



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

JARÐHITASVÆÐIÐ URRÍÐAVATNI
Einfaldir hermireikningar og spár um
kólnun vatns úr holu 8

Guðni Axelsson

Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella

OS-91037/JHD-21 B

Október 1991



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 613761

JARÐHITASVÆÐIÐ URRÍÐAVATNI
Einfaldir hermireikningar og spár um
kólnun vatns úr holu 8

Guðni Axelsson

Unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella

OS-91037/JHD-21 B

Október 1991

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. GÖGNIN	3
3. LÍKANID	3
4. HERMIREIKNINGAR	4
5. SPÁR	5
HEIMILDIR	6
VIÐAUKI	13

MYNDIR

1. Gögn um vinnslu og hita vatns úr holu 8.	7
2. Gögn um vinnslu og klóríðstyrk vatns úr holu 8.	7
3. Einfalt líkan af jarðhitakerfinu undir Urriðavatni.	8
4. Mældur og reiknaður klóríðstyrkur vatns úr holu 8.	8
5. Mældur og reiknaður hiti vatns úr holu 8.	9
6. Spár um klóríðstyrk vatns úr holu 8 fyrir nokkur mismunandi vinnslutilfelli.	9
7. Spár um hita vatns úr holu 8 fyrir nokkur mismunandi vinnslutilfelli.	10
8. Spár um hita vatns úr holu 8 fyrir núverandi vinnslu, 1,5% árlegan vöxt í vinnslu og vinnslu árána 1986 og 1987.	10
9. Spár um hita vatns úr holu 8 fyrir nokkur mismunandi vinnslutilfelli.	11

TÖFLUR

1. Hiti og klóríðstyrkur í mismunandi hlutum líkansins.	4
2. Eiginleikar líkansins.	5

1. INNGANGUR

Fyrstu fjögur árin eftir að Hitaveita Egilsstaða og Fella tók til starfa kólnaði vatn úr þáverandi vinnsluholum (holum 4 og 5) verulega. Er talið að það hafi gerst þegar kaldara og efnasnaðara vatn úr grunnvatnskerfinu ofan jarðhitakerfisins, sem Urriðavatn er hluti af, streymdi stöðugt niður í jarðhitakerfið (Jón Benjamínsson o.fl., 1982). Áhrif niðurstreymisins sáust greinilega á efnainnihaldi heita vatnsins sem dælt var úr borholum á svæðinu. Eftir að hola 8 tók við sem vinnsluhola, í lok árs 1983, virðist sem hægt hafi verulega á niðurstreyminu, því hitastig vatnsins sem dælt er úr holu 8 hefur aðeins lækkað lítilsháttar. En töluverðar breytingar sem orðið hafa á efnainnihaldi þess, benda til þess að áframhaldandi kólnun vatns úr holu 8 sé óumflýjanleg.

Í byrjun árs 1991 var gerður samningur milli Orkustofnunar og hitaveitunnar um hermi-reikninga fyrir jarðhitakerfið undir Urriðavatni. Meginmarkmið þeirra reikninga eru annars vegar að spá með eins mikilli nákvæmni og hægt er um kólnun vatns úr holu 8 í framtíðinni og hins vegar að auka skilning á gerð og eðli jarðhitakerfisins. Þá verður m.a. hægt að svara spurningum um áhrif hugsanlegra breytinga í vinnslu af meira öryggi og nákvæmni en hingað til hefur verið mögulegt.

Í þessari skýrslu er fjallað um fyrsta hluta verkefnisins, en í þeim hluta var mjög einfalt líkan af jarðhitakerfinu notað til þess að herma þær breytingar sem orðið hafa á hitastigi og efnainnihaldi vatns úr holu 8 frá 1984 til upphafs 1991. Líkanið var síðan notað til þess að spá fyrir um kólnun vatns úr holu 8 næsta einn og hálfan áratuginn. Einnig var byggt á gögnum um hitastig, efnainnihald og vinnslu.

2. GÖGNIN

Gögnin sem notuð voru við reikningana eru birt á myndum 1 og 2, en það eru gögn um vinnslu úr holu 8, hitastig vatns úr holunni ásamt gögnum um klórídstyrk vatnssýna sem tekin hafa verið. Klórídstyrkur var notaður vegna þess að klóríd tekur lítinn eða engan þátt í efnaskiptum við berg og vegna þess að verulegur munur er á klórídstyrk grunnvatns á svæðinu og klórídstyrk jarðhitavatnsins. Hitaveita Egilsstaða og Fella hefur safnað gögnum um vinnslu og hitastig vatns ásamt því að taka a.m.k. mánaðarlega sýni til efnagreininga. Auk þess hefur Orkustofnun tekið sýni til efnagreininga tvisvar á ári og er gott samræmi milli efnainnihalds þeirra sýna og sýna teknum af hitaveitunni.

Hafa verður í huga að nákvæmni hitamælinganna er vart meiri en sem svarar 0,5 °C. Er það vegna þess að nokkrum sinnum hefur verið skipt um hitamæli á tímabilinu auk þess sem hitastigið er að einhverju leyti háð því hve mikil dæling er úr holunni. Í reikningunum sem fjallað verður um hér er búið að leiðrétta hitastigið fyrir mæliskiptum í ágúst 1988.

Á myndum 1 og 2 kemur vel fram hve vinnslan við Urriðavatn minnkaði í kjölfar sölukerfisbreytingar árið 1988. Ársmeðalvinnslan minnkaði úr um 26 l/s í um 19,5 l/s. Hér á eftir verður reynt að meta áhrif þessarar breytingar á hraða kólnunar vatns úr holu 8 í framtíðinni.

