



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

HITAVEITA DALVÍKUR

**Eftirlit með jarðhitavinnslu
við Hamar árið 1992**

Guðni Axelsson
Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur

OS-93020/JHD-11 B

Apríl 1993



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 610 631
/os/pi/jhd.os/eftirlit/dalvik92.t

HITAVEITA DALVÍKUR

**Eftirlit með jarðhitavinnslu
við Hamar árið 1992**

Guðni Axelsson
Guðrún Sverrisdóttir

Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur

OS-93020/JHD-11 B

Apríl 1993

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. VINNSLA OG VATNSBORÐ	3
3. EFNASTYRKUR	5
4. VATNSBORÐSSPÁR	6
5. LOKAORÐ	7
6. HEIMILDIR	8

TÖFLUSKRÁ

1. Ársmeðalvinnsla við Hamar 1970-1992	4
2. Efnasamsetning vatns úr holu 11 við Hamar	5
3. Efnasamsetning hlutsýna úr holu 11 við Hamar	6

MYNDASKRÁ

1. Vatnsborð og vinnsla árin 1991 og 1992	8
2. Vatnsborð og vinnsla árin 1977-1992	9
3. Vatnshiti holu 11 árin 1988-1992	9
4. Kísilstyrkur og vinnsla árin 1977-1992	10
5. Kísilstyrkur vatns úr holu 11 árin 1988-1992	10
6. Reiknað vatnsborð árin 1980-1992 skv. líkani frá 1988 borið saman við mælt vatnsborð	11
7. Reiknað vatnsborð árin 1980-1992 skv. endurskoðuðu líkani borið saman við mælt vatnsborð	11
8. Spár um lægsta vatnsborð holu 11 til ársins 2037	12

1. INNGANGUR

Í þessari skýrslu er fjallað um eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar í Svarfaðardal, vinnsluvæði Hitaveitu Dalvíkur, árið 1992. Hún er fimmta árlega skýrslan unnin samkvæmt samningi hitaveitunnar og Orkustofnunar um slíkt eftirlit (Guðrún Sverrisdóttir og Guðni Axelsson, 1989; Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1990 og 1991; Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1992). Eins og áður hefur verið bent á er mikilvægt að nákvæmt vinnslueftirlit sé haft með jarðhitakerfinu við Hamar, eins og verið hefur undanfarinn áratug. Hitaveita Dalvíkur safnar gögnum um vatnstöku, vatnsborð og vatnshita en Orkustofnun sér um töku vatnssýna, efnagreiningu þeirra og úrvinnslu gagnanna.

Auk venjulegs eftirlits var á síðasta ári ákveðið að taka um eins árs skeið mánaðarlega vatnssýni úr holu 11 til greininga á kísli (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1992). Tilgangurinn er að kanna hugsanlegar breytingar í styrk kísils vegna árssveiflu í vinnslu, en hingað til hafa sýni aðeins verið tekin einu sinni á ári. Hitaveita Dalvíkur hefur tekið þessi sýni síðan í september 1992 og sent til greininga á Orkustofnun.

Árið 1988 voru reiknaðar vatnsborðsspár fyrir jarðhitakerfið við Hamar til ársins 2010 fyrir fjögur mismunandi vinnslutilfelli (Guðni Axelsson, 1988). Við reikningana var notað þjappað líkan af jarðhitakerfinu. Vatnsborð hafði þá farið hækkandi frá því skipt var um sölufyrirkomulag árið 1986 og var því spáð að vatnsborð myndi taka að lækka strax á árinu 1989. Þessi spá hefur reynst nokkuð svartsýn og er vatnsborð enn ekki tekið að lækka á ný. Þess vegna hafa vatnsborðsspárnar verið endurskoðaðar og eru niðurstöðurnar birtar hér á eftir.

2. VINNSLA OG VATNSBORÐ

Hola 11 hefur verið aðalvinnsluhola Hitaveitu Dalvíkur síðan í lok júlí 1988, en hola 10 er varahola veitunnar. Rennslismælur eru á lögnum frá báðum holunum og einnig er rennslismælir á aðalæðinni til Dalvíkur. Lesið hefur verið af rennslismælinum á aðalæðinni á tveggja daga fresti að jafnaði, en mælir við holu 11 hefur verið bilaður síðan í júní 1989. Jafnframt var vatnsborð mælt á hálfsmánaðar fresti í holum 7 og 9, sem hafa verið eftirlitsholur síðan steipt var í holu 2 í október 1990. Mælirör til vatnsborðsmælinga í holum 10 og 11 eru biluð.

Á mynd 1 er sýnd vikuleg meðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu við Hamar, samkvæmt rennslismælinum á aðalæðinni, ásamt vatnsborðsbreytingum í eftirlitsholunum síðustu tvö árin. Vinnsla og vatnsborð frá því í september 1977, er hola 10 tók við sem vinnsluhola veitunnar, eru sýnd til samanburðar á mynd 2. Auk þess eru í töflu 1 birtar tölur um ársmeðalvinnslu úr svæðinu frá því nýting þess hófst. Tölur fyrir árin 1970 til og með 1981 eru byggðar á vatnssölu hitaveitunnar þessi ár og mánaðarmeðalvinnsla árána 1978 til 1981 á mynd 2 var áætluð útfrá veðurfari og áætlaðri heildarvinnslu hvers árs.

