



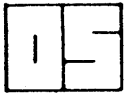
ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

STÓRI KLOFI
Dæluþrófun SK-2

Sæþór L. Jónsson, Orkustofnun
Magnús Ólafsson, Orkustofnun
Verkfræðistofan Vatnaskil hf.

Unnið fyrir Landsvirkjun
OS-86011/JHD-04 B

Mars 1986



ORKUSTOFNUN
Grensásvegi 9, 108 Reykjavík

STÓRI KLOFI
Dæluþrófun SK-2

Sæþór L. Jónsson, Orkustofnun
Magnús Ólafsson, Orkustofnun
Verkfræðistofan Vatnaskil hf.
Unnið fyrir Landsvirkjun
OS-86011/JHD-04 B

Mars 1986

EFNISYFIRLIT

	bls.	
1	INNGANGUR	3
	1.1 Borun	3
	1.2 Lagstreymistap og iðustreymistap	4
	1.3 Leiðni og geymslustuðlar	4
2	DÆLUPRÓFUN	4
	2.1 Fyrri þrepaprófun	5
	2.2 Langtímaprófun	5
	2.3 Jöfnun	6
	2.4 Seinni þrepaprófun	7
	2.5 Samantekt dæluþrófunar	7
3	EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS Í BORHOLUM	7
	3.1 Sýnataka	8
	3.2 Niðurstöður efnagreininga	8
	3.3 Eiginleikar vatnsins	9
4	NIÐURSTÖÐUR	9

MYNDASKRÁ

1	Staðsetning borhola	10
2	Fyrri þrepaprófun. Mæligögn	11
3	Fyrri þrepaprófun. Vatnsdýpi sem fall af dælingu	11
4a	Langtímaprófun. Mæligögn úr dæluholu	12
4b	Langtímaprófun. Dýpi á vatnsborð	12
5	Áhrif loftþrýstings á grunnvatnsstöðu	13
6	Langtímadæluþrófun. Áhrif loftþrýstings	13
7	Langtímadæluþrófun. Aðferð Theis	14
8	Langtímadæluþrófun. Aðferð Jacobs	14
9	Jöfnun vatnsborðs	15
10	Seinni þrepaprófun. Mæligögn	16
11	Seinni þrepaprófun. Vatnsdýpi sem fall af dælingu	16
12	Spá um niðurdrátt	17

1 INNGANGUR

Með bréfi dagsettu 9.12.1985 óskaði Landsvirkjun eftir því að borhola merkt SK-2 í Baðsheiði í landi Stóra Klofa, Rangárvallasýslu, yrði dæluþrófuð samkvæmt verklýsingu Orkustofnunar, OS-JHD-VT 26.11.1985.

Tilgangur prófunarinnar var fimmþættur:

- 1) Mæla niðurdrátt í holunni við mismikla vatnstöku.
- 2) Mæla breytingar á vatnsborði við langvarandi dælingu.
- 3) Mæla breytingar á hitastigi vatnsins sem dælt er úr holunni.
- 4) Spá út frá liðum 1 - 3 hvernig hitastig vatnsins og vatnsborð koma til með að breytast þegar byrjað verður að nýta holuna.
- 5) Meta efnasamsetningu vatnsins með tilliti til notkunar fyrir fiskeldi.

Dæluþrófunin var framkvæmd dagana 9. - 16. janúar 1986. Efnasýni var tekið 10. janúar til greiningar á Jarðefnafræðistofu.

Staðsetning borhola er sýnd á mynd 1.

1.1 Borun

Borhola SK-2 var boruð á tímabilinu 31. október 1985 - 18. nóvember 1985 með Jarðbornum Glaum. Áður hafði SK-1 verið boruð og átti að nota hana sem skolvatnsholu en til þess kom ekki. Í töflu 1 er greint frá dýpi og helstu stærðum borhola sem getið er í skýrslunni (mynd 1).

	<u>Dæluhola</u>	<u>Athugunarhola 1</u>	<u>Athugunarhola 2</u>
Holu heiti	SK-2	SK-1	
Dýpi borholu (m)	197	50,3	10
Dýpi fóðringar (m)	72		
Vídd borholu (tommur)	8 5/8	12 1/4	4
Vídd fóðringar (tommur)	10 3/4		3
Fjarlægð frá SK-2 (m)	-	75	7

Í borun komu fram verulegar æðar í SK-2 fyrir ofan 60 m og er þær höfðu verið fódraðar af var aftur komið í vatn á 111 m dýpi og reyndist holar vera vel opin þær fyrir neðan.

1.2 Lagstreymistap og iðustreymistap

Við dælingu vatns úr borholum lækkar vatnsborð þeirra yfirleitt nokkuð. Þessi niðurdráttur stafar annars vegar af iðustreymistapi í holunni sjálfri og hins vegar af lagstreymistapi við að vatnið rennur um jarðlögin í átt að holunni. Iðustreymistapið kemur yfirleitt fram strax við upphaf dælingar. Það er tengt dælingunni í öðru veldi og nær endanlegri stærð mjög fljótt. Lagstreymistapið er línulega háð dælingunni. Það vex eftir því sem lengur er dælt og nær ekki endanlegri stærð nema við sérstakar aðstæður. Taka þarf tillit til beggja þessara þátta þegar metið er hvaða vatnsmagni er heppilegast að dæla úr viðkomandi holu þar sem þeir vaxa mishratt með aukinni dælingu.

1.3 Leiðni og geymslustuðlar

Við dæluþrófanir eru leiðni og geymslustuðlar jarðlaganna ákvarðaðir. Þessir stuðlar gefa vísbendingu um hve miklu er unnt að dæla úr viðkomandi jarðlögum.

Geymslustuðull S er mælikvarði á rúmmál þess vatns sem unnt er að taka á einingarflatarmál geymis, þegar vatnshæð (head) breytist um eina einingu.

Leiðnistuðull T vatnsleiðara er mælikvarði á það hversu hratt vatn streymir eftir honum undan vatnshalla. Leiðnigildi vatnsleiðara liggja á bilinu $1 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ og $10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. Vatnsleiðari sem hefur leiðnina um $10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ nægir tæpast fyrir einstaka sveitabæi hins vegar er alla jafna unnt að dæla 200 - 500 l/s úr jarðlögum sem hafa vatnsleiðni upp á $10 \text{ m}^2/\text{s}$ að því tilskyldu að nægilegt vatn berist á annað borð til leiðarans. Slíkt vatnsmagn dugir vel fyrir flest iðnaðar- not, þar með talið fiskeldi.