3. LÍKANID

Til þess að herma viðbrögð jarðhitakerfisins undir Urriðavatni var notað mjög einfalt líkan, sem sýnt er á mynd 3. Líkanið skiptist í víðáttumikið grunnvatnskerfi og efri og neðri hluta jarðhitakerfis. Heitu vatni er dælt úr neðri hluta kerfisins og líkir sú dæling eftir holu 8. Vegna dælingarinnar lekur vatn úr grunnvatnskerfinu niður í efri hluta kerfisins og vatn úr efri hlutanum niður í neðri hluta þess. Grunnvatnskerfið er svo víðáttumikið að þrýstingur í því breytist ekki

þrátt fyrir þennan leka. Vegna lekans kólnar og þynnist vatn bæði í neðri og efri hluta jarðhitakerfisins. Þó kólnar það mun hægar en það þynnist því heitt bergið gefur því nokkurn varma. Hiti og klóríðinnihald hinna mismunandi hluta líkansins eru: T_o og C_o í grunnvatnskerfinu, $T_1(t)$ og $C_1(t)$ í efri hluta jarðhitakerfisins og $T_2(t)$ og $C_2(t)$ í neðri hluta þess, þar sem t er tíminn frá upphafi vinnslu úr holu 8. Inn í neðri hluta líkansins streyma síðan stöðugt innstreymi R kg/s af vatni með hita T_R og klóríðstyrk C_R .

Jöfnur sem lýsa viðbrögðum þessa líkans eru birtar í viðauka hér á eftir. Þar hefur verið gengið út frá því að þrýstibreytingar í kerfinu gerist miklu hraðar en hita- og efnastyrksbreytingar þannig að jafnvægi sé milli þess massa sem streymir inn og út úr efri jafnt sem neðri hluta jarðhitakerfisins. Prófun sem gerð var á viðbrögðum jarðhitakerfisins undir Urriðavatni staðfestir þetta (Guðni Axelsson, 1987). Þá kom í ljós að vatnsborð í kerfinu náði jafnvægi á nokkrum dögum ef dælingu var breytt.

Líkanið á mynd 3 er eins konar þjappað líkan, en þjöppuð líkón hafa verið notuð með góðum árangri til þess að herma vatnsborðsbreytingar í nokkuð mörgum jarðhitakerfum á Íslandi (Guðni Axelsson, 1989). Þjöppuð líkón hafa hins vegar varla verið notuð fyrir til þess að herma hita- og efnastyrksbreytingar fyrir jarðhitakerfi hér á landi. Þó má nefna að nemandi við Jarðhitaskóla Sameinuðu Þjóðanna notaði enn einfaldara þjappað líkan til þess að herma hita- og efnastyrksbreytingar fyrir Elliðaársvæðið, eitt af vinnslusvæðum Hitaveitu Reykjavíkur (Ivan Penev, 1990).

Í viðaukanum hér á eftir er lýst aðferð til þess að herma hita- og efnastyrksbreytingar við **breytilega dælingu**, eins og verið hefur úr holu 8 (sjá myndir 1 og 2). Þessari aðferð hefur ekki verið beitt áður á viðbrögð íslenskra jarðhitakerfa.

4. HERMIREIKNINGAR

Einfalda líkanið var látið herma gögnin sem birt eru á myndum 1 og 2. Þó voru þau einfölduð lítilsháttar með því að reikna mánaðarmeðalgildi vinnslu, hita og klóríðstyrks. Þetta var gert þannig að jöfnur (9), (10), (13) og (14) í viðaukanum voru notaðar til þess að reikna viðbrögð líkansins og var innstreyminu (R), hita þess (T_R) og klóríðstyrk (C_R), upphafshita í hinu þremur hlutum líkansins (T_o , T_1^o og T_2^o) og upphafsklóríðstyrk (C_o , C_1^o og C_2^o) breytt þar til viðunandi samræmi fékkst milli viðbragða líkansins og mældra viðbragða. Niðurstöðurnar eru birtar á myndum 4 og 5 og upphafsgildin í töflu 1 hér á eftir.

Tafla 1. Hiti og klóríðstyrkur í mismunandi hlutum líkansins.

Grunnvatnskerfi: T_o C_o	20 °C 20 mg/kg
Efri hluti: T_1^o C_1^o	63 °C 39 mg/kg
Neðri hluti: T_2^o C_2^o	77,3 °C 50 mg/kg
Innstreymi: R T_R C_R	12,5 kg/s 85 °C 55 mg/kg

Upplýsingar um eðliseiginleika líkansins eru birtar í töflu 2, en þar ráða mestu poruhluti og rúmmál efri og neðri hluta líkansins. Poruhlutagildin virðast raunhæf, en það sem athygli vekur eru lítil rúmmál, sérstaklega rúmmál neðri hlutans. Þessi rúmmál eru einni til tveimur stærðargráðum minni en áætlað var eftir prófunina í ágúst 1987 (Guðni Axelsson, 1987). Vætanlega eru ástæðurnar fyrir þessu þær að annars vegar kemur innstreymið (R) að nokkru leyti í

stað dýpri hluta jarðhitakerfisins og hins vegar það að aðeins lítill hluti þess kerfis, sem verður fyrir þrýstiáhrifum, verður fyrir þynningu og kólnun.

Tafla 2. Eiginleikar líkansins.

