



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**HITAVEITA SELTJARNARNESS**

Vinnslueftirlit 1988

Hrefna Kristmannsdóttir og  
Þorsteinn Thorsteinsson

Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness

OS-88062/JHD-32 B      Desember 1988



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

Verknr.:626011

## **HITAVEITA SELTJARNARNESS**

Vinnslueftirlit 1988

Hrefna Kristmannsdóttir og  
Þorsteinn Thorsteinsson

Unnið fyrir Hitaveitu Seltjarnarness

OS-88062/JHD-32 B      Desember 1988

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. UMFANG EFNAGREININGA Á JARÐHITAVATNI	3
3. EFNABREYTINGAR JARÐHITAVATNS 1988	3
4. VINNSLA OG VATNSSTAÐA	4
4.1 Vinnsla	4
4.2 Vatnsstaða	5
5. NIÐURSTÖÐUR	5
HEIMILDIR	5

## 1. INNGANGUR

Í eftirfarandi skýrslu er samantekt á niðurstöðum efnaeftirlits með jarðhitavatni á Seltjarnarnesi árið 1988. Verkið var unnið samkvæmt samningi Jarðhitadeildar Orkustofnunar og Hitaveitu Seltjarnarness nr. 626011 - 1987. Einnig er yfirlit yfir vatnsvinnslu og vatnsborðsmælingar á svæðinu á árinu 1988, sem einnig er unnið samkvæmt sama samningi. Áður hefur verið skilað skýrslu um sérverk sem unnið var fyrir hitaveituna vegna dæluupptektar í holu 4 (Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Tulinius, 1988).

Þetta er fyrsta árið sem unnið er samkvæmt samningi um vinnslueftirlit og var því ákveðið að draga skýrslugerð í tvo mánuði til að niðurstöður síðari sýnatöku á heilsýnum úr vinnsluholum kæmust með í skýrsluna (sbr. bréf frá 88.10.04), en þessi sýni voru ekki tekin fyrr en í síðari hluta septembermánaðar.

## 2. UMFANG EFNAGREININGA Á JARÐHITAVATNI

Tekin voru sýni til heildarefnagreininga úr öllum vinnsluholum hitaveitunnar í janúar og aftur í september úr holum 5 og 6 sem þá voru í gangi. Í það skipti var einnig tekið sýni af vinnsluvatni úr Áhaldahúsinu. Hitaveitan átti svo að taka sýni til seltugreininga u.þ.b. mánaðarlega úr þeim vinnsluholum sem í gangi voru, en þau voru tekin heldur strjállega. Auk þessa voru tekin tíð sýni úr holu Sn-3 þegar hún var sett af stað eftir langa hvíld í janúar og einnig úr Sn-4 eftir að hún var sett í gang aftur um mánaðamótin september/október eftir dæluupptekt og langa hvíld. Djúpsýni voru tekin úr holu Sn-4 í júlí, en það verk var unnið samkvæmt sérstakri beiðni og er utan venjulegs vinnslueftirlits.

Hitaveitan hefur fengið bráðabirgðaniðurstöður sendar bréflaga þrívægis á árinu, 29.1.1988, 5.5.1988 og 15.7.1988. Auk þess var í skýrslu um sérverk vegna dæluupptekt-

ar í Sn-4 teknar inn niðurstöður efnabreytinga dælingarvatns úr holu Sn-4.

Í tengslum við þjálfun styrkþega í Háskóla Sameinuðu þjóðanna voru tekin djúpsýni úr holu Sn-2, og eru niðurstöður þeirra greininga teknar með í þessa skýrslu til fróðleiks. Sú hola er helsta athugunarhola á jarðhitasvæðinu og voru m.a. tekin úr henni djúpsýni árið 1983 og 1986 (Hrefna Kristmannsdóttir, 1984).

