

RAFORKUMÁLASTJÓRI

SKÝRSLA

UM

SÚGPURRKUNARATHUGANIR

MÆLINGAR SÚGPURRKUNARNEFNDAR

OG FRÆÐILEGAR ATHUGANIR

EFTIR

PORBJÖRN KARLSSON

REYKJAVÍK 1956

RAFORKUMÁLASTJÓRI

SKÝRSLA

UM

SÚGPURRKUNARATHUGANIR

MÆLINGAR SÚGPURRKUNARNEFNDAR

OG FRÆÐILEGAR ATHUGANIR

EFTIR

ÞORBJÖRN KARLSSON

REYKJAVÍK 1956

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

	Bls.
Myndaskrá	2
Skrá yfir töflur	3
Skrá yfir merkingu bókstafa	4
I. INNGANGUR	6
II. MÆLINGAR SÚGÞURRKUNARNEFNDAR	7
A. Eðli mælinganna og framkvæmd þeirra	7
B. Viðnám heysins gegn blæstri og aflþörf	10
C. Rakamælingar	15
D. Rakainnihald heysins og fóðurgildi	18
III. EÐLI ÞURRKUNARINNAR	20
A. Fræðilegar athuganir	20
B. Athuganir í enskum hlöðum	24
C. Íslenzkar aðstæður	27
IV. NIÐURSTÖÐUR OG LOKAORÐ	31
Viðbætur	33
Skýrsla um orkusölu héraðsrafmagnsveitna ríkisins til súgþurrkunar árin 1949-1955	
Skrá um heimildarrit	43

MYNDASKRÁ

1. - 9. Mælingar súgþurrkunarnefndar, hæð heystabba, statiskur yfirþrýstingur, aflþörf, loftmagn, viðnám heysins gegn blæstri.
10. Dreifing þrýstings í heyi.
11. - 13. Aflþörf til súgþurrkunar fyrir mismunandi úrhleðslutæki.
14. Rakamælingar að Hlíð, 15. ágúst 1953.
15. Þurrkunarlínurit.
16. Jafnvægisrakainnihald nokkurra jurta.
17. - 18. Línurit yfir jöfnur (16) og (17).
19. - 22. Þurrkunarlínurit fyrir nokkrar enskar hlöður.
23. - 24. Línurit yfir raka- og varmainnihald lofts.
25. Þurrkunartími fyrir mismunandi rakainnihald við hirðingu.
26. Áhrif breytilegs loftmagns á þurrkunartíma.
27. Áhrif breytilegs loftsraka á þurrkunartíma.
28. Rakainnihald lofts, sem blásið hefur verið í gegnum heystabba.

SKRÁ YFIR TÖFLUR

- I Athugunarstaðir súgþurrkunarnefndar. Helztu einkenni súgþurrkunarkerfa.
- II Gildi á α fyrir mismunandi úrhleðslutæki.
- III Rakamælingar lofta úti og yfir heyi.
- IV Raka- og karótín-mælingar á heyi frá Keldum, 1951.
- V Fóðurgildisathuganir á heyi.
- VI Orkunotkun og loftmagn fyrir nokkrar enskar hlöður.
- VII Lofthiti og raki í West Raynham, Englandi, 1947.
- VIII Reiknuð gildi á $a \beta / R_k$ fyrir nokkrar enskar hlöður.
- IX Lofthiti og raki í Reykjavík, meðaltöl 1947-1953.
- X Lofthiti og raki í Reykjavík, júní-okt., 1955.

SKRÁ YFIR MERKINGU BÓKSTAFNA

- a = Yfirborðsflatarmál heys; m^2/m^3
- a_0 = Yfirborðsflatarmál heys við $t = 0$; m^2/m^3
- C = Konstant
- d = Meðalþvermál grassins; cm
- e = 2,718... = grunntala náttúrulegra logaritma
- F = Flatarmál hlöðu; m^2
- F = Rakainnihald heys; kg H_2O /kg þurrt hey
- F_1 = Upprunalegt rakainnihald heys; kg H_2O /kg þurrt hey
- F_k = Kritískt rakainnihald heys; kg H_2O /kg þurrt hey
- F_0 = Jafnvægisrakainnihald heys
- G = Blásið loftmagn; kg þurrt loft/klst, m^2
- H = Rakainnihald blásturslofts; $H(z, t)$
- H_1 = Upprunalegt rakainnihald blásturslofts; kg H_2O /kg þurrt loft
- H_s = Mettunarrakainnihald blásturslofts; kg H_2O /kg þurrt loft
- h = Stabbahæð; m
- h_0 = Stabbahæð við $t = 0$; m
- k = Lekastuðull heysins
- k_1 = Lekastuðull heysins fyrir $Z = h$
- k_0 = Lekastuðull heysins fyrir $Z = 0$
- N = Aflþörf blásara; kW
- n = $p = C \cdot G^n$
- P = Þyngd þurrs heys; kg/m^3
- P_0 = P við $t = 0$
- p = Þrýstingur loftsins; kg/m^2
- Δp = Þrýstingsfall loftsins upp í gegnum heyið; kg/m^2

- p_0 = Loftþrýstingur í blástursstokk ($Z = 0$)
- Q = Blásið loftmagn; m^3/sek .
- Q_m = Varmaaukning blásturslofts vegna hreyfils; kcal/kg
- Q_δ = " " " " " öndunar heysins; kcal/kg
- R = $F - F_0$
- R_1 = $F_1 - F_0$
- R_k = $F_k - F_0$
- Re = Reynold's tala
- S = $H_s - H$
- S_1 = $H_s - H_1$
- t = Tími; klst.
- v = Loftmagn/tímaeiningu, flatareiningu = lofthraði; m/sek.
- z = Hæðarkoordinat heysins
- z_0 = Hæðarkoordinat heysins við $t = 0$
- α = $Q \cdot h / F \cdot \Delta p$
- α_0 = Gildið á α við 4 m stabbahæð
- β = Hlutfallsstuðull; kg þurr loft/klst, m^2 yfirborðs
- μ = Núningsstuðull loftsins; poise
- η = Heildarnýtni blásara og hreyfils
- ρ = Eðlisþyngd loftsins; kg/m^3

I. INNGANGUR

Íslenskir bændur hafa löngum verið algjörlega háðir veðráttu með öflun heyja sinna, og hefur því oft tekizt misjafnlega til bæði með magn heysins og gæði. Á síðari árum hefur hér hins vegar orðið nokkur breyting á, er súgþurrkun tók að ryðja sér til rúms. Mun það álit allra, er til þekkja, að öryggi þeirra bænda við öflun heyfengs, sem súgþurrkun hafa, sé mun meira en hinna, sem enga súgþurrkun hafa, og jafnvel, að súgþurrkun eða hraðþurrkun heys og votheysgerð séu einu úrræðin til öflunar sæmilegs fóðurs í slíkri óþurrkatíð, sem var hér á suður- og vesturlandi sumarið 1955.

Á árinu 1950 var skipuð nefnd af þáverandi landbúnaðarráðherra, Hermanni Jónassyni, er gera skyldi athuganir á súgþurrkun hér á landi, og hlaut hún nafnið súgþurrkunarnefnd. Sæti í nefndinni áttu í upphafi Baldur Steingrímsson, tilnefndur af Sambandi íslenskra rafveitna, Bragi Ólafsson, tilnefndur af Landssmiðjunni, Guðjón Guðmundsson, tilnefndur af raforkumálastjóra, Haraldur Árnason, tilnefndur af Sambandi íslenskra samvinnufélaga, og Hjalti Pálsson, tilnefndur af Búnaðarfélagi Íslands. Sú breyting varð þó síðar á nefndinni, að Einar Eyfells tók sæti Hjalta Pálssonar og Gunnar Tómasson og síðar Sigurður B. Magnússon tóku sæti Braga Ólafssonar. Guðjón Guðmundsson var kjörinn formaður nefndarinnar.

Athuganir og mælingar nefndarinnar hófust sumarið 1951, og hefur þeim verið haldið áfram síðan, en aðalathuganirnar voru framkvæmdar sumrin 1952 og 1953. Athuganir þessar hafa einkum verið í því fólgnað að bera saman aflþörf ýmissa gerða súgþurrkunarblásara og mæla viðnám heysins gegn blæstri. Auk þess hafa verið framkvæmdar rakamælingar, fóðurgildisathuganir og ýmsar fleiri athuganir í nokkrum hlöðum.

Við þessi athugunarstörf hafa unnið Þóroddur Th. Sigurðsson, vélaverkfræðingur, Baldur Helgason, raffræðingur, og síðar Þorsteinn Björnsson, raffræðingur, allir á vegum nefndarinnar, en af nefndarmönnum sjálfum einkum þeir Einar Eyfells og Guðjón Guðmundsson. Allir þessir menn hafa unnið athugunarstörf sem aukastörf með öðrum störfum.

Raforkumálastjóri, Jakob Gíslason, beitti sér fyrir skipun nefndarinnar á sínum tíma og veitti henni alla þá aðstoð, er tók voru á við athugunarstörfin. Í fyrrihluta janúarmánaðar 1954 ritaði hann núverandi landbúnaðarráðherra, Steingrími Steinþórssyni, bréf, þar sem bent var á, að komið væri að því að vinna að fullu úr rannsóknargögnum og mælingum, er gerðar hefðu verið á vegum nefndarinnar, semja skýrslu um rannsóknirnar og greinargerð um niðurstöður þeirra. Fór hann þá þess á leit við Pál Sigurðsson, verkfræðing hjá raforkumálaskrifstofunni, að hann tæki starfið að sér, og var horfið að því ráði með samþykki ráðherra. Vann Páll um nokkurn tíma eingöngu að þessu starfi og skrifaði grein um súgþurrkun og súgþurrkunartækni, er birtist í búnaðarblaðinu Frey í júlí 1954, en því miður hvarf hann frá störfum hjá raforkumálaskrifstofunni, áður en fyrrnefndri skýrslugerð var lokið. Lá þá málið niðri um hríð, en haustið 1955 fór raforkumálastjóri þess á leit við höfund þessarar skýrslu, að hann tæki starfið að sér og varð það að ráði.

Skýrsla sú, sem hér birtist, skiptist í tvo aðalhluta. Eru í fyrri hlutanum rakin athugunarstörf súgþurrkunarnefndar og settar fram þær ályktanir, sem af þeim má draga. Síðari hlutinn fjallar um þurrkun frá fræðilegu sjónarmiði, og tilraun gerð til að skýra súgþurrkun út frá því. Að lokum eru niðurstöður þær, sem fengizt hafa, dregnar saman og settar fram tillögur um áframhaldandi athuganir og rannsóknir.

II. MÆLINGAR SÚGÞURRKUNARNEFNDAR

A. Eðli mælinganna og framkvæmd þeirra

Athuganir súgþurrkunarnefndar hófust á árinu 1951 og hefur þeim verið haldið áfram síðan, en aðalathuganirnar voru framkvæmdar sumrin 1952 og 1953. Þær hlöður, sem athuganir voru gerðar í á vegum nefndarinnar, eru taldar upp í töflu I, og er í þeirri töflu einnig að finna upplýsingar um stærðir blásara og hreyfla, ennfremur um úrhleðslutæki, ef einhver voru.

Þær mælingar, sem nefndin lét gera, voru sem hér segir :

1. Heymagn og stabbahæð.
2. Loftmagn, sem blásið var í gegnum heyið.
3. Statiskur yfirþrýstingur í aðalstokk miðað við blásarahús.
4. Aflþörf blásara.

Auk framannefndra mælinga voru eftirfarandi athuganir gerðar í nokkrum hlöðum:

5. Loftraki úti og yfir heyi í hlöðu.
6. Dreifing þrýstings á mismunandi stöðum í heystabba (Gljúfurholt, Blikastaðir, Brekka, 1952).
7. Rakainnihald fullþurrkaðs heys (Keldur, 1951).
8. Karótíninnihald heysins (Keldur, 1951).
9. Fóðurgildi heysins (Keldur, 1951 og 1952, Breiðabólstaðir, Litla og Stóra Sandvík og Gljúfurholt, 1951).

Framangreindar mælingar og athuganir voru framkvæmdar á eftirfarandi hátt:

Mælingar á loftmagni, sem blásið var í gegnum heyið, voru framkvæmdar með svissneskum lofthraðamæli (anemometer), sem súgþurrkunarnefnd festi kaup á í júlí 1951. Með þessum mæli var mældur lofthraðinn í innstreymisopum (dyrum og gluggum) blásarahúsa og loftmagnið síðan reiknað út frá því.

Statiskur yfirþrýstingur í aðalstokk miðað við blásarahús var mældur með "manometer", þar sem annað mælirörið var í aðalstokk skammt fyrir innan blásara, en hitt í blásarahúsi.

Aflþörf blásara var fundin á kWst-mæli. Var mælingin framkvæmd þannig, að mældur var tíminn, sem mælirinn snerist ákveðinn snúningafjöldi og aflþörfin í kW reiknuð út frá því.

Við rakamælingar var notaður sjálfritandi rakamælir af "Hænni" gerð, sem súgþurrkunarnefnd hafði keypt í þessum tilgangi. Einnig var árið 1952 fenginn að láni hjá Fiskifélagi Íslands annar rakamælir, sem notaður var við mælingar þá.

Mælingar á rakainnihaldi, karótíninnihaldi og fóðurgildi heysins voru framkvæmdar af Atvinnudeild Háskóla Íslands.

Mælingar á dreifingu þrýstings í heystabba voru framkvæmdar á sama hátt og mælingar yfirþrýstings í aðalstokk. Var annað mælirörið þá í heyinu en hitt í blásarahúsi.

Hér á eftir verður vikið nánar að ofangreindum mælingum og niðurstöðum þeirra.

TAFLA I

ATHUGUNARSTAÐIR SÚGÞURRKUNARNEFNDAR 1951-1953

Staður	Hlaða			Blásari		Hreyfill		á m ³ í hlöðu	Úr hl.	Aths.		
	Lengd m	Breidd m	Sylluh. m ²	Rish. Flatarm. m ²	m ³ /sek	mmH ₂ O	Gerð x)				kW sn/mín	
1. Bessastaðir, Álftanesi	13,0	9,4	6,7	4,0	122	8,5	25,4	M-B	7,36	1430	0,0094	
2. Blikastaðir, Mosfellssv.	17,0	8,0	4,7	2,5	101,5	8,0	25,4	M-A	3,68	1430	0,0077	Brú
3. Breiðabólsst.	8,7	9,1	4,7	2,0	72,6	2x8,5	31,7	M-F	7,36	1420	0,0198	2 votheysgr. í hlöðu
4. Brekka, Álftanesi	9,5	4,6	3,0	1,8	43,7	5,65	19,0	M-F	3,68	1440	0,0281	Brú
5. Eyvindarst. Álftanesi	9,7	8,2	4,5	1,5	79,5	5,65	19,0	M-F	3,68	1430	0,0103	
6. Gljúfurholt, Ölfusi	17,3	6,8	5,6	1,6	118	11,3	25,4	M-B	11,04	1430	0,0167	
7. Hlíð, Álftanesi	9,6	5,5	4,2	2,3	52,6	8,0	25,4	M-S	3,68	1430	0,0167	
8. Keldur, Mosfellssv.	8,2	7,7	4,5	1,3	63,0	5,65	19,0	M-F	5	1430	0,0129	
9. Litla Sandvík, Flóa	19,0	9,0	4,0	2,0	170,0	13,0	19,0	V	8,4	720	0,0145	Heybl.
10. Stóra Sandvík, Flóa	15,0	12,5	4,6	1,3	163,5	13,0	19,0	V	8,4	720	0,0138	Heybl. Votheysgr. í hlöðu

x) M: miðflótaaflsblásari, B: bein blöð, A: afturbeygð blöð, F: framb. bl., S: S-löguð bl., V: vífta (ax. fl. fan)

B. Viðnám heysins gegn blæstri, og aflþörf

Mælingar nr. 1-3 hér að framan, sem sé hæð heystabba, blásið loftmagn og statiskur yfirþrýstingur í aðalstokk, gefa til kynna, hvert viðnám heysins er gegn blæstri. Niðurstöður þessara mælinga eru teiknaðar upp í línuritum, sem sýnd eru á 1.-9. mynd.

Ýmsar athuganir hafa farið fram erlendis á viðnámi heys gegn loftblæstri og hafa þar ýmsar niðurstöður fengizt. Hendrix (heimildarrit nr. 7) minnst á það, að almennt hafi verið gert ráð fyrir, að þrýstingsfall í gegnum hey breytist með kvaðrati lofthraðans (þ.e. loftmagns á flatareiningu í hlöðu). Hins vegar kemst hann að þeirri niðurstöðu, að þrýstingsfallið breytist eins og lofthraðinn í veldinu $3/2$. Shedd (heimildarrit nr. 11) skýrir frá tilraunum, sem gerðar voru hjá Iowa Agricultural Experiment Station. Var þar komizt að þeirri niðurstöðu, að þrýstingsfallið breytist nokkurn veginn línulega með hraðanum. Mælingar súgþurrkunarnefndar benda einnig til þess, að þrýstingsfallið breytist línulega með hraðanum, þ.e. að Darcys lögmál gildi fyrir blástur loftsins í gegnum heyið.

Darcys lögmál má skrifa þannig:

$$v = - \frac{k}{\mu} \cdot \frac{\partial p}{\partial z} \quad (1)$$

Þar sem v = loftmagn/tímaeiningu, flatareiningu

k = lekastuðull heysins

μ = núningsstuðull loftsins

p = þrýstingur loftsins

z = hæðarkoordinat heysins.

Skiptar skoðanir eru á því, fyrir hve háa Reynolds tölu Darcys lögmál gildir (sbr. heimildarrit nr. 9, bls. 56-69). Er talið öruggt, að lögmálið gildi fyrir $Re < 1$, en sumar heimildir telja, að lögmálið gildi fyrir Re allt að 12. Athuga má, hver Reynolds talan er fyrir súgþurrkun, og fæst þá, ef eftirfarandi tölur eru notaðar.

v = loftmagn/tímaeiningu, flatareiningu = 5 cm/sek

d = meðalþvermál grassins = 0,3 cm

ρ = eðlisþyngd loftsins = 0,00125 g/cm³

μ = núningsstuðull loftsins = 175 x 10⁻⁶ poise

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{5 \times 0,3 \times 0,00125 \times 10^6}{175} = 10,7$$

Þessi Reynolds tala er svo nálægt því gildi, sem talið er öruggt,

að Darcys lögmál gildi fyrir, að óhætt verður að teljast, að því megi beita við hægán blástur lofts í gegnum hey. Mælingar súgþurrkunarnefndar benda einnig til þess, að þrýstingsfallið sé línuleg funktion af hraðanum, svo sem síðar verður vikið að, og verður því gengið út frá því hér.

Hreyfingarlíking loftsins í gegnum holótt efni með breytilegan lekastuðul er :

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(k \frac{\partial p^{1+m}}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k \frac{\partial p^{1+m}}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k \frac{\partial p^{1+m}}{\partial z} \right) = 0, \quad (2)$$

þar sem k og p eru sömu stærðir og áður eru skilgreindar og m er skilgreint þannig, að eðlisþyngd loftsins

$$\rho = \rho_0 \cdot p^m \quad (3)$$

þar sem ρ_0 er konstant.

Nú er reiknað með, að í súgþurrkun sé loftinu lítið þjappað saman, þannig að reikna megi með konstant eðlisþyngd, þ.e. $m = 0$. Ennfremur er reiknað með loftstraum í aðeins eina átt, þ.e. upp í gegnum heyið, og verður jafna (2) þá mjög einföld.

$$\frac{d}{dz} \left(k \frac{dp}{dz} \right) = 0 \quad (4)$$

sem strax má integrera einu sinni og fæst þá :

$$k \frac{\partial p}{\partial z} = C \quad (5)$$

þar sem C er konstant. Þetta er sama jafna og (1), þar sem $C = -v\mu$.

Við súgþurrkun verður að gera ráð fyrir því, að lekastuðull heysins, k , sé breytilegur, vegna þess að það hey, sem ofan á er, þjappar því, sem undir er, saman, auk þess sem heyið sígur og þéttist af þeim sökum. Einnig mun það vera algengt, að neðst í hlöður sé látin fíngerð taða af gömlum túnnum, en ofar sáðsléttugras og úthey, sem veitir minna viðnám gegn blæstri en hin fíngerða taða. Hið síðasttalda mun þó ekki vera algild regla, en öll þessi þrjú atriði stuðla að því, að k hefur minnst gildi neðst og vex, er ofar dregur, og verður því gert ráð fyrir því hér.

Gert er ráð fyrir að lekastuðullinn sé línuleg funktion af hæð heystabbans :

$$k = k_0 + (k_1 - k_0) \frac{z}{h}$$

þar sem k_0 = lekastuðull fyrir $z = 0$

k_1 = lekastuðull fyrir $z = h$

h = stabbahæð.

Jafna (5) verður þá:

$$\left(k_0 + (k_1 - k_0) \frac{z}{h} \right) \frac{dp}{dz} = C \quad (6)$$

og randskilyrðin eru $p = p_0$ fyrir $z = 0$ og $p = 0$ fyrir $z = h$.

Lausn á þessu er:

$$\frac{p}{p_0} = 1 - \frac{\ln(1 + (k_1/k_0 - 1) z/h)}{\ln k_1/k_0} \quad (7)$$

og fyrir konstantinn C fæst:

$$C = - \frac{p_0 k_0 (k_1/k_0 - 1)}{h \ln k_1/k_0} \quad (8)$$

Á 10. mynd eru teiknuð upp línurit af jöfnu (7) fyrir nokkur gildi á k_1/k_0 . Ennfremur eru teiknaðar inn á myndina niðurstöður þrýstingsmælinga frá Gljúfurholti, Blikastöðum og Brekku 1952. Sést þar, að mælipunktarnir eru alldreifðir, en þó virðist mega sjá nokkurt samræmi í mælipunktum frá sömu hlöðum. Gljúfurholtsmælingarnar benda til þess, að þar sé $k_1/k_0 = 3 - 4$, en á Blikastöðum virðist hins vegar $k_1/k_0 = 25 - 50$. Frá Brekku er aðeins til ein mæling, og virðist hún fylgja nokkuð vel mælingunum frá Blikastöðum. Sennilega eru Blikastaðamælingarnar öllu nákvæmari en mælingarnar frá Gljúfurholti, því að á dagbókum athugunarmanna má sjá, að í Gljúfurholti leitaði blástur að mestu leyti upp meðfram veggjum hlöðunnar, og var því sáralítill blástur upp í gegnum heyið.

