



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

VADNES Í GRÍMSNESI

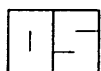
Dæluprófun holu 13

Sæpór L. Jónsson, Guðni Axelsson
og Magnús Ólafsson

Unnið fyrir Hitaveitu Vaðness

OS-88039/JHD-20 B

Október 1988



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

Verknr.: 687138

VADNES Í GRÍMSNESI

Dæluþrófun holu 13

Sæþór L. Jónsson, Guðni Axelsson
og Magnús Ólafsson

Unnið fyrir Hitaveitu Vaðness

OS-88039/JHD-20 B Október 1988

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	2
2. DÆLUPRÓFUN	2
2.1 Prepaprófun	2
2.2 Langtímareynsludæling	2
2.3 Hitastig vatnsins	4
2.4 Efnasamsetning vatnsins	4
3. NIÐURSTÖÐUR	6

1. INNGANGUR

Hola 13 að Vaðnesi var boruð með jarðbornum Glaum fyrir Hitaveitu Vaðness í júní 1988. Holan er 404 m djúp, fóðruð með 10 3/4" fóðurröri í 58 m og boruð með 8 1/2" borkrónu neðan fóðringar. Aðalvatnsæðar holunnar eru neðan 230 m dýpis.

Hola 5, sem einnig er í landi Vaðness, var boruð með Jarðbornum Ými 8. - 17. október 1985. Holan er 54 m djúp, fóðruð með 8 5/8" fóðringu í 25,2 m og boruð með 7 7/8" borkrónu neðan fóðringar. Aðalvatnsæðar holunnar eru á 30 - 37 m dýpi.

2. DÆLUPRÓFUN

Hola 13 var dæluprófuð dagana 21. júlí til 24. ágúst 1988. Dæluprófunin var þó ekki samfelld allan þennan tíma því nokkur mislöng hlé urðu þegar dælan í holu 13 stöðvaðist. Dæluprófunin var þrjúþætt: Prepaprófun við upphaf dæluprófsins, langtímareynsludæling sem stóð yfir í 15 1/2 sólarhring, ef hléin eru ekki meðtalin, og mæling á jöfnun vatnsborðs eftir langtímadælinguna. Holan var dæluprófuð með dælubúnaði Vinnslutæknideildar Orkustofnunar. Við þann búnað var tengt sjálfvirkt gagnasöfnunartæki, sem skráði dælinguna, hitastig vatnsins ásamt vatnsborði í holunni. Hér að neðan verður fjallað um niðurstöður úrvinnslu þessara gagna.

Hola 5 var í vinnslu meðan á dæluprófuninni stóð og því aðeins að litlu leyti hægt að fylgjast með vatnsborði í henni. Hola 5 hefur verið nýtt nú um nokkurt skeið. Hún tekur vatn mjög grunnt, á 30 - 37 m dýpi, og hefur vatn úr henni kólnað verulega.

2.1 Prepaprófun

Prepaprófunin var framkvæmd í þeim tilgangi að meta afköst holunnar til skamms tíma, þ.e. hvernig niðurdráttur í holunni breytist með mismunandi dælingu. Gögn úr þrepprófuninni eru birt á mynd 1. Vatnsborð, sem fall af dælingu, eftir að 15 mín. voru liðnar af hverju þrepi, er síðan sýnt á mynd 2. Þar hefur verið tekið tillit til þess að sjálfrennsli er úr holunni og yfirþrýstingur ($h < 0$) ef henni er lokað. Stöðu vatnsborðs eftir 15 mín dælingu (rennsli) má nálga með jöfnunni

$$h = -1,45 + 0,047 q + 0,0022 q^2$$

Þar sem h er dýpi á vatnsborð í metrum og q er dæling í l/s. Fyrsti liðurinn gefur þann yfirþrýsting sem er í holunni þegar henni er lokað. Annar liðurinn í jöfnunni lýsir þeirri vatnsborðslækkun sem verður vegna lagstreymisþrýstifalls í vatnskerfinu umhverfis holuna. Þessi liður er háður tíma og jafnan á því aðeins við um 15 mín. dælingu. Þriðji liðurinn lýsir hins vegar þeirri vatnsborðslækkun sem verður vegna iðustreymisþrýstifalls í holunni og næst henni. Þetta iðustreymistap kemur yfirleitt fram strax og dæling er hafin eða henni breytt. Iðustreymistapið veldur því að niðurdrátturinn er ekki línulega háður dælingu, eins og sést á mynd 2.

Þar sem annar liðurinn í jöfnunni hér að ofan (þrýstifallið í vatnskerfinu) vex með tíma nægir slík þrepprófun yfirleitt ekki til þess að meta langtímaafköst borhola. Því er nauðsynlegt að reynsludæla holar í lengri tíma.

2.2 Langtímareynsludæling

Reynsludælingin var framkvæmd til þess að kanna hvernig niðurdráttur í holu 13 breyttist með tíma og jafnframt afla upplýsinga um vatnafræðilega eiginleika vatnskerfisins sem holan

tengist, svo sem um vatnsleiðni þess, takmörk, tengsl við önnur vatnskerfi o.fl.

Gögn úr langtímaprófuninni eru birt á myndum 3, 4 og 5. Mynd 3 sýnir gögn frá 12:40 21. júlí til 19:30 23. júlí, en þá bilaði dælan í holu 13. Þann 3. ágúst hafði verið gert við dæluna og var þá aftur hafist handa við reynsludælinguna. Mynd 4 sýnir gögn frá 14:20 þann dag til 4:45 15. ágúst. Eins og sést þá stöðvaðist dælan tvisvar á þessu tímabili og einnig í lok þess. Var það vegna þess að rafmótor við dæluna sló út. Mynd 5 sýnir síðasta hluta reynsludælingarinnar frá 16:15 17. ágúst til 13:00 19. ágúst. Í fyrstu (mynd 3) var dælingin um 50 l/s, en í seinni hlutunum (myndir 4 og 5) að meðaltali um 34 l/s.