## 3. EFNABREYTINGAR JARÐHITAVATNS 1988

Niðurstöður allra heildarefnagreininga annarra en djúpsýna úr holu Sn-4, eru í töflu 1 og þar eru einnig hlutagreiningar á tveim sýnum, úr Sn-4 og úr Áhaldahúsi. Breytingar í klóríðstyrk, sem mælikvarði á seltu vatnsins úr holum Sn-4, 5 og 6, eru sýndar á mynd 1, frá ársbyrjun 1987 til september 1988. Hola Sn-3 er ekki teiknuð upp þar sem flest sýni úr henni voru tekin á stuttu tímabili. Selta í holu Sn-3 var lág í fyrsta sýni en hækkaði upp í stöðugt gildi eftir fáeinar klukkustundir. Eins og fram kom í bréfi til Hitaveitunnar í maí s.l. jókst selta mjög ört í upphafi árs í vatni úr öllum holum en síðan lækkaði hún aftur í holum Sn-4 og Sn-6, og að meðaltali yfir árið er hún ekki eins ör og á árunum 1980-1986 (sjá skýrslur Hrefnu Kristmannsdóttur 1983 og 1986). Selta hefur hins vegar aukist jafnt og þétt yfir árið í Sn-5, alls 10%, enda holan verið í gangi samfelld (mynd 2). Nær sama aukning varð á seltu vatns úr Sn-5 á árinu 1987, en mismunur eftir árstímum er ekki þekktur. Þá lækkaði hitastig vinnsluvatnsins úr henni í um 95°C, en það hefur haldist stöðugt árið 1988. Talsverðar sveiflur koma fram í seltunni í Sn-6 eftir árstíma. Seltan eykst þannig framan af ári og lækkar svo aftur yfir sumarið. Breytingar á klóríðstyrk frá upphafi dælingar eru sýndar á mynd 3 og sést af henni að selta vatnsins fer heldur hækkandi að jafnaði frá því í ársbyrjun 1986. Svipað virðist gerast í holu Sn-4, en þar eru einnig teknar með greiningar fyrst eftir gangsetningu í haust. Þessar breytingar eru

sýndar í stærri mælikvarða á mynd 4. Á mynd 5 eru sýnd hitastig vatnsins í sýnum teknum 1987-1988. Ekki eru sjáanlegar marktækur breytingar í holum Sn-5 og Sn-6, en miklar sveiflur og marktæk lækkun hitastigs kemur fram í holu Sn-4. Hitastig í holu Sn-4 var áður en farið var að dæla úr Sn-6 á bilinu 112-116°C, en nú sveiflast það á bilinu 107-112°C.

Eins og fram kemur á myndum 4 og 6, sem sýna klóríðstyrk og hitastig vatnssýna úr holu Sn-4 á tímabilinu 26.9. - 25.10., 1988, þá er beint samband á milli hitastigs og klóríðstyrks vatnsins. Því kaldara sem vatnið er því saltara er það og hitni það lækkar seltan. Þetta er í samræmi við niðurstöður djúpsýnatöku úr holunni, bæði nú og 1984, túlkun okkar á hegðun svæðisins við vinnslu og það líkan sem við höfum gert okkur af svæðinu (Helga Tulinius o.fl. 1987). Hins vegar hefur orðið almenn kæling á vatni úr holunni frá 1985 og stafar hún líklega mest af vinnslu úr Sn-6. Ekki hefur komið fram nein kæling í Sn-6. Þar koma fram efnabreytingar í síðara heilsýninu frá 1988, sem gætu bent til yfirvofandi kælingar, en frá einu sýni er ekki hægt að slá slíku föstu. Í holu Sn-5 hefur heldur ekki orðið marktæk kæling, og þar sjást svipaðar efnabreytingar og í vatni úr holu Sn-6.

Niðurstöður efnagreininga á djúpsýnum úr holu Sn-2, sýna talsverða seltuaukningu í sýni frá 520 m dýpi, en óverulega í sýni frá 725 m dýpi.

## 4. VINNSLA OG VATNSSTAÐA

### 4.1 Vinnsla

Vinnsluholur hitaveitunnar á árunum 1987 og 1988 voru fjórar: Sn-3, Sn-4, Sn-5 og Sn-6. Dæling var samfelld úr Sn-5 bæði árin en í Sn-6 var dæling stöðvuð í tæpa 3 mánuði, 22. júní til 13. september 1987. Úr Sn-4 var dælt allt árið 1987 að undanskildu tímabilinu 25. maí til 22. júní, en árið 1988 var dælt úr henni til 30. júní. Var þá sjö þrepa 7" Fairbanks Morse dæla tekin upp úr henni og í staðinn látin sex þrepa 8"

Floway dæla, sem verið hefur í gangi frá 23. september 1988. Hraðastýring hefur verið á dælunum í Sn-4. Dæling var engin úr Sn-3 árið 1987 en 1988 var dælt úr henni í 65 daga á tímabilinu 4. janúar til 22. mars.