Ársmeðalvinnslan hefur haldist nokkuð stöðug frá því sölukerfi hitaveitunnar var breytt árið 1986, eða um 26,5 l/s að meðaltali. Hún var minnst árið 1991, en þá var óvenju hagstætt tíðarfar. Á síðasta ári var meðalvinnslan 26,3 l/s sem er í meðallagi. Þó var tíðarfar frekar kalt. Mest var vikumeðalvinnslan um 37,5 l/s í febrúar en minnst um 13 l/s í júlí.

Tafla 1. Ársmeðalvinnsla við Hamar 1970-1992.

Ár	Meðalvinnsla (l/s)	Athugasemdir
1970-73	22,5	hola 2, áætlað
1974	23,5	hola 2, áætlað
1975	29,1	holur 2 og 9, áætlað
1976	29,9	hola 9, áætlað
1977	30,6	holur 9 og 10, áætlað
1978	32,3	hola 10, áætlað
1979	37,2	hola 10, áætlað
1980	37,5	hola 10, áætlað
1981	39,9	hola 10, áætlað
1982	42,0	hola 10, mælt
1983	41,1	hola 10, mælt
1984	40,0	hola 10, mælt
1985	40,8	hola 10, mælt
1986	32,2	hola 10, mælt
1987	26,4	hola 10, mælt
1988	27,4	holur 10 og 11, mælt
1989	26,4	hola 11, mælt
1990	26,8	hola 11, mælt
1991	24,8	hola 11, mælt
1992	26,3	hola 11, mælt

Vatnsborð fór lægst í um 16 m í mars en hæst í um 10 m í ágúst. Síðan sölukerfinu var breytt hefur vatnsborð verið að hækka í jarðhitakerfinu (mynd 2). Á síðasta ári hægði verulega á hækkuninni. Í kafla 4 hér á eftir eru birtar spár um vatnsborðsbreytingar í jarðhitakerfinu næstu áratugina.

Við athugun á vatnsborðsmælingum úr holum 7 og 9 síðustu árin hefur komið í ljós að þær virðast sýna örlítið hærra vatnsborð en áætla má að hola 2 hefði sýnt, en hola 2 var mælihola fram í október 1990. Áætlað hefur verið að hér muni um 1,5 m. Þetta hefur ekki verið leiðrétt á myndum 1 og 2, en hins vegar var tekið tillit til þess í reikningunum sem lýst er í kafla 4.

Mynd 3 sýnir hita vatns úr holu 11, skv. mælingum hitaveitunnar, eftir að holan tók við sem aðalvinnsluhola. Vatnshitinn virðist ekki hafa breyst marktækt á þessum árum og er hann um 64 °C. Væg árssveifla í hitamælingunum endurspeglar væntanlega það að vatnið kólnar örlítið meira á leið sinni upp holuna á sumrin þegar vinnsla er lítil. Miðað við nýtingu niður í 30°C svarar vinnsla ársins 1992 til um 32 GWh orkuvinnslu.

3. EFNASTYRKUR

Þann 31. október sl. tóku starfsmenn Orkustofnunar sýni til heildarefnagreiningar úr holu 11 líkt og gert hefur verið árlega síðan holan tók við sem aðalvinnsluhola Hitaveitu Dalvíkur árið 1988. Efnagreiningum á þessu sýni er nú lokið og eru niðurstöður birtar í töflu 2 ásamt greiningum úr holunni allt frá árinu 1988. Auk þessa venjubundna efnaeftirlits, þótti fýsilegt að vita hvort efnastyrkur breytist með breytilegri vinnslu úr svæðinu (Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson 1992). Því var ákveðið að hitaveitan tæki sýni mánaðarlega og sendi Orkustofnun til greininga á kísli, klóríði og magnesíum. Þessi hlut-sýnataka hófst í september 1992 og er hiti ásamt styrk kísils, klóríðs, magnesíums og súlfats skráður í töflu 3.

Tafla 2. Efnasamsetning vatns úr holu 11 við Hamar (mg/kg).

Dagsetning Númer	88-10-17 88-0175	89-10-06 89-0099	90-11-23 90-0282	91-10-23 91-0198	92-10-31 92-0267
Hiti (°C)	64,0	64,0	65,2	64,4	64,0
Sýrustig (pH)	10,05/17	10,30/17	10,31/18	10,34/20	10,34/19
Kísill (SiO ₂)	88,9	88,2	89,4	90,5	89,2
Natríum (Na)	49,2	48,2	48,5	48,2	48,2
Kalíum (K)	0,7	0,6	0,6	0,5	0,6
Kalsíum (Ca)	2,0	1,9	2,1	2,1	2,1
Magnesíum (Mg)	0,004	0,001	0,001	0,008	0,001
Karborat (CO ₂)	12,0	13,3	16,7	15,0	15,7
Súlfat (SO ₄)	13,4	13,3	13,0	13,2	13,1
Brennist.vetni (H ₂ S)	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	9,2	9,3	9,0	9,4	9,1
Flúoríð (F)	0,50	0,49	0,48	0,50	0,48
Járn (Fe)	-	0	-	-	-
Ál (Al)	-	-	0,088	0,081	-
Bór (B)	-	0,09	0,09	0,10	-
Brómíð (Br)	0,03	0,03	0,03	0,028	0,03
Nítrat (NO ₃)	0	0	-	0	-
Uppleyst efni	225	205	208	212	211

