

Hrefna Kristmannsdóttir
Guðni Axelsson
Vigdís Harðardóttir

Hitaveita Rangæinga

**Eftirlit með jarðhitavinnslu á vinnslusvæðum
veitunnar á Laugalandi í Holtum og í
Kaldárholti árið 2001**

Unnið fyrir Hitaveitu Rangæinga

OS-2002/009

Febrúar 2002

ISBN

ORKUSTOFNUN – RANNSÓKNASVIÐ

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

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

Sími: 463 0559 – Fax: 463 0560

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

Skýrsla nr.: OS-2002/009	Dags.: Febrúar 2002	Dreifing: <input checked="" type="checkbox"/> Opin <input type="checkbox"/> Lokuð til
Heiti skýrslu / Aðal- og undirtitill: HITAVEITA RANGÆINGA Eftirlit með jarðhitavinnslu á vinnslusvæðum veitunnar á Laugalandi í Holtum og í Kaldárholti árið 2001		Upplag: 30
		Fjöldi síðna: 21
Höfundar: Hrefna Kristmannsdóttir Guðni Axelsson Vigdís Harðardóttir		Verkefnisstjóri: Hrefna Kristmannsdóttir
Gerð skýrslu / Verkstig: Árlegt vinnslueftirlit		Verknúmer: 8-610861
Unnið fyrir: Unnið fyrir Hitaveitu Rangæinga		
Samvinnuaðilar:		
Útdráttur: Gerð er grein fyrir eftirliti með jarðhitavinnslu hjá Hitaveitu Rangæinga árið 2001. Í nóvember 2001 voru tekin heilsýni úr vinnsluholunum til að greina öll aðalefni og helstu sporefni, og einnig var mælt súrefni og brennisteinsvetni í miðlunartönkum. Jafnframt voru tekin nokkur hlutsýni úr LWN-4 til greininga á ákveðnum aðalefnum á árinu. Dregið hefur úr þynningu vatns í holu LWN-4 vegna niðurdælingar í jarðhitakerfið á Laugalandi og hitastig þar er stöðugt. Nær engin breyting hefur orðið á efnasamsetningu vatns úr KH-36 í Kaldárholti. Meðalvinnsla árið 2001 var 10,2 l/s á Laugalandi og 21,2 l/s í Kaldárholti. Nettó orkuvinnsla Hitaveitunnar nam 49 GWh á árinu. Tímabært er að endurskoða líkanið sem notað hefur verið til hernmireikninga fyrir jarðhitakerfið á Laugalandi og áhugavert að reikna nýjar vatnsborðsspár fyrir jarðhitakerfið í Kaldárholti. Mikilvægt er að halda áfram nákvæmu eftirliti á báðum vinnslusvæðunum.		
Lykilorð: Hitaveita, eftirlit, vinnsla, hiti, efnastyrkur, vatnsborð, jarðskjálftar, Laugaland í Holtum, Kaldárholt		ISBN-númer:
		Undirskrift verkefnisstjóra:
		Yfirfarið af: PI

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR.....	5
2. EFNASAMSETNING VATNS.....	5
2.1. Hola LWN-4.....	5
2.2. Hola KH-36.....	9
2.3. Dreifikerfi.....	11
3. ÁHRIF JARÐSKJÁLFTANNA Í JÚNÍ 2000 Á EFNASAMSETNINGU VATNS..	12
.....	12
4. ORKUVINNSLA, NIÐURDÆLING, VATNSBORÐS- OG HITABREYTINGAR	13
.....	13
5. SAMANTEKT OG NIÐURSTÖÐUR.....	19
6. HEIMILDIR.....	20

TÖFLUR

Tafla 1. <i>Efnasamsetning vatns úr holu LWN-4.</i>	7
Tafla 2. <i>Niðurstöður hlutsýna úr holu LWN-4.</i>	8
Tafla 3. <i>Efnasamsetning vatns úr holu KH-36.</i>	10
Tafla 4. <i>Niðurstöður mælinga á súrefni og brennisteinsvetni í miðlunartönkum og á holutoppi á virkjunarsvæðum Hitaveitu Rangæinga.</i>	11
Tafla 5. <i>Upplýsingar um jarðhitavinnslu Hitaveitu Rangæinga 1982–2001.</i>	14

MYNDIR

Mynd 1. <i>Breytingar í styrk klóríðs með tíma tíma í vatni úr holu LNW-4 á Laugalandi.</i>	8
Mynd 2. <i>Breytingar á styrk natríums með tíma í vatni úr holu LNW-4 á Laugalandi.</i>	8
Mynd 3. <i>Breytingar í styrk kísils með tíma í vatni úr holu LNW-4 á Laugalandi.</i>	9
Mynd 4. <i>Breyting á styrk magnesíums með tíma í holu LNW-4 sumarið 2000.</i>	12
Mynd 5. <i>Vatnsborð í holum LWN-4 (----) og GN-1 (—) ásamt vinnslu.</i>	16
Mynd 6. <i>Vatnsborð og vinnsla á Laugalandi frá 1982.</i>	16
Mynd 7. <i>Hiti vatns úr LWN-4 skv. mælingum Hitaveitunnar og vinnsla á Laugalandi frá 1987.</i>	17
Mynd 8. <i>Vikumedeðalvinnsla og vikulegar vatnsborðsmælingar fyrir holu KH-36.</i>	18

1. INNGANGUR

Skýrslan fjallar um vinnslueftirlit hjá Hitaveitu Rangæinga árið 2001. Verkið er unnið samkvæmt samningi Hitaveitu Rangæinga og Orkustofnunar nr. 611861–1989. Tekið er saman yfirlit yfir vatnstöku á vinnslusvæðum veitunnar á Laugalandi í Holtum og í Kaldárholti og áhrif vinnslunnar á vatnsborð og hita. Fjallað er um efnasamsetningu vatns úr vinnsluholum hitaveitunnar LWN-4 og KH-36 og túlkaðar þær breytingar, sem kunna að hafa orðið á henni. Sambærilegar skýrslur hafa verið teknar saman mörg undanfarin ár (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997, 1998, 2000; Magnús Ólafsson o. fl., 1990; Vigdís Harðardóttir o. fl., 1999). Vinnsla á jarðhitasvæðinu í Kaldárholti hefur nú staðið í rétt tvö ár og í kjölfarið hafa mikil umskipti orðið í rekstri Hitaveitu Rangæinga. Suðurlandsskjálftarnir sumarið 2000 höfðu mikil áhrif á rekstur veitunnar (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl. 2001), einkum vegna skemmda á lögnum og búnaði og þeirri endurnýjun á aðveitu sem fylgdi í kjölfarið. Á árinu 2001 voru enn að koma fram áhrif þessara náttúruhamfara.

2. EFNASAMSETNING VATNS

Þann 30. nóvember 2001 tóku sérfræðingar Orkustofnunar eitt heilsýni úr hvorri vinnsluholna veitunnar, LWN-4 og KH-36, til greininga á öllum aðalefnum og helstu sporefnum eins og venja er. Samhliða þeirri sýnatöku var mælt súrefni og brenni-steinsvetni í miðlunartönkum bæði í Kaldárholti og á Laugalandi. Jafnframt voru tekin nokkur hlutsýni á árinu úr holu LWN-4 til greininga á ákveðnum lykilefnum, sem unnt er að mæla án meðhöndlunar sýnis, og önnuðust starfsmenn hitaveitunnar söfnun þeirra. Tilgangurinn með töku þessara hlutsýna var að fylgjast með því hvaða áhrif það hefur á jarðhitakerfið á Laugalandi, að vatn frá Kaldárholti er látið renna niður í holu GN-1. Niðurdælingin hófst strax og hola KH-36 var virkjuð og hefur verið 3–4 l/s mestallan tímann. Í hlutsýnunum úr LWN-4 eru mæld efnin kísill (SiO_2), kalsíum (Ca), flúor (F), klóríð (Cl) og sulfat (SO_4). Einnig er mæld rafleiðni í sýnunum.