Ef Q er blásið loftmagn á tímaeiningu og F flatarmál hlöðu, fæst af (8), þar sem $C = - \frac{Q}{F} \mu$:

$$\frac{Qh}{F p_0} = \frac{k_1/k_0 - 1}{\ln k_1/k_0} \cdot \frac{k_0}{\mu} \quad (9)$$

Á myndum 1-9 er auk fyrrnefndra mælinga teiknuð inn stærðin $\alpha = Q \cdot h / F \cdot \Delta p$, þar sem:

Q = blásið loftmagn, $m^3/\text{sek.}$

h = stabbahæð, m ,

F = flatarmál hlöðu, m^2 ,

Δp = þrýstingsfall í gegnum heystabba, $\text{mm H}_2\text{O} = \text{kg}/m^2$.

Af myndunum sést, að yfirleitt er gildið á α hátt fyrst í stað, en lækkar síðan og virðist nálgast eitthvert ákveðið gildi, sem er reyndar allbreytilegt fyrir hinar ýmsu hlöður. Ennfremur má sjá, að þar sem nokkrar mælingar eru framkvæmdar sama daginn með mismunandi loftmagni og þrýstingi er gildið á α nokkurn veginn konstant, en það bendir einmitt til þess, að Darcys lögmál gildi, eins og gert hefur verið ráð fyrir. Þetta kemur greinilega fram í mælingum frá Hlíð (16. ág. 1952, 3. okt. 1953), Keldum (3. og 14. sept. 1951, 19. júlí 1952) og Blikastöðum (10. og 14. júlí 1952).

Viðnám heysins gegn loftblæstri fer mjög eftir því, hvaða aðferð er notuð við dreifingu heysins um hlöðuna. Mest er viðnámið, þar sem heyið er látið inn í hlöðuna við baggagatið og síðan dreift þaðan um hlöðuna. Minnst er viðnámið, þar sem heyinu er dreift um hlöðuna með heyblásara. Þar á milli kemur svo dreifing um hlöðuna af þar til gerðri úrhleðslubrú. Þetta kemur nokkuð greinilega fram af 1.-9. mynd. Í Stóru og Litlu Sandvík eru notaðir heyblásarar við dreifingu heysins, á Bessastöðum og Blikastöðum er heyinu dreift af brú, en í öðrum hlöðum eru engin úrhleðslutæki. Myndirnar gefa til kynna, að fyrir fullsigið hey megji nota þau gildi fyrir α , sem tafla II sýnir. Varast ber þó að taka þessi gildi of bókstaflega, þar sem vitað er, að því hærrí sem stabbinn er, því meira er viðnámið gegn loftblæstri í gegnum heyið. Í hlöðum þeim, sem mælingarnar voru gerðar í, var algengust stabbahæð 4 - 5 metrar.

TAFLA II

Gildi á α fyrir mismunandi úrhleðslutæki samkvæmt mælingum súrþurrkunarnefndar. (Stabbahæð ca. 4 metrar.)

Úrhleðslutæki	α_0 $m^4/\text{sek. kg}$
Heyblásari	0,007
Úrhleðslubrú	0,005
Engin úrhleðslutæki	0,003

Hins vegar er ekki alveg ljóst, hvernig viðnámið breytist með aukinni stabbahæð, en mælingarnar gefa þó lítillga vísbendingu um það.

Í Gljúfurholti var t.d. stabbahæð árið 1952 6,5 - 7 metrar og þar fæst $\alpha \approx 0,002$. Sé gert ráð fyrir, að ofanefnd gildi á α séu fyrir 4 metra stabbahæð, fæst, að fyrir engin úrhleðslutæki er $\alpha = 0,003$ fyrir 4 metra stabba, en 0,002 fyrir 7 metra stabba. Reiknað verður með, að viðnámið hagi sér svipað fyrir önnur úrhleðslutæki, þ.e. að α minnki um 1/3, sé stabbahæð aukin úr 4 metrum upp í 7 metra. Nú verður gert ráð fyrir, að α breytist línulega með stabbahæð, og fæst þá með því, sem greint er frá hér að ofan:

$$\alpha = \alpha_0 \cdot \frac{13 - h}{9} ,$$

þar sem α_0 er gildið fyrir 4 metra stabbahæð (tafla II). Verður hér reiknað með, að þetta gildi á bilinu $3 \text{ m} \leq h \leq 8 \text{ m}$ ($h =$ stabbahæð).

Aflþörf blásara má finna út frá formúlunni:

$$N = \frac{Q \cdot \Delta p}{102 \cdot \eta} ,$$

þar sem $N =$ aflþörf, kW,

$Q =$ blásið loftmagn, $\text{m}^3/\text{sek.}$,

$\Delta p =$ heildarþrýstingur = statískur þrýstingur + hraðaþrýstingur
 $\text{mm H}_2\text{O} = \text{kg}/\text{m}^2$

$\eta =$ heildarnýtni

1 kW = 102 kgm/sek.

Nú er nýtni blásara nokkuð breytileg eða allt frá 0,5 upp í 0,75. Ef gert er ráð fyrir, að nýtni rafmótors, sem knýr blásarann sé 0,9, verður heildarnýtnin 0,45 - 0,675. Verður hér reiknað með heildarnýtni 0,49, sem varla getur talist hátt reiknað, og verður þá ofangreind formúla:

$$N = \frac{Q \cdot \Delta p}{50} , \text{ kW.}$$

Þessi formúla er nú notuð til að reikna út aflþörf súgþurrkunar-kerfa. Reiknað er með lofthraða upp í gegnum heyið $Q/F = 0,05 \text{ m}^3/\text{sek. m}^2$. Við þrýsting þann, sem fæst samkvæmt ofanefndum gildum á α er bætt 10 mm H_2O vegna viðnáms í stokkum. Niðurstöður þessara reikninga eru sýndar á 11. - 13. mynd.

Hafa ber í huga, að þær tölur, sem hér eru settar fram, eru meðalgildi fyrir þær hlöður, sem súgþurrkunarnefnd athugaði.

Þrýstingsfallið í gegnum heyið verður alltaf mjög háð gerð þess heys, sem í hlöðuna er látið, og er því erfitt að gefa algildar reglur um blástur í gegnum hey, þar sem heygerðin getur verið misjöfn hjá bændum, og breytingar verða einnig frá ári til árs.

C. Rakamælingar

Rakamælingar lofts úti og yfir heyi voru eins og áður greinir framkvæmdar í nokkrum hlöðum, aðallega sumarið 1952, og eru niðurstöður þeirra mælinga sýndar í töflu III.

Eins og sést af töflunni eykst rakainnihald loftsins yfirleitt við að fara í gegnum heyið, en það sýnir, að þurrkun á sér stað. Aðeins í einni mælingu virðist sem rakainnihald loftsins minnki (Keldur, 3. sept. 1951), þ.e. að loftið felli út raka í heyið. Þetta kann að stafa af því, að smágerð rigning var úti, er mæling fór fram, og er því mæling á rakainnihaldi útiloftsins ekki nákvæm. Aðrar mælingar virðast með eðlilegum hætti.

Í töflunni er einnig gefið upp varmainnihald loftsins úti og inni í hlöðu (reiknað frá 0°C). Sést þar, að aukning verður einnig á varmainnihaldi loftsins, er það fer í gegnum súgþurrkunarkerfið. Sú aukning getur stafað af tvennu:

1. Öndun heysins
2. Hinni mekanisku orku hreyfilsins, sem knýr blásarann.

Til að fá yfirlit yfir það, hve mikill hluti varmaaukningarinnar stafar frá öndun, er í töflunni einnig gefin upp aflþörf hreyfilsins og loftmagn blásara er mæling fór fram, að svo miklu leyti, sem það hefur verið skráð. Út frá þessu tvennu má reikna hve mikilli varmaaukningu hreyfillinn valdi, og er gert ráð fyrir, að 80% af orkunni, sem hreyfillinn notar, komi að notum til varmaaukningar blástursloftsins. Er sú varmaaukning gefin í sérstökum dálki í töflunni (Q_m). Sést þar, að nokkuð er það misjafnt, hve mikla orku hreyfillinn notar til að blása hverjum rúmmetra lofts og er einkum áberandi, hve orkufrekir hreyflarnir að Brekku og Gljúfurholti eru. Að Brekku var blásið mjög lítið þetta sumar, eða 2-4 stundir annan eða þriðja hvern dag, og má vera, að af þeim sökum hafi heyið sigið meir og orðið þéttara í sér en ef meir hefði verið blásið. Að Gljúfurholti virðist heyið einnig hafa orðið mjög þétt, þannig að loftstraumurinn leitaði að mestu leyti upp með-

fram veggjunum. Má vera að þar í liggi skýring á því, hve orkufreikir hreyflarnir á þessum tveim stöðum voru.

Sé varmaaukning blástursloftsins vegna hreyfilsins (Q_m) dregin frá heildarvarmaaukningu loftsins fæst varmaaukning loftsins vegna öndunar (Q_0). Sést af töflu III, að þessi liður er í flestum tilfellum meiri en varmaaukningin vegna hreyfilsins, en hins vegar æði misjafn eða frá 0,06 kcal/kg lofts upp í 15,61 kcal/kg lofts. Er einnig auðséð af töflunni, að hinar meiri varmaaukningar verða þar, sem skammt er um liðið frá því að blástur hófst og sýnir það, að hiti hefur verið orðinn allmikill í heyinu. Við fæstar mælingarnar hefur þó verið skráð, hve lengi blásið hefur verið, er mæling fór fram, og er því erfitt að gera sér grein fyrir því, hve mikill liður öndunin er við stöðugan blástur. Í mörgum mælingunum mun það þó hafa verið svo, að ekki hafði verið blásið um nokkurt skeið, er athugunarmenn komu á staðinn, og má segja, að mælingarnar gefi ekki alveg rétta mynd af því sem raunverulega gerist.

Á einum athugunarstað (Hlíð, 15. ágúst 1953) hafði ekki verið blásið í 40 stundir er athugun var gerð, og var þá hiti orðinn allmikill í heyinu. Voru þarna framkvæmdar rakamælingar úti og inni með nokkru millibili í rúmlega 5 stundir, og eru niðurstöður þeirra mælinga sýndar á 14. mynd. Sést af myndinni, að hitinn í heyinu fellur ört í byrjun og síðan hægar, en ekki virðast hinar 5 stundir hafa nægt til að blása öllum hita úr heyinu.

Í erlendum heimildum er víða getið um þann þátt, sem öndun heysins á í uppgufun raka úr heyi í súgurrkun. Þessum heimildum ber alls ekki saman. Telja sumir, að aðeins 10-15% þess varma, sem þarf til uppgufunar rakans, komi frá heyinu sjálfu (Frudden, heimildarrit nr. 6), en aðrir telja sannað með tilraunum, að a. m. k. 60% varmans séu fram komin vegna öndunar í heyinu (Dawson og Musgrave, heimildarrit nr. 4). Í hinum erlendu heimildum er miðað við stöðugan blástur, en við hinar íslenzku athuganir er langt frá því að blástur hafi verið stöðugur, svo sem áður segir. Er því varmaaukning loftsins vegna öndunar í flestum tilfellum nokkuð meiri en sá varmi, sem þarf til uppgufunar rakans úr heyinu, og er af þeim sökum ekki unnt að svo stöddu að segja neitt um það, hvern þátt öndun heysins á í uppgufun rakans, þegar jafnvægi er komið á.

TAFLA III

RAKAMÆLINGAR LOFTS ÚTI OG YFIR HEYI

Nr. Staður og ár	Dags.	Rakainnihald gH ₂ O/kg lofta		Varmainnihald kcal/kg lofta		N kW	Q m ³ /sek	Q _m kcal/ kg lofta	Q _ö kcal/ kg lofta	Tími frá byrjun blást- urs klst.
		Inni	Úti	Inni	Úti					
1 Keldur, 1951	5. júlí	6,55	6,05	6,75	6,50	-	-	-	0,08	
2	20. "	6,55	5,74	6,68	6,32	-	3,33	-	0,21	
3	21. ág.	5,70	5,37	6,28	5,86	2,07	2,31	0,137	0,28	
4 (Aður en bl. hófst)	29. "	6,47	6,26	6,51	6,11	-	-	-	0,50	
5	29. "	6,56	6,10	6,68	6,28	2,01	2,19	0,140	0,26	
6 (Smág. rign. úti)	3. sept.	5,42	6,88	5,76	7,00	2,05	2,07	0,152	-	
7	14. "	5,46	3,54	5,54	4,02	2,08	2,135	0,149	1,37	
8 Blikast. 1952	1. ág.	9,95	6,51	9,75	5,98	3,94	4,70	0,128	3,60	
9	9. "	8,11	6,32	8,67	7,06	3,68	4,565	0,120	1,49	
10	17. "	6,67	5,47	6,53	6,31	3,53	3,352	0,161	0,06	
11	23. "	7,85	5,99	7,53	6,09	3,45	3,185	0,166	1,27	
12 Brekka, 1952	2. ág.	16,93	7,64	16,24	7,88	3,78	2,31	0,250	8,11	
13	30. "	9,06	4,89	8,87	4,95	3,57	1,77	0,309	3,61	
14 Gljúfurh. 1952	3. ág.	11,63	7,01	11,44	7,92	7,38	3,15	0,358	3,16	
15	10. "	8,31	7,11	8,47	7,83	7,00	2,862	0,374	0,27	
16	25. "	12,12	4,09	11,56	4,34	6,80	2,215	0,469	6,75	
17 Hlíð, 1952	2. ág.	9,14	7,70	9,26	8,15	2,11	2,23	0,145	0,97	103,5
18	13. "	10,08	6,18	9,86	6,14	1,61	1,935	0,127	3,57	7,0
19	21. "	28,04	8,93	24,29	8,52	2,11	2,12	0,152	15,61	
20	30. "	6,83	4,97	6,75	5,28	1,61	1,79	0,138	1,33	
21	6. sept.	8,22	6,49	8,27	6,65	-	-	-	1,48	
22 Keldur, 1952	1. ág.	8,60	5,55	8,28	6,24	2,08	2,01	0,158	1,88	
23	9. "	7,79	6,72	7,98	7,21	1,93	1,82	0,162	0,61	
24	17. "	7,77	5,44	7,62	6,38	1,66	1,512	0,168	1,07	
25	23. "	6,86	5,98	6,68	6,17	1,46	1,28	0,175	0,33	
26 Litla Sandv., 1952	3. ág.	9,13	7,38	9,16	7,65	11,7	6,34	0,271	1,24	
27	10. "	7,48	6,65	7,70	7,23	5,82	5,56	0,160	0,31	
28	26. "	5,27	3,80	4,92	3,66	5,96	4,50	0,203	1,06	
29 Stóra Sandv., 1952	3. ág.	9,30	7,50	9,43	8,73	4,25	6,97	0,093	0,55	
30	10. "	7,90	6,59	7,80	7,14	10,5	8,0	0,201	0,44	
31	26. "	5,96	4,10	5,35	3,77	10,6	7,22	0,224	0,40	
32 Hlíð, 1953	18. júlí	7,56	6,03	7,79	6,94	6,05	5,03	0,184	1,40	
33	15. ág.	22,86	7,12	20,54	7,67	2,4	2,11	0,174	0,68	
34	15. "	13,96	8,46	13,28	8,61	1,8	1,56	0,177	12,69	
						1,95	1,61	0,181	4,49	

D. Rakainnihald heysins og fóðurgildi

Sumarið 1951 voru gerðar athuganir á rakainnihaldi og karótíninnihaldi heys frá Keldum, og eru niðurstöður þeirra athugana sýndar í töflu IV.

TAFULA IV

Raka- og karótínmælingar heys frá Keldum 1951

Dags.	Hey	Karótín mg/kg þurrefni	Raki %	Athugasemdir
24. júlí	Nýslegið	578	72,3	
25. júlí	Hirt í súgþurrkun	192	41,7	Legið 1 dag í sólskini
14. sept.	Súgþurrkað (a)	131	16,9	Enginn hiti í heyi
14. sept.	" (b)	92	28,8	Mikill hiti í heyi
27. júlí	Sólþurrkað	113	22,3	

Ætlunin var að gera athuganir á sólþurrkaða heyinu, er það hafði verið í hlöðu jafnlengi og súgþurrkaða heyið, en fyrir misskilning var það hey gefið, áður en sýnishornin voru tekin. Öll sýnishornin, sem athuguð voru, eru af sams konar heyi (túnvingli). Sýnishornin af súgþurrkaða heyinu voru tekin úr ca. 2 m hæð í miðri hlöðu og mun fjarlægðin á milli þeirra hafa verið um 1 metri. Var sýnishorn (b) tekið nær baggagatinu, þar sem heyið hafði troðizt, og sýnir það, að loftdreifingin um hlöðuna hefur verið mjög ójöfn.

Fóðurgildisákvæðanir voru framkvæmdar á súgþurrkuðu heyi frá Keldum, 1951 og 1952, og frá Breiðabólssstöðum, Litlu og Stóru Sandvík og Gljúfurholti, 1951. Niðurstöður þeirra athugana eru sýndar í töflu V. Ennfremur er í töflunni gefin upp fóðurgildisákvörðun á sólþurrkuðu heyi og eru þær tölur meðaltöl af ca. 70 sýnishornum heys, sem athuguð voru á Iðnaðardeild Atvinnudeildar Háskólans á árinu 1945-1946 (heimildarrit nr. 1).

Dálkar merktir (a) eru fyrir sýnishorn tekin úr vel verkuðu heyi, þar sem blástur hafði verið nógur og engin hitamyndun hafði átt sér stað. Dálkar merktir (b) eru fyrir hey, sem var kaffibrúnt að lit og hafði hitnað vegna ónógs blásturs.

TAFLA V

FÓÐURGILDISATHUGANIR Á HEYI

	Breiðabólstaðir 1951		Keldur, 1951 og 1952		Litla- Sandvík		Stóra- Sandvík		Gljúfurholt		Sól- þurrikað
	(a)	(b)	1951	1952	1951	1951	1951	1951	1951	1951	hey
			(a)	(b)	(a)	(a)	(a)	(a)	(b)		
Hráprótein, %	13,40	15,56	13,31	12,70	9,60	12,67	11,21	13,60	9,94	11,08	
Hráfita, %	3,25	2,50	2,83			2,77	2,91	2,83	3,33	2,34	
Aska, %	6,55	8,93	7,47			6,85	6,04	6,83	8,21	8,71	
Vatn, %	9,45	7,42	9,35			7,17	8,20	7,41	10,25	15,00	
Tréni, %	25,07	25,91	26,60	23,4	24,90	23,20	21,89	22,97	26,89	22,60	
Hreinprótein, %	10,33	12,52	11,21			10,72	10,52	11,24	7,94	9,52	
Meltanlegt hreinprótein, %	7,07	6,62	7,18	8,10	6,40	6,57	7,60	7,37	3,61	5,55	

Ath. Þau sýnishorn, sem hér eru talin, eru taða, nema sýnishorn (b) frá Gljúfurholti, sem er grófgerð stór.

Fóðurgildi heys byggist fyrst og fremst á meltanlegu hreinpróteininnihaldi þess, en auk þess einnig á karótín- eða A-vítamíninnihaldi þess. Er það því mikilsvert að töp verði sem minnst á þessum efnum við verkun heysins. Þær athuganir, sem hér hafa verið framkvæmdar á fóðurgildi og karótíninnihaldi heysins, eru ekki svo víðtækar að af þeim megi draga ákveðnar ályktanir, en þó virðast þær benda til þess, að við súgþurrkun fari minna af þessum efnum forgörðum en við venjulega sólþurrkun heysins. Er það einnig í samræmi við þær niðurstöður, sem fengizt hafa erlendis (sbr. t.d. heimildarrit nr. 3 og 5).

Hiti sá, sem myndast í heyinu vegna þess að það er ekki nægilega þurrkað eða að blástur er ófullnægjandi, stafar af gerjun í heyinu. Við það tapast efni úr heyinu, og eru það aðallega meltanlegu hreinpróteinin, sem tapast. Kemur þetta nokkuð greinilega fram í töflu V. Eina ráðið til að útiloka þessa gerjun eða a.m.k. að halda henni niðri svo sem mögulegt er, virðist vera að blása stöðugt, enda er í erlendum ritum um þessi efni mælt með stöðugum blæstri (t.d. heimildarrit nr. 3).

III. EÐLI ÞURRKUNARINNAR

A. Fræðilegar athuganir

Þegar fast efni er þurrkað, má teikna upp línurit, sem sýnir breytingar á rakainnihaldi efnisins (F) með tímanum (t). Sé sú kúrfa, sem þá kemur fram, differentieruð, má teikna upp línurit, sem sýnir breytingar á þurrkunarhraða ($-dF/dt$) með rakainnihaldi efnisins (F). Kemur þá í ljós, að þurrkunarhraðinn er jafn fyrst framan af, á meðan rakainnihaldið er mikið, en við visst rakainnihald tekur þurrkunarhraðinn að minnka og minnkar stöðugt, unz hann verður 0 við eitthvert annað rakainnihald (sjá 15. mynd). Sést af þessu, að þurrkun má almennt skipta í tvö tímabil, sem sé (1) tímabil með jöfnum þurrkunarhraða og (2) tímabil með minnkandi þurrkunarhraða. Þurrkun ákveðins efnis getur náð yfir bæði þessi tímabil eða verið takmörkuð við annað tímabilið, eftir því hvert rakainnihaldið er í byrjun og lok þurrkunarinnar.

Við jafnan þurrkunarhraða einkennist þurrkunin af uppgufun óbundins vatns frá yfirborði efnisins. Uppgufunarhraðinn er að mestu leyti óháður efninu, og þurrkunarhraðinn ákvarðast af diffusionshraða

vatnsgufunnar í gegnum loftlagið við yfirborð efnisins út í loftstrauminn. Ef sá varmi, sem nauðsynlegur er til uppgufunar vatnsins er tekinn úr loftinu, sem þurrkað er með, verður hiti efnisins sami og hiti loftsins á votan mæli (wet bulb temperature).

Er tímabilinu með jöfnum þurrkunarhraða lýkur, hefur efnið svo kallað kritískt rakainnihald. Úr því fer þurrkunarhraðinn minnkandi og þurrkunin er fólgin í uppgufun vatns innan úr efninu. Að lokum stöðvast þurrkunin með öllu, þurrkunarhraðinn verður 0, og það rakainnihald, sem efnið hefur þá, er kallað jafnvægisrakainnihald. Jafnvægisrakainnihaldið er háð rakastigi loftsins og að nokkru leyti hita. Við lágan hita, eins og um er að ræða við súgþurrkun, má þó reikna með, að jafnvægisrakainnihaldið sé að miklu leyti óháð hitanum. Breytingar jafnvægisrakainnihalds nokkurra jurta með rakastigi loftsins eru sýndar á 16. mynd. Ekki hefur tekizt að fá slíkt línurit fyrir hey, en talið er að við hérlendar aðstæður sé jafnvægisrakainnihaldið um 13%. (Með % rakainnihaldi er hér átt við rakainnihald miðað við heildarþunga, þ.e. (þyngd raka) / (þyngd þurrs heys + þyngd raka)).