- : ekki mælt

Í töflu 2 sést að efnasamsetning vatns úr holu 11 hefur verið mjög stöðug frá því hún var tekin í notkun. Eina marktæka breytingin er sú að kísill hækkaði lítillega á árunum 1990 og 1991. Kísilstyrkur í sýni ársins 1992 mælist svo aftur lítið eitt lægri, en sú breyting er innan skekkjumarka greiningarinnar. Mynd 4 sýnir kísilstyrkinn í holu 11 og einnig í holu 10, sem var vinnsluhola áður en hola 11 var boruð, allt frá árinu 1977. Þar sést greinilega að kísilstyrkur lækkaði í holu 10 fram til ársins 1986, þegar sölukerfi veitunnar var breytt. Það er að öllum líkindum vegna kólnunar af völdum mikillar vinnslu úr jarð-hitakerfinu. Þegar hola 11 var boruð kom í ljós að efnasamsetning vatns úr henni var nánast eins og úr holu 10. Af því var dregin sú ályktun að holurnar fengju vatn úr sama

vatskerfi (Guðrún Sverrisdóttir og Guðni Axelsson, 1989). Eftir að steipt hafði verið í nokkrar gamlar holur á svæðinu, þ.e. árin 1990 og 1991, verður svo dálítill hækkun í kísilstyrk, eins og áður segir. Ekki er enn komið í ljós hversu viðvarandi sú hækkun verður. Stöðugur efnastyrkur bendir þó til að jarðhitakerfið sé í nokkuð góðu jafnvægi við núverandi vinnslu.

Tafla 3. Efnasamsetning hlutsýna úr holu 11 við Hamar (mg/kg).

Dagsetning Númer	92-09-02 92-0195	92-10-22 92-0260	92-11-18 92-0295	92-12-16 92-0363	93-01-14 93-0007	93-02-15 93-0019
Hiti (°C)	63,9	63,9	64,0	64,1	64,1	64,2
Kísill (SiO ₂)	89,3	89,4	89,8	89,6	89,9	89,9
Mg (Mg)	0,005	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002
Klóríð (Cl)	9,4	9,1	9,1	9,3	9,2	9,2
Súlfat (SO ₄)	13,0	13,1	13,1	12,6	13,1	13,1

Í töflu 3 sést að kísill hefur ekki breyst marktækt á því tímabili sem sýni hafa verið tekin mánaðarlega þó svo vinnslan hafi aukist um helming. Mynd 5 sýnir kísilstyrk heilsýna og hlutsýna teiknaðan á móti tíma frá árinu 1988. Ekki er þó hægt að draga miklar ályktanir fyrir en mánaðarlegar greiningar yfir lengra tímabil liggja fyrir.

4. VATNSBORÐSSPÁR

Árið 1988 voru reiknaðar vatnsborðsspár fyrir jarðhitakerfið við Hamar til ársins 2010 (Guðni Axelsson, 1988). Við reikningana var notað þjappað líkan af jarðhitakerfinu, sem hermdi þau gögn sem þá voru tiltæk um vatnsborð og vinnslu. Því var spáð að vatnsborð myndi strax á árinu 1989 taka að lækka á ný, en í reynd er vatnsborð enn ekki farið að lækka. Vatnsborðsspárnar frá 1988 hafa því reynt í svartsýnni kantinum, en á þeim tíma gáfu tiltæk gögn ekki ástæðu til meiri bjartsýni.

Því þótti ástæða til að endurreikna vatnsborðsspárnar og taka tillit til þeirra gagna sem nú eru tiltæk til viðbótar. Í fyrsta lagi var líkanið frá 1988 notað til þess að reikna vatnsborð fyrir vinnslusögu svæðisins fram til ársins 1993. Niðurstöðurnar eru sýndar á mynd 6. Líkanið frá 1988 byggði á vatnsborðsmælingum sem sýndar eru með svörtum kössum á myndinni. Reiknað vatnsborð er sýnt með heildregnum ferli, sem bera má saman við mælt vatnsborð eftir 1988 sýnt með opnum kössum. Á myndinni sést að vatnsborð reiknast nokkru lægra en það mælist og er munurinn orðinn allt að 4 m árið 1992.

Þjappaða líkanið var síðan endurskoðað og það látið herma þau vatnsborðsgögn sem tiltæk eru í dag. Niðurstöðurnar eru birtar á mynd 7. Þar sést að líkanið hermir nú mjög vel vatnsborðssögu svæðisins.

Endurskoðað líkanið var að síðustu notað til þess að reikna vatnsborðsspár til næstu 45 ára fyrir þrjú vinnslutilfelli. Í fyrsta lagi óbreytta meðalvinnslu frá því fyrir sölukerfisbreytingu eða 41 l/s. Í öðru lagi óbreytta meðalvinnslu síðustu sex ára eða 27 l/s. Í

þriðja lagi var reiknuð spá fyrir 1 % árlegan vöxt í vinnslu frá því sem nú er. Í seinasta tilfallinu breytist ársmeðalvinnslan úr 27 l/s árið 1993 í 41,5 l/s árið 2038. Niðurstöðurnar eru birtar á mynd 8, en sú mynd sýnir reyndar áætlað lægsta vatnsborð í holu 11 þar sem tekið hefur verið tillit til árssveiflu í vatnsborði og iðustreymistaps í holunni.