Á undanförunum árum hefur verið venja að mæla kalsíum í vatni á nokkrum stöðum eftir aðveitulögninni til að fylgjast með tæringu asbestsins, en þar sem lögnin hefur nú öll verið endurnýjuð með stálpípum er ekki lengur þörf á því eftirliti.

2.1. Hola LWN-4

Niðurstöður efnagreininga á öllum aðalefnum og sporefnum í vatnssýnum úr holu LWN-4 eru sýndar í töflu 1. Breytingar með tíma á nokkrum efnum eru sýndar á myndum 1, 2 og 3. Að þessu sinni voru greind mun fleiri sporefni í vatnssýnunum en venja er til þar sem nú er unnt að greina þau á ódýran hátt og jafnframt með meiri næmni en áður. Mjög æskilegt er að þekkja grunnildi efnanna í vatninu þótt styrkur þeirra sé lágur.

Miðað við sýni úr holu LWN-4 frá haustinu 2000 er styrkur flestra uppleystra efna nokkru hærri nú en þá, en þó lægri en var áður en niðurdæling vatns frá Kaldárholti í holu GN-1 hófst. Þetta kemur vel fram á mynd 1 sem sýnir breytingar í styrk klóríðs

með tíma. PH-gildi er nú hið sama og algengast var áður en niðurrennislið hófst (9,8/23 °C) en það hafði hækkað (9,9/23 °C) í sýni frá haustinu 2000. Styrkur kísils er jafnhár og í sýninu frá 2000, en hann var þá hærri en um árabíl, sem benti til hækkandi hitastigs í jarðhitageymnum (mynd 3). Þessar niðurstöður sýna minni þynningu vegna niðurrennisliðs en í sýninu frá fyrra ári og jafnframt að hitastig í jarðhitageymnum er nú herra en verið hefur um árabíl. Eins og bent hefur verið á (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2001) gætu jarðskjálftarnir 2000 hafa orðið til þess að auka innstreymi heits og efnaríks vatns inn í vinnslusvæðið. Einnig gæti hluti af skýringunni verið sá að niðurrennislið var meira seinni hluta árs 2000 en var árið 2001. Allavega er ljóst að niðurrennisli Kaldárholtsvatnsins hefur ekki valdið kælingu vatns úr LWN-4 og þynning vatns vegna þess hefur ekki haldið áfram að aukast. Þvert á móti hefur styrkur uppleystra efna hækkað milli ára.

Niðurstöður hlutgreininga er að finna í töflu 2. Þar eru mælingar á kísli (SiO_2), kalsíum (Ca), flúor (F), klóríði (Cl) og sulfati (SO_4) í sýnunum. Í töflunni er einnig sýnd rafleiðni (leiðni), sem var mæld í sýnunum þar sem hún er mjög fljótmæld og gefur góðan mælikvarða á uppleyst efni og breytingar á þeim. Hlutgreiningarnar sýna stighækkandi styrk uppleystra efna á árinu og jafnframt stöðugan styrk kísils. Þetta staðfestir þær ályktanir sem dregnar voru af efnagreiningu heilsýnisins og breytingum milli ára á heildarefnasamsetningu vatnsins, þ.e. að dregið hefur úr þynningu vatnsins vegna niðurdælingarinnar og að hitastig í jarðhitageymnum er stöðugt frá fyrra ári og herra en verið hefur um árabíl.

Um niðurstöður greininga á sporefnum er lítið að segja á þessu stigi málsins annað en að styrkur þeirra er mjög lágur og að flestu leyti svipaður og búast mátti við í vatni sem þessu. Þó er styrkur sumra efna eins og t.d. kvikasilfurs nokkru hærri en búast mætti við og annarra efna aftur lægri eins og t.d. mangans. Þegar styrkur efna er orðinn þetta lágur er orðin veruleg hætta á mengun í sýnatöku og er æskilegt að greina fljótlega aftur öll þessi efni til að fá raunhæf grunnildi.

Tafla 1. Efnasamsetning vatns úr holu LWN-4.

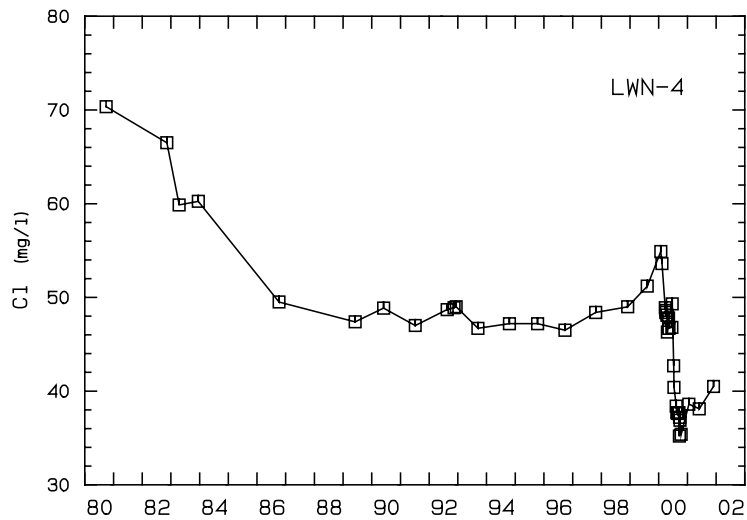
Sýnanúmer	1995-0168	1996-0283	1997-0649	1998-0625	1999-0254	20000337	20010444
Dagsetning	95-10-12	96-09-25	97-10-21	98-12-01	99-08-09	00-09-20	01-11-30
Hítastig °C	100,6	98,4	98,2	99,2	98	95,9*	96,7
pH/°C	9,8/22	9,9/22	9,8/22	9,8/22	9,8/23	9,9/23	9,82/23
Heildar karbónat(CO ₂)	22,7	21,0	22,1	22,5	20,9	22,8	20,2
Brennist. vetni (H ₂ S)	0,2	0,13	0,12	0,11	0,12	0,20	0,11
Bór (B) mg/l	0,25	0,33	0,19	0,25	0,26	0,24	0,25
Leiðni µS/cm	464	462	472	472	470	386	427
Kísill (SiO ₂) mg/l	95,0	97,2	95,3	95,4	95,4	98,3	98,7
Heildar uppl. mg/l	361	307	309	333	358	245	321
Súrefni O ₂ mg/l	0	0	0	0	0	0	0
Natríum(Na) mg/l	89,8	92,8	93,5	94,4	94,7	79,4	84,7
Kalíum (K) mg/l	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,49	1,59**
Magnesium (Mg) mg/l	0,005	0,003	0,001	0,002	0,003	0,013	0,008
Kalsíum (Ca) mg/l	3,1	3,0	3,0	3,2	3,08	2,30	2,52
Flúoríð (F) mg/l	0,80	0,86	0,86	0,86	1,0	1,20	1,19
Klóríð (Cl) mg/l	47,2	46,5	49,4	49,0	51,2	35,2	40,5
Súlfat (SO ₄) mg/l	67,0	65,9	66,5	69,8	71,9	44,4	58,4
Ál (Al) mg/l	0,202	0,191	0,212	0,197	0,205	0,27	0,228**
Járn (Fe) mg/l	0,0052	0,008	0,0017	0,0041	0,0022	0,054	0,02**
Mangan (Mn) mg/l	0,0003	0,0001	0	0	0,001	0,0006	0,000183**
δD ‰	-	-	-77,4	-77,1	-77,1	-74,1	-75,2
δ18O ‰	-10,58	-10,57	-10,53	-10,55	-10,55	-10,21	-10,41
Króm (Cr) mg/l							0,0000306**
Kopar (Cu) mg/l							<0,0001**
Sink (Zn) mg/l							0,000871**
Arsen (As) mg/l							0,0119**
Nikkel (Ni) mg/l							0,000107**
Kadmíum (Cd) mg/l							<0,000002**
Kvikasilfur (Hg) mg/l							0,0000781**
Blý (Pb) mg/l							0,000028**
Kóbolt (Co) mg/l							0,0000053**
Baríum (Ba) mg/l							0,00041**
Mólybden (Mo) mg/l							0,0143**
Fosfór (P) mg/l							<0,001**

