



ORKUSTOFNUN  
Jarðhitadeild

**LAUGALAND Í HOLTUM**

**Hermireikningar og vatnsborðsspár**

Guðni Axelsson

Unnið fyrir Hitaveitu Rangæinga

OS-90043/JHD-24 B

Nóvember 1990



**ORKUSTOFNUN**  
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

Verknr. 613861

**LAUGALAND Í HOLTUM**  
**Hermireikningar og vatnsborðsspár**

Guðni Axelsson

Unnið fyrir Hitaveitu Rangæinga

OS-90043/JHD-24 B

Nóvember 1990

## EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	3
2. GÖGNIN	3
3. GAMLA LÍKANID	3
4. NÝTT LÍKAN	3
5. HERMIREIKNINGAR	4
6. VATNSBORÐSSPÁR	4
HEIMILDIR	5

## MYNDIR

1. Vinnslugögn frá Laugalandi í Holtum	6
2. Vatnsborð reiknað skv. líkani frá 1987	6
3. Þjappað líkan af jarðhitakerfinu	7
4. Mælt og reiknað vatnsborð í jarðhitakerfinu	7
5. Vatnsborðsspár fyrir núverandi vinnslu (17 l/s) og vinnslu ársins 1985 (21 l/s)	8
6. Vatnsborðsspár fyrir nokkur mismunandi vinnslutilfelli	8
7. Vatnsborðsspár fyrir núverandi vinnslu og 1% árlegan vöxt í vinnslu	9

## TÖFLUR

1. Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu á Laugalandi í Holtum	3
2. Eiginleikar þjappaðs líkans af jarðhitakerfinu á Laugalandi	4

## 1. INNGANGUR

Árið 1987 var gerð úttekt á vinnslusögu jarðhitasvæðisins á Laugalandi í Holtum (Lúðvík S. Georgsson og fl., 1987), en þá hafði Hitaveita Rangæinga nýtt svæðið í rúm fjögur ár. Einfalt vatnafræðilegt líkan af jarðhitakerfinu var m.a. notað til þess að herma vatnsborðsbreytingar af völdum vinnslu og til þess að reikna vatnsborðsspár til aldamóta, fyrir nokkur mismunandi vinnslutilfelli. Nú hafa bæst við tæplega fjögur ár af vinnslugögnum og þótti því ástæða til að endurtaka hermireikningana og endurreikna vatnsborðsspárnar.

## 2. GÖGNIN

Gögnin sem stuðst var við eru birt á mynd 1, en það eru gögn um meðalvinnslu hvers mánaðar ásamt gögnum um vatnsborð í jarðhitakerfinu (hola GN-1) um hver mánaðarmót. Þetta eru gögn sem Hitaveita Rangæinga hefur safnað.

Tafla 1. Ársmeðalvinnsla úr jarðhitasvæðinu á Laugalandi í Holtum.

Ár	Meðalvinnsla (l/s)
1982	7,4
1983	19,4
1984	19,1
1985	21,8
1986	21,1
1987	19,4
1988	18,5
1989	17,6
1990 <sup>1)</sup>	16,7

<sup>1)</sup> Vinnsla okt.-des. áætluð

Á mynd 1 kemur vel fram hve vinnslan á Laugalandi hefur minnkað á undanförunum árum. Þetta sést einnig í töflu 1 hér að ofan, en þar eru birtar tölur um ársmeðalvinnslu undangenginna 9 ára. Ársmeðalvinnslan hefur minnkað úr um 22 l/s í um 17 l/s síð-

an 1985. Minnkandi notkun endurspeglast einnig í vatnsborðinu, en meðalvatnsborð hefur hækkað um u.þ.b. 10 m.

## 3. GAMLA LÍKANID

Áður en fjallað verður um endurskoðað líkan af jarðhitakerfinu á Laugalandi er rétt að athuga hversu gott samræmi reynist á milli vatnsborðsbreytinga, sem mælst hafa frá því úttektin var gerð (upphaf árs 1987), og vatnsborðsbreytinga reiknaðra með líkaninu frá 1987. Það var líkan af einsleitri lóðréttri rennu með frjálsu vatnsborði og tvívíðu vatnsstreymi (Lúðvík S. Georgsson og fl., 1987). Þetta er gert þannig að viðbrögð gamla líkansins við vinnslunni eins og hún hefur verið þessi fjögur ár eru reiknuð. Reiknuðu viðbrögðin eru síðan borin saman við mældar vatnsborðsbreytingar. Niðurstöðurnar eru sýndar á mynd 2 og sést þar að samræmið er mjög gott. Er það athyglisvert því gamla líkanið var byggt á aðeins fjögurra ára vinnslusögu.