	Efri hluti jarðh.kerfis	Neðri hluti jarðh.kerfis
α_k (1/kg)	$2,1 \times 10^{-10}$	$2,7 \times 10^{-9}$
β_k (1/kg)	$3,8 \times 10^{-11}$	$1,7 \times 10^{-10}$
ϕ_k (%)	13	4,0
V_k (km ³)	0,039	0,010

5. SPÁR

Einfalda líkanið var notað til að spá fyrir um breytingar í klóríðstyrk og hita vatnsins sem dælt verður úr holu 8 fram til ársins 2005. Niðurstöðurnar eru birtar á fjórum myndum: Mynd 6 sýnir spár um klóríðstyrk fyrir fjögur mismunandi vinnslutilfelli, þ.e. 20, 25, 30 og 40 l/s ársmeðalvinnslu. Mynd 7 sýnir spár um hita vatns úr holu 8 fyrir sömu fjögur vinnslutilfelli. Mynd 8 sýnir spá um hita fyrir núverandi ársmeðalvinnslu, spá þar sem gert hefur verið ráð fyrir 1,5% árlegri aukningu í vatnsnotkun (skv. Orkuspárnefnd, 1987) og spá þar sem reiknað er með óbreyttri vinnslu frá því fyrir sölufyrirkomulagsbreytingu 1988. Að síðustu sýnir mynd 9 spár um hita fyrir sex mismunandi vinnslutilfelli, frá 18,5 l/s ársmeðalvinnslu, sem er 1 l/s minni en núverandi meðalvinnsla, til 26,0 l/s ársmeðalvinnslu, þ.e. meðalvinnslu áranna 1986 og 1987.

Um spárnar má segja eftirfarandi:

- Myndir 6 og 7 sýna greinilega að klóríðstyrkurinn breytist mun hraðar en hita vatnsins. Er það vegna þess að klóríðstyrkurinn breytist aðeins vegna blöndunar en bæði vatnið og bergið taka þátt í hitabreytingunum. Þetta sýnir jafnframt hvernig breytingar í klóríðstyrk geta ver-

ið fyrirboði kólnunar í framtíðinni.

- Á mynd 8 sést greinilega hversu jákvæð áhrif sölukerfisbreytingin árið 1988 hefur haft. Ef spárnar reynast nærri lagi og meðalvinnsla helst óbreytt, þá verður kólnunin mjög lítil fram til ársins 2005. Ef á hinn bóginn meðalvinnslan hefði haldist óbreytt um 26 l/s þá hefði orðið um 6 °C kólnun fram til 2005.
- Raunhæft er að gera ráð fyrir einhverri aukningu í vinnslu í framtíðinni. Á mynd 8 er því sýnd spá þar sem gert hefur verið ráð fyrir 1,5 % árlegri aukningu í vinnslu. Samkvæmt henni má gera ráð fyrir tæplega 3 °C kólnun til ársins 2005 frá því sem nú er.
- Á mynd 9 sjást áhrif lítilla breytinga í meðalvinnslu. Þar sést t.d. að ef vinnslan er aukin, eða minnkuð, um 1 l/s má búast við um 1 °C breytingu í hita vatnsins úr holu 8.

Rétt er að benda á það að spárnar eru nokkuð ónákvæmar. Er það annars vegar vegna þess að byggt er á frekar litlum hitabreytingum og hitamælingum sem eru frekar óvissar. Hins vegar er það vegna þess hve líkanið er einfalt. Mikilvægt verður því að fylgjast með því næstu árin hversu gott samræmi verður milli spánna og mældra gilda. Sérstaklega ætti ósamræmi fljótt að sjást á klóríðstyrksbreytingum.

Komið hefur í ljós að eitthvað niðurrennslí er í holu 5, úr æð í 220 m niður í æð í 590 m (Guðni Axelsson og Grímur Björnsson, 1991). Talið er líklegt að það niðurrennslí skýri a.m.k. skyndileg, en tímabundin, frávik í klóríðstyrk vatns úr holu 8 í nóvember og desember 1988, 1989 og 1990. Einnig er mögulegt að þetta niðurrennslí skýri að hluta þá hægu kólnun og þynningu vatns úr holu 8, sem orðið hefur síðan 1984. Hugsanlega veldur þetta einnig einhverri óvissu í spánum. Niðurrennslíð í holu 5 er þó sennilega alltof lítið til þess að skýra kólnunina og þynninguna nema að litlu leyti.

Með tilkomu einfalda líkansins verður nú hægt að reikna spár fyrir ýmis önnur

vinnslutilfelli en hér hefur verið gert. T.d. má nú áætla áhrif aukningar í vinnslu vegna nýrra notenda, eða áhrif mismunandi árlegs vaxtar í framtíðinni, svo dæmi séu nefnd. Ef Hitaveita Egilsstaða og Fella vill t.d. áætla breytingar fyrir ákveðið vinnslutilfelli eða vinnsluáætlun, verður fljótlegt að reikna spár samkvæmt þeim.

Samkvæmt samningi Orkustofnunar og hitaveitunnar um hermireikninga fyrir jarðhitakerfið verður á næstu árum sett upp mun návæmara kubballíkan af jarðhitakerfinu undir Urriðavatni. Verður tilgangurinn sá að gera nákvæmari og lengri spár um hita- og efnastyrksbreytingar mögulegar ásamt því að auka skilning á gerð og eðli jarðhitakerfisins.

HEIMILDIR

Guðni Axelsson, 1987: *Jarðhitasvæðið Urriðavatni. Vatnafræðileg athugun í ágúst 1987.* Orkustofnun, OS-87048/JHD-28B, 42s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

Guðni Axelsson, 1989: *Forðufræði jarðhitans. Vinnslueftirlit, hermireikningar og vinnsluspár.* Erindi flutt á aðalfundi Sambands íslenskra hitaveitna, Egilsstöðum, júní 1989, 9s.