Hönnun og uppsetning á búnaði til skráningar á vatnsmagni, vatnsborði og hita vinnsluholanna, sem unnið hefur verið að á vegum hitaveitunnar að undanfögnu, var ekki lokið á árinu 1988. Vinnslan hefur því verið áætluð, eins og sýnt er á mynd 7, út frá vinnsluferlum dælanna og gangtíma ásamt stökum mælingum á mótþrýstingi, vatnsborði og hita í hverri holu fyrir sig (tafla 2).

Dæling varð mest (áætluð 78 l/s) á tímabilinu janúar til mars 1988, á meðan dælt var úr öllum fjórum vinnsluholunum samtímis en minnst á tímabilinu maí - september (44-45 l/s). Árleg meðaldæling reiknast 55,8 l/s árið 1987 en 58,2 l/s árið 1988 sem er 4,3% vinnsluaukning milli ára. Rétt er að árétta að magntölur þessar eru byggðar á strjálum mælingum í vinnsluholunum en afköst dæla þeirra eru breytileg eftir álagi á hitaveituna vegna breytinga á vatnsborði holanna, mótþrýstingi í safnæðaneti svo og hraðastýringu á dælu í holu Sn-4.

Eins og fram kemur í töflu 2 hefur hiti vatns í holu Sn-4 sveiflast nokkuð. Um og eftir áramót 1984-85, meðan á borun Sn-6 stóð, mældist vatnshiti Sn-4 110-111°C. Hitinn fór síðan hækkandi og mældist lengst af 116°C fram í lok nóvember 1985, en þá var dæla gangsett í Sn-6 og lækkaði þá vatnshiti Sn-4 aftur í 110-111°C. Hinn 14. maí 1988, skömmu fyrir dæluhlé, sem varð þegar skipt var um dælu, mældist hitinn enn 111,1°C. Ádælingar og loftdælingar í Sn-6 í ársbyrjun 1985 (Þorsteinn Thorsteinsson, 1985) leiddu í ljós náíð samband milli neðri og heitari vatnsæða Sn-4 og Sn-6 og getur því dæling úr Sn-6 valdið því að hlutur neðri og heitari vatnsæða Sn-4 í heildarvatnsmagni hennar minnki og að vatnið kólni. Hiti eftir gangsetningu í Sn-4 þann 23. september er þó ennþá 3-4°C lægri en áður hefur mælst (106,1°C, 8. desember 1988). Vatnshiti annarra vinnsluhola (102-103°C í Sn-3, 94-95°C

í Sn-5 og 117°C í Sn-6) hefur verið óbreyttur. Til ofangreindra mælinga voru notaðir kvikasilfurshitamælar.

## 4.2 Vatnsstaða

Vatnsborð mælingaholanna, Sn-1 og Sn-2, var skráð með síritum ef frá eru talin stutt tímabil sem mælarnir hafa verið óvirkir vegna bilana, en á meðan voru gerðar stakar mælingar á vatnsborði holanna. Mæligildi á tímabilinu 1. janúar 1985 til 8. desember 1988 eru sýnd á mynd 7 ásamt áætlaðri vinnslu úr vinnsluholunum Sn-3, Sn-4, Sn-5 og Sn-6 sem rætt er um hér að framan. Árið 1988 mældist vatnsborð Sn-2 lægst 62,2 m í febrúar og apríl en hæst 49,8 m í júlí og er mismunur hæsta og lægsta vatnsborðs á árinu 12,4 m. Lægsta vatnsborð árið 1987 mældist í marslok, 57,7 m, og er lækkun milli ára þannig 4,5 m, en það er svipuð lækkun og varð á árabílinu 1980-1986 eins og sjá má á mynd 8 (Þorsteinn Thorsteinsson, 1987). Vatnsborð Sn-1 fylgir í stórum dráttum vatnsborði Sn-2 en er að jafnaði 1-3 m hærra.

