

SVARTSENGI

FRAMVINDUSKÝRSLA UM
FERSKVATNSATHUGANIR

ORKUSTOFNUN STRAUMFRÆÐISTÖÐ
NEA HYDRAULIC LABORATORY
REYKJAVIK ICELAND

HITAVEITA SUÐURNESJA

SVARTSENGI

FRAMVINDUSKÝRSLA UM
FERSKVATNSATHUGANIR

Jón Ingimarsson
Snorri Páll Kjaran

OS ROD 7802
OS SFS 7801

Janúar 1978

E F N I S Y F I R L I T:

	Formáli	1
	Mynd 1	3
Hluti 1	Túlkun á dæluþrófunum ferskvatnshola Hitaveitu Suðurnesja á tímabilinu ágúst 1976 til nóvember 1977.	
	Inngangur og helstu niðurstöður	4
	Fræðilegur inngangur	4
	Úrvinnsla	7
	Heimildaskrá	12
	Myndir 3 - 21.	
Hluti 2	Ahrif sjávarfalla á grunnvatnshæð á vestanverðum Reykjaneskaga.	
	Inngangur og helstu niðurstöður	13
	Úrvinnsla	13
	Niðurstöður	16
	Tafla 1	18
	Heimildaskrá	19
	Myndir 1 - 14	
Hluti 3	Samband milli grunnvatnshæðar á ein- stökum mælistöðum.	
	Inngangur	20
	Helstu niðurstöður úrvinnslunar	20
	Úrvinnsla	21
	Töflur 1 - 10	24
	Myndir 1 - 15	

Formáli.

Síðast liðið sumar var Straumfræðistöð Orkustofnunar falið að kanna ýmiss atriði varðandi ferskvatnsöflun fyrir Hitaveitu Suðurnesja. Helstu atriðin voru:

- a) Að annast líkanreikninga á grunnvatnskerfinu á vestanverðu Reykjanesi með tilliti til þess hvort unnt sé að afla Hitaveitunni nægilegs vatns af svæðinu og hvaða áhrif það hafi í för með sér.
- b) Gera áætlun um dæluprófanir í samvinnu við Jarðkönnunardeild Orkustofnunar.
- c) Athugun á niðurdrætti í grennd við borholur, athuga hversu miklu megi dæla úr borholum, án þess að hætta skapist vegna uppdráttar skilflatar fersks vatns og jarðsjávar.

Hér birtast frumniðurstöður varðandi liði b) og c). Skýrslan skiptist í þrennt og er hver hluti skrifaður sem sjálfstæð heild. 1. hlutinn fjallar um dæluprófanir á ferskvatns-holum Hitaveitu Suðurnesja. 2. hlutinn fjallar um áhrif sjávarfalla á grunnvatnshæð á vestanverðu Reykjanesi. Loks fjallar 3. hlutinn um samband milli grunnvatnshæðar á mælistöðunum. Mynd 1 (bls.3) sýnir staðsetningu einstakra mælistaða og vatnsbóla.

Í byrjun (júlí - september) var aðallega unnið að lið a), einkum með tilliti til þess, hvaða upplýsinga þyrfti að afla fyrir veturnn.

Í ágúst var hafist handa við áætlunargerð um dæluprófanir og voru þær lagðar fram á fundum ferskvatnsvinnuhóps Hitaveitunnar.

Við áætlunargerðina kom fram að ýmiss atriði þyrfti að kanna nánar. M.a. hvort hægt yrði að segja fyrir um náttúrulega grunnvatnshæð á vatnsvinnslusvæðinu eftir að vinnsla hæfist, með mælingum í rannsóknarborholum. Þetta atriði er mjög mikilvægt í sambandi við athugun á gæfni einstakra borhola.

Úrvinnsla benti til þess að með sýritun grunnvatnshæðar yrði þetta unnt.

Annað atriði sem leitað var svara við, var hvort neðra borð ferskvatnslinsunar svaraði hreyfingum á efra borðinu. Þetta atriði er mjög mikilvægt í sambandi við ákvörðun á hámarks niðurdrætti grunnvatnsborðs í grennd við vatnsból og þar af leiðandi gæfni vatnsbóla. Niðurstöður benda til að á tímabilinu mars - nóv. 1977 hafi neðra borð linsunnar verið nokkurn veginn kyrrstætt. Um þessi tvö atriði er fjallað í hluta 3.

Í sambandi við áætlunina var einnig unnið að túlkun þrepa-dælinga. Í ljós kom að sú mælitækni, sem notuð hefur verið er ekki fullnægjandi til einhlítrar túlkunar á gæfni holanna. Niðurstöður túlkunarinnar birtast í hluta 1.

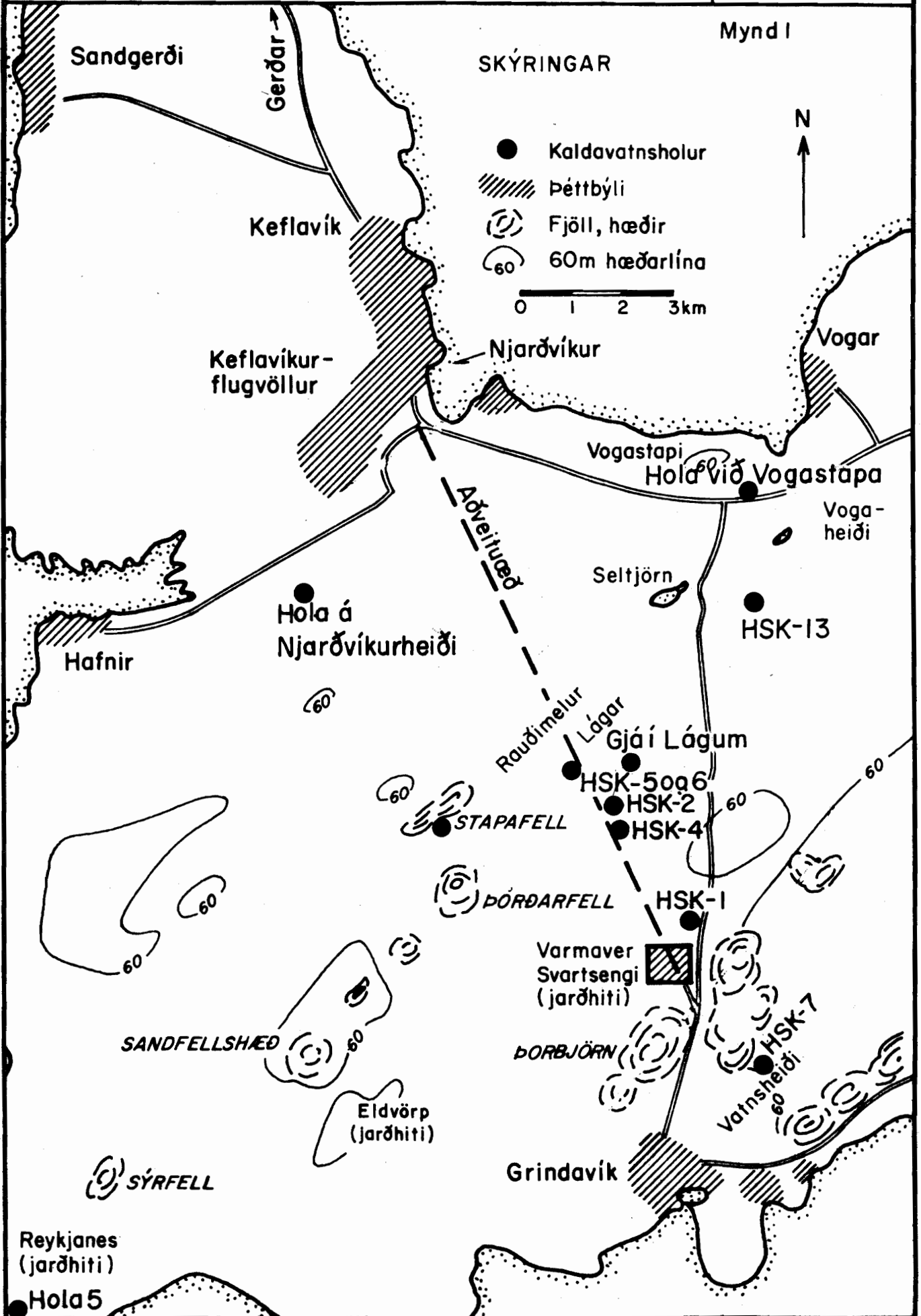
Í hluta 1 eru einnig frumniðurstöður á athugun á gæfni einstakra hola, með tilliti til uppdráttar skilflatar fersks vatns og jarðsjávar, (sjá lið c).

Athugað var hvort einhverjar ódýrari aðferðir, en dælingar, væru mögulegar til prófana á gæfni hola. Engar slíkar aðferðir hafa fundist, nema e.t.v. til útilokunar á fullkomlega ónýtum holum. Nokkrir möguleikar eru þó meðan á borun stendur, t.d. með pökkun.

Í hluta 2 birtast niðurstöður túlkunar á áhrifum sjávarfalla á grunnvatnshæð. Mælingar á áhrifum sjávarfalla er mikilvæg vegna þess að þau gefa upplýsingar um eiginleika grunnvatnskerfisins á tiltölulega stóru svæði, miðað við dæluprófanir. Með þessum mælingum hafa fengist mikilvægar upplýsingar við gerð líkans af grunnvatnskerfinu, (sjá lið a).



Staðsetning hola



H L U T I 1

Túlkun á dæluþrófunum ferskvatnshola

Hitaveitu Suðurnesja á tímabilinu

ágúst 1976 til nóvember 1977.

Inngangur og helstu niðurstöður

Straumfræðistöð Orkustofnunar hefur unnið úr öllum prepadælingum á ferskvatns holum Hitaveitu Suðurnesja. Beðið var um endurúrvinnslu á dælingum úr HSK-2 og HSK-4 í október 1977, þegar upp komu erfiðleikar vegna dælupantana. Í framhaldi af því voru framkvæmdar prepadælingar í HSK-4 (dags. 77.10.18) og í HSK-2 (dags. 77.10.27). Prepadælingar á HSK-5 (í mars 1977) og HSK-8 (í maí-júní 1977) voru teknar með í úrvinnsluna.

Niðurstöður benda til að HSK-4 og HSK-5 séu mun gjöfylli holur en HSK-2 og HSK-8. Skv. reikningum ætti að vera unnt að dæla úr HSK-5 40-70 l/sek og úr HSK-4 25-70 l/sek, við eftirlit samfara langtíma vinnsludælingu verður að skera úr um hvaða gildi á bilunum beri að nota. Um afköst HSK-2 og HSK-8 ber að skera úr með eftirliti samfara langtíma vinnsludælingu. Líklegt má telja að fjarlægð milli hola ráði hámarks magni sem dæla má af svæðinu. Úr því fæst skorið með eftirliti samfara vinnsludælingu.

Rétt er að benda á nauðsyn nákvæmari dælubúnaðar við prepadælingar, til þess að unnt verði að gefa áreiðanlegri niðurstöður við prófanir á þeim holum sem enn eru óvirkjaðar (HSK-5, HSK-8, HSK-9, HSK-10 og Gjáin). Einkum er búnaður til mælinga á litlu rennsli mikilvægur í þessu sambandi og að frágangur við niðursetningu á dælum verði miðaður við að unnt sé að koma vatnshæðarmæli (þrýstiskynjara) niður með dæluröri.

Fræðilegur inngangur

Gert er ráð fyrir að lækkun vatnsborðs sé á forminu:

$$s = A + B(t) \cdot Q + C \cdot Q^2, \quad (1)$$

Þar sem s er vatnsborðslækkunin og Q er dælt magn. Einstaka sinnnum er gert ráð fyrir að lækkun vatnsborðsins sé á forminu:

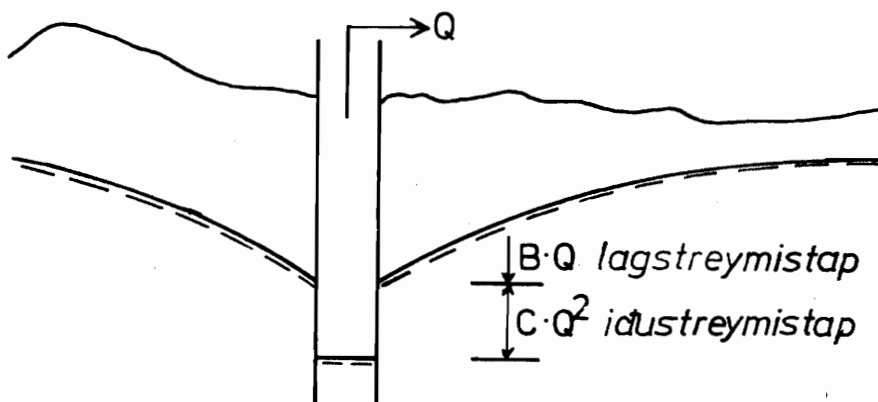
$s = A + B(t) \cdot Q + C \cdot Q^n$, n er einhver tala í grennd við 2. Ekki virtist ástæða til að nota annað en $n = 2$, og er því (1) notað.

Í (1) er oft gert ráð fyrir að konst. $A \equiv 0$ því að vatnsborðið er mælt við $Q = 0$, þá er hægt að einfalda (1) og deila í gegn með Q , þá fæst:

$$\frac{s}{Q} = B(t) + C \cdot Q \quad (2)$$

Þ.e. ef $\frac{s}{Q}$ er sett á línurit á móti Q á að fást bein lína.

Í (1) og (2) er $B(t) \cdot Q$ lagstreymistap ("laminært") og háð eiginleikum grunnvatnsgeymisins. $B(t)$ er veikt fall af skreflengdinni (þ.e. þeim tíma (t), sem sama vatnsmagni, Q , er dælt), $C \cdot Q^2$ er iðustreymistap ("turbulent") og háð dælu, gerð sigtisrörs, sigtismöl og nánasta umhverfi holunnar. Sjá mynd 1.



Mynd 1

$B(t)$ er eins og áður sagði háð eiginleikum vatnsleiðarans, T leiðni ("transmissivity") og S geymslu ("storage"). Ef við gerum ráð fyrir að jafna Theis gildi fyrir grunnvatnsgeyminn við þrepadælingar fæst: (sjá /1/).

$$B(t) = \frac{W(u)}{4\pi T} \quad (3)$$

Þar sem $W(u)$ er borholufallið ("Well funktion"), $u = \frac{r_w^2 \cdot s}{4Tt}$ og r_w er holuradíi.

Á vatnsvinnslusvæði Hitaveitu Suðurnesja ná virkjaðar holur eingöngu í gegnum hluta grunnvatnsgeymisins (ca 1/5), en jafna (3) byggir á að hola nái í gegnum alla þykkt geymisins. Ýmsar nálgunarjöfnur hafa verið settar fram. Mucha /2/ setti fram jöfnuna:

$$s = B(t) \cdot Q = \frac{Q}{4\pi k l} \cdot M(u, \beta)$$

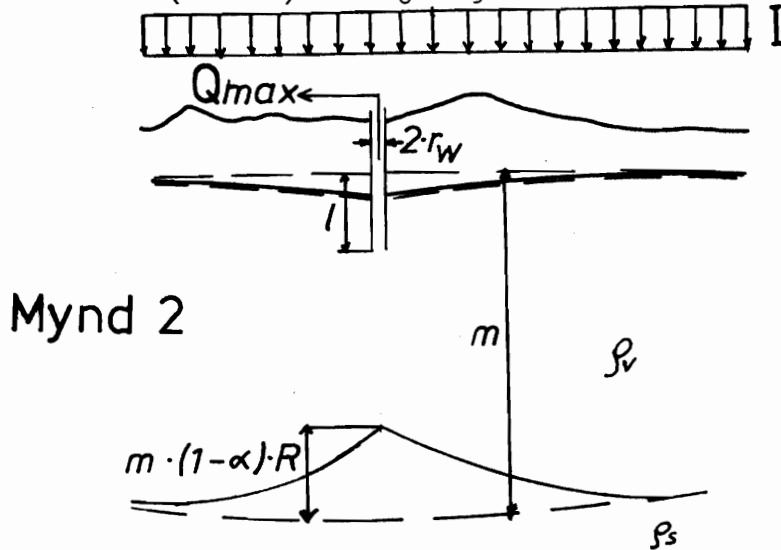
Þar sem $M(u, \beta)$ er svokallað Mucha fall, k er lekt ("permeability"); l er hversu langt niður fyrir vatnsborð holan nær; $u = \frac{r_w^2 \cdot s}{4km \cdot t}$, þar sem m er þykkt grunnvatnsgeymisins; og $\beta = \frac{1}{r_w}$. Jafna Mucha byggir á ýmsum nálgunum, m.a. stuttum dælu-tíma. Ef Mucha jafnan (4) er notuð fyrir $B = 2.0$, $l = 10$ m og $t = 300$ sek fæst $k = 3.6$ cm/sek, hins vegar fæst með notkun á Theis (3) $k = 1.0$ cm/sek, ef miðað er við heildarþykkt geymis $m = 55$ m, þ.e. $k = T/m$. k - gildið skv. jöfnu Mucha gildir einungis í efstu 10 - 15 m grunnvatnsgeymisins, en við höfum áhuga á því niður í gegn um hann. Yfirleitt er gert ráð fyrir að k minnki með vaxandi dýpi. Í skýrslunni er því jafna Theis notuð, en við reikninga verða gefin upp gildi fyrir hámarks dælt magn miðað við að T - gildið úr jöfnunni svari til $k \cdot m$, $k \cdot \frac{m}{2}$ og $k \cdot \frac{m}{3}$ og er þá átt við k sem meðaltalsgildi fyrir allan geyminn.

Grunnvatnið á vestanverðu Reykjanesi er ferskvatnslinsa, sem flýtur ofan á sjó. Grunnvatnsgeymirinn er opinn ("unconfined") Margs konar fræðileg líkön hafa verið sett fram, um hversu miklu magni megi dæla úr linsum, án þess að eiga á hættu, að veruleg aukning verði í Cl^- styrk dælda vatnsins. Í skýrslunni verður stuðst við líkan eftir Flora Chu Wang /3/ með smá breytingum. Líkanið er (einingarlaust):

$$\frac{Q_{max}}{k \cdot m^2} = \frac{2\pi}{\ln\left(\frac{1}{\pi} \frac{Q_{max}}{k \cdot m^2} \cdot \frac{k}{l}\right)^{1/2} \cdot \frac{1}{(r_w/m)} - \frac{1}{2}} \cdot \Delta(1+\Delta)\alpha(1-\alpha)$$

$$\left\{ 1 + 7 \cdot \left(\frac{r_w}{m} \frac{1}{2\alpha}\right)^{1/2} \cdot \cos \frac{\pi}{2} \alpha \right\} R$$

Þar sem Q_{max} táknar hámarks dælt magni; I írennsli, $\Delta = \frac{\rho_s - \rho_v}{\rho_v}$,
 ρ_s er eðlismassi jarðsjávarins en ρ_v er eðlismassi ferskvatnsins;
 $\alpha = \frac{1}{m}$; R er nokkurs konar áhættustuðull, p.e. hversu langt skil-
 flötur ferskvatns og sjávar má flytjast upp á við. Færslan max
 $= (m - 1) \cdot R = m (1 - \alpha)R$. Sjá mynd 2:



Hér að framan hefur verið gengið út frá því að grunnvatnsgeym-
 irinn sé einskynja ("homogen") og jafnleitinn (ísótrópe"). Í
 þessari skýrslu verður ekki gerð tilraun til að nálgast vanda-
 málið fyrir fjölkynja ("inhomogen") og misleitinn ("anisotrope")
 grunnvatnsgeymi, hins vegar má gera ráð fyrir að lóðrétt lekt
 ("permeability") sé talsvert minni en lárétt, þar sem um er að
 ræða hraunstafla með fremur þunnum vel leiðandi gjalllögum.
 Jafna (5) byggir á að aðdráttarsvæði holunnar hafi flatarmálið
 $A = \frac{Q_{max}}{I}$.

Úrvinnsla:

Eins og að framan segir var unnið úr öllum þrepaðalingum í
 HSK-2, HSK-4, HSK-5 og HSK-8. Til að meta $B(t)$ voru jöfnur
 (1) og (2) notaðar, við notkun á (1) var punkturinn $(S, Q) =$
 $(0, 0)$ lesinn inn, en í (2) var gert ráð fyrir að við $Q = 0$ væri
 s nákvæmlega mælt.

Bestu parabólur og línur voru ákvarðaðar með "stepwise multiple
 regression" forriti, Reyknistofnunar Háskólans, sjá /4/. Niður-

Stöður ásamt 95% vikmörkum ("confidence limit") eru gefnar í töflu 1. Á myndum 3 - 17 hafa niðurdráttarferlarnir verið teiknaðir fyrir parabólurnar ásamt mældum punktum og 95% vikumörkum parabólunnar.

Eins og fram kom í kaflanum fræðilegur inngangur, ákvarðar lagstreymis tapið rennsliseiginleka grunnvatnsgeymisins. Lagstreymis tapið er $B \cdot Q$, T - gildið ákvarðast af jöfnu (3) Þrátt fyrir háa samsvörunarstuðla ("correlations coefficients") eru B - gildi einstakra þrepaðalinga í sömu holum mjög frábrugðin, jafnvel 95% vikmörkin skerast ekki. Af töflunni virðist mega ráða að B gildi (niðurdráttur í metrum á hvern rúmmeter dælds vatns) einstakra hola liggi á bilinu:

Tafla 2

Hola	B - gildi
HSK-2	15 - 20 $\text{m}/\text{m}^3/\text{s}$
HSK-4	2 - 6 $\text{m}/\text{m}^3/\text{s}$
HSK-5	2 - 3 $\text{m}/\text{m}^3/\text{s}$
HSK-8	4 - 13 $\text{m}/\text{m}^3/\text{s}$

HSK-5 er greinilega besta holan, eingöngu ein túlkun (bein lína í fyrstu dælingunni) fellur utan bilsins. Fyrsta þrepaðalin gefur B - gildi ca. $4\text{m}/\text{m}^3/\text{s}$ en seinni tvær þrepaðalingarnar gefa B - gildi ca. $2\text{m}/\text{m}^3/\text{s}$. Niðurstaða B - gildi nálægt $2\text{m}/\text{m}^3/\text{s}$.

HSK-4 virðist næst besta holan. Ástæða er til að nota túlkanir sem merktar eru * (sjá myndir 7,7a, 8 og 8a). Eigi að síður er verulegt frávik í mælingum. Niðurstaða: B - gildi er milli 2 - 6 $\text{m}/\text{m}^3/\text{s}$, sennilega nær neðra gildinu.

HSK-8 hefur mikla dreifingu í mæligildum, virðist það stafa af því hversu "iðustreymis" tap fyrir hana er stórt (stuðull við Q^2), t.d. við $Q = 0.005 \text{ m}^3/\text{s}$ er "iðustreymis" tap $\approx 0.03 - 0.04 \text{ m}$ og lagstreymis tap $0.03 - 0.08 \text{ m}$, en við $Q = 0.030 \text{ m}^3/\text{s}$ er "iðustreymis" tap $1.0 - 1.3 \text{ m}$, en lagstreymis tap $0.1 - 0.4 \text{ m}$. Fyrir hana er því túlkun erfiðust.

Tafla 1.

Hola	dags	Jafna bestu parabólu	r_1^{**}	Jafna bestu línu	r_2^{**}
HSK-2	76.08.07.	$S \approx -0.023(\pm 0.193) + 32.6(\pm 14.1)Q + 127.6(\pm 259.4)Q^2$	0.996	$S/Q \approx 28.0(\pm 10.7) + 231.0(\pm 306.0)Q$	0.723
HSK-2	76.08.10.	$S \approx -0.036(\pm 0.096) + 12.5(\pm 8.6)Q + 439.8(\pm 145.6)Q^2$	0.998	$S/Q \approx 6.5(\pm 2.7) + 557.2(\pm 74.3)Q$	0.989
HSK-2	77.10.27.	$S \approx -0.012(\pm 0.053) + 19.7(\pm 5.8)Q + 1104.(\pm 140)Q^2$	1.000	$S/Q \approx 16.4(\pm 3.8) + 1199.(\pm 140)Q$	0.990
HSK-4	76.08.21.	$S \approx 0.032(\pm 0.050) + 10.7(\pm 4.9)Q + 266.3(\pm 94.6)Q^2$	0.999	$S/Q \approx 12.8(\pm 2.4) + 232.4(\pm 66.0)Q$	0.980
HSK-4*	76.08.21.	$S \approx 0.095(\pm 0.042) + 5.7(\pm 3.7)Q + 346.1(\pm 63.9)Q^2$	1.000		
HSK-4	76.08.22.	$S \approx 0.030(\pm 0.035) + 11.1(\pm 3.3)Q + 202.2(\pm 67.6)Q^2$	0.999	$S/Q \approx 12.4(\pm 1.0) + 187.8(\pm 29.7)Q$	0.994
HSK-4*	76.08.22.	$S \approx 0.077(\pm 0.019) + 7.5(\pm 1.6)Q + 262.4(\pm 28.9)Q^2$	1.000		
HSK-4	77.10.18.	$S \approx 0.002(\pm 0.027) + 1.6(\pm 2.2)Q + 364.2(\pm 41.5)Q^2$	1.000	$S/Q \approx 2.1(\pm 1.1) + 352.2(\pm 31.1)Q$	0.997
HSK-5	77.03.11.	$S \approx 0.001(\pm 0.017) + 4.3(\pm 2.2)Q + 76.1(\pm 50.0)Q^2$	0.997	$S/Q \approx 4.4(\pm 0.7) + 74.0(\pm 24.4)Q$	0.927
HSK-5	77.03.14.	$S \approx 0.000(\pm 0.015) + 1.9(\pm 1.5)Q + 79.4(\pm 28.1)Q^2$	0.999	$S/Q \approx 2.0(\pm 1.1) + 79.7(\pm 29.6)Q$	0.980
HSK-5	77.03.16.	$S \approx 0.005(\pm 0.017) + 1.5(\pm 1.4)Q + 79.5(\pm 23.8)Q^2$	0.997	$S/Q \approx 2.1(\pm 0.5) + 67.5(\pm 13.9)Q$	0.974
HSK-8	77.05.03.	$S \approx 0.000(\pm 0.031) + 11.4(\pm 4.8)Q + 1301.(\pm 150)Q^2$	1.000	$S/Q \approx 10.4(\pm 3.3) + 1346.(\pm 158)Q$	0.998
HSK-8	77.06.06.	$S \approx 0.050(\pm 0.074) - 2.6(\pm 7.4)Q + 1633.(\pm 159)Q^2$	0.999	$S/Q \approx 6.7(\pm 2.4) + 1401.(\pm 88)Q$	0.995
HSK-8	77.06.07.	$S \approx -0.012(\pm 0.038) + 16.2(\pm 3.9)Q + 1153.(\pm 85.7)Q^2$	1.000	$S/Q \approx 13.8(\pm 1.6) + 1213.(\pm 61)Q$	0.997

* Mældum punkti (S,Q) = (0.0) sleppt að öðru leiti eins og mæling með sömu dagsetningu.

** r_1 er "multiple correlations coefficient" fyrir parabólu og r_2 er "correlations coefficient" fyrir beina línu, gæði reiknilíkans er betra eftir því sem r er nær 1.000.

Niðurstaða: B - gildi milli 4 - 13 m/m³/s.

HSK-2 virðist lakasta holan með B - gildi ca. 15 - 20 m/m³/s, ein túlkun, þ.e. bein lína á mælingu frá 76.08.10 gefur þó mun lægra gildi. Niðurstaða B - gildi milli 15 - 20 m/m³/s.

Á mynd 18 er T - gildi skv. (3) gefin upp sem fall af B fyrir t = 900 sek, r_w = 0.1 m og S = 0.1. T fyrir einstakar holur er því:

Tafla 3.