Ekki eru fyrir hendi neinar heimildir um þurrkun heys, þar sem séð verður, hvert kritískt rakainnihald heysins er. En þar sem sá raki, sem í heyinu er þegar það er hirt í hlöðuna er að mestu leyti inni í stráunum, virðist eðlilegt að ætla, að rakainnihaldið sé minna en kritískt rakainnihald heysins. Sá varmi, sem fer til uppgufunar rakans úr heyinu, er að nokkru leyti fenginn úr lofti því, sem blásið er í gegnum heyið, en að auki myndast varmi vegna öndunar heysins, svo sem áður segir, sem kemur að notum við þurrkunina. Þessi öndunarvarmi er mestur þegar rakainnihaldið er mest, en minnkar með minnkandi rakainnihaldi og er alveg horfinn þegar jafnvægisrakainnihaldi heysins er náð. Þurrkunarhraðinn er því háður tveimur breytistærðum, sem sé uppgufun raka vegna öndunar og vegna varma, sem tekinn er úr blástursloftinu. Ætla má þó að þessir tveir þættir hagi sér nokkuð svipað, þannig að þurrkunarhraðinn vegna hvors þeirra fyrir sig sé mestur þegar rakainnihaldið er mest og verði 0, þegar jafnvægisrakainnihaldi er náð. Verður hér gert ráð fyrir, að þurrkunarhraðinn, sem er summa þessara tveggja þátta, breytist línulega með rakainnihaldi. Með þessu móti má hæglega setja upp jöfnur, sem lýsa þurrkuninni. Tekinn verður til athugunar heystabbi, sem hugsaður er óendanlega víðáttumikill og h metrar á hæð. Upp í gegnum þennan heystabba er blásið lofti, sem er jafnt dreift um allt heyið, þannig að á hverri tímaeiningu fari sama loftmagn í gegnum hvern fermetra. Eftirfarandi bók-

stafamerking verður notuð:

- H_1 = upprunalegt rakainnihald blásturslofts, kg H₂O/kg þurrt loft
 H_s = metnunarrakainnihald blásturslofts, kg H₂O/kg þurrt loft
 H = rakainnihald blásturslofts = H(z, t)
 $S = H_s - H$; $S_1 = H_s - H_1$
 F_k = kritískt rakainnihald heys, kg H₂O/kg þurrt hey
 F_1 = upprunalegt rakainnihald heys, kg H₂O/kg þurrt hey
 F_0 = jafnvægisrakainnihald heys, kg H₂O/kg þurrt hey
 F = rakainnihald heys, kg H₂O/kg þurrt hey
 $R = F - F_0$; $R_k = F_k - F_0$; $R_1 = F_1 - F_0$;
 G = blásið loftmagn, kg þurrt loft/klst, m²
 P = þyngd þurrs heys, kg/m³
 a = yfirborðsflatarmál heys, m²/m³
 z = hæðarkoordinat heysins, m
 t = tími, klst.
 β = hlutfallsstuðull, kg þurrt loft/klst. m² yfirborðs.

Stuðullinn β er skilgreindur þannig, að þurrkunarhraðinn fyrir $R = R_k$ er gefinn með jöfnunni:

$$P \frac{dR}{dt} = - a\beta S \quad (10)$$

Nú er gert ráð fyrir línulega fallandi þurrkunarhraða, og fæst þá fyrir rakainnihald R :

$$\frac{\partial R}{\partial t} = \frac{a\beta R S}{PR_k} \quad (11)$$

Einnig fæst, að það rakamagn, sem tekið er úr heyinu er jafnt því rakamagni, sem bætist í loftið, þ. e.

$$-P \cdot dz \cdot dR = - G dt \cdot dS$$

eða

$$P \cdot \frac{\partial R}{\partial t} = G \frac{\partial S}{\partial z} \quad (12)$$

Jöfnur (11) og (12) lýsa þá þurrkuninni og randskilyrðin eru:

$$\begin{aligned} z = 0: \quad S &= S_1 \\ t = 0: \quad R &= R_1 \end{aligned} \quad (13)$$

Ef reiknað er með, að loftið sé hverfandi stuttan tíma að fara í gegnum heyið, fæst enn fremur fyrir $t = 0$:

eða

$$\begin{aligned} - G dS &= \beta a \frac{R_1}{R_k} S \cdot dz \\ \frac{S}{S_1} &= e^{-\frac{a\beta R_1}{GR_k} z} \end{aligned} \quad (14)$$

Ennfremur fæst fyrir $Z = 0$:

$$\frac{R_1}{R_k} \cdot S_1 \cdot \beta \cdot a \cdot dz \cdot dt = -P \cdot dz \cdot dR$$

eða

$$\frac{R}{R_1} = e^{-\frac{a \beta S_1}{P R_k} t} \quad (15)$$

Lausnir á jöfnum (11) og (12) með randskilyrðum (13), (14) og (15) eru:

$$\frac{R}{R_1} = \frac{1}{e^{-\frac{a \beta R_1 z}{G R_k}} \left(e^{\frac{a \beta S_1 t}{P R_k}} - 1 \right) + 1} \quad (16)$$

$$\frac{S}{S_1} = \frac{1}{e^{-\frac{a \beta S_1 t}{P R_k}} \left(e^{\frac{a \beta R_1 z}{G R_k}} - 1 \right) + 1} \quad (17)$$

Jöfnur (16) og (17) lýsa þurrkuninni, og má út frá þeim átta sig nokkuð á því hvað gerist. Á 17. og 18. mynd eru jöfnur þessar teiknaðar upp.

Við ofangreinda reikninga er ekki tekið tillit til þess, að heyið sígur, er það hefur verið látið í hlöðuna. Ef gert er ráð fyrir, að heyið sígi þannig, að hæð þess sé $h = h_0 \cdot f(t)$, þar sem h_0 er hæðin fyrir tímann $t = 0$ og $f(t)$ einhver funktion af tímanum, breytast aðrar stærðir svo sem hér segir:

$$P = \frac{P_0}{f(t)},$$

$$z = z_0 \cdot f(t),$$

$$a = \frac{a_0}{f(t)},$$

þar sem P_0 , z_0 og a_0 eru gildin fyrir $t = 0$. Sé reiknað með því, að stærðin β sé konstant, sést, að $f(t)$ styttist alls staðar út úr jöfnunum, og miðast þá jöfnur (16) og (17) við ósigið hey.

B. Athuganir í enskum hlöðum

Það sem erfiðleikum veldur við að beita jöfnum (16) og (17) við súgþurrkun er ákvörðun stærðanna a , β og R_k eða öllu heldur stærðarinnar $a\beta/R_k$. Sú stærð verður ekki ákveðin á annan hátt en með mælingum á rakainnihaldi heysins, á meðan þurrkun stendur yfir, en því miður hafa engar slíkar mælingar verið gerðar í hlöðum hér á landi. Hins vegar voru í Englandi framkvæmdar slíkar mælingar í nokkrum hlöðum árið 1947 (heimildarrit nr. 3), og var heyþurrkunartímabilið þar frá 11. júní til 20. ágúst.

Töflur VI - VIII sýna þær niðurstöður, sem fást fyrir þessar hlöður.

Í töflu VI eru gefin upp orkunotkun og loftmagn og út frá því reiknuð út orkuaukning loftsins við blásturinn. Miðað er við að 80% af þeirri orku, sem fer í blásturinn nýtist til upphitunar loftsins. Fæst þá hitaaukning loftsins ca. $0,3^\circ\text{C}$ að meðaltali.

Tafla VII sýnir lofthita og rakastig í West Raynham í Englandi, sem mun vera á svipuðum stöðum og ein hlaðan, sem um getur í skýrslunni (Norwich). Gildin á S_1 eru fundin þannig, að tekið er tillit til hitahækkunar loftsins vegna blástursins ($0,3^\circ\text{C}$). Meðalgildið á S_1 fyrir það tímabil, sem hér um ræðir, verður þá $0,00105 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$ þurrt loft.

Í töflu VIII eru gefnir upp útreikningar á $a\beta/R_k$ fyrir þessar ensku hlöður. Er það miðað við $S_1 = 0,001 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$ þurrt loft. Einnig er reiknað með því, að jafnvægisrakainnihald heysins sé 13% og útreikningarnir eru framkvæmdir þannig, að byrjunarrakainnihald og lokarakainnihald heysins, eins og það er gefið upp í skýrslunni, falla saman við jöfnu (16). Á 19.-22. mynd eru teiknuð upp þurrkunarlínurit fyrir tvær fyrstnefndu hlöðurnar og inn á þau teiknaðir punktar, sem fengnir voru með mælingum á rakainnihaldi heysins, meðan á þurrkun stóð. Sést af þeim, að jafna (16) virðist falla sæmilega við hina mældu punkta.

Í þessum ensku hlöðum er blásið loftmagn á fermetra í hlöðu að meðaltali $0,11 \text{ m}^3/\text{sek}$, m^2 . Er það ríflega tvöfalt meira en tíðkast hér á landi, þar sem algengast mun vera að miða loftblástur við $0,05 \text{ m}^3/\text{sek}$, m^2 , og í þeim mælingum, sem gerðar voru af súgþurrkunarnefnd, var blásturinn í flestum tilfellum enn minni.

TAFLA VI

Orkunotkun og loftmagn fyrir nokkrar enskar hlöður (1947)

	kWh	t klst	Loftmagn kg/klst	Wh/kg	kcal/kg	Aukning hita, °C
Martley, nr. 2	209	192	10.000	0,109	0,075	0,31
nr. 3	292	192	10.500	0,145	0,100	0,42
Norwich, nr. 1	226	168	13.550	0,099	0,068	0,28
nr. 2	234	168	13.700	0,102	0,070	0,29
Sonning	720	720	11.700	0,086	0,059	0,25
North Berwick	778	240	31.200	0,104	0,072	0,30
Middlewich	984	336	20.900	0,140	0,096	0,40
Meðalhitaaukning blásturslofts, °C 0,32						

TAFLA VII

Lofthiti og raki í West Raynham, Englandi, 1947

Heimild: The Monthly Weather Report of the Meteorological
Office for the Year 1947

Mánuður	Maí	Júní	Júlí	Ágúst	Sept.	Okt.
Meðalhiti, °C, kl. 03	9,9	12,6	13,1	13,2	11,8	8,5
09	14,5	17,5	17,9	19,0	16,2	10,7
15	18,3	19,6	20,6	22,7	18,8	14,1
21	12,8	15,4	16,5	15,9	14,4	10,2
Rakastig, o/o, kl. 03	87	88	93	96	89	89
09	72	71	78	75	77	82
15	55	62	66	62	61	67
21	77	77	85	91	78	83

TAFLA VII (frh.)

	Maí	Júní	Júlí	Ágúst	Sept.	Okt.
S_1 , g H_2O/kg , kl. 03	0,7	0,55	0,4	0,2	0,45	0,45
09	1,25	1,35	1,05	1,2	1,1	0,7
15	2,25	1,90	1,75	2,1	1,95	1,4
21	1,0	1,05	0,7	0,45	1,0	0,65
Meðalgildi á S_1	1,30	1,21	0,98	0,99	1,13	0,80

TAFLA VIII

Reiknuð gildi á $a\beta/R_k$ fyrir nokkrar enskar hlöður

	t	G	R_1	R	z	P	$a\beta/R_k$
Martley, nr. 2	192	538	0,49	0,055	1,83	24,1	339
nr. 3	192	563	0,46	0,183	2,90	45,0	350
Norwick, nr. 1	168	487	1,07	0,077	0,92	24,2	525
nr. 2	168	492	0,55	0,041	1,83	29,3	695
Sonning	720	414	0,85	0,02	2,44	51,2	407
North Berwick	240	457	0,85	0,055	2,44	25,6	550
Middlewich	336	463	0,74	0,092	1,83	54,3	605

Meðalgildi á $a\beta/R_k = 483$

Í ritum um þurrkun (t. d. heimildarriti nr. 8) er stuðullinn β gefinn upp þannig:

$$\beta = c \cdot G^n$$

þar sem c er konstant, G er loftmagn á tímaeiningu og veldisvísirinn n hefur gildið 0,8, sé loftinu blásið samhliða yfirborði þess efnis, sem þurrka skal, en 0,37, sé loftinu blásið hornrétt á flötinn. Í heypurrkun, þegar loftinu er blásið í gegnum heyið, ætti því gildið á n að vera á milli 0,37 og 0,8. Verður hér reiknað með $n = 0,5$. Samkvæmt því, sem áður er sagt, að loftmagn í ensku hlöðunum sé um það bil tvöfalt meira en í íslenzku hlöðunum, ætti gildið á β að vera minna hér en fyrir ensku hlöðurnar. En þar á móti vegur það, að íslenzka heyið er smágerðara en enska heyið (meðalgrashæð í ensku athugunum var ca. 60 cm), og ætti því gildið á a að vera hærra fyrir íslenzkt hey. Er því ekki víst að margfeldið $a\beta$ sé lægra við íslenzkar aðstæður en enskar og verður hér í útreikningum miðað við $a\beta/R_k = 500$ fyrir $G = 0,05 \text{ m}^3/\text{sek}, \text{ m}^2$. Þá ber að hafa í huga, að þetta gildi er að miklu leyti ágizkun, en þar sem engar aðrar upplýsingar eru fyrir hendi en þessar ensku skýrslur, verður það látið nægja að þessu sinni.

C. Íslenzkar aðstæður

Tafla IX gefur hita og raka í Reykjavík - meðaltöl áranna 1949-1953. Sést af henni, að í meðalári (meðaltal þessara 5 ára tekið sem meðalár) er meðalgildið fyrir mánuðina júní-september á $S_1 = 0,00074 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$ þurrt loft. Við þessa útreikninga á S_1 er ekki tekið tillit til upphitunar blástursloftsins vegna vinnu blásarans, en svo sem áður er sagt eykur það gildið á S_1 . Nú mun það láta nokkuð nærri, að í íslenzkum hlöðum þurfi ca. 1 kW til að blása 1 m^3/sek af lofti, en það svarar til 0,191 kcal/kg orkuaukningar loftsins. Ef gert er ráð fyrir að 80% af þessari orku nýtist sem aukinn hiti blástursloftsins og eðlisvarmi loftsins sé 0,24 kcal/kg, °C, hækkar þetta hita loftsins um ca. 0,6 °C. Af loftrakaritinu, sem sýnt er á 23. mynd, fæst, að upphitun loftsins um 1°C við þann hita, sem algengastur er hér á landi (þ. e. ca. 8-14°C) hækkar gildið á S_1 um ca. 0,00025 kg $\text{H}_2\text{O/kg}$ þurrt loft. Ofangreind hækkun hitans um 0,6°C ætti því að hækka S_1 um 0,00015 kg $\text{H}_2\text{O/kg}$ þurrt loft. Virðist því í meðalsummi mega reikna með $S_1 = 0,00088 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$ þurrt loft. Þetta er ekki mikið lakara en fékkst fyrir ensku hlöðurnar þrátt fyrir óhagstæðari veðráttu hér á landi og stafar það af því, hve blásturinn í íslenzku hlöðunum er orkufrekari en

TAFLA IX

Lofthiti og raki í Reykjavík - meðaltöl 1947-1953

Samkvæmt dagbókum veðurstofunnar

Mánuður	Júní	Júlí	Ágúst	Sept.	Okt.
Meðalhiti, °C, kl. 02	7,4	9,7	9,4	7,6	4,3
05	7,7	9,6	9,0	7,3	4,5
08	9,4	10,8	10,6	8,0	4,4
11	10,5	11,9	12,2	9,6	5,6
14	11,1	12,5	13,0	10,2	6,2
17	11,0	12,4	12,7	10,0	5,5
20	10,1	11,5	11,1	8,7	4,6
23	8,7	10,3	9,9	7,9	4,3
Rakastig, %, kl. 02	84,2	85,6	85,2	84,9	92,8
05	83,2	85,0	86,4	83,9	82,5
08	74,8	79,0	80,6	83,8	82,7
11	69,6	75,0	74,2	79,1	80,6
14	69,0	73,4	71,2	76,2	77,6
17	70,2	74,6	73,0	77,0	80,0
20	74,6	77,8	79,0	82,4	81,8
23	80,2	83,0	84,0	84,0	83,2
S ₁ , g H ₂ O/kg, kl. 02	0,5	0,5	0,5	0,5	0,45
05	0,6	0,5	0,45	0,5	0,5
08	0,95	0,75	0,6	0,45	0,5
11	1,10	0,95	0,95	0,7	0,55
14	1,15	1,0	1,15	0,85	0,65
17	1,05	0,95	1,00	0,75	0,6
20	0,9	0,85	0,7	0,55	0,5
23	0,65	0,55	0,55	0,5	0,5
Meðalgildi á S ₁	0,86	0,756	0,738	0,60	0,53

í ensku hlöðunum vegna meiri mótstöðu íslenzka heysins.

Á 25.-27. mynd eru teiknuð upp línurit samkvæmt jöfnu (16), sem sýna þurrkunartíma við ýmsar breytilegar aðstæður. Á 28. mynd er teiknað upp línurit, sem sýnir raka loftsins, er það kemur upp úr heyinu, samkvæmt jöfnu (17). Í þessum útreikningum er miðað við eftirfarandi:

$$a\beta/R_k = 500 \text{ fyrir } G = 225 \text{ kg/klst, m}^2$$

$$a\beta/R_k = c \cdot G^{0,5}$$

$$P = 80 \text{ kg/m}^3 \text{ (miðað við að 1 m}^3 \text{ af 60\% röku heyi vegi 200 kg)}$$

$$F_o = 0,1495 \text{ kg H}_2\text{O/kg þurrt hey (miðað við 13\% jafnvægisraka-
innihald).$$

$$\text{Eðlisþyngd loft} = 1,25 \text{ kg/m}^3.$$

Reiknaður er út tíminn, sem tekur að þurrka heyið efst í stabb-
anum niður í 20% rakainnihald. Þetta rakainnihald er valið vegna þess
að þá er heyið talið vera geymsluhæft. Af línuritunum má nú átta sig
nokkuð á því, hvernig þurrkunin gengur fyrir sig.

Á 25. mynd sést, hve mjög þurrkunartíminn eykst með vaxandi
rakainnihaldi heysins. Fæst þar t. d., að um tvöfalt lengri tíma þarf til
að þurrka hey, sem hirt er með 60% rakainnihaldi, en hey, sem hirt
er með 40% rakainnihaldi.

Á 26. mynd má sjá hver áhrif mismunandi loftblástur hefur.
Sést þar hve mikilsvert það er, að loftið hafi sem greiðastan gang upp
í gegnum heyið til að fá sem mest loftmagn í gegn.

Af 27. mynd sést hver áhrif mismunandi loftraki hefur á þurrk-
unartímann. Í þessu sambandi er vert að athuga aðstæður eins og þar
sem hér sunnanlands síðastliðið sumar. Í töflu X er gefinn upp raki og
hiti í Reykjavík sumarið 1955. Sést af henni, að meðalgildið fyrir tíma-
bilið júní-september á $S_1 = 0,00055 \text{ kg H}_2\text{O/kg þurrt loft}$. Sé tekið
tillit til vinnu blásarans verður $S_1 = 0,0007 \text{ kg/kg samanborið við}$
 $S_1 = 0,00088 \text{ kg/kg í meðalári}$. Sést þá af myndinni, að ca. 25% lengri
tíma hefði þurft til að súgþurrka hey síðastliðið sumar en í meðalsumar-
veðráttu miðað við að rakainnihald heysins við hirðingu væri það sama.
Einnig má af þessari sömu mynd sjá, hver áhrif upphitun blástursloftsins
hefur á þurrkunartímann. Eins og áður er getið, hækkar gildið á S_1 um ca.
 $0,00025 \text{ kg/kg við } 1^\circ\text{C upphitun loft} \text{ins}$. Sé miðað við $S_1 = 0,00088 \text{ kg/kg}$
fyrir óupphitað loft, sést, að með $4^\circ\text{C upphitun styttest þurrkunartíminn}$
um helming.

TAFLA X

Lofthiti og raki í Reykjavík, júní - okt. 1955

Samkvæmt dagbókum veðurstofunnar

Mánuður	Júní	Júlí	Ágúst	Sept.	Okt.
Meðalhiti, °C, kl. 02	8,3	9,4	9,2	7,1	3,0
05	8,5	9,5	9,0	6,9	3,0
08	9,9	10,4	9,3	7,3	3,0
11	10,9	11,2	10,7	8,7	4,6
14	11,1	11,7	11,3	9,5	5,2
17	11,0	11,5	11,0	9,5	5,0
20	10,3	10,7	10,2	8,1	4,1
23	9,2	10,0	9,5	7,5	3,5
Rakastig, %, kl. 02	85,4	89,7	92,0	85,5	81,6
05	84,2	89,1	92,1	88,0	81,1
08	78,2	84,7	89,6	85,8	83,9
11	73,4	82,2	84,4	80,8	79,2
14	73,5	80,9	83,3	78,1	78,5
17	74,0	81,7	85,0	80,1	79,1
20	77,3	86,1	88,4	83,5	82,6
23	81,5	89,3	89,8	84,3	83,1
S ₁ , g H ₂ O/kg, kl. 02	0,45	0,35	0,3	0,45	0,45
05	0,5	0,4	0,25	0,35	0,45
08	0,7	0,55	0,35	0,45	0,45
11	0,95	0,65	0,55	0,6	0,55
14	0,95	0,75	0,6	0,75	0,65
17	0,95	0,7	0,55	0,65	0,6
20	0,8	0,5	0,4	0,55	0,5
23	0,55	0,4	0,35	0,45	0,45
Meðalgildi á S ₁	0,73	0,54	0,42	0,53	0,51

Á 28. mynd sést hvernig rakainnihald loftins, sem kemur upp úr heyinu, breytist með tímanum. Má af því marka, hve ört má hirða í hlöðuna, því að á meðan gildið á S er lítið, er lítil hagur að því að bæta heyi í hlöðuna.

IV. NIÐURSTÖÐUR OG LOKAORÐ

Mælingum þeim og athugunum, sem súgþurrkunarnefnd hefur látið gera, hefur verið lýst í II. kafla hér að framan. Þær ályktanir, sem af þeim má draga, eru í stuttu máli sem hér segir.