## 4. NÝTT LÍKAN

Til þess að reikna (herma) viðbrögð jarðhitakerfisins á Laugalandi við vinnslu, var notað svokallað þjappað líkan, en þjöppuð líkön hafa verið notuð með góðum árangri við hermireikninga fyrir nokkuð mörg jarðhitakerfi á Íslandi (Guðni Axelsson, 1989). Mjög fljótlegt er að nota þjöppuð líkön og má herma vatnsborðsbreytingar mjög nákvæmlega með slíkum líkönum. Talið var að þjappað líkan myndi herma vatnsborðsbreytingarnar á Laugalandi enn nákvæmar en rennulíkanið. Þjappaða líkanið er sýnt á mynd 3.

Þjappað líkan er byggt upp af nokkrum vatnsgeymum, sem eru innbyrðis tengdir með viðnámmum. Í stuttu máli líkja geyrnir eftir vatnsrýmd jarðhitakerfis og viðnámin líkja eftir straumviðnámi eða vatnsleiðni (lekt) kerfis. Rýmd jarðhitakerfis stjórnar því hve mikið vatn fæst úr kerfinu við ákveðna þrýstingsbreytingu (sbr. hugtakið

geymslustuðul) og þá að nokkru leyti hve hratt þrýstingsbreytingar verða í vatnskerfinu við vinnslu. Ef rýmd er mikil þá er kerfið gjöfult og þrýstingsbreytingar í því hægar. Leiðnin (lektin) stjórnar því hve greiðlega vatn streymir um kerfið og þá hve miklar þrýstingsbreytingarnar verða í því við vinnslu. Ef lekt kerfis er mikil þá getur vatnsstreymi verið mikið og þrýstingsbreytingar litlar.

Ekki er hægt að segja að til hvers og eins af geymunum á mynd 3 svari tiltekin jarðfræðilega afmörkuð svæði. Líta ber á geymana og viðnámin sem líkan sem bregst eins við og jarðhitakerfið við vinnslu. Þó má líta svo á að fyrsti geymirinn ( $\kappa_1$ ) sé hliðstæður þeim hluta jarðhitakerfisins, sem er nánasta umhverfi borholanna, eða innsta kjarna þess. Vatni er dælt úr geymi 1 og hermir þrýstingur í þeim geymi þrýsting í vatnsborðsholu á viðkomandi jarðhitasvæði. Einnig má líta svo á að annar geymirinn svari til hluta jarðhitakerfisins sem er utan við og/eða dýpri en nánasta umhverfi holanna og að sá þriðji svari til aðstreymishluta jarðhitakerfisins.

## 5. HERMIREIKNINGAR

Líkaníð var látið herma, eins nákvæmlega og hægt var, vatnsborðsbreytingar vegna vinnslu úr svæðinu. Þetta var gert þannig að fræðileg viðbrögð hins þjappaða líkans voru felld sjálfvirkt með tölvu að mældum breytingum á vatnsborði. Mæld og reiknuð viðbrögð líkansins eru birt á mynd 4.

Eiginleikar líkansins eru síðan birtir í töflu 2. Ekki verður fjallað ítarlega um eiginleika líkansins hér, en þeir endurspeglar raunverulega eiginleika jarðhitakerfisins. Þó er ljóst að bæði rýmd jarðhitkerfisins og vatnsleiðni þess eru mjög lítil, sem skýrir takmörkuð afköst þess.