Mynd 8 sýnir að við núverandi vinnslu mun vatnsborð væntanlega lækka mjög hægt næstu áratuginu og í lok spátímans verður það ekki enn farið að nálgast lægsta vatnsborð árið 1986. Árið 1988 var því spáð að við 27 l/s meðalvinnslu myndi vatnsborðið ná sama dýpi á 25 árum. Rétt er að taka það fram að mögulegt er að vatnsborð í jarðhitakerfinu nái jafnvægi við núverandi vinnslu, en fyrirliggjandi gögn nægja ekki til þess að skera úr um það hvort svo verður eða ekki. Því eru vatnsborðsspáarnar hafðar í svartsýnni kantinum. Mynd 8 sýnir jafnframt að ef reiknað er með 1 % árlegri aukningu í vinnslu, sem ekki er óeðlilegt, þá verður vatnsborð komið í sama dýpi og fyrir sölukerfisbreytingu árið 2017.

5. LOKAORÐ

1. Ársmeðalvinnsla úr jarðhitakerfinu við Hamar var 26,3 l/s árið 1992, sem er í meðallagi miðað við undanfarin ár. Vatnsborð í jarðhitakerfinu mældist á um 10 m dýpi í ágúst síðastliðnum, en það hefur farið hækkandi frá því sölukerfinu var breytt árið 1986. Árið 1992 hægði hins vegar á hækkuninni. Hiti vatns úr holu 11 hefur haldist um 64°C að jafnaði undanfarin ár. Vinnsla ársins 1992 svarar til 32 GWh orkuvinnslu.
2. Ekki hafa orðið marktækar breytingar á efnasamsetningu vatns úr holu 11 frá því holan var tekin í notkun, utan þær að kísilstyrkur hækkaði lítillega á árunum 1990 og 1991. Ásamt litlum vatnsborðsbreytingum milli ára ber það vitni um að jarðhitakerfið við Hamar sé í góðu jafnvægi við núverandi vinnslu. Ekki sjást ennþá marktækar breytingar á efnastykk mánaðarlegra hlutsýna sem tekin hafa verið frá því í september 1992.
3. Mikilvægt er að haldið verði áfram virku eftirliti með jarðhitasvæðinu við Hamar. Í því sambandi má nefna að Orkustofnun hefur aðstoðað nokkrar hitaveitur við að koma upp sjálfvirkum búnaði til þess að safna upplýsingum um vinnslu, vatnshita og jafnvel vatnsborð í borholum (Hrefna Kristmannsdóttir og fl., 1991). Æskilegt er að mánaðarleg sýni til kísilgreininga úr holu 11 verði tekin áfram, a.m.k. til hausts 1993.
4. Endurskoðaðar vatnsborðsspár sýna að við núverandi meðalvinnslu mun vatnsborð í jarðhitakerfinu lækka mjög hægt næstu áratugi. Ef vinnsla eykst hins vegar um 1 % á ári að jafnaði verður vatnsborð komið á sama dýpi og fyrir sölukerfisbreytinguna eftir um 25 ár.

6. HEIMILDIR

Guðni Axelsson, 1988: *Jarðhitasvæðið að Hamri í Svarfaðardal. Um afköst vinnsluhola Hitaveitu Dalvíkur.* Orkustofnun, OS-88053/JHD-11, 38 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

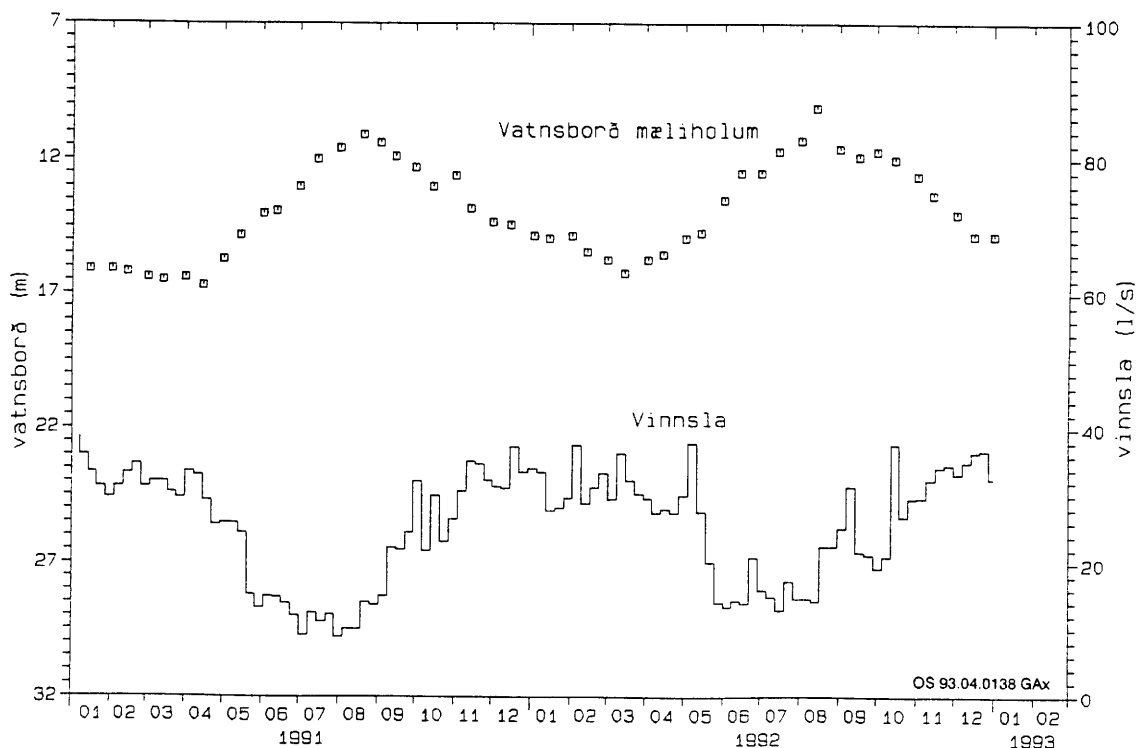
Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1992: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar.* Orkustofnun, OS-92024/JHD-1 B, 13 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1991: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Hamar 1990.* Orkustofnun, OS-91018/JHD-06 B, 7 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