Hér voru gögnin á myndum 4 og 5 túlkuð saman ásamt gögnum um jöfnun vatnsborðs eftir reynsludælinguna. Jöfnun vatnsborðs í holu 13 var mæld í rúma 5 sólarhringa frá 13:15 19. ágúst, er slökkt hafði verið á dælunni, til 17:15 24 ágúst og eru þau gögn birt á mynd 6. Með því að túlka þessi gögn öll saman fást betri upplýsingar um langtíma viðbrögð holunnar. Gögnin eru birt saman á mynd 7.

Gögnin úr langtímaprófuninni fela í sér mikilsverðar upplýsingar um viðbrögð vatnskerfisins við vinnslu, en vegna breytilegrar dælingar og vegna hléanna þá er erfitt að túlka gögnin beint. Hér er því gripið til þess ráðs að reikna svokallaðan einingarniðurdrátt. Einingarniðurdrátturinn lýsir viðbrögðum holunnar við stöðugri 1 l/s dælingu. Við þá reikninga er ekki gert ráð fyrir iðustreymistapi og var því iðustreymistapið, sem ákvarðað var út frá þrepa-prófuninni, dregið frá niðurdrættinum. Á mynd 7 er sýndur samanburður milli mælds vatnsborðs og vatnsborðs reiknuðu skv. einingarniðurdrættinum. Einingarniðurdráttur holu 13 er síðan birtur á myndum 8 og 9, á mynd 8 með línulegum tímaskala og á mynd 9 með lógaritmískum tímaskala.

Það sem einkennir viðbrögð vatnskerfisins, sem hola 13 tengist, er að við stöðuga dælingu þá kemst á jafnvægi milli dælingar og vatnsborðs. Skv. einingarniðurdrættinum (mynd 8) er jafnvægi komið á eftir um 100 klst. Ástæðan fyrir þessu er sennilega sú að samband er á milli heita vatnskerfisins neðan 200 m dýpis og vel leks vatnskerfis á minna dýpi. Þar sem þrýstingur í grynna vatnskerfinu fellur lítið kemst því fljótt á jafnvægi.

Vatnsborðsgögn eins og hér um ræðir eru túlkuð þannig að fræðileg viðbrögð einhvers viðeigandi líkans eru felld að gögnunum. Eiginleikar líkansins gefa þá ákveðið mat á eiginleikum hins raunverulega kerfis, t.d. vatnsleiðni þess. Það mat er þó líkanháð og ber aðeins að skoða í ljósi líkansins. Segja má að slíkt mat gefi sýndareiginleika kerfis.

Í flestum tilfellum má túlka vatnsborðsgögn á grundvelli líkans af óendanlegum láréttum vatnsleiðara, lokuðum að ofan og neðan. Það líkan er þó ekki viðeigandi hér vegna tengslanna við grynna vatnskerfið. Það líkan sem má nota til þess að túlka gögnin sem hér um ræðir er hið venjulega líkan af óendanlegum láréttum vatnsleiðara með þeirri viðbót að inn í hann leki vatn að ofan úr öðru vatnskerfi.

Gögnin úr holu 13 voru túlkuð á grundvelli slíks líkans. Niðurstöður túlkunarinnar eru birtar á mynd 10, sem sýnir reiknaðan feril ásamt gögnunum. Eins og sést þá fellur reiknaði ferillinn vel að gögnunum. Samkvæmt líkaninu er leiðnistuðull aðalvatnskerfis holu 13, neðan 200 m dýpis, metinn

$$\frac{K_{hg}}{\nu} = 1,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$

þar sem K er lárétt lekt kerfisins, h þykkt þess, g þyngdarhröðunin og ν eðlisseigja jarðhitavökvans. Leiðnistuðull vatnsleiðara er mælikvarði á hversu greiðlega vatn streymir eftir honum. Í þessu tilfalli er stuðullinn nokkuð hár. Fyrir jarðlögin milli heita vatnskerfisins og grunnvatnskerfisins fæst að

$$\frac{k}{\nu b} = 5,1 \times 10^{-11} \text{ s/m}$$

Þar sem k er lóðrétt lekt jarðlaganna milli vatnskerfanna og b er þykkt þeirra. Ef gengið er út frá því að $h = 200$ m og $b = 200$ m má áætla gróflega að

$$K = 3,4 \times 10^{-13} \text{ m}^2$$

$$k = 3,8 \times 10^{-15} \text{ m}^2$$

Lárétta lektin er töluvert há. Lóðrétt lektin virðist vera mun minni en sú lárétta, sem endurspeglar nokkuð treg tengsl við grynna vatnskerfið. En hafa verður í huga að þessi gildi eru verulega háð líkaninu, sem hér er lagt til grundvallar. Ekki er víst að munurinn á láréttri og lóðréttri lekt sé í reynd svo mikill því raunveruleikinn er sennilega að einhverju leyti frábrugðinn líkaninu.

Þar sem hola 5 var í vinnslu mest alla prófunina og niðurdráttarrörrið í henni bilað var ekki hægt að fylgjast með vatnsborði í henni. Þó var hægt að mæla vatnsborð í holu 5 dagana 8. og 9. ágúst, en þá var dælan í holu 13 einmitt gangsett eftir eitt hléið. Þá mældist um 25 cm vatnsborðslækkun í holu 5, sem styður það að tengsl séu úr vatnskerfinu neðan 200 m upp í grynna kerfi, en hola 5 fær vatn á 30 - 37 m dýpi.