**Tafla 2.** Eiginleikar þjappaðs líkans af jarðhitakerfinu á Laugalandi.

Rýmd:	
$\kappa_1$ ( $\text{ms}^2$ )	43,6
$\kappa_2$ ( $\text{ms}^2$ )	3290
$\kappa_3$ ( $\text{ms}^2$ )	62800
Leiðni:	
$\sigma_1$ (ms)	0,0000160
$\sigma_2$ (ms)	0,0000204

## 6. VATNSBORÐSSPÁR

Þjappaða líkanið, sem notað var til þess að herma vinnslugögnin, var að síðustu notað til þess að spá fyrir um vatnsborðsbreytingar í holu LN-4. Niðurstöðurnar eru birtar á þremur myndum: Mynd 5 sýnir vatnsborðsspár fyrir annars vegar núverandi ársmeðalvinnslu, 171/s, og hins vegar ársmeðalvinnslu eins og hún var árið 1985, 211/s. Mynd 6 sýnir vatnsborðsspár fyrir sex mismunandi vinnslutilfellum. Að síðustu sýnir mynd 7 vatnsborðsspá fyrir núverandi vinnslu og aðra spá þar sem gert hefur verið ráð fyrir 1% árlegum vexti í vatnsnotkun. Þess má geta að Orkuspárnefnd gerir ráð fyrir 0,4% árlegri fjölgun íbúa á Suðurlandi fram til ársins 2010 (Orkuspárnefnd, 1987).

Myndirnar sýna spár um lægstu vatnsborðstöðu hvers árs. Spárnar eru reiknaðar þannig að í fyrsta lagi er vatnsborð í innsta hluta jarðhitakerfisins reiknað með þjappaða líkaninu útfrá ársmeðalvinnslu. Í öðru lagi er bætt við það áætlaðri lækkun vatnsborðs vegna aukinnar vinnslu að vetri. Og í þriðja lagi þá er iðustreymistapi í LN-4, við hámarksvinnslu, bætt við vatnsborðsspárnar.

Um vatnsborðsspárnar má segja eftirfarandi:

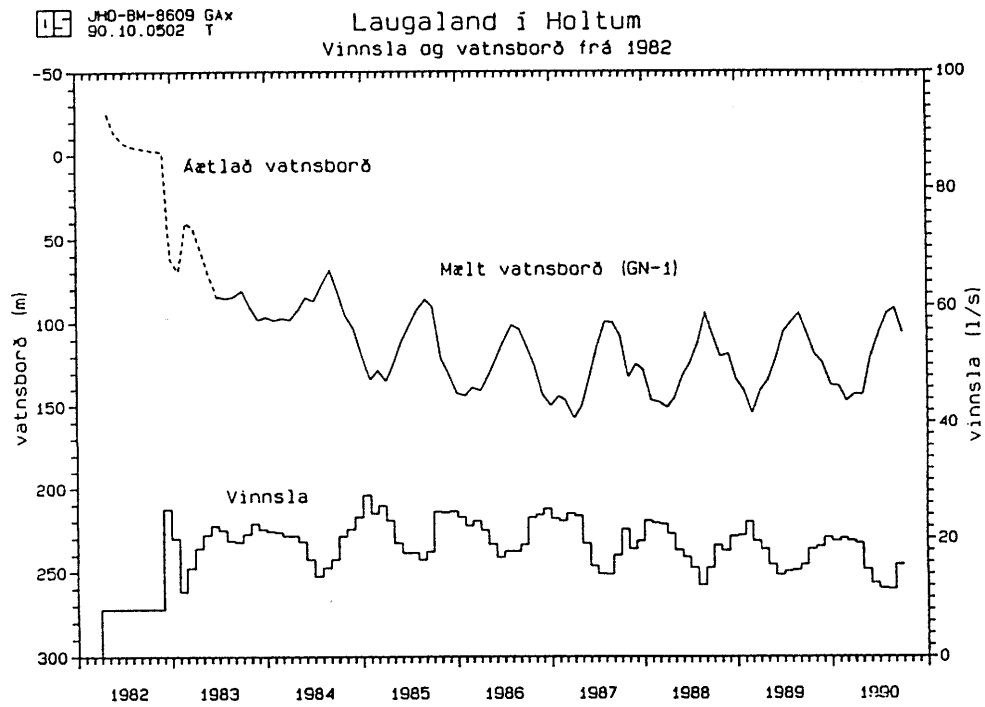
- Á mynd 5 sést að aðgerðir, sem Hita-veita Rangæinga greip til í þeim tilgangi að draga úr vinnslu á Laugalandi, hafa valdið því að lægsta vatnsborð í LN-4 verður væntanlega um 50 - 60 m hærra næstu áratugina en ella hefði orðið.