Hola	T - gildi
HSK-2	0.046 - 0.062 m ² /s
HSK-4	0.17 - 0.55 m ² /s
HSK-5	0.36 - 0.55 m ² /s
HSK-8	0.072 - 0.26 m ² /s

Á myndum 19, 20 og 21 er (5) teiknað upp á einingarlausu formi fyrir þrjú gildi á $\frac{k}{I}$ og $\Delta = 0.028$ og $R = 0.25$. Sem dæmi um notkun þeirra, ef gert er ráð fyrir 800 mm/ár = 0.8 m/ári írennsli og $k = 0.01$ m/s fyrir holuradía r_w = 0.1 m, þykkt grunnvatnsgeymis m = 55 m og hversu langt hola nærniður í grunnvatnsgeymi l = 11 m. $\alpha = 0.2$, r_w/m = $1.8 \cdot 10^{-3}$. Þá fæst $\frac{Q_{max}}{k \cdot m^2} = 1,24 \cdot 10^{-3}$ eða $Q_{max} = 1,24 \cdot 10^{-3} \cdot 0.01 \cdot 55^2$ m³/s = 0.0375 m³/s. Línuritirn eru frekar lítið háð k/I, t.d. er frávikid í $\frac{Q_{max}}{k \cdot m^2}$ milli k/I = $4 \cdot 10^6$ og k/I = $4 \cdot 10^5$ milli 10 og 20%. Jafna (5) er nú notuð fyrir T - gildi skv. töflu 3. Eins og að framan sagði gefur T - gildið ekki lektina ("permeabilitet") á einhlítan hátt. Gildi á Q_{max} eru í töflu 4 fyrir T - gildi úr töflu 3 og k = T/m, k = T/m/2 og k = T/m/3, þar sem m er þykkt grunnvatnsgeymisins. Gert er ráð fyrir írennsli I = 0.8 m/ári, r_w = 0.1 m, m = 55 m, S = 0.1, R = 0.25, $\Delta = 0.028$ og $\alpha = 0.2$.

Tafla 4 Q_{max} (m³/s)

T-gildi	k=T/m	k=T/m/2	k=T/m/3
0.55 m ² /s	0.038	0.073	0.107
0.36 m ² /s	0.025	0.049	0.072
0.26 m ² /s	0.019	0.036	0.053
0.17 m ² /s	0.013	0.024	0.035

0.072 m ² /s	0.0056	0.011	0.016
0.062 m ² /s	0.0049	0.0094	0.014
0.046 m ² /s	0.0037	0.0071	0.010

Gera má ráð fyrir að raunhæft sé að nota $k \cong T/m/2$, gildi á Q_{max} fyrir einstakar holur, samkvæmt því má lesa úr töflu 5. Í þeirri töflu er einnig að finna nauðsynlegt flatarmál svæðis miðað við írennsli 0.8 m/ári.

Tafla 5.

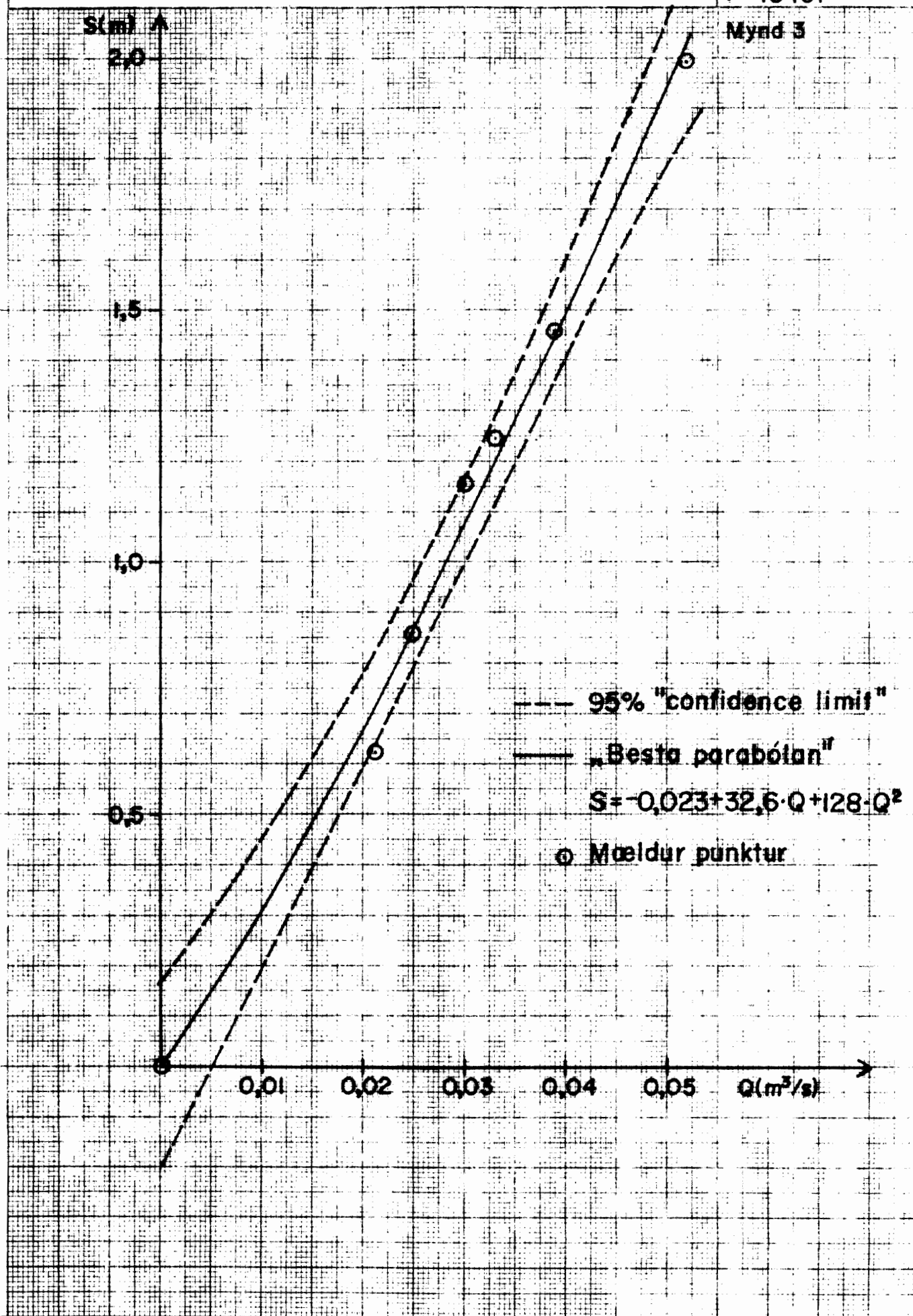
Hola	Q_{max} (m ³ /s)	Flatarmál svæðis (km ²)
HSK-2	0.007 - 0.010	0.28 - 0.39
HSK-4	0.024 - 0.073	0.95 - 2.88
HSK-5	0.049 - 0.073	1.93 - 2.88
HSK-8	0.011 - 0.036	0.43 - 1.42

Af töflu 5 sést að áhrifaradfi (radíi þess svæðis, sem hola afvatnar) er á bilinu 300 - 960 m, en fjarlægð milli samliggjandi hola er yfirleitt mun minni en tvöföld þessi fjarlægð. Sem dæmi má nefna að fjarlægð milli HSK-2 og HSK-4 er um 430m, fjarlægð milli HSK-5 og gjár er um 550 m og fjarlægð milli HSK-2 og HSK-8 (hæsta gildi) er um 2000 m. Heildarflatarmál virkjaða svæðisins (HSK-2, HSK-4, HSK-5, HSK-8, HSK-9 HSK-10 og gjár) er um 8 - 10 km², sem gæfi af sér um 0.20 - 0.25 m³/s miðað við 0.8 m/ári í írennsli. Ástæða er til að benda á að reynsla verður að skera úr um hvort hægt sé að túlka töflu 5 á þann veg að unnt sé að vera samtímis í efri mörkum í öllum holum til langs tíma.

Í skýrlunni hefur ekki verið tekið tillit til halla jarðvatnsborðs, áhrif þess væru að minnka áhrifasvæði holanna.

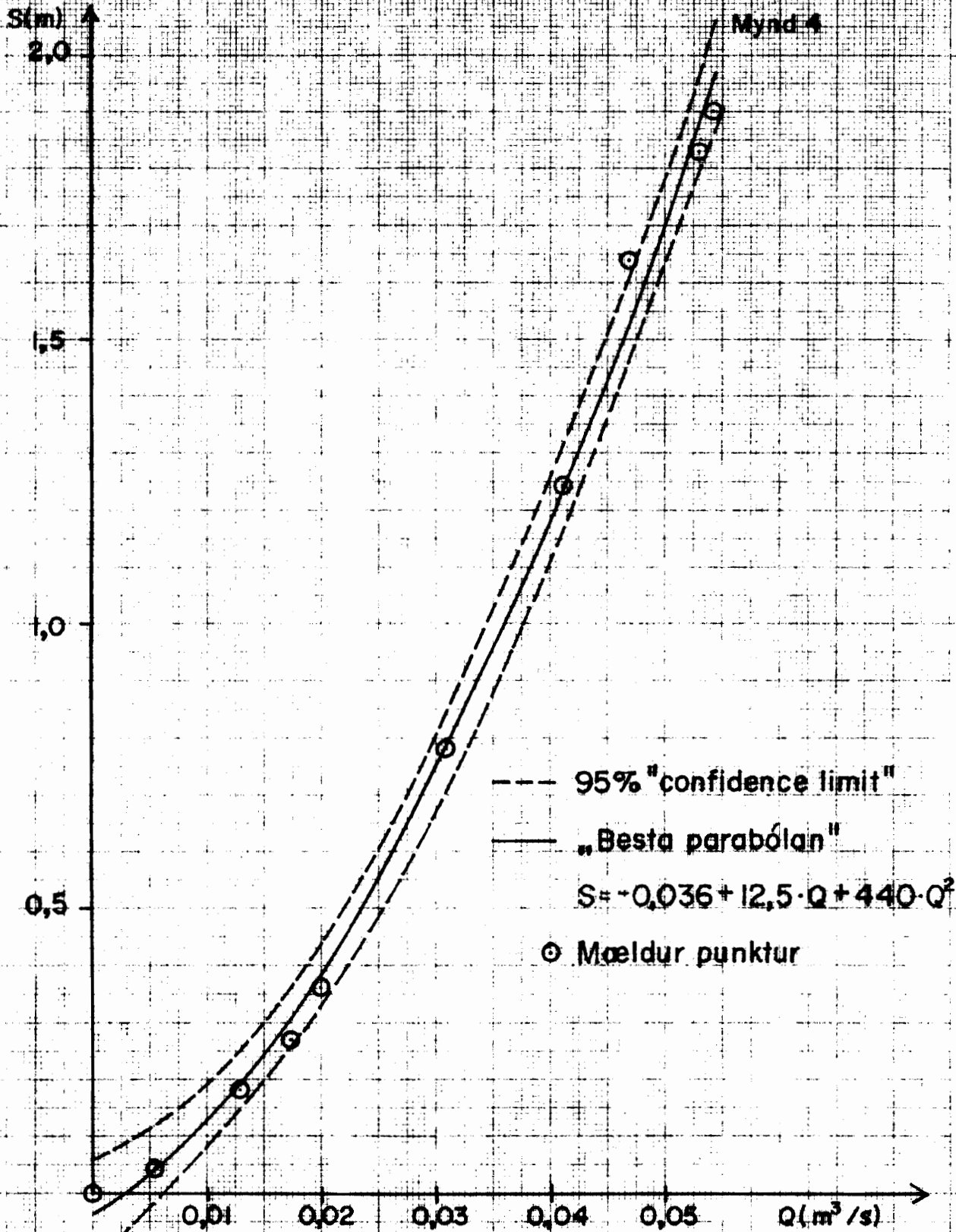
Heimildaskrá.

1. Metoder Til Analyse Af Prøvepumpninger. Kurt Ambo Nielsen. Handrit.
2. Evaluation Of Pumping Tests In Partially Penetrating Wells. Igor Mucha, June 1972. Nordic Hydrology Vol. 3, No. 4 1972.
3. Approximate Theory For Skimming Well Formulation In Indus Plain Of West Pakistan. Flora Chu Wang, October 1965. Journal of Geophysical Research, Vol. 70, No. 4 1965.
4. Stepwise Multiple Regression. Sven Þ. Sigurðsson. Reiknistofnun Háskóla Íslands.
5. Hitaveita Suðurnesja Ferskvatnsrannsóknir. Afangaskýrsla fyrir árið 1976. Freyr Þórarinsson, Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson. Orkustofnun Jarðkönnunardeild desember 1976.



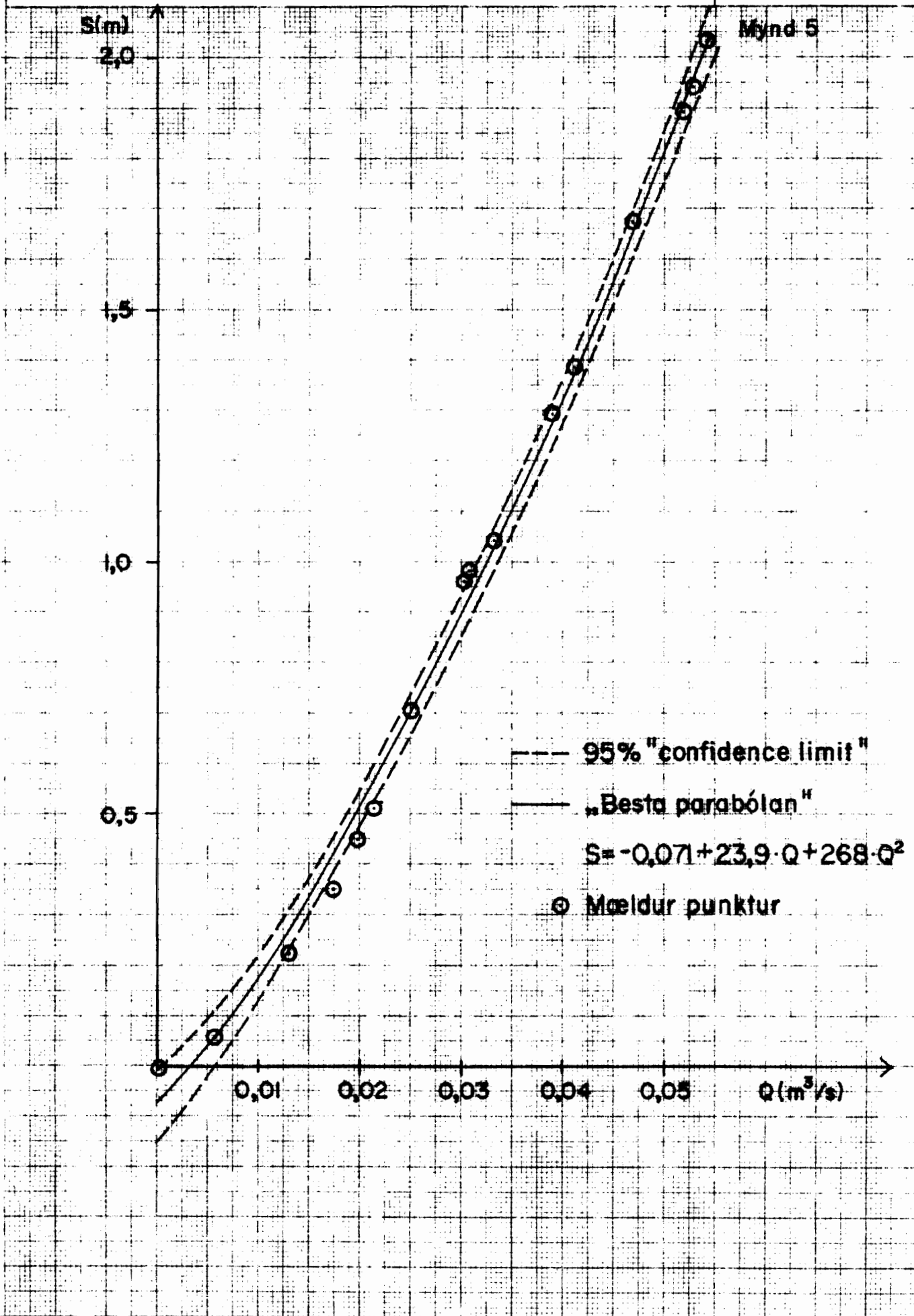


Þrepadæling í HSK-2, dags. 76.08.10





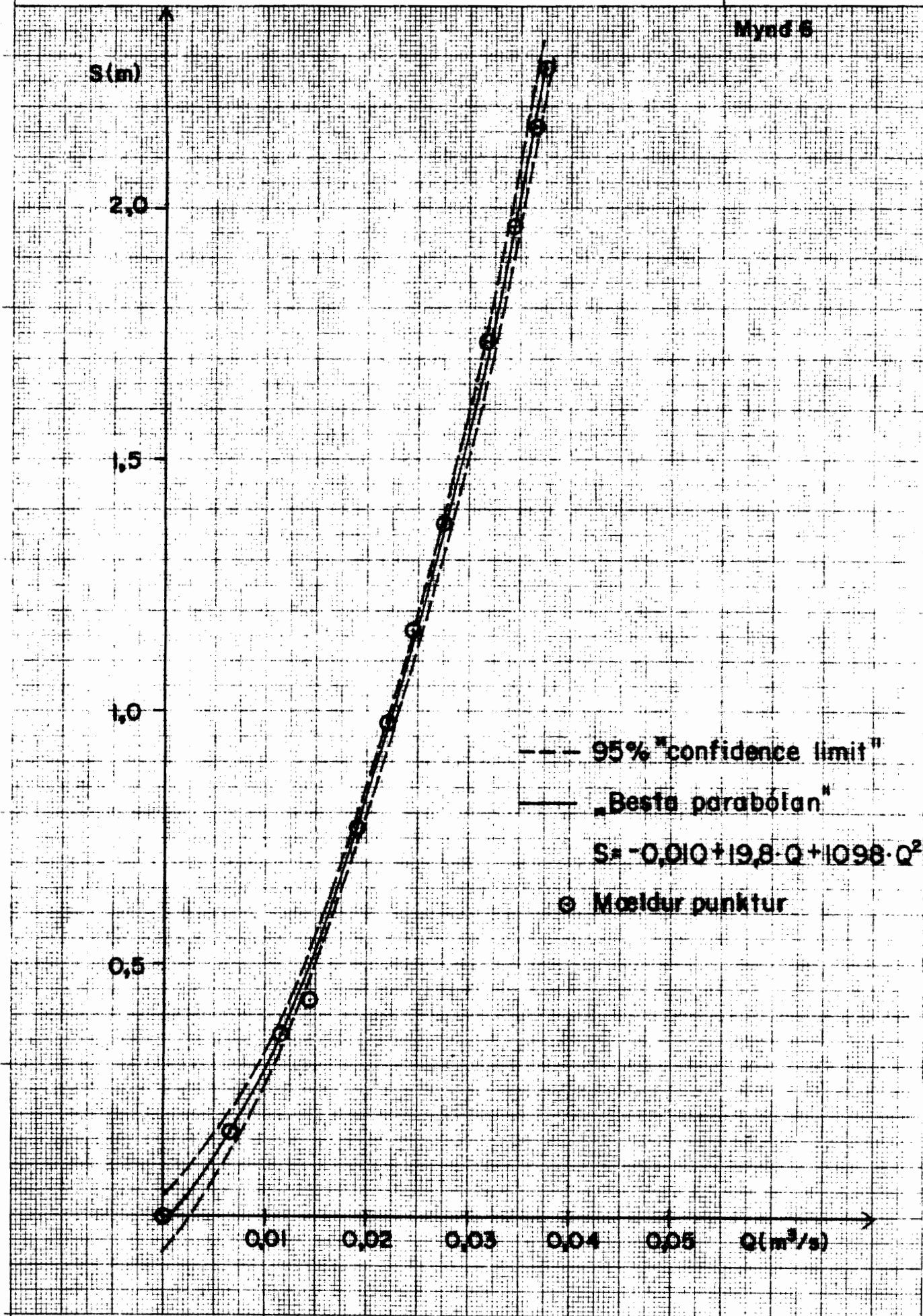
Þrepadæling í HKS-2, meðaltal mælinga frá 1976

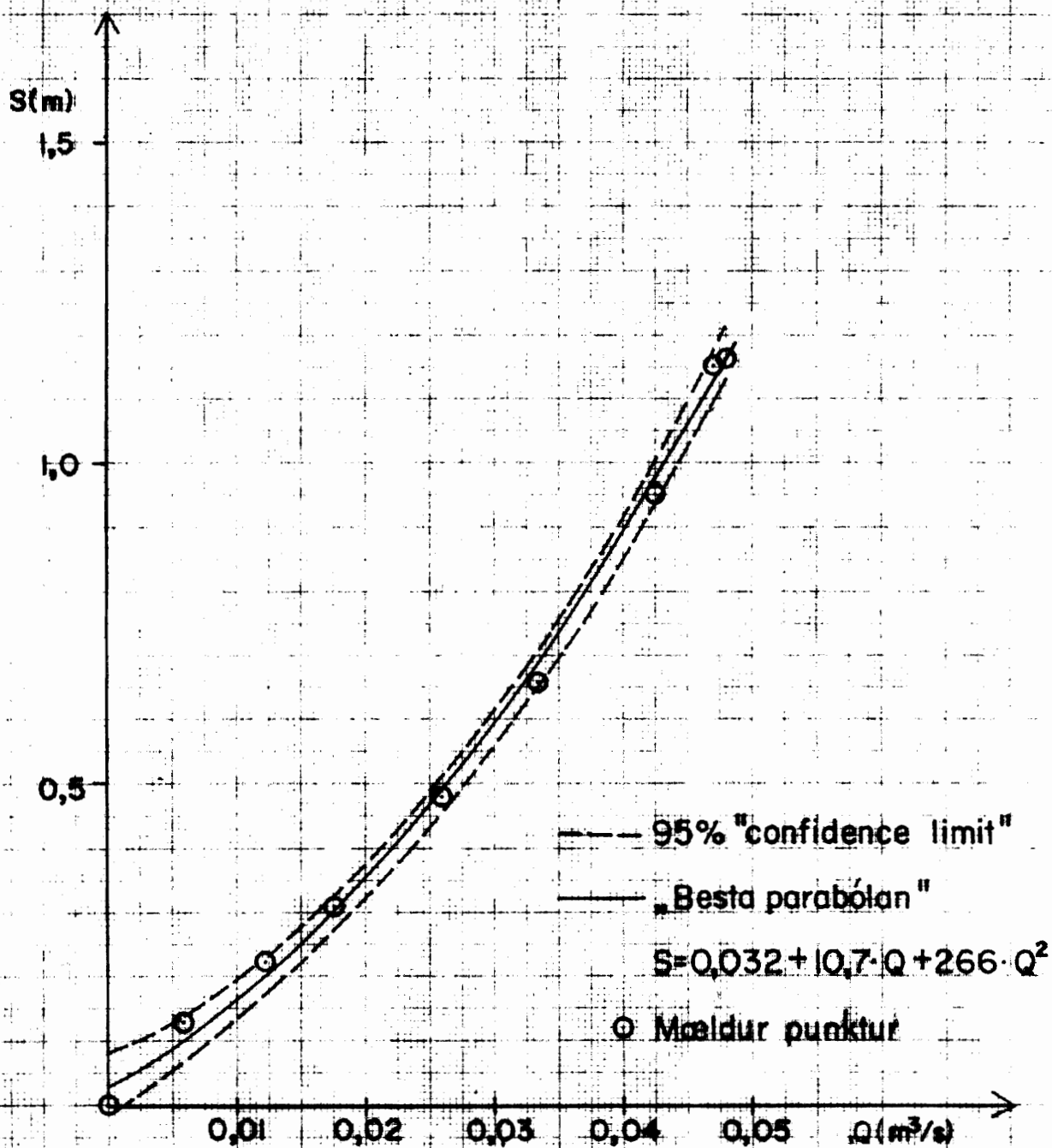


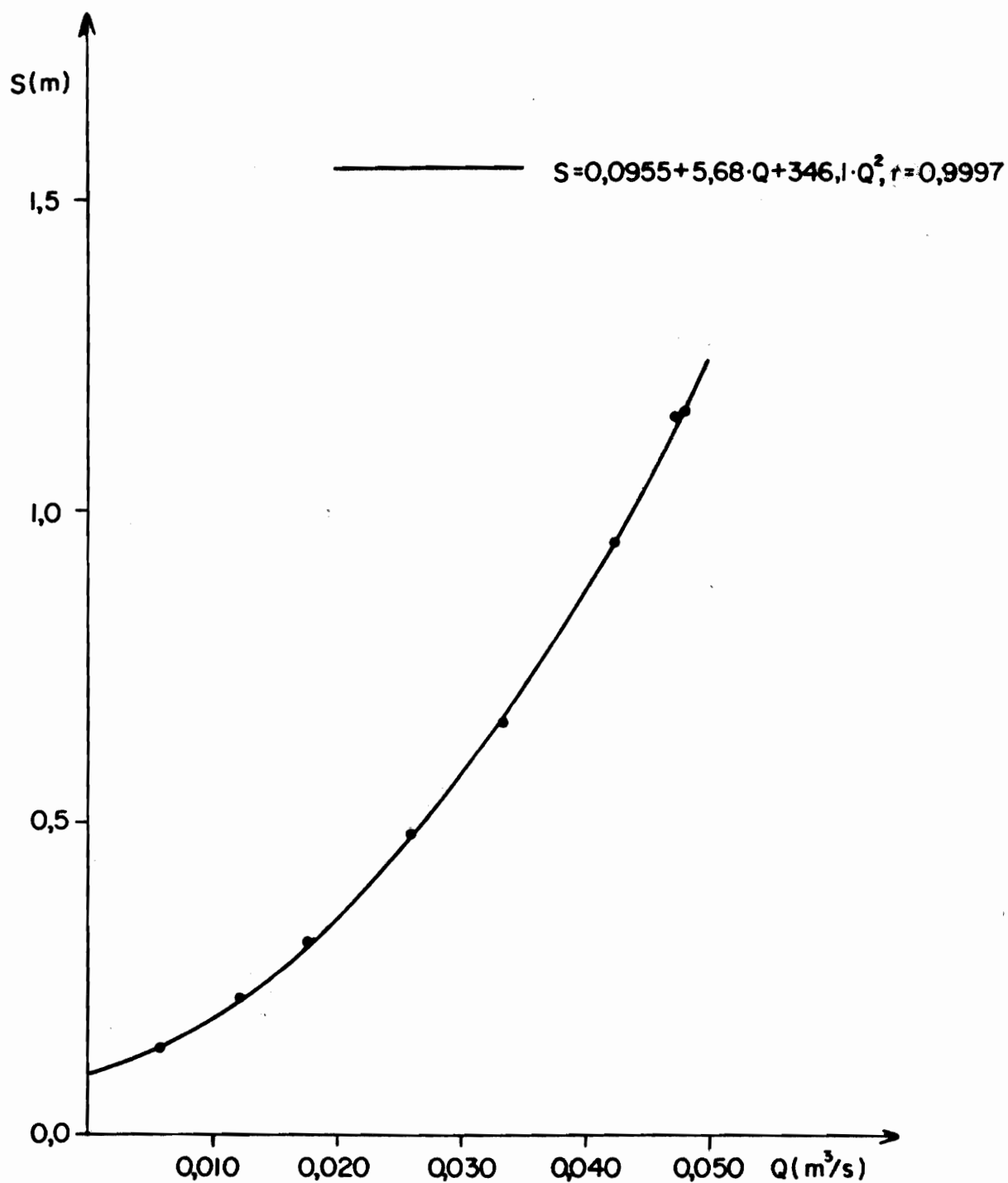


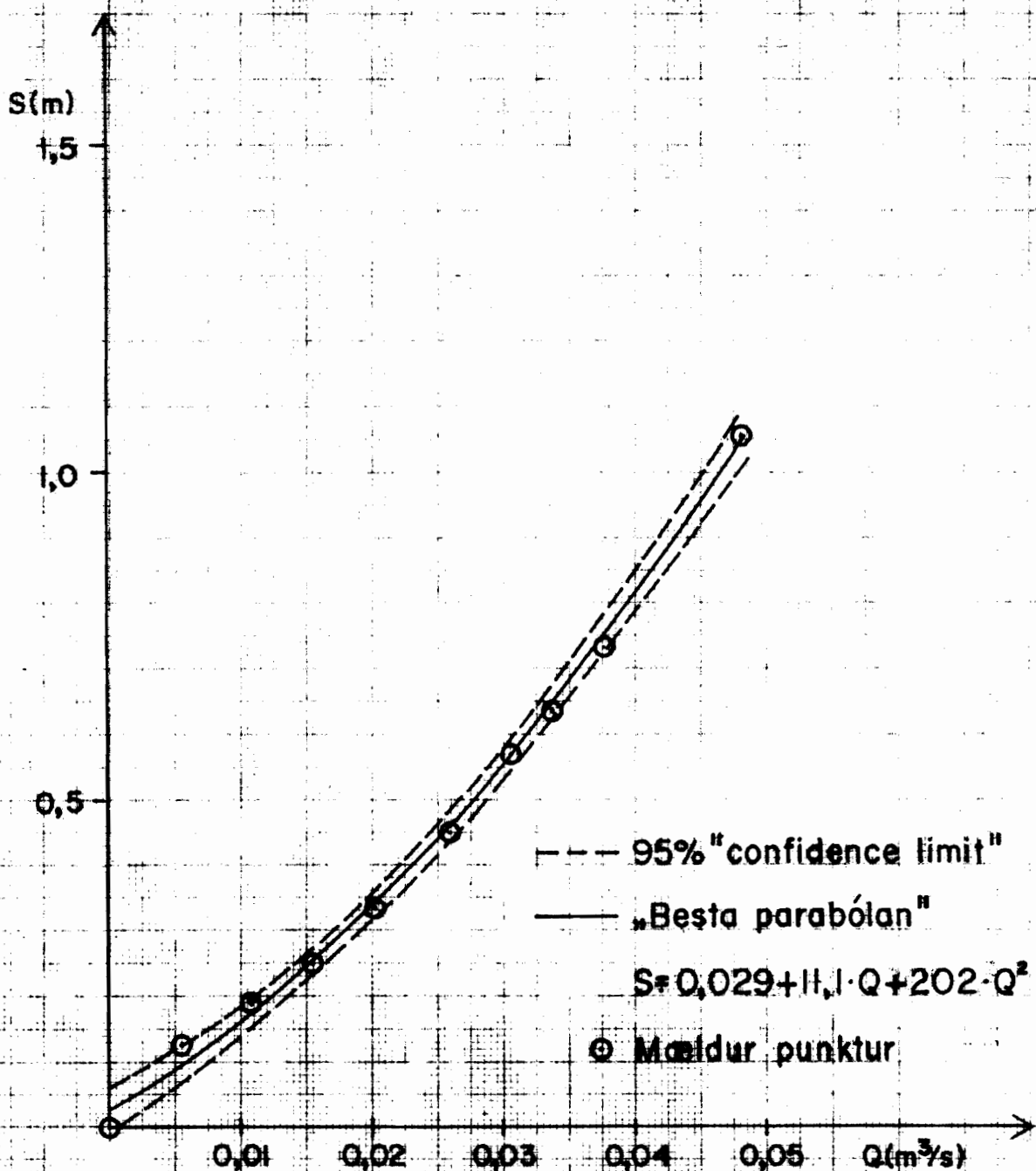
Prepadæling í HKS-2, 77.10.27.