2 DÆLUPRÓFUN

Dæluþrófun holunnar var fjórbætt: Langtímadæling, Þrepaprófanir við upphaf og lok langtímadælingar, mæling á jöfnun vatnsborðs og mæling á hitastigi vatnsins.

Við þrófun á holunni voru mælingar á rennsli, vatnshita, hæð grunnvatnsborðs dæluholu og tveggja athugunarhola auk lofthita skráðar beint inn á sjálfvirkt gagnasöfnunartæki í eigu Vinnslutæknideildar Orkustofnunar. Starfsmenn deildarinnar sáu um frumúrvinnslu og afhentu Vatnaskilum gögnin á tölvutæku formi til frekari úrvinnslu.

2.1 Fyrri þrepaprófun

Þrófunin var framkvæmd hinn 9. janúar 1986. Mynd 2 sýnir hvernig vatnsborð bregst við mismunandi dælingu. Mynd 3 sýnir hins vegar vatnsstöðu í lok hvers þreps teiknaða á móti rennsli.

Líkingin sem lýsir vatnsstöðu í holunni við breytilega dælingu þegar hvert þrep varir í 10 mínútur er:

$$h = 4,49 + 0,0135 Q + 3,46 \times 10^{-4} Q^2$$

þar sem

4,49 : upprunalegt dýpi á vatn í m

h : dýpi á vatnsborð í m

Q : dæling í l/s

Annar liðurinn lýsir vatnsborðslækkun vegna lagstreymistaps í holunni. Vatnsborðslækkun í holunni er háð tímanum sem dæling stendur yfir. Þess vegna er einungis hægt að fá gróft mat á leiðnigildi út frá þrepaprófun. Það reiknast vera um $3 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Þriðji liðurinn lýsir iðustreymistapi í holunni. Tapið stafar af holunni sem mannvirki, t.d. fóðringu og vídd fóðurröra, borleðju o.fl. Áhrif iðustreymistaps koma yfirleitt að fullu fram um leið og dæling er hafin.

2.2 Langtímaprófun

Langtímaprófunin stóð yfir dagana 9. til 16. janúar 1986, og var dælt að jafnaði 26 l/s upp úr holunni.

Mynd 4 sýnir að lítið dregur niður í holunni, en hins vegar eru talsverð áhrif loftþrýstings á vatnsstöðu í dæluholunni. Loftþrýstingur var ekki mældur samtímis við prófunina. Hins vegar leyfði Veðurstofan góðfúslega afnot af veðurkortum sem teiknuð eru á þriggja tíma fresti. Loftþrýstingur við Stóra Klofa var lesinn af þessum kortum. Nokkur ónákvæmni fylgir að hafa ekki beina mælingu. Þrátt fyrir það eru tengsl breytingar í loftþrýstingi og vatnsstöðu allgóð (mynd 5). Svörun í breytingu á vatnsborði við breytingu á loftþrýstingi er um 46 % samkvæmt myndinni. Vatnsleiðarinn er því takmarkaður að ofan og undir nokkrum þrýstingi. Tengslin sem sett eru fram á mynd 5 eru síðan notuð til að leiðrétta fyrir loftþrýstibreytingum á vatnsstöðu dæluholunnar (mynd 6). Mynd 6 sýnir að unnt er að leiðrétta fyrir stærstu breytingunum. Ekki er gerlegt að leiðrétta frekar vegna þess að samfelldar mælingar á loftþrýstingi vantar þegar dælu-prófunin var gerð.

Túlkun á langtímaprófuninni þegar búið er að leiðrétta fyrir loftþrýstibreytingum er sett fram á myndum 7 og 8. Mynd 7 sýnir úrvinnslu eftir aðferð Theiss en mynd 8 eftir aðferð Jacobs. Leiðnigildi samkvæmt myndunum eru $2,9 \times 10^{-2}$ til $3,4 \times 10^{-2}$ m²/s. Geymslustuðla er erfiðara að meta í dæluholunni sjálfri.

Það sést greinlega á mynd 4 að lítil sem engin tengsl eru milli athugunarhola og dæluholu. Hæð vatnsborðs í athugunarholunum breytist auk þess lítið sem ekkert með breytingum í loftþrýstingi eins og gerðist í dæluholunni. Vatnsborð í athugunarholu 1, sem er í 75 m fjarlægð frá dæluholunni, er nánast óbreytt yfir allan dælutímann og ekki hefur tekist að fá sannfærandi tengsl breyttrar vatnsstöðu í henni og breytinga í loftþrýstingi. Vatnsborð í athugunarholu 2 hefur hækkað á prófunartímanum enda hripaði vatnið sem dælt var úr holu SK-2 niður í hraunið í grennd við hana.

Það kemur vel fram á mynd 4 að hitastig helst óbreytt yfir allan dælutímann. Ekkert bendir til að breyting verði þar á í framtíðinni.

2.3 Jöfnun

Í lok langtímaprófunar hinn 16. janúar var slökkt á dælunni og jöfnun vatnsborðsins mæld, þ.e. hve hratt vatnsborðið rís að lokinni dælingu. Á mynd 9 sýnist sem veruleg sveifla sé á mæligildunum. Líklegt er að þetta séu viðbrögð í skynjarunum, en ekki raunveruleg hreyfing á vatnsborðinu.

2.4 Seinni þrepaprófun

Við lok langtímadælingar og eftir jöfnun var gerð önnur þrepaprófun (mynd 10). Einkennisferillinn er settur fram á mynd 11. Hann hefur líkinguna.

$$h = 4,48 + 0,0124 Q + 3,39 \times 10^{-4} Q^2$$

sömu skýringar og í kafla 2.1.