* Hanna mælir (ónákvæmari)

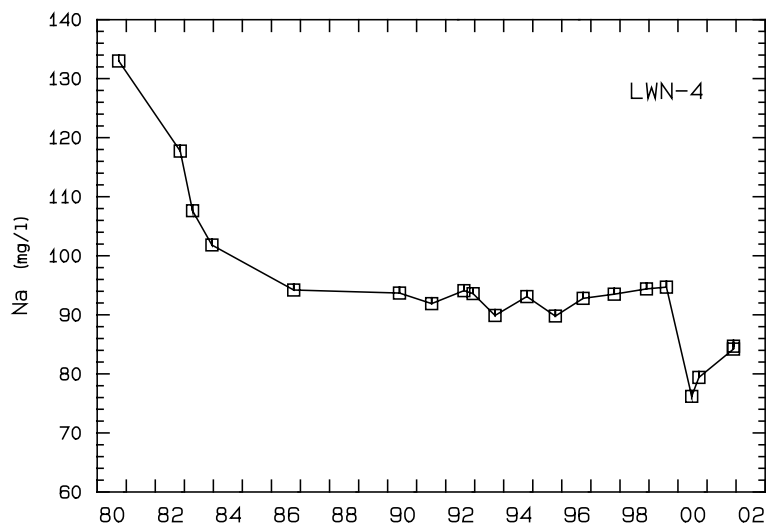
** greint í Svíþjóð

Tafla 2. Niðurstöður hlutsýna úr holu LWN-4.

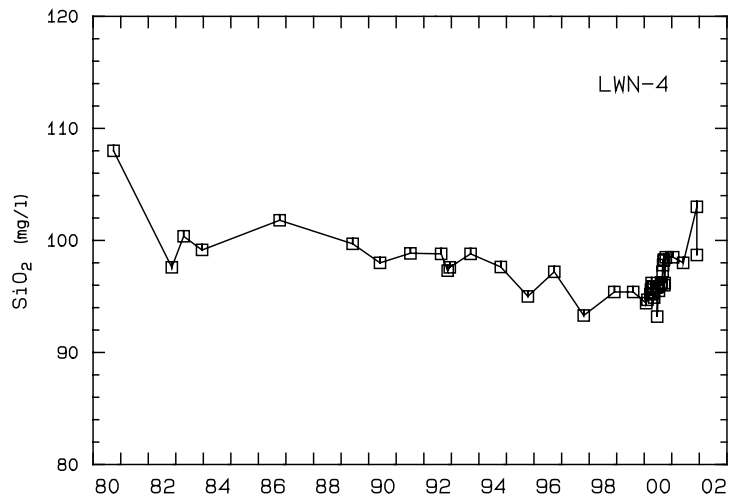
Dagsetning	Númer	Hiti	Leiðni	SiO ₂	Ca	F	Cl	SO ₄
2000-10-13	2000-0528		367	98,5	2,15	1,22	35,4	45,0
2001-01-19	2001-0016	98	387	98,5	2,35	1,22	38,6	51,1
2001-06-01	2001-0195		406	98,0	2,39	1,22		51,3



Mynd 1. Breytingar í styrk klóríðs með tíma tíma í vatni úr holu LWN-4 á Laugalandi.



Mynd 2. Breytingar á styrk natríúms með tíma tíma í vatni úr holu LWN-4 á Laugalandi.



Mynd 3. *Breytingar í styrk kísils með tíma í vatni úr holu LNW-4 á Laugalandi.*

2.2. Hóla KH-36

Á árinu 2001 var tekið eitt heilsýni úr holu KH-36 til greininga á öllum aðalefnum. Engin hlutsýni voru tekin úr holunni til greininga á ákveðnum efnum að þessu sinni. Sé litið á efnasamsetningu heilsýnanna (tafla 3) sést að hún er mjög svipuð og í eldri greiningunum tveimur og engar marktækar breytingar sjást milli ára. Varðandi styrk sporefna er svipað að segja og um holu LWN-4 að styrkur þeirra er mjög lágur og að flestu leyti svipaður og búast mátti við í vatni eins og þessu. Jafnframt að til að fá raunhæf grunngildi þarf að greina öll þessi efni fljótlega aftur.

Tafla 3. Efnasamsetning vatns úr holu KH-36.

Sýnanúmer	2000-0061	2000-0339	20010447
Dagsetning	00-03-16	00-09-20	01-11-30
Hítastig °C	67,1	67,8*	66,8
pH/°C	10,36/23	10,32/23	10,29/22
Heildar karbónat (CO ₂)	12,2	12,5	11,9
Brennist. vetni (H ₂ S)	0,17	0,16	0,15
Bór (B) mg/l	0,12	0,14	0,15
Leiðni µS/cm	327	318	325
Kísill (SiO ₂) mg/l	89,9	89,2	88,4
Heildar uppl. mg/l	252	212	243
Súrefni O ₂ mg/l	0	0	0
Natríum(Na) mg/l	63,2	64,2	64,0
Kalíum (K) mg/l	0,66	0,66	0,63**
Magnesium (Mg) mg/l	0,007	0,001	0,015
Kalsíum (Ca) mg/l	2,71	2,75	2,76
Flúoríð (F) mg/l	2,17	2,21	2,27
Klóríð (Cl) mg/l	20,5	19,4	20,5
Súlfat (SO ₄) mg/l	26,2	25,5	25,8
Ál (Al) mg/l	0,0963	0,118	0,119**
Járn (Fe) mg/l	0,0002	0,0032	0,0032**
Mangan (Mn) mg/l	0,0064	0,003	0,00006**
δD ‰	-67,6	-68,0	-68,3
δ18O ‰	-9,82	-9,82	-9,74
Krómi (Cr) mg/l			0,0000386**
Kopar (Cu) mg/l			<0,0001**
Sink (Zn) mg/l			0,00101**
Arsen (As) mg/l			0,00268**
Nikkel (Ni) mg/l			0,0000871**
Kadmíum (Cd) mg/l			<0,000002**
Kvikasilfur (Hg) mg/l			0,0000092**
Blý (Pb) mg/l			0,0000455**
Kóbolt (Co) mg/l			<0,000005**
Baríum (Ba) mg/l			0,000198**
Mólybden (Mo) mg/l			0,00424**
Fosfór (P) mg/l			<0,001**