Þrýstingsfall lofts, sem blásið er í gegnum hey, virðist, a. m. k. fyrir þau súgþurrkunarkerfi, sem tíðkast hérlendis, aukast hlutfallslega með auknu loftmagni. Aflþörf blásara eykst hins vegar hlutfallslega bæði með auknu loftmagni og með auknu þrýstingsfalli, þannig að segja má, að aflþörfin aukizt með loftmagninu í öðru veldi.

Viðnám gegn loftblæstri í gegnum hey má reikna út eftir töflu II, fyrir mismunandi úrhleðslutæki í hlöðum. Sést þar að viðnámið er a. m. k. tvöfalt meira, þar sem engin úrhleðslutæki eru, en þar sem heyinu er dreift um hlöðuna með heyblásara. Þar sem engin úrhleðslutæki eru í hlöðum verður ekki hjá því komist, að meira eða minna sé troðið á heyinu, en við það skapast hætta á því, að loftdreifingin verði misjöfn um heyið. Jöfn dreifing loftins um heyið er hins vegar eitt grundvallaratriði þess, að súgþurrkun megi takast vel.

Rakamælingar lofts áður en það fer í heyið og eftir að það kemur upp úr heyi benda til þess, að mikill hluti þess varma, sem þarf til uppgufunar rakans úr heyinu, sé til kominn vegna öndunar heysins. Þessar mælingar gefa þó e. t. v. ekki rétta mynd af því, sem raunverulega gerist, því að í mörgum tilfellum var það svo, að ekki hafði verið blásið um nokkurt skeið, er athugun var gerð, þannig að einhver hiti hafði myndast í heyinu. Á einum stað var blásið í 5 stundir samfleytt og mældur raki loftins, og bentu mælingar til þess, að ekki væri allur hiti horfinn úr heyinu að þessum tíma liðnum. Erfitt er að gera sér grein fyrir því, hve mikinn þátt öndun heysins á í uppgufun rakans úr heyinu. Erlendum heimildum ber ekki saman um þetta atriði. Telja sumir, að aðeins 10% varmans sé til kominn vegna öndunar, en aðrir telja, að allt að 60% varmans sé vegna öndunar heysins.

Athuganir þær, sem gerðar hafa verið á fóðurgildi súgþurrkaðs

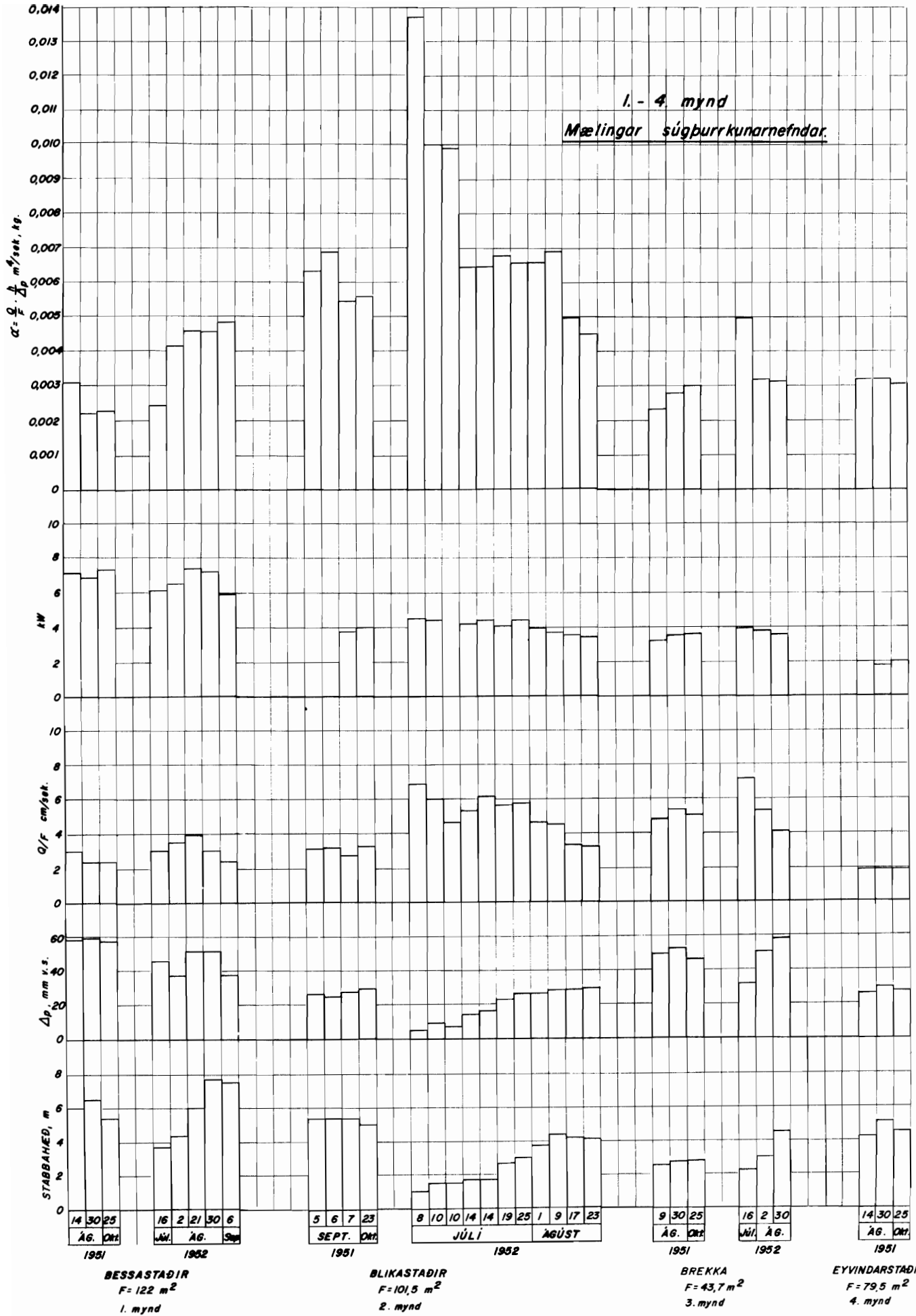
heys, benda til þess, að súgþurrkaða heyið sé talsvert betra fóður en sólþurrkað hey. Einnig kemur í ljós, að fóðurgildi heys, sem ekki hefur hitnað, er mun meira en fóðurgildi ornaðs heys. Þessar athuganir koma heim við erlendar rannsóknir, en með þeim þykir sannað, að súgþurrkað hey sé mun betra fóður en útiþurrkað hey. Til að koma í veg fyrir næringartöp vegna hita í heyi þykir sýnt að blása þurfi stöðugt í heyið, enda er í öllum erlendum heimildum mælt með stöðugum blæstri, á meðan þurrkun stendur yfir.

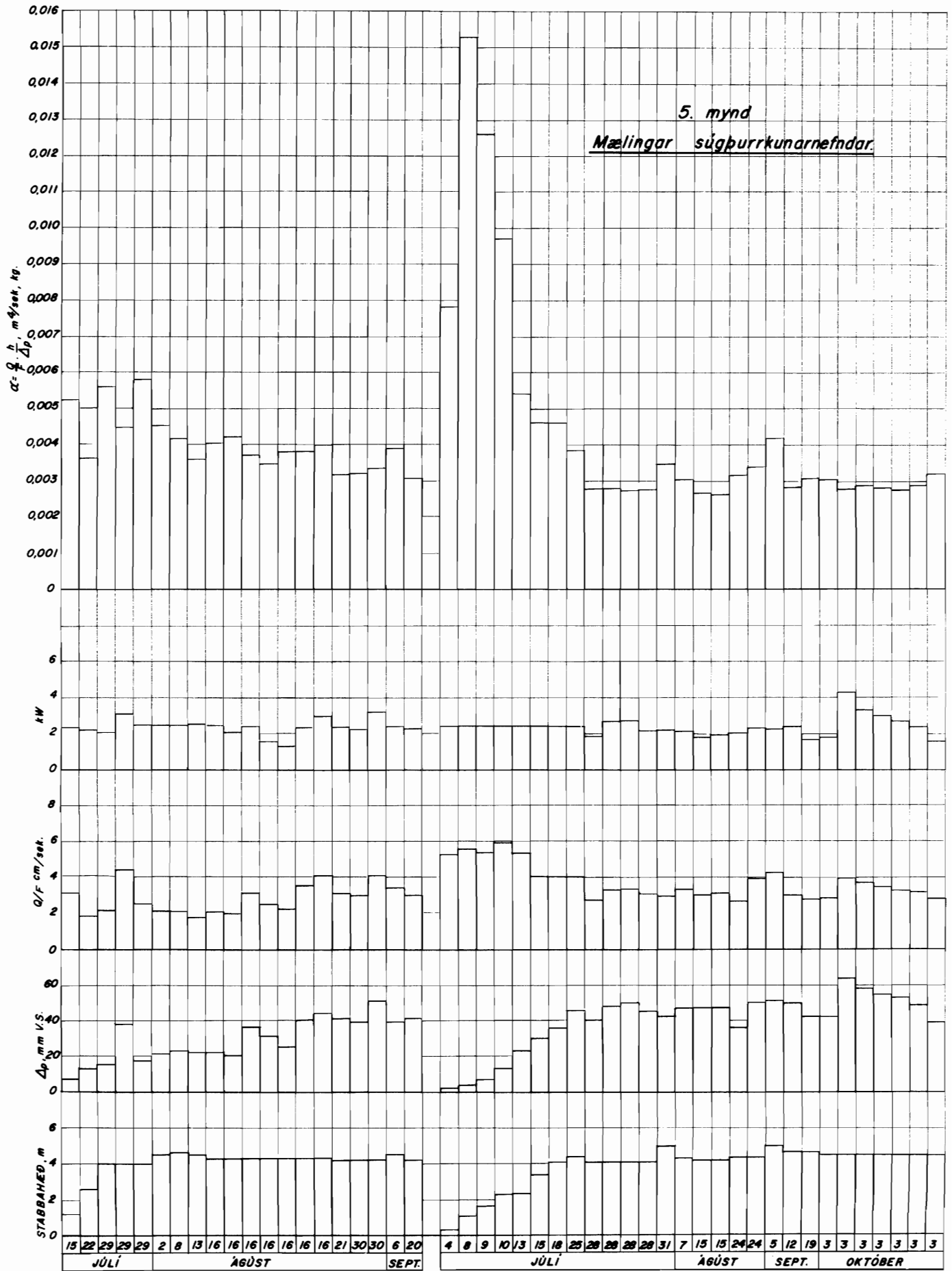
Þær athuganir, sem hér að framan hefur verið lýst, hafa fengizt gerðar fyrir velvilja bænda og ráðsmanna á bæjum þeim, sem athuganirnar voru gerðar á, og ber að þakka þeim hjálpsemi þeirra og fyrirgreiðslu. Hins vegar liggur það í hlutarins eðli, að slíkar athuganir verða aldrei fullkomnar, þar sem þær eru háðar mjög breytilegum aðstæðum hjá hinum ýmsu bændum, svo sem mismunandi heygerð, blástursháttum o.fl. Til frekari athugana þyrfti súgþurrkunarnefnd að fá til eigin umráða hlöðu, þar sem haga mætti blæstri að vild og framkvæma allar þær mælingar, sem nauðsynlegar mega teljast.

Þessar athuganir gætu t.d. verið fólgnar í eftirfarandi:

1. Áhrif stöðugs blásturs borin saman við áhrif blásturs með hvíldum.
2. Nákvæmar athuganir á rakainnihaldi og fóðurgildi heysins á meðan þurrkun stendur yfir.
3. Nákvæmar athuganir á raka- og varmainnihaldi blásturslofts áður en það fer í heyið og er það kemur upp úr heyi.
4. Áhrif upphitunar blástursloftsins.

1. - 4 mynd
Mælingar súgurrúnarnefndar.

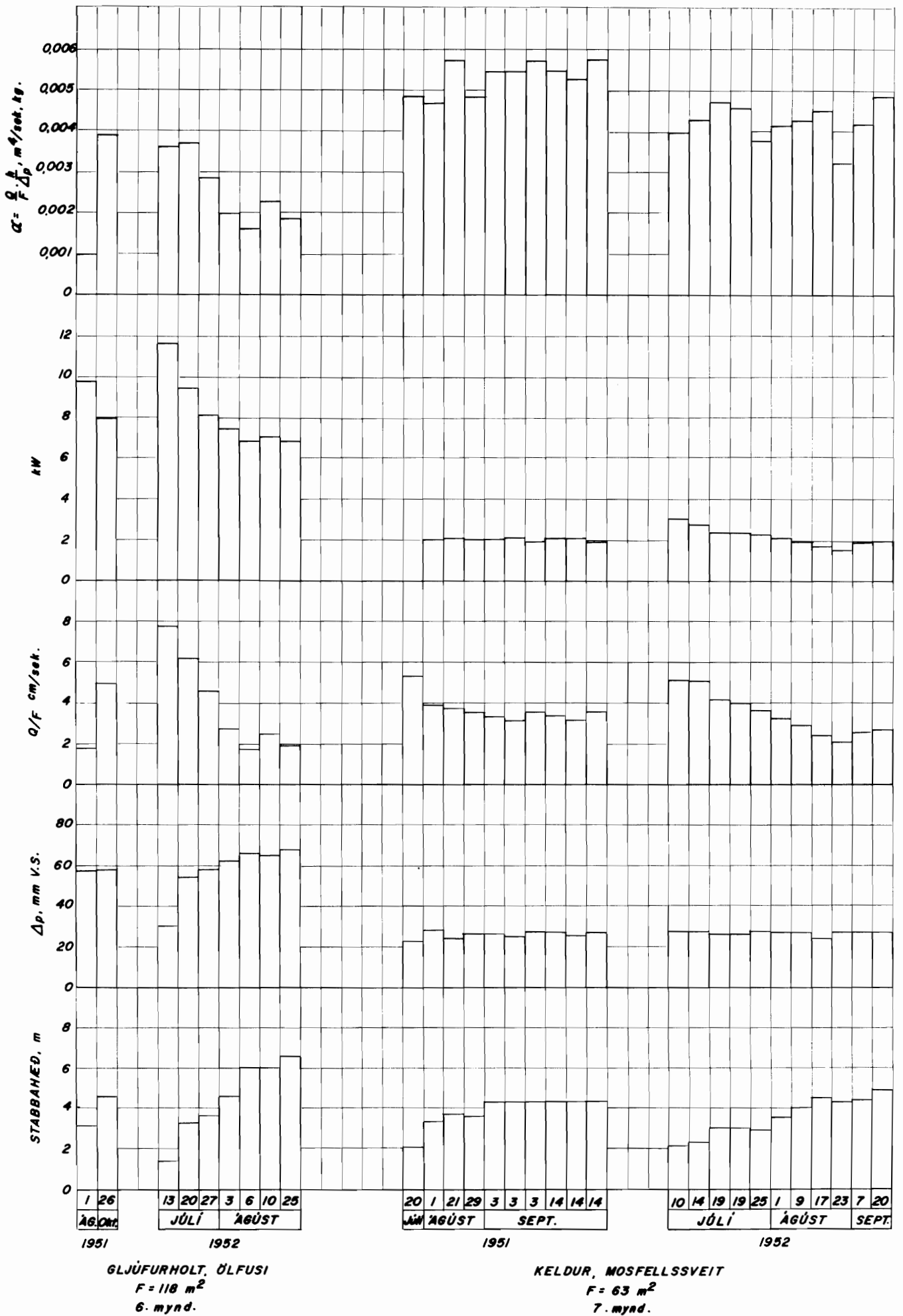


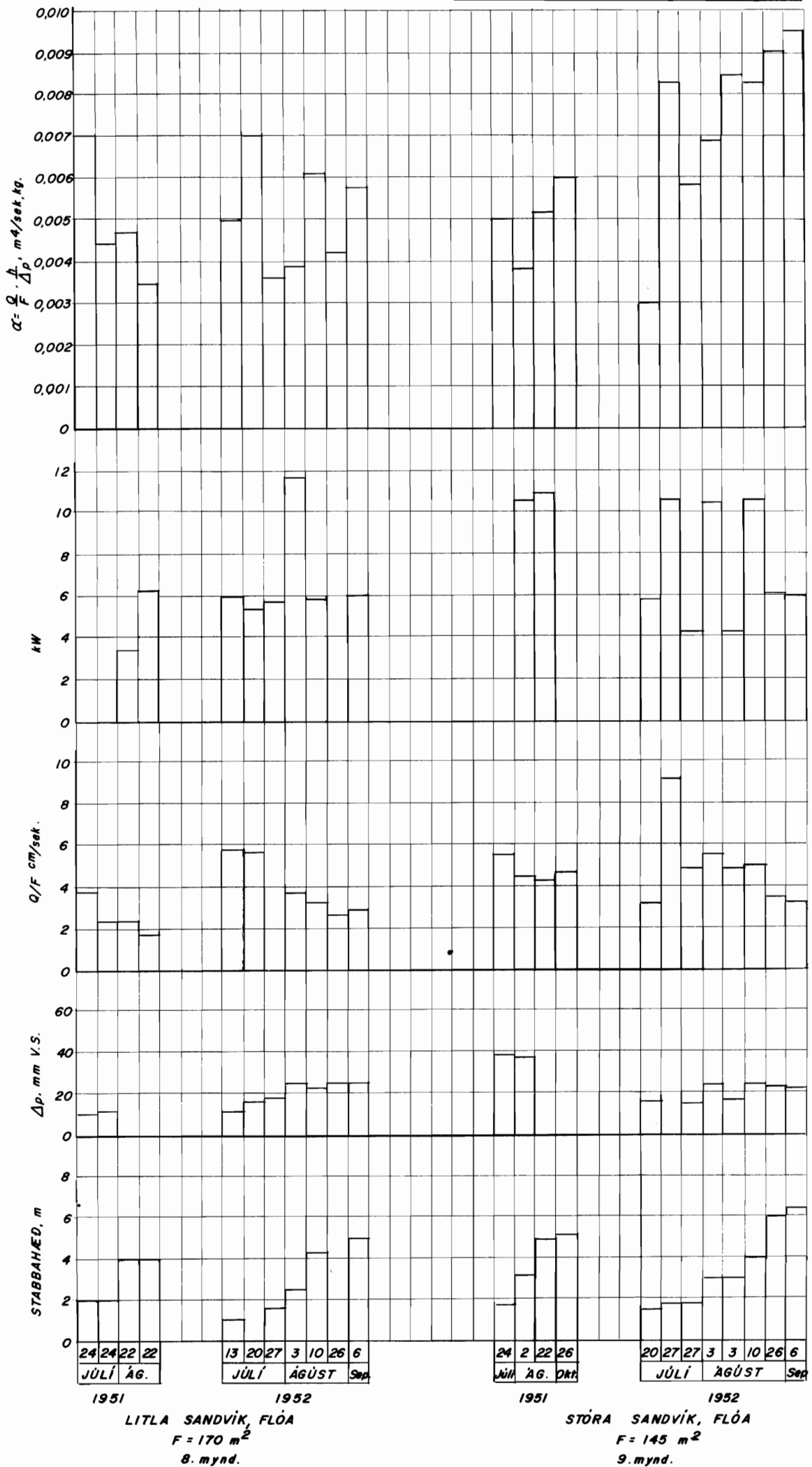


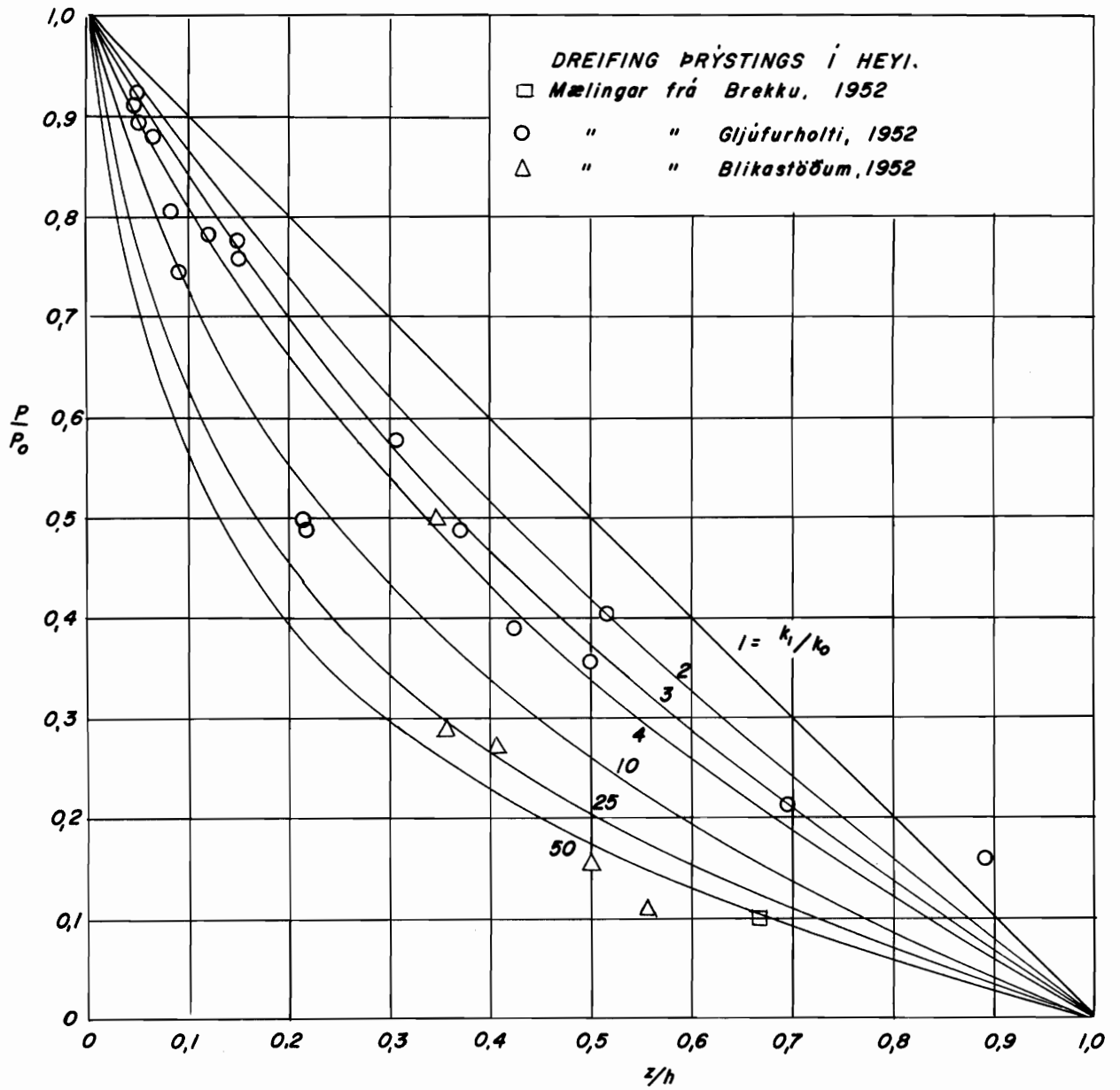
1952

1953

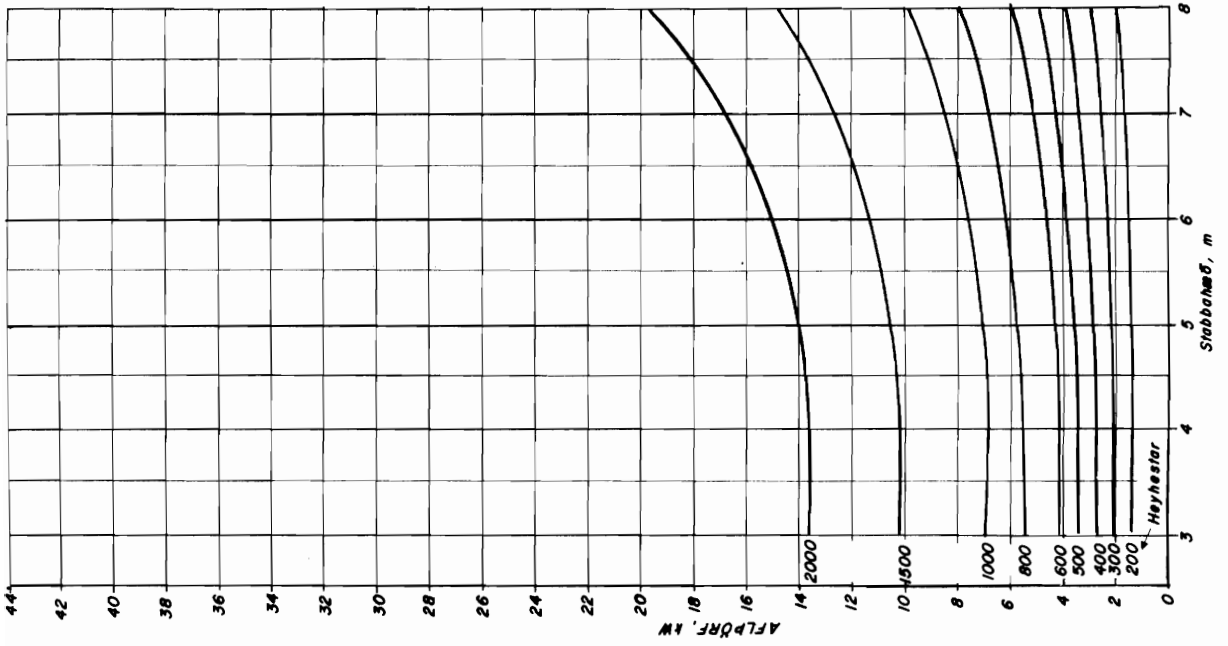
HLÍÐ, ALFTANESI
F = 52 m²
5. mynd.