2.5 Samantekt dæluþrófunar

Vatnsleiðarinn sem er dælt úr við Stóra Klofa er lokaður og undir þrýstingi. Breytingar á vatnsborði verða við breytingar í loftþrýstingi. Leiðnigildi sem eru notuð sem grundvöllur fyrir langtímaspá eru $3,1 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Skammtímaniðurdráttur fyrir mismunandi dælingu er:

Dæling	Niðurdráttur	Vatnsstaða
l/s	m	m
20	0,40	4,89
40	(1,09)	(5,58)
60	(2,04)	(6,52)
80	(3,27)	(7,76)
100	(4,77)	(9,26)

Gildin í sviga eru framreikningur á meðaltali líkinganna í kafla 2.1 og 2.4.

Spá um langtímaniðurdrátt er sett fram á mynd 12. Ekki hafa mælst nein ytri mörk á vatnsleiðaranumm né heldur breytingar á hitastigi vatnsins.

3 EFNASAMSETNING JARÐHITAVATNS Í BORHOLUM

Á árinu 1985 voru boraðar nokkrar rannsóknarholur í svokallaðri Baðsheiði í landi Stóra Klofa í Landsveit. Tilgangur þessara borana var að leita að uppstreymisrás heits vatns á svæðinu. Síðastliðið haust var síðan boruð vinnsluhola og er hugmyndin að nýta vatnið til upphitunar og seiðældis. Staðsetning borhola er sýnd á mynd 1.

3.1 Sýnataka

Þrjú sýni hafa verið tekin af heitu vatni úr borholum í landi Stóra Klofa. Þann 18. apríl 1985 voru tekin sýni úr tveimur rannsóknarholum, sem bor frá Ræktunarsambandi Flóa og Skeiða boraði. Þessum sýnum var dælt upp með lítilli dælu og var hiti vatnsins við sýnatöku 54,5°C í holu 1 en 28,5°C í holu 0.

Þann 10. janúar 1986 var tekið sýni úr borholu SK-2, en á þeim tíma fór fram dæluprófun í holunni á vegum Orkustofnunar. Hiti vatnsins við sýnatöku var 56,7°C.

3.2 Niðurstöður efnagreininga

Sýnin hafa verið efnagreind á efnarannsóknarstofu Orkustofnunar og eru niðurstöður sýndar í töflu 1.

TAFLA 1 Efnasamsetning vatns (mg/kg)

Hola	Hola 1	Hola 0	SK-2
Dags.	85-04-18	85-04-18	86-01-10
Númer	0167	0168	0001
Hiti (°C)	54,5	28,5	56,7
Eðlisviðnám/°C	29,4/25	39,7/25	28,6/25
pH/°C	10,12/23	9,82/23	10,32/16,5
SiO ₂	64,2	36,9	62,9
Na	68,8	44,8	67,4
K	0,9	0,9	0,7
Ca	4,4	5,1	4,5
Mg	0,03	0,25	0,04
CO ₂	12,2	22,6	9,1
SO ₄	69,5	41,7	71,6
H ₂ S	0,05	0,05	0,05
Cl	23,0	15,6	19,7
F	1,3	0,9	1,1
Al	0,09	0,02	-
B	0,17	0,11	-
Br	-	-	0,06
Uppl. efni	270	166	266
NO ₃	0,05	0,18	-
O ₂			0,025

3.3 Eiginleikar vatnsins

Vatnið er frekar snautt af uppleystum efnum, og af þeim sem mæld voru reyndist ekkert vera í þeim mæli, að skaðlegt geti talist mönnum. Ef nota á vatnið til seiða- eða fiskeldis er nauðsynlegt að bera efnagreiningar undir fiskeldisfræðing.

Styrkur kísils (SiO_2) og hlutföll alkalímálma (Na og K) hafa verið notuð til að ráða í hver hiti vatnsins hafi verið djúpt í jörðu, þar sem ríkir jafnvægi á milli vatns og bergs. Efnagreiningar á þessum efnum gefa ekki til kynna, að vænta megi hærri hita en þegar hefur náðst. Hátt sýrustig vatnsins bendir einnig til þess, að blöndun við kalt yfirborðsvatn sé óveruleg.

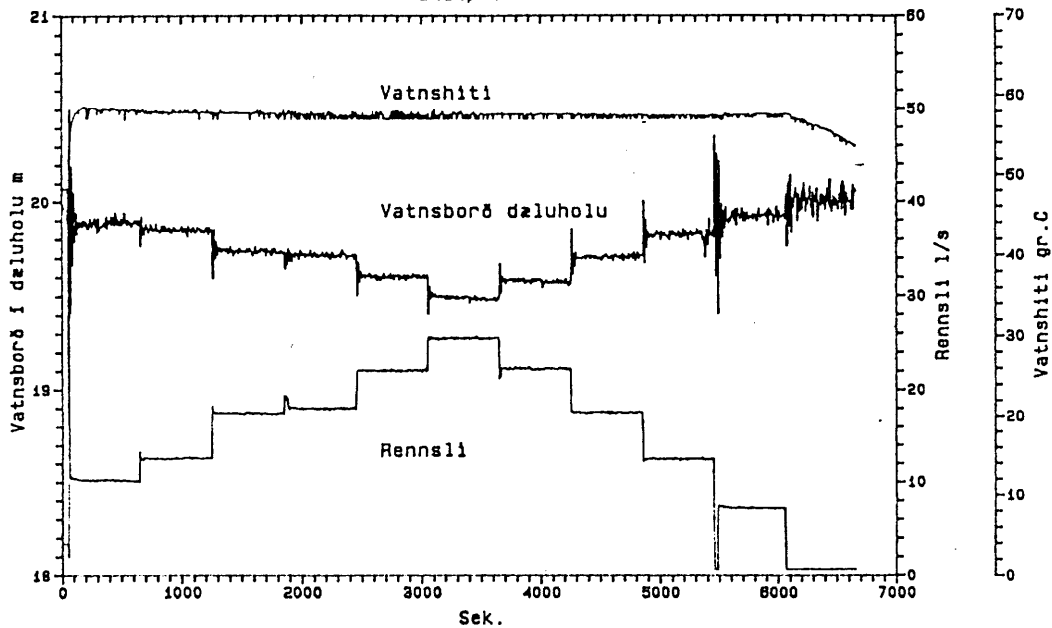
Vatnið er kalkmettað, eins og títt er um jarðhitavatn hérlendis, en ekki er búist við vandræðum vegna kalkútfellinga við nýtingu vatnsins.