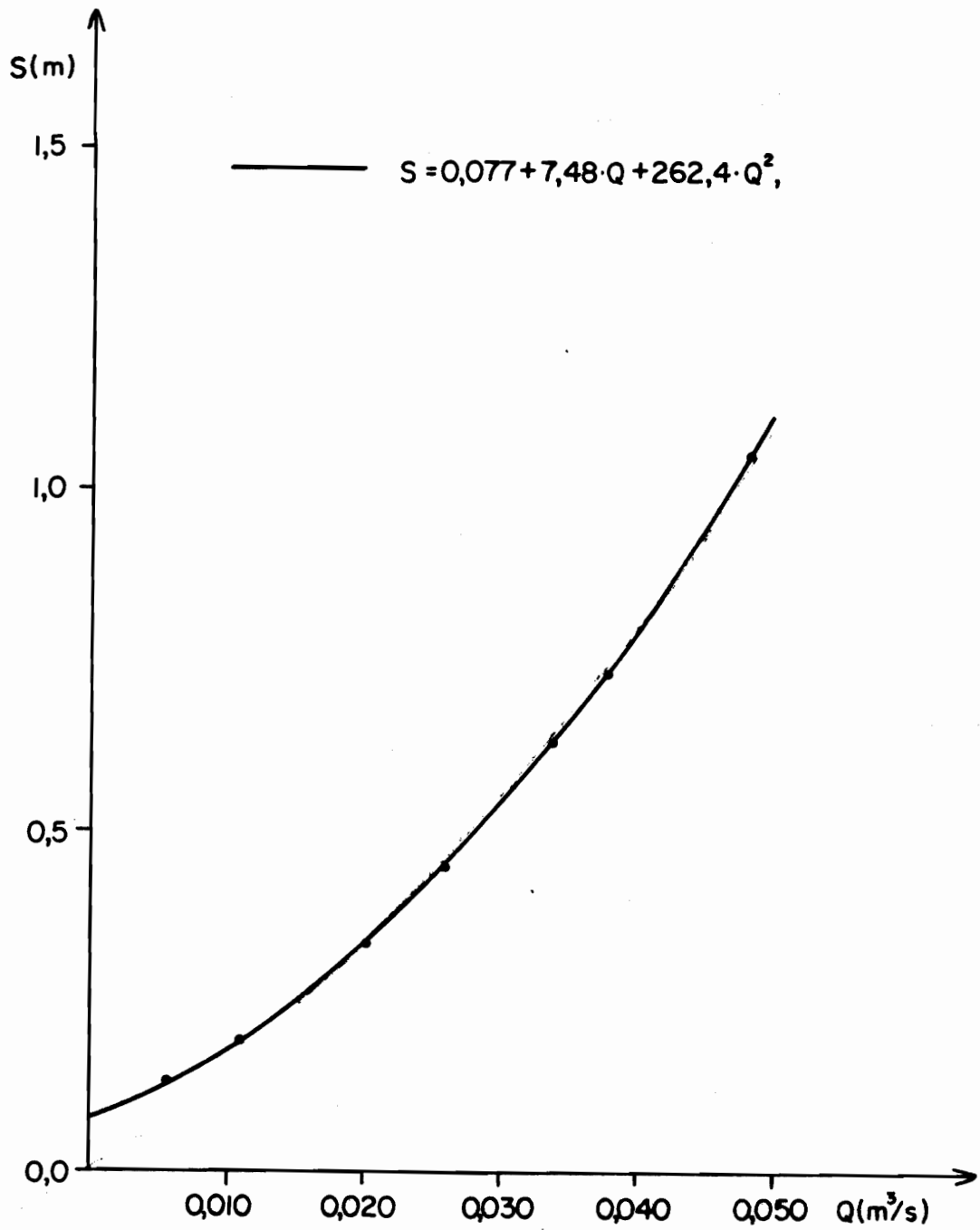
Mynd 6

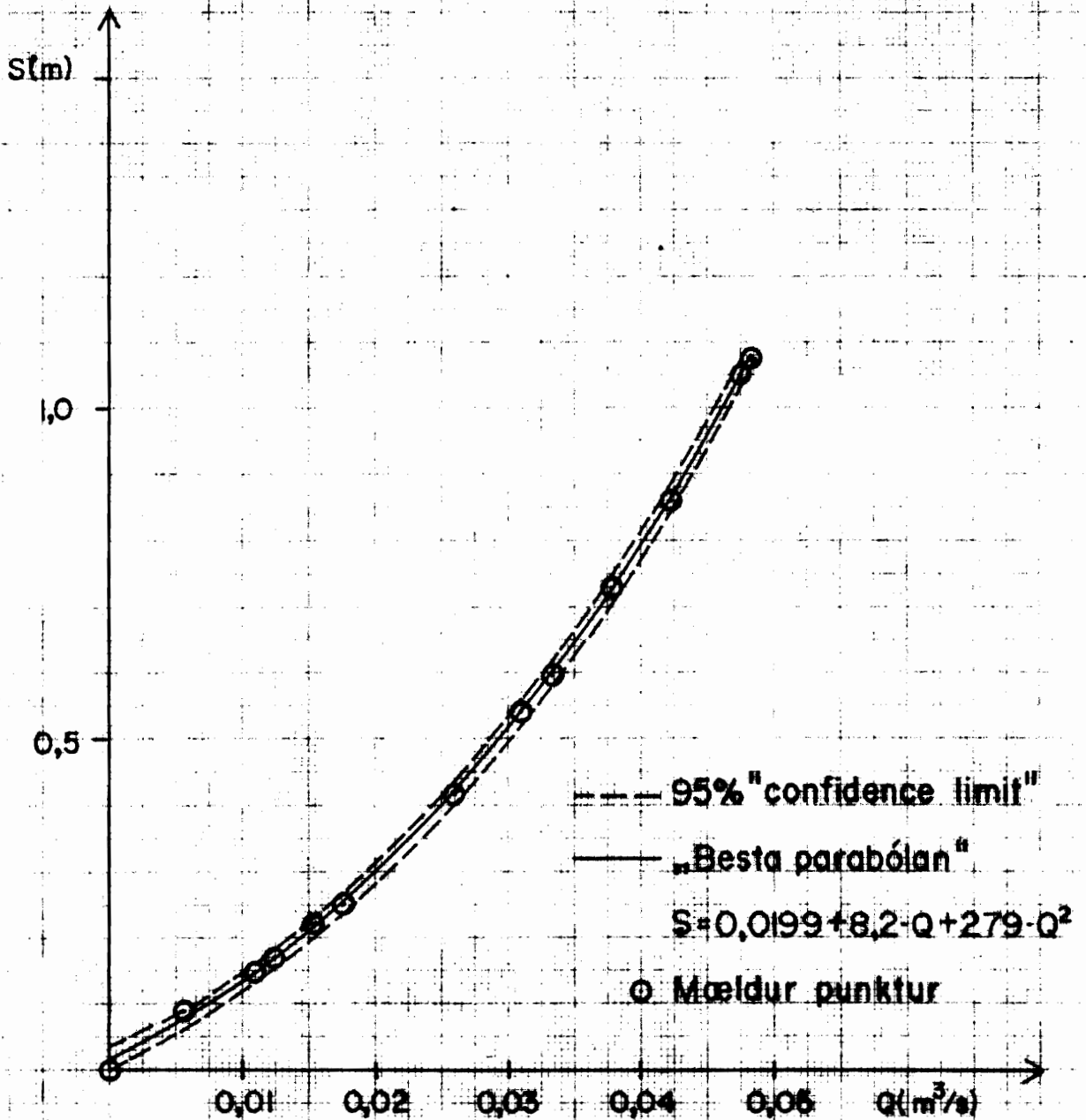














S(m)

1,0

0,5

--- 95% "confidence limit"

— "Besta parabólan"

$$S = 0,002 + 1,6 \cdot Q + 364 \cdot Q^2$$

○ Mældur punktur

0,01

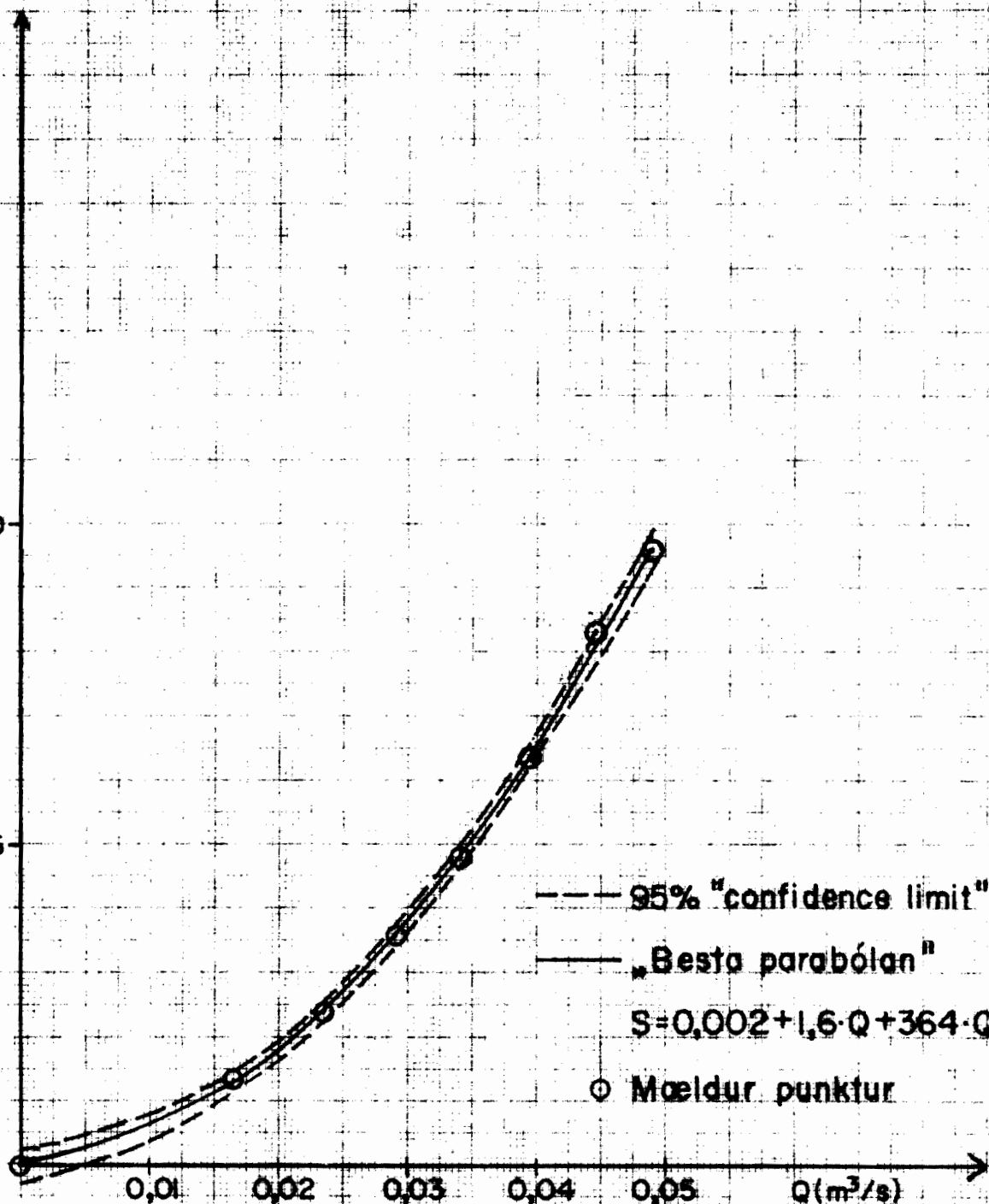
0,02

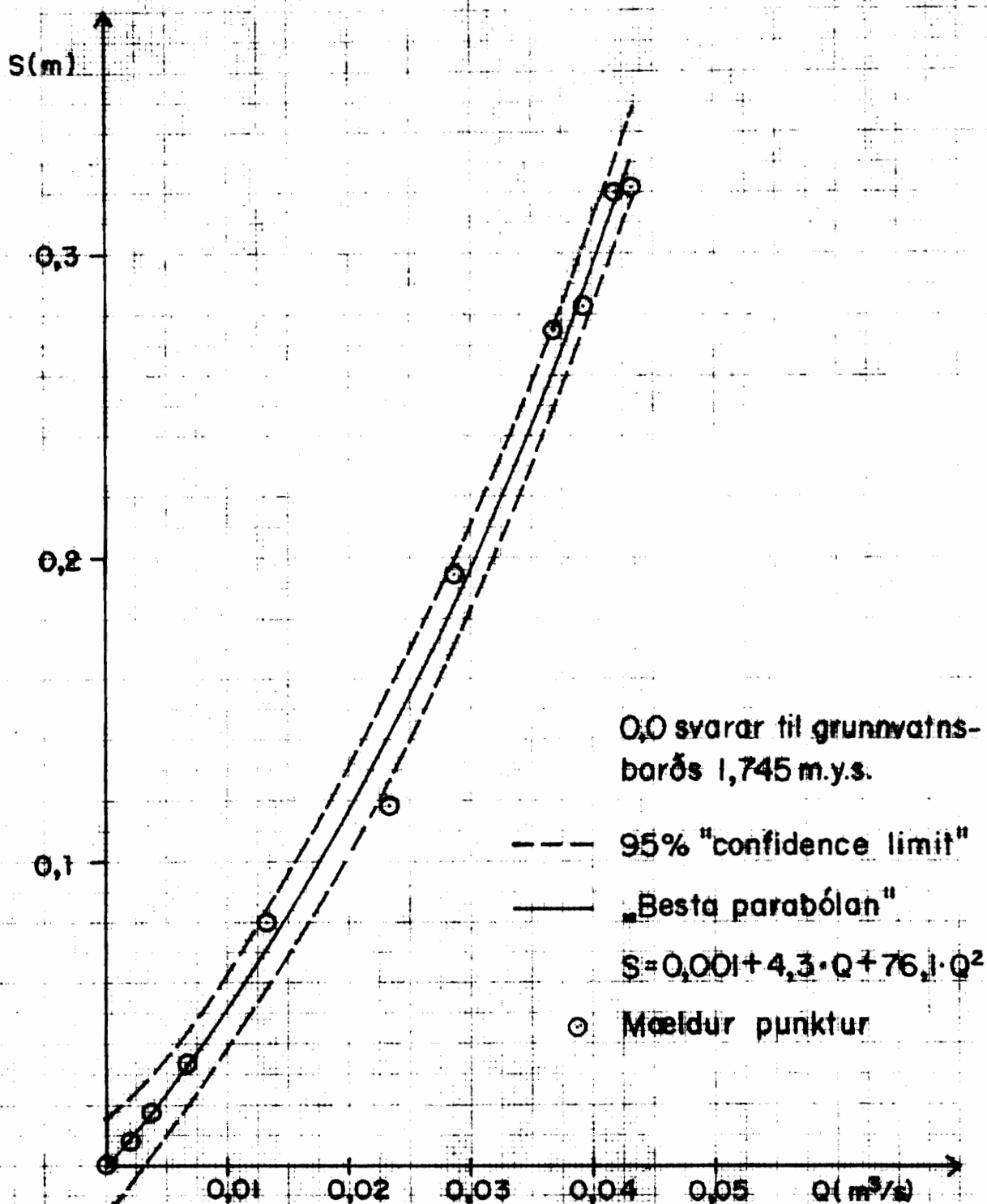
0,03

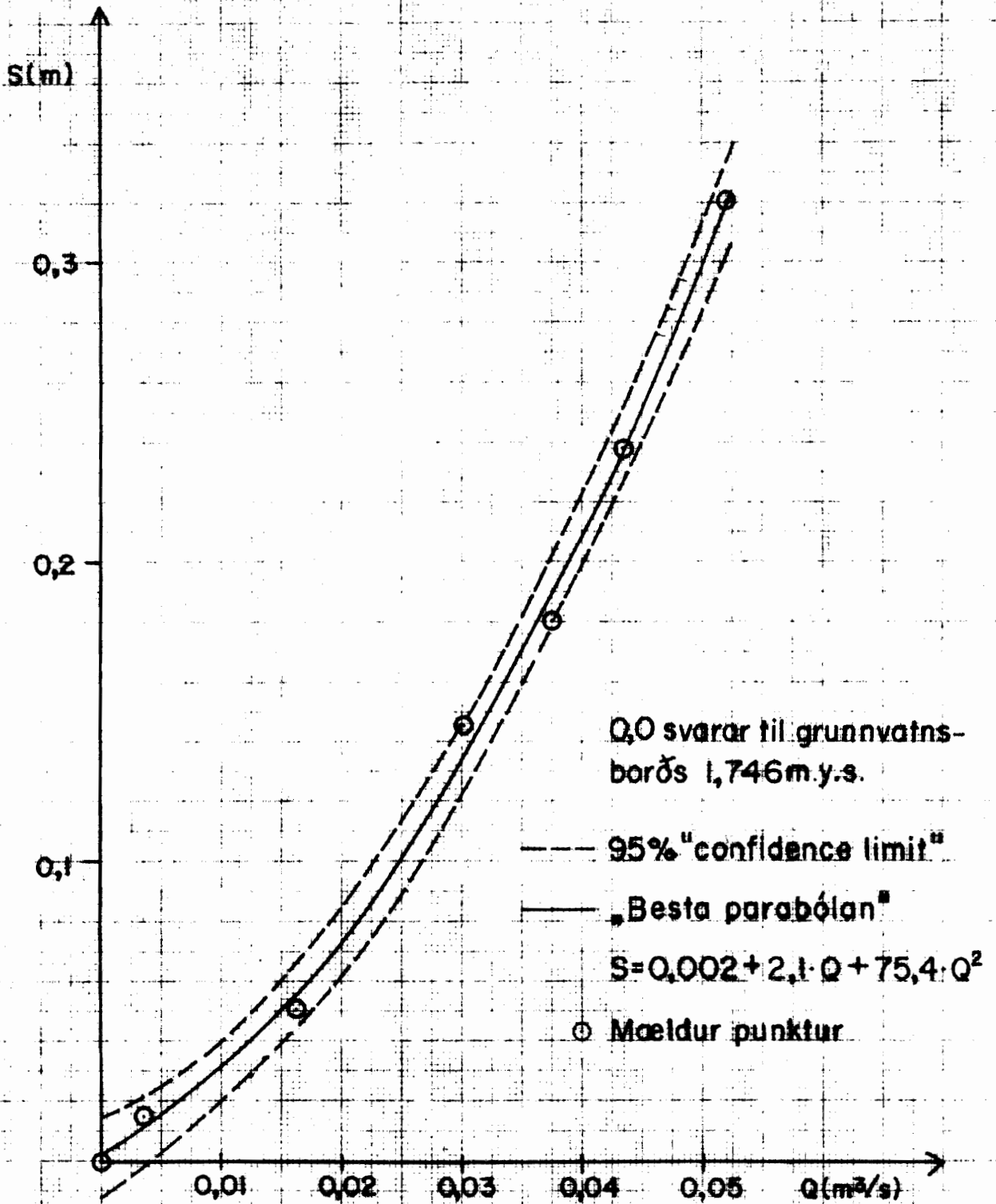
0,04

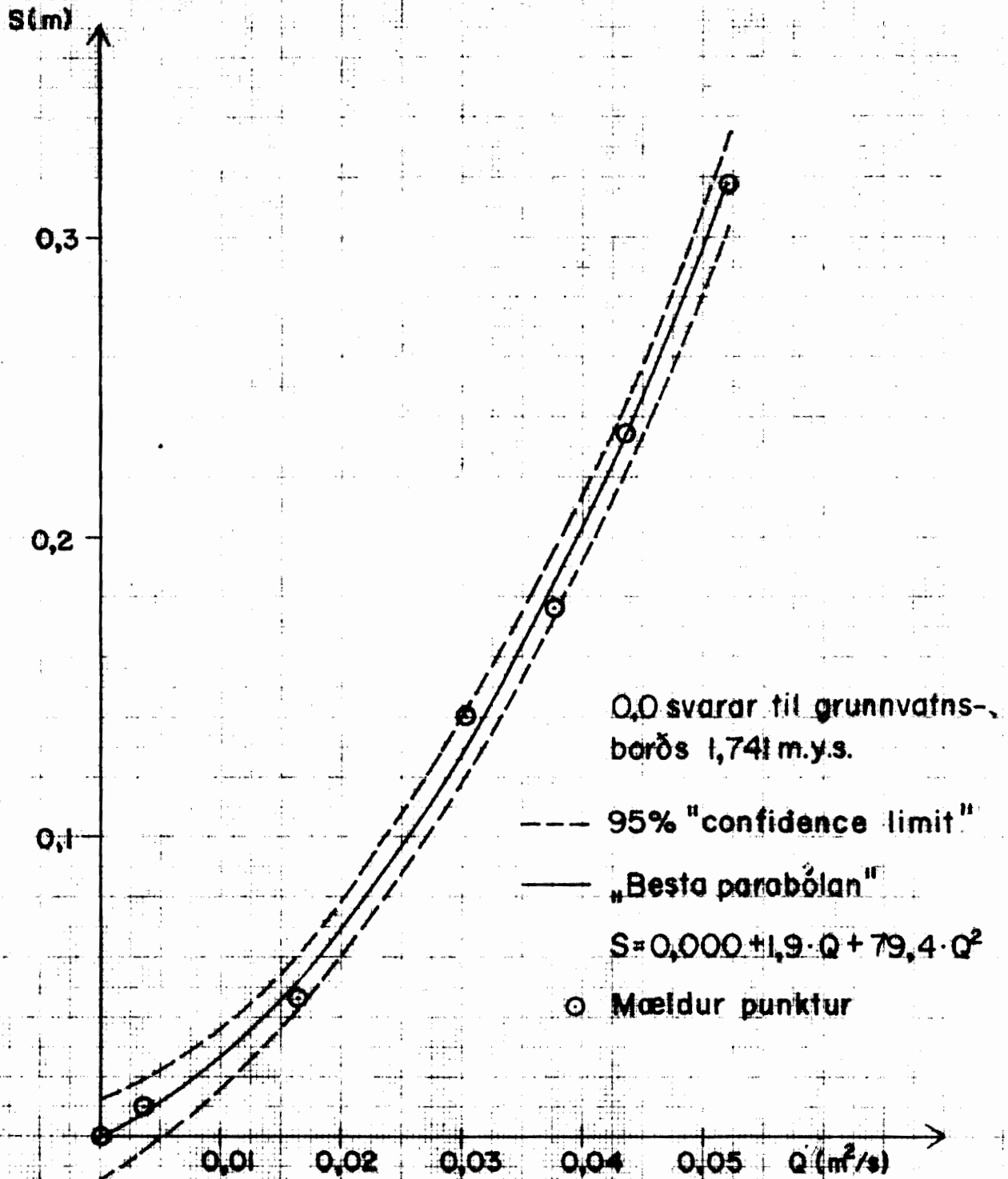
0,05

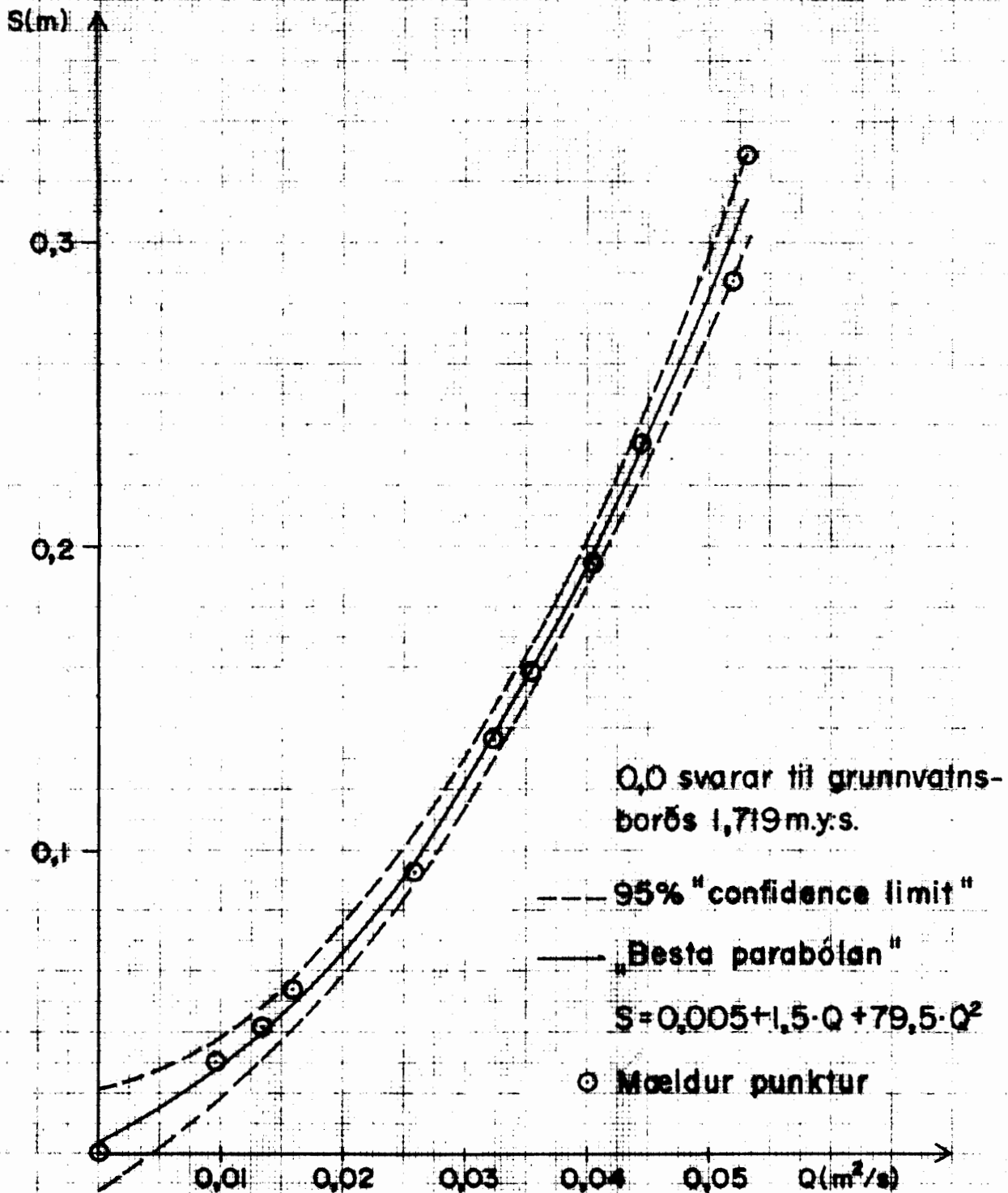
Q(m³/s)