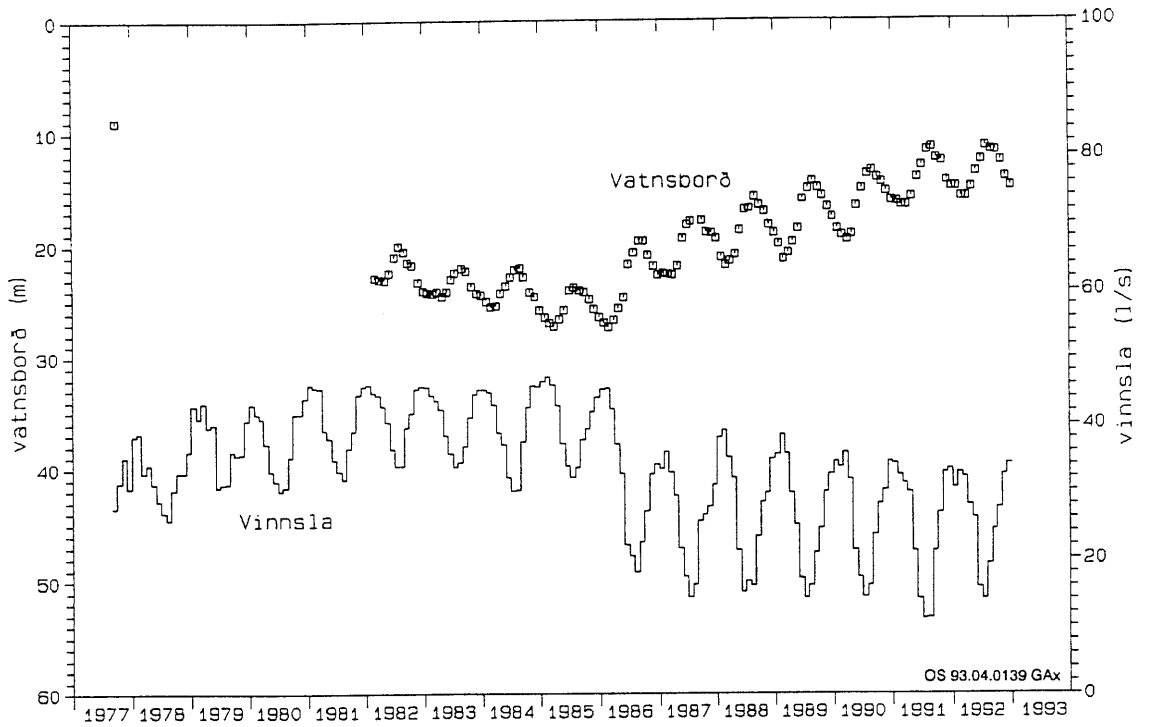
Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1990: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu að Hamari 1989.* Orkustofnun, OS-90011/JHD-04 B, 7 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

Guðrún Sverrisdóttir og Guðni Axelsson, 1989: *Hitaveita Dalvíkur. Eftirlit með jarðhitavinnslu að Hamri ágúst 1988 - maí 1989.* Orkustofnun, OS-89025/JHD-10 B, 8 s. Unnið fyrir Hitaveitu Dalvíkur.

