

**RAFORKUMÁLASTJÓRI**  
ORKUDEILD

---

**VIRKJUN HVÍTÁR VIÐ HESTVATN**

# **3 AURBURÐUR**

eftir

Hauk Tómasson

Reykjavík, júní 1961

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

	Bls.
3.1 Aurburðarmælingar	1
3.2 Botn Hvítár og þveráa	1
3.3 Útreikningur á botnskriði	4
3.3.1 Höfundur	4
3.3.2 Mælingar sem stuðst er við	6
3.3.3 Útreikningar	7
3.331 Útverk	7
3.332 Svartagil	8
3.3.4 Niðurstaða	8
3.4 Aurburður og virkjun Hestvatns	10
3.4.1 Veituskurður	10
3.4.2 Bakhækkun eyra	11

### TÖFLUR :

Tafla 3.1	Þverskurður, halli, meðalkornastærð
"    3.2	Útreikningur á botnskriði við Útverk
"    3.3	Útreikningur á botnskriði við Svartagil

### MYNDIR :

Mynd 3.01	Botnlag við Kiðjaberg
"    3.02	"    á broti við Móklapparnef
"    3.03	"    við Útverk
"    3.04	"    í Brúará
"    3.05	"    við Svartagil
"    3.06	"    við Iðu
"    3.07	"    í Stóru-Laxá
"    3.08	"    við Auðsholt
"    3.09	"    í Tungufljóti
"    3.10	"    við Bræðratungu
"    3.11	Þverskurður af Hvítá við Útverk; Þ-4
"    3.12	Samband halla og rennslis við Útverkatungu
"    3.13	Samband rennslis og vatnshæðar við Þ-4
"    3.14	Botnskrið og langæislína rennslis við Þ-4
"    3.15	Þverskurður af Hvítá á móts við Svartagil Þ-6
"    3.16	Samband rennslis og vatnshæðar við Þ-6
"    3.17	Botnskrið og langæislína rennslis við Þ-6

### 3.1 Aurburðarmælingar

Árið 1953 var byrjað að taka sýnishorn í Hvítá við Gullfoss, í því augnamiði að mæla grugginnihald vatnsins. Þessi sýnishorn eru tekin í flöskur, sem eru reknar niður í ána festar á stöng, þar sem iðuköst eru mjög mikil og stór hluti aurburðar því væntanlega upphrærður. Fram til þessa dags hafa 43 sýnishorn verið tekin og grugginnihald mælt á Atvinnudeild Háskólans. Útreikningur á heildaraurburði Hvítár við Gullfoss á þeirri forsendu, að liniert samband sé milli aurburðar og rennslis er í (2-) mynd 2-43. Samkvæmt honum er árlegur aurburður 571 000 tonn eða um 380 000 m<sup>3</sup> af seti.

Rannsókn Atvinnudeildar er eingöngu bundin við magn gruggs í sýnishornum og því engar kornakurvur til af þessu efni. Á Atvinnudeildinni eru ekki aðstæður til þess að gera kerfisbundnar mælingar á kornastærð efnis í vatnssýnishornum og er því verið að koma upp slíkum aðstæðum í Keldnaholti.

Einnig eru á leið til landsins, eða komin tæki til þess að taka betri sýnishorn en hingað til hefur verið gert. En þessi nýju tæki munu ekki gefa verðmætar niðurstöður fyrr en eftir ára notkun, og munu því sýnishornatökurnar við Gullfoss enn í nokkur ár verða verðmætustu sýnishornatökur á vatnasviði Hvítár og sem mest er að byggja á.

### 3.2 Botn Hvítár og þveráa

Sýnishornum af botni Hvítár og úr ósum þveráa hennar var safnað á tímanum frá 22. - 28. nóvember 1960. Til sýnishornatökunnar var notað tæki, sem keypt hafði verið í þessu augnamiði frá Bandaríkjunum. Er þetta tæki "piston samplari" með hreyfanlegri bullu. Gafst hann mjög vel og náðust alls staðar sýnishorn þar sem reynt var, þótt erfitt væri það á malarbotni. Tekin voru mörg sýnishorn á hverjum stað eftir þverskurði yfir ána. Sýnishornatakan var þannig framkvæmd að reynt var að hafa nokkuð jafnt á milli sýnishorna, en auk þess reynt að taka af sem breyti-

legustu dýpi. Alls voru tekin 48 sýnishorn af sand- og malarbotni.

Á myndum 3.01 - 3.10 eru kornakúrvur af sýnishornum þeim, sem safnað var. Úr hverjum þverskurði eru teknar 2 kúrvur, fínasta og grófasta efnið í þverskurðinum og auk þess meðalkúrva fyrir öll sýnishorn þar. Meðalkúrva er reiknuð út sem meðaltal prósentutölu við hverja kornastærð.

Tafla 3-1 er yfirlit yfir þessa rannsókn. Er þar fyrst sagt hvar þverskurðirnir eru, þá halli árinna við þann þverskurð, þá þ 50 fyrir fínasta, meðalkúrvu og grófasta efnið.

T A F L A 3:1

Staður	halli	þ 50 (mm)		
		fínast	meðalkúrva	grófast
Þ-3 við Kiðjaberg	~ 0,00030	0,21	0,48	~ 6,0
Þ-4 við Útverk	0,00023	0,23	0,31	0,48
Þ-5 Brúará	~ 0,00012	0,16	0,25	0,33
Þ-6 við Svartagil	0,00024	0,22	0,40	1,7
Þ-7 við Iðu	~ 0,00030	0,19	0,40	3,5
Þ-8 Stóra-Laxá	~ 0,00040	0,28	0,52	4,2
Þ-9 við Auðsholt	~ 0,00040	0,15	1,8	~ 25,0
Þ-10 Tungufljót	~ 0,00025	0,38	0,42	0,48
Þ-11 við Bræðratungu	~ 0,00040	0,31	2,3	~ 7,0

Engar rannsóknir hafa enn farið fram á botnsýnishornunum aðrar en kornastærðardreifing, en berggreining og eðlisþyngdarmæling mun framkvæmd við fyrsta tækifæri. En svo virðist, sem fín og milli-sandurinn sé að mestu leyti eldfjallaaska, en möl og að nokkru grófsandur séu brot úr bergi og því kristalleraðar bergtegundir.

Við Kiðjaberg hagar svo til, að vinstri bakki árinna er hraun, sem þrýst hefur ánni inn í hvilft milli Langatanga og Kiðjabergs. Þessa hvilft hefur áin fyllt af framburði sínum. Að nokkru leyti er í hvilftinni forn framburður árinna, sem nú myndar háeyri, er aldrei rennur yfir, en að öðru leyti er sandur, sem nú er á stanz-

lausu skriði niður ána. Myndar sá sandur lágeyrarnar við Kiðja-berg og sums staðar botn árinna. Skiptust sýnishornin greinilega í tvo flokka. Þrjú voru af fínu efni svipað og fínasta efnið á mynd 3.01, og voru þau af lágeyrnum og önnur þrjú af grófu efni svipað og grófasta efnið á mynd 3.01, og voru þau af háeyrinni eða nánd hennar og frá mynni Hlaupandalæks. Efni svarandi til meðalkúrvunnar er því ekki til við Kiðjaberg.

Á eyrunum milli Iðu og Árhrauns voru sýnishorn tekin á þremur stöðum. Mynd 3.02 er kornakúrvur af efni, sem tekið var á broti við Móklapparnef og nokkru sunnar, Fer þar áin niður af eyrunum í svolitlu broti í ál meðfram Hestfjalli. Efnið er homogent en nokkuð grófara en ofar á eyrunum, enda straumhraði meiri.

Úr P-4 voru tekin 9 sýnishorn af sandi og eitt sem lenti í mó við vinstri bakka. Á mynd 3,11 er sýnt hvar í þverskurðinum þessi sýnishorn eru tekin. Efnið er hér homogent og kornakúrvur liggja jafnt dreifðar milli ytri takmarka.

Í P-6 við Svartagil í Vörðufelli er efni eitthvað grófara og "heterogenara" en við P-4. Þar voru tekin 8 sýnishorn og er tókustaður þeirra sýndur á þverskurðinum mynd 3-15.

Efnið hefur hér nokkra tilhneigingu til að skiptast í grúppur, fínt og gróft. 5 af sýnishornunum eru af frekar fínkornóttu efni, kúrvur liggja um meðalkúrvu og að fínasta efni. 3 sýnishorn eru gróf, svipuð og grófasta efnið á mynd 3.05.

Í þverskurði yfir Brúará P-5 á móts við Skálholtstungu voru tekin 3 sýnishorn. Efnið er þarna mjög fínt og "homogent", enda halli árinna mjög lítil.

Við Iðu P-7 heldur áfram sú þróun, sem þegar verður vart hjá Svartagili, þ.e. að efnið verður "heterogenara". Að öðru leyti virðist efnið þar svipað og við Svartagil. Voru þar tekin 4 sýnishorn og dreifðust kúrvur þeirra nokkuð jafnt milli ytri marka.

Í P-8 í Stóru-Laxá á móts við Ósabakka voru tekin 3 sýnishorn. Efnið er frekar "heterogent" og grófara en efnið í Hvítá þar neðan við.

P-9 er í Hvítá á móts við Auðsholt. Efnið er mjög heterogent. Fínasta sýnishornið virðist að mestu vera fokjarðvegur enda tekið við vinstri bakka farvegsins á þurru. Í hinum sýnishornunum

öllum er 50% - 80% möl. Tekin voru 5 sýnishorn.

P-10 er í Tungufljóti við Krók. Tekin voru 3 sýnishorn. Efnið er mjög homogent, fínkornótt, og svipar til efnisins við Útverk og í Brúará, nema lítið eitt grófara.

P-11 er í Hvítá við Bræðratungu, tekin voru 5 sýnishorn. Einkenni botnlagsins eru svipuð og við Auðsholt, þ.e. meiri hlutinn er möl.

Almenn sést á þessu að botnlagið er því grófkornóttara því meiri sem hallinn er og einnig því homogenara, því meiri lindareinkenni áin hefur. Undantekning er við Kiðjaberg, þar sem helmingur sýnishornanna voru af fornum framburði árinna frá tímanum, þegar hún skóf allt lauslegt í farvegi sínum út með Hestfjalli og fyllti með því geilar milli hrauns og hlíðar. Í öllum þverskurðum hittist á efni, sem aðallega er fínn- og millisandur. Þetta efni hefur tilhneigingu til að verða því fínkornóttara, sem neðar dregur.

### 3.3 Útreikningur á botnskriði

#### 3.3.1 Höfundur

Við útreikning á botnskriði hef ég notað bók, sem heitir "The Sediment Problem" útgefin af sameinuðu þjóðunum, efnahagsnefnd fyrir Asíu og Austurlönd 1953 (Economic commission for Asia and the Far East). Í þeirri bók eru rædd í stuttu máli flestar hlíðar aurburðar. Meðal annars er þar yfirlit yfir margar tilraunir til þess að reikna út botnskrið eftir ýmsum vatnafræðilegum eiginleikum og kornastærð og gerð botnlagsins. Sem lokaþáttur í langri þróun er útleiðsla H. A. Einsteins á botnskriðinu. Hann setti upp tvær stærðir um líkindi þess, að korn á botni árfari á hreyfingu á vissri tímaeiningu. Þessar stærðir kallaði hann  $\Phi$  og  $\Psi$ . Inn í  $\Phi$  gekk botnskrið, stærð og eðlisþyngd korna og tímaþáttur jafn hlutfallinu milli fallhraða korns og þvermáls. Inn í  $\Psi$  gekk skriðþrýstingur og mótstaða korna gegn hreyfingu. Ályktaði hann síðar að  $\Phi$  væri funktion af  $\Psi$  eða:

$$\bar{\Phi} = f(\Psi) \quad (1)$$

$$\text{en } \bar{\Phi} = \frac{Q_s S_s}{\sqrt{g (S_s - 1) F p^{3/2}}} \quad (2)$$

$$\text{og } \Psi^4 = \frac{\gamma (S_s - 1) p}{T} \quad (3)$$

$$\text{en í jöfnu (2) er } F = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36 v^2}{g p^3 (S_s - 1)}} + \sqrt{\frac{36 v^2}{g p^3 (S_s - 1)}} \quad (4)$$

$$\text{en í jöfnu (3) er } T = \gamma R S \quad (5)$$

$q_s$  = er fyrir botnskrið í rúmmálseiningu á einingarbreydd

$S_s$  = eðlisþyngd korna

$g$  = þyngdaracceleration

$p$  = þvermál korna

$T$  = skriðþrýstingur

$\gamma$  = eðlisþyngd hins streymandi vökva

$v$  = innra viðnám vökvans (kinematic viscosity)

$R$  = Hydrolískur radius  $\sim$  meðaldýpi

$S$  = yfirborðshalli hins streymandi vökva

Hver funktion (1) er, fann Einstein með því að reikna út  $\bar{\Phi}$  og  $\Psi$  eftir forsendum og niðurstöðum ýmissa tilrauna, sem fram hafa farið með botnskrið. Setti hann síðan þær útkomur upp í línurit með  $\bar{\Phi}$  á abcissu með logarímiskum skala en  $\Psi$  á ordinat eftir linierum skala. Féllu útkomurnar nokkuð vel að línu og líking þeirrar línu var þá funktionin (1). Nokkur óvissa virtist þó vera, sérstaklega fyrir lítil  $\Psi$  og heterogent efni, hvað kornastærð snertir. Fyrir þau tók hann sem þvermál  $p$  40 (40% af efninu með minni kornastærð). Einnig gerði Einstein mælingar í tveimur lækjum á botnskriði og þössuðu þær vel inn á hina fundnu línu.