## 5. NIÐURSTÖÐUR

Selta jarðhitavatnsins eykst jafnt og þétt, en þó hægar en á árunum 1980-1986. Vatnið úr holu Sn-4 hefur kólnað um 3-4°C á síðustu þrem árum, en vatn úr hinum holunum hefur ekkert kólnað enn. Breytingar í efnasamsetningu vatns úr Sn-5 og Sn-6 gætu bent til að kólnun væri yfirvofandi, en enn er breytingin ekki marktæk vegna þess hversu fá sýnin eru til að byggja á.

Árleg meðalvatnsvinnsla hefur aukist um 4,3%, úr 54,8 l/s árið 1987 í 58,2 l/s árið 1988. Jafnframt hefur lægsta vetrarvatnsborð holu Sn-2 lækkað um 4,6 m milli árana 1987 og 1988, en það er svipuð árleg lækkun og varð á árabílinu 1980-1986.

## HEIMILDIR

Helga Tulinius, Amanda L. Spencer, Guðmundur S. Böðvarsson, Hrefna Kristmannsdóttir, Þorsteinn Thorsteinsson, Árný E. Sveinbjörnsdóttir, 1987. *Reservoir studies of the Seltjarnarnes Geothermal field, Iceland*. OS-87032/JHD-07, 55 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, 1983. *Breytingar á efnasamsetningu jarðhitavatns á Seltjarnarnesi á tímabilinu 1970-1983*. OS-83106/JHD-19, 27 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, 1984. *Niðurstöður efnagreininga á djúpsýnum úr borholum Sn-1 og 2 á Seltjarnarnesi*. OS-84068/JHD-27 B, Ágúst 1984, 7 s.

Hrefna Kristmannsdóttir, 1986. *Exploitation induced infiltration of seawater into the Seltjarnarnes geothermal field, Iceland*. Geothermal Res. Council, Trans. 10, 389-393.

Hrefna Kristmannsdóttir og Helga Tulinius 1988. *Hitamæling og djúpsýnataka í Holu Sn-4 á Seltjarnarnesi 1988*. OS-88037/JHD-19 B, 8 s.

Þorsteinn Thorsteinsson, 1985. *Örvun og afkastageta holu Sn-6 á Seltjarnarnesi*. Orkustofnun, Greinargerð PTh-85/06. 8 s.

Þorsteinn Thorsteinsson, 1987. *Vatnsborðsmælingar í borholum á Seltjarnarnesi*. Orkustofnun, Greinargerð PTh-87/02. 4 s.