Súrefnisstyrkur vatnsins er það lágur (0,025 mg/kg) að ekki er búist við verulegum vandræðum vegna tæringar. Þó er talið æskilegt að gera á vatninu tæringarprófanir áður en það verður notað. Tæring gæti orðið veruleg, ef loft blandast í vatnið í lögnum eða vatnsgeymum.

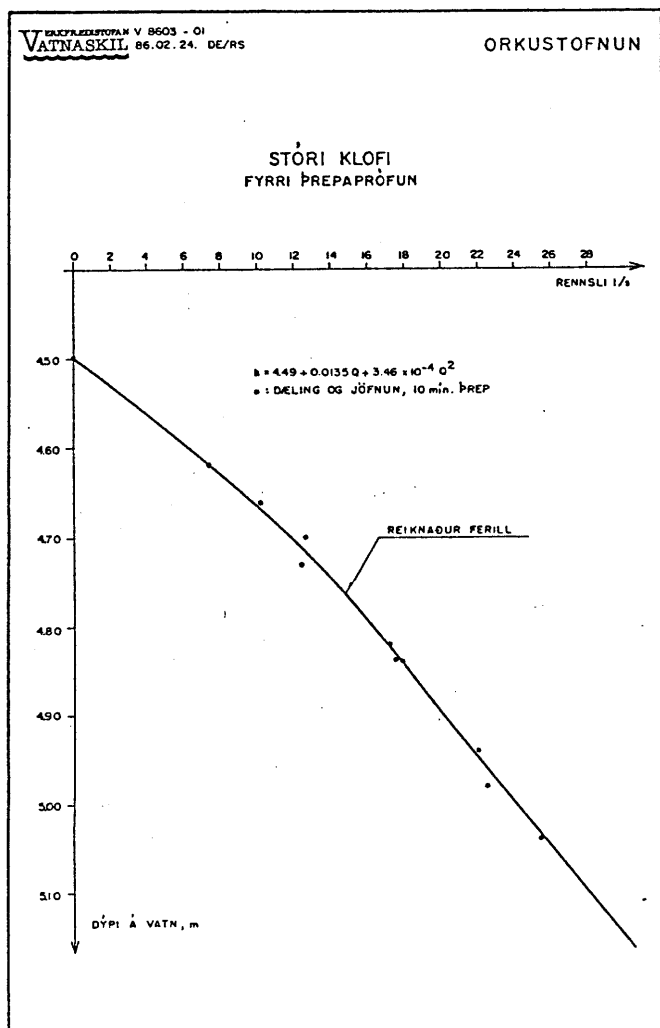
4 NIÐURSTÖÐUR

Dæla má verulegu vatnsmagni úr SK-2, allt að 100 l/s. Því er líklegt að stærð dælu og dælumótors sé takmarkandi þáttur fremur en gæfni holunnar. Allt bendir til þess að hitastig haldist 56 - 57°C til frambúðar. Efnasamsetning vatnsins sýnir að það er gott neysluvatn, og styrkur súrefnis er það lágur að ekki er búist við tæringu. Ekki er lagt mat á gæði vatnsins til fiskeldis.