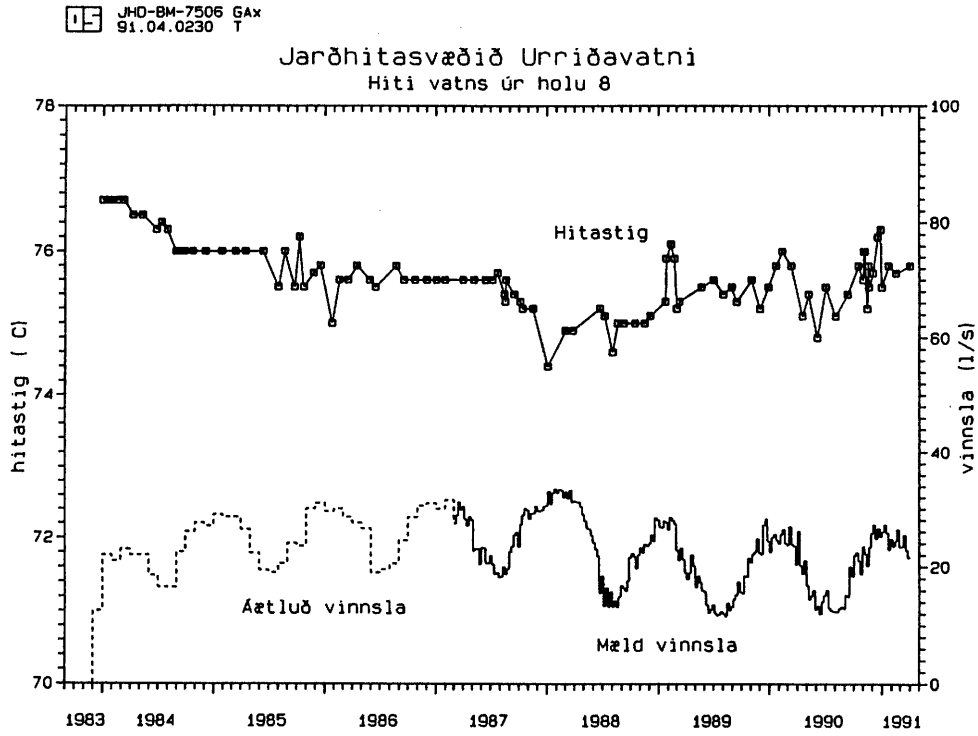
Guðni Axelsson og Grímur Björnsson, 1991: *Hitamælingar í borholum við Urriðavatn árið 1991 og athugun á niðurrennsli í holu 5.* Orkustofnun, greinargerð GAx/GrB-91/02, 6s.

Guðni Axelsson og Guðrún Sverrisdóttir, 1991: *Hitaveita Egilsstaða og Fella. Eftirlit með jarðhitavinnslu við Urriðavatn 1990.* Orkustofnun, OS-91022/JHD-09B, 14s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

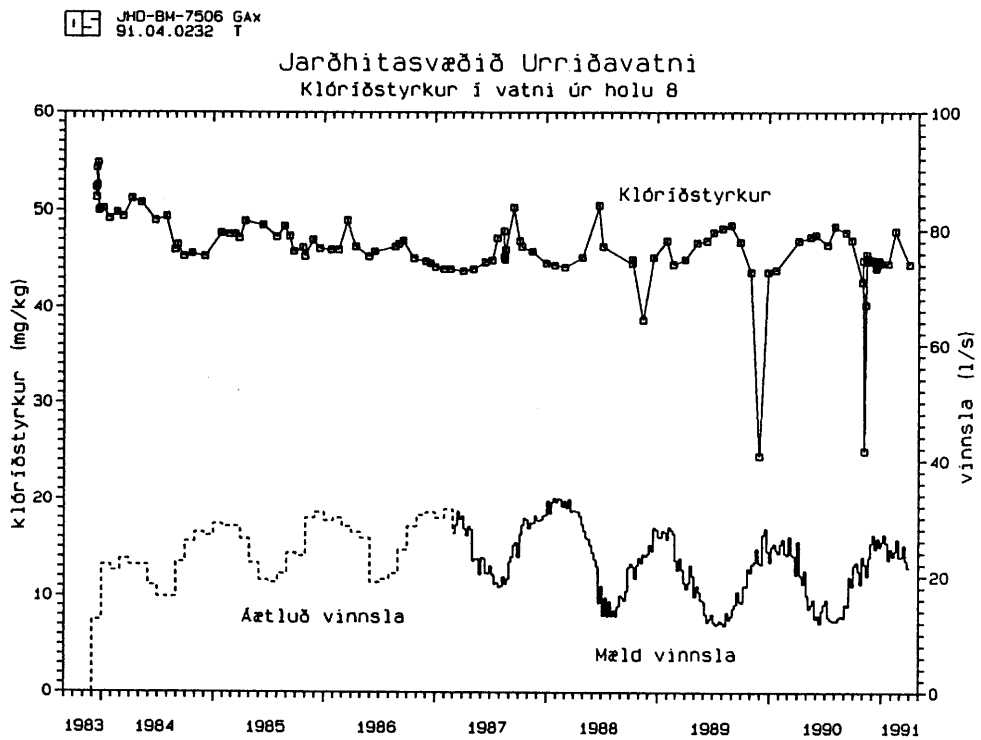
Ivan Penev, 1990: *Lumped and distributed models of the Elliðaár geothermal field, SW-Iceland.* UNU Geothermal Training Programme, Report 1990-12, 38s.

Jón Benjamínsson, Gestur Gíslason og Þorsteinn Thorsteinsson, 1982: *Jarðhitasvæðið Urriðavatni. Efnagreiningar, lík-anhugmyndir, orkuvinnsla.* Orkustofnun, OS-82129/JHD-16, 99s., unnið fyrir Hitaveitu Egilsstaða og Fella.