* Hanna mælir (ónákvæmari)

** greint í Svíþjóð

2.3. Dreifikerfi

Samhliða því að heilsýni voru tekin úr báðum vinnsluholum veitunnar var einnig mælt súrefni og brennisteinsvetni í vatni úr miðlunartönkum á báðum stöðum. Tilgangurinn er að fylgjast með því hvort einhver súrefnisupptaka eigi sér stað í tönkunum, þar sem það getur leitt til tæringar á stállögnum og ofnum. Brennisteinsvetni sem er uppleyst í jarðhitavatninu hvarfast við súrefnið og eyðir því og þessvegna er það mælt líka til að athuga hvort það hafi eyðst og þá hversu mikið. Í vatni beggja vinnslusvæðanna er uppleyst brennisteinsvetni í lágum styrk, sem er mjög heppilegt þar sem það hefur þá nokkurs konar innbyggðan súrefniseyði. Jafnframt er styrkurinn það lágur að lyktin af brennisteinsvetninu í kranavatninu getur ekki orðið mjög megn, en sumum finnst sú lykt einkar óþægileg.

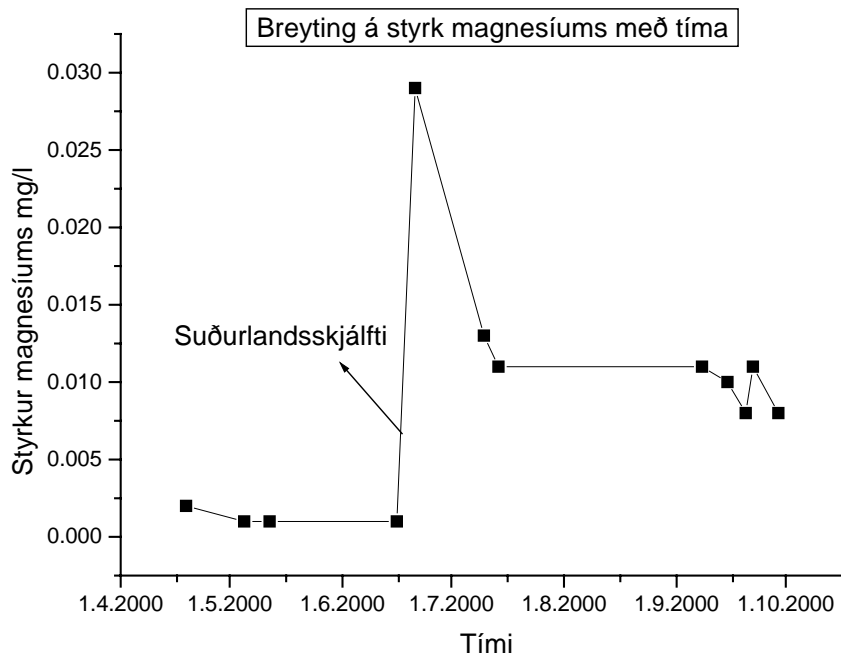
Í töflu 4 eru niðurstöður mælinga á þessum efnum í sýnum úr miðlunartönkunum og til samanburðar mælingar á sömu efnum mældum við holutopp. Örlítið súrefni (< 2µg/l) mældist í miðlunartanki á Laugalandi og þar hafði styrkur brennisteinsvetnis einnig lækkað svolítið (úr 0,11 í 0,08 mg/l). Í tanki í Kaldárholti mældist ekkert súrefni og heldur engin lækkun á brennisteinsvetni.

Tafla 4. Niðurstöður mælinga á súrefni og brennisteinsvetni í miðlunartönkum og á holutoppi á virkjunarsvæðum Hitaveitu Rangæinga.

Dagsetning	Staður	Númer	Hiti	O ₂	H ₂ S
2001-11-30	Kaldárholt	2001-0446	-	0	0,14
2001-11-30	KH-36, holut.	2001-0447	66,8	0	0,15
2001-11-30	Laugaland	2001-0445	-	0-2	0,08
2001-11-30	LNW-4, holut.	2001-0444	96,7	0	0,11

3. ÁHRIF JARÐSKJÁLFTANNA Í JÚNÍ 2000 Á EFNASAMSETNINGU VATNS

Síðastliðið sumar var dælunni lyft í holu LWN-4 í kjölfar mikillar hækkunnar vatnsborðs eftir að vinnsla hófst í Kaldárholti og komu þá í ljós talsverðar skemmdir á henni og dælurörum. Jafnframt kom í ljós útfelling á búnaði, sem var svipuð og fundist hefur í nokkrum öðrum holum á Suðurlandi á síðasta ári og reynst hafa verið magnesíumsilíkköt. Þessi gerð útfellinga myndast allajafna við blöndun jarðhitavatns við kalt vatn og getur ekki fallið út úr jarðhitavatni eins og á Laugalandi nema vegna írennslis kalds vatns með háan styrk magnesíums. Til voru talsvert mörg vatnssýni úr holu LWN-4 frá því fyrir og eftir jarðskjálftann 17. júní 2000 þar sem fylgst var á þeim tíma mjög náið með áhrifum niðurrennslis vatns frá Kaldárholti í holu GN-1 á holu LWN-4. Í þessum vatnssýnum hafði ekki verið greint magnesíum þar sem styrkur þess var álíka lágur í vatni úr Kaldárholti og á Laugalandi. Eftir að útfellingin fannst var hins vegar greint í þeim magnesíum og kom þá í ljós mikil og snögg aukning í styrk þess (Hrefna Kristmannsdótti o.fl., 2000) í fyrsta sýni eftir jarðskjálftann (mynd 4) og þótt hann hafi lækkað fljótlega á eftir hélst styrkur magnesíums mun hærri lengi eftir skjálftann og er enn hærri en fyrir hann.



Mynd 4. Breyting á styrk magnesíums með tíma í holu LWN-4 sumarið 2000, fyrir og eftir Suðurlandsskjálfta.

4. ORKUVINNSLA, NIÐURDÆLING, VATNSBORÐS- OG HITABREYTINGAR

Eins og kemur fram í vinnslueftirlitsskýrslu síðasta árs og lýst var í grein um hitaveituna á Orkuþingi 2001 hafa nú orðið mikil umskipti í orkubúskap Hitaveitu Rangæinga, sem stóð tæpt árum saman vegna mikils niðurdráttar vatnsborðs á Laugalandi í Holtum (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000, 2001). Nú er geta veitunnar til orkuframleiðslu töluvert umfram eftirspurn á veitusvæði, sem þó fer stækkandi. Ástæða þess er fyrst og fremst tenging Kaldárholtssvæðisins við hitaveituna þann 21. janúar 2000, auk þess sem endurnýjun aðveituæðar veitunnar hefur stórbætt nýtingu heita vatnsins. Niðurdæling hluta vatnsins frá Kaldárholti í holu GN-1 hefur einnig haft jákvæð áhrif þar sem það veldur hækkun vatnsborðs á Laugalandi. Hugsanlegt er að jarðskjálftar á svæðinu hafi einnig haft áhrif á afköst beggja vinnslusvæðanna, þó það sé enn ekki ljóst.