- Við núverandi ársmeðalvinnslu er því spáð að vatnsborð í LN-4 fari ekki niður fyrir 200 m næstu 20 árin.
- Dælan í LN-4 er á 225 m dýpi og ef ekki á að síkka hana virðist meðalvinnsla næstu tveggja áratuga ekki mega fara yfir 18 - 18,5 l/s (sjá mynd 6).
- Hóla LN-4 er fódruð í 292 m og er því mögulegt að síkka dælu í holunni. Þannig mætti sennilega auka meðalvinnsluna í 22 l/s. Til þess þarf þó nýjan dælubúnað. Slík breyting yrði því kostnaðarsöm auk þess sem raforkukostnaður vegna dælingar myndi aukast verulega. Aukning í vinnslu myndi einnig stytta endingartíma jarðhitakerfisins.
- Ef gert er ráð fyrir 1% árlegum vexti í dælingu á Laugalandi (mynd 7) mun væntanlega þurfa að síkka dælu í LN-4 fyrir árið 2003, eða grípa til annarra aðgerða. Sennilega mun núverandi dælubúnaður geta annað vatnsþörfinni næstu tvo áratugina ef vöxturinn verður minni en 0,5% á ári.

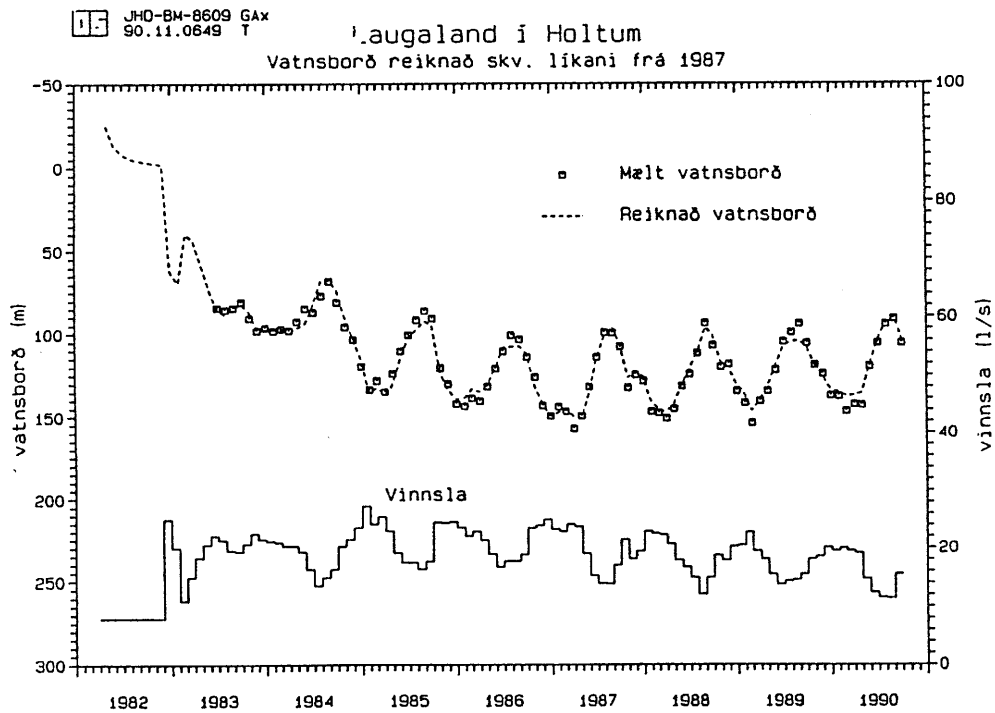
Mikilvægt er að hafa það í huga að hér hefur aðeins verið spáð um vatnsborðsbreytingar næstu tvo áratugina. Líklegt er að kaldara vatn streymi inn í jarðhitakerfið á Laugalandi, eins og reyndar flest jarðhitakerfi sem nýtt eru á Íslandi. Er það vegna þess að á flestum jarðhitasvæðum er unnið meira vatn en sem svarar náttúrulegu afli þeirra. Þetta þýðir það að vatn úr jarðhitasvæðinu á Laugalandi mun fara kólnandi einhvern tímann í framtíðinni. Hvenær það verður er ómögulegt að segja að svo stöddu, en einhverjar breytingar gætu orðið á hita vatnsins úr LN-4 næstu tvo áratugina auk vatnsborðsbreytinganna sem hér hefur verið spáð.