2.3 Hitastig vatnsins

Fylgst var með hitastigi vatnsins sem dælt var í prófuninni og eru niðurstöðurnar birtar á mynd 11. Þar sést að hitastig vatnsins hefur verið tæpar 78°C og að það kólnaði um $0,5^\circ\text{C}$ í prófuninni. Þetta styður þá hugmynd að tengsl séu úr heita vatnskerfinu upp í annað grynna og kaldara, þó einnig sé mögulegt að um samspil tveggja eða fleiri æða í holu 13 sé að ræða. Því er líklegt að vatn úr holu 13 muni halda áfram að kólna við nýtingu í framtíðinni.

2.4 Efnasamsetning vatnsins

Sýni til könnunar á efnainnihaldi vatns og gass var tekið úr holu 13 þann 9. ágúst 1988. Þá var dælt úr holunni um 34 l/s og hiti vatnsins mældist $77,8^\circ\text{C}$ í útrennsli. Efnasamsetning vatnsins er sýnd í Töflu 1 og jafnframt er sýnd þar efnagreining vatns úr holu 5. Það sýni var tekið á 35 m dýpi haustið 1985.

Tafla 1. Efnasamsetning vatns (mg/kg).

Staður Númer hiti(°C)	Hola 13 88-0098 77,8	Hola 5 85-0312 72
Sýrustig (pH/°C)	9,8/22	9,9/21
Kísill (SiO ₂)	80,6	87,6
Natríum (Na)	97,8	104,0
Kalí (K)	1,9	4,2
Kalsíum (Ca)	7,1	4,0
Magnesíum (Mg)	~ 0,0	0,06
Karbónat (CO ₂)	11,6	12,4
Súlfat (SO ₄)	69,1	71,3
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	<0,03	<0,03
Klóríð (Cl)	83,0	81,4
Flúor (F)	0,91	0,95
Uppleyst efni	368	395

Talsvert gas kemur upp með vatninu í holu 13 og er efnasamsetning þess sýnd í Töflu 2.

Tafla 2. Efnasamsetning gass (rúmm. -%)

Karbónat (CO ₂)	0,01
Brennisteinsvetni (H ₂ S)	0,00
Vetni (H ₂)	0,07
Súrefni og argon (O ₂ + Ar)	1,85
Metan (CH ₄)	0,24
Köfnunarefni (N ₂)	97,83

Gasið er að langmestum hluta köfnunarefni og skaðlaust en veldur því að loft safnast á hitakerfi húsa, nema það verði skilið frá í gasskilju.

Með tilliti til þeirra efna, sem hafa verið mæld í vatninu, þá stenst það kröfur sem ágætt neysluvatn. Vatnið er mettað með tilliti til kalks (kalsíts), eins og nánast allt jarðhitavatn hérlendis, en ekki er búist við útfellingum að neinu ráði.

Magn uppleysts súrefnis í vatninu hefur ekki verið mælt og ekki er búist við að það sé mikið í svo heitu vatni sem þessu. Þó er talið nauðsynlegt að mæla magn þess þegar frágangi við holutopp er lokið. Ekkert brennisteinsvetni (H₂S) er í vatninu og því má búast við tæringarvandamálum ef súrefni kemst í vatnið um miðlunartank, plastlagnir eða annars staðar.

Út frá efnainnihaldi jarðhitavatns má oft segja til um hita djúpt í jörðu þar sem ríkir jafnvægi milli vatns og bergs. Útreikningur á slíkum efnahita fyrir vatn úr holu 13 reynist vera 72°C, sem er nokkrum gráðum lægri hiti en mældur hiti vatnsins úr holunni. Ekki er fyllilega ljóst hvað veldur þessum mun, en hugsanlegt er, að 72°C sé ráðandi hiti í vatnskerfi holunnar og er því rétt að benda á, að upphaflegur hiti í vatns holu 5 var einmitt 72°C.

3. NIÐURSTÖÐUR

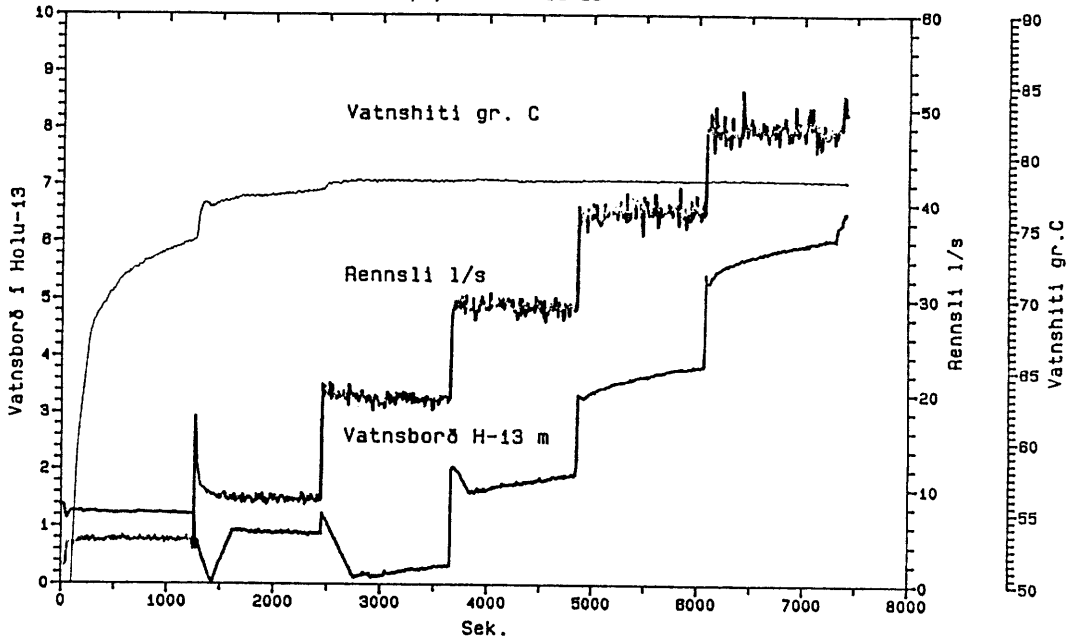
Lekt þess heita vatnskerfis sem hola 13 að Vaðnesi tengist er all mikil, en heiti hluti kerfisins er í tengslum við grynna vatnskerfi (grunnvatnskerfi). Þetta veldur því að við langtímaþvinnslu úr holunni kemst á jafnvægi milli dælingar og vatnsborðslækkunar. Þessar niðurstöður er hægt að nota til þess að spá fyrir um framtíðarviðbrögð holu 13. Niðurstöðurnar eru birtar á mynd 12, en þar er einnig tekið tillit til iðusreymistaps (skv. jöfnu í kafla 2.1). Á mynd 12 sést að við t.d. 10 l/s dælingu mun vatnsborð vera á innan við 2 m dýpi, en við 20 l/s dælingu á um 6 m dýpi.