H. Rouse setti inn í log-log línurit  $\bar{\Phi}$  og  $\frac{1}{\Psi}$ . Fékk hann þá allar tilraunir til að falla nokkuð vel að einni beinni línu og hvarf nokkurn veginn dreifing sú, sem Einstein fékk á ekki einskorna efni. Jafna þessarar línu er:

$$\bar{\Phi} = 40 \left(\frac{1}{\Psi}\right)^3 \quad (6)$$

eða svo sett séu inn í  $\Phi$  og  $\Psi$

$$\frac{q_s S_s}{g (S_s - 1) F p^{3/2}} = 40 \left( \frac{T}{(S_s - 1) p} \right)^3 \quad (7)$$

og sést þá ljósar samband skriðþrýstings og botnskriðs.

Jöfnu (7) notaði ég á útreikninga þá á botnskriði Hvítár ofan Hestvatns, sem hér fara á eftir.

### 3.3.2 Mælingar, sem stuðst er við

Mælingar þær, sem stuðst er við í þessum útreikningum eru eftirfarandi: Þverskurðir voru mældir yfir ána með fallmæli um leið og sýnishorn voru tekin af botninum. Mælipunktur voru aðallega á eyrunum og þar sem unnt var að vaða en "interpolerað" síðan eftir dýptarmælingum yfir álna.

Kornastærð var mæld með sigtun á aurburðarrannsóknarstofunni í Keldnaholti. Notuð var í þessa reikninga meðalkornakúrva hvors þverskurðs fyrir sig. Að vísu er þetta ekki alveg stærðfræðilega rétt því það ætti frekar að vera median en meðalkúrva, en óvissa er meiri í ákvörðun á median fyrir svona fá sýnishorn, auk þess sem meðalkúrva er einfaldari í ákvörðun og notaði ég þess vegna hana. En dreifing kúrvanna er ekki meiri en svo að varla skiptir það nokkru máli.

Halli árinna og samband vatnshæðar og rennslis eru tekin eftir mælingum Sigurjóns Rist, en niðurstöður þeirra mælinga eru á mynd 2-11 í þessu riti. Í reikningana á hallinn að vera fyrir stöðugt rennsli, en það er ekki til í flóðum. Við Útverk er notuð interpoleruð kúrva fyrir halla, sem sýnd er á mynd 3-12.

Við Svartagil er hallinn tekinn, sem óháður rennsli og því alltaf jafn. Að vísu var þar, ef farið var inn í kúrvur Sigurjóns, örflít tilhneiging til þess að halli vaxi með rennsli, en næsti mælistaður forstreymis við Svartagil er við Iðu og þar ofan við brúna, en þar stúast upp vatn í flóðum, verður þess vegna nokkur óvissa um halla og samband vatnshæðar og rennslis við Svartagil.

Fannst mér því ekki ástæða til að eltast við hinar litlu breytingar



í halla og sambandi vatnshæðar og rennslis við Svartagil og tók því hallann konstant og samband vatnshæðar og rennslis liniert í útreikningunum.

Eðlisþyngd korna er ekki mæld en er reiknað með, að hún sé  $2,7 \text{ g/cm}^3$  í þessum útreikningum. Þörf er að framkvæma eðlisþyngdar mælingu, sem fyrst en hér getur verið nokkur skekkja.

### 3.3.3 Útreikningar

3.331 Útverk. Þegar búið er að setja allar fastar stærðir inn í jöfnu (7) verður jafnan fyrir botnskrið við Útverk.

$$q_s = 20225 T^3 \text{ cm}^3/\text{sek/cm} \quad (8)$$

Þar sem áin skiptist hér í ála er farveginum skipt í hluta eins og sýnt er á mynd 3-11 og meðaldýpi og þar með skriðþrýstingur reiknaður sér fyrir hvern hluta fyrir sig. Að fengnu  $q_s$  fyrir hvern hluta er það margfaldað með breidd hans í cm og fæst þá heildarbotnskriðið í þeim hluta. Að lokum er heildarbotnskrið hinna einstöku hluta farvegsins lagðir saman til þess að fá heildarbotnskrið hans við umrætt rennsli. Þetta heildarbotnskrið er svo farið með inn í langæislínu rennslis og sett út þar við sömu abcissu og umrætt rennsli; fæst þannig línurit um langæi botnskriðs og samband þess við rennsli. Línurit þetta er á mynd 3-14.

Mjög sérkennilegt er, að botnskriðið við Útverk er mest við ca. 300 kl/s rennsli, en minnkar svo mjög ört við viðbótarrennsli þar fyrir ofan. Ástæðan fyrir þessu er að hallann tekur mjög af vegna uppstúunar vatnsins norðan Hestfjalls við rennsli meira en 300 kl/s. Niðurstöður útreikninganna fyrir Útverk eru á mynd 3-14 og í töflu 3-2. Samkvæmt þessu er botnskrið mest við 300 kl/s og þá um  $11.100 \text{ cm}^3/\text{sek}$  af föstu efni, en hefur minnkað niður í  $3300 \text{ cm}^3/\text{sek}$  við 400 kl/s.

Árlegt botnskrið er  $250\,000 \text{ m}^3$  af föstu efni, eða  $680\,000 \text{ tonn}$ . Sem set ætti það að taka um  $500\,000 \text{ m}^3$  er reiknað er með eðlisþyngd þess  $1,3 - 1,4 \text{ g/cm}^3$ .

3.332 Svartagil. Þegar búið er að setja inn í jöfnu (7) á sama hátt við Svartagil og Útverk verður jafnan fyrir botnskrið við Svartagil

$$q_s = 10840 \times T^3 \quad \text{cm}^3/\text{s}/\text{cm} \quad (9)$$

eða ef hallinn, sem er konstant 0,00024 er settur inn

$$q_s = 1,5 \times 10^{-7} R^3 \quad \text{cm}^3/\text{s}/\text{cm} \quad (10)$$

Að öðru leyti fór útreikningur nákvæmlega eins fram og við Útverk. Niðurstöður þeirra útreikninga er í mynd 3-17 og töflu 3.3. Hér er botnskrið margfalt meira í flóðum en lág- og miðlungsrennsli enda gætir hér ekki vatnsfyllunnar, sem verður við Útverk í flóðum. Langæislína rennslis er gerð hér með því að draga langæislínu rennslis Brúarár frá langæislínu rennslis Hvítár við Árhraun. Að öðru leyti er aðferðin við útreikning á heildarbotnskriðinu sú sama og við Útverk.

Árlegt botnskrið við Svartagil er 200 000 m<sup>3</sup> af föstu efni, sem með eðlisþyngd 2,7 g/cm<sup>3</sup> samsvarar 550 000 tonnnum eða 400 000 m<sup>3</sup> af seti með eðlisþyngd 1,3 - 1,4 g/cm<sup>3</sup>.

### 3.3.4 Niðurstaða

Samkvæmt þessu er botnskrið við Svartagil 20% minna en við Útverk. Þessi munur getur ekki stafað af botnskriði Brúarár, því það hlýtur að vera mjög lítið. Í töflu 3.1 sést að halli hennar er einungis 0.00012 eða helmingi minni en halli Hvítár við Útverk, en kornastærð einungis lítið eitt minni. Þess vegna hlýtur hlutur hennar í flutningi sands niður á eyrarnar við Útverk að vera miklu minni en hlutur hennar í rennslinu þar, en það er 20%, eða rúmlega það. Þessi munur hlýtur aðallega að stafa af ónákvæmni í aðferðinni eða botnskrið Hvítár sé minnkandi. Aðferðina teldi ég góða, þótt nákvæmni hennar sé aðeins upp á  $\pm 20\%$ , en þó gæti ég trúað, að nákvæmni hennar sé eitthvað meiri hlutfallslega milli nálægra þverskurða með svipuðu efni. Getur því vel verið rétt, að botnskrið sé minna í efri þverskurðinum.

Þórður bóndi í Vatnsnesi tjáði mér, er ég ræddi við hann um aurburð Hvítár, að áin væri stöðugt að grafa sig niður þarna á

milli Vatnsness og Útverks og taldi hann, að á sinni tíð, sem bóndi í Vatnsnesi, næmi það allt að 1/2 m, en hann hefur búið þar í 3 áratugi. Tel ég ekki ástæður til þess að rengja þetta í aðalatriðum, en ástæðan hlýtur að vera sú, að minna berst að eyrunum þarna en berst af þeim.

Þessi aurburður, sem með botni skríður á eyrunum við Útverk, er aðallega upprunninn við gröft og uppblástur jarðvegs inni á hálandinu. Hefur því uppblástur og botnskrið verið í hámarki á sama tíma, en nú eru stór svæði á vatnasviði Hvítár þegar örfoka og því ekki neitt auðgrafið að taka þar lengur.

Ef litið er á töflu 3-1 er unnt að gera sér nokkra grein fyrir hvaðan botnskriðið er komið. Um Brúará hefur þegar verið rætt, þar hlýtur botnskrið að vera mjög lítið. Stóra-Laxá hefur sennilega ekki meira botnskrið en sem nemur hluta hennar í rennsli Hvítár. Halli hennar er að vísu töluverður, en botnlagið er frekar gröft og hún er dragá, sem rennur breitt en grunnt og er því skriðþrýstingur lítill af þeim sökum. Tungufljót hefur frekar fínt og homogent efni með halla svipaðan og Hvítá við Svartagil og er lindá, sem rennur þröngt og djúpt. Sennilega hefur því Tungufljót meira botnskrið en sem nemur hluta þess í rennsli Hvítár. En meiri hluti botnskriðsins hlýtur samt að koma niður sjálfa Hvítá.

Ekki er enn unnt að segja hver heildaraurburður Hvítár sé, en tvær tölur liggja nú fyrir hendi, það er upphrært efni í yfirborði við Gullfoss mælt 570 000 tonn árlega og botnskrið á eyrunum milli Árhrauns og Iðu útreiknað 550 000 - 680 000 tonn árlega. Ekki er vitað hversu mikið af upphrærðu efni við Gullfoss er það sama og með botni skríður við Útverk. Til þess að unnt sé að einhverju leyti að segja til um það, þarf greiningu á kornastærð aursins við Gullfoss. En þessar tvær tölur benda þó til þess, að heildaraurburður Hvítár við Árhraun sé af stærðargráðu 1 millj. tonn árlega.

### 3.4 Aurburður og virkjun Hestvatns

#### 3.4.1 Veituskurður

Vegna virkjunar Hvítár við Hestvatn skapar aurburðurinn vandamál á eyrunum milli Árhrauns og Iðu og við veituskurð inn í Hestvatn.

3 tilhaganir eru aðallega hugsaðar um veituskurð milli Hvítár og Hestvatns (sbr. 5-). Samkvæmt tveimur þeirra 1 og 2 liggur skurðurinn í sveig móti norðri sunnan við Vatnsnesbæinn, en samkvæmt 3. tilhögun í sveig suður með Hestfjalli niður á móts við Móklapparnef.

Við tilhögun 1 verður hallinn 0.000383 í skurðinum og skriðbrýstingur  $0.01925 \text{ g/cm}^2$  eða um 20% minni en í aðalál Hvítár við algengasta rennsli. (Sbr. töflu 3.2). Botnskrið ætti því að vera um helmingi minna á einingarbreidd en í aðalál (skurðurinn  $T = 80\%$ , aðaláll  $T = 100\%$ , botnskrið  $q_g = k T^3$  eða botnskrið í skurði / botnskrið í aðalál  $= 80^3/100^3 \sim 1/2$  en  $k$  er konstant). Skurðurinn er um það bil  $1/3$  af breidd aðaláls, sem hefur mest allt botnskrið Hvítár og ætti hann því að geta flutt um  $1/6$  af árlegu botnskriði hennar.  $5/6$  af botnskriðinu eiga því samkvæmt þessu að skolast út um Árhraunsstíflu á minnu en 30% af tíma og oftast við mjög lítinn halla. Þetta er alls ekki mögulegt við núverandi ástand, en ef til vill eftir töluverða hækkun eyrana. En á meðan að nýtt jafnvægi er að komast á, er ástand skurðsins mjög óöruggt. Liggur fyrir sú hættu að meiri sandur leiti inn í hann en hann getur flutt og mundi þá skurðurinn fyllast að töluverðu leyti á fáum árum. Þessari þróun mætti þó seinka verulega ef hluti skurðarins, sem næstur er Hvítá, yrði hafður verulega grynri. Mun þá skriðbrýstingur minnka þar og botnskrið torveldast inn í skurðinn. Annað atriði í sambandi við þennan skurð er stabilitet botnsins. Botninn á að vera niður í sandinum undir mólum. Skriðbrýstingur er nægur til þess að þessi sandur getur auðveldlega grafist, ef sýnishorn 21 úr borholu Súez (sbr. mynd 1.154) er einkennandi fyrir hann. En ef hann grefst að ráði er hættu á að móbakkarnir brotni niður.