Hitaveita Rangæinga nýtir holur LWN-4 á Laugalandi og holu KH-36 í Kaldárholti sem vinnsluholur og holu GN-1 í Götu (Laugalandi) sem vara- og niðurdælingarholu. Eftirlit með vinnslu, vatnsborði og vatnshita á jarðhitasvæðinu á Laugalandi í Holtum hefur verið mjög nákvæmt mestan hluta vinnslusögu Hitaveitu Rangæinga, einnig árið 2001. Eftirlitið hefur byggt jafnt á vikulegum mælingum Hitaveitunnar sem mælingum sjálfvirks gagnasöfnunarbúnaður. Sá búnaður hefur þó verið í ólagi síðan á árinu 2000. Vikulega er lesið af rennismælum við holur LWN-4 og GN-1 og vatnsborð og vatnshiti mæld samtímis. Eftirlitið í Kaldárholti er með sama sniði. Þá er sérstakur rennismælir fyrir niðurdælinguna í holu GN-1. Rennismælur fyrir holu KH-36 og fyrir niðurdælinguna, sem voru í ólagi mest allt árið 2000, komust aftur í lag á árinu 2001. Stefnt er að því að gera við gagnasöfnunarbúnaðinn og koma upp sambærilegum búnaði í Kaldárholti. Slíkur búnaður gefur samfelldar og miklu ítarlegri, upplýsingar en vikulegu aflestrarir.

Í töflu 5 eru birtar tölur um ársmeðalvinnslu (rúmmál og orku) Hitaveitu Rangæinga árin 1982–2001. Í töflunni eru upplýsingar um vinnsluna á Laugalandi og í Kaldárholti auk upplýsinga um niðurdælinguna í holu GN-1. Á Laugalandi var meðalvinnsla ársins 2001 aðeins 10,2 l/s, sem er um 57% af vinnslunni 1999, árinu áður en nýting Kaldárholtis jókst. Meðalvinnslan í Kaldárholti mældist hins vegar 21,2 l/s, sem er um 1 l/s meiri vinnsla en árið 2000. Meðalniðurdæling ársins er áætluð 3,5 l/s. Nettóvinnsla ársins 2001 er því tæplega 28 l/s samanborið við rúmlega 30 l/s árið áður. Sennilega skýrist þessi minnkun aðallega af minna orkutapi eftir endurnýjun aðveituæðarinnar til Hellu og Hvolsvallar.

Orkuvinnslan á Laugalandi var um 24 GWh árið 2001 (tafla 5). Orkuvinnslan í Kaldárholti árið 2001 var töluvert meiri, eða 30 GWh. Heildarorkuvinnsla Hitaveitu Rangæinga árið 2001 telst því hafa verið tæplega 49 GWh, eftir að 4,5 GWh hafa verið dregnar frá vegna niðurdælingarinnar (tafla 5). Þetta er töluvert minni orkuvinnsla en árið áður, væntanlega vegna minna orkutaps í aðveituæðinni, sem áður var nefnt. Orkuvinnslan 2001 var þó um 15% meiri en árið 1999, aðallega vegna stækkunar veitusvæðisins. Orkuvinnslutalan fyrir árið 2001 endurspeglar nú mun betur orkuvinnslu og orkunotkun Hitaveitu Rangæinga, því orkutap í aðveituæðinni er orðið smávægilegt. Þá framleiddi kyndistöðin á Hvolsvelli töluverða orku til viðbótar, sem áætluð var af stærðargráðunni 10 GWh/ári (Grímur Björnsson o.fl., 1993). Ítreka má það sem áður

hefur komið fram að endurbætur á aðveituæðinni hafi skilað sér sem jafngildi verulegrar viðbótarorku, sem ekki þarf að taka upp úr jarðhitakerfinu á Laugalandi.

Tafla 5. *Upplýsingar um jarðhitavinnslu Hitaveitu Rangæinga 1982–2001.*

Ár	Laugaland í Holtum				Kaldárholt		Heildar- orkuvinnsla
	Vinnsla		Niðurdæling		Vinnsla		
	l/s	GWh ¹⁾	l/s	GWh ¹⁾	l/s	GWh ¹⁾	GWh ¹⁾
1982	7,4	17,8					17,8
1983	19,4	46,6					46,6
1984	19,1	46,0					46,0
1985	21,8	52,4					52,4
1986	21,1	50,7					50,7
1987	19,4	46,6					46,6
1988	18,5	44,6					44,6
1989	17,6	42,3					42,3
1990	16,6	39,9					39,9
1991	16,7	40,1					40,1
1992	18,0	43,4					43,4
1993	16,6	39,9					39,9
1994	16,9	40,6					40,6
1995	16,6	39,9					39,9
1996	16,6	39,6					39,6
1997	16,8	39,6					39,6
1998	17,5	41,6					41,6
1999	17,9	42,5					42,5
2000	13,0	31,0	2,8	-3,5	20,0	28,2	55,7
2001	10,2	23,6	3,5	-4,5	21,2	29,8	48,9

¹⁾ Miðað við nýtingu í 30°C

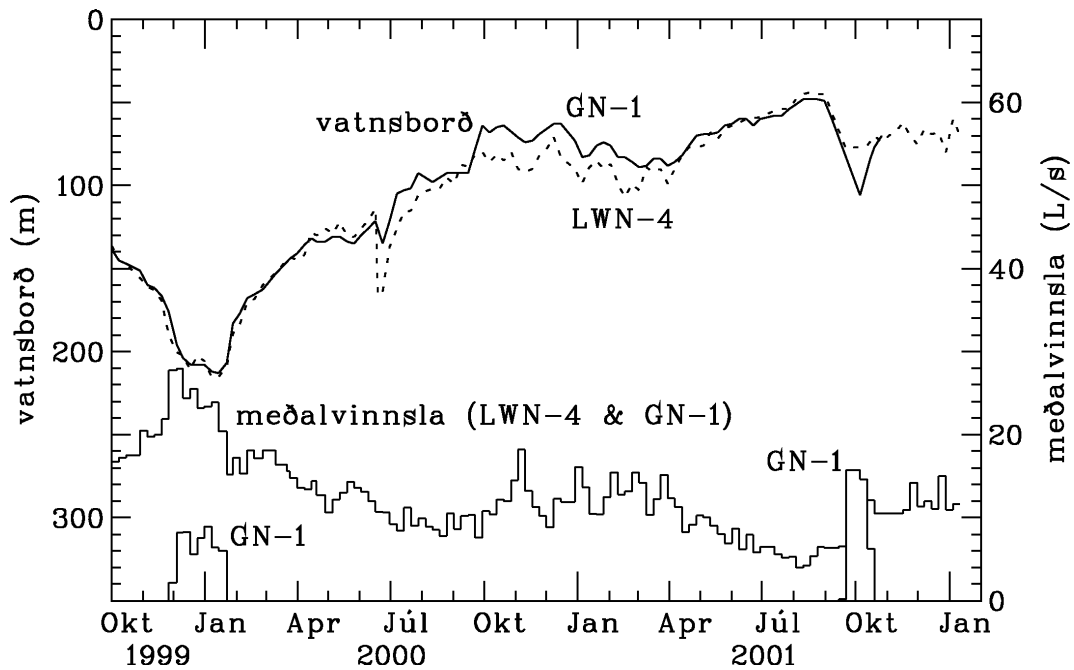
Þegar vinnsla hófst í Kaldárholti var strax byrjað að dæla Kaldárholtsvatni niður í holu GN-1 á Laugalandi, en möguleikarnir á því að nota niðurdælingu til þess að hækka vatnsborð á Laugalandi höfðu þá lengi verið til umræðu (Grímur Björnsson o.fl., 1993; Guðni Axelsson, 1998). Í fyrstu voru um 1,5 l/s látnir renna niður í holuna, en eftir að vatnsborð lækkaði mikið við stóra skjálftann 17. júní 2000 var niðurdælingin aukin (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000). Meðalniðurdæling ársins 2000 varð um 2,8 l/s. Meðalniðurdæling ársins 2001 er áætluð um 3,5 l/s, sem er rúmlega 1/3 þess rúmmáls sem upp var tekið á árinu á Laugalandi. Þetta svarar til um 4,5 GWh í orku. Samkvæmt

Líkanreikningum ætti að vera hætta á kólnun holu LWN-4 við þessa niðurdælingu, en kólnunar hefur þó enn ekki orðið vart eins og vikið verður að hér á eftir.

