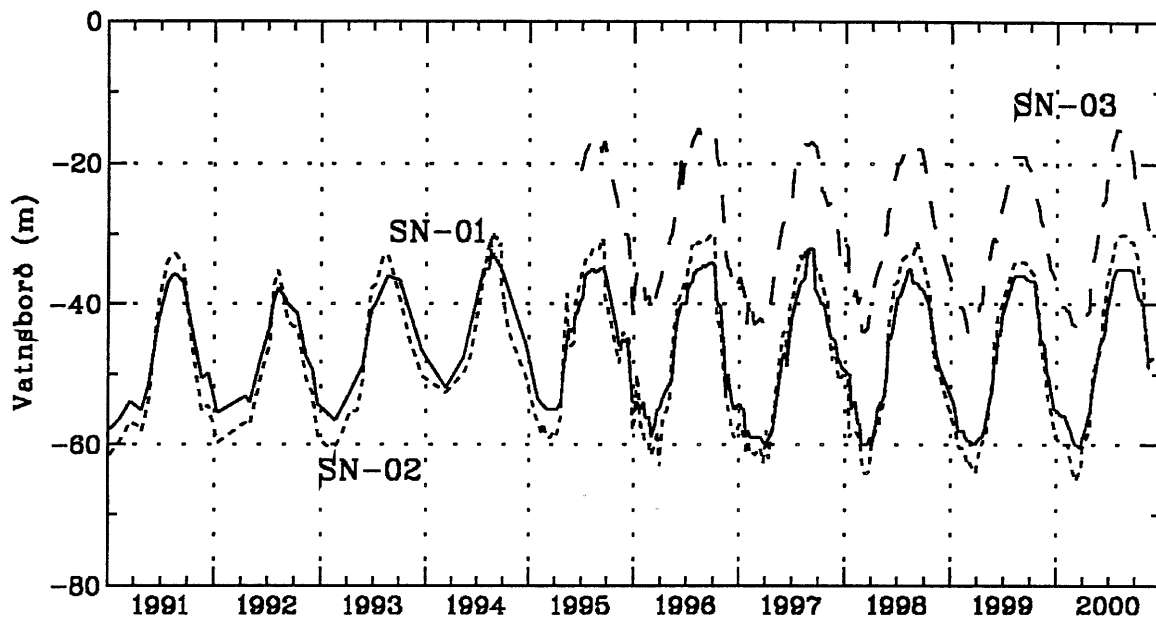


Mynd 13. Hiti í holum SN-04 og SN-12

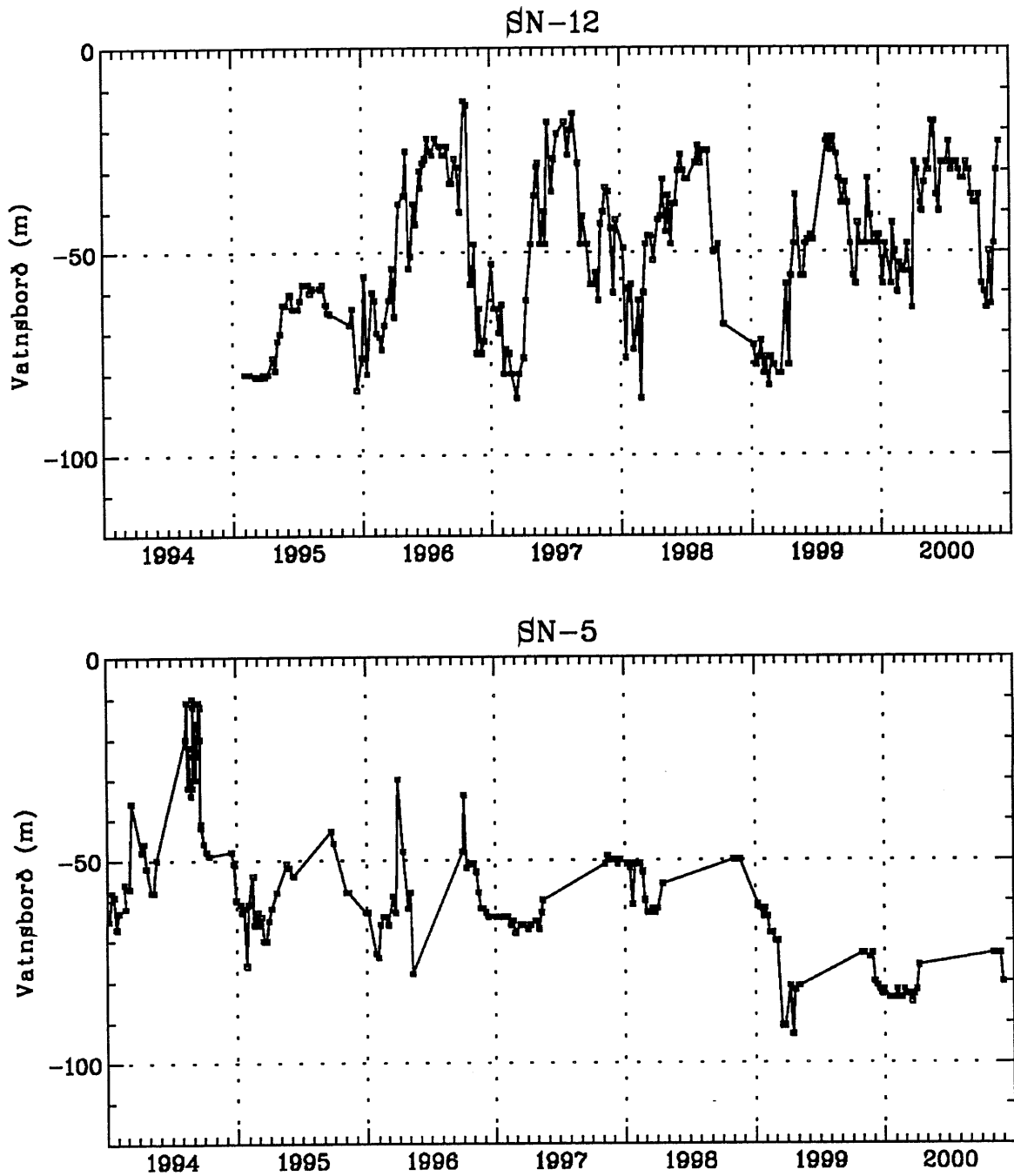
4.3. Vatnsborð

Vatnsborð er mælt handvirkt í holum SN-01, SN-02, SN-03, SN-05 og SN-12, en mælirör í holum SN-04 og SN-06 er í sundur þannig að ekki hefur verið hægt að mæla í þeim undanfarin ár. Engar sjálfvirkar mælingar á vatnsborði voru gerðar árið 2000.

Vatnsborðsmælingar í holum SN-01, SN-02 og SN-03 eru sýndar á mynd 14. Þar sést að vatnsborð í SN-01 fór hæst í 35 m í ágúst 2000, en í 36 m í ágúst 1999. Í holu SN-02 fór vatnsborð hæst í 30 m einnig í ágúst 2000 en í 34 m í ágúst 1999. Í holu SN-03 fór vatnsborð hæst í 19 m árið 1999, en í 15 m árið 2000. Þetta er í samræmi við það að vinnsla úr svæðinu var minni árið 2000 en árin á unda, og að vatnsborðið fylgir vel vinnslunni. Þegar mikið er tekið úr svæðinu lækkar vatnsborðið, en hækkar um leið og vinnslan minnar.



Mynd 14. Vatnsborð í holum SN-01, SN-02 og SN-03.



Mynd 15. Vatnsborð í holum SN-05 og SN-12.

Ekki er mælt vatnsborð í holu SN-05 þegar ekki er dælt úr henni (mynd 5), því eru aðeins til mælingar frá hluta ársins. Þær virðast svipaðar og árið 1999, en hins vegar er erfitt að bera það saman vegna þess hversu stopular þær eru. Skipt var um þrýstiskynjara í mars 1999 og er ekki hægt að bera eldri mælingar saman við mælingar eftir skiptin.