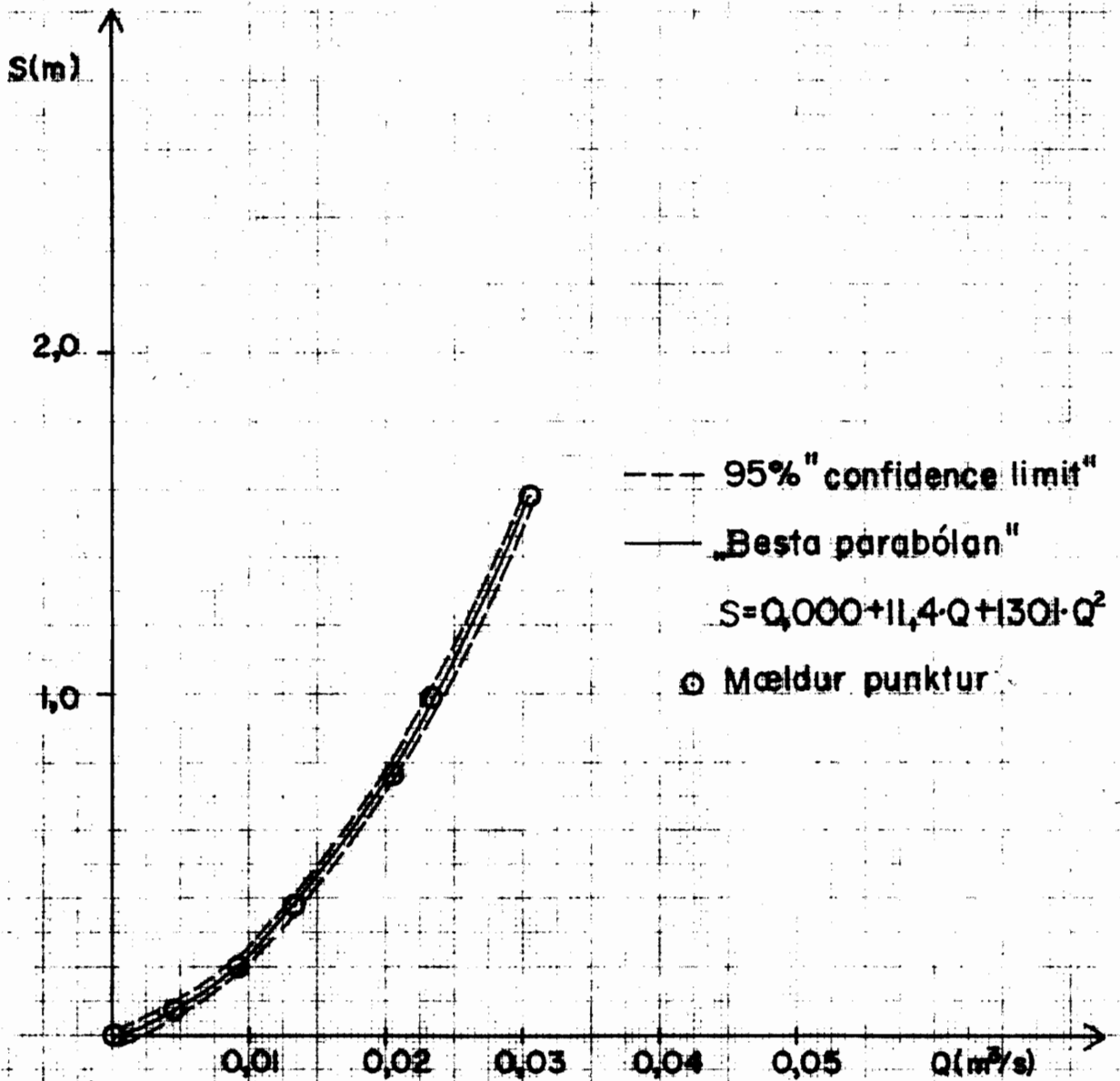


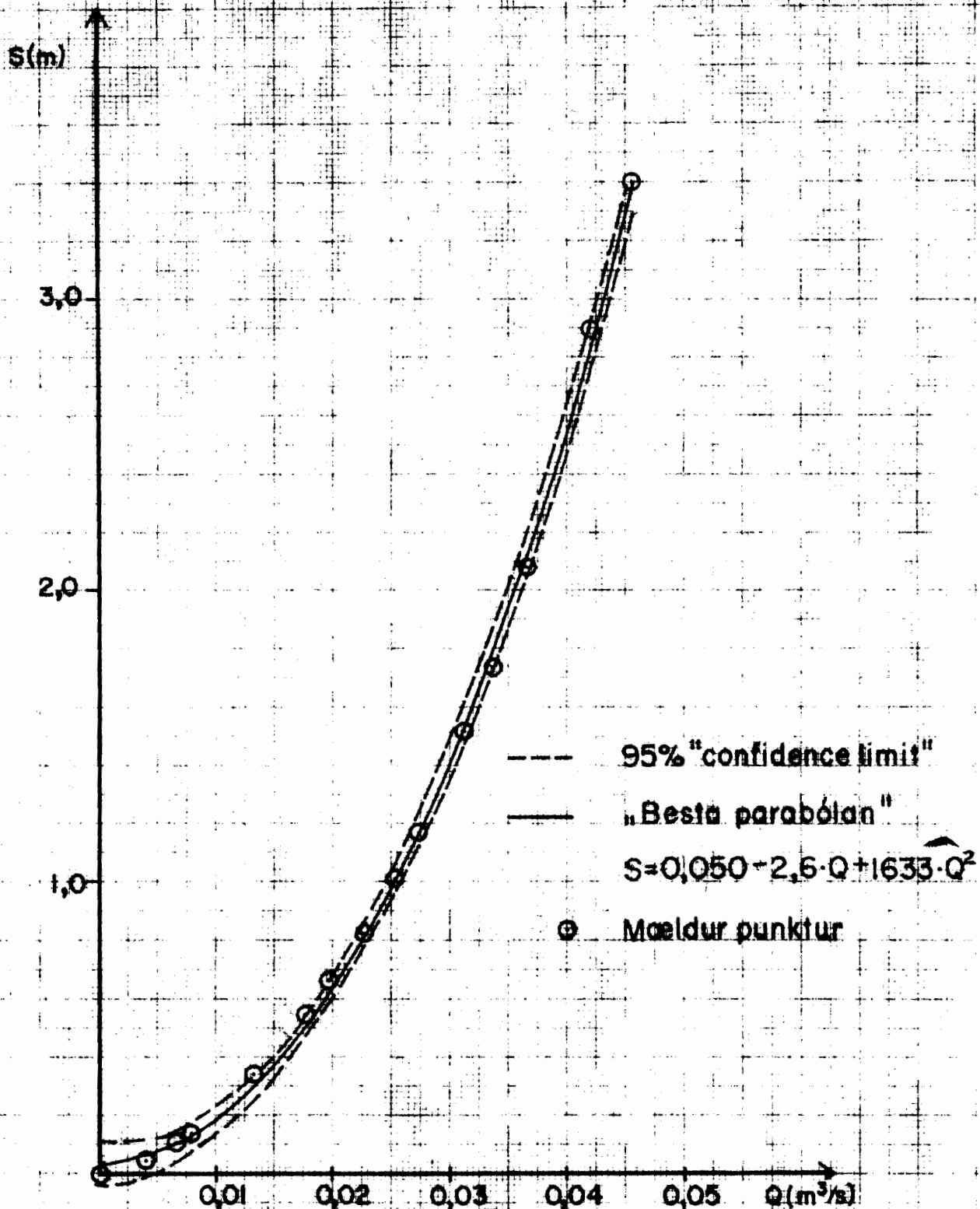


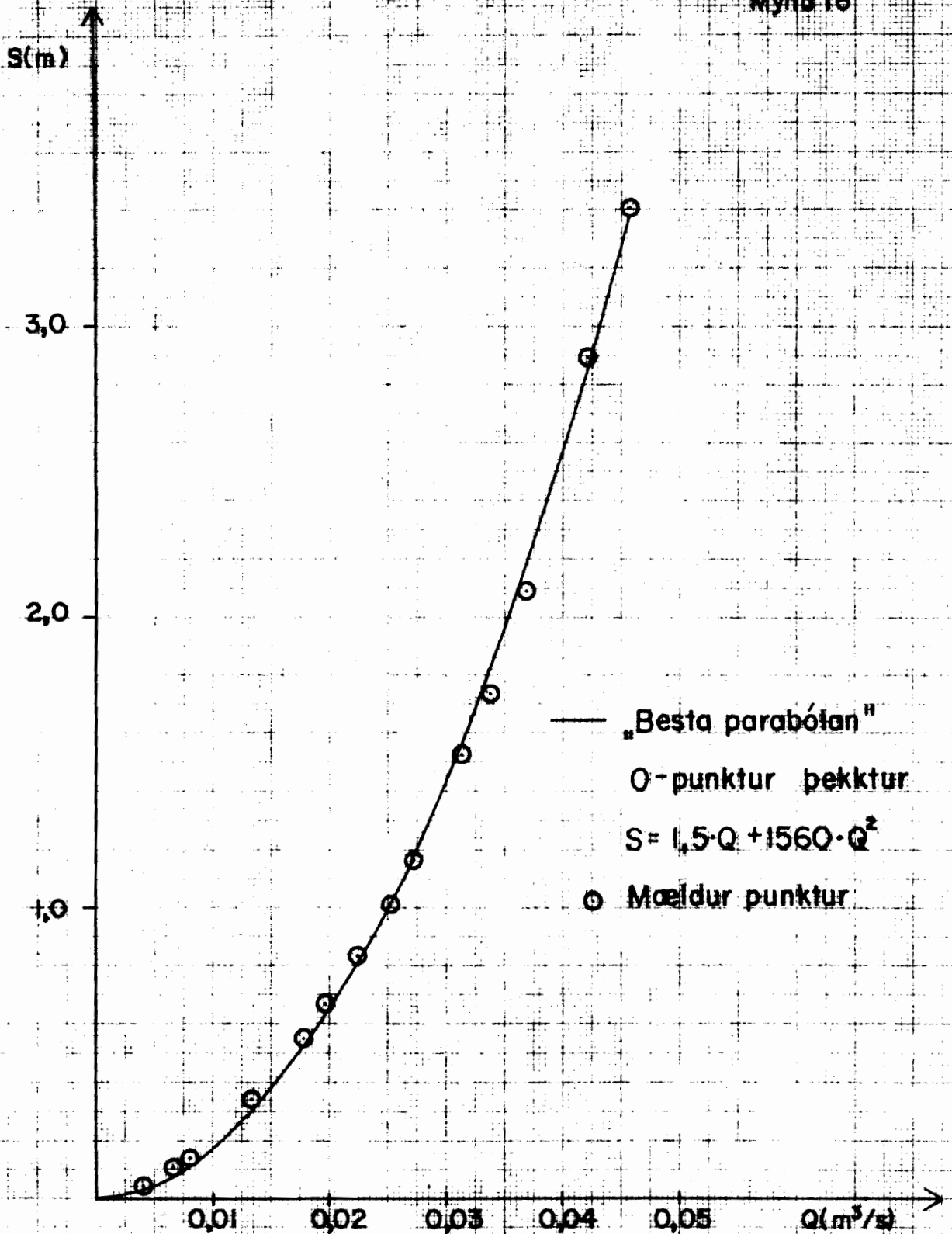


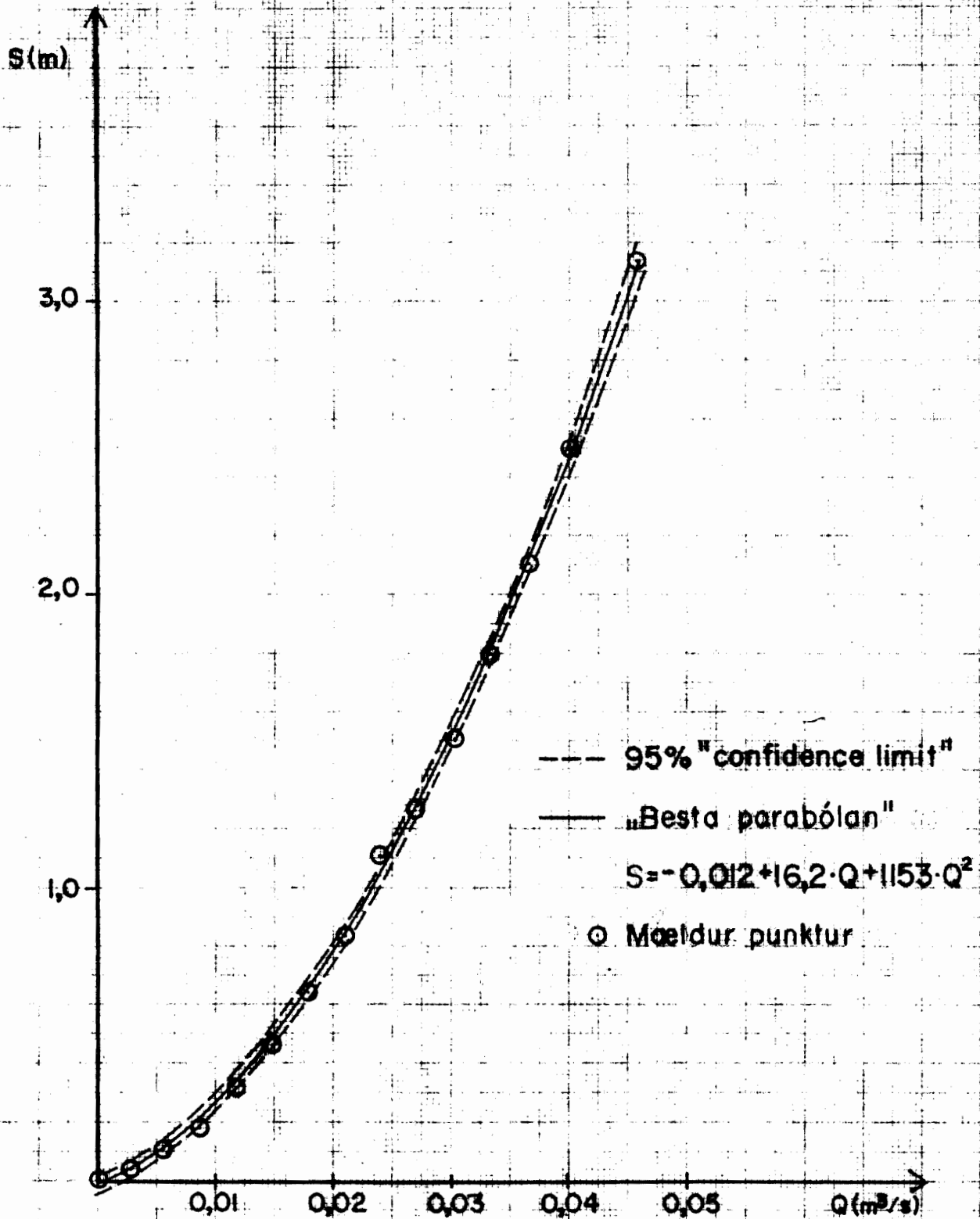


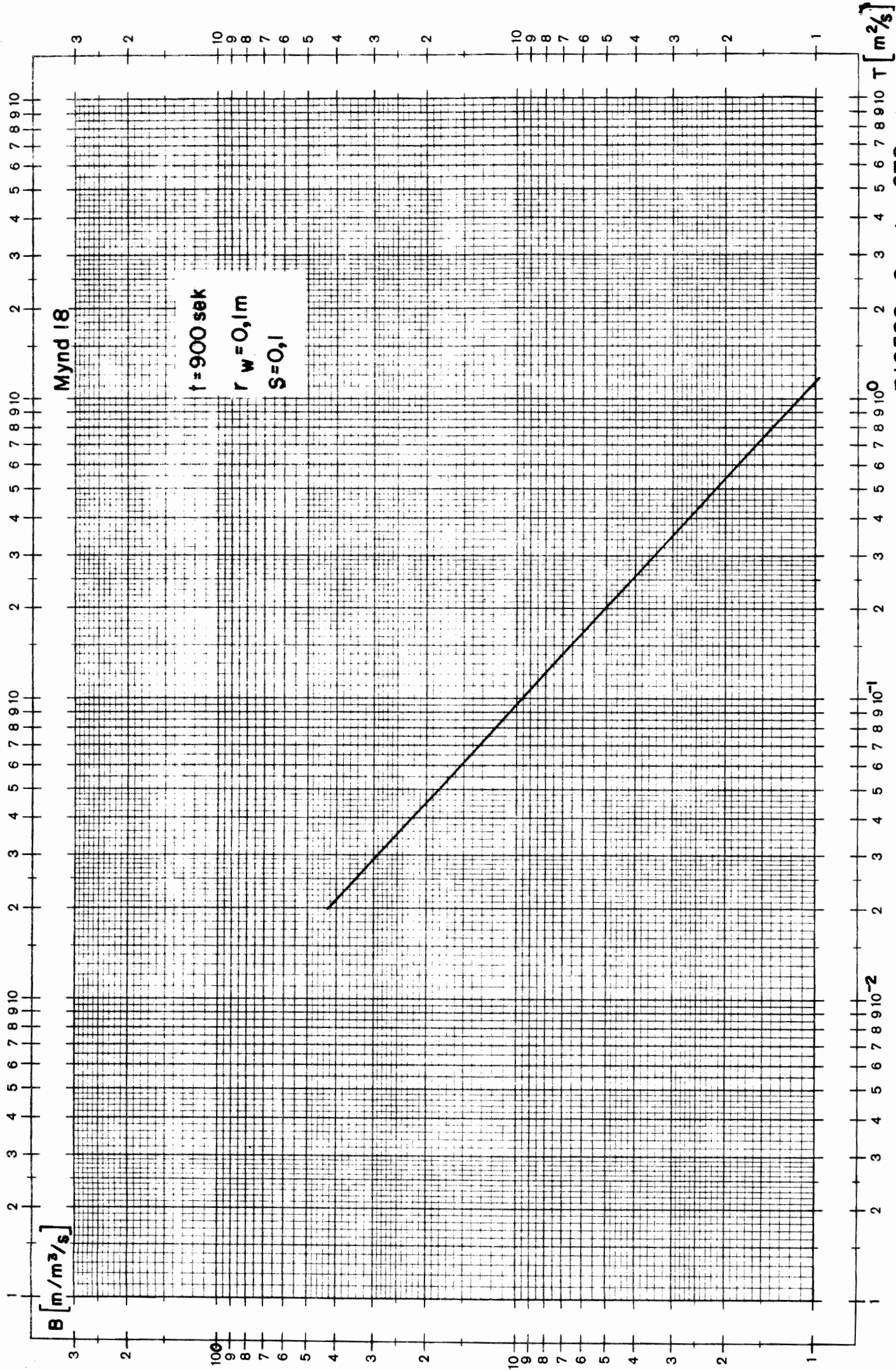


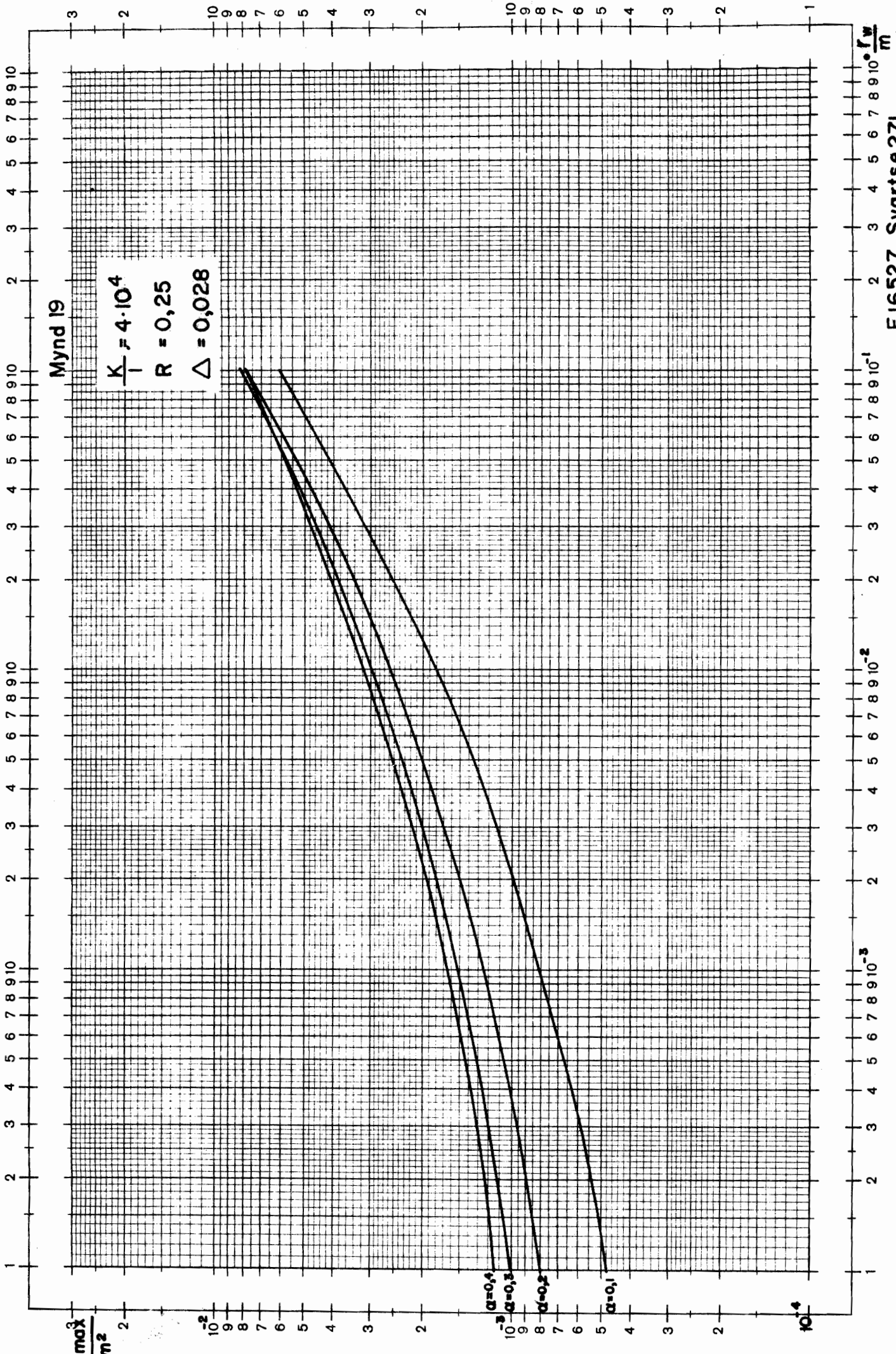


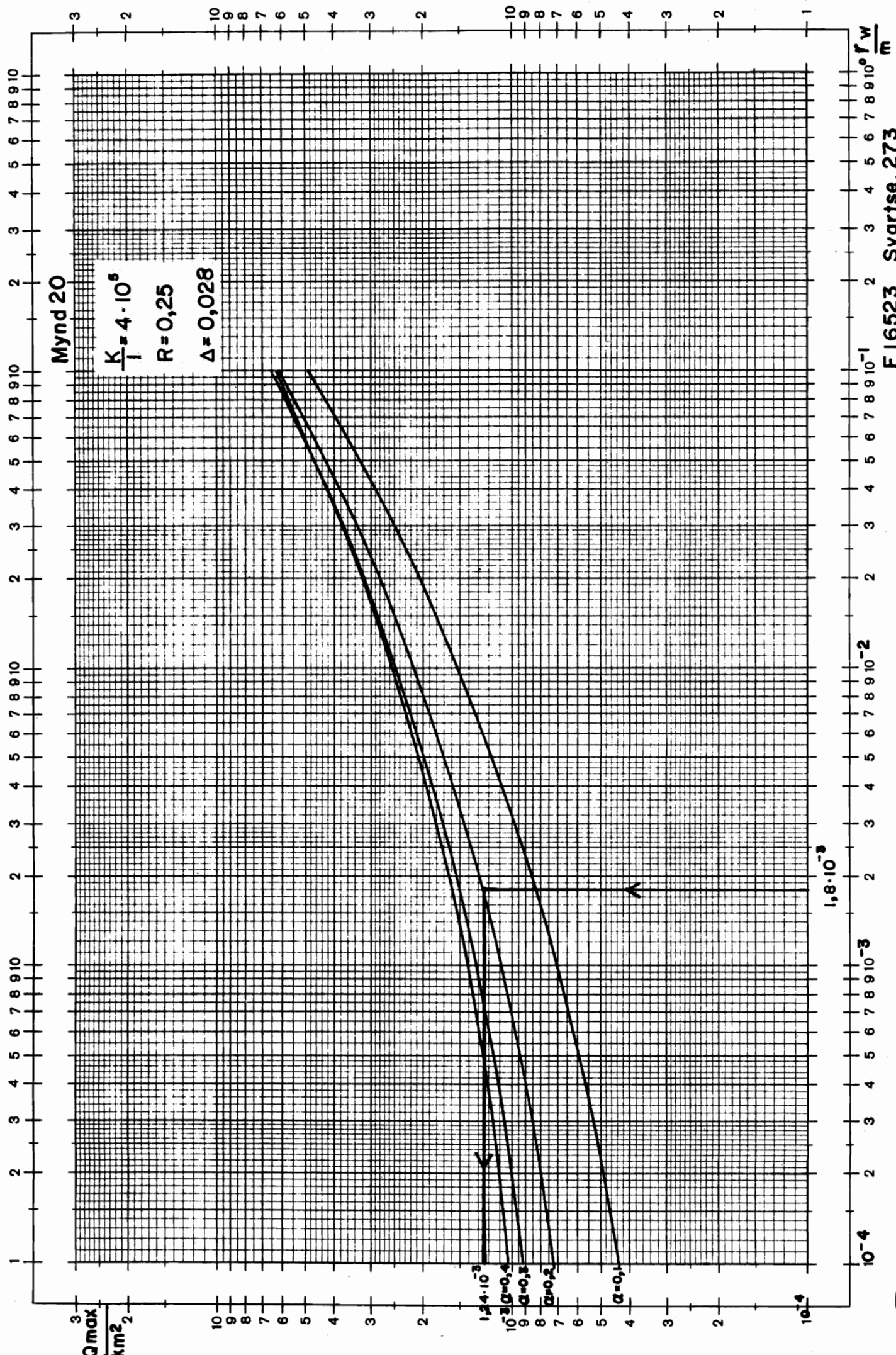


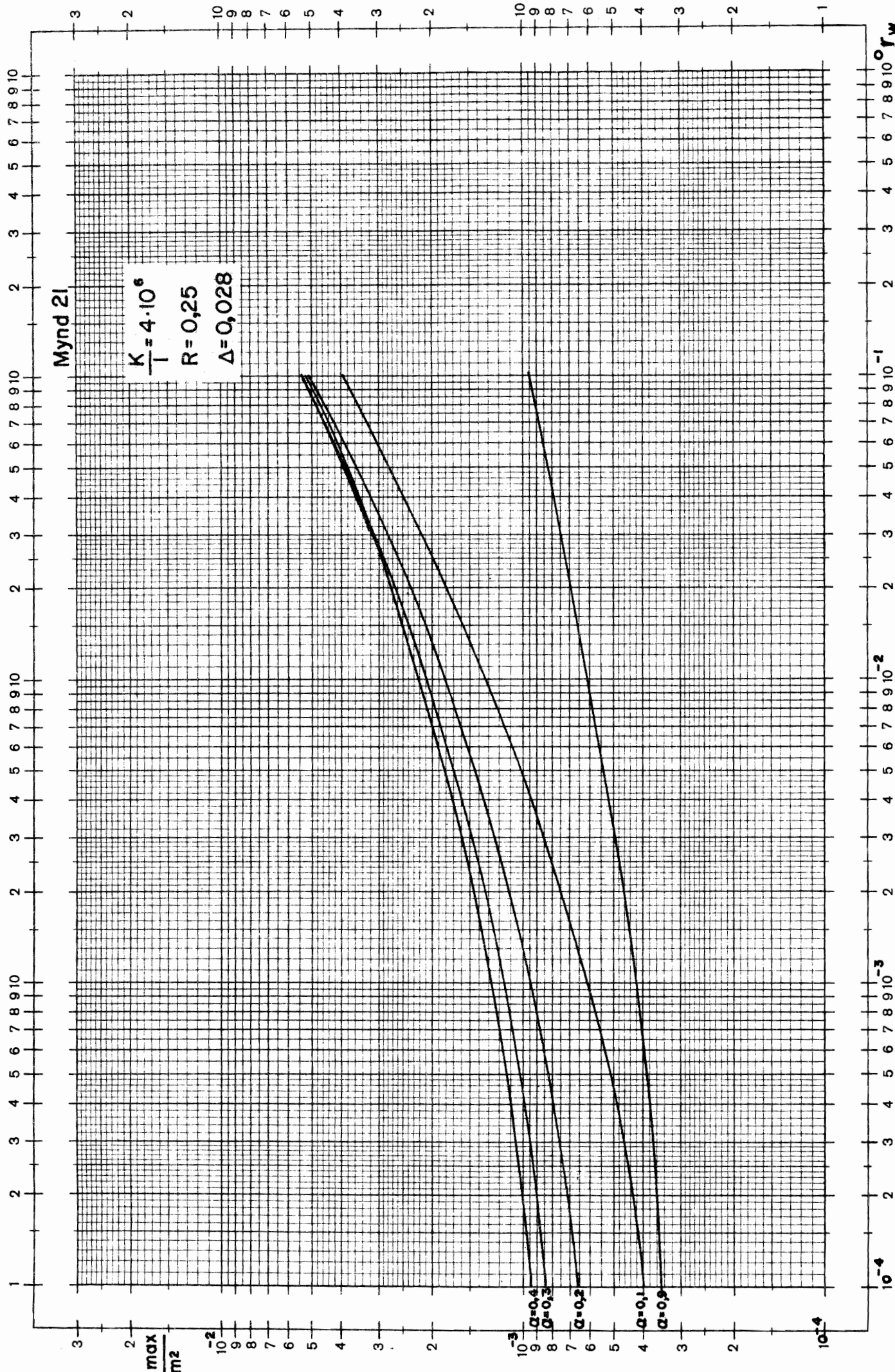












H L U T I 2

Áhrif sjávarfalla á grunnvatnshæð á
vestanverðum Reykjanesskaga.