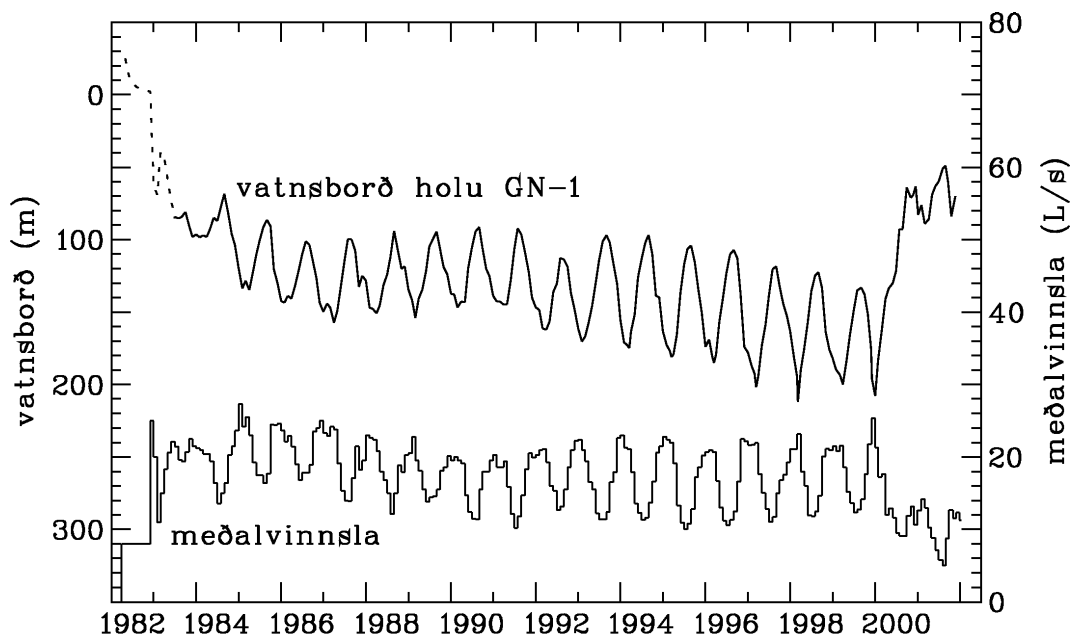
Gögn um vikumeðaldælingu síðustu tveggja ára á Laugalandi, ásamt vatnsborði í holum LWN-4 og GN-1, eru birt á mynd 5. Eins og áður var hola LWN-4 aðalvinnsluholan þar árið 2001. Þó var hola GN-1 notuð í 2–3 vikur í kringum mánaðarmótin október/nóvember þegar dælunni var lyft upp í 150 m dýpi í holu LWN-4. Notkun holu GN-1 er sýnd sérstaklega á mynd 5. Árið 2001 var vikumeðalvinnslan á Laugalandi mest um 16 l/s fyrstu viku ársins og í tvær vikur kringum mánaðarmótin september/október, þegar dælt var úr holu GN-1. Minnst var vikumeðalvinnslan um 4 l/s fyrri helming ágúst, sem er það minnsta sem hún hefur nokkurn tímann verið. Eins og sést á myndinni var vinnslan sumarið 2001 enn minni en vinnslan var sumarið 2000. Vinnslan síðustu mánuði ársins 2001 er hins vegar svipuð og síðustu mánuði ársins 2000.

Myndir 5 og 6, hér að aftan, sýna vatnsborðsbreytingar á jarðhitasvæðinu á Laugalandi í Holtum. Sú fyrrnefnda sýnir breytingarnar síðustu tvö árin í báðum holunum, en sú síðarnefnda sýnir gögn um vatnsborð, mælt í holu GN-1, og vinnslu á jarðhitasvæðinu allt frá árinu 1982. Í upphafi árs 2000 var vatnsborð komið mjög neðarlega í holu LWN-4 en hefur síðan hækkað um 140–150 m, ef miðað er við upphaf árs 2002. Þessi hækkun er annars vegar vegna minni vinnslu á Laugalandi og hins vegar vegna niðurdælingarinnar í holu GN-1, sem er í raun jafngildi enn minni vinnslu. Í lok ársins var vatnsborð á 70–80 m dýpi í holu LWN-4.

Við stóra skjálftann þann 17. júní 2000 lækkaði vatnsborð í holu LWN-4 snögglega um meira en 50 m (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000, 2001). Það tók vatnsborðið u.þ.b. mánuð að jafna sig á ný, eins og sjá má á mynd 5 en hugsanlegt er að lekt hafi eitthvað aukist í jarðhitakerfinu á Laugalandi við það að sprungur hafa hreyfst og opnast betur. Nú ættu að vera tiltæk gögn til þess að leggja fyrsta mat á það. Því er orðið tímabært að endurskoða líkanið, sem notað hefur verið til hermireikninga fyrir jarðhitakerfið á Laugalandi og til þess að reikna vatnsborðsspár. Þeir reikningar gætu svarað því hvort lektin í kerfinu hafi aukist, en einnig spáð fyrir um vatnsborðsstöðuna næstu árin.



Mynd 5. Vatnsborð í holum LWN-4 (----) og GN-1 (—) ásamt vinnslu, október 1999 til janúar 2002.

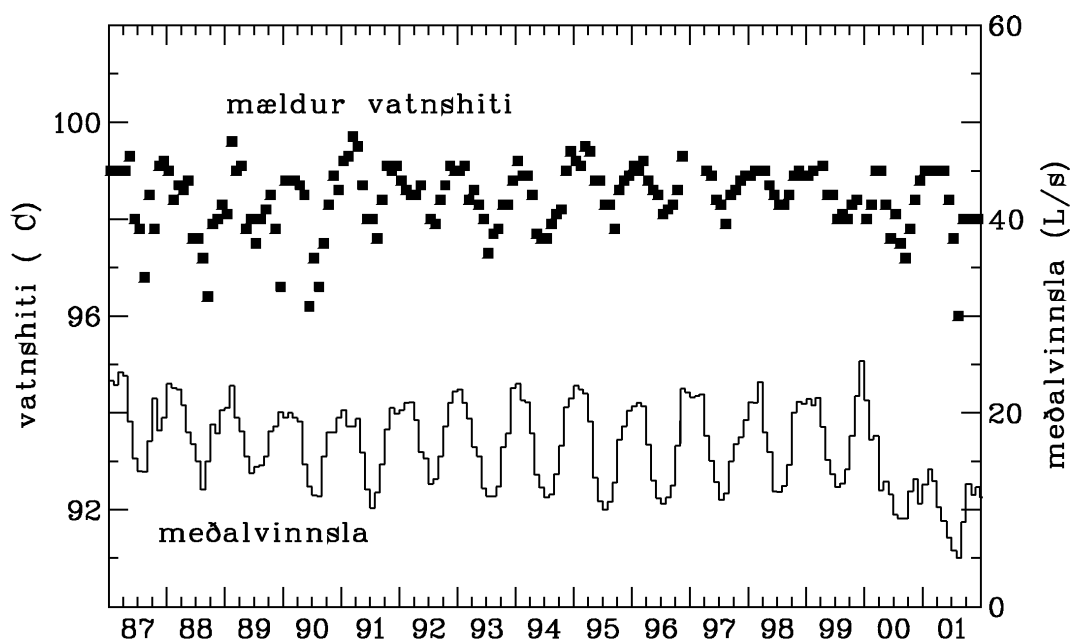


Mynd 6. Vatnsborð og vinnsla á Laugalandi frá 1982.