Við tilhögun 2 verður skurðurinn á sama stað og við tilhögun 1, en hallinn verður 0.000263 og skriðbrýstingur  $0,1315 \text{ g/cm}^2$ , eða

miklu meiri en í aðalál Hvítár. Árleg flutningsgeta hans af sandi er líka miklu meiri en allt botnskrið Hvítár. Við þessa tilhögun verður því að gera ráð fyrir að allur aurinn fari inn í Hestvatn. Fátt mælir á móti því að taka aurinn inn í Hestvatn, því það rúm- ar allan framburð Hvítár í nokkrar aldir. Tel ég því lausn, sem byggist á þessu sjónarmiði miklu öruggari vegna aurburðar, en hin fyrri. Vegna ísa er þessi tilhögun talin óheppileg, en ég tel að hægt sé að hafa skurð þannig, að hann hafi næga flutningsgetu fyrir allt botnskrið Hvítár og samtímis án þeirra galla vegna ísa, sem búist er við af þessari tilhögun. Mundi það vera eitthvað millistig milli tilhagana 1 og 2.

Við tilhögun 3 með aðveituskurði í sveig suður með Hestfjalli niður á móts við Móklapparnef ætti útskolun að vera auðveld í gegnum Árhraunsstíflu. Hallinn verður mikill frá inntaki skurðs- ins og niður að Árhrauni í flóðum. Einnig er áin farin að renna frekar þröngt þarna og meðaldýpi því mikið. Í flóðum verður því skriðþrýstingur mjög mikill og rækileg útskolun frá inntaki skurðs- ins.

Skriðþrýstingur í skurðinum á að vera  $0,1315 \text{ g/cm}^2$  og er óæski- legt að hafa svo mikinn skriðþrýsting í inntaki hans. Þar er öruggara að hafa skurðinn grynnri en breiðari.

### 3.4.2 Bakhækkun eyra

Hvítá á kaflanum Iða-Árhraun er alls staðar aurfljót, en halli aur- fljóts í jafnvægi ákvarðast af þeim skriðþrýstingi, sem þarf til þess að bera allan þann aur, sem að berst. Ef aurfljót er ekki í jafnvægi, vex hallinn smám saman, ef aurburður er meiri en flutningsgeta þess, en minnkar smám saman ef flutningsgeta er meiri en aurburður.

Aurfljótið milli Árhrauns og Iðu endar í broti niður við Hestfjall. Hæð þessa brots stjórnar hæð aurfljótsins þar fyrir ofan. Við stíflun mun jafnvægishalli aurfljótsins raskast og eyrarnar munu hækka unz á ný er komið jafnvægi. Halli eyranna er nálægt  $0,00020$  á móts við Útverkatungu, þar sem vatnsfyllu gætir í flóðum, en nokkru meiri ofar á eyrunum eða um  $0,00024$ .

Sá staður, sem stjórnna mun hæð eyranna eftir stíflun, verður markbakki deltunnar, sem vaxa mun fram í uppistöðuna.

Við tilhögun 1 verða delturnar 2, önnur við inntak skurðsins, en hin við brotið niður við Hestfjall. Hækkun eyranna mun þá ákvarðast af samspili milli þessara delta, þannig að hækkunin verður minni en hækkun á normalvatnsborði á brotinu við Hestfjall, en meiri en hækkun á normalvatnsborði við inntaksskurðinn, þ. e. a. s. milli 0,5 og 0,2 m. Þetta mun gerast ef útskolun um Árhraunsstíflu tekst með þessari tilhögun, en ef útskolun tekst ekki, vex deltað við inntak skurðsins inn í hann og smám saman eftir honum og mun þá deltað ekki stöðvast fyrr en út í Hestvatni að deltað fer að vaxa mjög hægt vegna mikils vatnsdýpis. Ef þetta fær að þróast án þess að nokkuð sé að gert mun af því leiða svipaða bakhækkun eyra og ef deltað niður við Hestfjall stjórnaði henni eitt.

Við tilhögun 3 verður það deltað við inntak veituskurðsins, sem eitt mun stjórna bakhækkun eyranna. Þar verður hækkun á normalvatnsborði 0,5 m við stíflun.

Við tilhögun 2 mun delta myndast við inntak skurðsins, en ekki geta vaxið fram í hann vegna þess að flutningsgeta skurðsins er nægilega mikil til þess að bera allt, sem inn í hann fer alla leið út í vatn. Þetta delta við inntak skurðsins mun stjórna bakhækkun eyranna. Hækkun á normalvatnsborði þar við stíflun er 0,2 m.

Hækkun á normalvatnsborði á þeim stað, sem stjórnar bakhækkun eyra, er einnig um það bil sú bakhækkun, sem búast má við, ef aurfljót er í jafnvægi. Ef rétt er að aurburður Hvítár fari minnkandi má búast við að bakhækkun þar verði ekki fullt eins mikil og hækkun normalvatnsborðs.

Sú bakhækkun, sem verður við stíflun upp í 49,5 m y. s., er algerlega meinlaus, hvaða tilhögun sem valin er á aðveituskurði. Sú hækkun er varla meiri en sveiflur á hæð eyranna á undangengnum öldum. Varla getur tjón orðið á landi fyrr en bakhækkun er orðin allt að því 1 m. Hennar vegna mætti því stífla eitthvað hærra en 49,5 m y. s.

T A F L A 3.2

$q_s = 20225x T^3 \text{ cm}^3/\text{s/cm}$

Discharge rennsli kl/s	hydrolic radius = R ~ mean depth hydrolískur radius = R ~		T = tractive force g/cm <sup>2</sup> T = skriðþrýstingur g/cm <sup>2</sup>		qs = cm <sup>3</sup> /s/cm bed - load transportation			Total bed-load transportation cm <sup>3</sup> /s solids heildarbotnskríð cm <sup>3</sup> /s fast efni				
	meðaldýpi		main		botnskríð			eyri				
	2.4. og 5. all	3. all	2.4. og 5. all	3. all	main channel	2.4. og 5. all	3. all	2. og 3. all	3. all			
175	0.000234	100	30	0.00234	0.0070	0.0117	0.2590	0.0069	0.0324	-	-	6.900
225	0.000234	106	40	0.0248	0.0094	0.0140	0.3094	0.0175	0.0555	-	-	8.500
275	0.000225	116	50	0.0261	0.0113	0.0162	0.3702	0.0288	0.0858	-	-	10.800
300	0.000217	122	56	0.0265	0.0122	0.0169	0.3746	0.0367	0.0993	-	-	11.100
350	0.000192	128	65	0.0246	0.0125	0.0169	0.2994	0.0393	0.0993	-	-	9.600
400	0.000119	143	80	0.0170	0.0095	0.0123	0.0993	0.0175	0.0373	0.0043	0.0043	3.300
800	0.000051	290	227	0.0148	0.0116	0.0128	0.0655	0.0317	0.0416	0.0202	0.0202	2.900
1500	0.000021	452	389	0.0095	0.0082	0.0087	0.0173	0.0112	0.0133	0.0085	0.0085	1.800

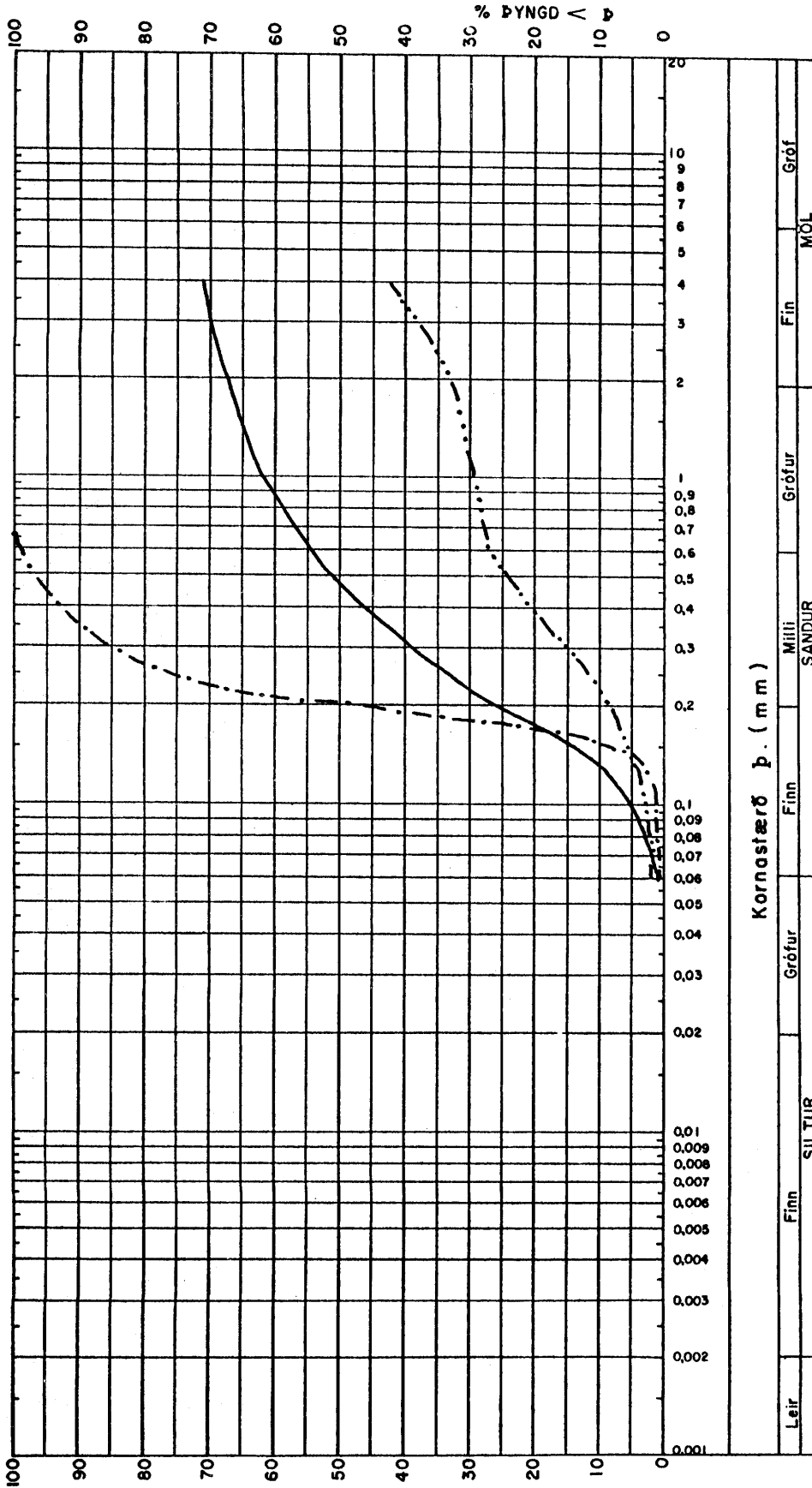
T A F L A 3.3

$$q_s = 10840 \times T^3 \text{ cm}^3/\text{s/cm}$$

$$1,5 \times 10^{-7} R^3$$

discharge rennsli kl/s	slope halli	hydraulic radius = R mean depth		T = tractive force g/cm <sup>2</sup>		T = skriðþrýstingur g/cm <sup>2</sup>		q <sub>s</sub> = cm <sup>3</sup> /s/cm		Total bed-load transportation cm <sup>3</sup> /s solids heildarbotnskrið cm <sup>3</sup> /s fast efni		
		main channel aðaláll	western channel vestur- áll	main channel aðaláll	western channel vestur- áll	main channel aðaláll	western channel vestur- áll	main channel aðaláll	western channel vestur- áll			
100	0.00024	112	34	-	-	0.0269	0.0082	0.0058	0.210	0.0058	-	3 700
200	0.00024	136	58	-	-	0.0326	0.0139	0.0293	0.378	0.0293	-	5 200
300	0.00024	160	82	20	20	0.0384	0.0197	0.0837	0.615	0.0837	0.0012	9 000
400	0.00024	184	106	44	44	0.0442	0.0259	0.1770	0.930	0.1770	0.0127	13 500
500	0.00024	208	130	68	68	0.0499	0.0312	0.3300	1.350	0.3300	0.0465	24 100
600	0.00024	232	154	92	92	0.0557	0.0370	0.5575	1.875	0.5575	0.1170	39 500
800	0.00024	280	202	140	140	0.0672	0.0485	1.2300	3.300	1.2300	0.4095	87 000
1000	0.00024	328	250	188	188	0.0787	0.0600	2.3100	5.250	2.3100	0.9450	168 000
1200	0.00024	376	298	236	236	0.0902	0.0715	3.9300	7.860	3.9300	1.9800	285.000