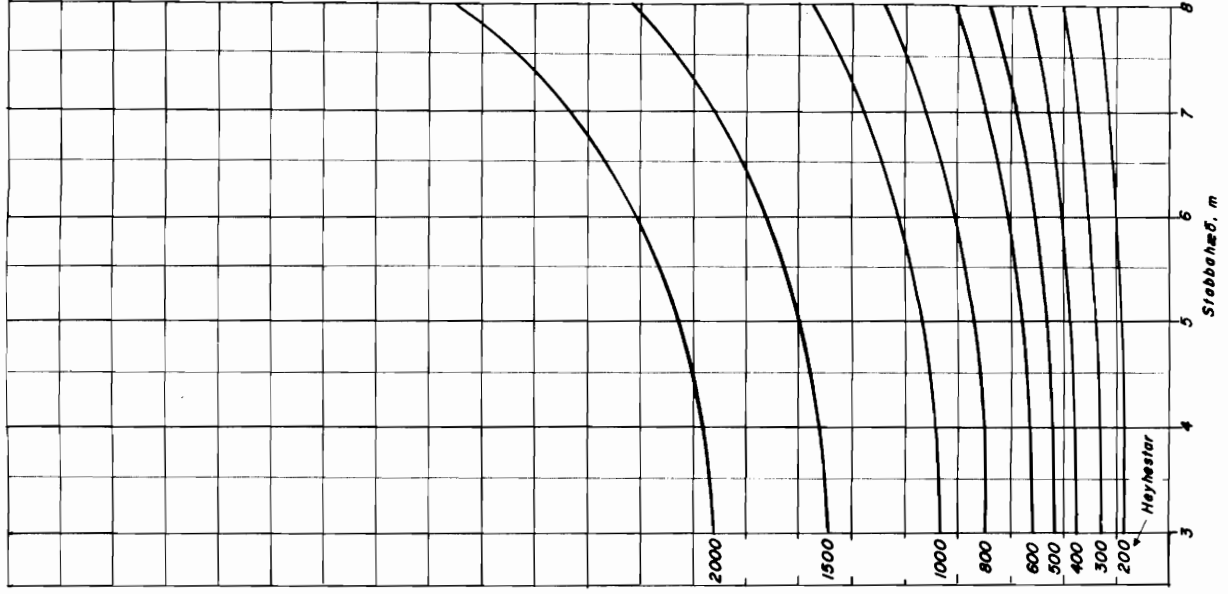




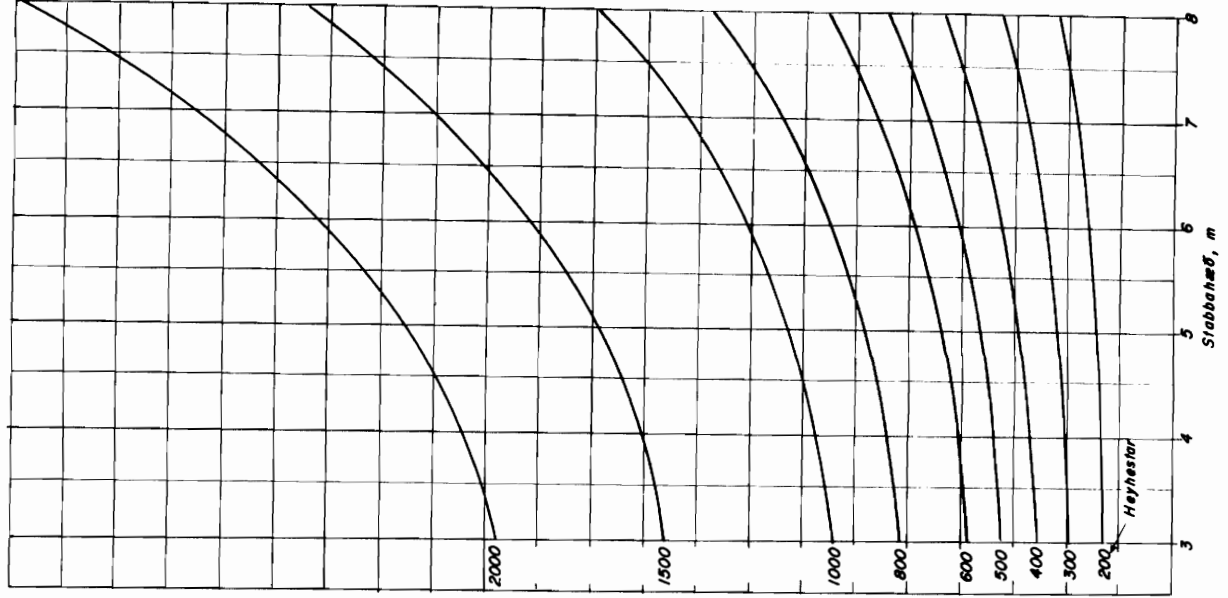
10. mynd.



11. mynd
HEYBLÁSARI.



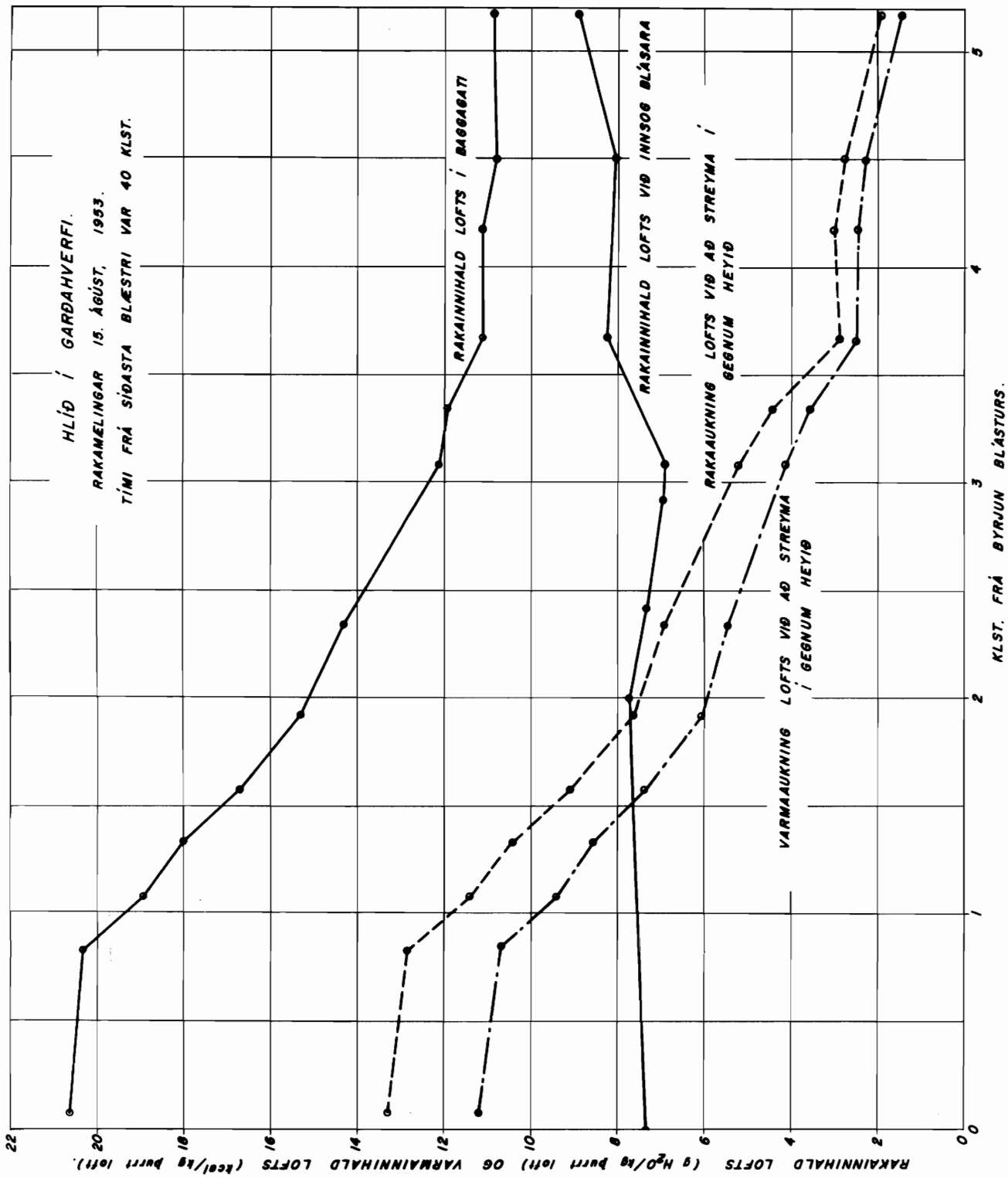
12. mynd
ÚRHLEDSLUBRÚ.

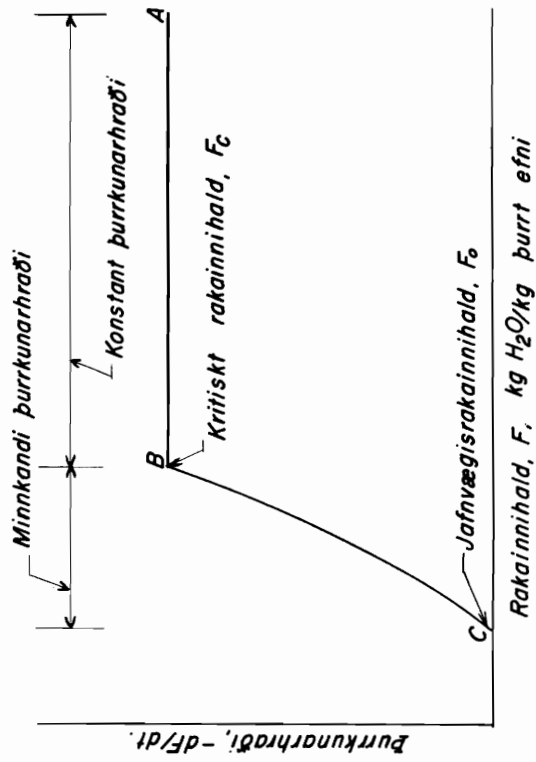
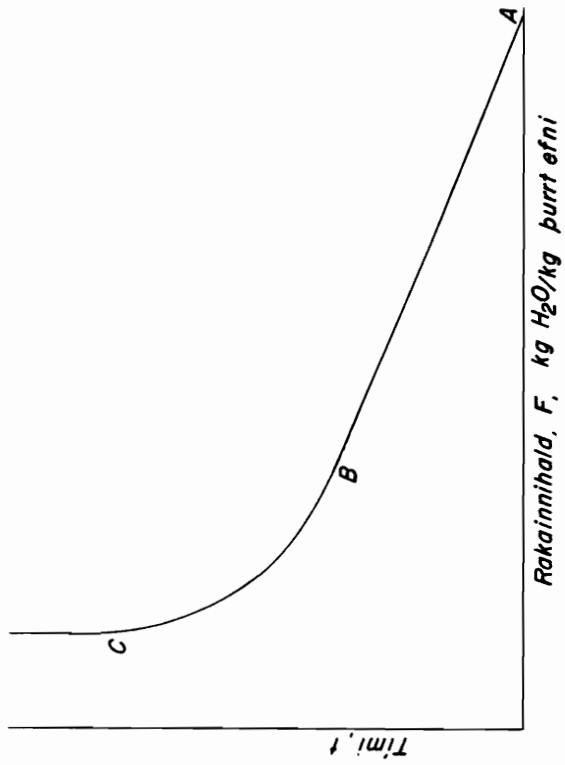


13. mynd
ENGIN ÚRHLEDSLUTEKI.

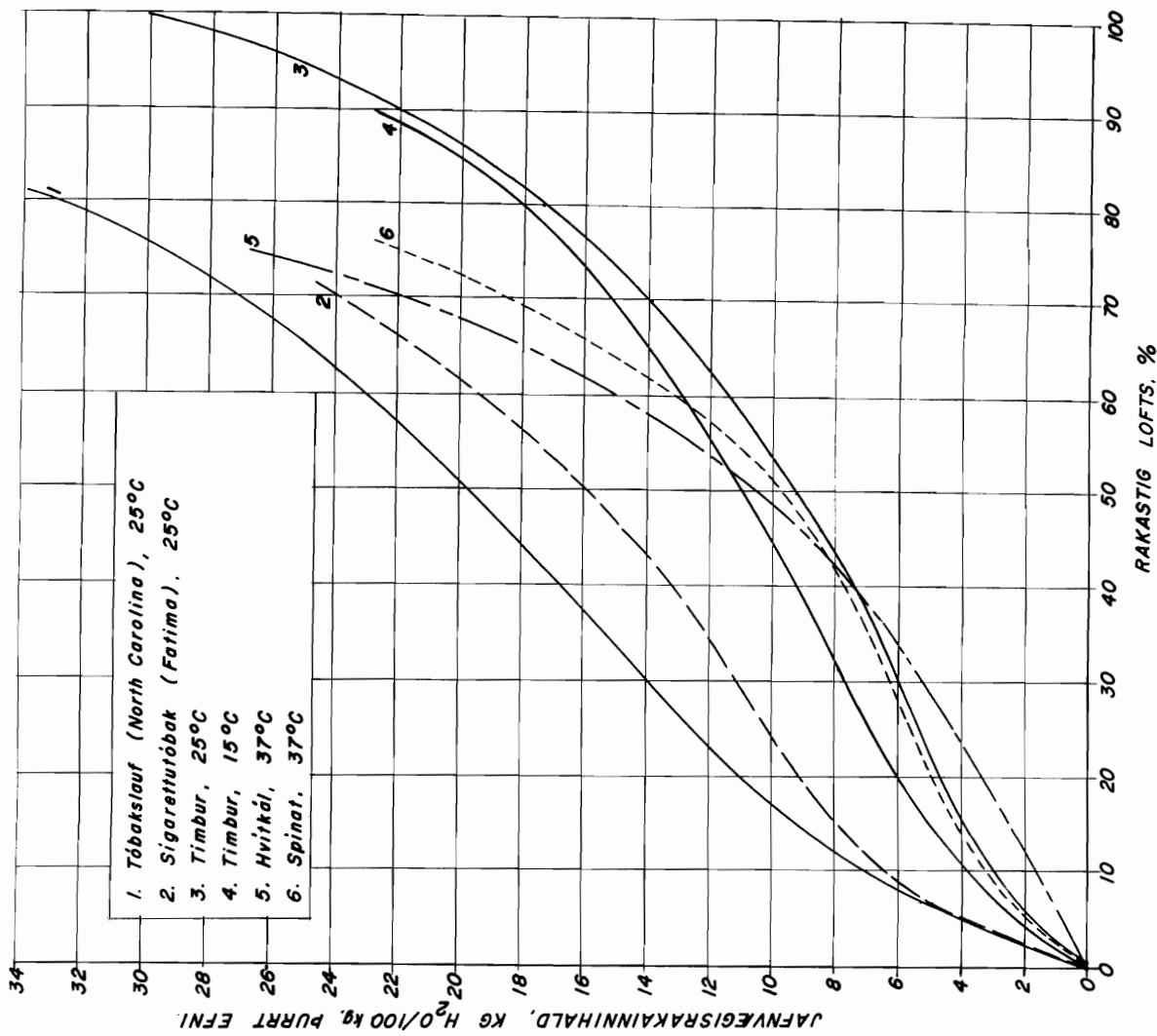
AFÞÖRF TIL SÚGURRUKUNAR FYRIR MISMUNANDI ÚRHLEDSLUTEKI.
I HEYHESTUR = 0,7 m³

HLÍÐ Í GARÐAHVERFI.
 RAKAMELINGAR 15. ÁGÚST, 1993.
 TÍMI FRÁ SÍÐASTA BLÆSTRI VAR 40 KLST.