Mynd 7 sýnir hita vatns úr holu LWN-4 á Laugalandi frá því um áramótin 1986/1987, samkvæmt mælingum Hitaveitunnar, en síðan þá er talið að um sambærilegar mælingar sé að ræða. Myndin sýnir mánaðarmeðaltöl vikulegra aflestra. Það sem aðallega hefur einkennt hitamælingarnar er ársveifla, sem stafar af mismikilli kólnun vatns á leið upp

holuna. Þar fyrir utan virðast ekki hafa orðið marktæk breyting á hita vatnsins úr LWN-4 á þessum tíma. Síðustu tvö árin er meðalvatnshitinn um 98,2°C, sem er um 0,4°C lægri vatnshiti en árin þar á undan. Líklegast er þessi lækkun af völdum minni dælingar, en einnig gæti niðurdælingin hafa haft einhver áhrif.

Ljóst er að áhrif niðurdælingarinnar í holu GN-1 á vatnshita holu LWN-4 eru enn óverulegar, en því var spáð að niðurdæling 2,5 l/s af vatni frá Kaldárholti myndi valda meira en 3°C kólnun á 11 mánuðum (Guðni Axelsson, 1998). Þar var reyndar um svartsýna spá að ræða og líklegast að niðurdælingarvatnið hríslist betur um bergið milli holnanna en reiknað var með. Þetta er jákvæð niðurstaða, en öruggt má þó telja að niðurdælingin muni valda kólnun er frá líður. Ummerki hennar sáust vel í efnainnihaldi vatnsins úr holu LWN-4 í upphafi niðurdælingarinnar, en nú virðist þynningin vera hætt að aukast og jafnvel hafa gengið til baka að hluta. E.t.v. er það vegna áhrifa frá jarðskjálftanum eins og fram kom hér á undan og/eða vegna minni niðurdælingar 2001 en seinni hluta 2000. Mikilvægt er þó að hafa niðurdælinguna hóflega auk þess að fylgst sé mjög nákvæmlega með vatnshitunum. Hugsanlega má endurmeta kólnunarspána samtímis endurskoðun vatnsborðshermireikninganna, m.a. á grundvelli fyrirbyggjandi gagna um breytingar í efnastyrk.

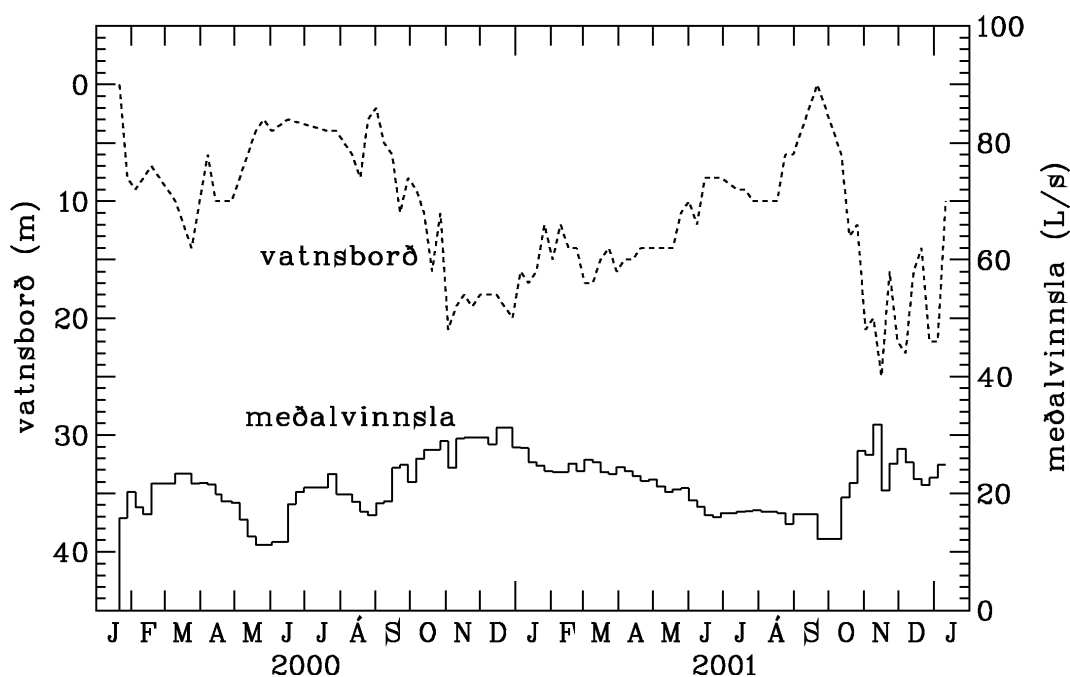


Mynd 7. Hiti vatns úr LWN-4 skv. mælingum Hitaveitunnar og vinnsla á Laugalandi frá 1987.

Að síðustu sýnir mynd 8 gögn um vinnslu og vatnsborð í Kaldárholti árin 2000 og 2001. Mest var vikumeðalvinnslan árið 2001 tæplega 32 l/s aðra viku nóvember, en minnst rúmlega 12 l/s þær vikur í september/október sem dælt var úr holu GN-1 á Laugalandi. Á myndinni sést hvernig vatnsborð sveiflast með vinnslunni. Árið 2001 fór það lægst í 25 m dýpi þá viku sem vinnslan var mest, en hæst fór það upp undir yfirborð.

Við jarðskjálftann 17. júní 2000 hækkaði þrýstingur mikið í jarðhitakerfinu í Kaldárholti, öfugt við það sem gerðist á Laugalandi (Hrefna Kristmannsdóttir o.fl., 2000). Þessi hækkun gekk svo til baka, en ekki er ljóst hvort afköst jarðhitakerfisins jukust varanlega við þessar miklu jarðskorpuhreyfingar. Það er ekki ólíklegt, en erfitt verður að meta það vegna þess hve stutt vinnslusaga Kaldárhólts er fyrir skjálftann.

Eins og bent er á í síðustu vinnslueftirlitsskýrslu er ljóst að afköst holu KH-36 eru enn meiri en áætlað var á grundvelli stuttrar loftdælingar í borlok (Vigdís Harðardóttir o.fl., 1999; Hrefna Kristmannsdóttir, 2000). Afköst holunnar eru u.þ.b. 50% meiri en spáð var. Ástæður þess eru væntanlega minna þrýstifall í og næst holunni en spáð var, og minni langtímaniðurdráttur, auk þess sem jarðskjálftarnir hafa hugsanlega aukið eitthvað lekt jarðhitakerfisins, og þar með minnkað niðurdráttinn. Áhugavert verður að reikna nýjar vatnsborðsspár fyrir holu KH-36 og jarðhitakerfið í Kaldárholti nú þegar safnast hefur töluvert af gögnum um viðbrögð kerfisins.