Vatnsborð í holu SN-12 var mjög svipað árið 2000 og árið 1999 (mynd 5). Dælt var úr holunni allt árið ($21,1 \pm 7l/s$), en vinnslan úr henni var ekki alveg eins stöðug og árið 1999. Vatnsborðið fylgir vinnslu úr holunni, þ.e. þegar mikil dæling er, er vatnsborð lægra. Vatnsborðið í holu SN-12 fylgir líka heildardælingu úr kerfinu og er hátt yfir sumarmánuðina, þrátt fyrir mikla dælingu úr holu SN-12.

5. SAMANDREGNAR NIÐURSTÖÐUR

1. Selta vinnsluvatns, kísilstyrkur og önnur efnasamsetning vinnsluvatns holnanna sveiflast í takt við vinnslu. Breytingar eru mismunandi eftir holum og háðar bæði vinnslu hverrar holu fyrir sig og vinnslu á svæðinu.
2. Í heilsýnum sem tekin voru í júní 2000 var selta vinnsluvatns mjög há enda vatnsstaða á svæðinu þá með lægsta móti eftir vetrardælinguna.
3. Ekki verður vart við neinar langtímabreytingar í efnasamsetningu enda veldur núverandi nýting lítilli áraun á svæðið.
4. Vatnið er nú yfirmettað af kalki eins og jafnan hefur verið fram til 1999, en kalkmettun er minni en oft áður.
5. Vatnsvinnsla úr svæðinu var aðeins minni árið 2000 en árin á undan.
7. Meðalvatnsborð í holu SN-02 hefur verið nær stöðugt frá árinu 1990.
8. Vatnsborð í SN-12 fylgir heildardælingu jafnframt vinnslu og er hátt yfir sumarmánuðina þrátt fyrir mikla dælingu úr holunum.

6. HEIMILDIR

Auður Ingmarsdóttir, Helga Tulinius, Hrefna Kristmannsdóttir og Þorsteinn Thorsteinsson, 1990. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1989 - 1990. OS-90049/JHD-B, 10 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Helga Tulinius, Þorsteinn Thorsteinsson og Guðrún Sverrisdóttir 1991. Hitaveita Seltjarnarness. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1990 - 1991. OS-91049/JHD-28 B, 11 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir og Hilmar Sigvaldason 1992. Hitaveita Seltjarnarness. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1991 - 1992. OS-92061/JHD-34 B, 15 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Guðrún Sverrisdóttir og Hilmar Sigvaldason 1993. Hitaveita Seltjarnarness. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1992 - 1993. OS-93077/JHD-39 B, 17 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Helga Tulinius og Guðrún Sverrisdóttir 1994. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1993 - 1994. OS-94062/JHD-36 B, 15 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Helga Tulinius, Guðrún Sverrisdóttir og Sverrir Hákonarson 1995. Hitaveita Seltjarnarness. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1994 - 1995. OS-95061/JHD-40 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Helga Tulinius Magnús Ólafsson 1996. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1995 - 1996. OS-96083/JHD-48 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Helga Tulinius og Magnús Ólafsson 1996. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1995-1996. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. OS-96083/JHD-48 B.

Hrefna Kristmannsdóttir, Sigvaldi Thordarson og Magnús Ólafsson 1997. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1996-1997. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. OS-96078, 28 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Sigvaldi Thordarson og Magnús Ólafsson 1998. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1997-1998. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. OS-98076, 27 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, Sigvaldi Thordarson og Vigdís Harðardóttir 1999. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1998-1999. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. OS-99107, 24 s.

Hrefna Kristmannsdóttir og Þorsteinn Thorsteinsson 1988. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1988. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. OS-88062/JHD-32 B, 12 s.

Vigdís Harðardóttir og Hrefna Kristmannsdóttir 1999. Hola SN-12 á Seltjarnarnesi. Borun, prófanir og vinnslueiginleikar. Orkustofnun, rannsóknasvið, greinargerð.

Þorsteinn Thorsteinsson og Magnús Ólafsson 1989. Hitaveita Seltjarnarness. Vinnslueftirlit 1989. Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness. OS-89044/JHD-19 B, 10 s.