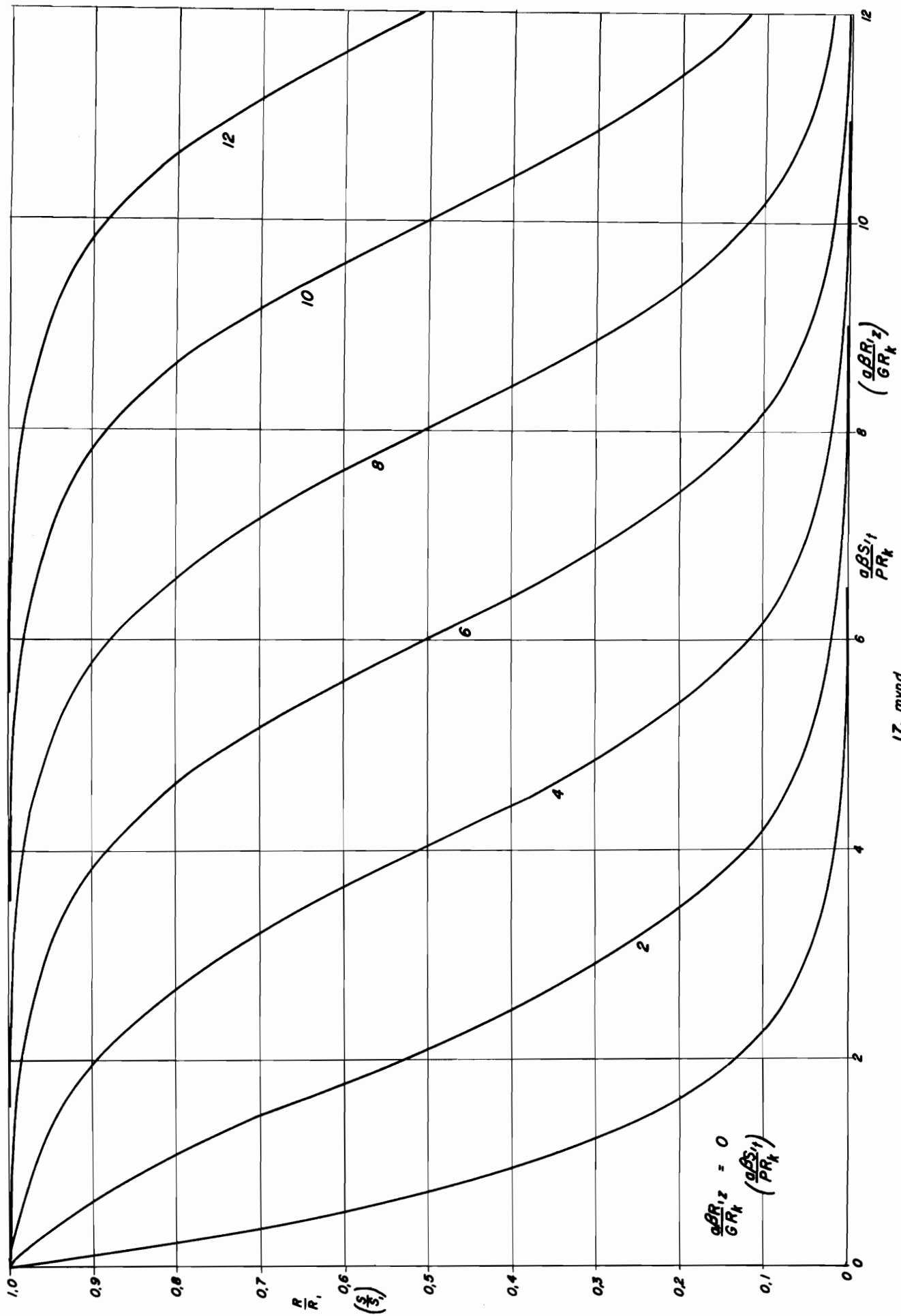




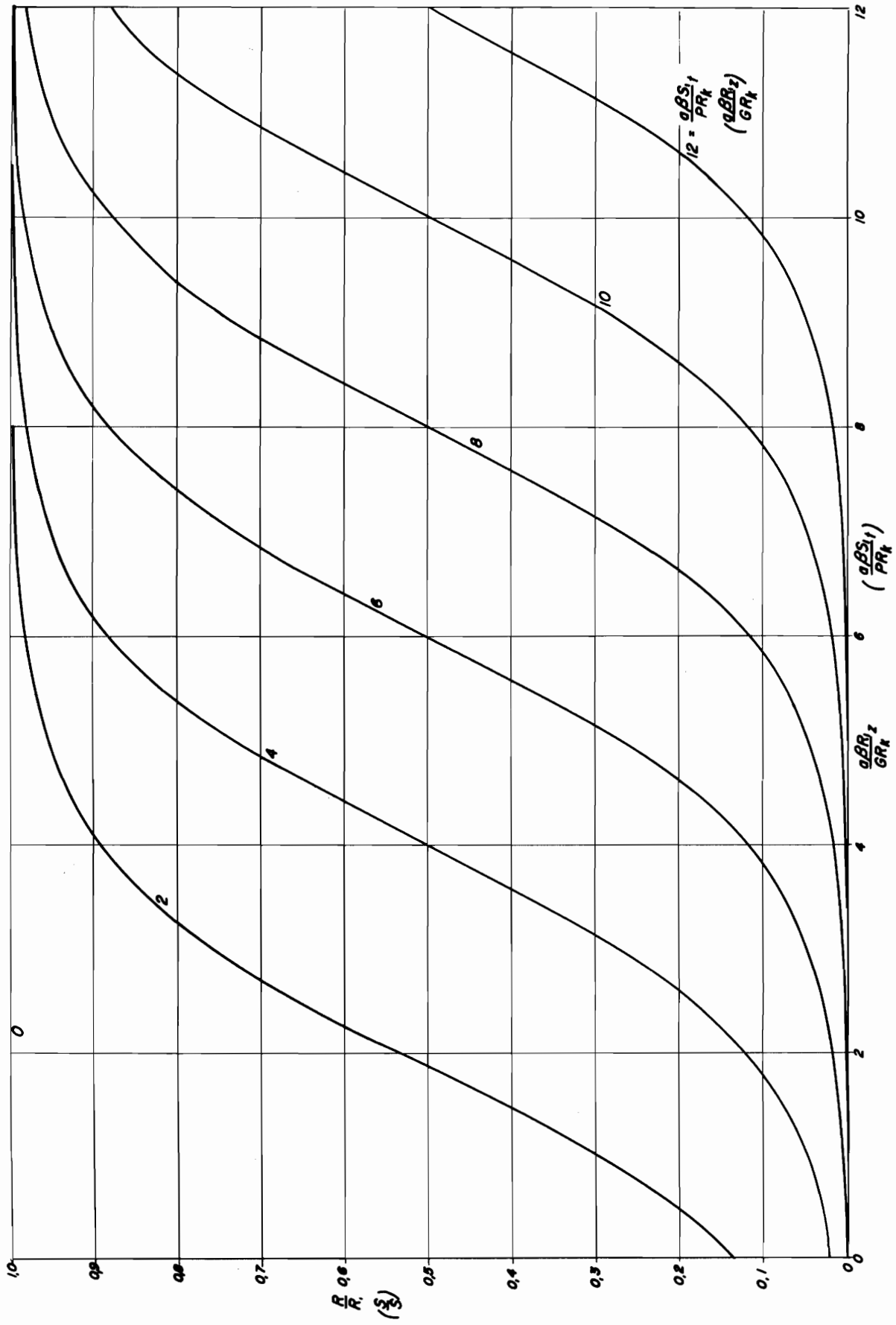
15. MYND.
ÞURRKUNARLÍNURIT.



16. MYND.
JAFNVÆGISRAKAINNIHALD NOKKURRA JURTA.

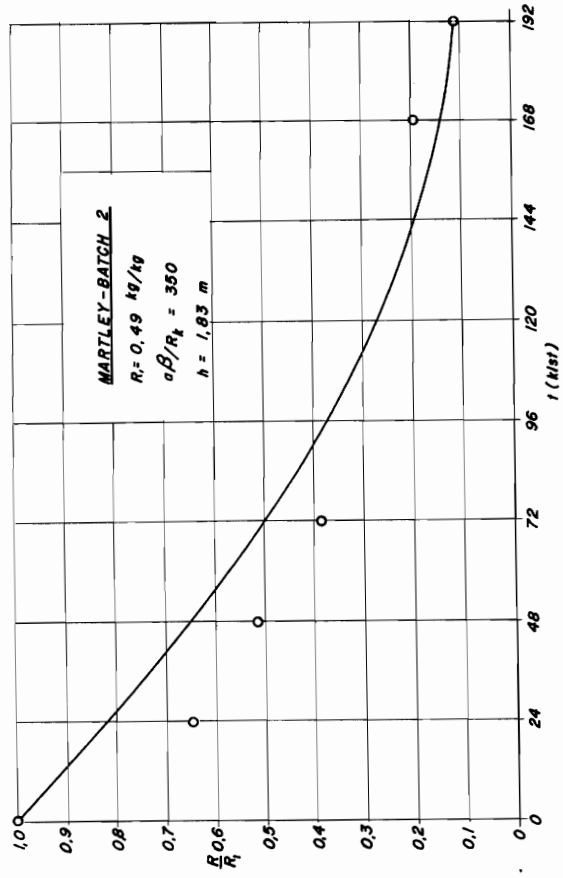


17. mynd.
 Línurit yfir jöfnur (16) og (17).



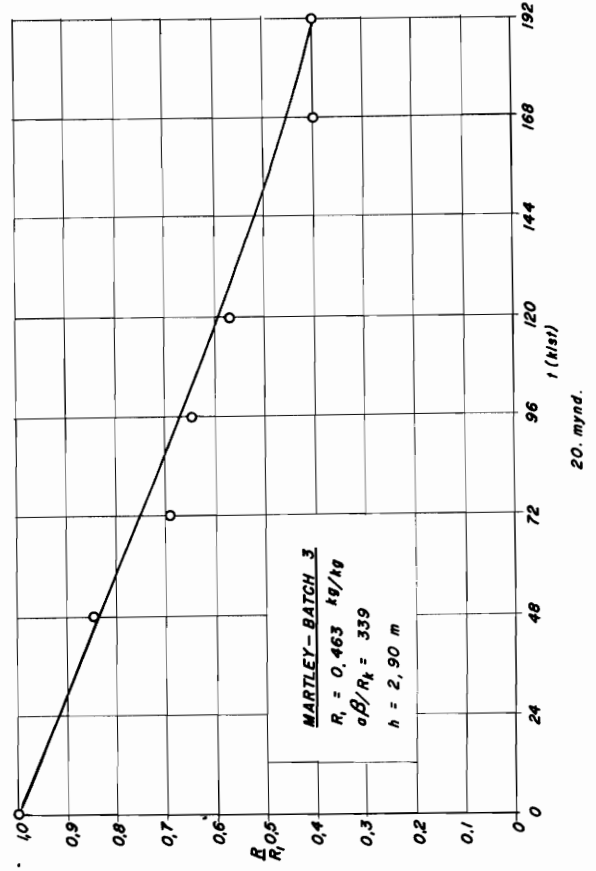
18. mynd.
 Linurit yfir jöfnur (16) og (17).

Purrkunarlinurit fyrir
enskar hlöður.



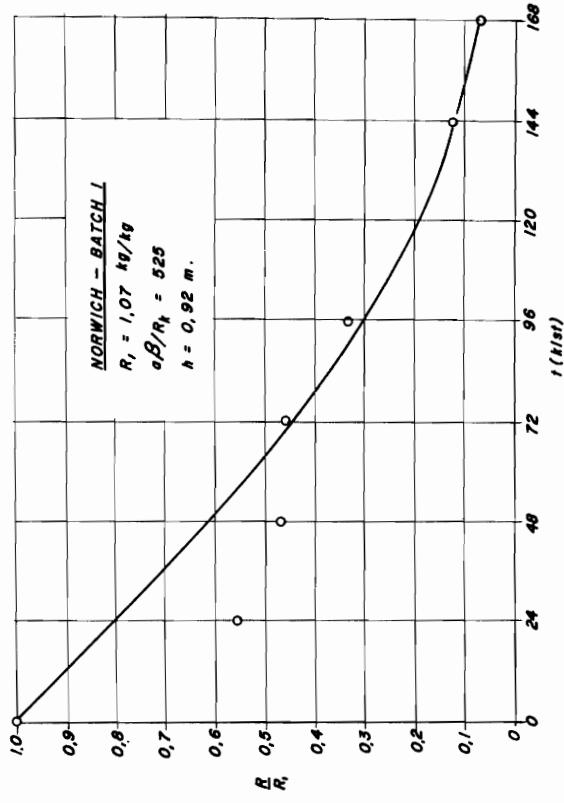
19. mynd.

Purrkunarlinurit fyrir
enskar hlöður.

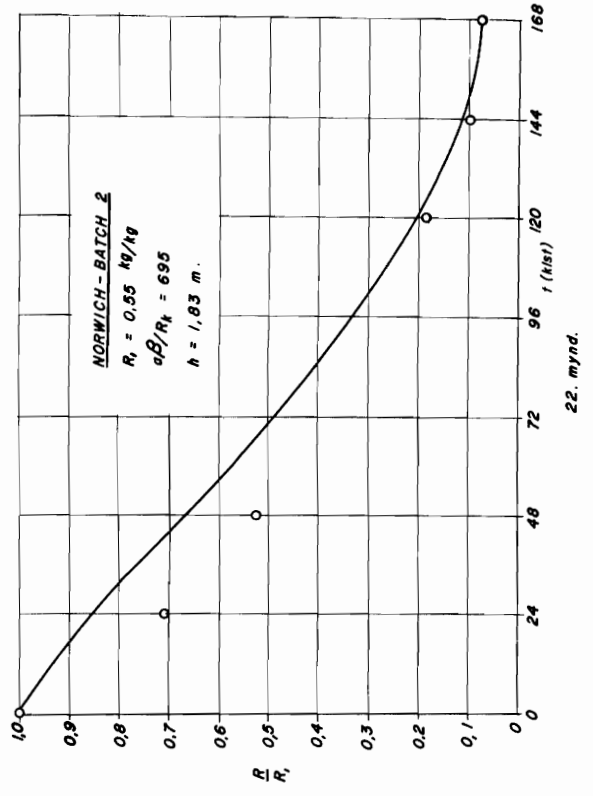


20. mynd.

Purrkunarlinurit fyrir
enskar hlöður.



21. mynd.

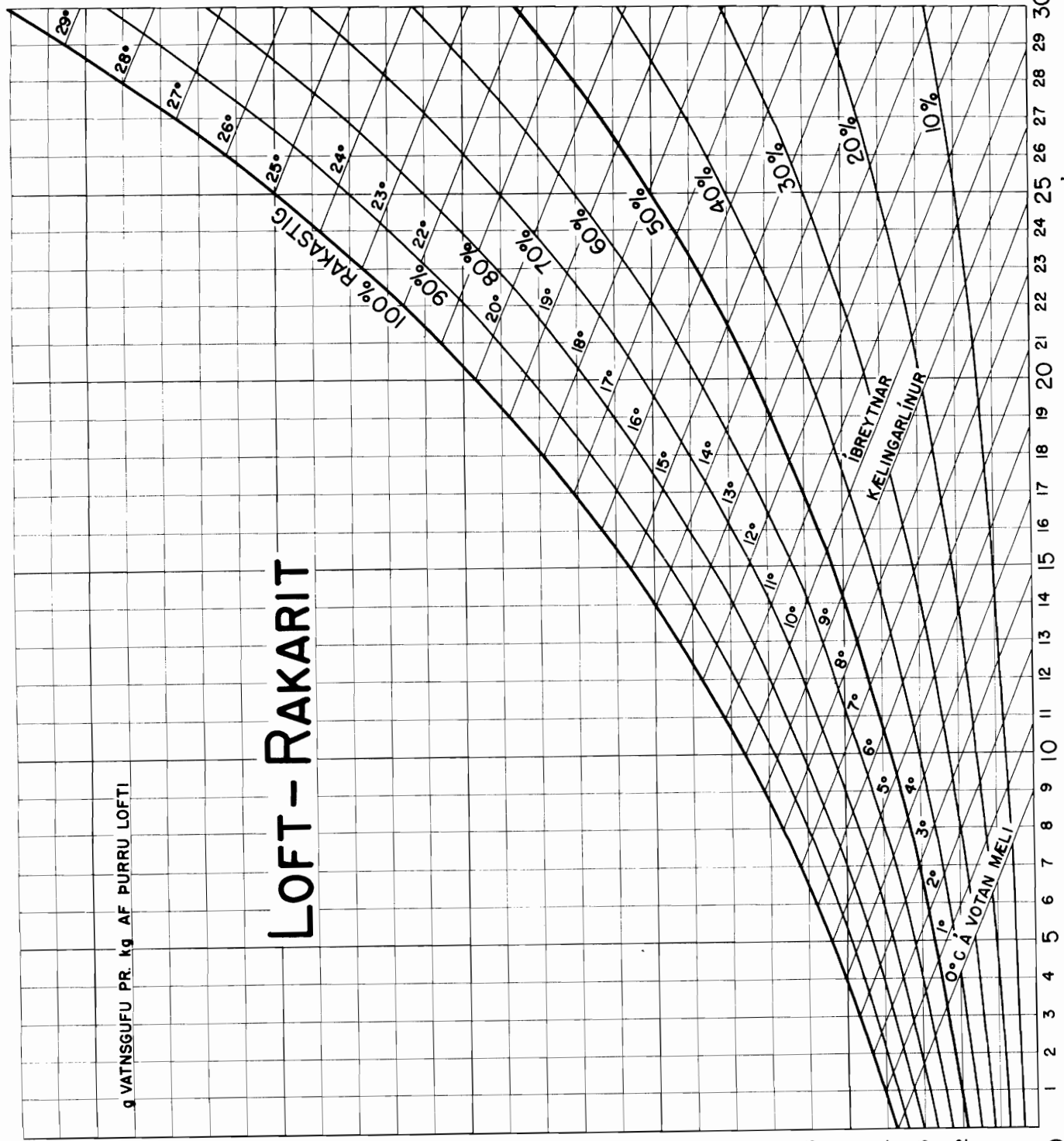


22. mynd.

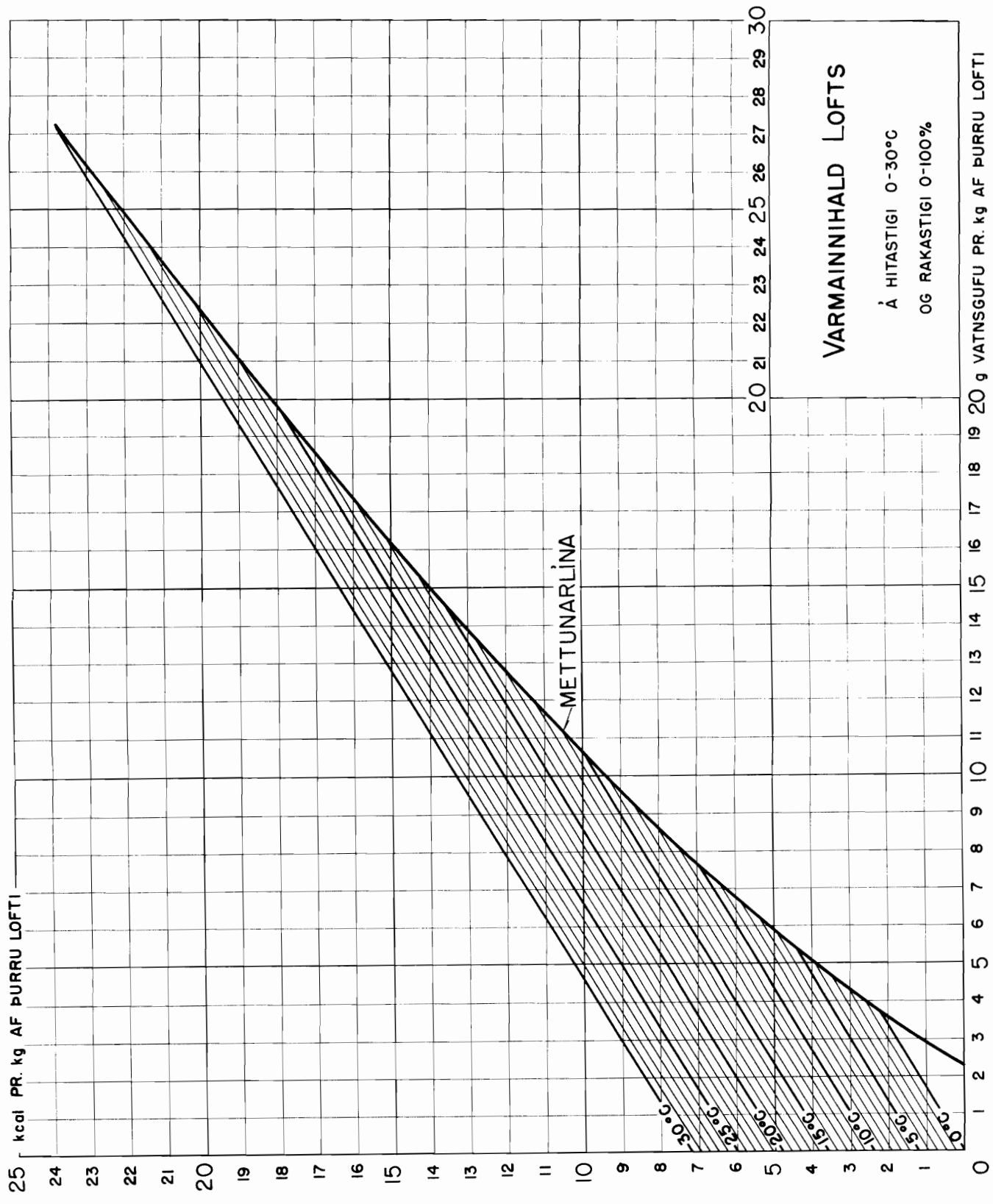
25
24
23
22
21
20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1
0