Stóri Klofi
Dæluþrófun



MYND 2 Fyrri þrepprófun. Mæligögn

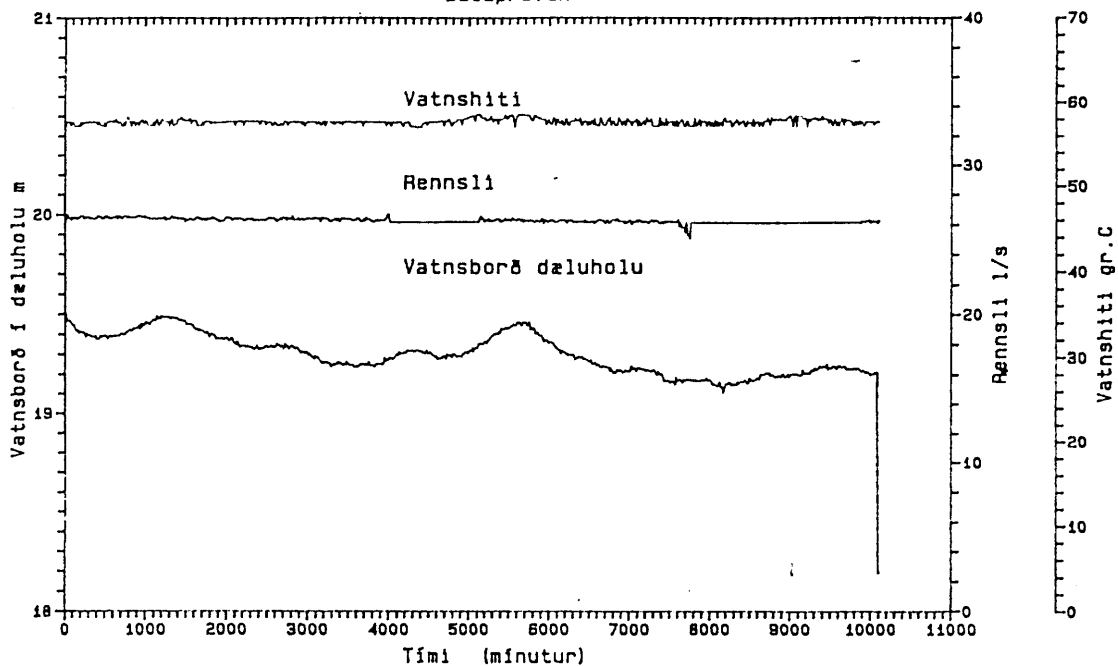


MYND 3 Fyrri þrepprófun. Vatnsdýpi sem fall af dælingu

JHD-VT-8608-SLJ
86.01.0078/03 T

Landsvirkjun

Stóri Klofi
Dæluprófun

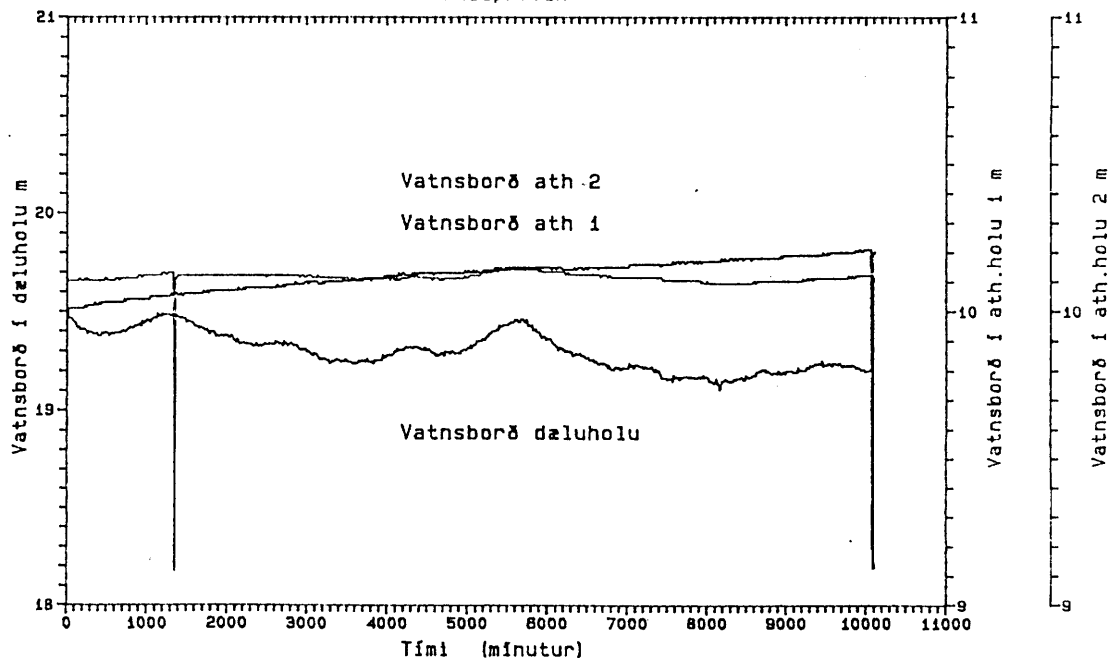


MYND 4a Langtímaprófun. Mæligögn úr dæluholu

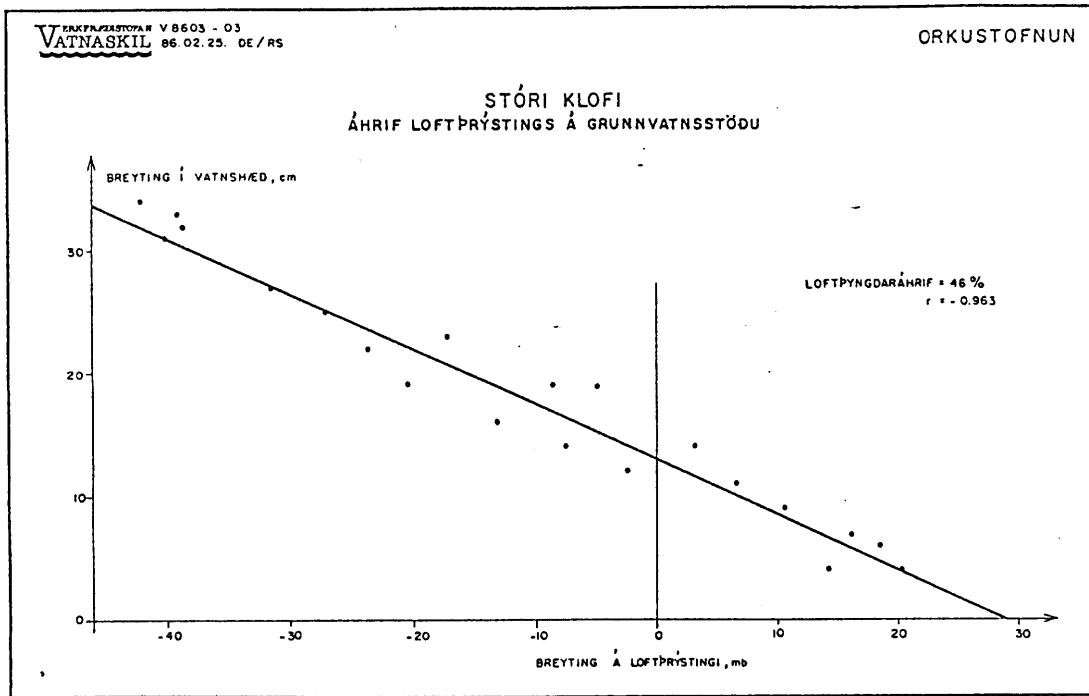