TAFLA 1. Efnainnihald jarðhitavatns á Seltjarnarnesi

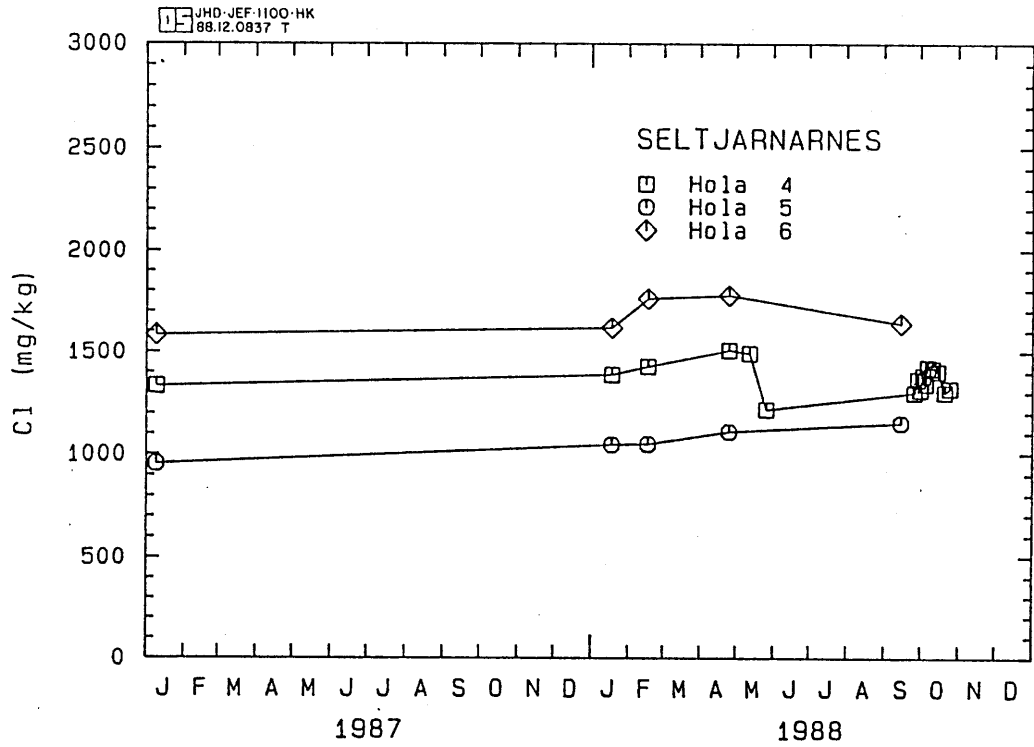
Staður	Sn-3	Sn-4	Sn-5	Sn-6	Sn-2	Áhaldahús
Dags.	880122	881007	880118	880118	880622	880622
Númer	88007	88204	88005	88004	88073	88074
Dýpi m					570	725
Híti °C	114,0	109,8	95,0	117,0	-	-
pH/°C	8,45/21	8,57/22	8,63/22	8,44/22	8,45/21	8,18/21
SiO <sub>2</sub>	123,8	101,2	109,9	122,9	92,3	85,9
Na	561	544	466	597	596	537
K	17,1	11,8	10,1	14,0	14,5	10,1
Ca	378	423	268	523	325	285
Mg	0,150	0,230	0,200	0,380	0,280	0,220