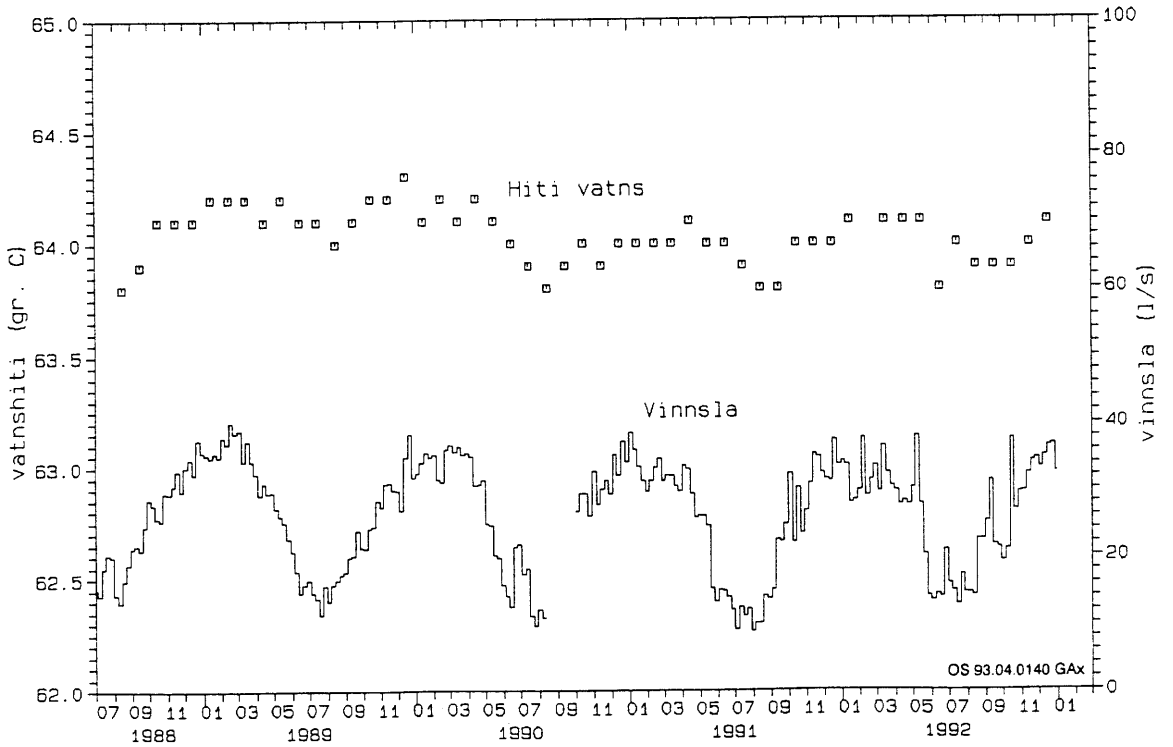
Hrefna Kristmannsdóttir, Sverrir Hákonarson og Jens Tómasson, 1991: Orkuforði hitaveitna. Samræmd gagnasöfnun og vinnslueftirlit með jarðhitasvæðum í nýtingu. Erindi flutt á Orkuþingi 91, Reykjavík, nóvember 1991, 9 s.



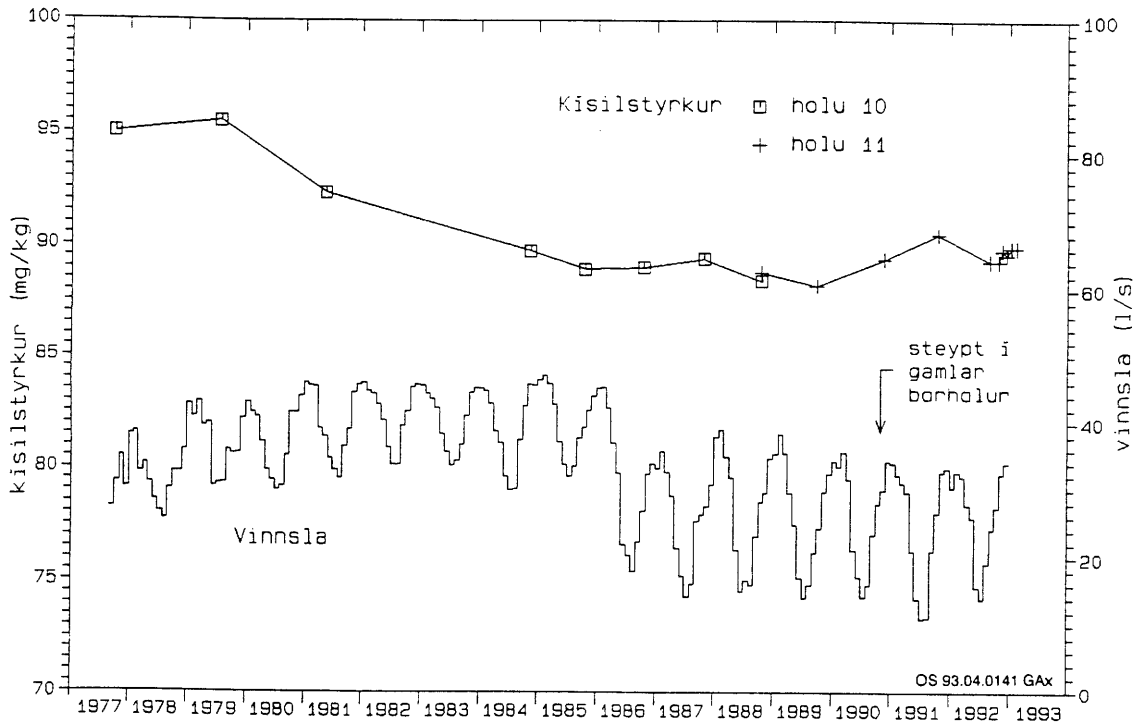
Mynd 1. Vatnsborð og vinnsla árin 1991 og 1992.