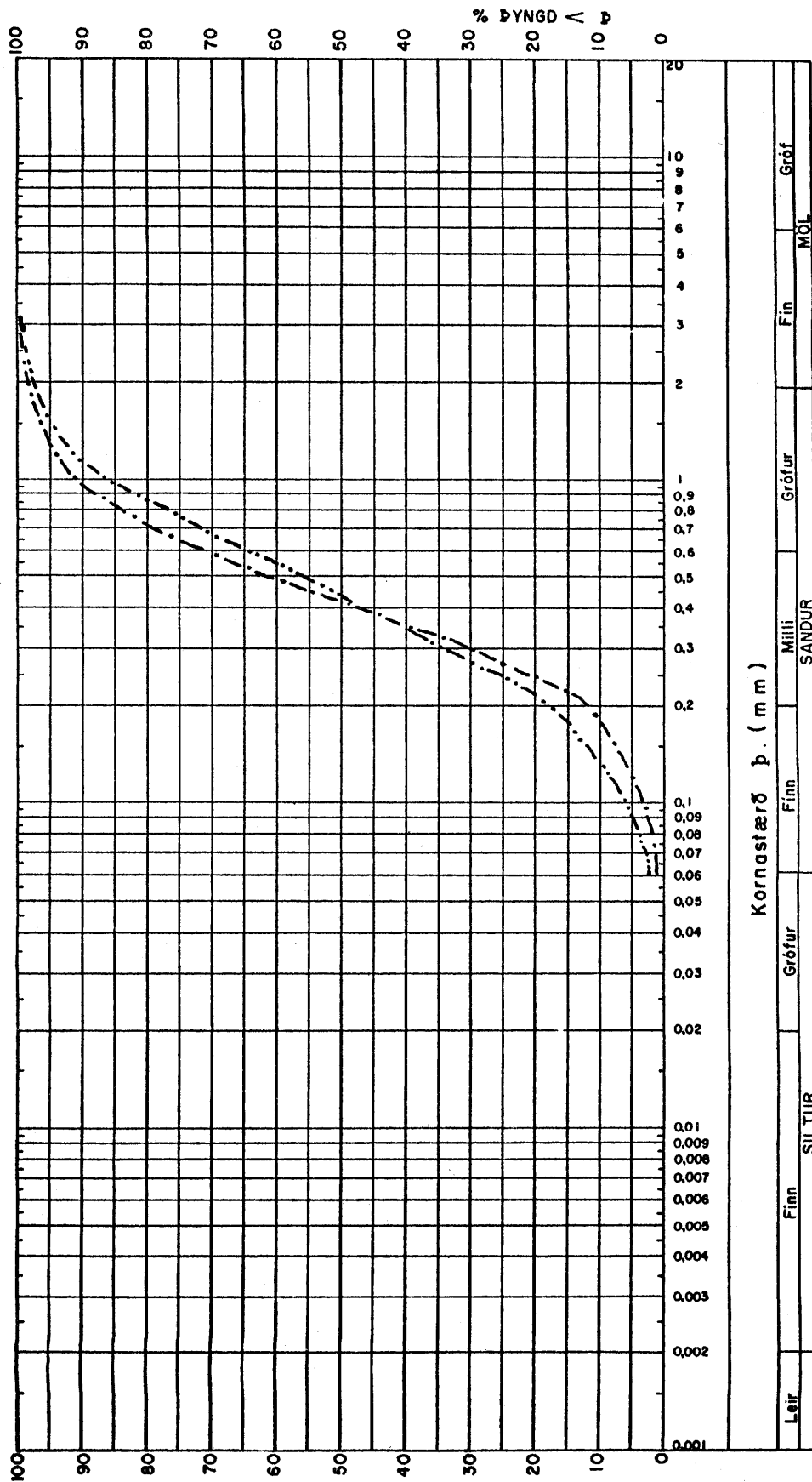
Efni Botnlag - Bed material Sýnishorn nr. Meðalkornastærð:  $\bar{p}$  50% 0.48  
 Rannsóknaraðferð Sigtun-sieve anal. Staður P-3 Hvíta Klöjlaberg Breytileikatala:  $\bar{p}$  60% /  $\bar{p}$  10%  
 Athugasemdir:
 

- Sýnishorn 50, grófast - Sample 50, coarsest
- - - Sýnishorn 47, fínast - Sample 47, finest
- Meðalkúrva 6 sýnishorna - Average gradation curve for 6 samples

RAFORKUMÁLASTJÓRI  
ORKUDEILD

RANNSÓKN Á KORNASTÆRÐUM

Mynd 3.02  
Fig.