## HEIMILDIR

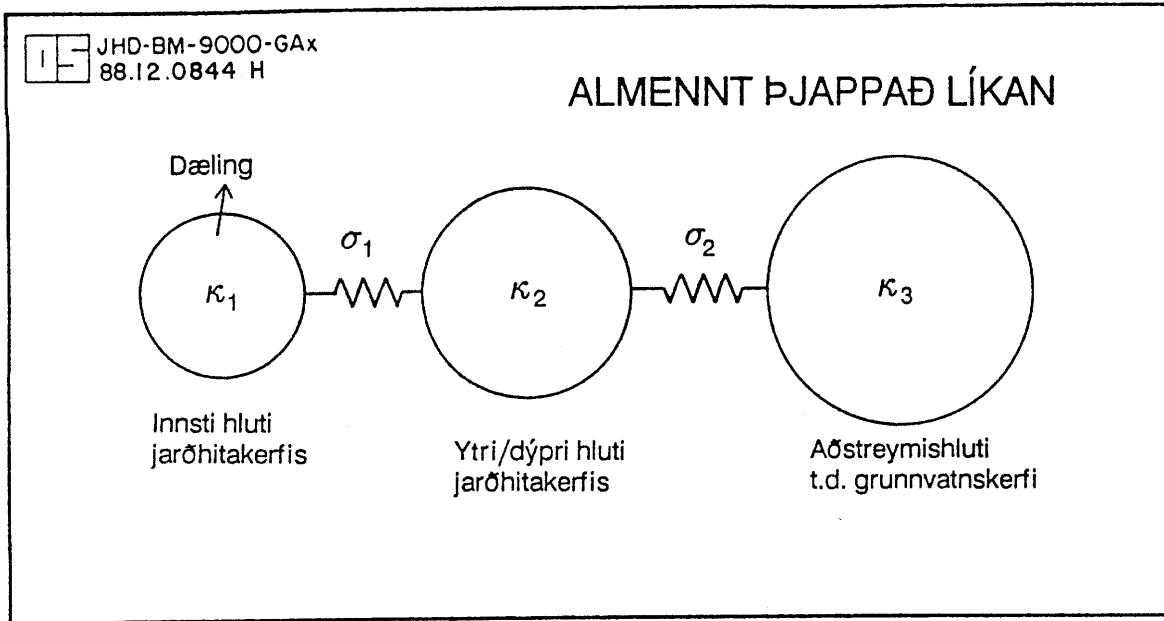
- Guðni Axelsson, 1989: *Forðafræði jarðhitans. Vinnsluefirlit, hermireikningar og vinnsluspár*. Erindi flutt á aðalfundi Sambands íslenskra hitaveitna, Egilsstöðum, júní 1989, 9s.
- Lúðvík S. Georgsson, Auður Ingimarsdóttir, Guðni Axelsson, Margrét Kjartansdóttir og Þorsteinn Thorsteinsson, 1987: *Laugaland í Holtum. Hóla GN-1 í Götu og vatnsvinnsla á Laugalandssvæðinu 1982-1987*. Orkustofnun, OS-87022/JHD-04, 65s. Unnið fyrir Hitaveitu Rangæinga.
- Orkuspárnefnd, 1986: *Jarðvarmaspá 1987-2015. Spá um vinnslu og notkun jarðvarma*. Orkustofnun, OS-87045/OBD-01, 178s.