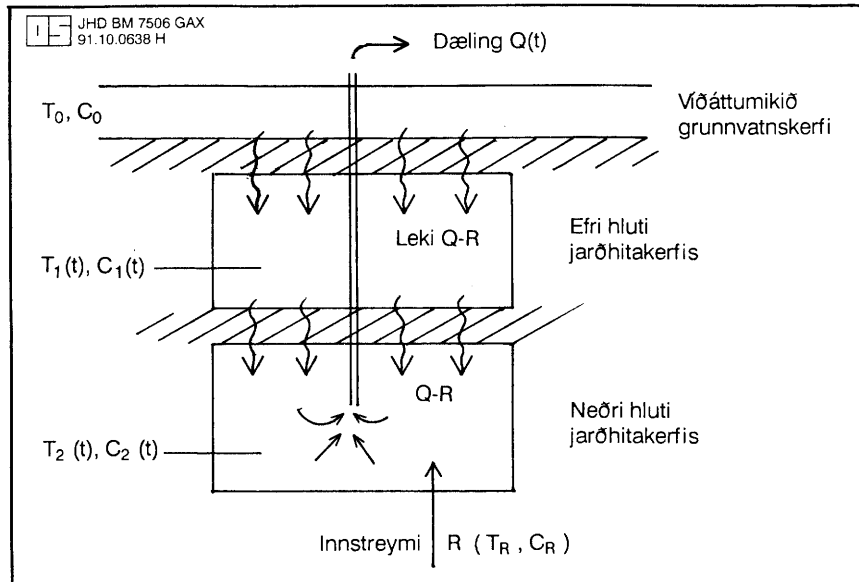
Orkuspárnefnd, 1986: *Jarðvarmaspá 1987-2015. Spá um vinnslu og notkun jarðvarma.* Orkustofnun, OS-87045/OBD-01, 178s.



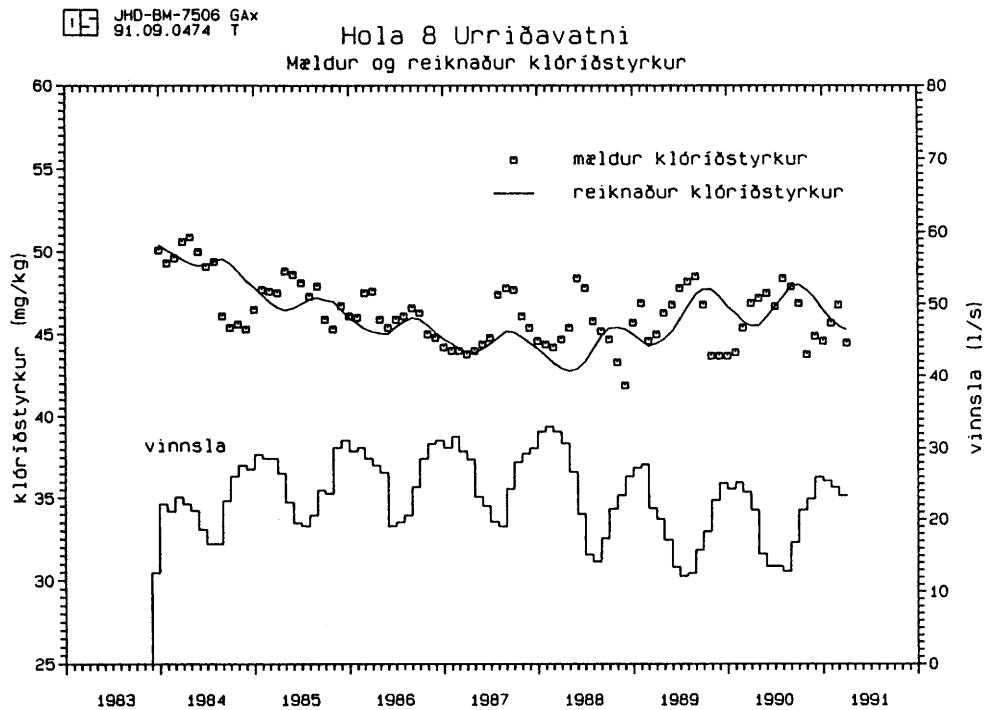
MYND 1. Gögn um vinnslu og hita vatns úr holu 8.



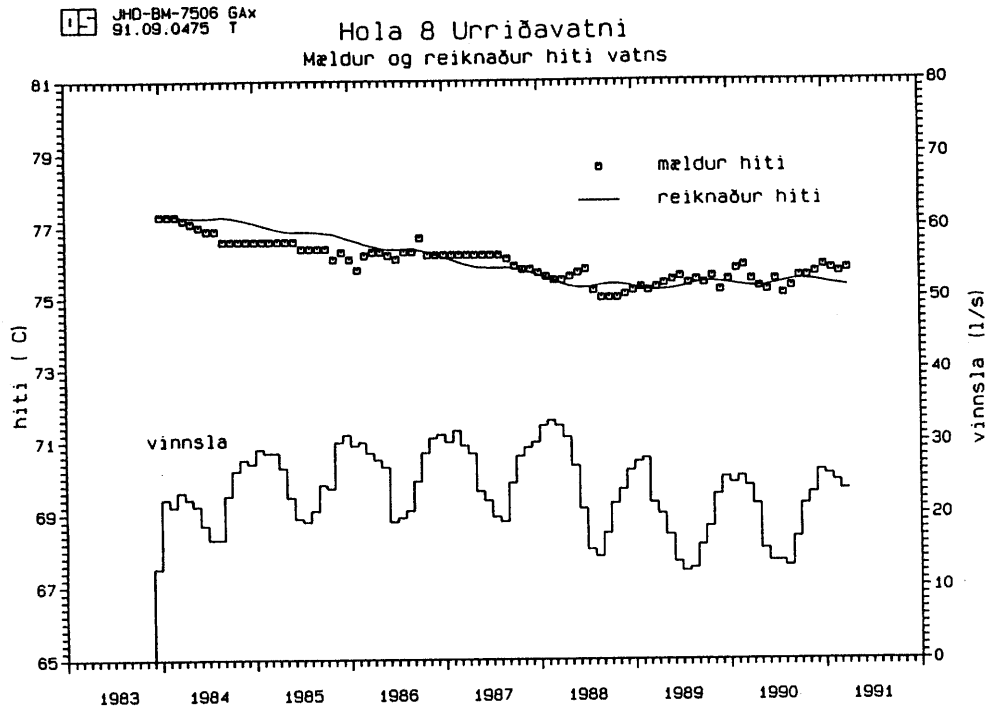
MYND 2. Gögn um vinnslu og klóríðstyrk vatns úr holu 8.