0.42

Meðalkornastærð:  $\bar{p}$  50 %

Synishorn nr. 12 og 13

Brot í Hvíta ofan Árhrauns

Breytileikatala:  $\bar{p}$  60 % /  $\bar{p}$  10 %

Sample 12

Sample 13

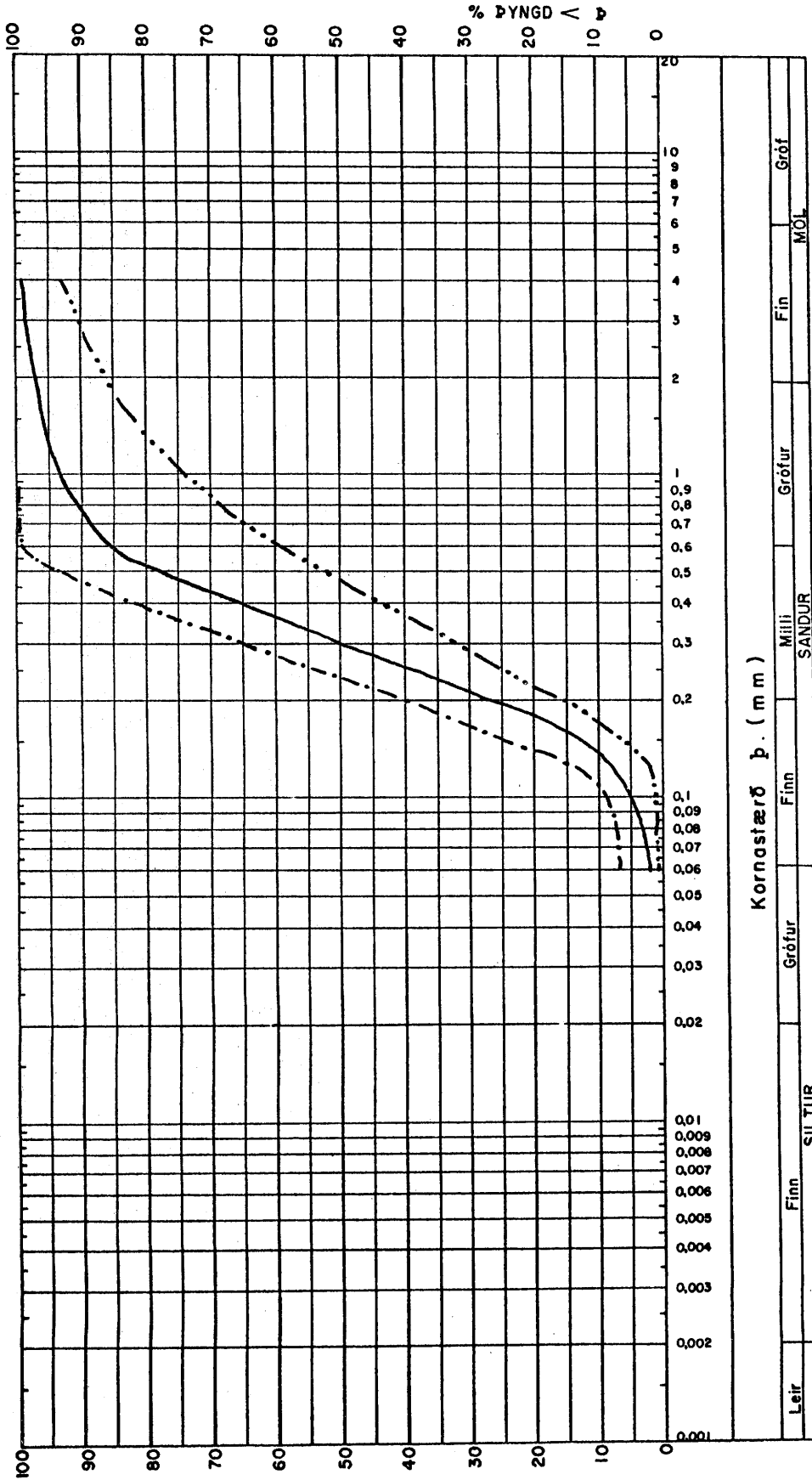
Efni Botnlag-Bed material

Rennsáneróð Sigstun-sieve analysis

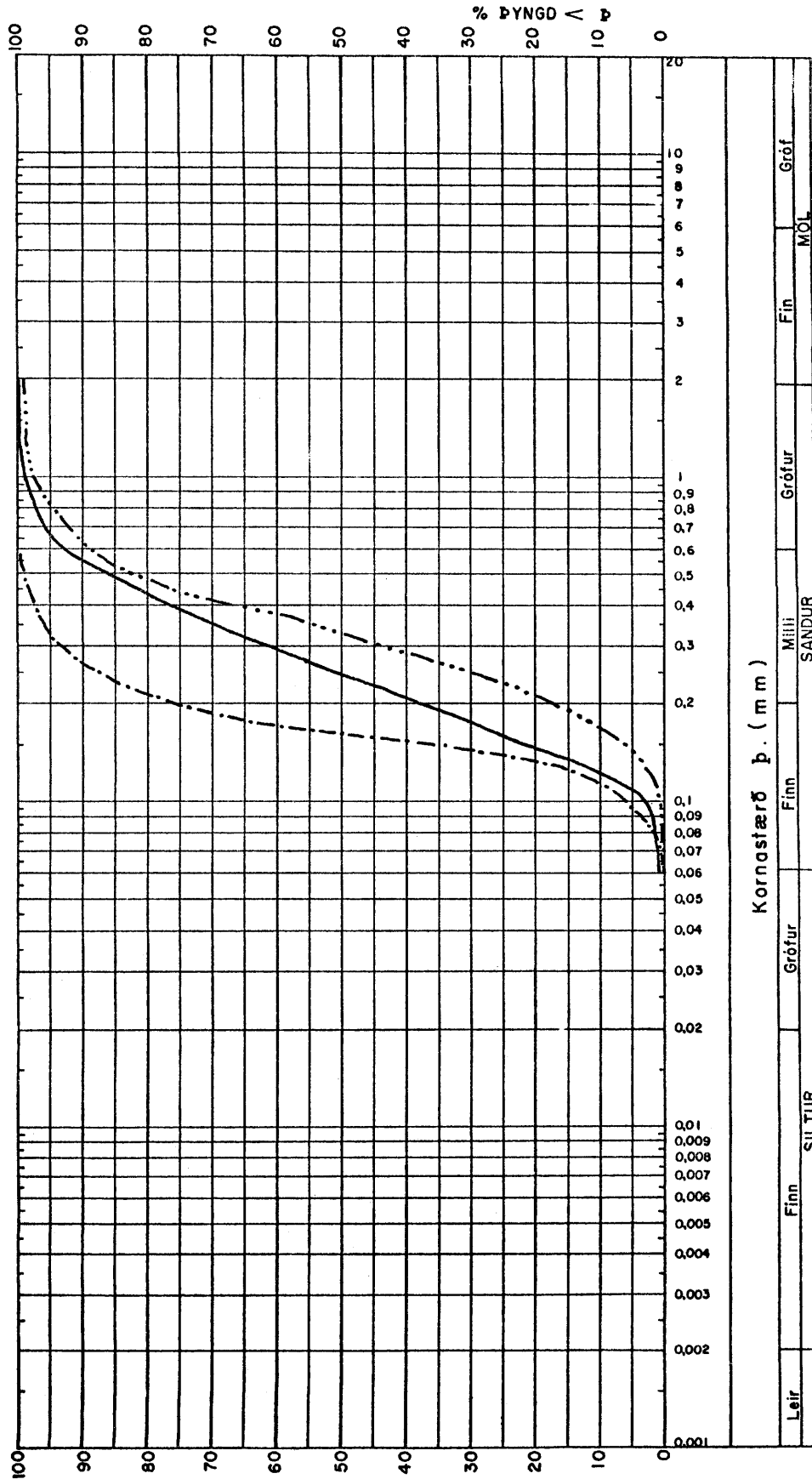
Athugasemdir

Synishorn 12

Synishorn 13

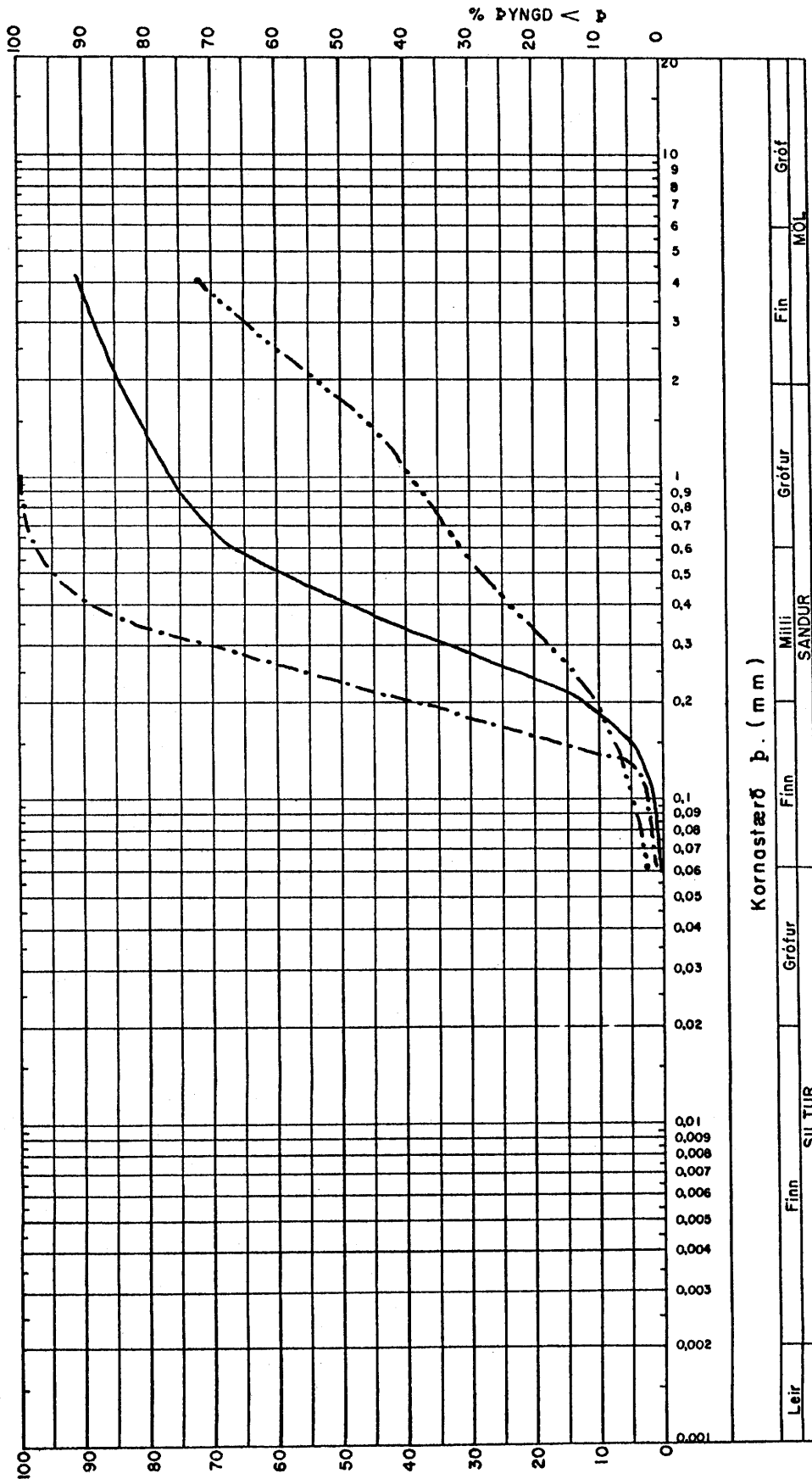


Botnlag-Bed material  
 Efni Botnlag-Bed material  
 Synishorn nr. Meðalkornastærð: P 50 % 0.31  
 Hvíta Útverk  
 Rannsóknaraðferð Sigtun-sieve anal. Staður P-4 Hvíta Útverk  
 Breytileikatala: P 60 % / P 10 %  
 Athugasemdir Synishorn 3, grofast - Sample 3, coarsest  
 Synishorn 4, fínast - Sample 4, finest  
 Meðalkúrva 9 sýnishorna - average gradation curve for 9 samples

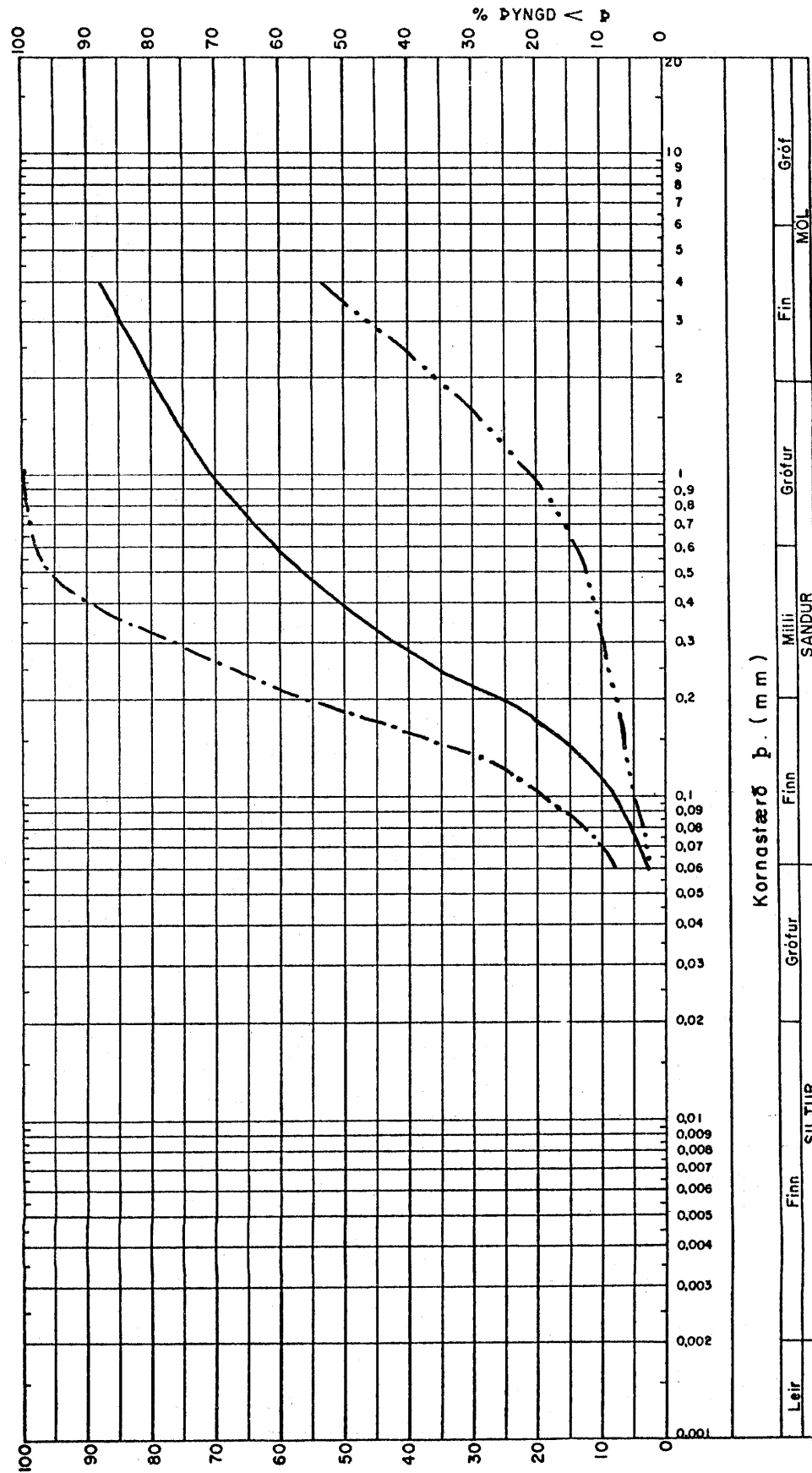


Botnlag-bed material Sýnishorn nr. Meðalkornastærð:  $P$  50% 0.25  
 Rannsóknaraðferð Sigðun-sieve anal. Staður P-5 Bruara við Skálholtstun. Reykjavíkatala:  $P$  60% /  $P$  10%  
 Afhugasemdir Sýnishorn 26, grófast - Sample 26, coarsest  
 Sýnishorn 28, fínast - Sample 28, finest  
 Meðalkúrva 3 sýnishorna - Average gradation curve for 3 samples

Mynd  
Fig. 3.05

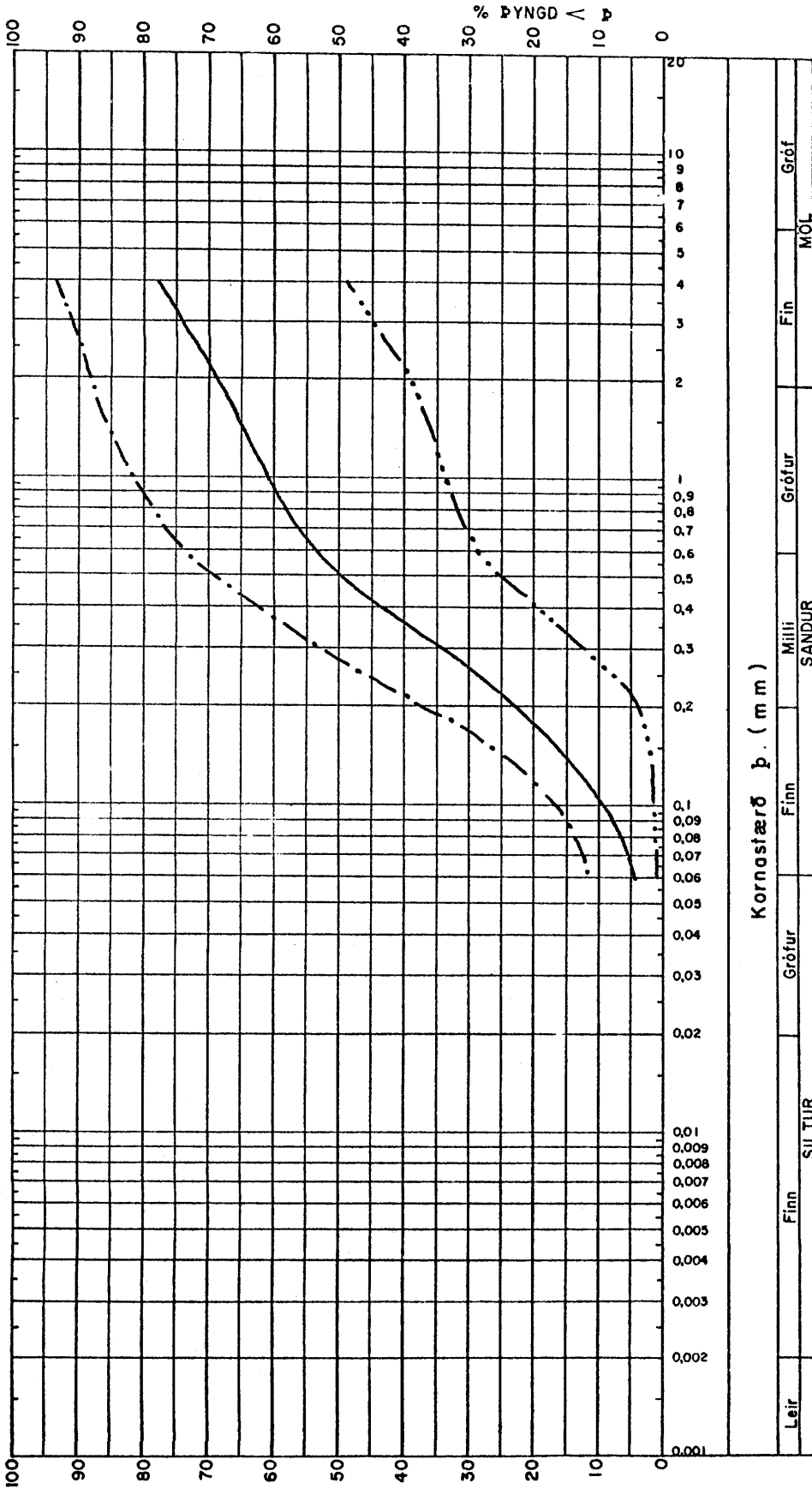


Efni Botnlag-bed material  
 Synishorn nr. Meðalkornastærð:  $\bar{p}$  50% 0.40  
 Rannsóknaraðferð Sigturn-sieve anal. Staður P-6 Hvítá Svartagil Breytileikatala:  $\bar{p}$  60% /  $\bar{p}$  10%  
 Athugasemdir  
 Synishorn 21, grófast - Sample 21, coarsest  
 Synishorn 24, finast - Sample 24, finest  
 Meðalkúrva 8 synishorna - average gradation curve for 8 samples