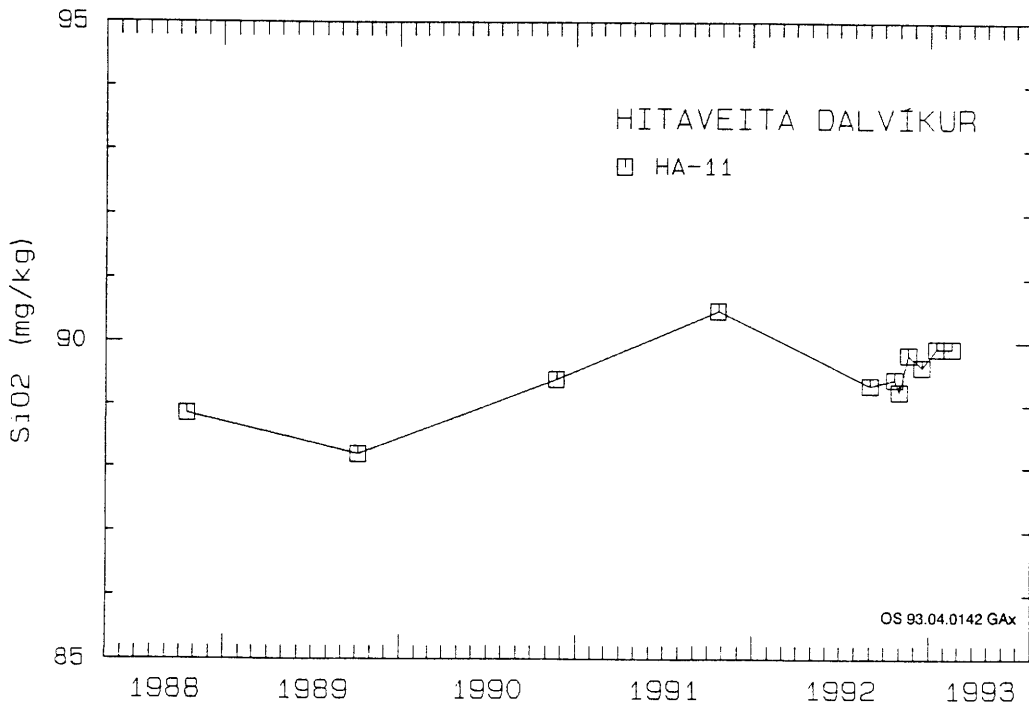
Mynd 2. Vatnsborð og vinnsla árin 1977-1992.



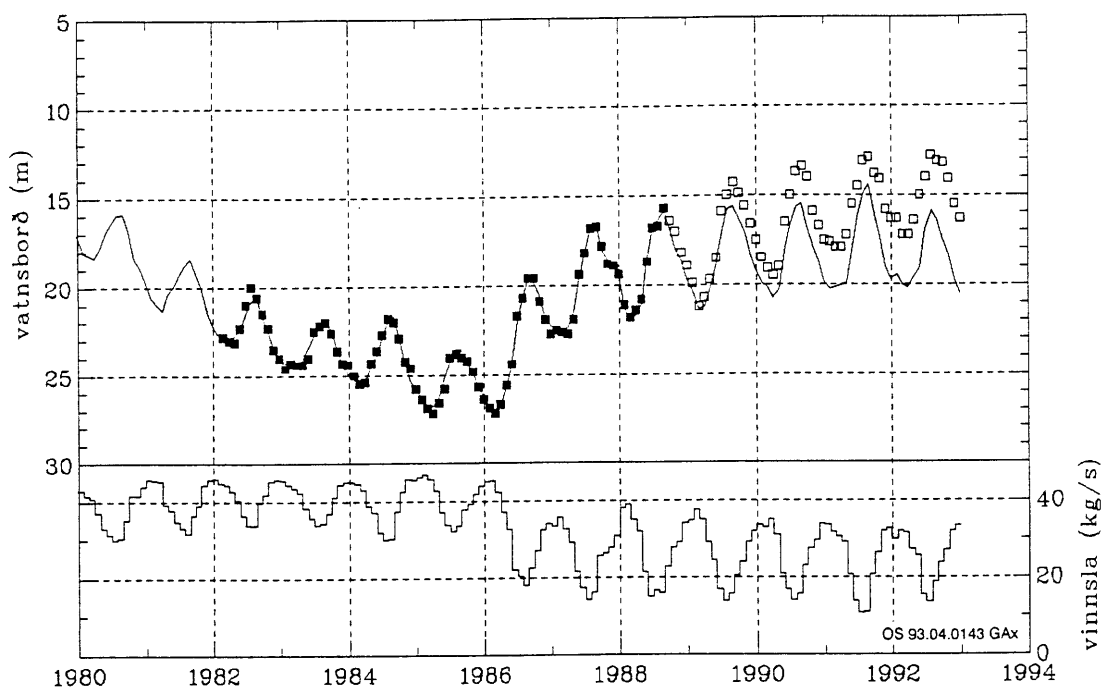
Mynd 3. Vatnshiti holu 11 árin 1988-1992.