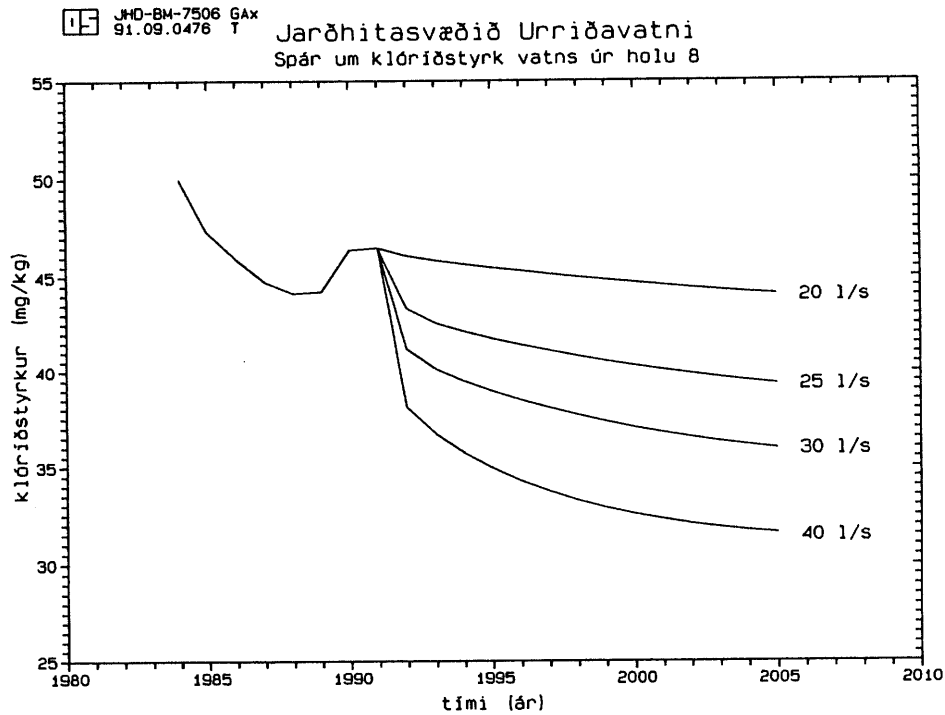
MYND 3. Einfalt líkan af jarðhitakerfinu undir Urriðavatni.



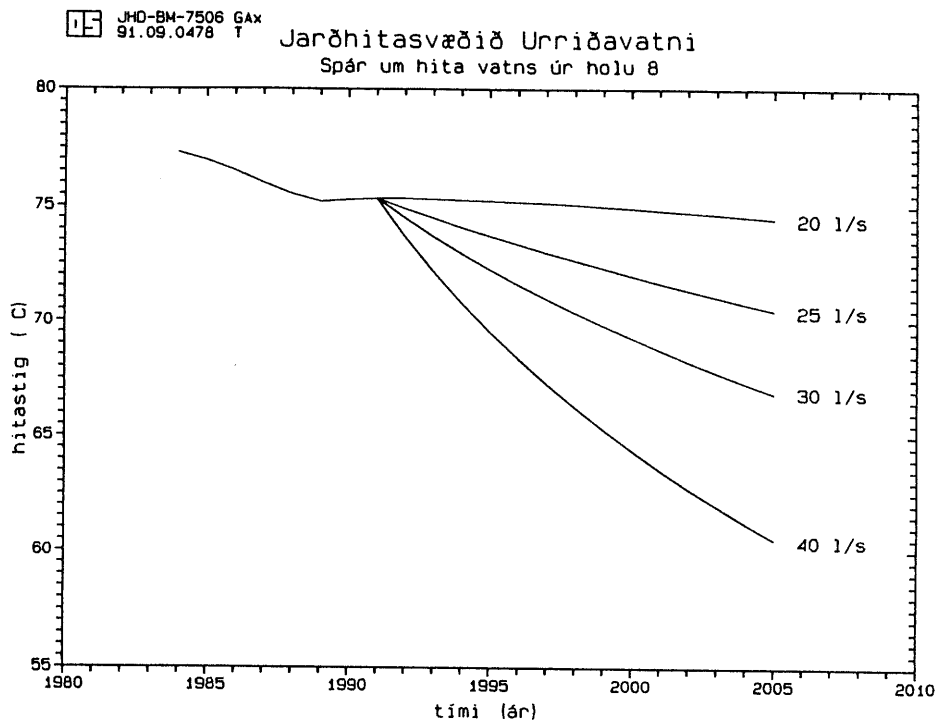
MYND 4. Mældur og reiknaður klóríðstyrkur vatns úr holu 8.