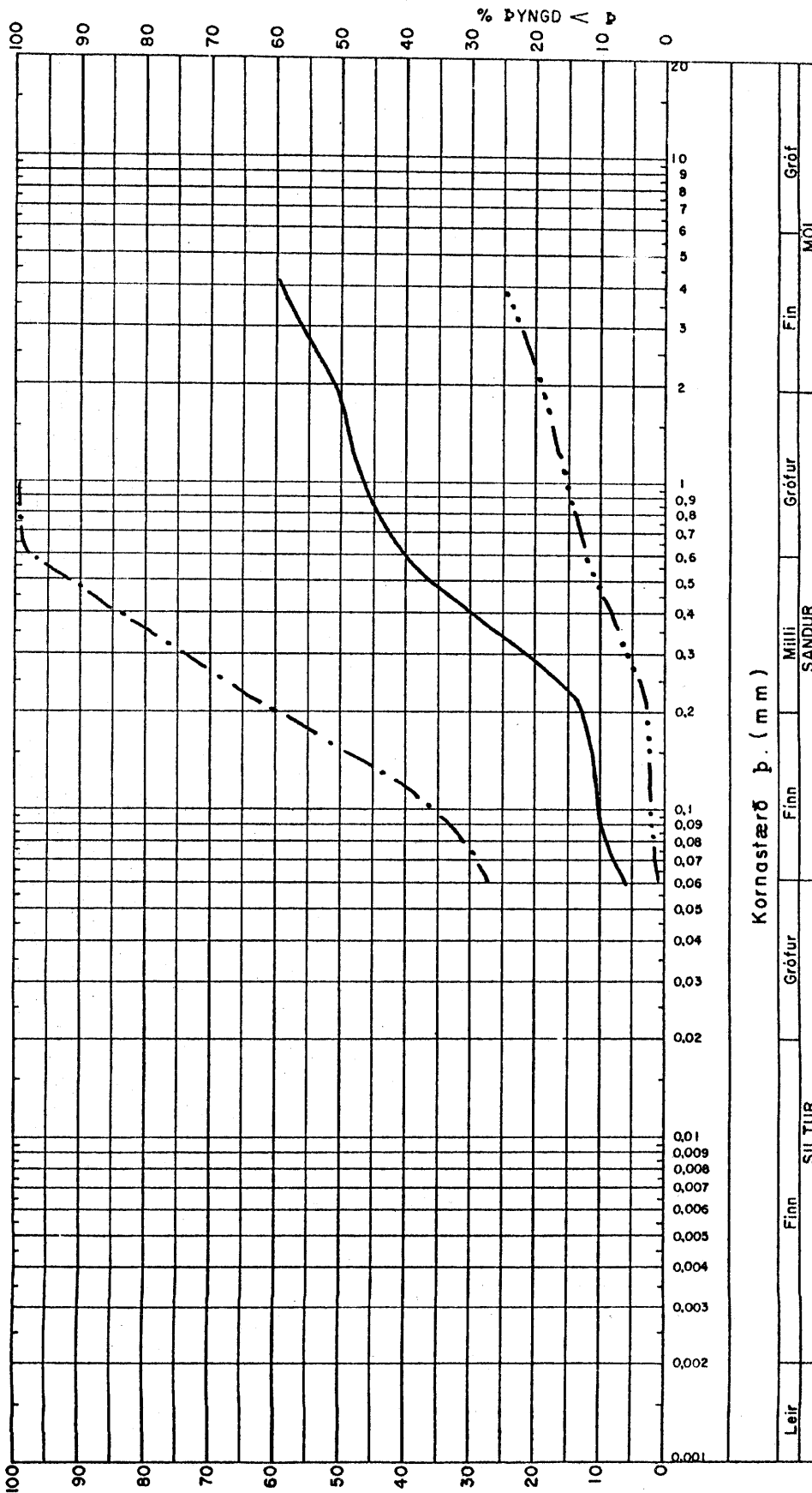


Efni Botnlag-Bed material Synishorn nr. 7 Hvíta Íða Meðalkornastærð:  $P_{50}$  % 0.40  
 Rannsóknaraðferð Sigtun-sieve anal Grostur p-7 Hvíta Íða Breytileikatala:  $P_{60}$  % /  $P_{10}$  %  
 Athugasemdir Synishorn 17, grofast - Sample 17, coarsest  
 Synishorn 15, finast - Sample 15, finest  
 Meðalkúrva 4 sýnishorna - average gradation curve for 4 samples

Mynd 3.07  
Fig.



Efni Botnlag-Bed material Sýnishorn nr. Meðalkornstærð:  $\bar{p}$  50% 0.52  
 Rannsóknaraðferð Sigtun-Sieve anal. Staður P-8 Stóra Laxá við Ósabakku Breytileikatala:  $\bar{p}$  60% /  $\bar{p}$  10%  
 Athugasemdir ..... Sýnishorn 38, grófast - sample 38, coarsest  
 ..... Sýnishorn 39, finast - sample 39, finest  
 ..... Meðalkúrva 3 sýnishorna - average gradation curve for 3 samples



Efn Botnlag-Bed material  
 Rannsóknaraðferð Sigtun-sieve anal.  
 Athugasemdir

Sýnishorn nr. P-9 Hvíta Auðsholt  
 Sýnishorn 43, grófast - sample 43, coarsest  
 Sýnishorn 40, fínast - sample 40, finest  
 Meðalkúrva 5 sýnishorna - average gradation curve for 5 samples

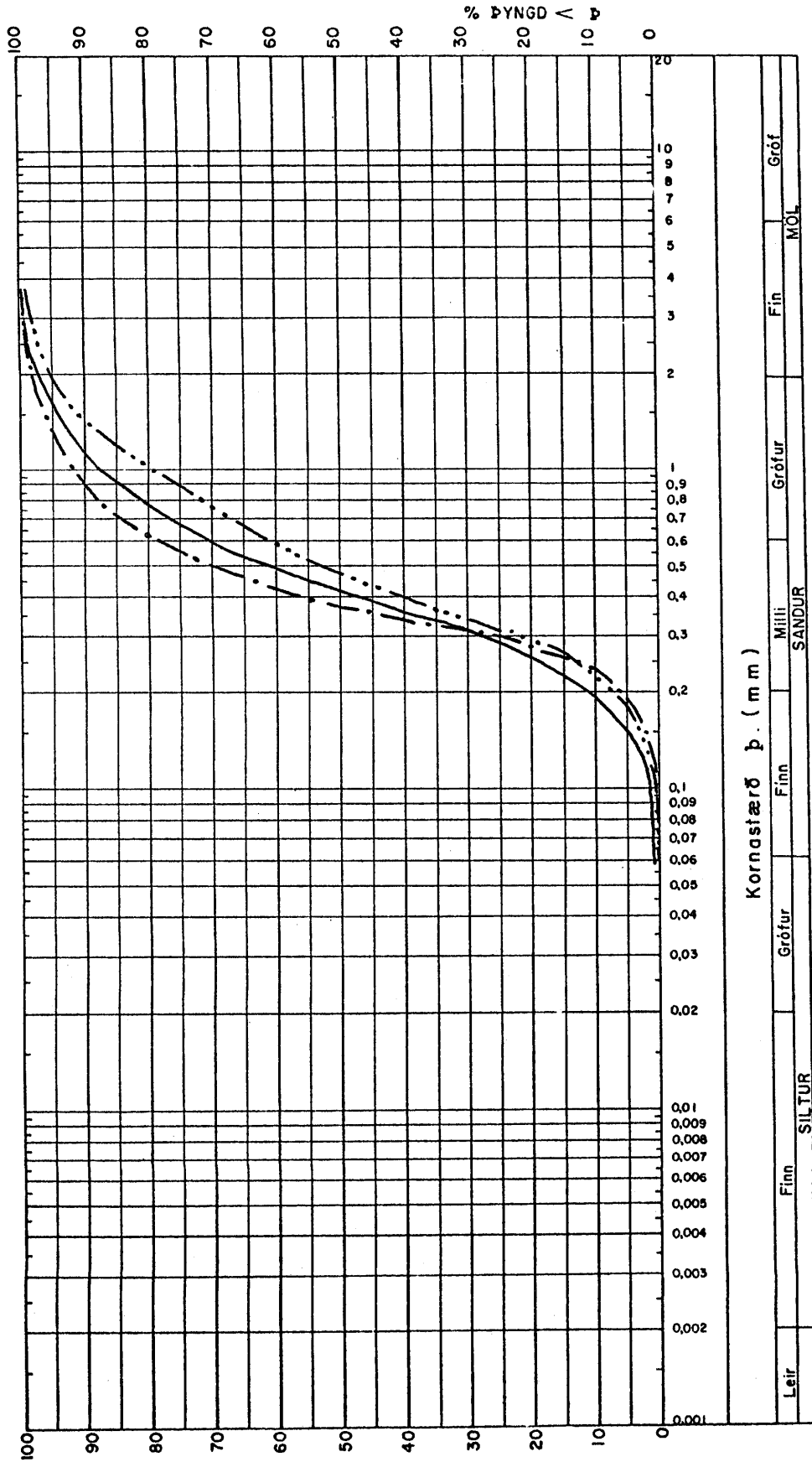
Meðalkornastærð:  $\bar{P}$  50% 1,8  
 Breytileikatala:  $\bar{P}$  60% /  $\bar{P}$  10%



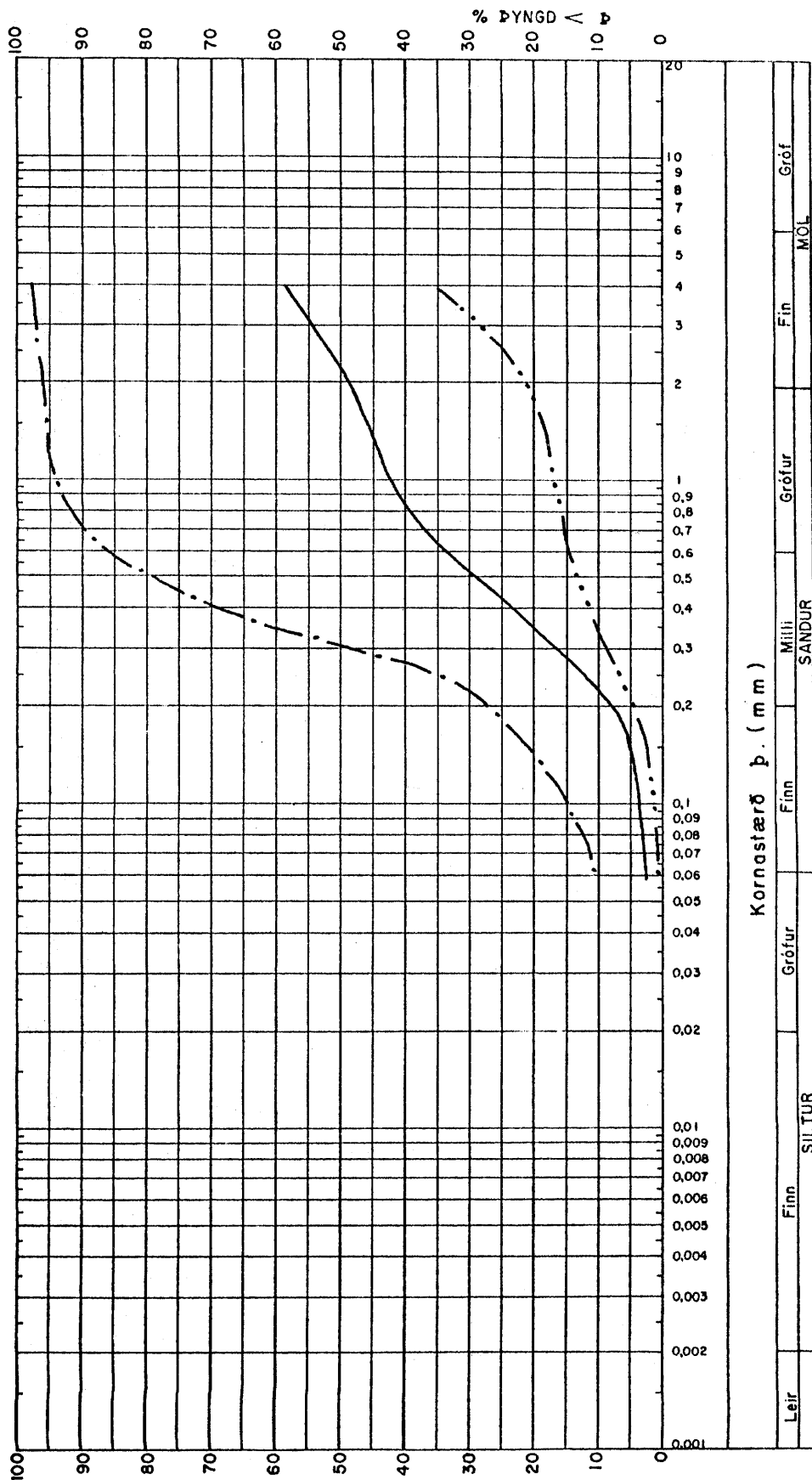
RAFORKUMÁLASTJÓRI  
ORKUDEILD

RANNSÓKN Á KORNASTÆRÐUM

Mynd 3.09  
Fig.