JHD-VT-8608-SLJ
86.01.0078/03a T

Landsvirkjun

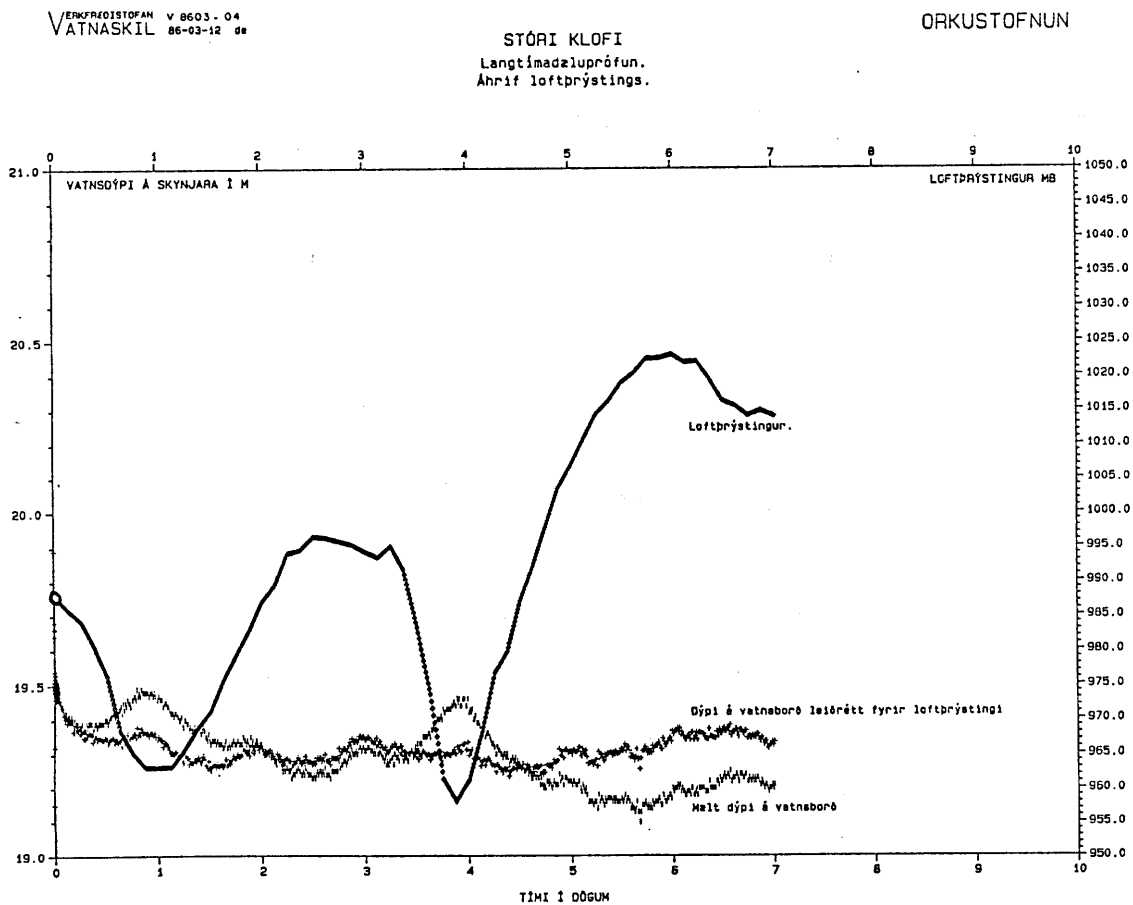
Stóri Klofi
Dæluprófun



MYND 4b Langtímaprófun. Dýpi á vatnsborð

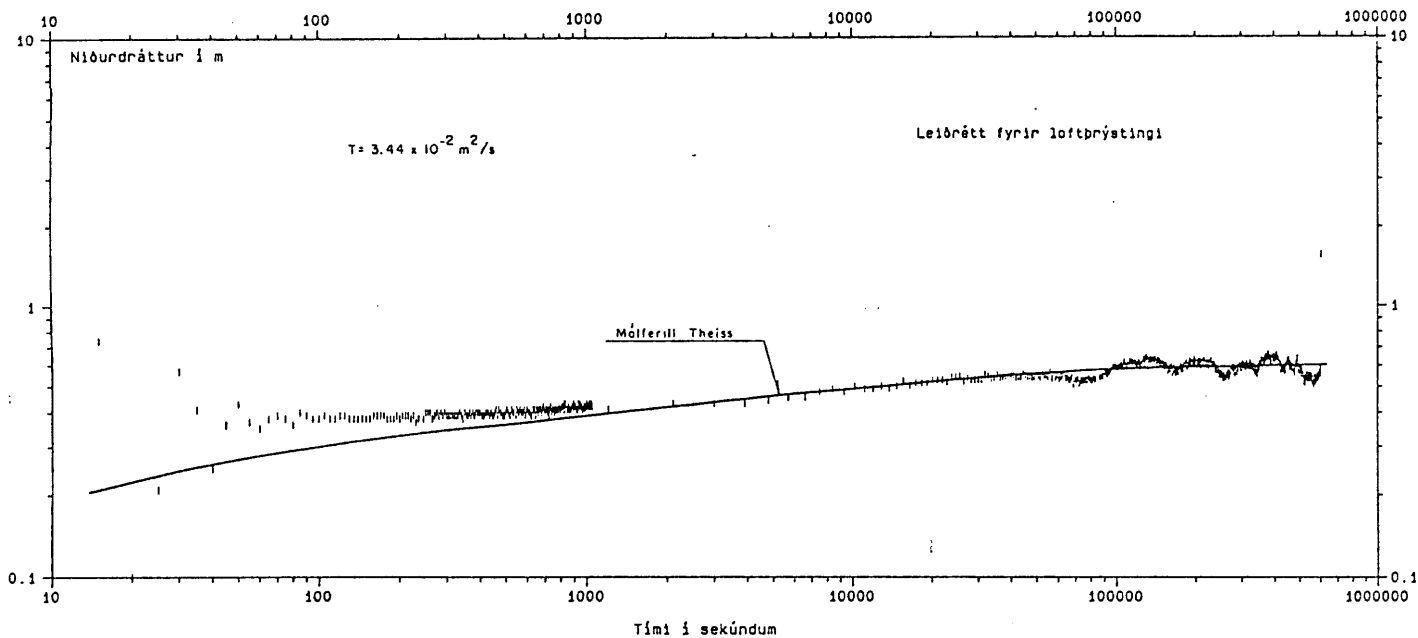


MYND 5 Áhrif loftþrýstings á grunnvatnsstöðu



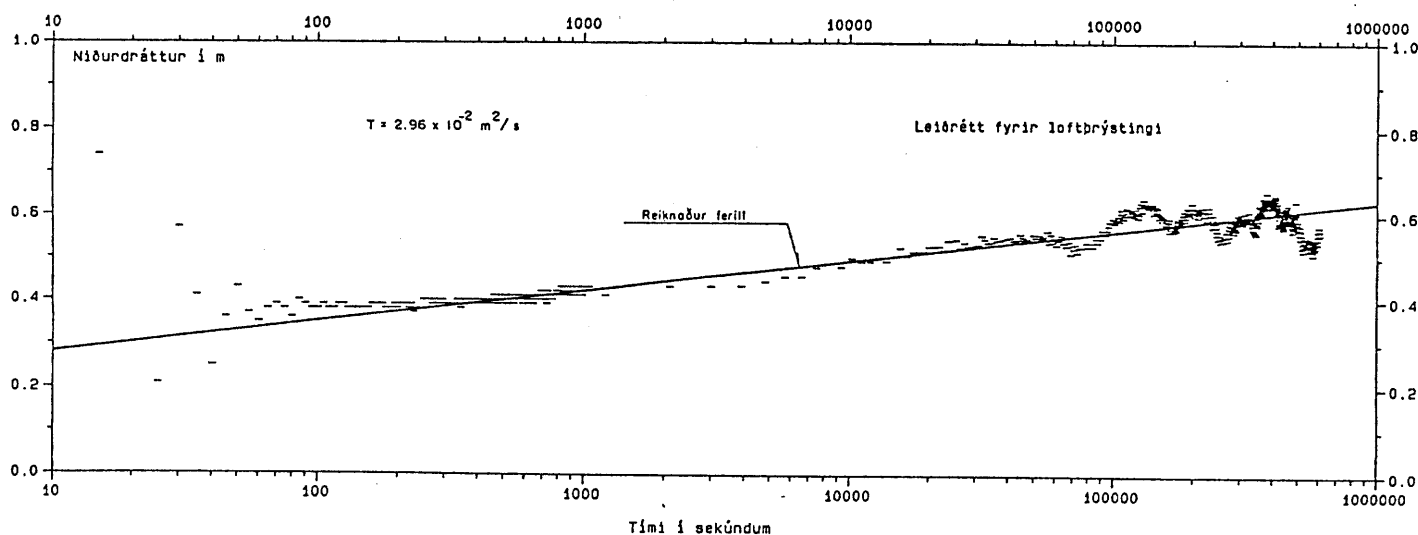
MYND 6 Langtímadæluþrófun. Áhrif loftþrýstings