Inngangur og helstu niðurstöður

Vatnamælingar OS settu upp sírita í holur við Seltjörn og Stapafell 1. nóv 1977 (vhm 209 og 210). Við athugun á síritum kom í ljós að áhrifa sjávarfalla gætti lítillega við Seltjörn. Áhrif sjávarfalla má nota til að meta hlutfallið á milli leiðni (transmissivity) T og geymslustuðuls (storage) S . Þekking á þessum stuðlum er mikilvæg við gerð líkans yfir grunnvatnshæð á svæðinu og áhrifa dælingar á grunnvatnshæðina.

Á grundvelli þessa var ákveðið að fá um tveggja daga sírit úr holu við Vogastapa, HSK 13 og höggborsholu á Njarðvíkurheiði. Síriti Jarðkönnunardeildar var fengin til verksins. Mælingar fóru fram 7. til 15 des. 1977, en stórstreymt var 12. des.. Einnig var mæling í holu 5 á jarðhitasvæðinu á Reykjanesi athuguð (sjá /3/).

Á svæðinu norðaustur af Seltjörn er meðallektin af stærðargráðu 10^{-2} m/s og meðalgeymslustuðull 10^{-2} - 10^{-1} . Norður af HSK-13 er meðallektin af stærðargráðu 10^{-2} m/s og meðalgeymslustuðull af stærðargráðu 10^{-1} . Norður til norðausturs af holu við Vogastapa er meðallektin af stærðargráðu 10^{-3} m/s og geymslustuðull af stærðargráðu 10^{-2} . Suðaustur af holu 5 á Reykjanesi er leiðnin $T \approx 5-7 \text{ m}^2/\text{s}$ og $S \approx 10^{-1}$.

Í höggborsholu á Njarðvíkurheiði varð mjög mikil hækkun grunnvatnsborðs meðan á síritun stóð, hluta af breytingunni má rekja til mikillar úrkomu, en hækkunin verður ekki skýrð nema áhrifa loftþyngdarbreytinga gæti í holunni. Loftþyngdaráhrifin eru áætluð 20-30%.

Úrvinnsla

Gert er ráð fyrir að áhrif sjávarfallabylgju í fjarlægð x frá strönd stýrist af jöfnunni (sjá /1/):

$$h = h_0 e^{-x \cdot \sqrt{\frac{\pi S}{t_0 T}}} \sin\left(\frac{2\pi t}{t_0} - x \sqrt{\frac{\pi S}{t_0 T}}\right) \quad (1)$$

h_0 er sveifluhæðin á sjávarfallabylgjunni, t_0 er sveiflutími sjávarfallabylgjunnar, S er meðalgeymslustuðull (storage) og

T er meðalleiðni (transmissivity). Út frá jöfnu (1) má leiða tvær jöfnur til ákvörðunar á T/S:

$$\frac{T}{S} = \left(\frac{x}{t_1}\right)^2 \frac{t_0}{4\pi} \quad (2)$$

$$\frac{T}{S} = \left(-\frac{x}{\ln \frac{h_x}{h_0}}\right)^2 \frac{\pi}{t_0} \quad (3)$$

h_x er sveifluhæðin í holunni.

Í holu við Seltjörn (vhm 209) var meðalsveifluhæðin úr 11 sjávarföllum $4.2 \cdot 10^{-3} h_0$, staðalfrávikid var $1.1 \cdot 10^{-3} h_0$. Tímamismunurinn t_1 var að meðaltali $5\frac{1}{4}$ klst., með staðalfrávik $1/2$ klst, eða $17\frac{1}{2}$ klst., með staðalfrávik $2/3$ klst. Holan er í um 3100m fjarlægð frá ströndinni. Í töflu 1 eru niðurstöður fyrir útreikninga á T/S samkvæmt jöfnum (2) og (3).

Í holu við Vogastapa var grunnvatnshæðin sírituð dagana 7-9 des 1977 sjá mynd 1. Greinileg sveifla kemur fram, samtímis er breyting á meðalgrunnvatnshæð (hækkar um 0.08m). Á mynd 2b hafa breytingar á grunnvatnshæð, sem stafa af sjávarföllum verið einangraðar. Á mynd 2a eru reiknuð sjávarföll í Keflavík út frá sjávarfallamælingum í Reykjavík. Við útreikningana voru notaðir leiðréttingarstuðlar úr /2/. Á mynd 2a er breyting á grunnvatnshæð í holu við Vogastapa, vegna sjávarfalla, einnig sýnd með punktum (sjávarföllin eru teiknuð í mælikvarða 1:30 en punktarnir eru í mælikvarða 1:1, tímaskala fyrir punktana er hliðrað um -3klst). Samsvörunin milli sjávarfalla og breytinga í grunnvatnshæð er mjög góð og mun betri en gera mætti ráð fyrir miðað við nákvæmni í sírita, aflestrarnákvæmni af síritablöðum, breytingar á meðalgrunnvatnshæð og að sjávarföllin eru reiknuð út frá nálgunarformúlu fyrir Keflavík út frá mælingum í Reykjavík.

Tímamismunurinn er 3 klst og sveifluhæðin er að meðaltali $3.03 \cdot 10^{-2} h_0$, með staðalfrávik $0.07 \cdot 10^{-2} h_0$. Fjarlægð frá sjó er u.p.b. 700m. Niðurstöður fyrir útreikninga á T/S eru í töflu 1.

Niðurstöður sýna að sé sveifluhæðin notuð til útreikningana, fæst $T/S \approx 3m^2/s$, en ef tímamismunurinn er notaður fæst $T/S \approx 15m^2/s$, þrátt fyrir að mælingin virðist vera mjög nákvæm. Jafna (1) gildir strangt tekið aðeins fyrir lokaðan grunnvatnsgeymi ("confined") eða opinn ("unconfined") með litlum halla á grunnvatnsborði. Vatnsgeymirinn í grennd við Vogastapa er að öllum líkindum opinn og hallinn á grunnvatnsborðinu er mikill út við sjó. Hægt er að stilla upp nálgunarjöfnu fyrir opinn grunnvatnsgeymi, en þær verða ekki leystar nema í tölvu og er ekki farið inn á þá braut hér, þar eð ekki er ljóst að um betri nálgun en (1) sé að ræða.

Grunnvatnshæð í HSK-13 var sírituð 10-13 des 1977, sjá mynd 3. Ekki er hægt að greina sjávarföll af öryggi af myndinni, a.m.k. er sveiflan minni en 0.005m. h_x/h_o er því minni en $1.2 \cdot 10^{-3}$. Holan er í um 3000m fjarlægð frá sjó. Niðurstöður í töflu 1 eru miðuð við þessi gildi. Ef til vill væri hægt að greina sveifluna með því að reikna út tímafylginstuðla (series-correlation-coefficients).

Í holu 5 á jarðhitasvæðinu á Reykjarnesi hafa verið mæld sjávarföll, sjá /3/. $h_x \approx 0.3h_o$ og $t_1 \approx 170$ mín.. Holan er í um 1200m fjarlægð frá sjó. Niðurstöður fyrir útreikninga á T/S eru í töflu 1.

Grunnvatnshæð í höggborsholu á Njarðvíkurheiði var sírituð 13.-15. des. 1977 sjá mynd 4. Ekki er hægt að greina áhrif frá sjávarföllum af síritinu, en grunnvatnshæðin er mjög breytileg (vex um 0.27m á 15 klst.), þannig að 1-2cm sveiflu yrði ekki vart. Mælingin fór fram á sama tíma og um 950mb lögð fór yfir svæðið, mynd 4 sýnir einnig loftþrýsting á Keflavíkurflugvelli. Mikil samsvörun er á milli loftþrýstingsins og grunnvatnshæðar í holunni. Um þetta leyti var talsverð úrkoma og eru því breytingar á grunnvatnshæð í holu við Seltjörn (vhm 209) og í HSK-12 (vhm 212) teiknaðar á mynd 4. Ekki er ástæða til að ætla að um áhrif loftþyngdar geti verið að ræða við Seltjörn og í HSK-12

(HSK-12 er t.d. í opnu hrauni). Eins og sjá má eru breytingar á grunnvatnshæð u.p.b. þrisvar sinnum meiri á Njarðvíkurheiði en við Seltjörn og u.p.b. sex sinnum meiri á Njarðvíkurheiði en í HSK-12. Ljóst virðist því, að um einhver loftþyngdaráhrif er að ræða á Njarðvíkurheiði. Áhrifin eru um 0.1-0.15m, við um 50mb breytingu í loftþrýsting.

Svörun grunnvatnsgeymis við loftþrýstibreytingu eru reiknuð samkvæmt jöfnunni (sjá /1/):

$$B = \frac{\delta \cdot h}{\Delta P_a} \quad (4)$$

þar sem B táknar loftþyngdaráhrifin, δ er eðlisþyngd vatns og ΔP_a er breyting í loftþrýstingi. Miðað við ofanefndar breytingar er $B \approx 0.2-0.3$.

Niðurstöður

A grágrýtissvæðinu í grennd við Njarðvíkurheiði koma fram loftþyngdaráhrif 20-30%, sem getur skýrt að einhverju leiti óreglur í grunnvatnshæð, sem mælingar hafa sýnt. Geymslustuðull (storage) er sennilega af stærðargráðu 10^{-2} .

Holur við Vogastapa og við Seltjörn eru á grágrýtissvæði. Geymslustuðull á grágrýtissvæðinu er líklega af stærðargráðu 10^{-2} . Sjávarföll hafa að líkindum einungis aðgang að holunni við Vogastapa í gegnum grágrýtið, eða undir það, og er því $T \approx 3 \cdot 10^{-2} - 1.5 \cdot 10^{-1} \text{ m}^2/\text{s}$. Miðað við um 40m þykkt á grunnvatnsgeyminum að meðaltali fæst meðallekt ("permeability") $k \approx 7.5 \cdot 10^{-4} - 3.8 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$. Við líkanreikninga hefur verið notað $k = 10^{-3} \text{ m/s}$. Gildunum ber vel saman. Lektin á svæðinu norður til norðaustur frá Vogastapa holunni er því af stærðargráðu 10^{-3} m/s og geymslustuðullinn af stærðargráðu 10^{-2} .

Áhrif sjávarfalla á grunnvatnshæð í holu við Seltjörn geta komið eftir grágrýtissvæðinu, eða eftir hraunasundi til suðurs frá Vogum, (viðnámsmælingar benda e.t.v. til slíks hraunasunds), og

síðan eftir brotnu grágrýti til suðvesturs í línu milli Seltjarnar og Snorrastaðatjarnar. Ef við gerum ráð fyrir að áhrifanna gæti í gegnum grágrýtið og reiknum með meðalgeymslustuðli $S \approx 10^{-2}$, fæst $T \approx 9 \cdot 10^{-2} - 1.0 \text{ m}^2/\text{s}$. Grunnvatnsgeymirinn er um 50m þykkur að meðaltali og gefur þetta meðallekt $k \approx 1.8 \cdot 10^{-3} - 1.9 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$. Ef hinsvegar er gert ráð fyrir hraunasundi og brotnu grágrýti með meðalgeymslustuðul um $5 \cdot 10^{-2}$, fæst $T \approx 0.5 - 5 \text{ m}^2/\text{s}$, sem gefur meðallekt $k \approx 10^{-2} - 10^{-1} \text{ m/s}$. Við líkanreikninga hefur verið gert ráð fyrir $k \approx 5 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ í hraunasundinu, en $k = 10^{-3} \text{ m/s}$ í grágrýtinu. Ekki er hægt að skera úr um hvora leiðina áhrifin koma, en þó verður að telja hraunasundið líklegra. Meðallektin norðaustur af Seltjörn er því af stærðargráðu 10^{-2} m/s og geymslustuðull $10^{-2} - 10^{-1}$.

Ahrifa sjávarfalla í HSK-13, ef einhver eru, koma líklega eftir hraunasundi til suðurs frá Vogum. Geymslustuðull í hraunasundinu er um 0.1. Leiðnin T er því minni en $1.4 \text{ m}^2/\text{s}$. Geymirinn er um 50m þykkur og skv því er lektin k minni en $3 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$. Við líkanreikninga hefur $k = 3 \cdot 10^{-2} \text{ m/s}$ verið notað. Meðallektin til norðurs í hraunasundinu er því af stærðargráðu 10^{-2} m/s og geymslustuðullinn af stærðargráðu 10^{-1} .

Þykkt grunnvatnsgeymisins á Reykjanesinu er óþekkt. Gera má ráð fyrir að geymslustuðullinn $S \approx 10^{-1}$, þ.e. leiðnin á svæðinu $T \approx 5 - 7 \text{ m}^2/\text{s}$.

Tafla 1 (T/S):

HOLA	JAFNA (2)	JAFNA (3)
Seltjörn*	95 eða $9\text{m}^2/\text{s}$	$23\text{m}^2/\text{s}$
Vogastapi	$15\text{m}^2/\text{s}$	$3\text{m}^2/\text{s}$
HSK-13		($14\text{m}^2/\text{s}$)
Hola 5 á Reykjanesi	$49\text{m}^2/\text{s}$	$70\text{m}^2/\text{s}$

* $95\text{m}^2/\text{s}$ ef gert er ráð fyrir tímamismun $5\frac{1}{4}$ klst, en
 $9\text{m}^2/\text{s}$ ef gert er ráð fyrir tímamismun $17\frac{1}{2}$ klst.

Heimildaskrá

1. Ground Water Hydrology. David K. Todd 1959.
2. Sjávarföll við Ísland árið 1977. Sjómælingar Íslands.
3. Reykjanes. Heildarskýrsla um rannsókn jarðhitasvæðisins, febrúar 1971.
4. Hitaveita Suðurnesja Ferskvatnsrannsóknir. Afangaskýrsla fyrir árið 1976. Freyr Þórarinnsson, Freysteinn Sigurðsson og Guttormur Sigbjarnarson. Orkustofnun Jarðkönnunardeild desember 1976.
5. Loftþyngd á Keflavíkurflugvelli (síritablöð). Veðurstofa Íslands.
6. Sjávarföll í Reykjavík (síritablöð). Sjómælingar Íslands.





ORKUSTOFNUN
Straumfræðistöð

78.01.07 JI/e

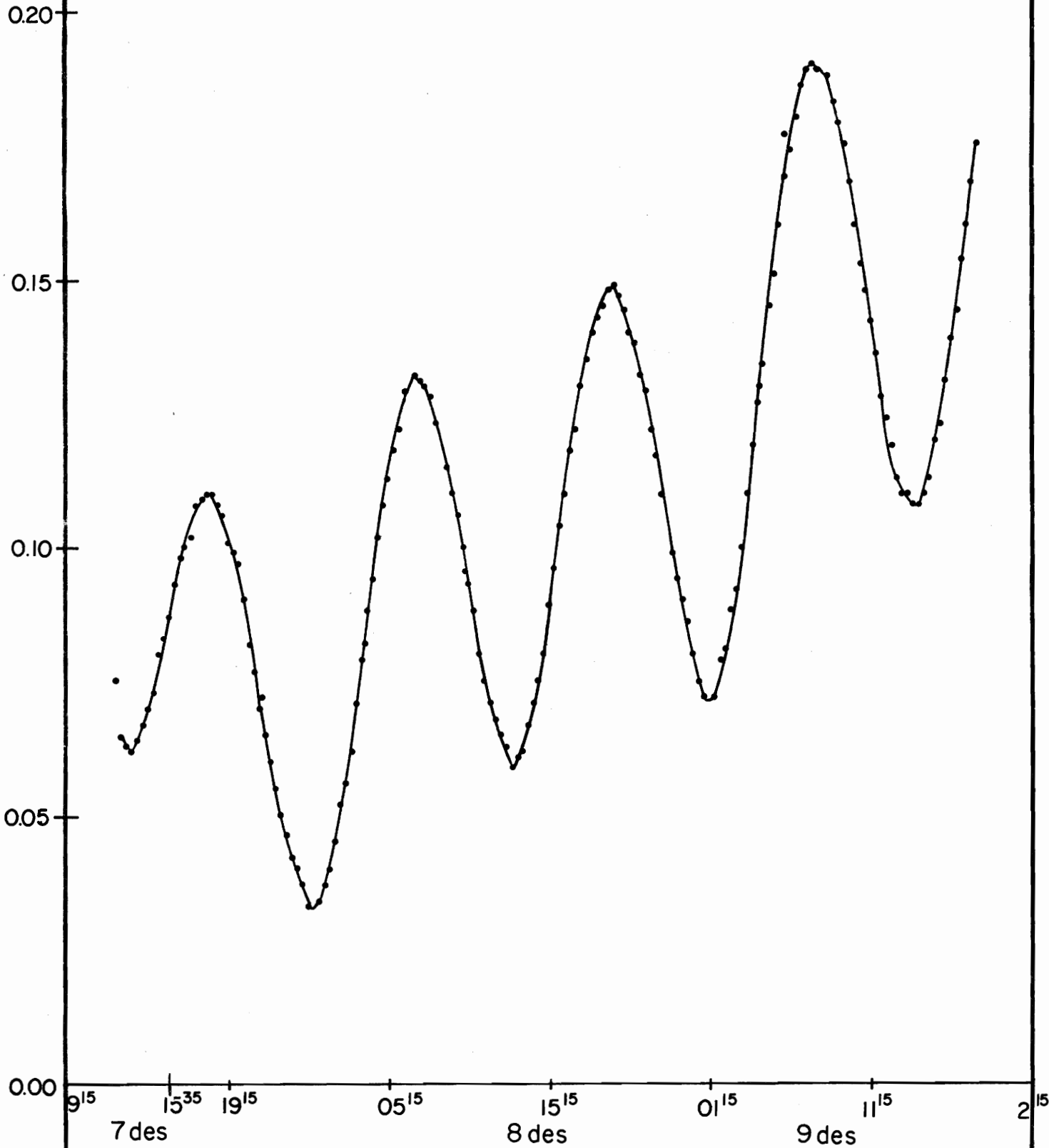
T-278

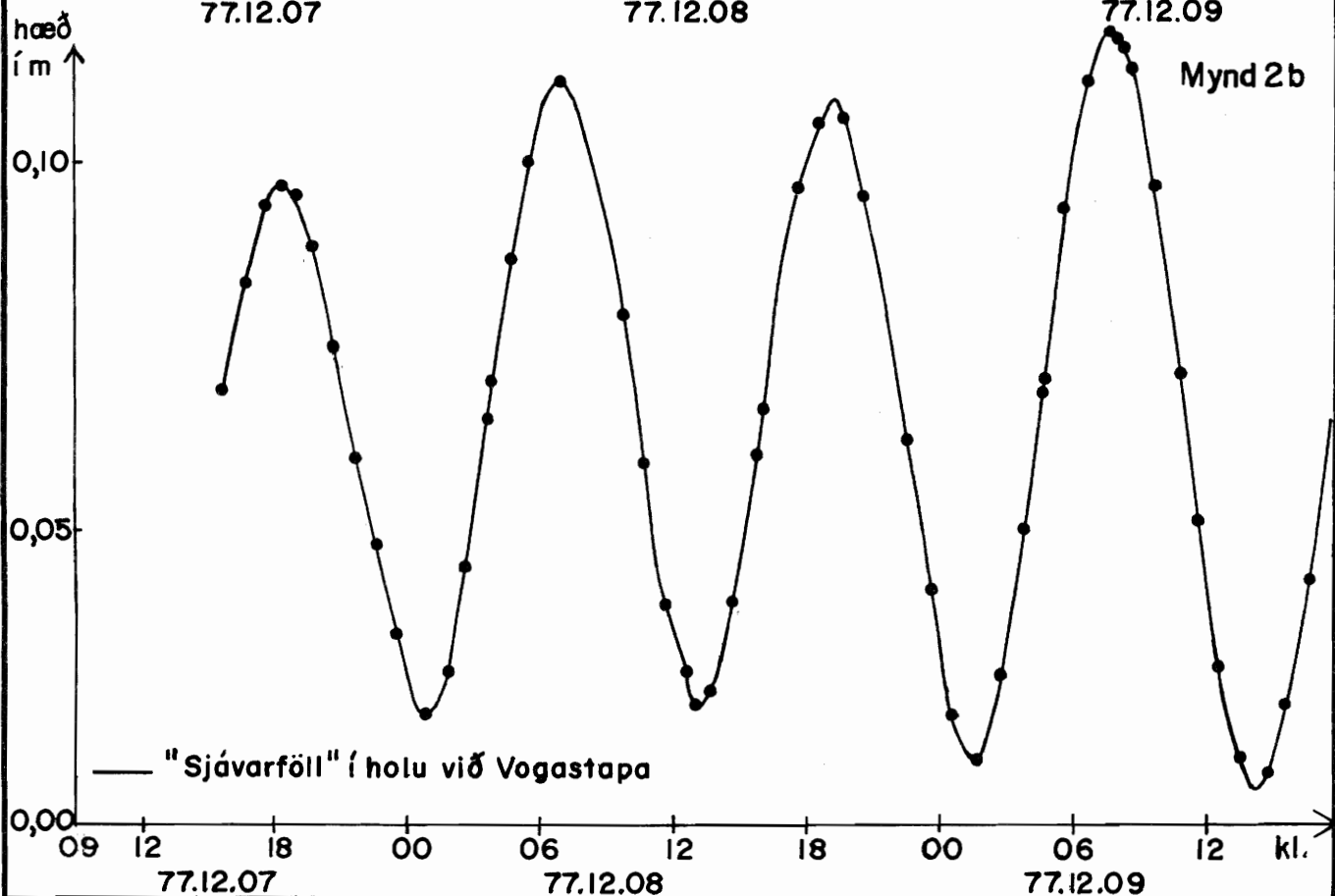
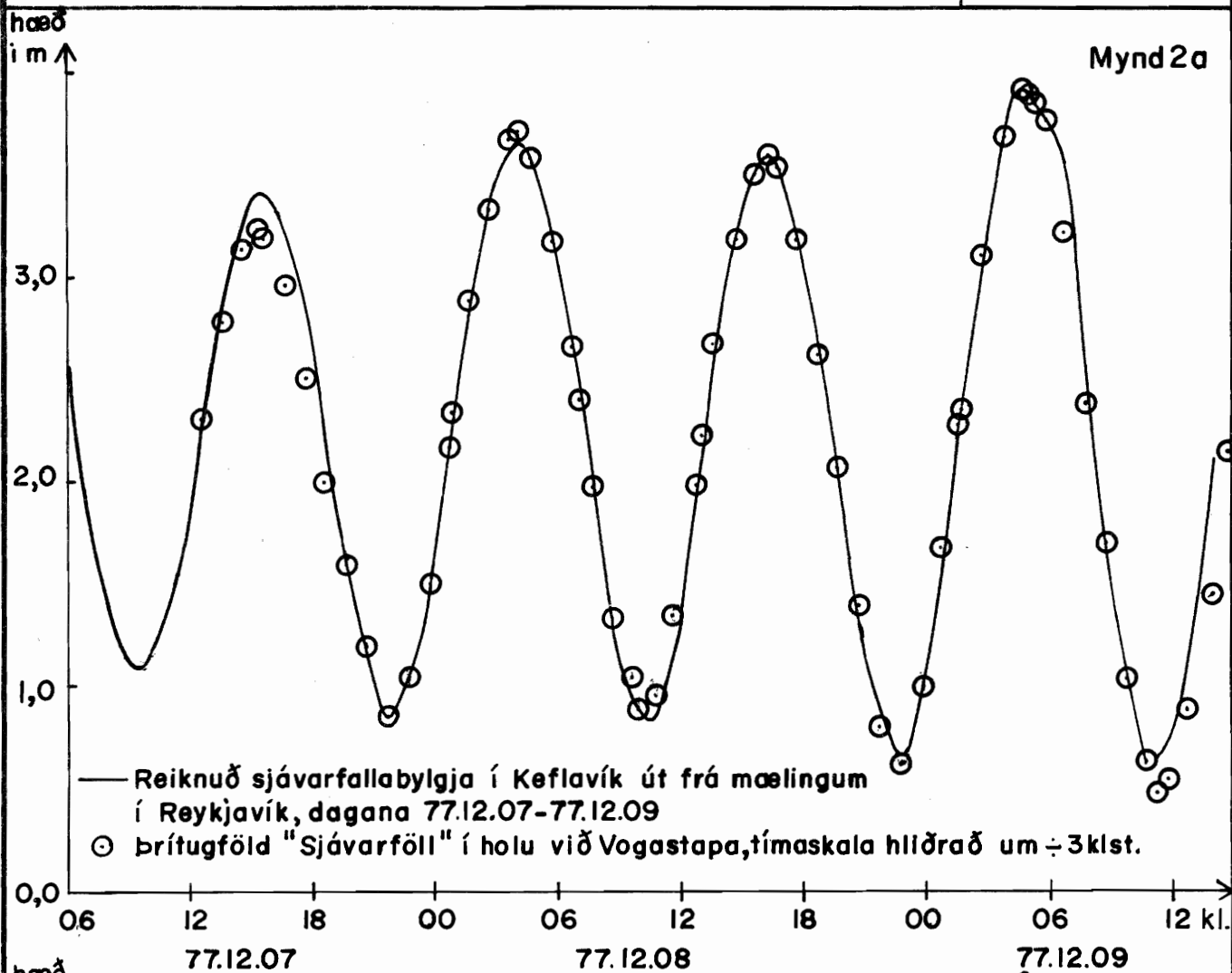
Svartsengi