Botnlag-Bed material  
 Efn. Sýnishorn nr. Meðalkornstærð:  $\bar{p}$  50% 0.42  
 Rannsóknaraðferð Sigtaur P-10 Tungufljót við Krok Breytileikatala:  $\bar{p}$  60% /  $\bar{p}$  10%  
 Athugasemdir Sýnishorn 34, grófast - sample 34, coarsest  
 Sýnishorn 35, fínast - sample 35, finest  
 Meðalkúrva 3 sýnishorna - average gradation curve for 3 samples



Kornastærð p. ( m m )

Leir	Finn	Gröfur	Finn	Milli SANDUR	Gröfur	Fin	Gröf
	SILTUR						MÖL

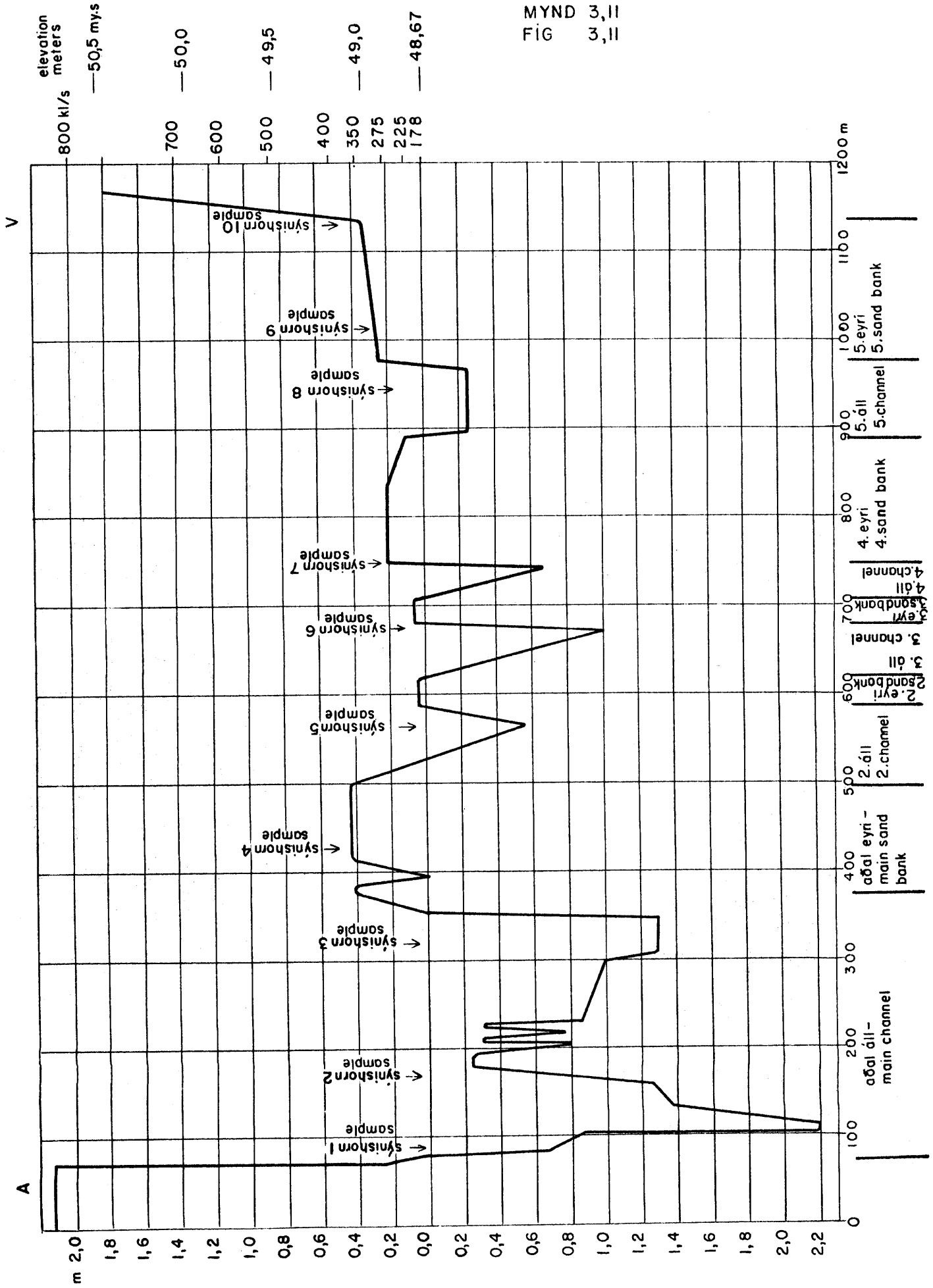
Efni Botnlag-Béd material  
 Rannsóknaraðferð Sigstun-Sieve anal.  
 Athugasemdir

Sýnishorn nr. P-11 Hvíta Bræðratunga  
 Sýnishorn 31, grófast - sample 31, coarsest  
 Sýnishorn 33, finast - sample 33, finest  
 Meðalkúrva 5 sýnishorna - average gradation curve for 5 samples

Meðalkornastærð: p 50% 2.3  
 Breytileikatala: p 60% / p 10%

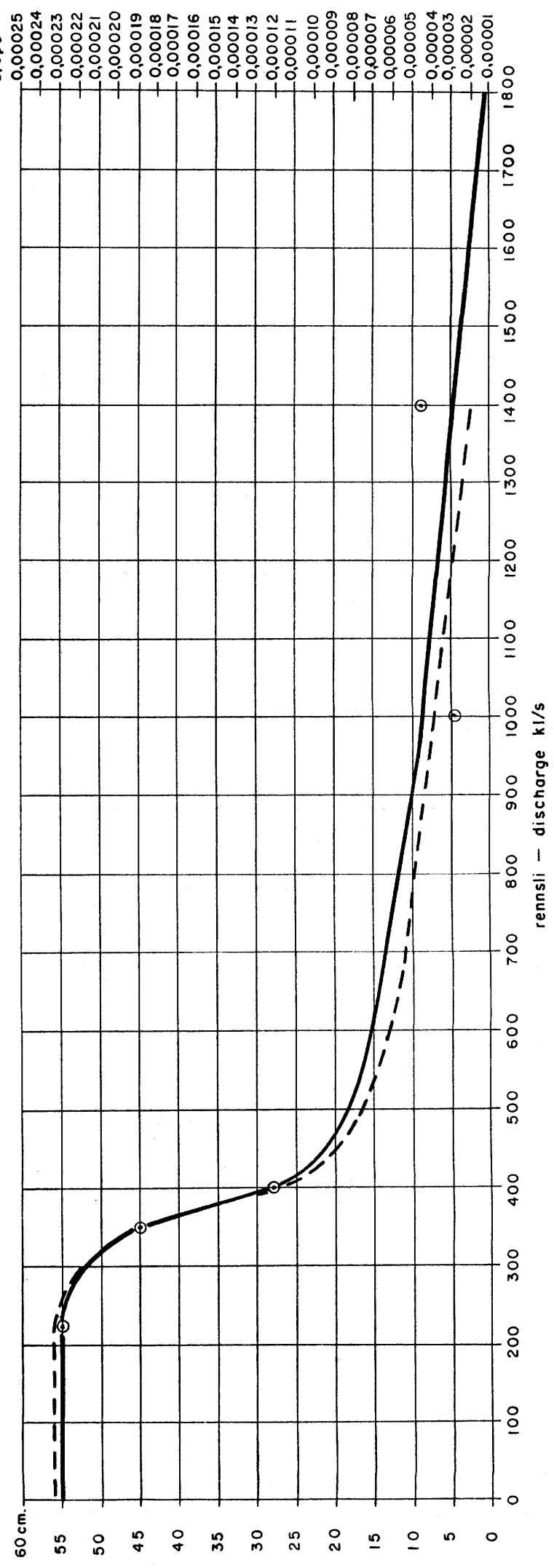
Hestsvatns- virkjun	RAFORKUMÁLASTJÓRI	3.6.61 HT/GG
	Orkudeild	Tnr. 282
	Þverskurður þ-4, Hvítá á móts við Útverkatungu. - Hvítá cross section þ-4 at Útverkatunga	B- 274
		Fnr. 5420

MYND 3,II  
FIG 3,II



- Mælt fall - Útverk - Bauluós - measured head Útverk - Bauluós cm
- Fall Útverk - Bauluós tekið í útreikningana - head Útverk - Bauluós used in calculation
- - Halli við mismunandi rennsli - slope at various discharge

MYND 3,12  
FIG 3,12



Hestsvatns- virkjun	RAFORKUMÁLASTJÓRI	2.6'61 HT/GG
	Orkuveild	Tnr. 283
	Samband halla ogrennsli við Útverkatungu Relation between slope and discharge at Útverkatungu	B - 274
		Fnr. 5421

Hestvatnsvirkjun

RAFORKUMÁLASTJÓRI

Orkudeild

Samband rennslis og vatnshæðar þ-4  
Stage discharge relationship for þ-4

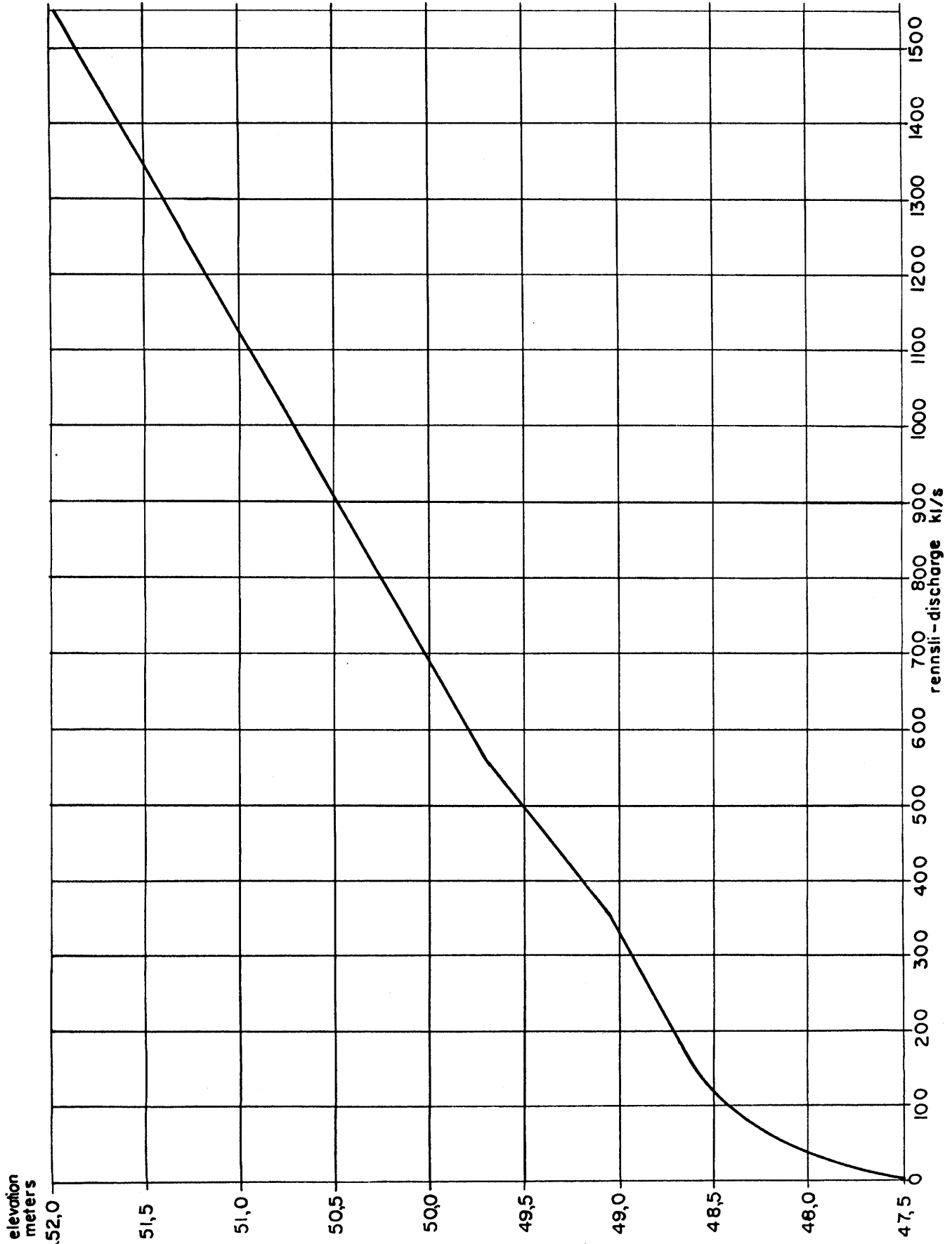
25.5'6I HT/GG

Tnr. 284

B- 274

Fnr. 5422

MYND 3,13  
FIG 3,13



HESTVATN  
VirkJun.

RAFORKUMALASTJÓRI

Orkudeild

Botnskríð og langæisliða rennslis við þ-4.  
Bed-load transportation and flow duration curve  
of þ-4.