Tengslin við grynna vatnskerfi, sem komu fram við dæluprófun holu 13, ásamt kólnun vatnsins sem dælt var í prófuninni, benda til þess að hætta sé á því að **vatn úr holunni muni kólna við langtímanotkun**. Ómögulegt er útfrá fyrirliggjandi gögnum að spá því hve hratt slík kólnun muni gerast. Áður en áformum um fulla nýtingu holu 13 verður hrint í framkvæmd væri því rétt að kanna þetta atriði nánar. T.d. mætti dæla úr holu 13 í hálf ár og fylgjast vel með hitastigi og dælingu ásamt vatnsborði og efnainnihaldi vatnsins. Á þann hátt mætti sjá hvort af frekari kólnun vatnsins verður og e.t.v spá um breytingar á hitastigi vatnsins í framtíðinni.

Efnasamsetning vatnsins sýnir að það er ágætt neysluvatn. Magn uppleysts súrefnis í vatninu hefur ekki verið mælt, en talið er nauðsynlegt að gera það þegar frágangi við holutopp er lokið. Talsvert gas er í holunni og reyndist það að langmestum hluta vera köfnunarefni.

JHD-VT-8713-SLJ
88.09.0543.01 T

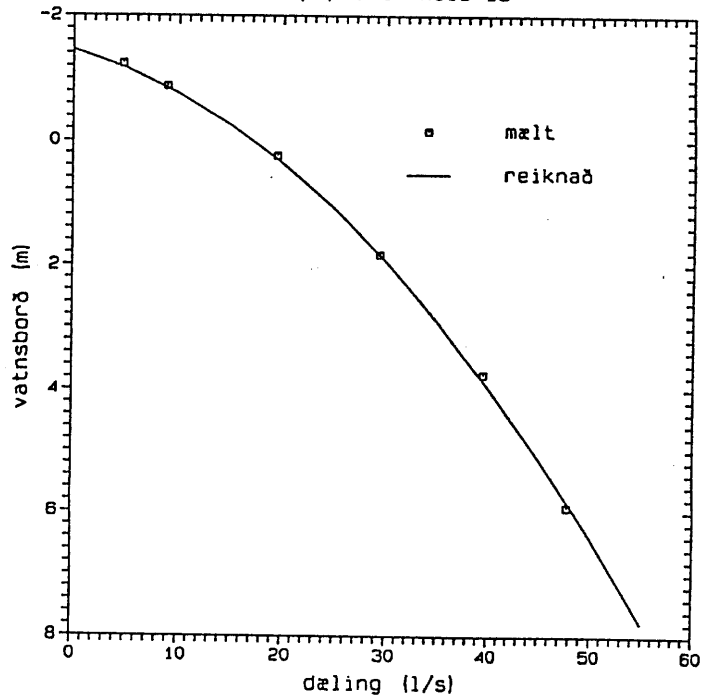
Vaðnes í Grímsnesi Hitaveita Vaðness
Þræpprófun Holu-13