STÓRI KLOFI
Langtímadæluþrófun
Aðferð Theiss



MYND 7 Langtímadæluþrófun. Aðferð Theiss

STÓRI KLOFI
Langtímadæluþrófun
Aðferð Jacobs

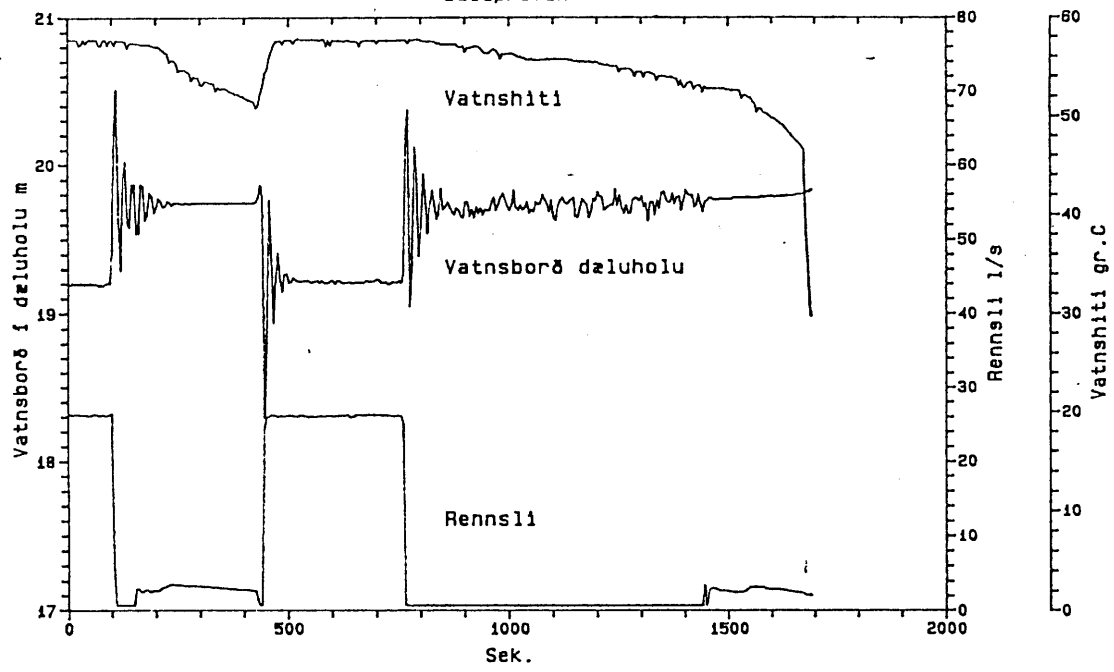


MYND 8 Langtímadæluþrófun. Aðferð Jacobs

JHD-VT-8608-SLJ
86.01.0078/04 T

Stóri Klofi Dáluprófun

Landsvirkjun

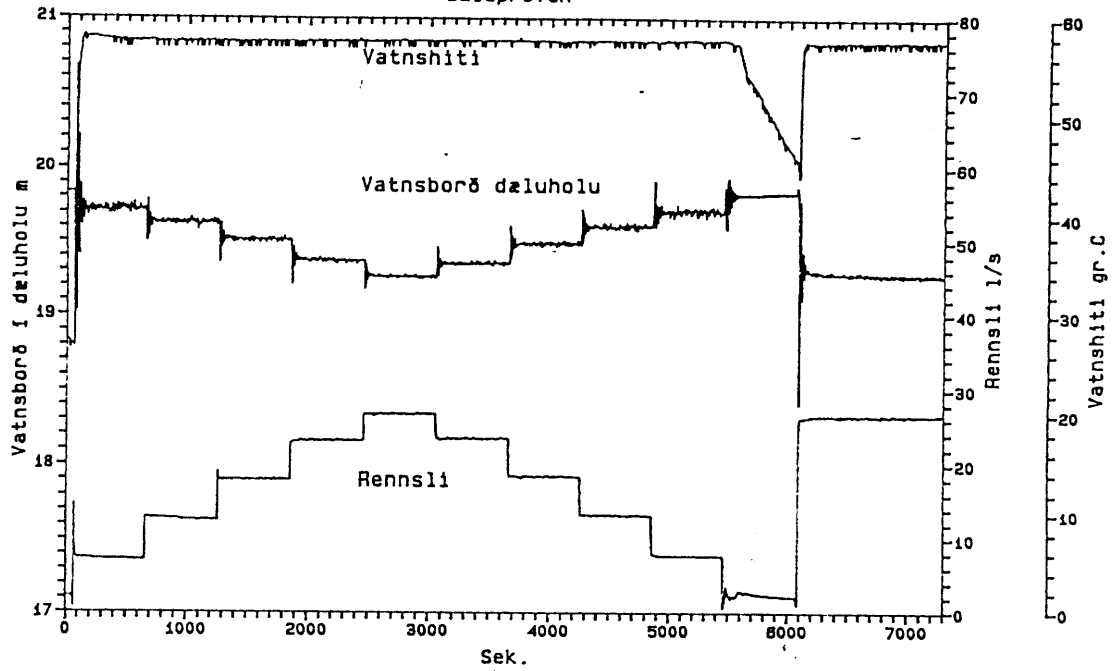


MYND 9 Jöfnun vatnsborðs