Heildar karbónat sem CO <sub>2</sub>	9,0	10,0	7,7	9,8	11,0	9,0
SO <sub>4</sub>	247	265	204	304	222	203
H <sub>2</sub> S	<0,03	0,07	0,10	0,10	0,00	0,00
Cl	1366	1387	1044	1617	1321	1167
F	0,64	0,65	0,75	0,67	0,55	0,53
Fe	<0,025	<0,025	0,025	0,025	-	-
Mn	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	-	-
Uppl.efni	2890	2984	2265	3484	2870	2577
			2370	3431	2541	2940

- ekki mælt

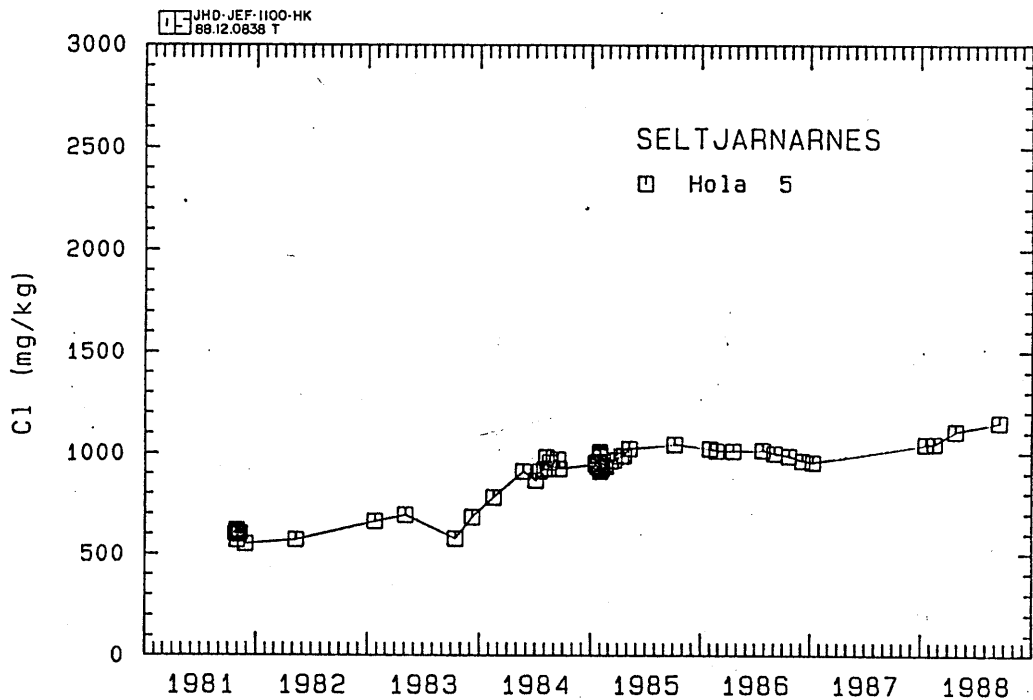
TAFLA 2. Vatnsmagn, Vatnsborð og hiti í holum Sn-4, Sn-5 og Sn-6, 1985-1988