MYND 1

JHD-BM-8713 GAx
88.09.0536 T

Vaðnes í Grímsnesi
Þræpprófun holu 13

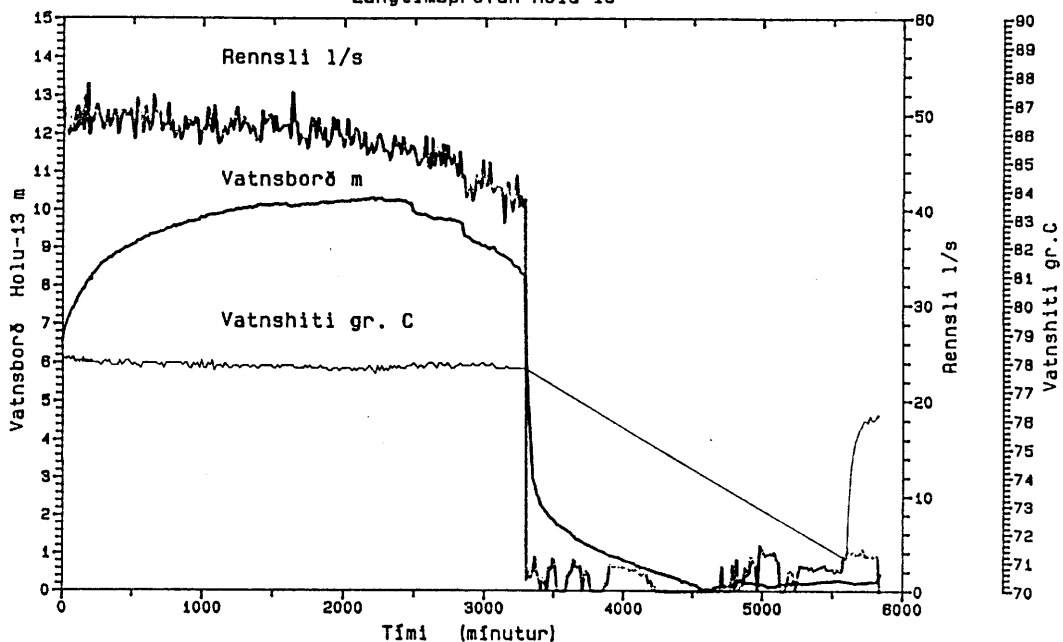


MYND 2

JHD-VT-8713-SLJ
88.09.0543.02 T

Vaðnes í Grímsnesi
Langtímaþrófun Holu-13

Hitaveita Vaðness

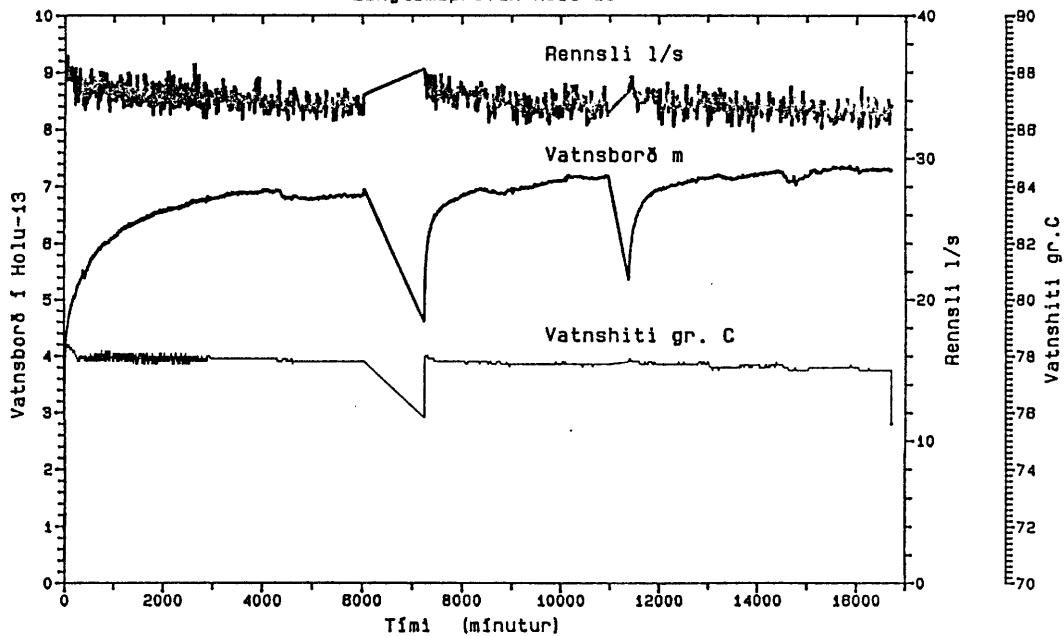


MYND 3

JHD-VT-8713-SLJ
88.09.0543.03 T

Vaðnes í Grímsnesi
Langtímaþrófun Holu-13