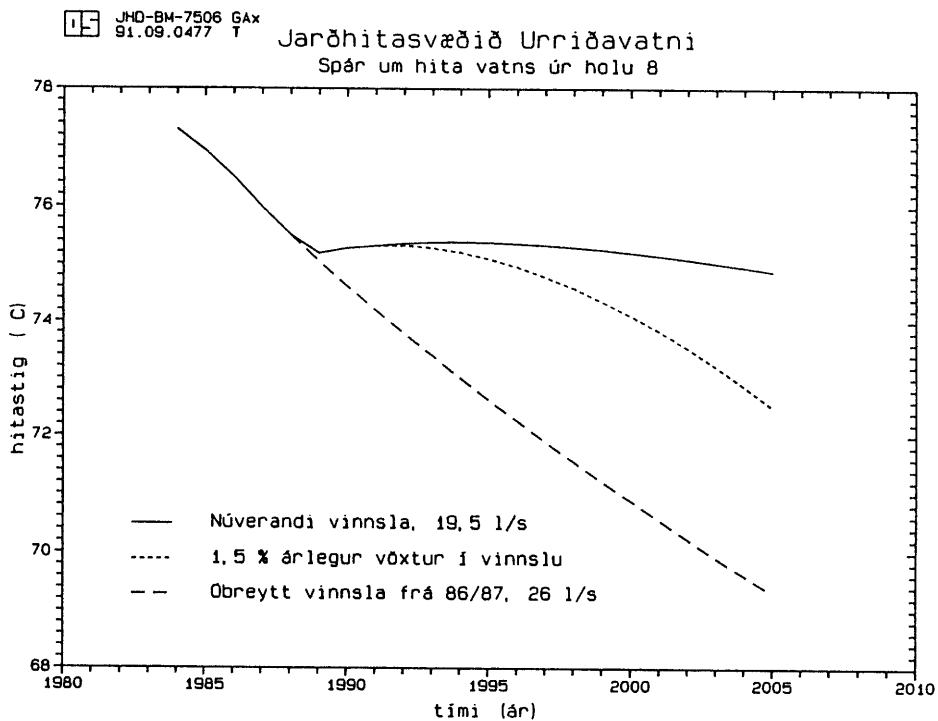
MYND 5. Mældur og reiknaður hiti vatns úr holu 8.



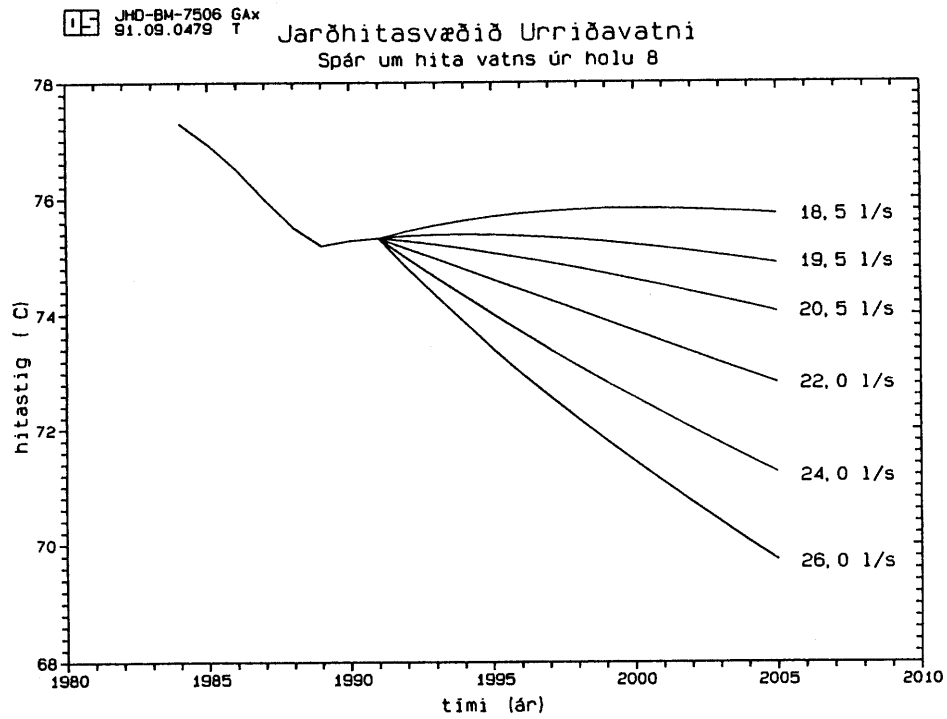
MYND 6. Spár um klóríðstyrk vatns úr holu 8 fyrir nokkur mismunandi vinnslutilfelli.



MYND 7. Spár um hita vatns úr holu 8 fyrir nokkur mismunandi vinnslutílfelli.



MYND 8. Spár um hita vatns úr holu 8 fyrir núverandi vinnslu, 1,5% árlegan vöxt í vinnslu og vinnslu árána 1986 og 1987.



MYND 9. Spár um hita vatns úr holu 8 fyrir nokkur mismunandi vinnslutilfelli.

VIÐAUKI

Jöfnur um viðbrögð einfalds líkans af jarðhitakerfinu undir Urriðavatni

Líkanið sem notað er til þess að herma viðbrögð jarðhitakerfisins undir Urriðavatni er sýnt á mynd 3 hér að framan. Efsti hluti líkansins er grunnvatnskerfi sem er svo víð-áttumikið að þrýstingur í því fellur ekki þótt vatn leki úr því niður í jarðhitakerfið. Hiti vatns í grunnvatnskerfinu er T_0 og klóríðstyrkur C_0 . Fyrir neðan grunnvatnskerfið tekur við efri hluti jarðhitakerfisins, sem hefur rúmmál V_1 . Hiti vatns og klóríðstyrkur breytist með tíma í þessum hluta og eru þessar stærðir táknaðar með $T_1(t)$ og $C_1(t)$. Upphafshiti og upphafsklóríðstyrkur í efri hlutanum eru T_1^0 og C_1^0 . Síðan tekur við neðri hluti jarðhitakerfisins, með rúmmál V_2 . Þar eru hiti vatns og klóríðstyrkur $T_2(t)$ og $C_2(t)$ og upphafshiti og upphafsklóríðstyrkur T_2^0 og C_2^0 .