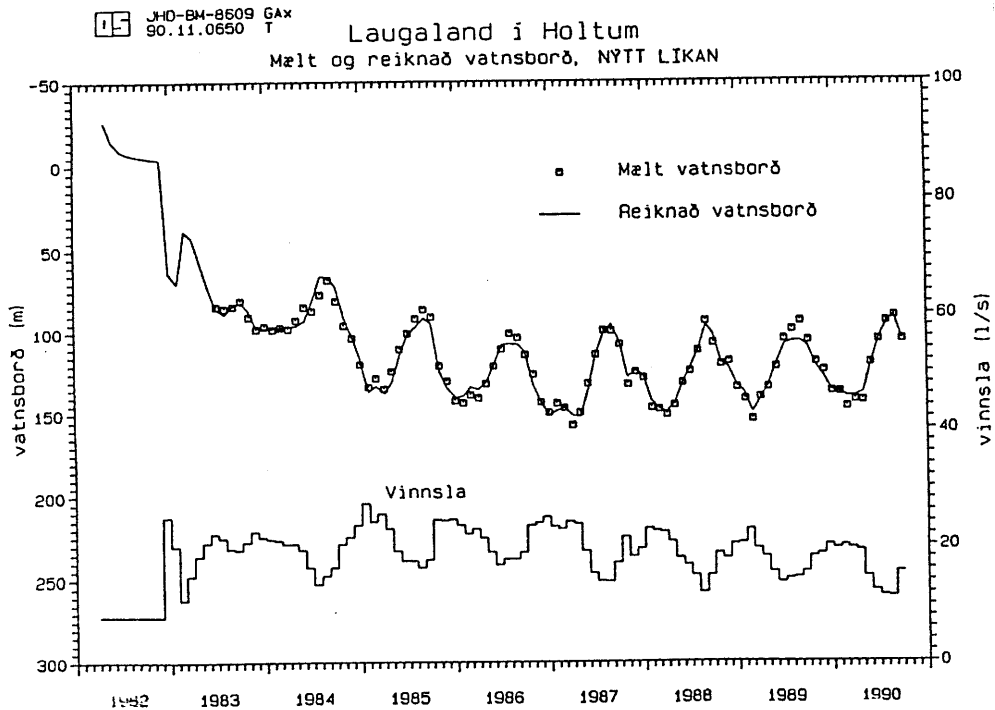
MYND 1. Vinnslugögn frá Laugalandi í Holtum.



MYND 2. Vatnsborð reiknað skv. líkani frá 1987.

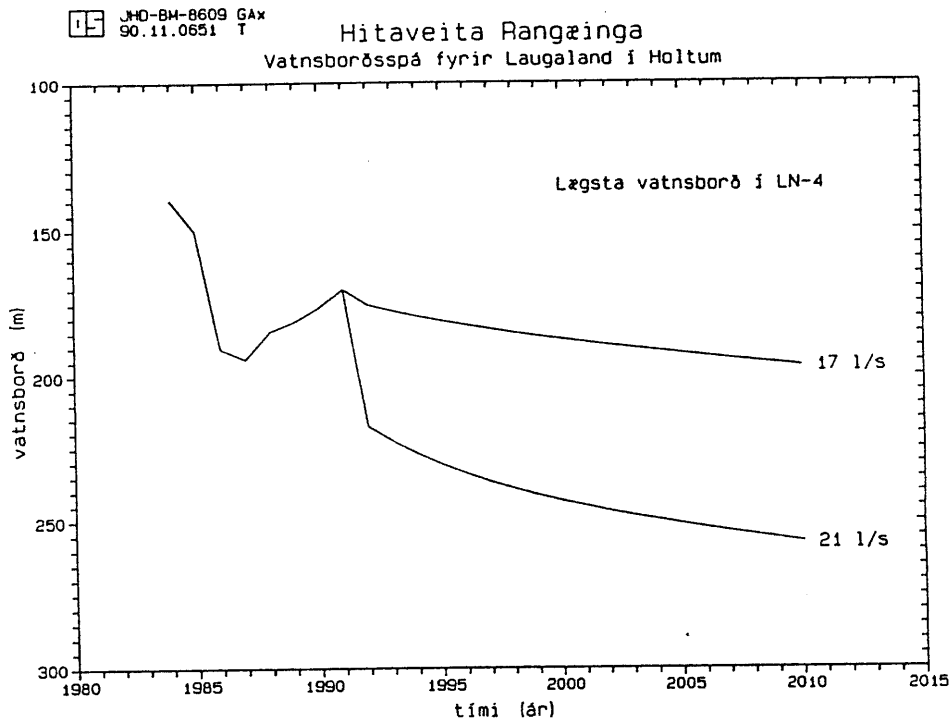


MYND 3. Þjappað líkan af jarðhitakerfinu.