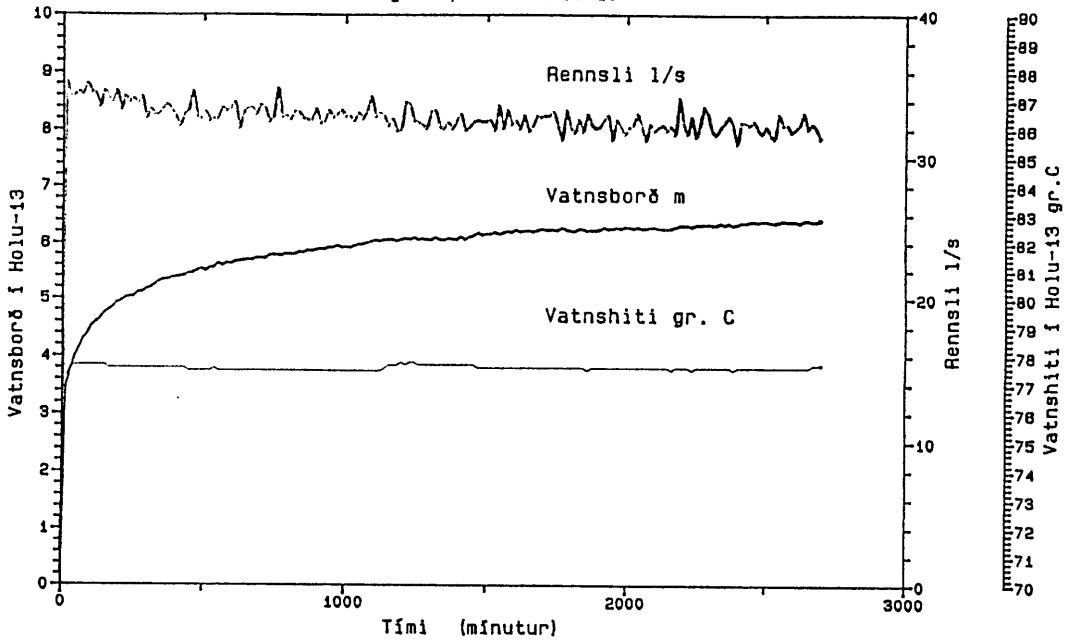
Hitaveita Vaðness



MYND 4

JHD-VT-8713-SLJ
88.09.0543.04 T

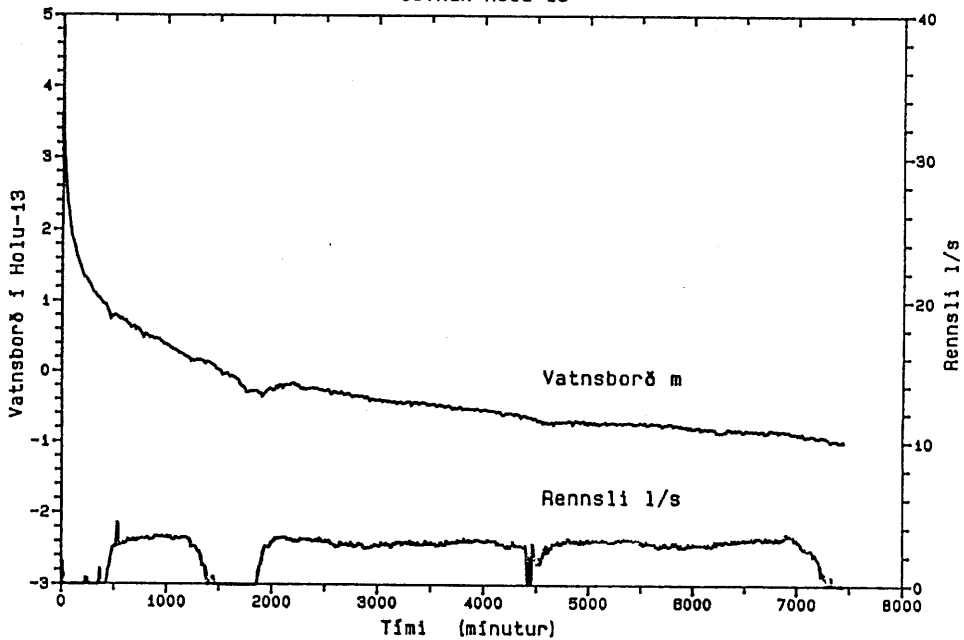
Vaðnes í Grímsnesi Hitaveita Vaðness
Langtímaþrófun Holu-13



MYND 5

JHD-VT-8713-SLJ
88.09.0543.05 T

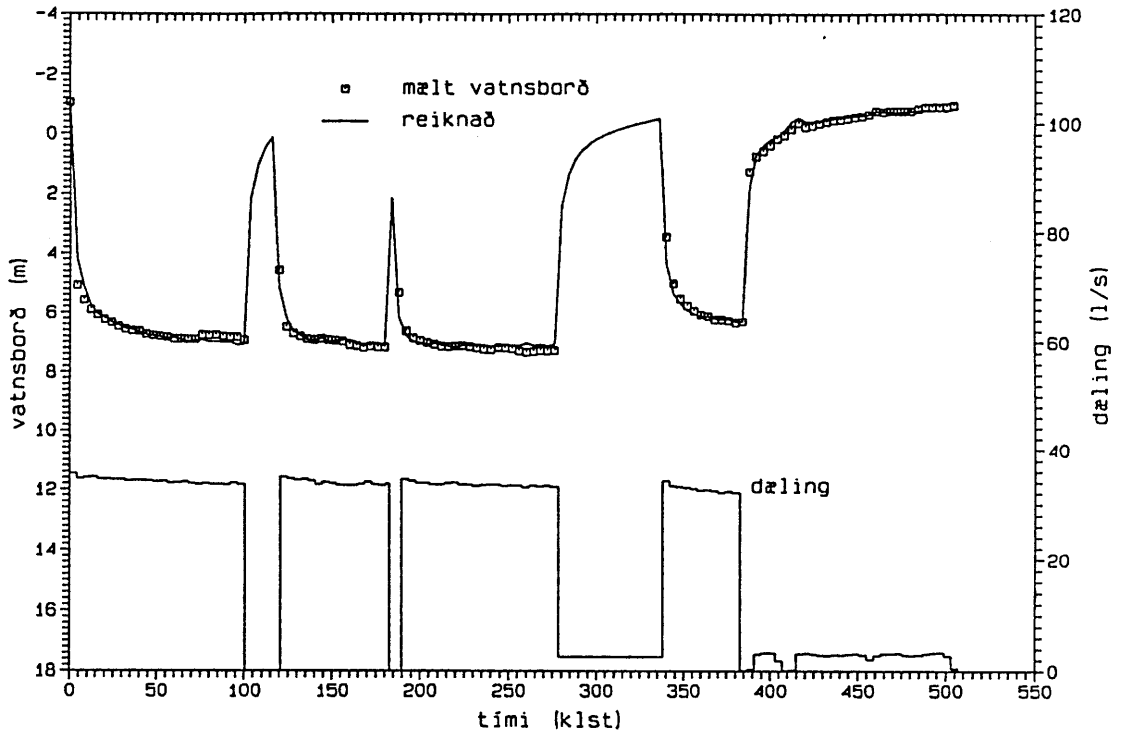
Vaðnes í Grímsnesi Hitaveita Vaðness
Jöfnun Holu-13