Dagsetning	Vatnsmagn l/s	Vatnsborð m	Vatnshiti °C
Hola Sn-4			
85.05.31	16	33,0	115,0
86.04.22	16	58,4	110,5
88.05.14	15	49,0	111,1
88.12.08	16	52,0	106,1
Hola Sn-5			
86.04.22	22,1	76,4	94,4
87.01.09	20,8	66,0	95,8
87.03.02	22,1	68,0	95,8
88.05.14	21,3	69,0	95,0
88.12.08	23,1	69,0	95,0
88.12.08	23,1	76,0	94,5
Hola Sn-6			
86.04.22	28,1	62,0	116,5
87.01.09	25,4	60,0	117,2
87.03.02	26,2	62,0	117,2
88.04.03	28,1	67,0	116,5
88.12.08	28,4	70,0	116,5

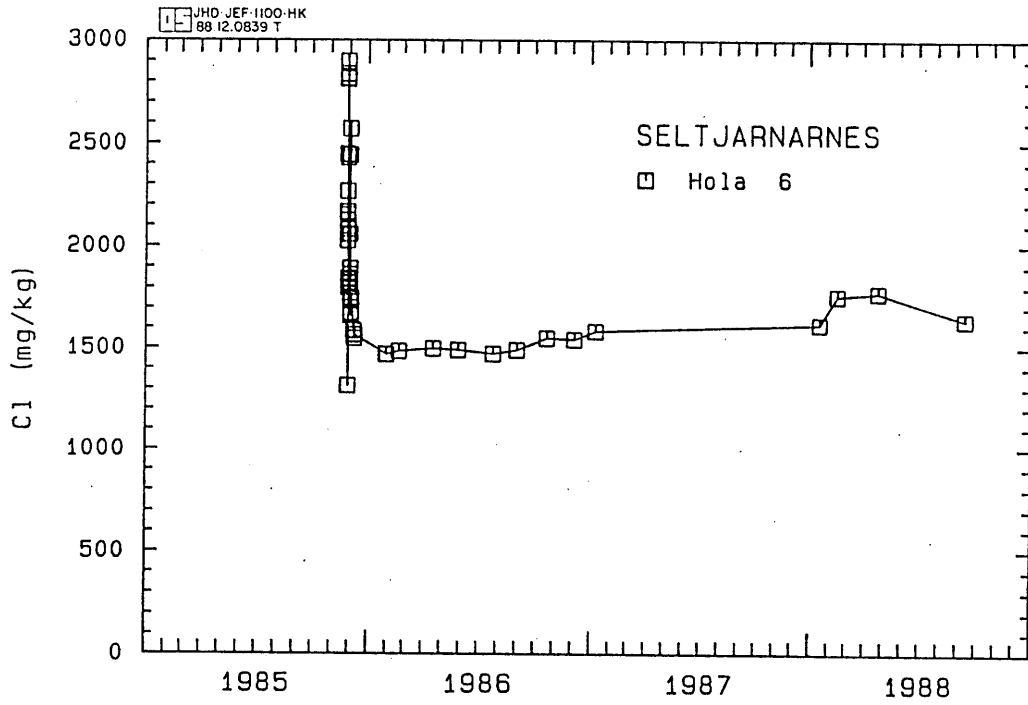




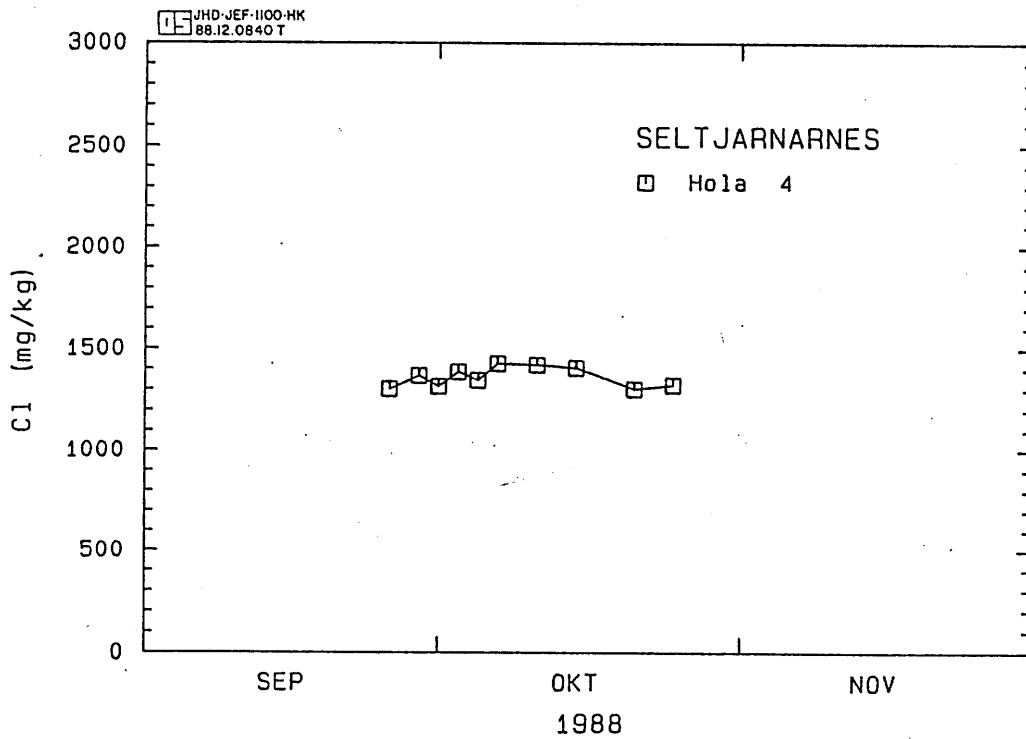
MYND 1. Breytingar á styrk klóríðs í dælingarvatni með tíma árin 1987 og 1988 í holum Sn-4, Sn-5 og Sn-6.



MYND 2. Styrkur klóríðs á móti tíma í vatni úr holu Sn-5 frá upphafi dælingar.



MYND 3. Styrkur klóríðs á móti tíma í vatni úr Sn-6 frá upphafi dælingar.