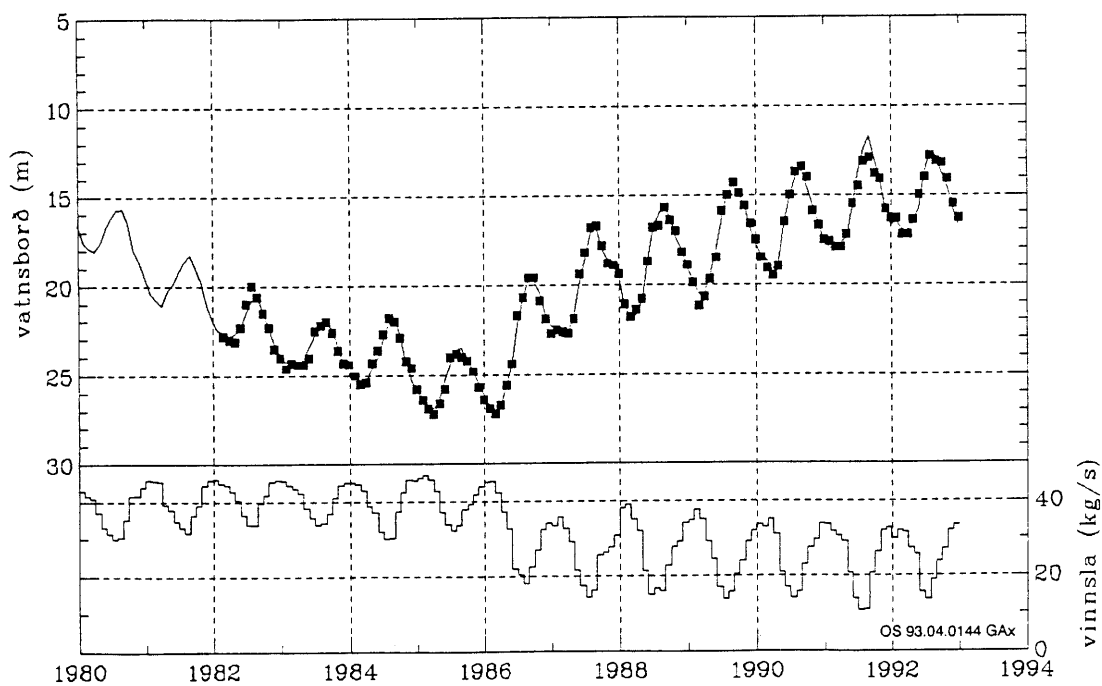
Mynd 4. Kísilstyrkur og vinnsla árin 1977-1992.



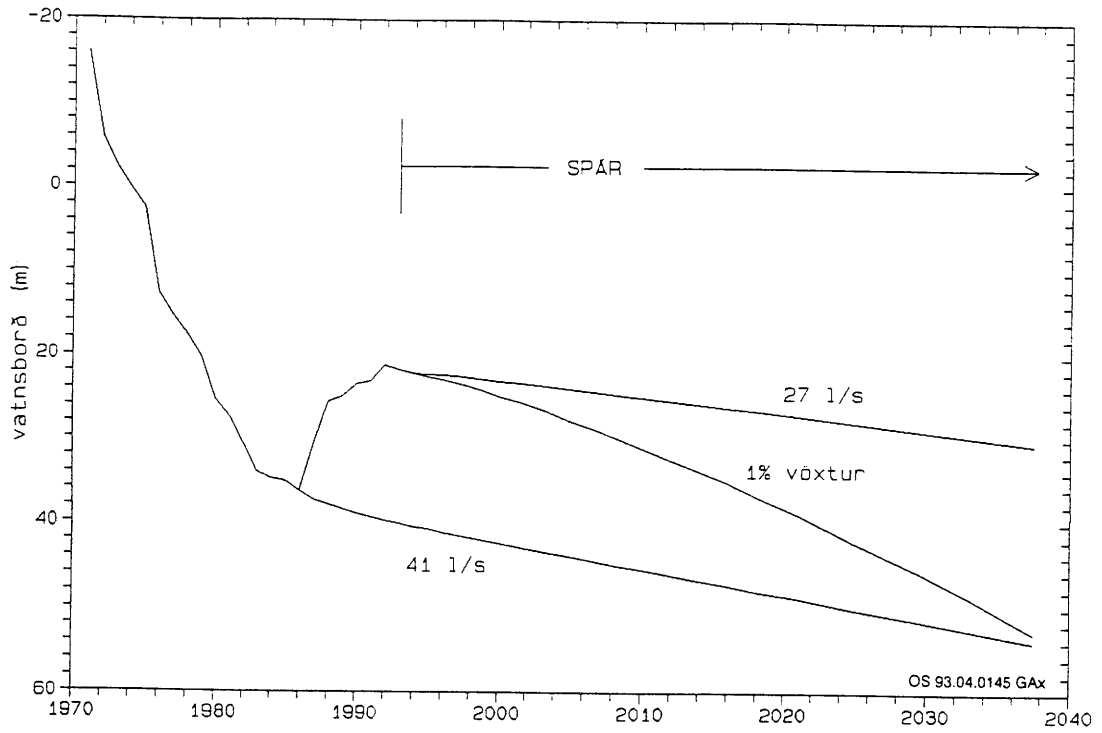
Mynd 5. Kísilstyrkur vatns úr holu 11 árin 1988-1992.



Mynd 6. Reiknað vatnsborð árin 1980-1992 skv. líkani frá 1988 (lína) borið saman við mælt vatnsborð (kassar).



Mynd 7. Reiknað vatnsborð árin 1980-1992 skv. endurskoðuðu líkani (lína) borið saman við mælt vatnsborð (kassar).



Mynd 8. Spár um lægsta vatnsborð holu 11 til ársins 2037.