266I HT/PJ

TNR. 285

B-274

FNR. 5 4 2 3

MYND 3,14

FIG 3,14

Botnskríð 250 000 m<sup>3</sup> af föstu  
efni með eðlisþyngd 2,7 g/cm<sup>3</sup>  
= 680 000 tonn eða 500 000 m<sup>3</sup> á ári  
af seti með eðlisþyngd 1.3 - 1.49 g/cm<sup>3</sup>

Bed-load transportation 250 000 m<sup>3</sup>  
solids with specific weight 2.7 g/cm<sup>3</sup>  
= 680 000 metric tons or  
500 000 m<sup>3</sup> pr. ánum sediment with specific weight  
1.3 - 1.4 g/cm<sup>3</sup>

1578 m<sup>3</sup> af föstu efni

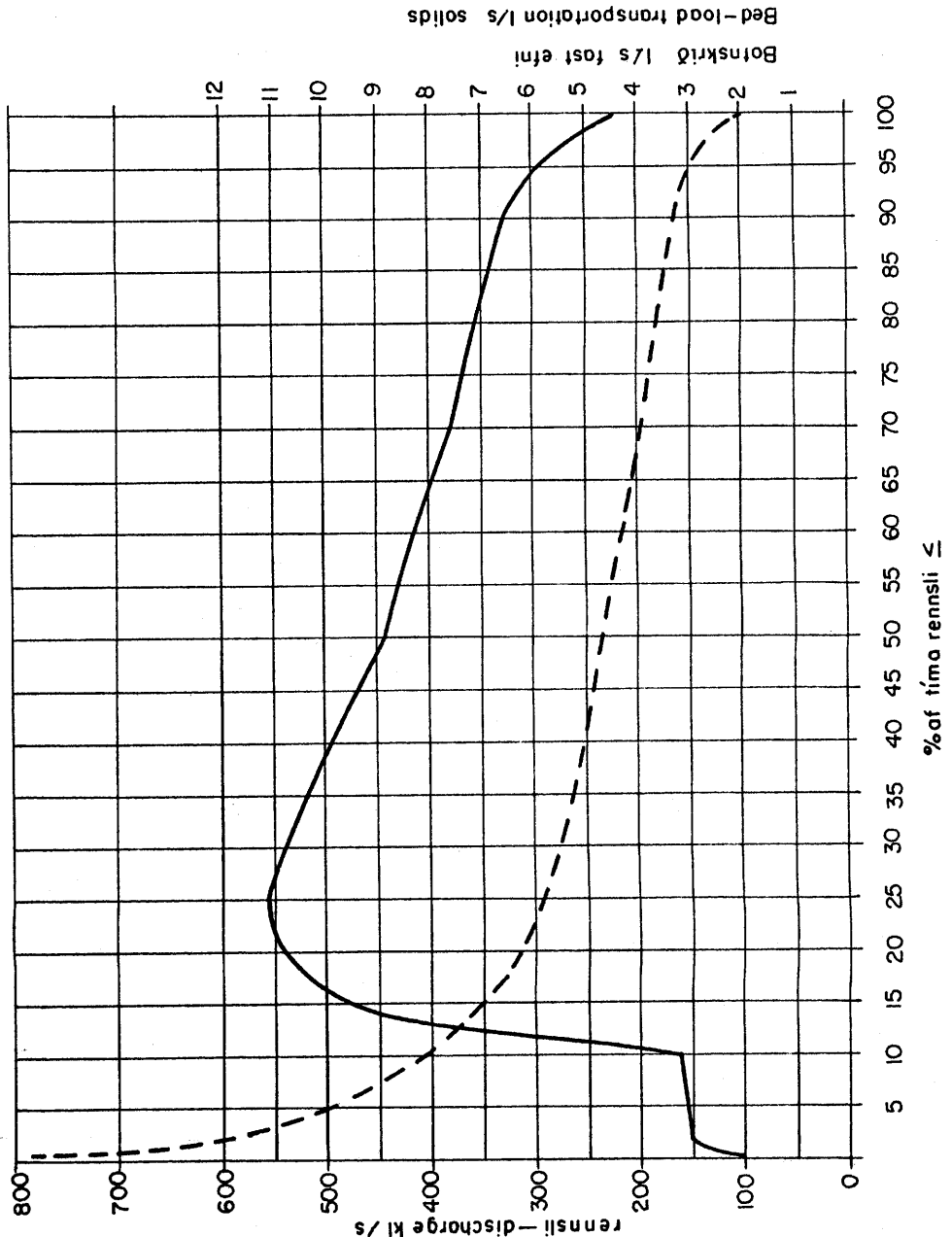
1578 m<sup>3</sup> solids

Langæisliða rennslis

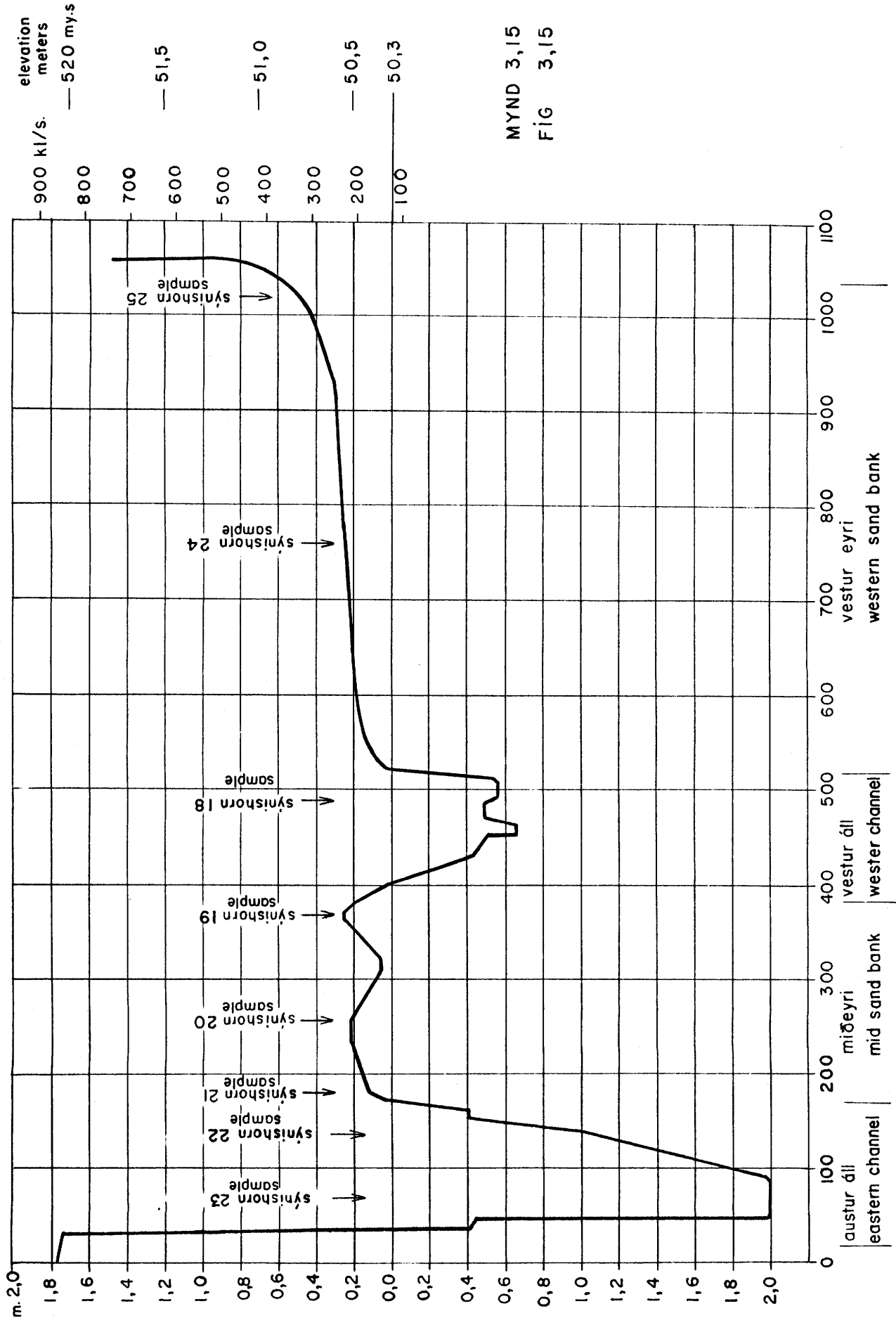
Flow duration curve

Botnskríð við samsvarandi rennslis

Bed-load transportation at corresponding flow



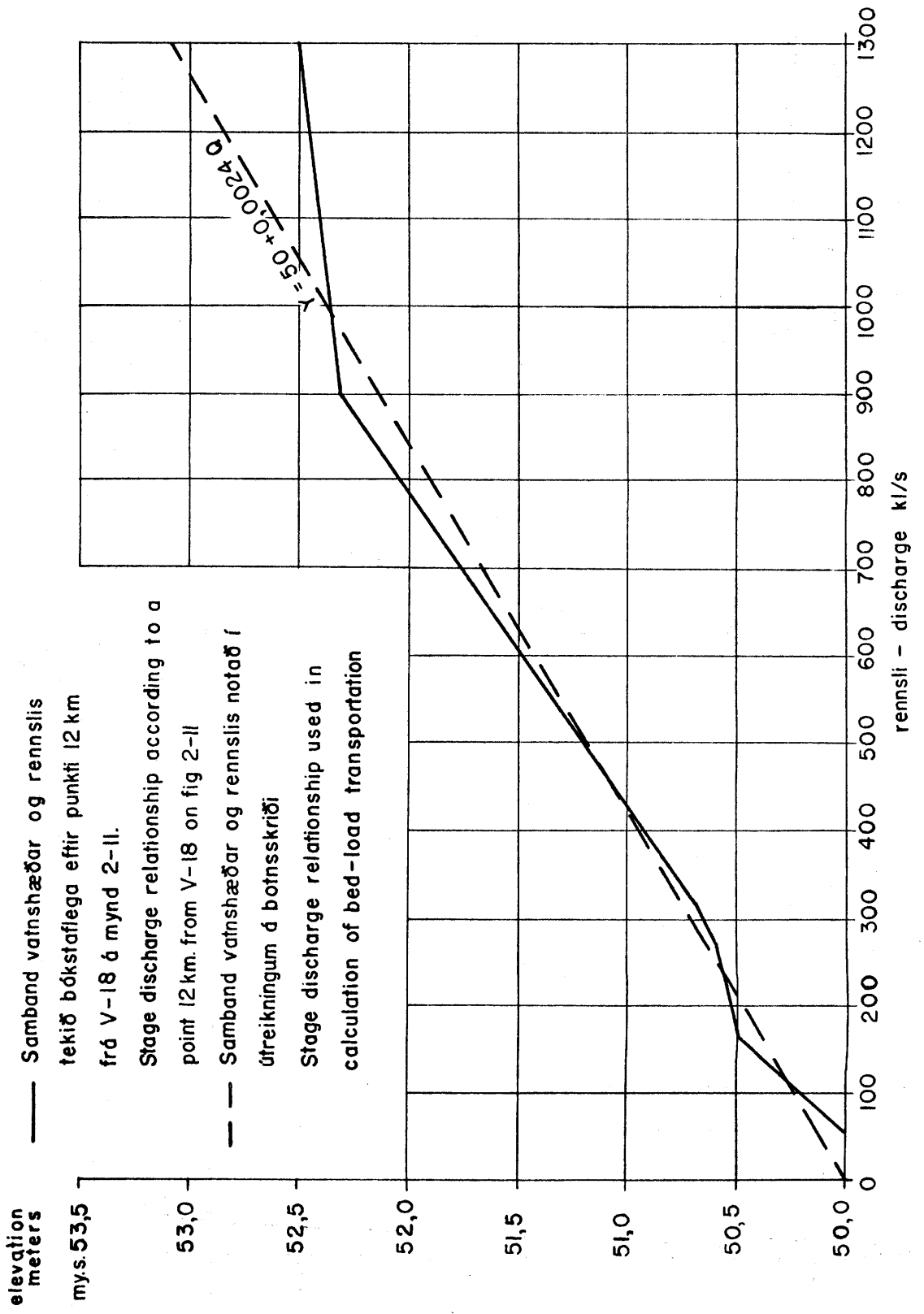
Hestsvatns - virkjun	RAFORKUMÁLASTJÓRI	31.5'61 HT/GG
	Orkudeild	Tnr. 286
	Þverskurður þ-6, Hvítá á mótis við Svartagil	B- 274
	Hvítá, cross section þ-6 at Svartagil	Fnr. 5424



MYND 3,15  
FIG 3,15

Hestsvatns - virkjun	RAFORKUMÁLASTJÓRI	29.5'6I HT/GG
	Orkudeild	Tnr. 287
	Samband rennslis og vatnshæðar þ-6	B- 274
	Stage discharge relationship for þ-6	Fnr. 5425

MYND 3,16  
FIG 3,16





MYND 3,17

FIG 3,17

Hestvatns virkjun	RAFORKUMALASTJÓRI	2.6.6I HT/PJ
	Orkudeild	TNR. 288
	Botnskríð- og langæisliða rennslið við P-6.	B-274
	Bed-load transportation and flow duration curve at P-6	FNR.5426

rennsli - discharge kl/s