g VATNSGUFU PR. kg AF PURRU LOFTI

LOFT - RAKARIT



Á PURRAN MELI



VARMAINNIHALD LOFTS

Á HITASTIGI 0-30°C
OG RAKASTIGI 0-100%

25 kcal PR. kg AF ÞURRU LOFTI

24

23

22

21

20

19

18

17

16

15

14

13

12

11

10

9

8

7

6

5

4

3

2

1

0

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30

30°C

25°C

20°C

15°C

10°C

5°C

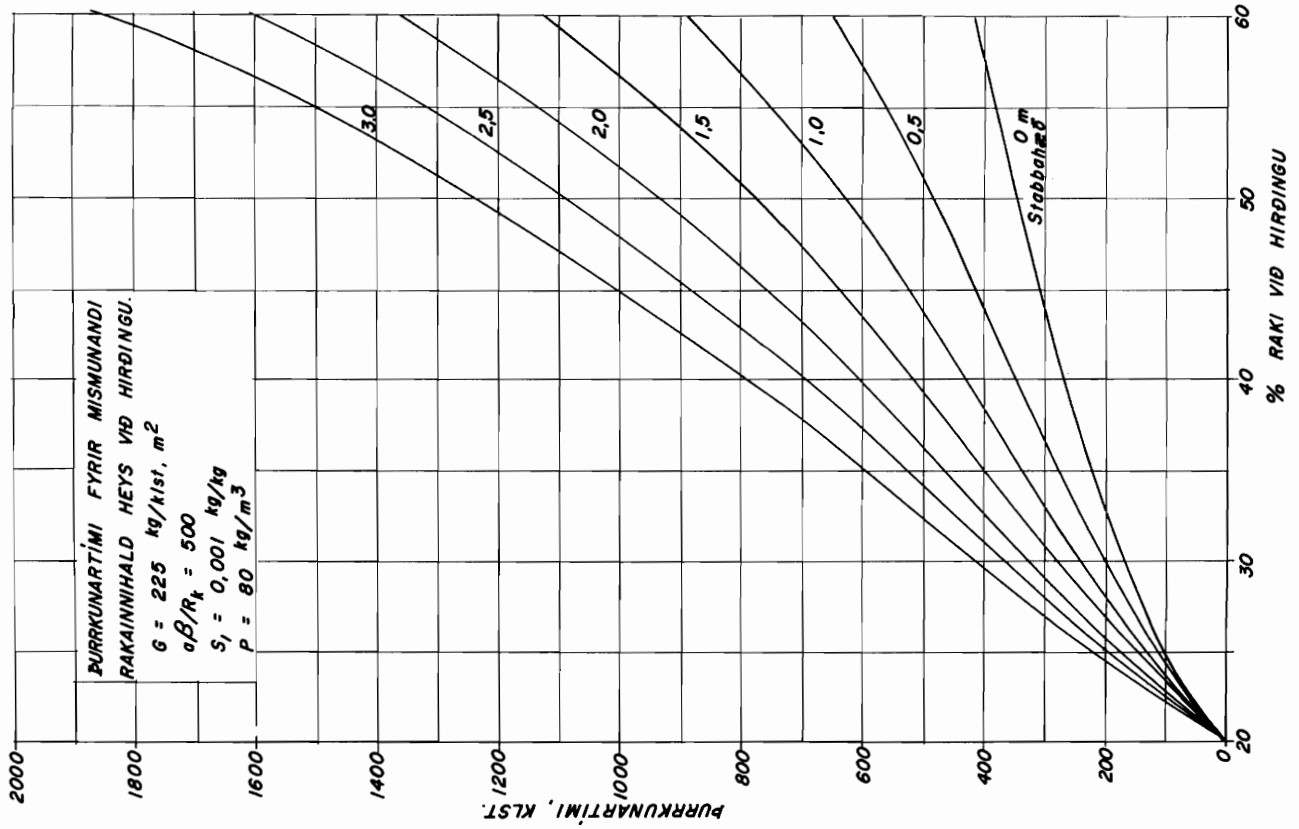
0°C

METTUNARLÍNA

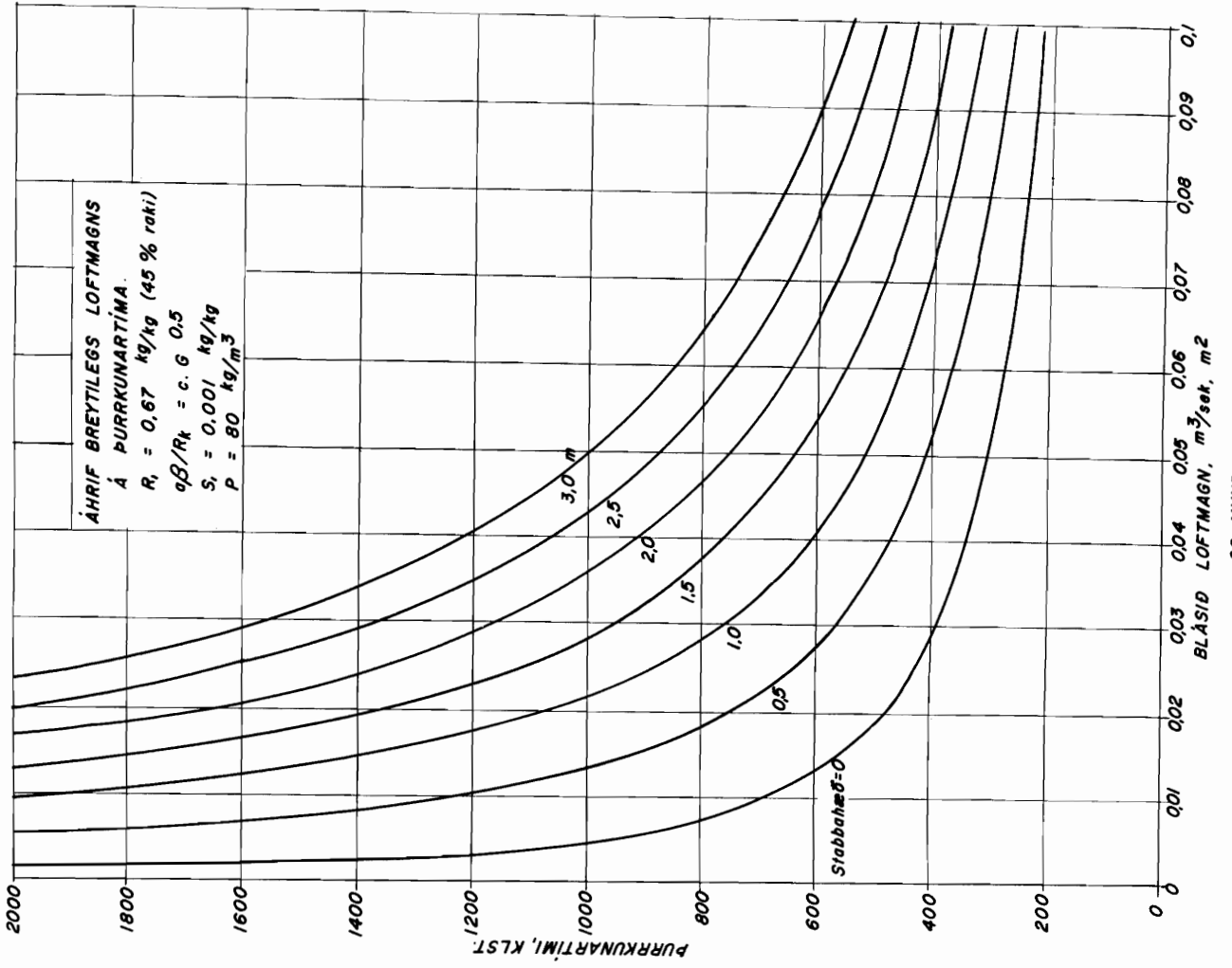
VARMAINNIHALD LOFTS

Á HITASTIGI 0-30°C
OG RAKASTIGI 0-100%

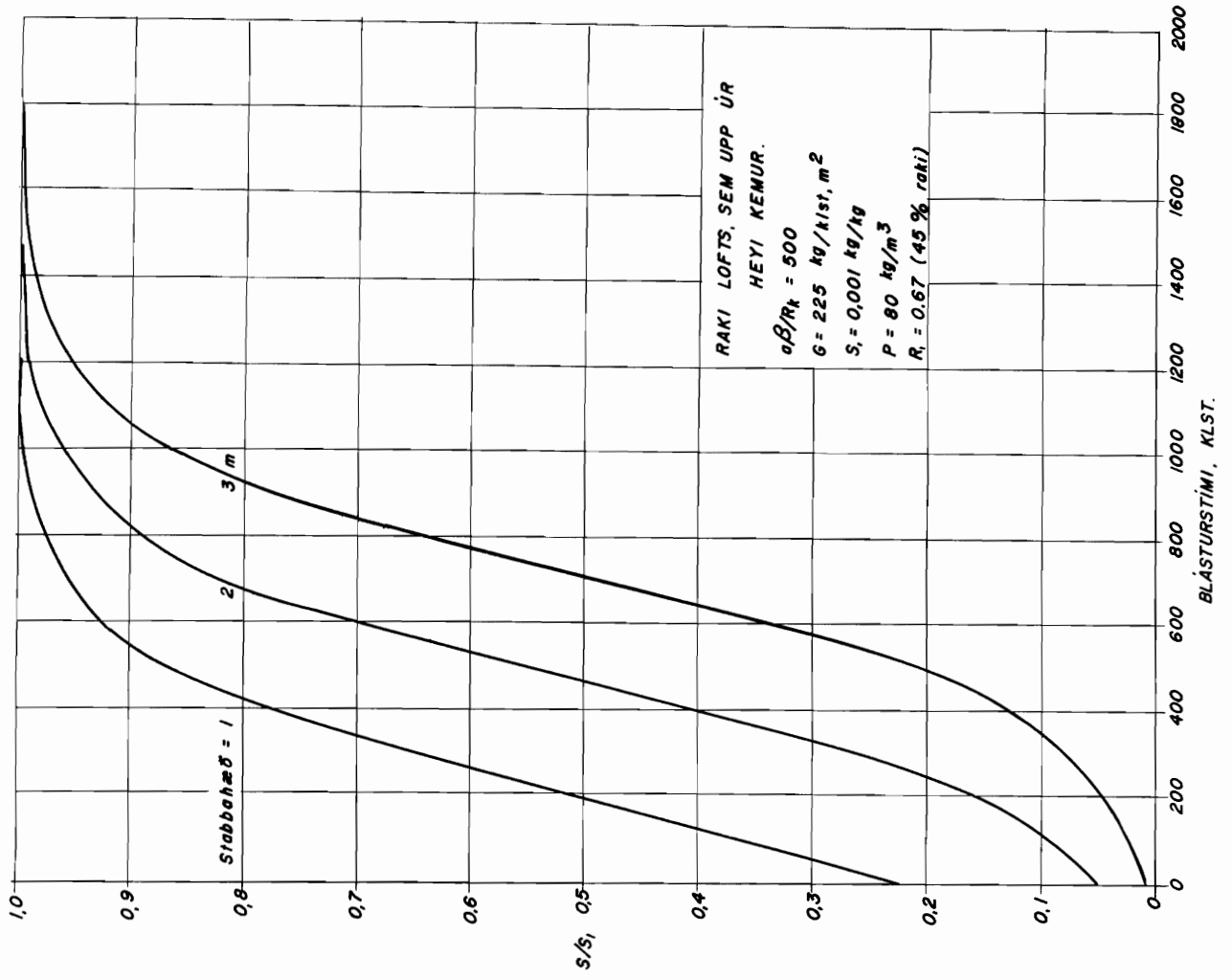
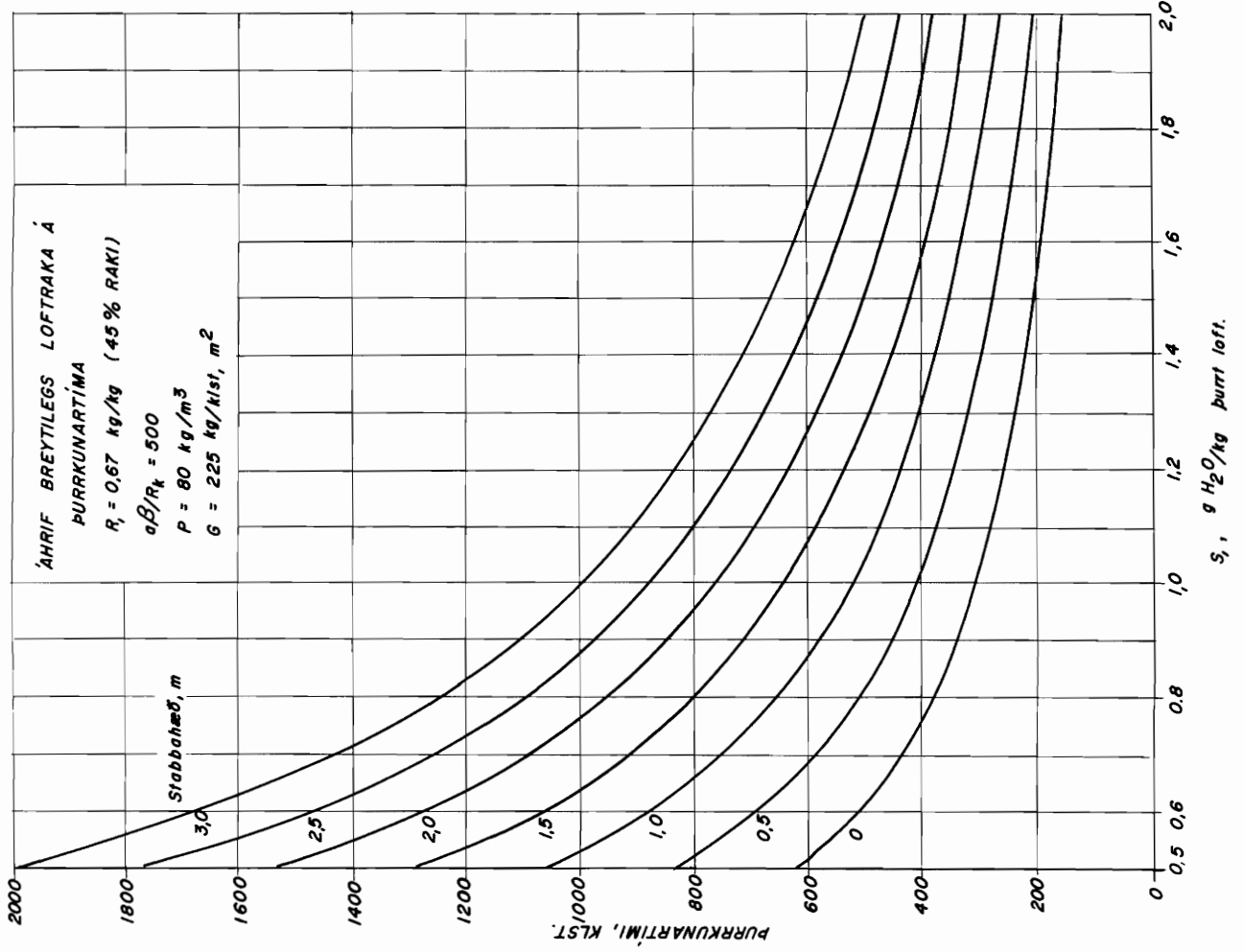
20 g VATNSGUFU PR. kg AF ÞURRU LOFTI



25. MYND.



26. MYND.



V I Ð B Æ T I R

SKÝRSLA UM ORKUSÖLU HÉRAÐSRAFMAGNSVEITNA RÍKISINS

TIL SÚGÐURRKUNAR ÁRIN 1949-55

Í eftirfarandi töflum er gefin upp notkun raforku á orkuveitu-
svæðum héraðsrafmagnsveitna ríkisins til súgþurrkunar á árunum 1949-
1955.

Tafla I sýnir fjölda býla, sem nota raforku til súgþurrkunar, tafla II gefur upp heildarafl í kW og tafla III sýnir heildarorkunotkun í kWst. Til glöggvunar eru þessar töflur einnig teiknaðar upp í línurit, og eru þau sýnd hér fyrir aftan (línurit 1, 2 og 3). Þessar töflur og línurit sýna greinilega þá miklu aukningu, sem orðið hefur á notkun raforku til súgþurrkunar á undanförunum sjö árum.

Tafla IV sýnir meðalafli til súgþurrkunar á hvert býli. Tafla V gefur upp meðalorkunotkun og tafla VI sýnir meðalnýtingartíma. Hinar tvær síðarnefndu töflur eru einnig teiknaðar upp í línurit, sem sýnd eru hér að aftan (línurit 4 og 5). Ætla mætti að óreyndu, að í þessum töflum og línurítum kæmu að einhverju leyti fram áhrif tíðarfarsins, þannig að t.d. á árinu 1955 hefði verið óvenju mikið blásið á suður- og vesturlandi, en hins vegar í minna lagi á norðurlandi. Þetta kemur hins vegar alls ekki skýrt fram og virðist öllu meir sem hin einstöku svæði hafi sínar föstu venjur um blásturshætti og blásturstíma að miklu leyti óháð tíðarfari. Þannig virðist t.d. meðalorkunotkun og nýtingartími vera í minnsta lagi á svæði Rangárvallaveitu, en yfirleitt mest á svæði Svalbarðsstrandarveitu, a.m.k. hin síðari ár.

Línurit 6, 7 og 8 hér fyrir aftan eru fyrir árið 1955 og sýna hvernig fjöldi notenda, meðalorkunotkun og meðalnýtingartími dreifist eftir afli. Langflest býli falla á bilið 5-6 kW, en það svarar til 7,5 hestafla mótors (5,55 kW). Næst koma 7-8 kW (10 hestöfl) og 3-4 kW (5 hestöfl). Þessar þrjár stærðir mótora, sem hér að framan eru taldar, eru notaðar á 87% þeirra býla, sem hér eru athuguð, en aðrar stærðir mótora eru mjög fáar.

Meðalorkunotkunin eykst með vaxandi afli, svo sem vænta má. Af línuriti 8 virðist hins vegar sem meðalnýtingartími fari heldur minnkandi með vaxandi afli, þ.e. þeir sem meira afl hafa, telja sig ekki þurfa að blása jafnmikið og þeir sem minna afl hafa. Gæti það bent til þess, að einhverju væri áfátt með val blásara, þannig að óþarflega stórir eða aflfrekir blásarar væru víða notaðir.

Tafla VII gefur upplýsingar um heymagn á 8 býlum, sem þurrkað hefur verið við súgþurrkun í nokkur ár í röð, allt að sex árum. Sést hér greinilega, hve mismunandi blásturshættir eru á hinum ýmsu býlum, en auk þess verða eðlilega breytingar frá ári til árs, sem stafa af ýmsum orsökum, svo sem tíðarfari og heygerð. Á þeim 8 býlum, sem taflan nær yfir, er heildarnotkunin þessi ár 267.169 kWst og heildarheymagn 23.390 m³. Meðalorkunotkun verður því 11,45 kWst/m³ eða ca. 8,0 kWst/heyhest, sé reiknað með því, að hestur af heyi sé sem næst 0,7 m³ af signu, súgþurrkuðu heyi í hlöðu.

Línurit 9 og 10 sýna meðalárskostnað og meðaleiningarkostnað orku fyrir árið 1955. Af eðlilegum ástæðum hækkar árskostnaður með vaxandi afli. Einnig virðist af línuriti 10 sem einingarverð orku fari nokkuð hækkandi með vaxandi afli.

Af töflum II og III má reikna út meðaleiningarkostnað orku til súgþurrkunar fyrir allt landið árið 1955. Heildarafl til súgþurrkunar var á árinu 690,10 kW. Fastagjald er kr. 220,00 pr. kW eða samtals um kr. 151.840,00. Orkunotkun var samtals 478.375 kWst, sem seld eru á kr. 0,20 pr. kWst. Samanlagt orkugjald er því kr. 95.675,00 og heildarkostnaður þá kr. 247.515,00. Meðaleiningarverð orku er því kr. 0,518 pr. kWst. Samkvæmt því sem fyrr segir um meðalorkunotkun til súgþurrkunar, reyndist hún vera ca. 8,0 kWst/heyhest. Reiknað með ofangreindu einingarverði orku verður kostnaður við súgþurrkun þá kr. 4,15/heyhest.

TAFLA I

FJÖLDI NOTENDA MEÐ SÚGÞURRKUN
(Héraðsrafmagnsveitur ríkisins)

Ár	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Árnesveita	5	6	10	17	25	28	37
Rangárvallaveita	1	4	5	5	5	9	11
Borgarfjarðarveita	1	1	2	8	11	12	21
Skaga- og Eyjafjarðarveitur	0	0	0	3	3	3	12
Svalbarðsstrandarveita	1	4	5	12	12	13	15
Þingeyjarveita (Staðaveita)	0	0	3	4	4	10	16
Samtals	8	15	26	49	60	75	112

TAFLA II

SAMANLAGT UPPSETT AFL TIL SUGPURRKUNAR, kW
(Héraðsrafmagnsveitur ríkisins)

Ár	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Arnesveita	48,90	56,40	84,45	124,45	168,85	189,20	258,20
Rangárvallaveita	5,55	26,10	30,30	30,30	30,30	54,72	68,12
Borgarfjarðarveita	4,10	4,10	11,50	37,40	54,05	58,60	111,40
Skaga- og Eyjafjarðarveitur	0	0	0	22,90	22,90	22,90	91,35
Svalbarðsstrandarveita	5,55	18,40	34,30	73,10	73,10	81,98	93,48
Þingeyjarveita (Staðaveita)	0	0	14,80	20,35	20,35	46,60	67,34
Samtals kW	64,10	95,00	175,35	308,50	369,55	454,00	690,19

TAFLA III

HEILDARORKUNOTKUN TIL SÚGÞURRKUNAR, kWst
(Héraðsrafmagnsveitur ríkisins)

Ár	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Árnesveita	47.500	42.529	59.020	94.117	117.068	155.564	207.087
Rangárvallaveita	838	3.615	3.303	4.967	4.747	8.315	16.785
Borgarfjarðarveita	2.624	2.970	5.626	20.731	34.293	49.018	88.213
Skaga- og Eyjafjarðarveitur	0	0	0	10.503	6.274	8.563	36.223
Svalbarðsstrandarveita	4.240	4.463	19.971	54.392	97.695	116.209	90.283
Þingeyjarveita (Staðaveita)	0	0	11.527	14.490	17.294	40.336	39.784
Samtals kWst	55.202	53.577	99.447	199.200	277.371	378.005	478.375

TAFLA IV

MEÐALAFL Á BÝLI TIL SÚGÞURRKUNAR, kW
(Héraðsrafmagnsveitur ríkisins)

Ár	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Arnesveita	9,98	9,40	8,45	7,30	6,75	6,75	6,98
Rangárvallaveita	5,55	6,53	6,06	6,06	6,06	6,08	6,20
Borgarfjarðarveita	4,10	4,10	5,75	4,68	4,91	4,88	5,30
Skaga- og Eyjafjarðarveitur	-	-	-	7,63	7,63	7,63	7,61
Svalbarðsstrandarveita	5,55	4,60	5,72	6,09	6,09	6,30	6,23
Þingeyjarveita (Staðaveita)	-	-	4,93	5,09	5,09	4,66	4,21
Meðalafi yfir landið, kW	8,01	6,33	6,75	6,30	6,17	6,06	6,17

TAFLA V

MEÐALORKUNOTKUN Á BÝLI TIL SÚGÞURRKUNAR, kWst
(Héraðsrafmagnsveitur ríkisins)

Ár	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Árnesveita	9.500	7.088	5.900	5.530	4.680	5.550	5.600
Rangárvallaveita	838	904	660	990	950	925	1.525
Borgarfjarðarveita	2.624	2.970	2.813	2.590	3.120	4.080	4.200
Skaga- og Eyjafjarðarveitur	-	-	-	3.500	2.090	2.855	3.020
Svalbarðsstrandarveita	4.240	1.116	3.340	4.530	8.140	8.940	6.020
Þingeyjarveita (Staðaveita)	-	-	3.840	3.620	4.320	4.030	2.480
Meðalorkunotkun yfir landið, kWst	6.900	3.570	3.820	4.070	4.620	5.040	4.270

TAFLA VI

MEÐALNÝTINGARTÍMI TIL SÚÐURRKUNAR, klst.
(Héraðsrafmagnsveitur ríkisins)

Ár	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955
Arnesveita	970	755	700	755	694	823	802
Rangárvallaveita	151	139	110	164	157	152	246
Borgarfjarðarveita	640	725	490	555	635	838	793
Skaga- og Eyjafjarðarveitur	-	-	-	460	274	374	397
Svalbarðsstrandarveita	765	242	582	744	1.335	1.420	967
Þingeyjarveita (Staðaveita)	-	-	778	712	850	868	590
Meðalnýtingartími yfir landið, klst.	860	564	568	645	752	832	693

TAFLA VII

SÚGÞURRKUN Á 8 BÚM Á ÁRUNUM 1949-1954

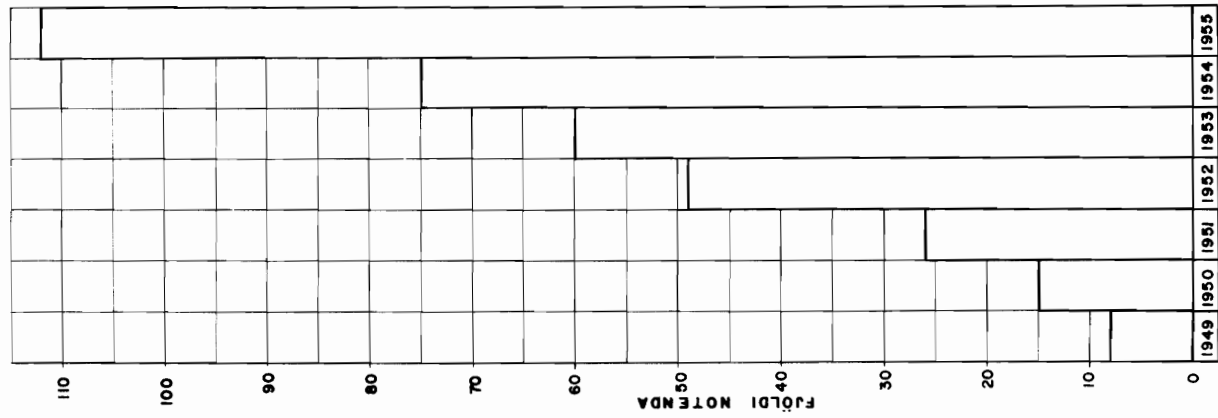
Ár:	Býli nr.	1	2	3	4	5	6	7	8
	Stærð hreyfils, kW	12,9	4,2	11,7	7,5	11,0	4,3	4,8	2,6
<u>1954</u>	Orkunotkun, kWst	13.750	5.540	17.207	12.036	8.400		2.350	1.840
	Nýtingartími, kist.	1.065	1.320	1.470	1.610	765		490	710
	Heymagn, m ³	1.500	400	830	750	665		410	210
	kWst/m ³	9,2	13,9	20,7	16,0	12,6		5,7	8,8
<u>1953</u>	Orkunotkun, kWst	13.620	6.428	17.500	9.146	7.450		2.550	1.334
	Nýtingartími, kist.	1.055	1.530	1.495	1.220	675		530	513
	Heymagn, m ³	1.500	400	820	750	665		415	220
	kWst/m ³	9,1	16,1	21,3	12,2	11,2		6,2	6,1
<u>1952</u>	Orkunotkun, kWst	14.000	4.310	11.769	7.510	10.880	2.712	2.309	1.616
	Nýtingartími, kist.	1.085	1.025	1.050	1.000	990	630	480	621
	Heymagn, m ³	1.500	400	820	725	661	271	403	212
	kWst/m ³	9,3	10,8	14,3	10,4	16,5	10,0	5,7	7,6
<u>1951</u>	Orkunotkun, kWst	16.343	5.112	11.024	4.658	7.981	2.036	1.385	
	Nýtingartími, kist.	1.265	1.220	940	620	725	480	290	
	Heymagn, m ³	1.500	400	835	780	684	263	541	
	kWst/m ³	10,9	12,8	13,2	6,0	11,7	7,7	2,5	
<u>1950</u>	Orkunotkun, kWst	14.785	5.720						
	Nýtingartími, kist.	1.145	1.360						
	Heymagn, m ³	1.500	400						
	kWst/m ³	9,9	14,3						
<u>1949</u>	Orkunotkun, kWst	17.885	5.983						
	Nýtingartími, kist.	1.385	1.425						
	Heymagn, m ³	1.500	400						
	kWst/m ³	11,9	15,0						