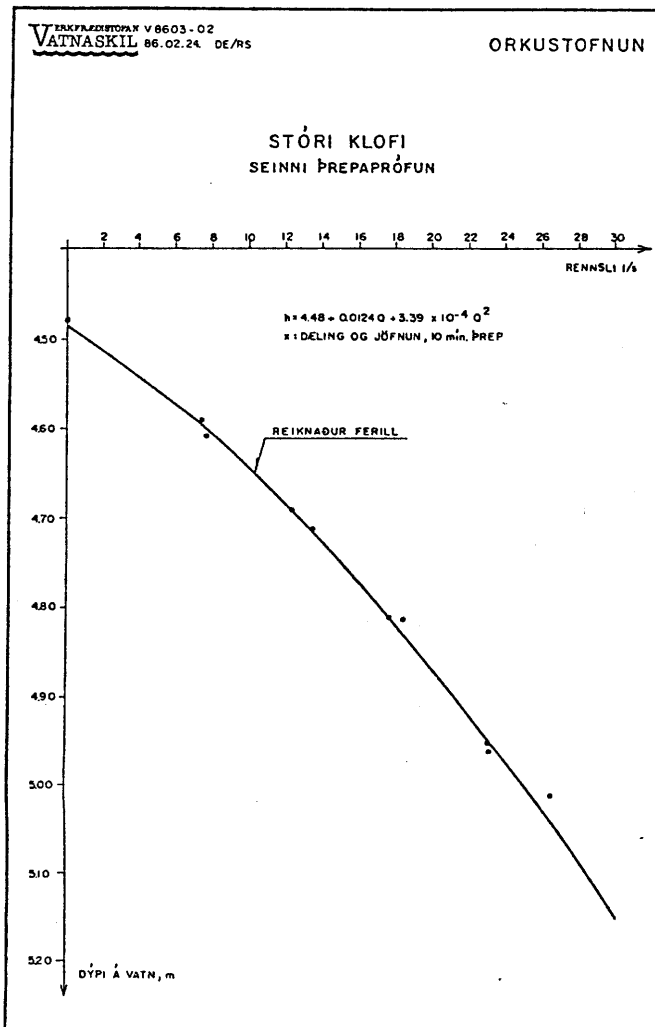
JHD-VT-8608-SLJ
86.01.0078/05 T

Stóri Klofi Dáluprófun

Landsvirkjun



MYND 10 Seinni þrepaprófun. Mæligögn

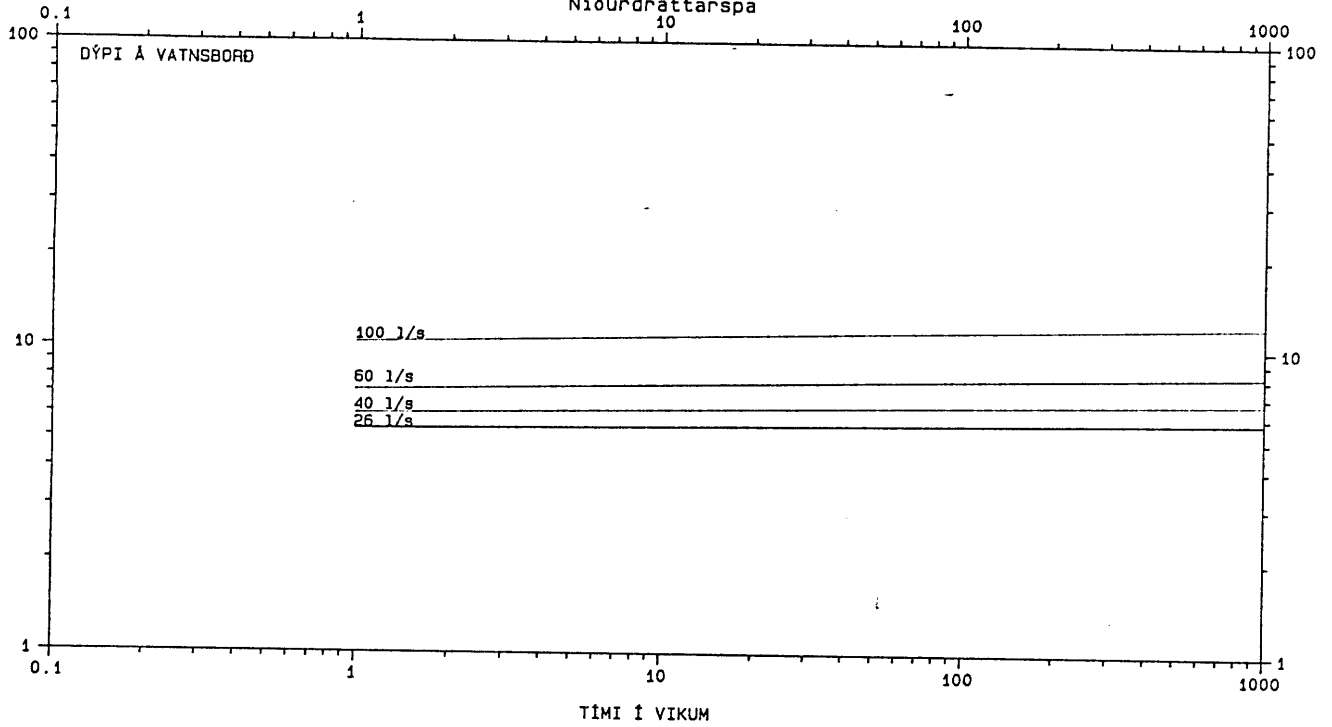


MYND 11 Seinni þrepaprófun. Vatnsdýpi sem fall af dælingu

VERKFRÉDISTOFAN V 8603-07
VATNASKIL 86-03-12 de

STÓRI KLOFI
Niðurdráttarspá

ORKUSTOFNUN



MYND 12 Spá um niðurdrátt