MYND 6

JHD-8M-8713 GAx
88.09.0537 T

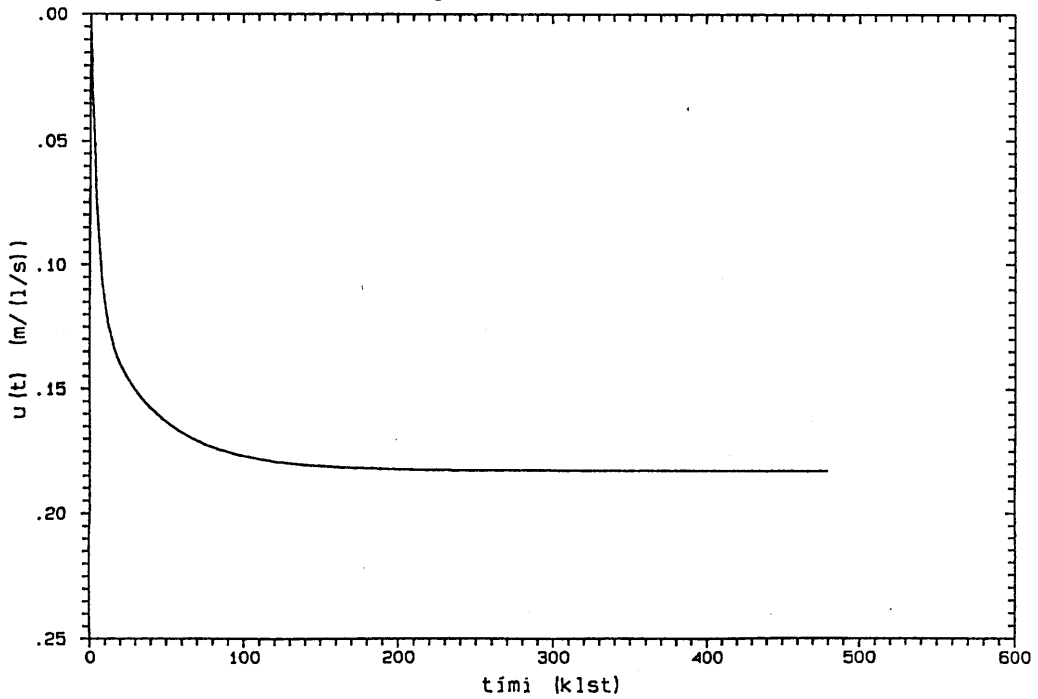
Vaðnes í Grímsnesi
Dæluþrófun holu 13



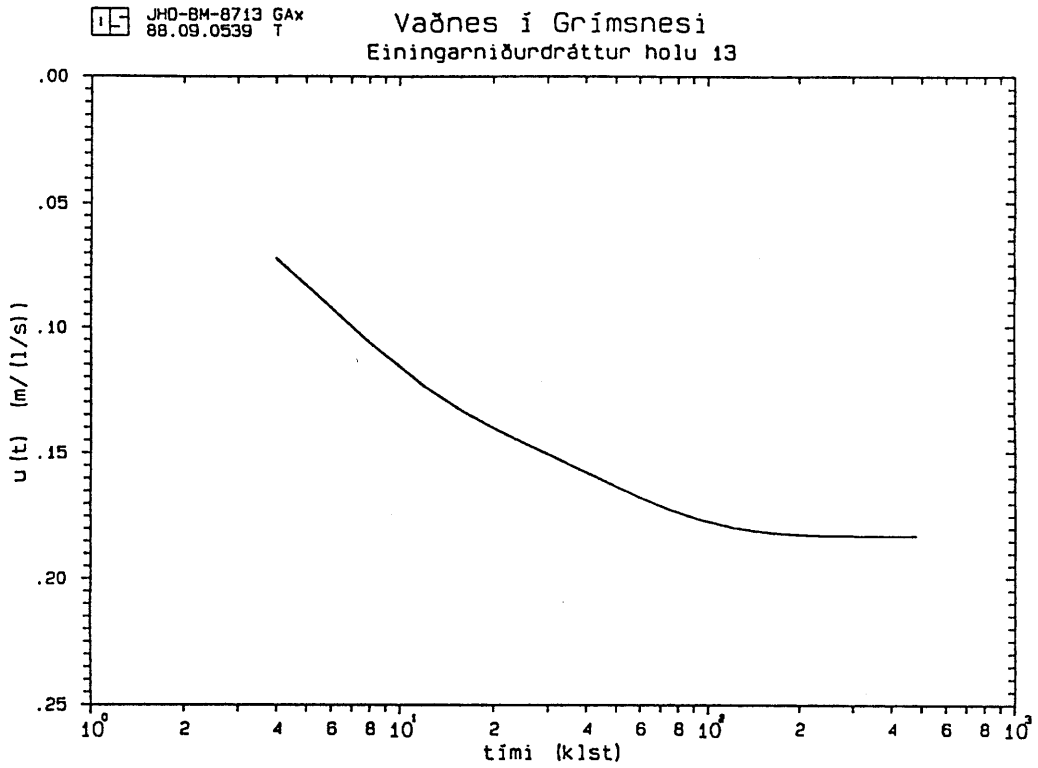
MYND 7

JHD-8M-8713 GAx
88.09.0538 T

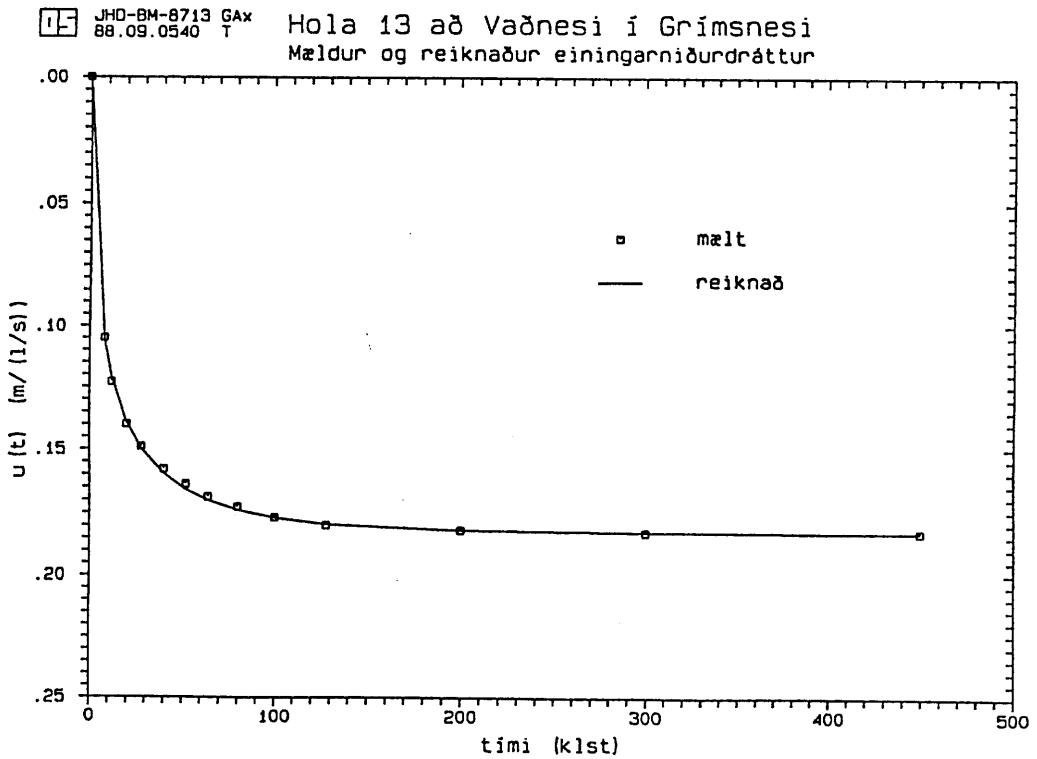
Vaðnes í Grímsnesi
Einingarniðurdráttur holu 13