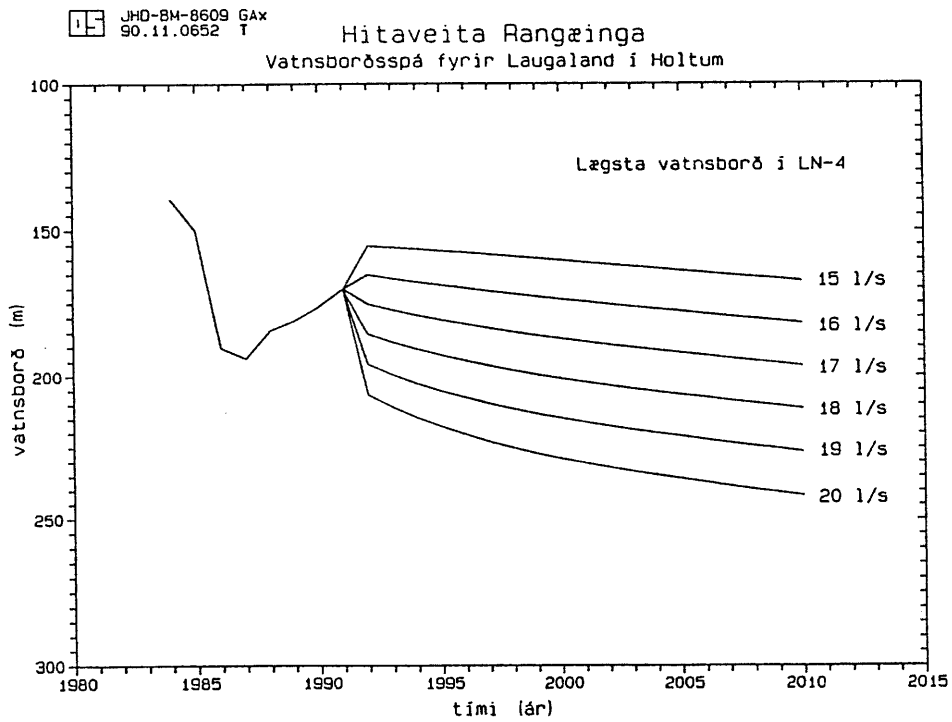


MYND 4. Mælt og reiknað vatnsborð í jarðhitakerfinu.

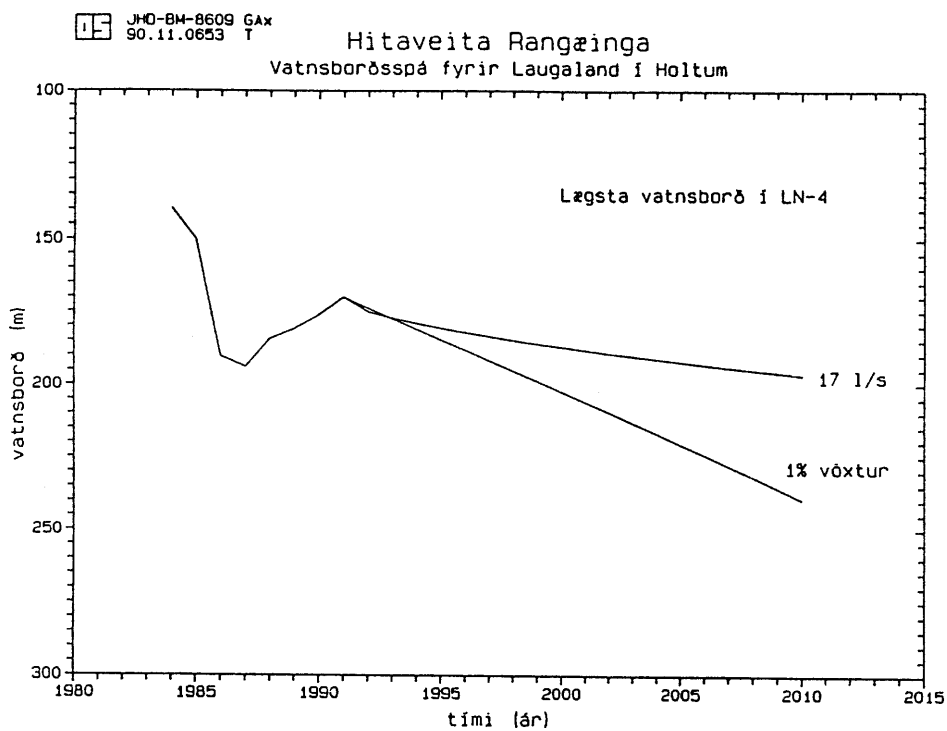




MYND 5. Vatnsborðsspár fyrir núverandi vinnslu (17 l/s) og vinnslu ársins 1985 (21 l/s).



MYND 6. Vatnsborðsspár fyrir nokkur mismunandi vinnslutilfelli.



MYND 7. Vatnsborðsspár fyrir núverandi vinnslu og 1% árlegan vöxt í vinnslu.