F-16554

Breyting á grunnvatnshæð í holu við Vogastapa
77.12.07-77.12.09

Mynd I

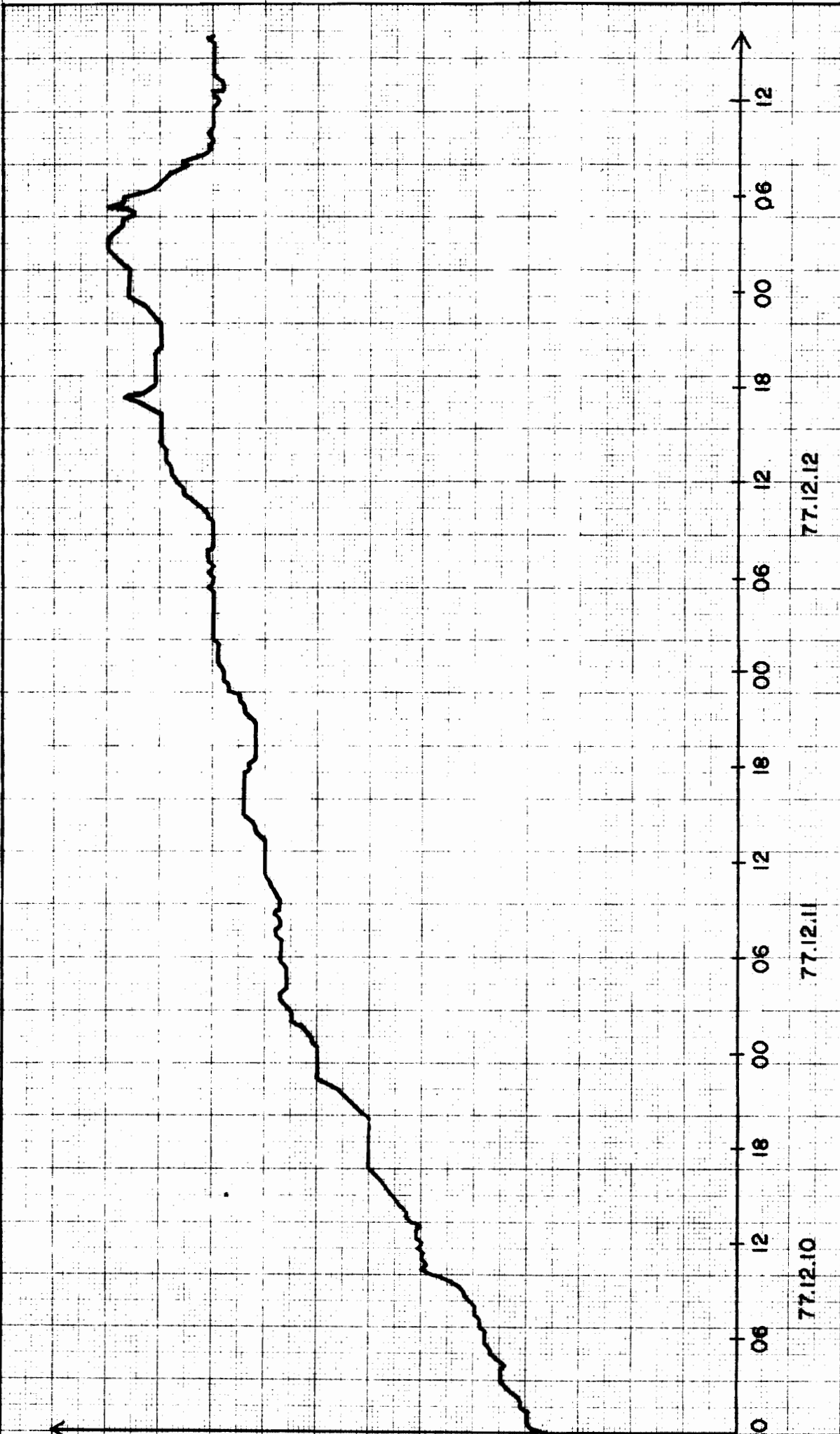




Breyting á grunn-
vatnshæð í m

0,10

0,05



77.12.10

77.12.11

77.12.12



ORKUSTOFNUN
Straumfræðistöð

Breytingar á grunnvatnshæð í HSK-13

Mynd 3 78.01.20 JI/H

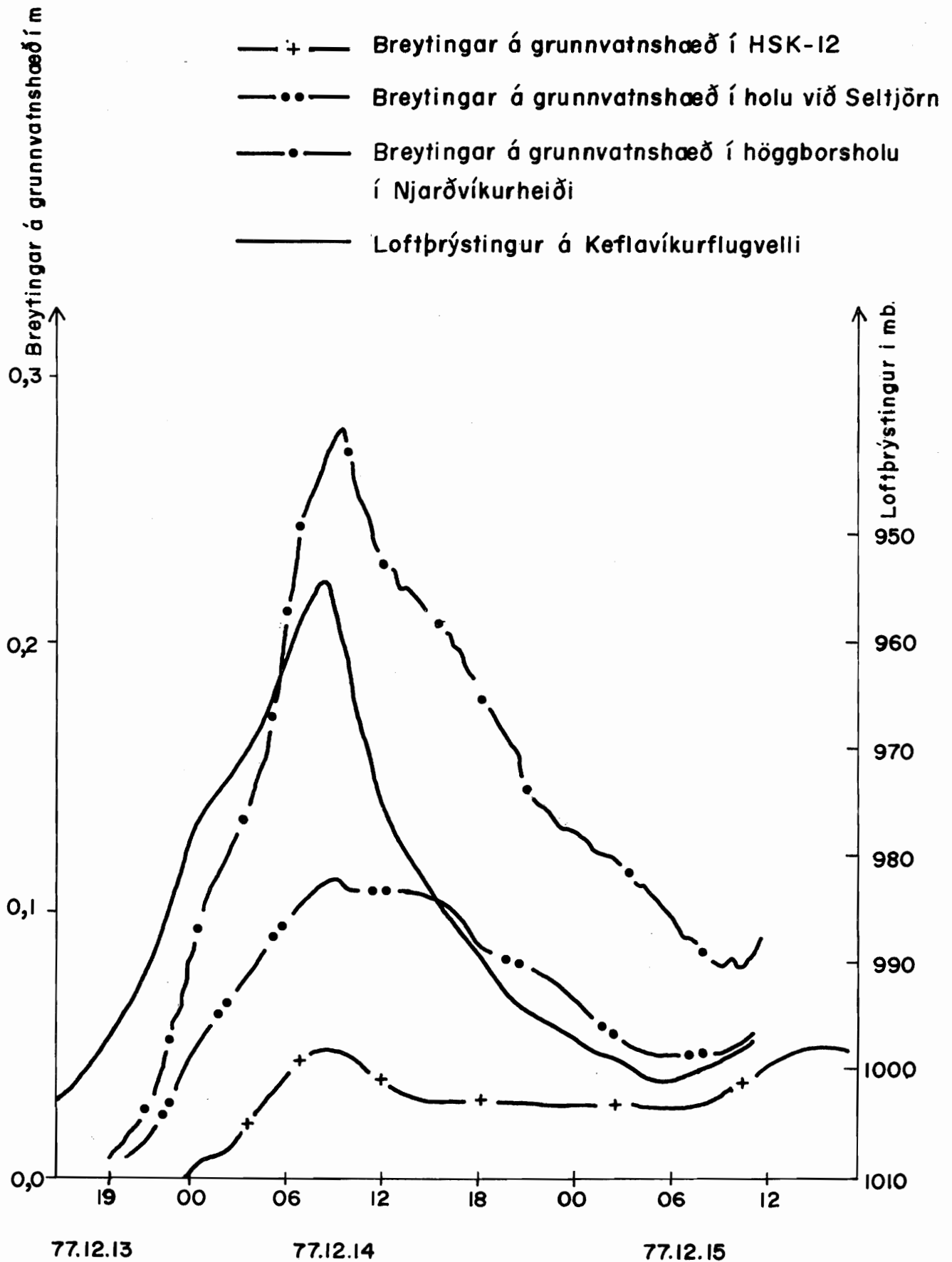
T 279

Svartsengi

F 16555



Mynd 4



H L U T I 3

Samband milli grunnvatnshæðar á ein-
stökum mælistöðum.

Inngangur:

Vegna eftirlits og dæluþrófana samfara vinnslu hefur Straumfræðistöð Orkustofnunar unnið úr grunnvatnshæðarmælingum fyrir tímabilið jan.-maí 1977.

Höfuðmarkmið úrvinnslunnar var að athuga hvort hægt sé að reikna nátturulega grunnvatnshæð á vatnsvinnslusvæði Hita-veitu Suðurnesja, og þá með hvaða nákvæmni, eftir að vinnsla hefst.

Helstu niðurstöður úrvinnslunnar eru:

1. Mjög sterkt samband er á milli mælistöðva, þó má þar undanskilja höggborsholu í Njarðvíkurheiði.
2. Ekki reyndist unnt að finna fasamun á milli mælistöðva, þ.e. eingöngu er um að ræða punktmælingar (diskret-data) með misjafnlega löngu tímabili á milli mælinga. Seltjörn virtist þó ca. einum degi á undan öðrum mælistöðvum.
3. Hægt er að segja fyrir um nátturulega meðalgrunnvatnshæð yfir viku tímabil á vatnsvinnslusvæðinu með a.m.k. ± 2 cm nákvæmni að meðaltali.
4. Með síríta staðsetta í höggborsholu við Stapafell og í holu við Seltjörn annars vegar, og í rannsóknarholum (HSK-6, HSK-8 til bráðabirgða, HSK-11 og HSK-12) hins vegar má reikna með að unnt verði að segja fyrir um nátturulega grunnvatnhæð á vatnsvinnslu svæðinu með meiri nákvæmni en ± 2 cm að meðaltali.
5. Úrvinnsla bendir til að þörf sé á a.m.k. tveim mælingum á viku í þeim holum sem ekki verða settir sírítar og ástæða þykir að mæla áfram. Eftirtalдар holur teljast í þeim

hópi: HSK-1, HSK-3, HSK-9, HSK-10 og HSK-13, miðað er við að síritar séu í þeim holum sem um er getið í 4.

6. Ástæða þykir til að mæla mánaðarlega í Vogastaða, Snorra-
staðatjörn, högg- og fóðurholum í Njarðvíkurheiði, fóður-
holu í Stapafelli og HSK-7.
7. Samanburður á mælingum fyrir tímabilið mars-okt. '77 á
vatnshæð í fóðurholum og höggborsholum, (á Njarðvíkurheiði
og við Stapafell), bendir til þess, að skilflötur fersks-
vatns og sjávar hafi ekki hreyfst á þessu tímabili.
8. Samanburður á mælingum í fóður- og höggborsholum bendir til
þess að undir svæðinu sé saltvatn með eðlismassa $1.026 -$
 1.030 g/cm^3 .
9. Mikilvægt er að fá ca. 1 mánaðar vatnshæðarsírit úr holum
áður en þær eru virkjaðar, það má t.d. gera með elektró-
niskum sírita.

Úrvinnsla:

Athugaðir voru vatnshæðarmælistöðvarnar HSK-6, Stapafell (högg-
bors- og fóðurholur), Seltjörn við íshús, HSK-11, Vogastapi og
Njarðvíkurheiði (höggbors- og fóðurholur), fyrir tímabilið jan.
-maí 1977.

Niðurstöður mælinganna eru á teikningum 1, 2, 4, 7, 10 og 13
ásamt vikumeðaltölum.

Í töflum 1, 2, 3, 4, og 5 eru reiknuð gildi fyrir meðalgrunn-
vatnshæð yfir eina viku.

Fundnar voru reikningslega bestu línur fyrir sambandið milli
HSK-6 og holanna í Stapafelli, Seltjörn, HSK-1, Vogastapa og
Njarðvíkurheiði. (Hærri fylgni fékkst fyrir Seltjörn, ef gert
var ráð fyrir að hún væri sólarhring á undan í fasa). Fylgnin
(korrelation) var frá 0.835-0.992, hæst fyrir Stapafell og

Seltjörn, en lægst fyrir Njarðvíkurheiði. Bestur línur og fylgni eru á teikningum 3, 5, 8, 11 og 14.

Sömu reikningar voru framkvæmdir fyrir sambandið á milli Stapafells og holanna í Seltjörn, HSK-1, Vogastapa og Njarðvíkurheiði. Bestu línur og fylgni eru á teikningum 6, 9, 12 og 15.

Í töflum 1, 2, 3, 4 og 5 eru bornar saman mældar meðalhæðir fyrir vikutímabil og reiknaðar, einnig er fundið meðaltal af tölulegu frávik (mælt-reiknað) og staðalfrávik frávik.

Fyrir samböndin:

$$\text{HSK-6} = a_1 + b_1 \cdot \text{Stapafell} + C_1 \cdot \text{Seltjörn.}$$

$\text{HSK-6} = a_2 + b_2 \cdot \text{Stapafell} + C_2 \cdot (\text{HSK-1})$, voru fundin reiknislega bestu plön, sjá töflur 6 og 7 ásamt reikningum á frávik, meðaltali tölulegra frávik, staðalfrávik frávik og fylgni.

Í töflu 8 eru niðurstöðurnar dregnar saman og má sjá að besta niðurstaðan fyrir HSK-6 fæst með að nota Stapafell og HSK-1, meðal tölulegt frávik er 0.013 m. Einnig fást mjög góðar niðurstöður fyrir HSK-6 með að nota Seltjörn.

Samanburður á fódur- og höggborsholum við Stapafell og á Njarðvíkurheiði er í töflum 9 og 10. $\Delta K_H = K_{Hi} - K_{Hi+1}$, þar sem K_{Hi} er i -ti grunnvatnshæðarkóti í höggborsholu, sama fyrir K_F (í fódurholu). Í töflunum eru einnig meðaltöl og staðalfrávik mælinganna.

Á tímabilinu sveiflast vatnshæðin frá 0.974 m (í apríl) og upp í 1.784 m (í ágúst) eða um 0.81 m í höggborsholu á Njarðvíkurheiði, í fódurholu er sveiflan 0.78 m.

Sveiflan í höggbors- og fódurholu við Stapafell er 0.545 m á sama tímabili.

Ef vatnsstöðubreitingarnar í höggbors og fódurholunum eru þar sömu

($\Delta K_H = \Delta K_F$) þá sveiflast einungis efra borð linsunnar. Meðaltal $\overline{\Delta K_H - \Delta K_F} = 0.0009$ m í Njarðvíkurheiði og $\overline{\Delta K_H - \Delta K_F} = 0.0002$ m við Stapafell. Mesti munur á $\Delta K_H - \Delta K_F$ milli mælinga er 0.037m.

Af framansögðu má ráða að á tímabilinu hefur skilflötur ferskvatns og sjávar ekki hreyfst. Æskilegt er að fylgjast áfram með vatnsborðssveiflum í fódur- og höggborsholum með mánaðarlegum mælingum og athuga hvort skilflöturinn hreyfist yfir lengri tíma. Bent skal á mikilvægi slíkrar upplýsingar í sambandi við niðurdrátt á tímum með litlu írennsli, ef skilflöturinn er kyrrstæður, þá er þykkt linsunnar ρ_w konstant og hægt að leyfa niðurdrátt miðað við þá þykkt í stað hæðar grunnvatnsborðs (m.y.s.), sem er mjög breytileg.

Eðlismassi jarðsjávarins reiknast af formúlunni:

$$\rho_s = \frac{1}{1 - K_F} \cdot \rho_w$$

Þar sem l er lengd þess hluta fódurrörs sem fylltur er vatni, K_F er vatnshæð í fódurröri yfir sjávarmál og ρ_w er eðlismassi vatns.

l er sú stærð sem erfiðast er að ákvarða, því blöndun á sér stað í fódurrörinu.

Niðurstöður:

$$(\rho_s) \text{ Stapafell} = 1.026 - 1.028 \text{ g/cm}^3$$

$$(\rho_s) \text{ Njarðvíkurheiði} = 1.028 - 1.030 \text{ g/cm}^3$$

Við útreikninga var miðað við meðal $\overline{K_F}$ samkvæmt töflum 9 og 10. l fyrir stapafell er áætlað 91-98m. Lengd fódurrörs neðan vatnsborð er um 100m, talsverð blöndun hefur orðið neðst í rörinu. l fyrir Njarðvíkurheiði er áætlað 180-193m. lengd fódurrörs neðan við vatnsborð er um 195m, á 188m dýpi er 4% sjóblöndun.

Tafla 1.

Stapafell (mælt í metrum)	HSK-6 (hæð í metrum mælt)	reiknað	Frávik (mælt-reikn)
1.551	1.675	1.613	0.062
1.386	1.449	1.447	0.002
1.438	1.451	1.499	-0.048
1.472	1.514	1.534	-0.020
1.407	1.460	1.468	-0.008
1.381	1.452	1.442	0.010
1.451	1.513	1.512	0.001
1.308	1.385	1.369	0.016
1.426	1.482	1.487	-0.005
1.649	1.724	1.711	0.013
1.540	1.568	1.602	-0.034
1.274	1.341	1.335	0.006
1.201	1.270	1.261	0.009
1.198	1.258	1.258	0.000
1.148	1.229	1.208	0.021
1.277	1.317	1.338	-0.021
1.237	1.311	1.297	0.014
1.169	1.221	1.229	-0.008
1.157	1.227	1.217	0.010
1.153	1.219	1.213	0.006
1.132	1.181	1.192	-0.011
1.121	1.174	1.181	-0.007
1.125	1.177	1.185	-0.008

$$\overline{\text{HSK-6}} = 1.374 \text{ m} \quad |\overline{\text{Frávik}}| = 0.015 \text{ m}$$

$$S_{\text{HSK-6}} = 0.160 \text{ m} \quad S_{\text{Frávik}} = 0.0213 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{0.0213}{0.160}\right)^2} = 0.991$$

Tafla 2.

Seltjörn v. íshús (háð í m.)	HSK-6 (háð í m.) mælt	Frávík mælt-reikn.	Stapafell (háð í m) reiknað	Frávík mælt-reikn.
1.601	1.675	0.011	1.551	-0.018
1.366	1.449	0.034	1.386	0.038
1.431	1.451	-0.033	1.438	0.026
Ekki hægt að mæla í seltjörn við íshús vegna íss í holu.				
1.282	1.317	-0.009	1.277	0.011
1.283	1.311	-0.016	1.237	-0.030
1.177	1.211	0.006	1.169	0.006
1.179	1.227	0.010	1.157	-0.008
1.183	1.219	-0.002	1.153	-0.016

$$\overline{\text{HSK-6}} = 1.359 \text{ m} \quad \overline{|\text{Frávík}|} = 0.015 \text{ m} \quad \overline{|\text{Frávík}|} = 0.019 \text{ m}$$

$$S_{\text{HSK-6}} = 0.159 \text{ m} \quad S_{\text{Frávík}} = 0.020 \text{ m} \quad S_{\text{Frávík}} = 0.0233 \text{ m}$$

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{0.0202}{0.159}\right)^2} = 0.992$$

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{0.0233}{0.148}\right)^2} = 0.987$$

Tafla 3.

HSK-1 (hæð í m.)	HSK-6 mælt	(hæð í m.) reiknað	Frávik (mælt-reikn.)	Stapafell mælt	(hæð í m.) reiknað	Frávik (mælt-reikn.)
1.554	1.675	1.633	0.042	1.551	1.569	-0.018
1.369	1.449	1.459	-0.010	1.386	1.397	-0.011
1.405	1.451	1.493	-0.042	1.438	1.431	0.007
1.444	1.514	1.530	-0.016	1.472	1.467	0.005
1.394	1.460	1.483	-0.023	1.407	1.421	-0.014
1.369	1.452	1.459	-0.007	1.381	1.397	-0.018
1.417	1.513	1.504	0.009	1.451	1.442	0.009
1.307	1.385	1.401	-0.016	1.308	1.340	-0.032
1.361	1.482	1.452	0.030	1.426	1.390	0.036
1.601	1.724	1.677	0.047	1.649	1.613	0.036
1.519	1.568	1.600	-0.032	1.540	1.537	0.003
1.290	1.341	1.385	-0.044	1.274	1.324	-0.050
1.194	1.270	1.295	-0.025	1.201	1.235	-0.034
1.160	1.258	1.263	-0.005	1.198	1.203	-0.005
1.114	1.229	1.219	0.010	1.148	1.161	-0.013
1.188	1.317	1.289	0.028	1.277	1.229	0.048
1.192	1.311	1.293	0.018	1.237	1.233	0.004
1.119	1.221	1.224	-0.003	1.169	1.165	0.004
1.100	1.227	1.206	0.021	1.157	1.148	0.009
1.102	1.219	1.208	0.011	1.153	1.149	0.004
1.086	1.181	1.193	-0.012	1.132	1.135	-0.003
1.054	1.174	1.163	0.011	1.121	1.105	0.016
1.061	1.177	1.170	0.007	1.125	1.111	0.014

$$\begin{aligned} \overline{\text{HSK-6}} &= 1.374 & \overline{\text{Frávik}} &= 0.020 & \overline{\text{St}} &= 1.313 & \overline{\text{Frávik}} &= 0.017 \\ S_{\text{HSK-6}} &= 0.160 & S_{\text{Frávik}} &= 0.0249 & S_{\text{St}} &= 0.158 & S_{\text{Frávik}} &= 0.0229 \text{ m} \end{aligned}$$

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{0.0249}{0.160}\right)^2} = 0.988 \quad r = \sqrt{1 - \left(\frac{0.0229}{0.158}\right)^2} = 0.990$$

Tafla 4.

Vogastapi (hæð í m.)	HSK-6 mælt	Frávík (mælt-reikn.)	Stapafell mælt	Frávík (mælt-reikn.)	Stapafell (hæð í m.) reiknað	Frávík (mælt-reikn.)
1.404	1.675	0.078	1.551	0.078	1.536	0.015
1.176	1.449	0.084	1.386	0.084	1.303	0.083
1.311	1.451	-0.051	1.438	-0.051	1.441	-0.003
1.328	1.514	-0.006	1.472	-0.006	1.458	0.014
1.260	1.460	0.009	1.407	0.009	1.389	0.018
1.281	1.452	-0.020	1.381	-0.020	1.410	-0.029
1.361	1.513	-0.040	1.451	-0.040	1.492	-0.041
1.196	1.385	-0.001	1.308	-0.001	1.323	-0.015
1.331	1.482	-0.041	1.426	-0.041	1.461	-0.035
1.515	1.724	0.015	1.649	0.015	1.649	0.000
1.354	1.568	0.022	1.540	0.022	1.485	0.055
1.115	1.341	0.038	1.274	0.038	1.241	0.033
1.082	1.270	0.000	1.201	0.000	1.207	-0.006
1.078	1.258	-0.008	1.198	-0.008	1.203	-0.005
1.054	1.229	-0.013	1.148	-0.013	1.179	-0.031
1.212	1.317	-0.085	1.277	-0.085	1.340	-0.063
1.101	1.311	0.022	1.237	0.022	1.227	0.010
1.032	1.221	0.003	1.169	0.003	1.156	0.013
1.046	1.227	-0.006	1.157	-0.006	1.171	-0.014

$$\begin{aligned} \overline{\text{HSK-6}} &= 1.413 & \overline{\text{Frávík}} &= 0.029 & \overline{\text{Frávík}} &= 0.025 \\ S_{\text{HSK-6}} &= 0.148 & S_{\text{Frávík}} &= 0.0406 & S_{\text{Frávík}} &= 0.0343 \end{aligned}$$

$$r = \sqrt{1 - \frac{(0.0406)^2}{(0.148)^2}} = 0.962$$

$$r = \sqrt{1 - \frac{(0.0343)^2}{(0.148)^2}} = 0.973$$

Tafla 5.

Njarðvíkurh. (hæð í m.)	HSK-6 mælt	(hæð í m.) reiknað	Frávik (mælt-reikn.)	Stapafell mælt	(hæð í m.) reiknað	Frávik (mælt-reikn.)
1.376	1.675	1.593	0.082	1.551	1.532	0.019
1.067	1.449	1.297	0.152	1.386	1.237	0.149
1.275	1.451	1.497	-0.046	1.438	1.436	0.002
1.236	1.514	1.459	0.055	1.472	1.399	0.073
1.224	1.460	1.448	0.012	1.407	1.387	0.020
1.229	1.452	1.452	0.000	1.381	1.392	-0.011
1.164	1.513	1.390	0.123	1.451	1.330	0.121
1.025	1.385	1.257	0.128	1.308	1.197	0.111
1.257	1.482	1.479	-0.003	1.426	1.418	0.008
1.513	1.724	1.724	0.000	1.649	1.663	-0.014
1.221	1.568	1.448	0.120	1.540	1.384	0.156
0.982	1.341	1.222	0.121	1.274	1.156	0.118
1.021	1.270	1.253	0.017	1.201	1.193	0.008
1.056	1.258	1.287	-0.029	1.198	1.226	-0.028
1.004	1.229	1.237	-0.008	1.148	1.177	-0.029
1.283	1.317	1.504	-0.187	1.277	1.443	-0.166
1.146	1.311	1.373	-0.062	1.237	1.312	-0.075
1.108	1.221	1.337	-0.116	1.169	1.276	-0.107
1.028	1.227	1.260	-0.033	1.157	1.200	-0.043
1.037	1.219	1.269	-0.050	1.153	1.208	-0.055
1.063	1.181	1.294	-0.113	1.132	1.233	-0.101
1.060	1.174	1.291	-0.117	1.121	1.230	-0.109
1.002	1.177	1.235	-0.058	1.125	1.175	-0.050

$$\begin{aligned} \overline{\text{HSK-6}} &= 1.374 \text{ m} & \overline{|\text{Frávik}|} &= 0.071 \\ S_{\text{HSK-6}} &= 0.160 \text{ m} & S_{\text{Frávik}} &= 0.011 \end{aligned}$$

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{0.0911}{0.160}\right)^2} = 0.822$$

$$\begin{aligned} \overline{\text{St}} &= 1.313 & \overline{|\text{Frávik}|} &= 0.068 \\ S_{\text{St}} &= 0.158 & S_{\text{Frávik}} &= 0.0878 \end{aligned}$$

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{0.088}{0.158}\right)^2} = 0.831$$

Tafla 6.

HSK-1 (hæð í m.)	Stapafell (hæð í m.)	HSK-6 (hæð í m.)		Frávik (mælt-reikn.)
		mælt	reiknað	
1.554	1.551	1.675	1.620	0.055
1.369	1.386	1.449	1.451	-0.002
1.405	1.438	1.451	1.497	-0.046
1.444	1.472	1.514	1.532	-0.018
1.394	1.407	1.460	1.473	-0.013
1.369	1.381	1.452	1.448	0.004
1.417	1.451	1.513	1.510	0.003
1.307	1.308	1.385	1.379	0.006
1.361	1.426	1.482	1.475	0.007
1.601	1.649	1.724	1.701	0.023
1.519	1.540	1.568	1.602	-0.034
1.290	1.274	1.341	1.351	-0.010
1.194	1.201	1.270	1.272	-0.002
1.160	1.198	1.258	1.259	-0.001
1.114	1.148	1.229	1.211	0.018
1.188	1.277	1.317	1.320	-0.003
1.192	1.237	1.311	1.295	0.016
1.119	1.169	1.221	1.226	-0.005
1.100	1.157	1.227	1.212	0.015
1.102	1.153	1.219	1.210	0.009
1.086	1.132	1.181	1.191	-0.010
1.054	1.121	1.174	1.173	0.001
1.061	1.125	1.177	1.178	-0.001

$$\overline{\text{HSK-6}} = 1.374$$

$$|\overline{\text{Frávik}}| = 0.013$$

$$s_{\text{HSK-6}} = 0.160$$

$$s_{\text{Frávik}} = 0.01972$$

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{0.01972}{0.160}\right)^2} = 0.992$$

Tafla 7.