Inn í neðri hluta líkansins streyma stöðugt R kg/s af vatni með hita T_R og klóríðstyrk C_R . Úr neðri hlutanum hefur síðan verið dælt Q kg/s af vatni frá tíma $t = 0$, og líkir sú dæling eftir holi 8. Hiti vatnsins, sem dælt er, og klóríðstyrkur þess eru eins og hiti og klóríðstyrkur neðri hluta líkaninsins. Milli grunnvatnskerfisins og efri hlutans leka síðan $(q_1 - R)$ kg/s af vatni með hita T_0 og klóríðstyrk C_0 . En milli efri og neðri hluta jarðhitakerfisins leka aftur á móti $(q_2 - R)$ kg/s af vatni með hita $T_1(t)$ og klóríðstyrk $C_1(t)$. Gengið verður útfrá því að þrýstibreytingar í kerfinu gerist miklu hraðar en hita- og efnastyrksbreytingar. Þá er hægt að nálga:

$$(1) \quad q_2 \approx q_1 \approx Q$$

Eftirfarandi jöfnur gilda um varðveislu orkunnar í líkaninu:

$$(2) \quad \langle \rho c \rangle_1 V_1 \frac{dT_1}{dt} = c_v(Q-R)T_0 - c_v(Q-R)T_1(t)$$

$$(3) \quad \langle \rho c \rangle_2 V_2 \frac{dT_2}{dt} = c_v(Q-R)T_1(t) + c_v R T_R - c_v Q T_2(t)$$

þar sem $\langle \rho c \rangle$ er margfeldi eðlismassa og varmarýmdar jarðhitakerfisins (bergs og vatns) og c_v varmarýmd vatns. Um varðveislu klóríðstyrks í líkaninu gilda eftirfarandi jöfnur:

$$(4) \quad \rho_v \phi_1 V_1 \frac{dC_1}{dt} = (Q-R)C_0 - (Q-R)C_1(t)$$

$$(5) \quad \rho_v \phi_2 V_2 \frac{dC_2}{dt} = (Q-R)C_1(t) + R C_R - Q C_2(t)$$

Þar sem ρ_v er eðlismassi vatns og ϕ poruhluti bergs í kerfinu.

Gengið er útfrá því að hægt sé að nálga dælinguna úr kerfinu með

$$(6) \quad Q(t) = Q_i \quad \text{fyrir } t_{i-1} \leq t < t_i, \quad i=1,2, \dots$$

þar sem $t_0 = 0$. Síðan má skilgreina:

$$(7) \quad T_1^i = T_1(t_i) \text{ fyrir } i=1,2, \dots$$

$$(8) \quad \beta_k = \frac{c_v}{(\rho c)_k V_k}, \quad k = 1,2$$

og þá eru lausnirnar á jöfnum (2) og (3) eftirfarandi:

$$(9) \quad T_2^i = T_2^{(i-1)} e^{-\beta_2 Q_i \Delta t_i} + \left[\frac{R}{Q_i} T_R + \frac{(Q_i - R)}{Q_i} T_0 \right] \left(1 - e^{-\beta_2 Q_i \Delta t_i} \right) \\ + \frac{\beta_2 (Q_i - R)}{\beta_2 Q_i - \beta_1 (Q_i - R)} \left(T_1^{(i-1)} - T_0 \right) \left(e^{-\beta_1 (Q_i - R) \Delta t_i} - e^{-\beta_2 Q_i \Delta t_i} \right), \text{ fyrir } i = 1,2, \dots$$

með

$$(10) \quad T_1^i = T_1^{(i-1)} e^{-\beta_1 (Q_i - R) \Delta t_i} + T_0 \left(1 - e^{-\beta_1 (Q_i - R) \Delta t_i} \right)$$

þar sem $\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$. Með því að skilgreina:

$$(11) \quad C_1^i = C_1(t_i) \text{ fyrir } i=1,2, \dots$$

$$(12) \quad \alpha_k = \frac{1}{\rho_v V_k \phi_k}, \quad k = 1,2$$

þá eru lausnirnar á jöfnum (4) og (5) gefnar af:

$$(13) \quad C_2^i = C_2^{(i-1)} e^{-\alpha_2 Q_i \Delta t_i} + \left[\frac{R}{Q_i} C_R + \frac{(Q_i - R)}{Q_i} C_0 \right] \left(1 - e^{-\alpha_2 Q_i \Delta t_i} \right) \\ + \frac{\alpha_2 (Q_i - R)}{\alpha_2 Q_i - \alpha_1 (Q_i - R)} \left(C_1^{(i-1)} - C_0 \right) \left(e^{-\alpha_1 (Q_i - R) \Delta t_i} - e^{-\alpha_2 Q_i \Delta t_i} \right), \text{ fyrir } i = 1,2, \dots$$

með

$$(14) \quad C_1^i = C_1^{(i-1)} e^{-\alpha_1 (Q_i - R) \Delta t_i} + C_0 \left(1 - e^{-\alpha_1 (Q_i - R) \Delta t_i} \right)$$

Jöfnur (9), (10), (13) og (14) má nota til þess að herma mældar breytingar á hita og klóríðstyrk vatns sem dælt er úr jarðhitakerfinu undir Urriðavatni.