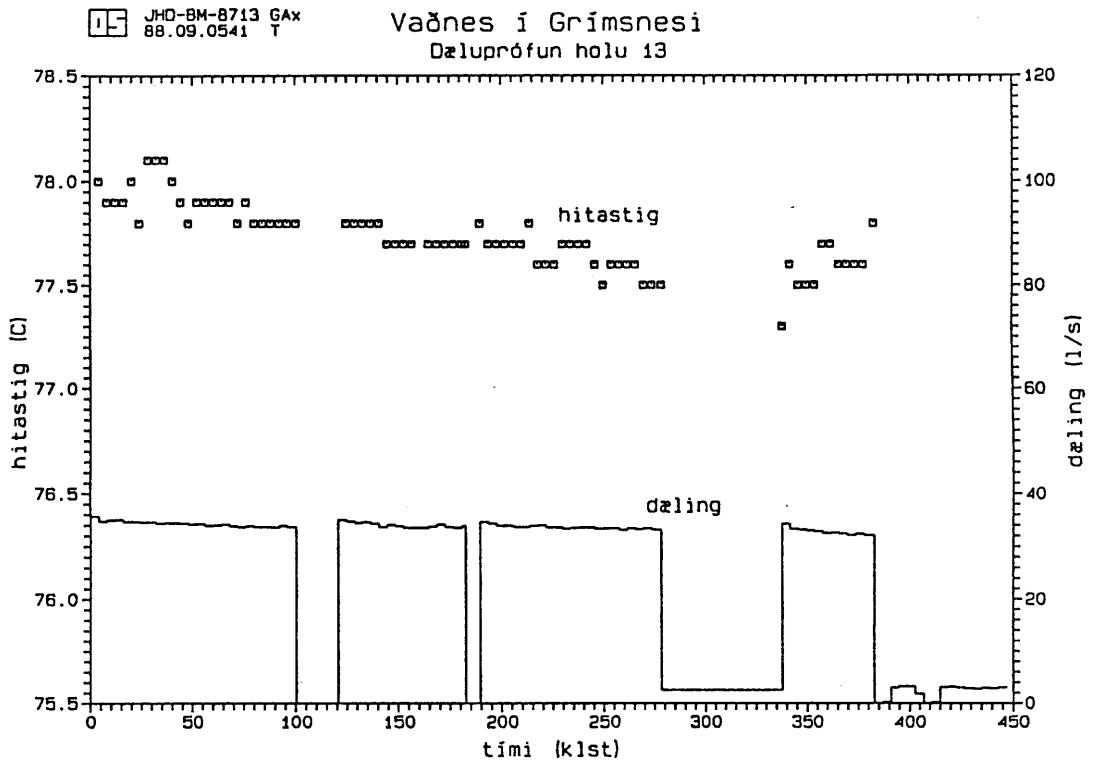
MYND 8



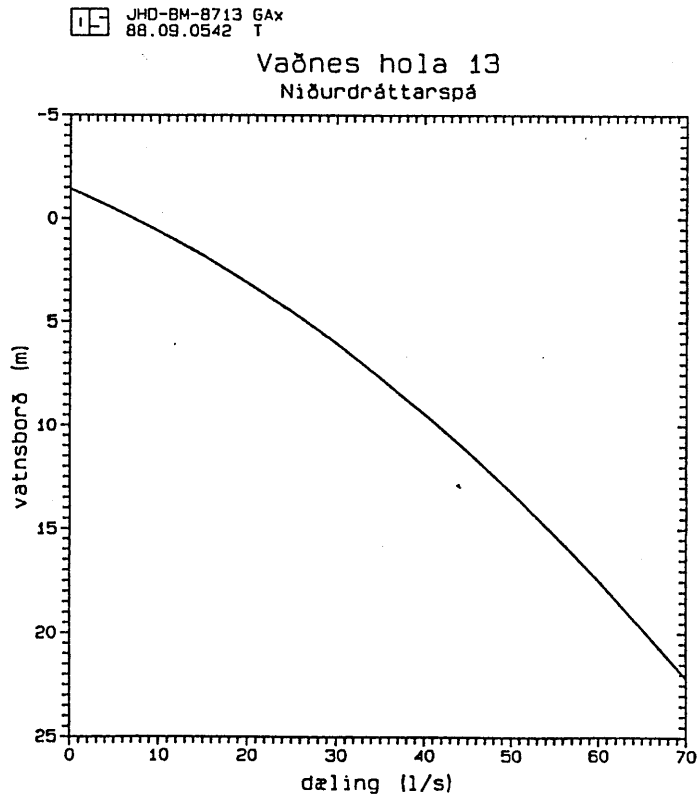
MYND 9



MYND 10



MYND 11



MYND 12