Seltjörn v. íshús (hæð í m.)	Stapafell (hæð í m.)	HSK-6 (hæð í m.)		Frávik (mælt-reikn.)
		mælt	reiknað	
1.601	1.551	1.675	1.661	0.014
1.366	1.386	1.449	1.420	0.029
1.431	1.438	1.451	1.487	-0.036
Ísstífla í holu við Seltjörn				
1.282	1.277	1.317	1.328	-0.011
1.283	1.237	1.311	1.324	-0.013
1.177	1.169	1.221	1.216	0.005
1.179	1.157	1.227	1.217	0.010
1.183	1.153	1.219	1.220	-0.001

$$\overline{\text{HSK-6}} = 1.359 \quad |\overline{\text{Frávik}}| = 0.015$$

$$s_{\text{HSK-6}} = 0.1588 \quad s_{\text{Frávik}} = 0.01974$$

$$r = \sqrt{1 - \left(\frac{0.01974}{0.1588}\right)^2} = 0.992$$

Tafla 8.

Mælistaður	Besta lína fyrir HSK-6	Meðaltölu- legt fráv.	Fylgni- stuðull	Besta lína fyrir Stapafell	Meðaltölu- legt fráv.	Fylgni- stuðull
Stapafell	HSK-6=1.005·Stapaf.+0.0543	0.015m	0.991			
Seltjörn v. íshús	HSK-6=1.059·Seltj. -0.0315	0.015m	0.992	Stapaf.=0.980·Seltj.+0.0093	0.019m	0.986
HSK-1	HSK-6=0.940·(HSK-1)+0.1729	0.020m	0.988	Stapaf.=0.928·(HSK-1)+0.1266	0.017m	0.985
Vogastapi	HSK-6=1.044·Vogast.+0.1724	0.029m	0.962	Stapaf.=1.0198·Vogast.+0.1038	0.025m	0.973
Njarðvíkurheiði	HSK-6=0.957·Njarðv.h.+0.2761	0.071m	0.822	Stapaf.=0.952 Njarðv.h.+0.2246	0.068m	0.831
Mælistaðir		Meðaltölu- legt fráv.	Fylgni- stuðull	Besta plan fyrir HSK-6		
Stapafell og HSK-1		0.013	0.992	HSK-6=0.3255·Stapaf.+0.6593·(HSK-1)+0.0915		
Stapafell og Seltjörn v. íshús		0.015	0.992	HSK-6=0.123·Stapaf.+0.9396·Seltj. -0.0343		

Tafla 9.

Samanb. á högg- og fóðurholu í Stapafelli

Dags	Höggborsh.	ΔK_H	Fóðurhola	ΔK_F	$\Delta K_H - \Delta K_F$
770304	1.369		2.508		
770321	1.448	-0.079	2.560	-0.052	-0.027
770325	1.283	0.165	2.410	0.150	0.015
770328	1.211	0.072	2.350	0.060	0.012
770401	1.212	-0.001	2.358	-0.008	0.007
770405	1.189	0.023	2.330	0.028	-0.005
770412	1.204	-0.015	2.360	-0.030	0.015
770415	1.160	0.044	2.304	0.056	-0.012
770418	1.124	0.036	2.270	0.034	0.002
770422	1.239	-0.115	2.390	-0.120	0.005
770426	1.338	-0.099	2.494	-0.104	0.005
770502	1.204	0.134	2.351	0.143	-0.009
770509	1.160	0.044	2.311	0.040	0.004
770516	1.155	0.005	2.305	0.006	-0.001
770523	1.154	0.001	2.312	-0.007	0.008
770803	1.424	-0.270	2.548	-0.236	-0.034
770811	1.364	0.060	2.473	0.075	-0.015
770830	1.669	-0.305	2.815	-0.342	0.037
770913	1.516	0.153	2.660	0.155	-0.002
770921	1.287	0.229	2.435	0.225	0.004
770927	1.479	-0.192	2.620	-0.185	-0.007
771004	1.634	-0.155	2.78	-0.160	0.005
771011	1.503	0.131	2.635	0.145	-0.014
771018	1.511	-0.008	2.648	-0.013	0.005
771026	1.647	-0.136	2.790	-0.142	0.006
Meðaltal	1.338	-0.0116	2.481	-0.0118	0.00017
staðalfry.	0.171	0.1358	0.168	0.1372	0.0145

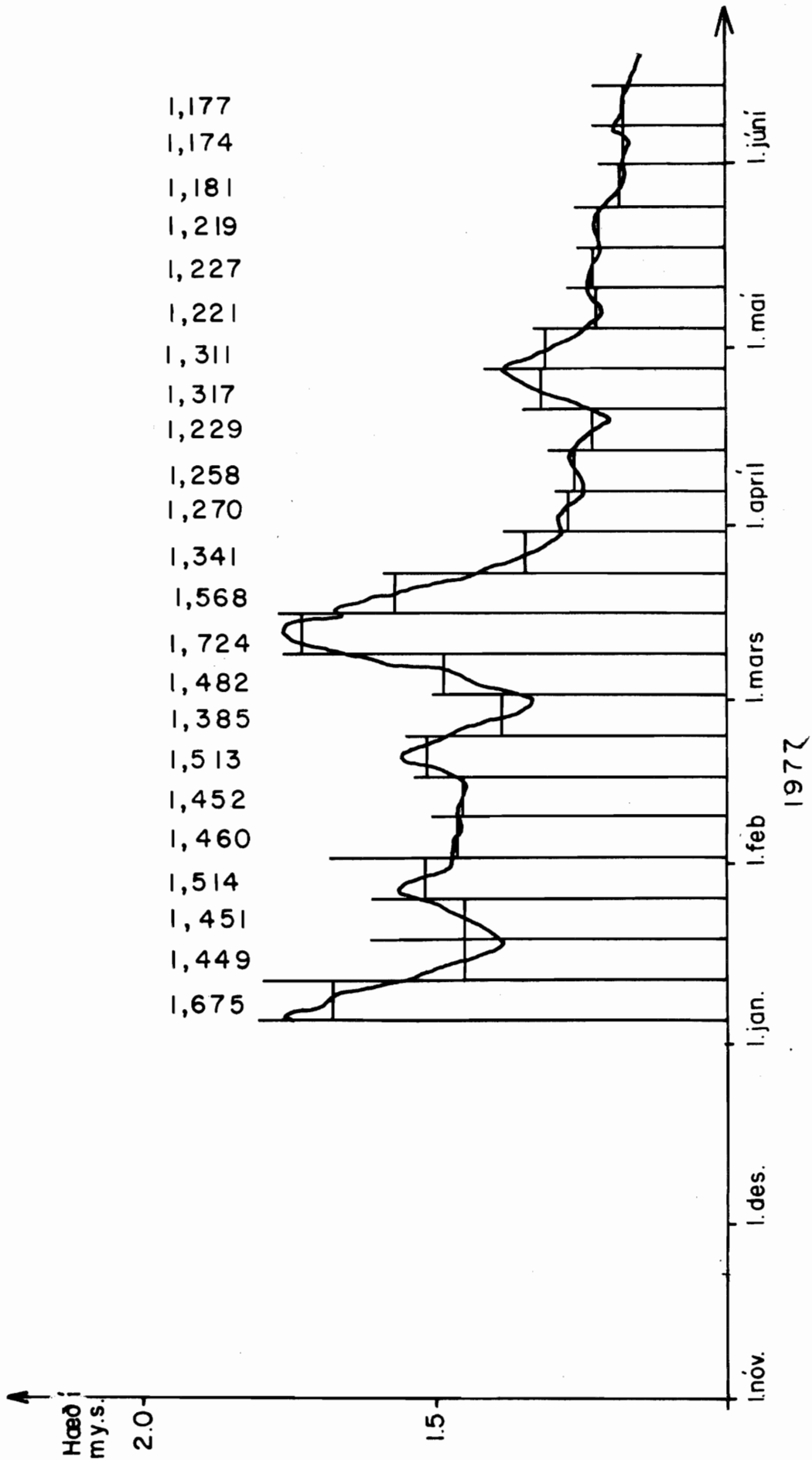
Tafla 10.

Njarðvíkurheiði.

Dags	Höggborsh.	ΔK_H	Fóðurhola	ΔK_F	$\Delta K_H - \Delta K_F$
271276	1.146		5.196		
770321	1.111	0.035	5.190	0.006	0.029
770325	0.990	0.121	5.075	0.115	0.006
770328	0.949	0.041	5.035	0.040	0.001
770401	1.045	-0.096	5.121	-0.086	-0.010
770405	0.987	0.058	5.052	0.069	-0.011
770412	1.099	-0.112	5.165	-0.113	0.001
770415	0.984	0.115	5.054	0.111	0.004
770418	0.974	0.010	5.040	0.014	-0.004
770422	1.250	-0.276	5.305	-0.265	-0.011
770426	1.378	-0.128	5.433	-0.128	0.000
770502	1.002	0.376	5.068	0.365	0.011
770509	1.023	-0.021	5.098	-0.030	0.009
770516	1.028	-0.005	5.086	0.012	-0.017
770523	1.038	-0.010	5.120	-0.034	0.024
770719	1.445	-0.407	5.500	-0.380	-0.027
770803	1.192	0.253	5.275	0.225	0.028
770811	1.232	-0.040	5.300	-0.025	-0.015
770830	1.784	-0.552	5.818	-0.518	-0.034
770913	1.326	0.458	5.397	0.421	0.037
770921	1.053	0.273	5.140	0.257	0.016
770927	1.512	-0.459	5.568	-0.428	-0.031
771004	1.617	-0.105	5.669	-0.101	-0.004
771011	1.310	0.307	5.370	0.299	0.008
771018	1.298	0.012	5.369	0.001	0.011
Meðaltal	1.191	-0.0063	5.258	-0.0072	0.0009
staðalfrv.	0.2223	0.249	0.2132	0.234	0.01863