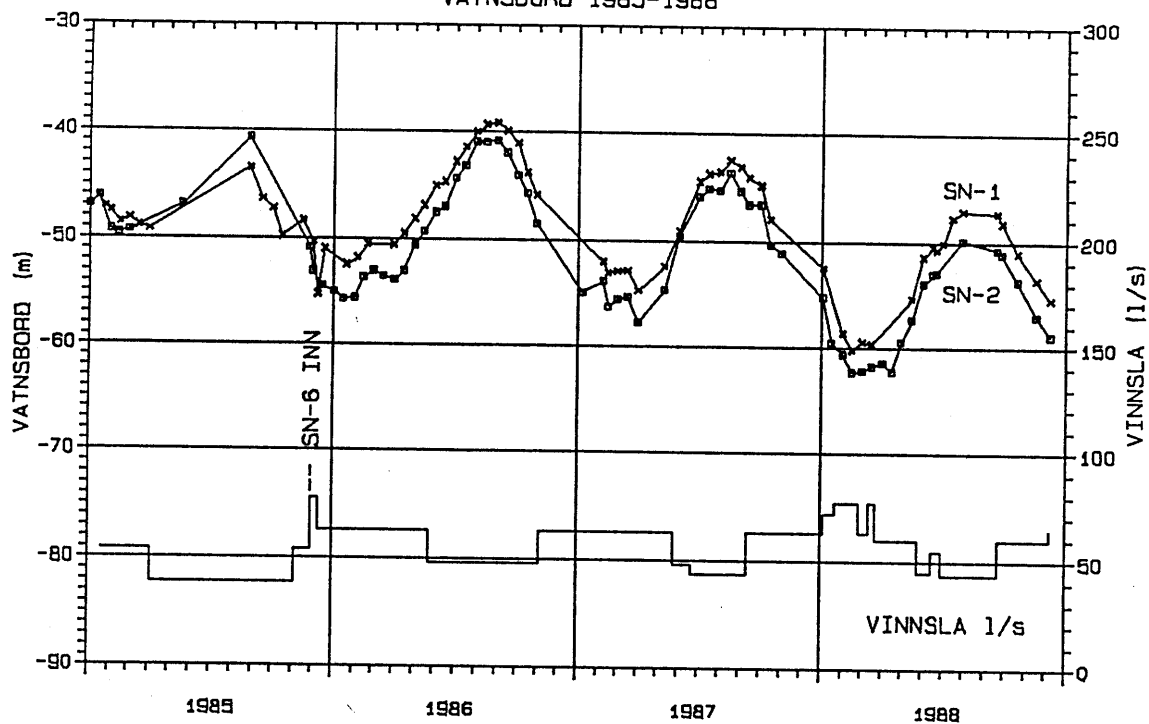


MYND 4. Klóríð í sýnum af dælingarvatni úr hólun Sn-4 fyrsta mánuðinn eftir að hólun var tekin í notkun eftir dæluupptekt í júlí.



JHD-BM-1100 pTh  
88.12.0754 T

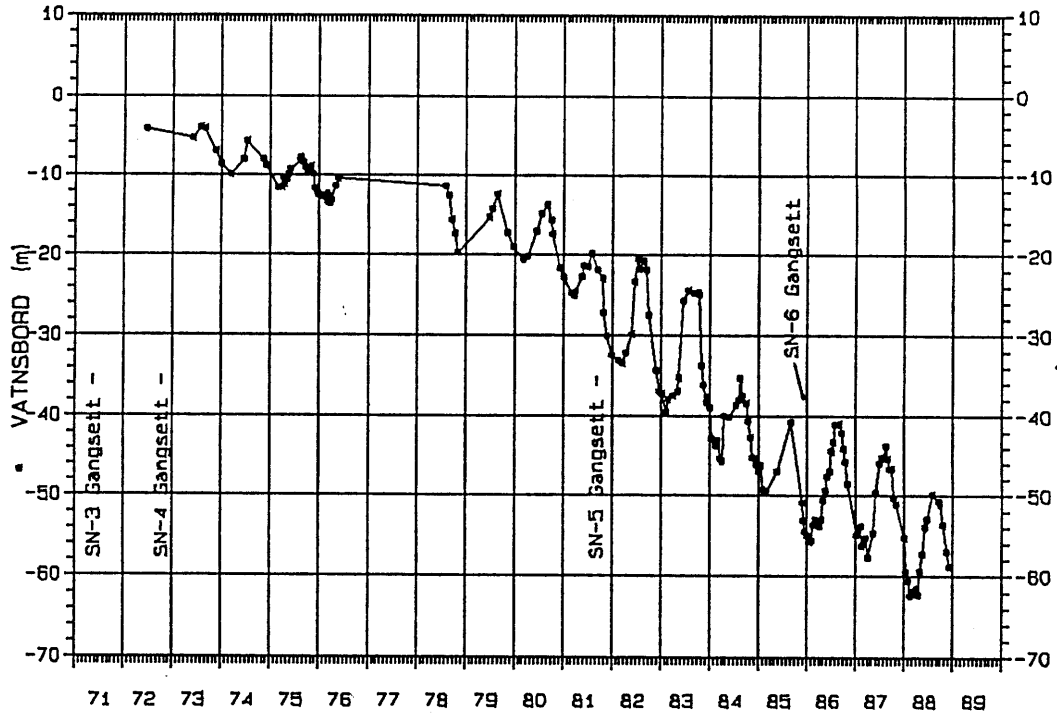
### HOLUR SN-1 OG SN-2 VATNSBORÐ 1985-1988



MYND 7. Vatnsborð hola Sn-1 og Sn-2 og áætluð vinnsla úr holum Sn-3, Sn-4, Sn-5 og Sn-6 1985-1988.

JHD-BM-1100 pTh  
88.12.0755 T

### HOLA SN-2 Á SELTJARNARNESI VATNSBORD 1972-1988



MYND 8. Vatnsborð holu Sn-2 á Seltjarnarnesi 1972-1988.