Mynd 8. Vikumeðalvinnsla og vikulegar vatnsborðsmælingar fyrir holu KH-36 í Kaldárholti fyrsta ár vinnslu úr holunni.

Hitastig vatnsins sem dælt var upp í Kaldárholti hélst stöðugt um 69°C, en rétt er að benda á að nokkur hætta er á kólnun vatns úr jafn vel opnu jarðhitakerfi og því í Kaldárholti vegna niðurstreymis kaldara vatns. Því verður mikilvægt að fylgjast vel með efnainnihaldi vatnsins, en breytingar á því gætu varað við slíkum breytingum í tíma. Ekki þarf að minna á mikilvægi áframhaldandi nákvæms vinnslueftirlits á báðum vinnslusvæðum Hitaveitu Rangæinga. Á það sérstaklega við um uppsetningu/endurnýjun sjálfvirks gagnasöfnunarþúnaðar á báðum svæðunum.

5. SAMANTEKT OG NIÐURSTÖÐUR

- 1) Dregið hefur úr þynningu vatns í holu LNW-4 vegna dælingar vatns frá holu KH-36 í Kaldárholti niður í holu GN-1 á Laugalandi.
- 2) Hitastig í jarðhitageymnum á Laugalandi virðist eftir efnamælingum að dæma vera stöðugt frá fyrra ári og hærra en verið hefur um árabil.
- 3) Nær engin breyting hefur orðið á efnasamsetningu vatns úr KH-36 í Kaldárholti.
- 4) Meðalvinnsla ársins 2001 á Laugalandi var aðeins 10,2 l/s, sem er nálægt 3 l/s minna en árið 2000 og 8 l/s minna en árið 1999.
- 5) Meðalvinnslan í Kaldárholti mældist 21,2 l/s og meðalniðurdæling ársins í holu GN-1 er áætluð 3,5 l/s.
- 6) Nettóorkuvinnsla (heildarvinnsla –4,5 GWh niðurdæling) Hitaveitu Rangæinga var um 49 GWh árið 2001. Þetta er nokkru meiri jarðhitaorkuvinnsla en áður, enda hefur veitusvæðið stækkað. Orkuvinnslutalan fyrir árið 2001 endurspeglar betur orkuframleiðslu og orkunotkun hitaveitunnar en eldri tölur, því bæði er orkutap í aðveituaðum nú smávægilegt og kyndistöðin á Hvolsvelli ekki lengur notuð.
- 7) Í upphafi árs 2000 var vatnsborð komið mjög neðarlega í holu LWN-4, en hefur síðan hækkað um 140–150 m. Þetta er bæði vegna minni vinnslu á Laugalandi og niðurdælingarinnar í holu GN-1. Í lok ársins var vatnsborð á 70–80 m dýpi í holu LWN-4.
- 8) Afköst holu KH-36 í Kaldárholti eru a.m.k. 50% meiri en áætlað var í borlok. Árið 2001 sveiflaðist vatnsborð milli 25 m dýpis, við 32 l/s dælingu, og yfirborðs við 12 l/s vinnslu.
- 9) Niðurdæling í holu GN-1 svaraði til um 3,5 l/s meðalniðurdælingar árið 2001. Það er rúmlega 1/3 þess rúmmáls sem upp var tekið á sama tíma. Niðurdælingin hefur valdið nokkru af þeirri vatnsborðshækkun, sem orðið hefur á Laugalandi.
- 10) Áhrif niðurdælingarinnar á hita vatns úr holu LWN-4 er enn ekki merkjanleg. Þó má telja öruggt að niðurdælingin muni valda einhverri kólnun er frá líður. Því er rétt að halda niðurdælingunni í hófi auk þess sem áfram verði fylgst vel með ummerkjum hennar (breytingum í vatnshita og efnainnihaldi).
- 11) Tímabært er orðið að að endurskoða líkanið, sem notað hefur verið til hermi-reikninga fyrir jarðhitakerfið á Laugalandi og til þess að reikna vatnsborðsspár. Þeir reikningar gætu svarað því hvort lektin í kerfinu hafi aukist við jarðskorpu-hreyfingarnar sumarið 2000 og gæfu jafnframt spá um vatnsborðsstöðu næstu árin.
- 12) Áhugavert er að reikna nýjar vatnsborðsspár fyrir jarðhitakerfið í Kaldárholti nú þegar töluvert af gögnum um viðbrögð kerfisins hefur verið safnað.
- 13) Minnt er á mikilvægi áframhaldandi nákvæms eftirlits á báðum vinnslusvæðunum, m.a. vegna hugsanlegrar kólnunar í Kaldárholti og ummerkja niðurdælingar á Laugalandi.

6. HEIMILDIR

- Grímur Björnsson, Guðni Axelsson, Jens Tómasson, Kristján Sæmundsson, Árni Ragnarsson, Sverrir Þórhallsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1993: Hitaveita Rangæinga. Jarðhitarannsóknir 1987– 1992 og möguleikar á frekari orkuöflun. Orkustofnun, OS-93008/JHD-03 B, 69 s.
- Guðni Axelsson, 1998: Nýting vatns úr holu KH-34 í Kaldárholti. Um áhrif niðurdælingar í holu GN-1 í Götu. Orkustofnun, greinargerð GAX-98/06, 5 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson, Guðrún Sverrisdóttir, Magnús Ólafsson og Sverrir Þórhallsson, 1991. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1990– 1991. Orkustofnun, OS-91050/JHD-29 B, 13 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1992. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1991– 1992. Orkustofnun, OS-92060/JHD-33 B, 17 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1993. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1992– 1993. Orkustofnun, OS-93076/JHD-38 B, 15 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1994. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1993– 1994. Orkustofnun, OS-92058/JHD-34 B, 12 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1995. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1994– 1995. Orkustofnun, OS-92063/JHD-42 B, 12 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Magnús Ólafsson, 1996. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1995– 1996. Orkustofnun, OS-92072/JHD-41 B, 21 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1997. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1991– 1992. Orkustofnun, OS-97070 15 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson, Kristján Sæmundsson, Halldór Ármannsson og Grímur Björnsson, 1998. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1997– 1998 og staða vatnsöflunar. Orkustofnun, OS-98077, 87 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson og Vigdís Harðardóttir, 2000. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1999– 2000. Orkustofnun, OS-2000/086, 21 s.
- Hrefna Kristmannsdóttir, Guðni Axelsson, Kristján Sæmundsson og Ingvar Baldursson, 2001. Hitaveita Rangæinga-Jarðhitavinnsla, jarðhitaleit og áhrif suðurlandskjálfta. Orkuþing 2001. María Jóna Gunnarsdóttir ritstj. Reykjavík, 607– 614.
- Magnús Ólafsson, Guðni Axelsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1990. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1989– 1990. Orkustofnun, OS-90047/JHD-27 B, 17 s.
- Vigdís Harðardóttir, Guðni Axelsson og Hrefna Kristmannsdóttir, 1999. Hitaveita Rangæinga. Eftirlit með jarðhitavinnslu 1998– 1999. OS-99116, 17 s.