Mynd 1





Stapafell

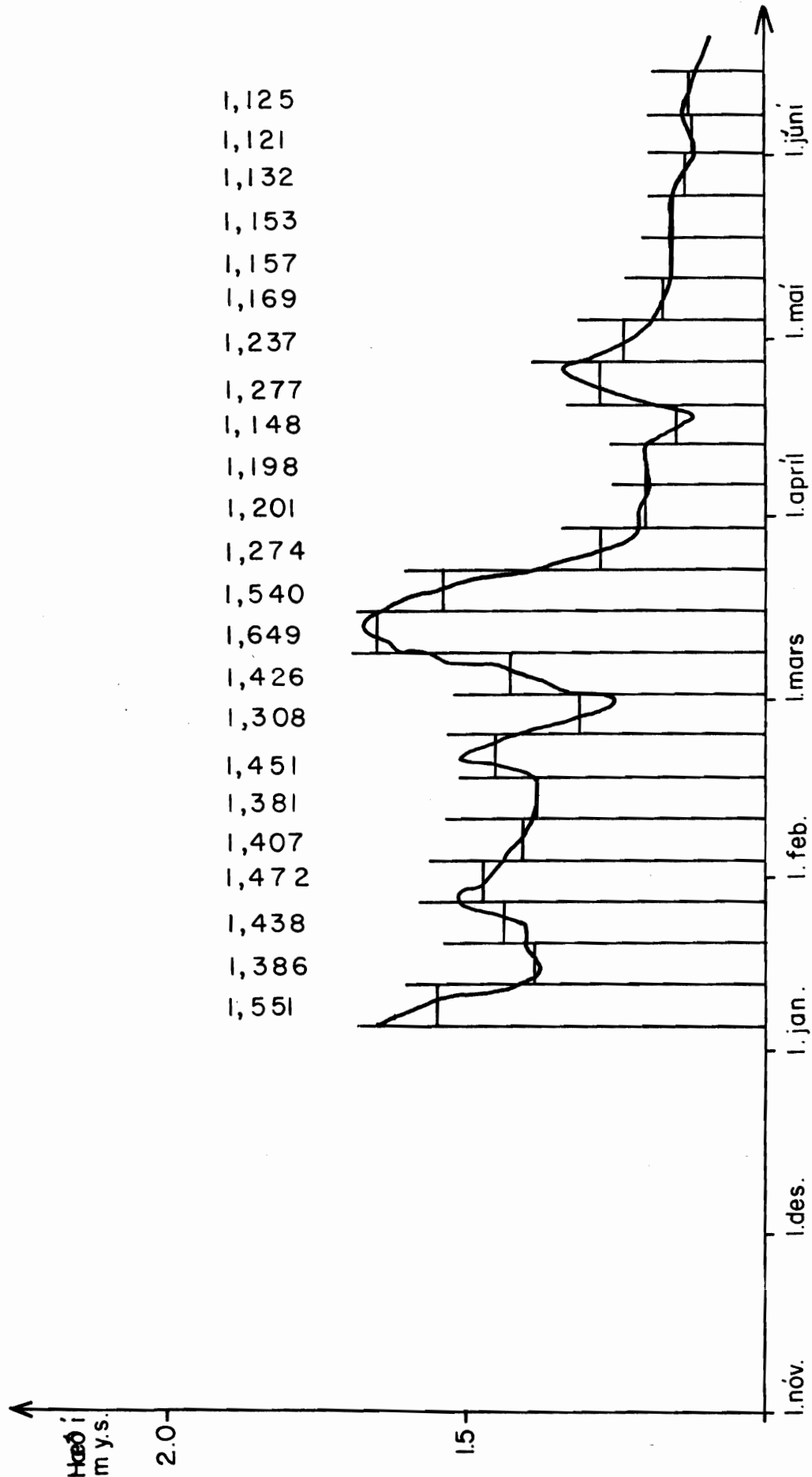
'77.II.16 JI/ AÁ

T 222 T 114

Swartse. N.vatn

F 16222

Mynd 2

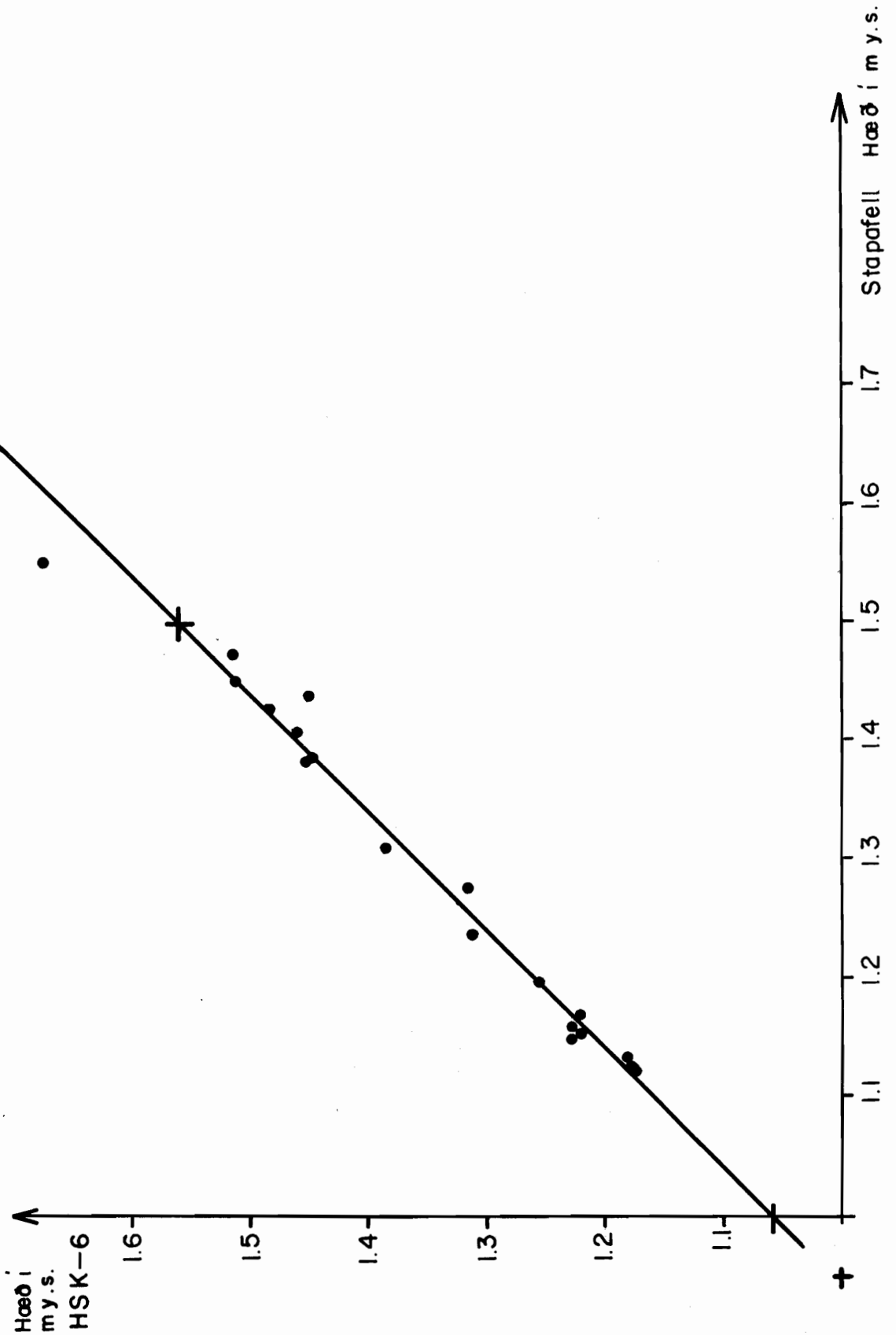




$$\text{HSK-6} = 1,005 \times \text{Stapafell} + 0,0543$$

$$r = 0,991$$

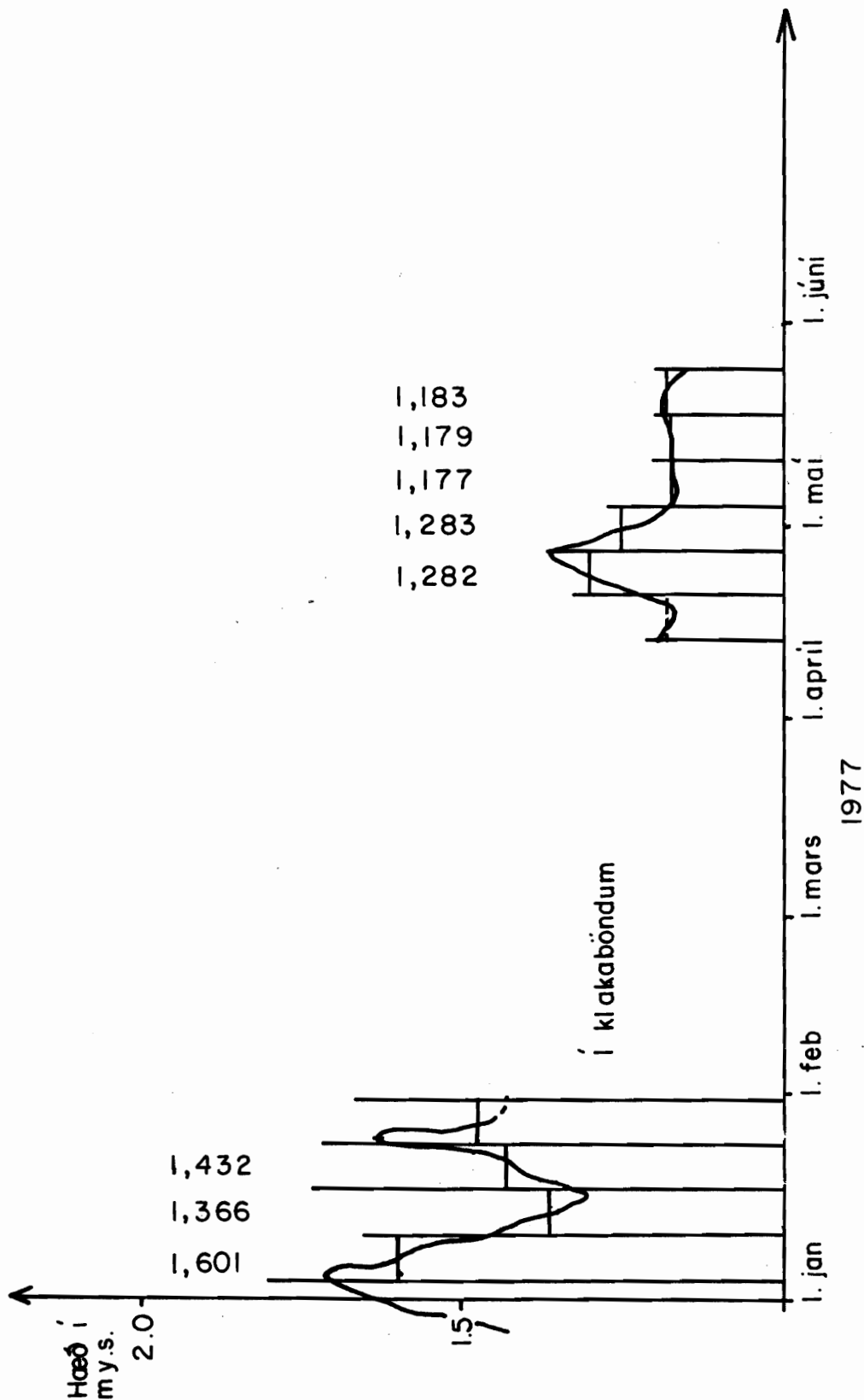
Mynd 3





Seltjörn v. íshús

Mynd 4





ORKUSTOFNUN
Straumfræðistöð

$$\text{HSK} - 6 = 1,059 \times \text{Seltjörn} - 0,0315$$
$$r = 0,992$$

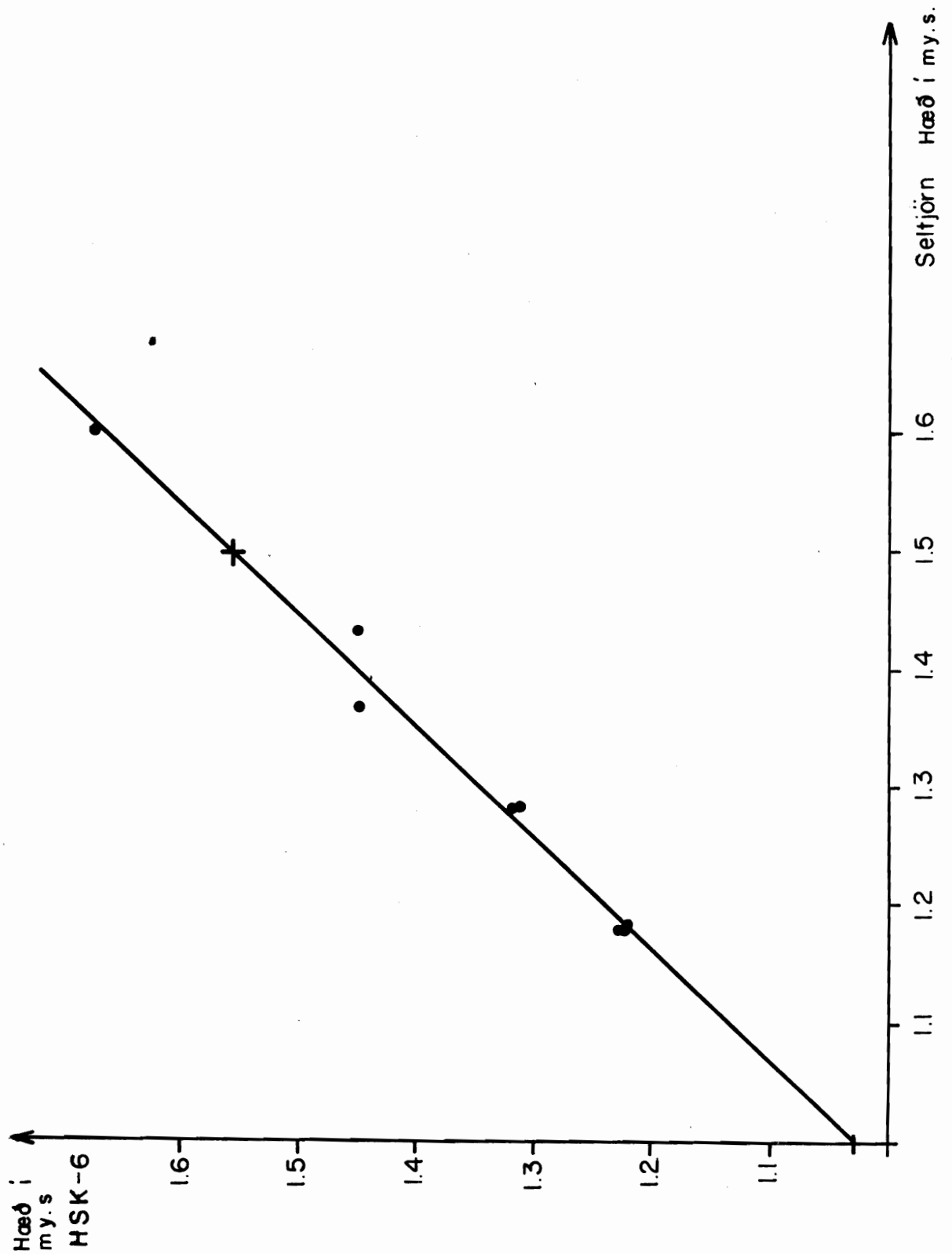
'77.II.16 JI/AA

T 225 T 117

Svarte. N.vatn

F 16225

Mynd 5





ORKUSTOFNUN
Straumfræðistöð

'77.II.16 JI/AA

T 226 T118

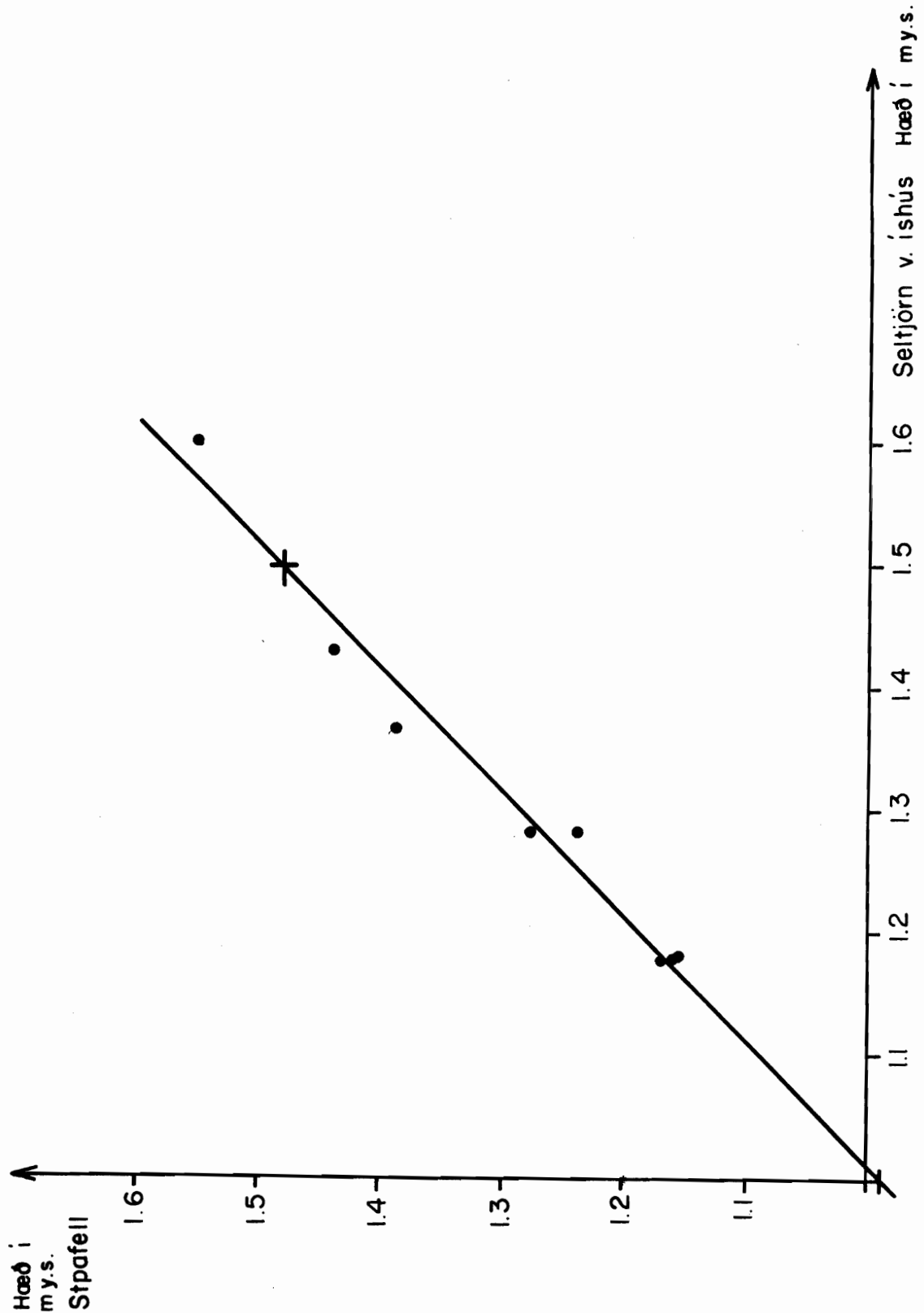
Svartse. N.vatn

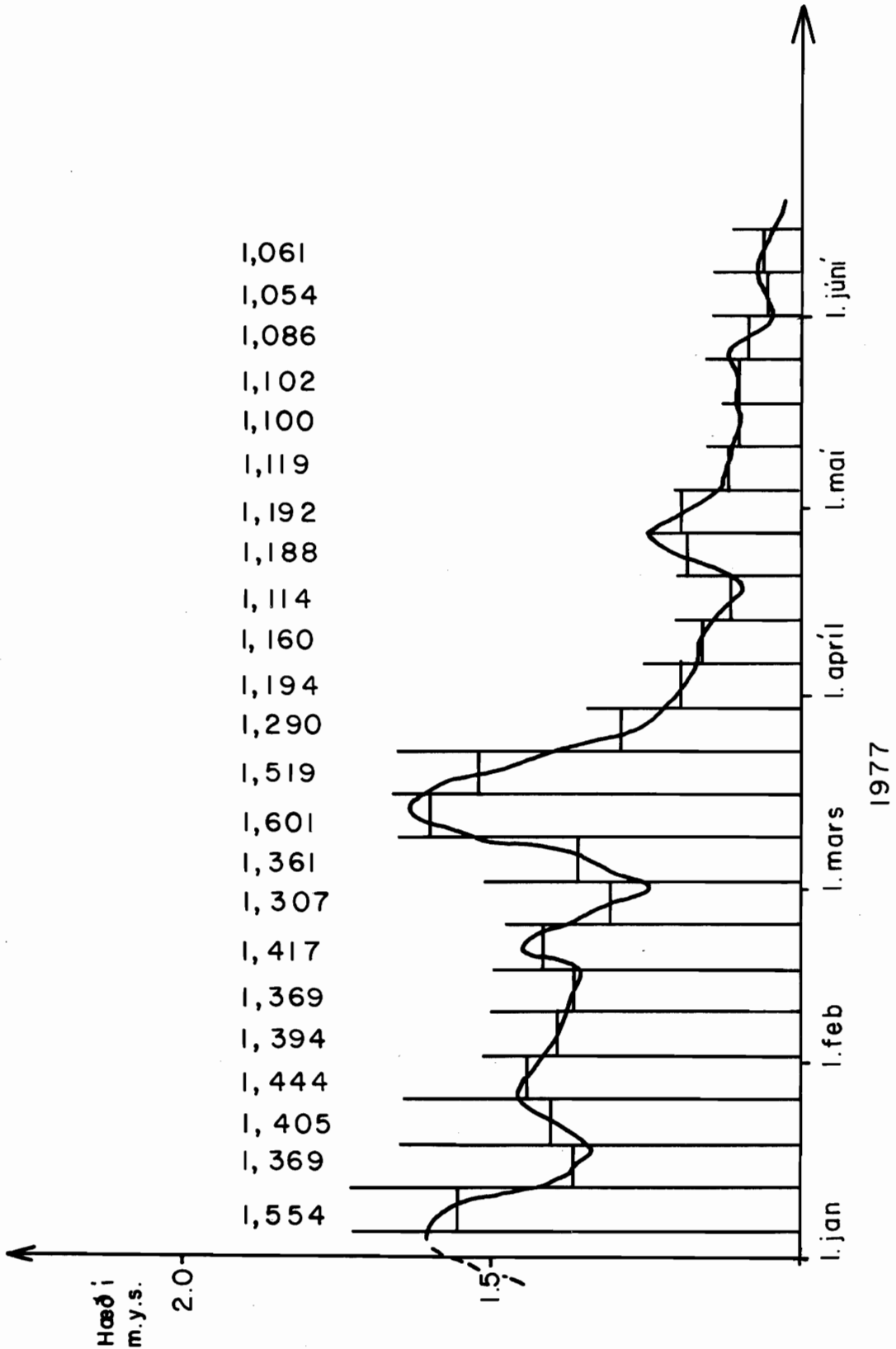
F16226

$$\text{Stapafell} = 0,980 \times \text{Seltjörn} + 0,0093$$

$$r = 0,986$$

Mynd 6







ORKUSTOFNUN
Straumfræðistöð

'77.II.15 JI/A A

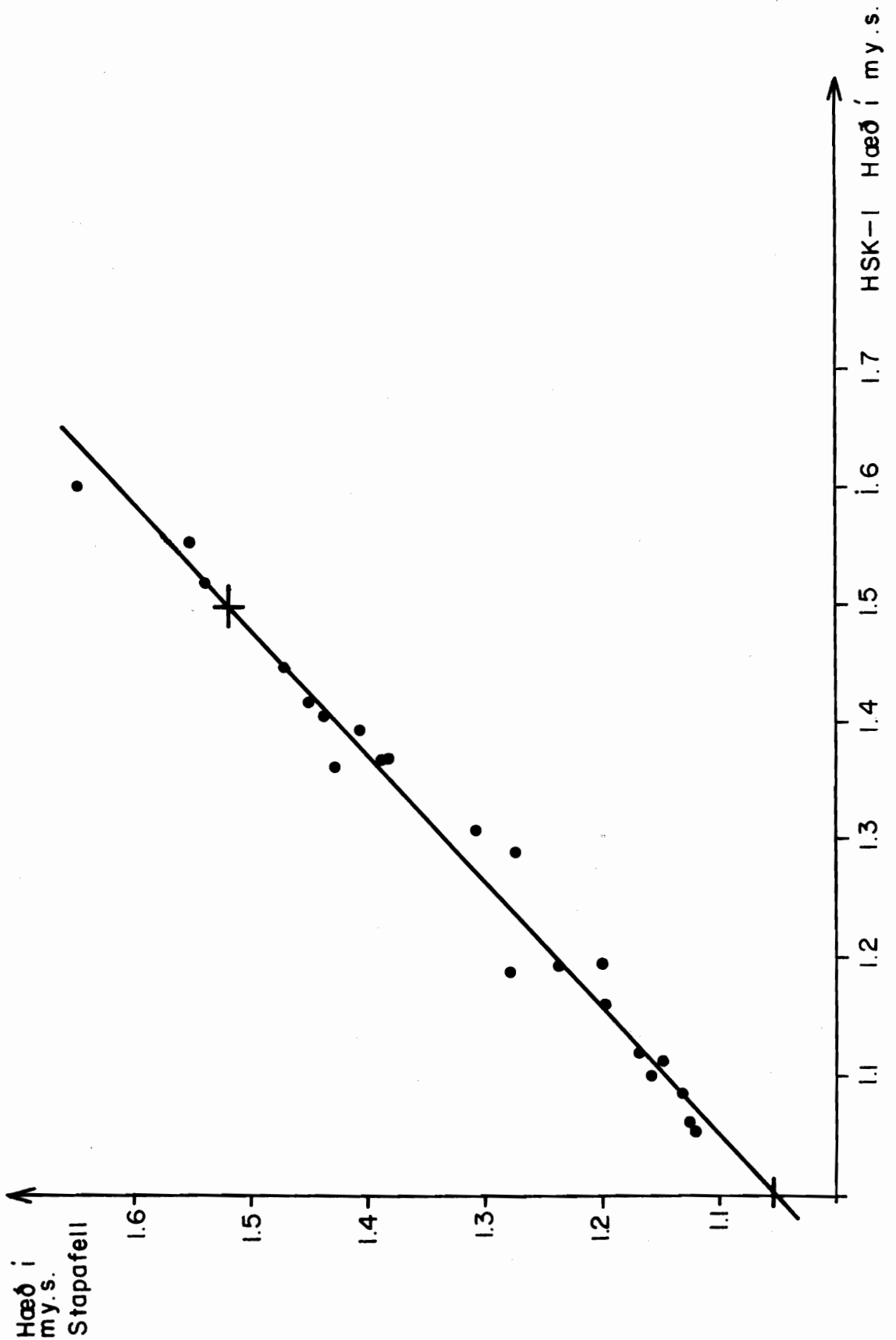
T 229 T 121

Svartse. N.vatn

F16229

$$\text{Stapafell} = 0,1266 + 0,928 \times (\text{HSK}-1)$$
$$r = 0,985$$

Mynd 9



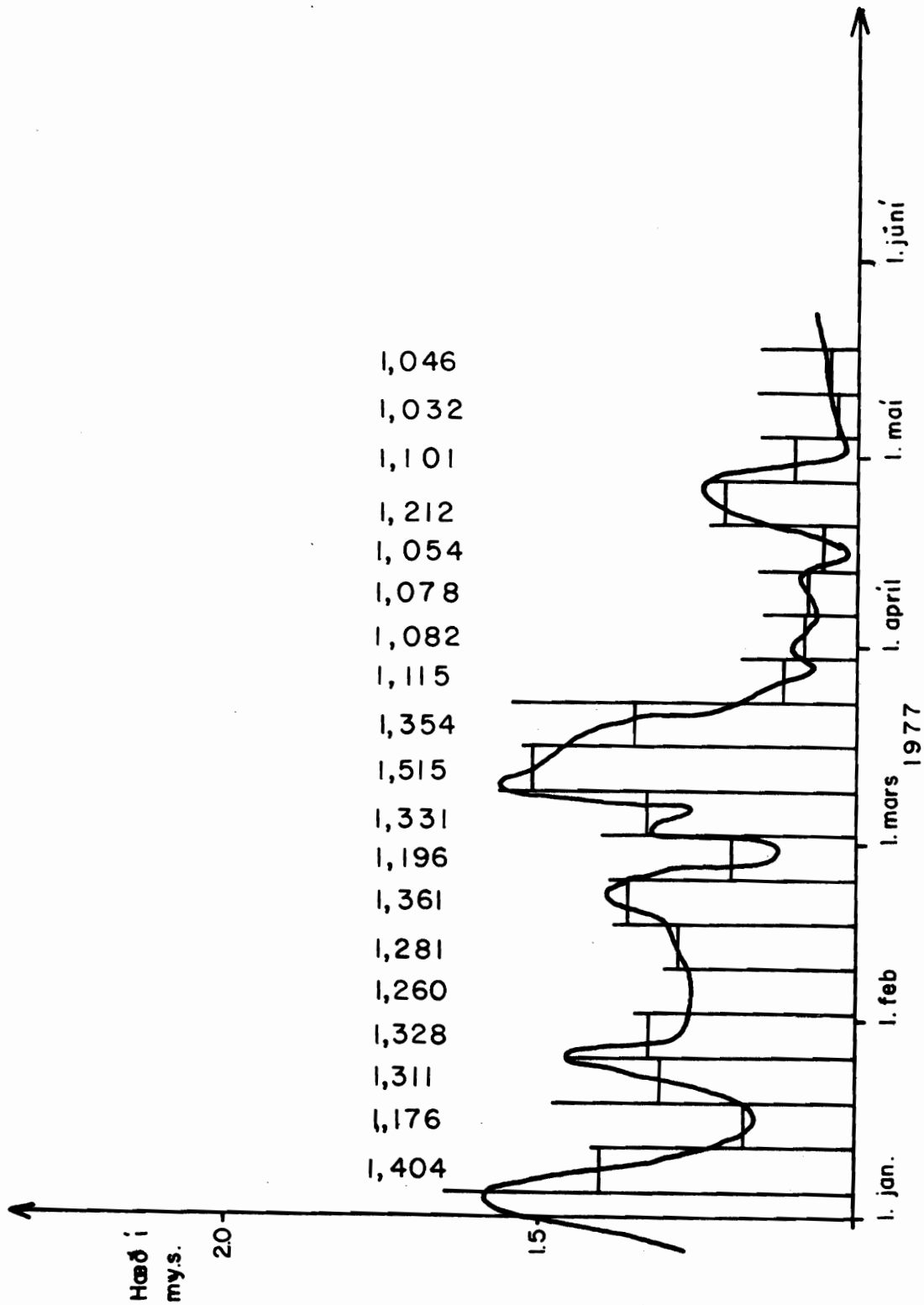


ORKUSTOFNUN
Straumfræðistöð

Vogastapi

'77.II.16	J1/AÁ
T 230	T 122
Svartse. N.vatn	
F 16230	

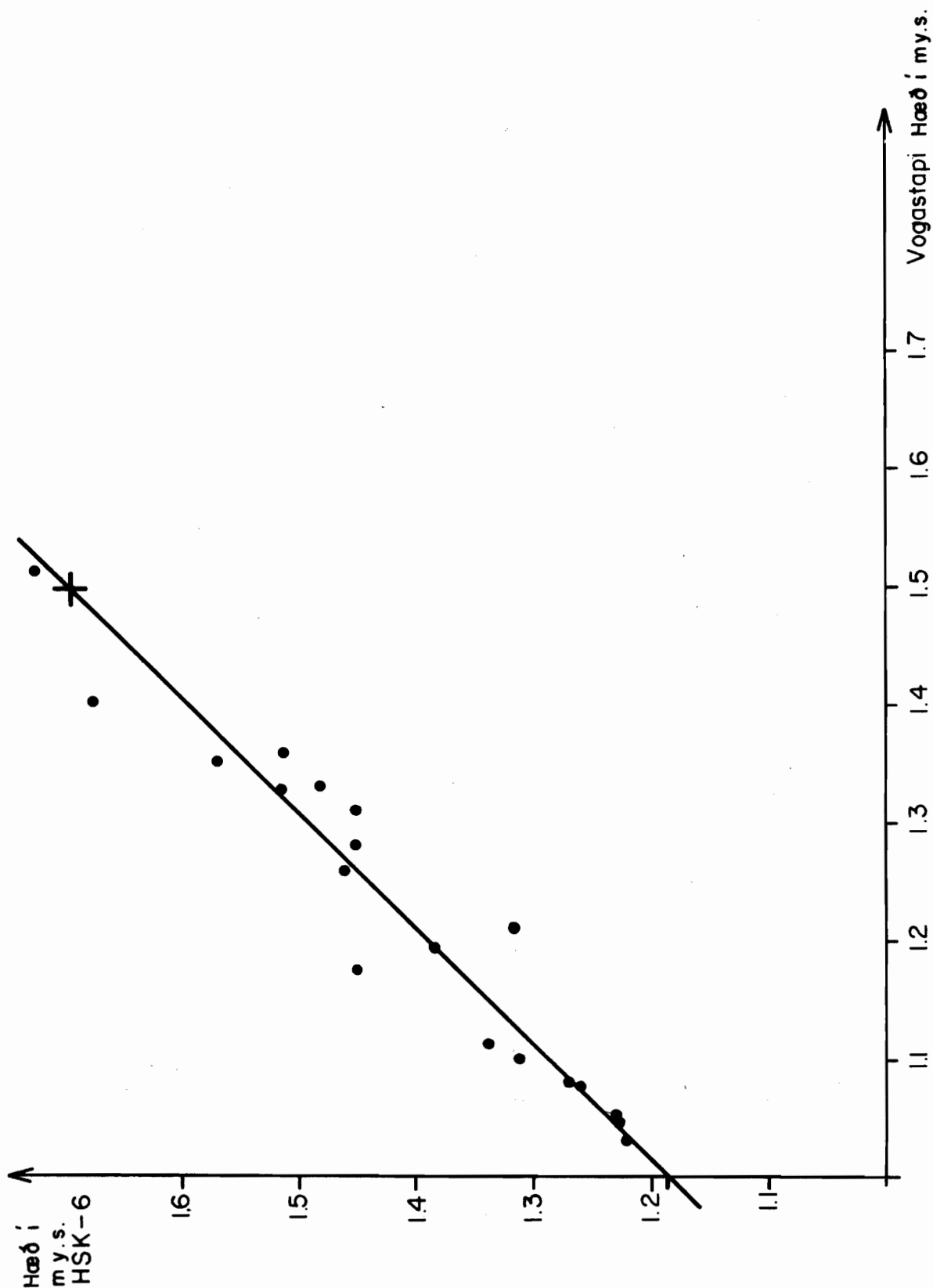
Mynd 10





$$\text{HSK}-6 = 0,1724 + 1,044 \cdot x \text{ Vogast.}$$
$$r = 0,962$$

Mynd II

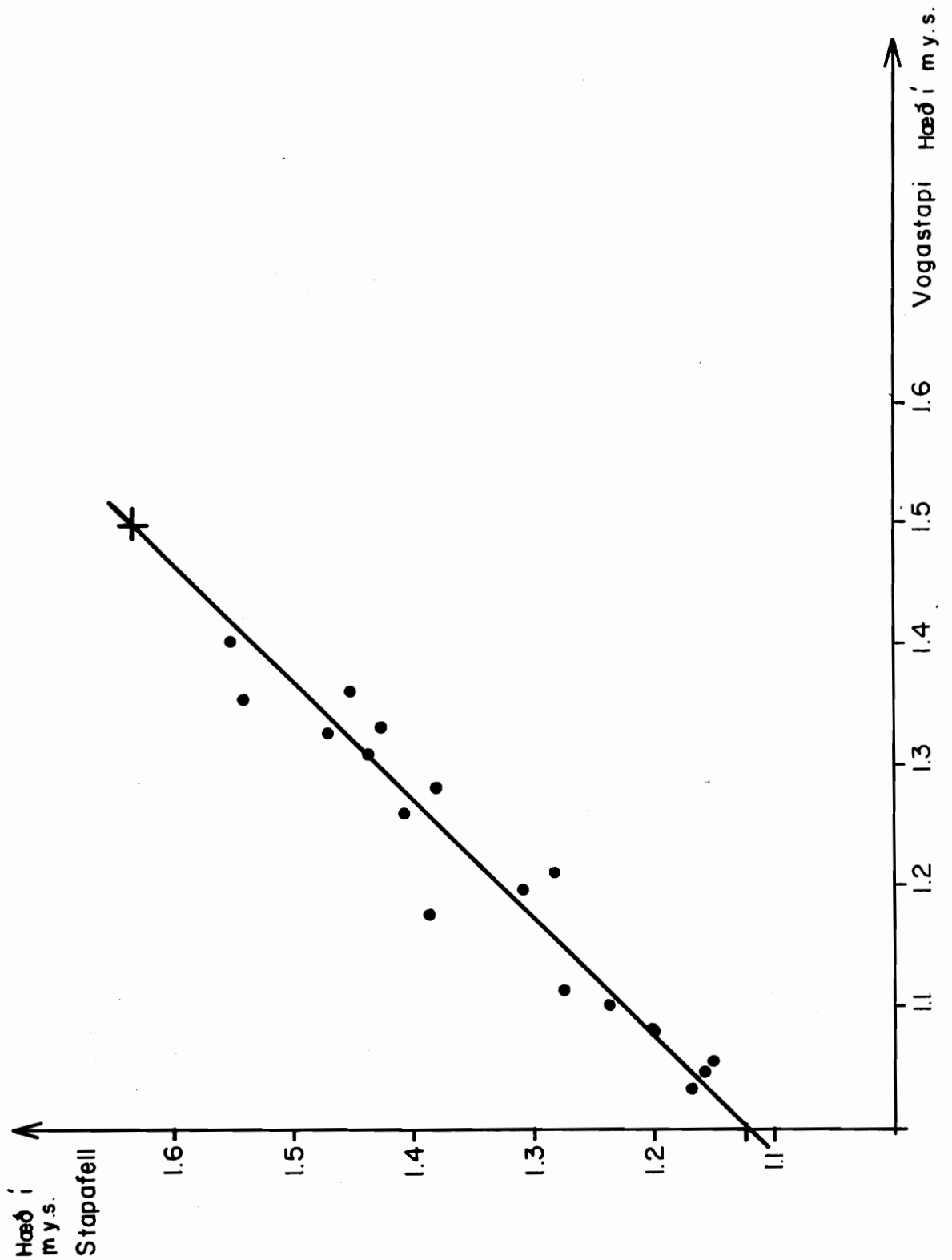




$$\text{Stapaf.} = 0,1038 + 1,0198 \times \text{Vogast.}$$

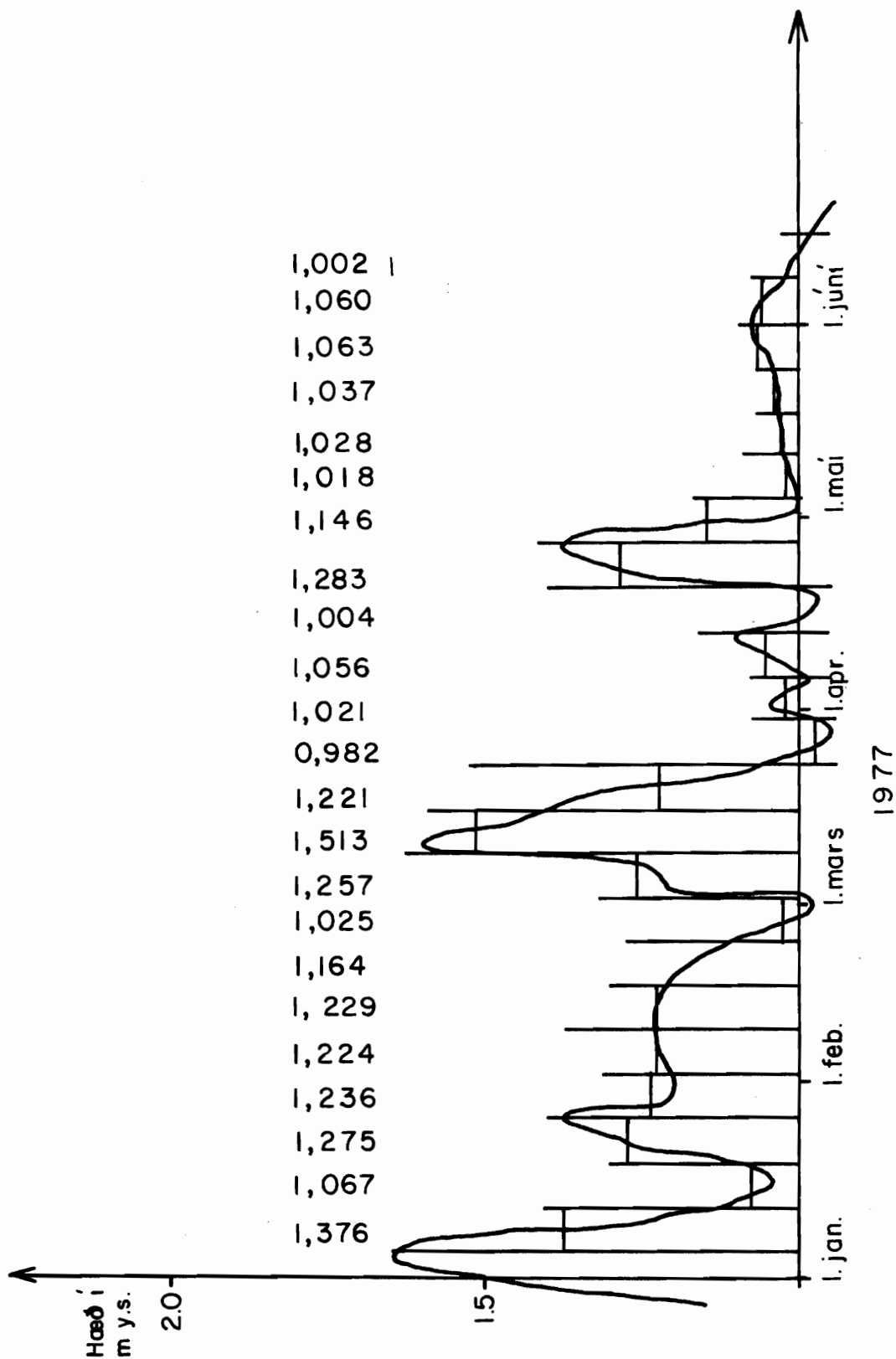
$$r = 0,973$$

Mynd 12





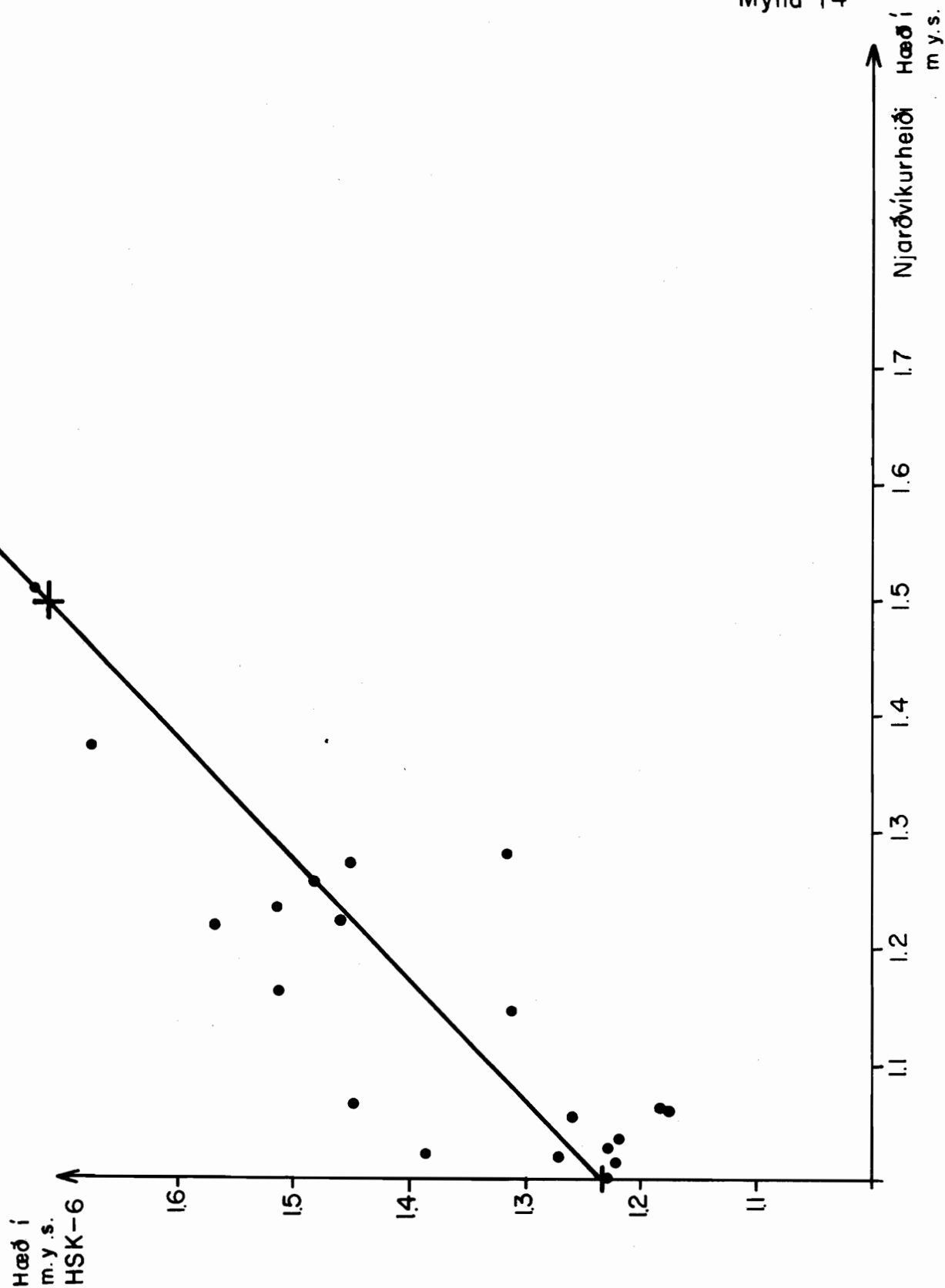
Mynd 13





$$\text{HSK-6} = 0,2761 + 0,957 \text{ Njarðvíkurheiði}$$
$$r = 0,8215$$

Mynd 14





$$\text{Stapafell} = 0,2179 + 0,9550 \text{ Njarðvíkurheiði}$$
$$r = 0,831$$

Mynd 15