RAFMAGN TIL SÚGÞURRKUNAR ÁRIÐ 1955

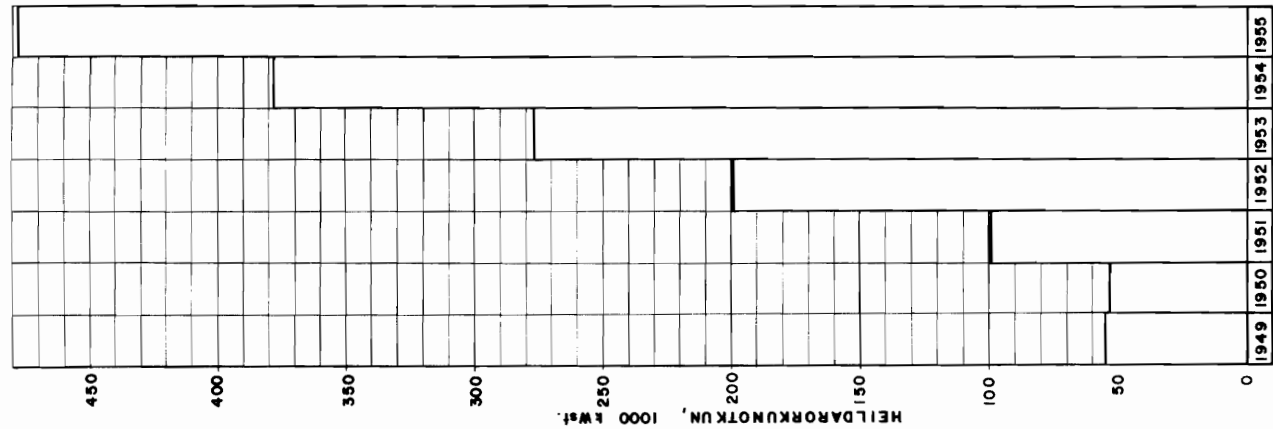
(Héraðsrafmagnsveitur ríkisins)

Notandi Nr.	kW	kWst	Notandi Nr.	kW	kWst	Notandi Nr.	kW	kWst	Notandi Nr.	kW	kWst
2-01	4	3,892	2-29	7,4	5,167	3-19	5,55	2,145	5-05	5,55	595
2-02	11,7	20,550	2-30	7,4	3,159	3-20	7,4	1,828	5-06	5,55	9,839
2-03	13,7	15,031	2-31	5,55	7,209	3-21	2,22	5,650	5-07	5,55	5,150
2-04	18,5	14,860	2-32	5,55	6,352	3-22	3,7	1,676	5-08	5,55	4,450
2-05	4,2	4,428	2-33	5,55	5,492	3-23	3,7	1,676	5-09	5,55	7,638
2-06	7,5	6,950	2-34	7,4	3,817	3-24	3,7	2,454	5-10	5,55	-
2-07	7,4	4,395	2-35	5,55	3,470	3-25	5,55	2,723	5-11	5,55	2,570
2-08	7,5	7,554	2-36	15,0	1,637	3-26	2,96	2,375	5-12	5,55	867
2-09	5,55	3,630	2-37	5,55	4,617	3-27	2,96	952	5-13	5,55	2,943
2-10	11,0	8,024				3-28	5,55	2,493	5-14	5,55	382
2-11	7,4	4,307	3-01	5,55	5,478	3-29	3,7	2,131	5-15	5,55	706
2-12	5,55	3,138	3-02	3,3	3,365	3-30	5,55	1,880	5-16	3,7	1,458
2-13	7,4	4,520	3-03	5,55	5,885	3-31	-	474	5-17	7,4	1,661
2-14	5,55	2,731	3-04	4,0	3,850				5-18	3,7	723
2-15	3,0	4,544	3-05	4,8	1,885	4-01	5,0	2,748	5-19	7,4	15,000
2-16	7,4	6,315	3-06	11,1	13,464	4-02	7,5	-	5-20	3,7	4,133
2-17	3,7	5,110	3-07	5,55	5,735	4-03	7,5	642	5-21	3,7	3,555
2-18	3,7	4,192	3-08	5,55	7,270	4-04	5,55	587	6-01	5,55	4,423
2-19	3,0	5,073	3-09	7,4	10,025	4-05	3,7	748	7-01	11,8	1,909
2-20	7,4	6,645	3-10	7,4	6,085	4-06	7,4	2,351	7-02	5,55	1,740
2-21	5,55	2,450	3-11	7,4	5,856	4-07	5,92	1,330	7-03	7,4	3,385
2-22	3,7	5,055	3-12	5,55	4,209	4-08	5,55	3,924	7-04	7,4	4,153
2-23	7,4	381	3-13	8,88	6,759	4-09	7,4	94	7-05	11,1	3,645
2-24	7,4	6,756	3-14	5,55	5,217	4-10	5,55	3,185	7-06	7,4	3,771
2-25	3,7	3,508	3-15	5,9	5,200	4-11	7,4	1,176	7-07	7,4	4,958
2-26	7,4	3,637	3-16	3,7	-	5-01	4,1	12,276	7-08	7,4	1,287
2-27	7,4	4,870	3-17	7,4	3,280	5-02	7,4	7,418	7-09	7,4	2,404
2-28	5,55	3,621	3-18	3,7	3,435	5-03	3,7	5,367	7-10	7,4	4,451
						5-04	5,55	1,482	7-11	5,55	97

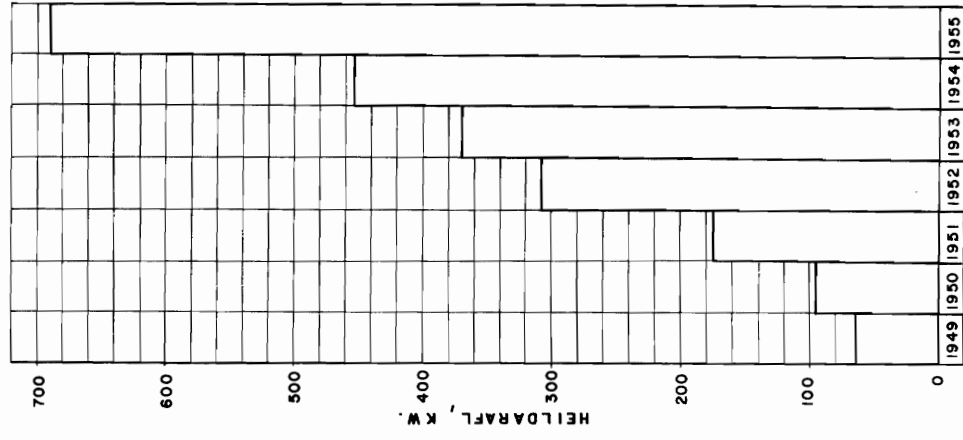
HÉRAÐSRAFMAÐSVEITUR RÍKISINS		25/5 1956	ÞÝ IG.
RAFMAÐN TIL SÚGÞURRKUNAR		TNR. 92	
1949 - 1955.		B2M-ÝM.	
ALLT LANDIÐ.		FNR. 3376.	



LÍNURIT 1.

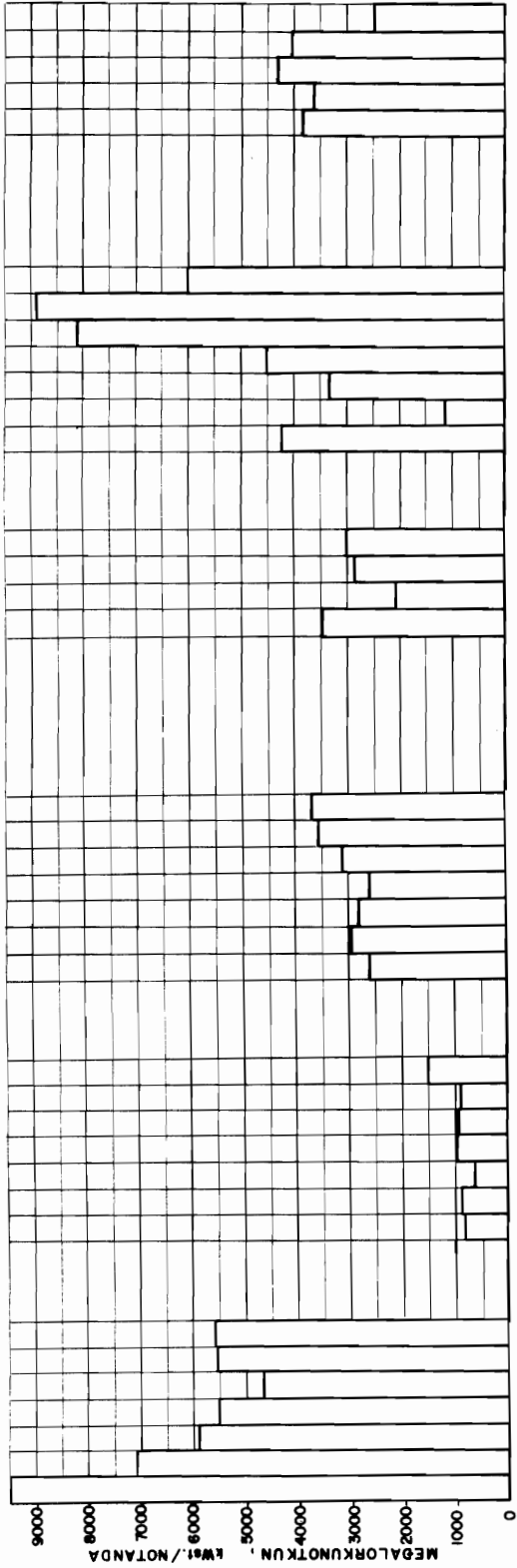


LÍNURIT 2.

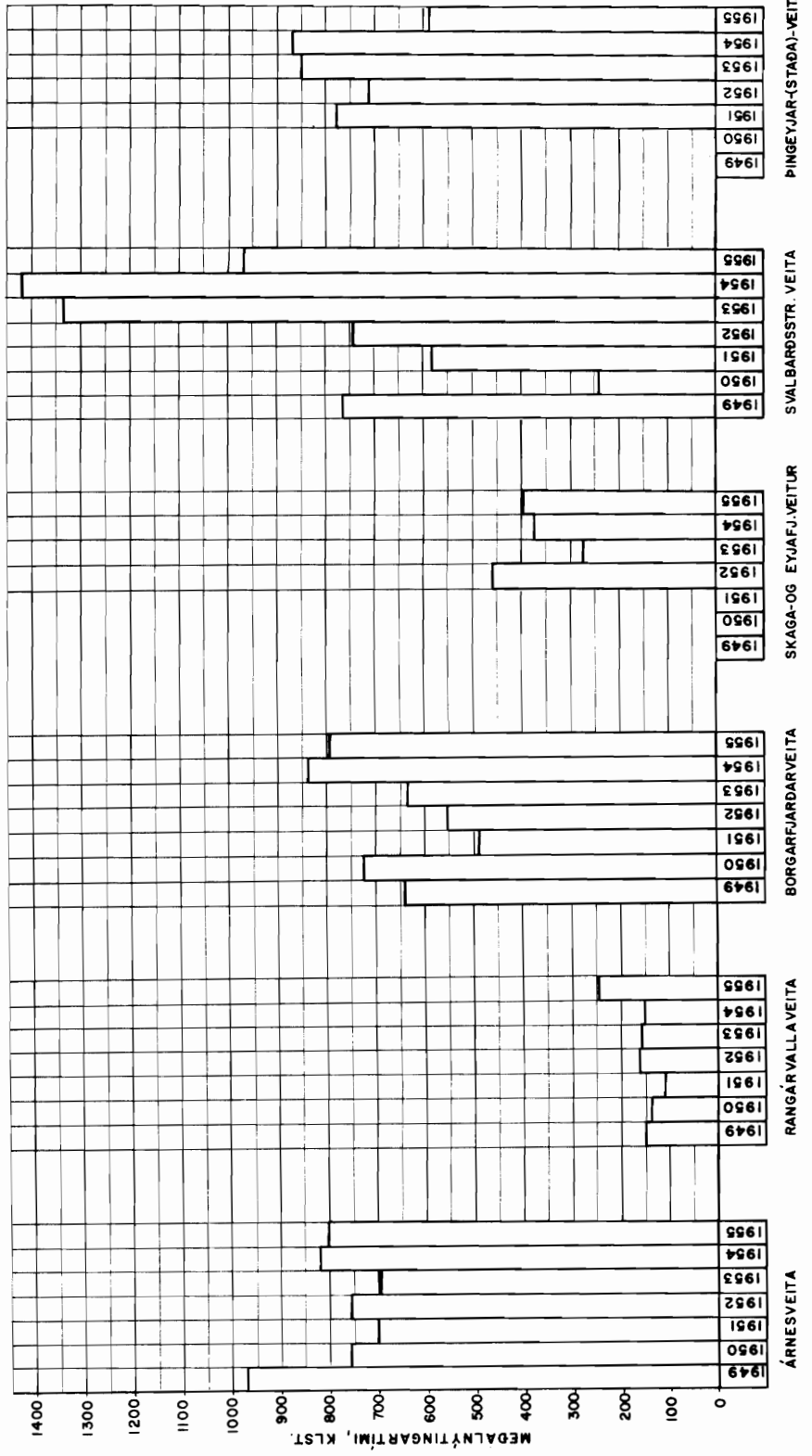


LÍNURIT 3.

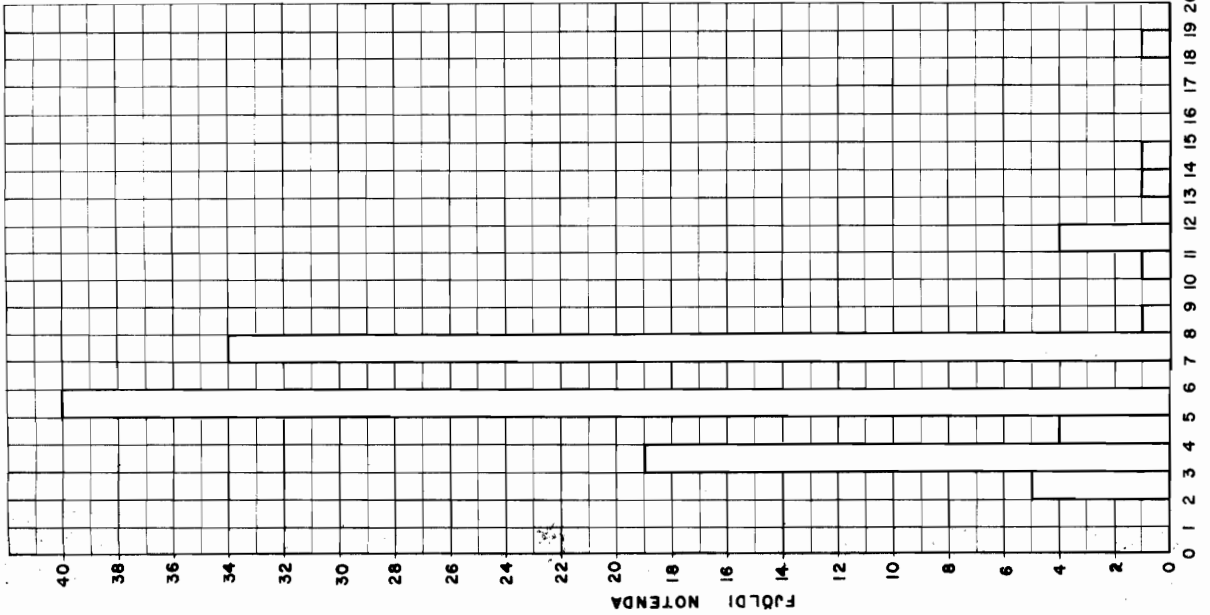
HÉRAÐSRAFMAÐSVEITUR RÍKISINS RAFMAÐN TIL SÚGÞURRKUNAR 1949 - 1955. SKIPTING EFTIR VEITUM.	25/5 1956. PK/IG.
	TNR. 95
	B2M - YM.
	FNR. 3375.



LÍNURIT 4.



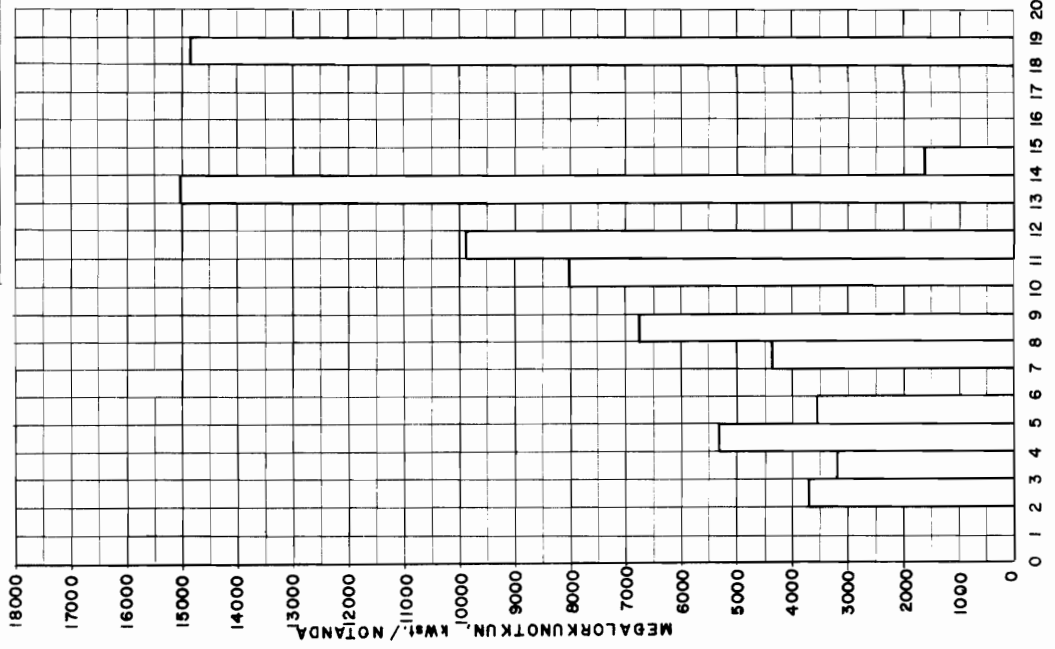
LÍNURIT 5.



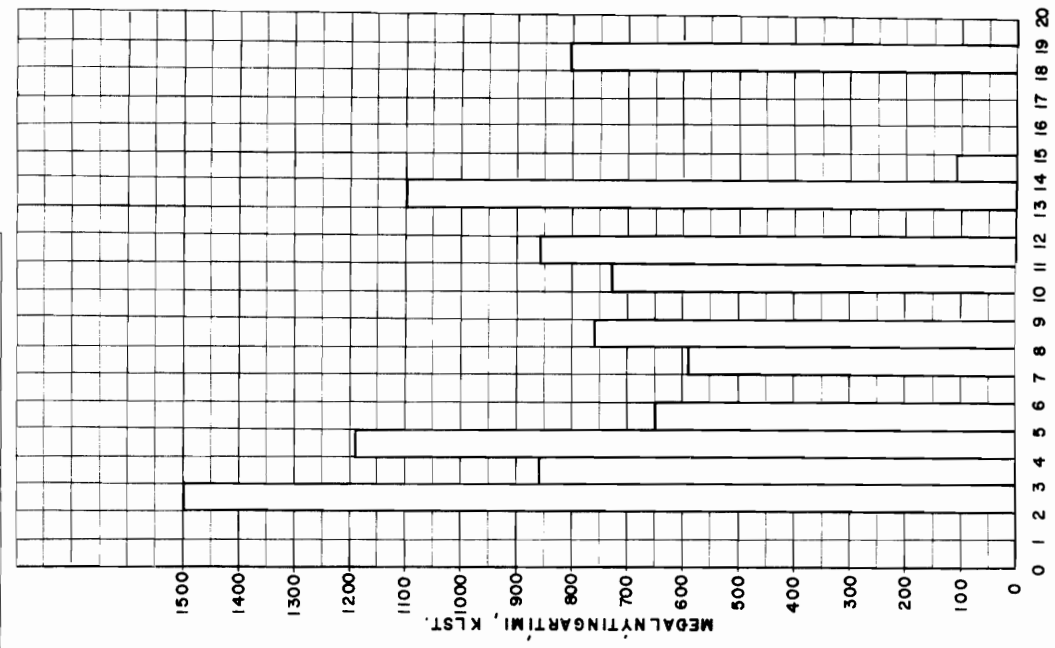
HREYFISSTÆRÐ, kW
LÍNURIT 6.

HÉRAÐSRÁFMAGNSVEITUR RÍKISINS
RAFMAÐN TIL SÚGÞURKKUNAR
1955.
SKIPTING EFTIR AFLI
(ALLT LANDIÐ).

25/5 1956 PK./IG.
TNR. 93
B2M-ÝM.
FNR. 3377.

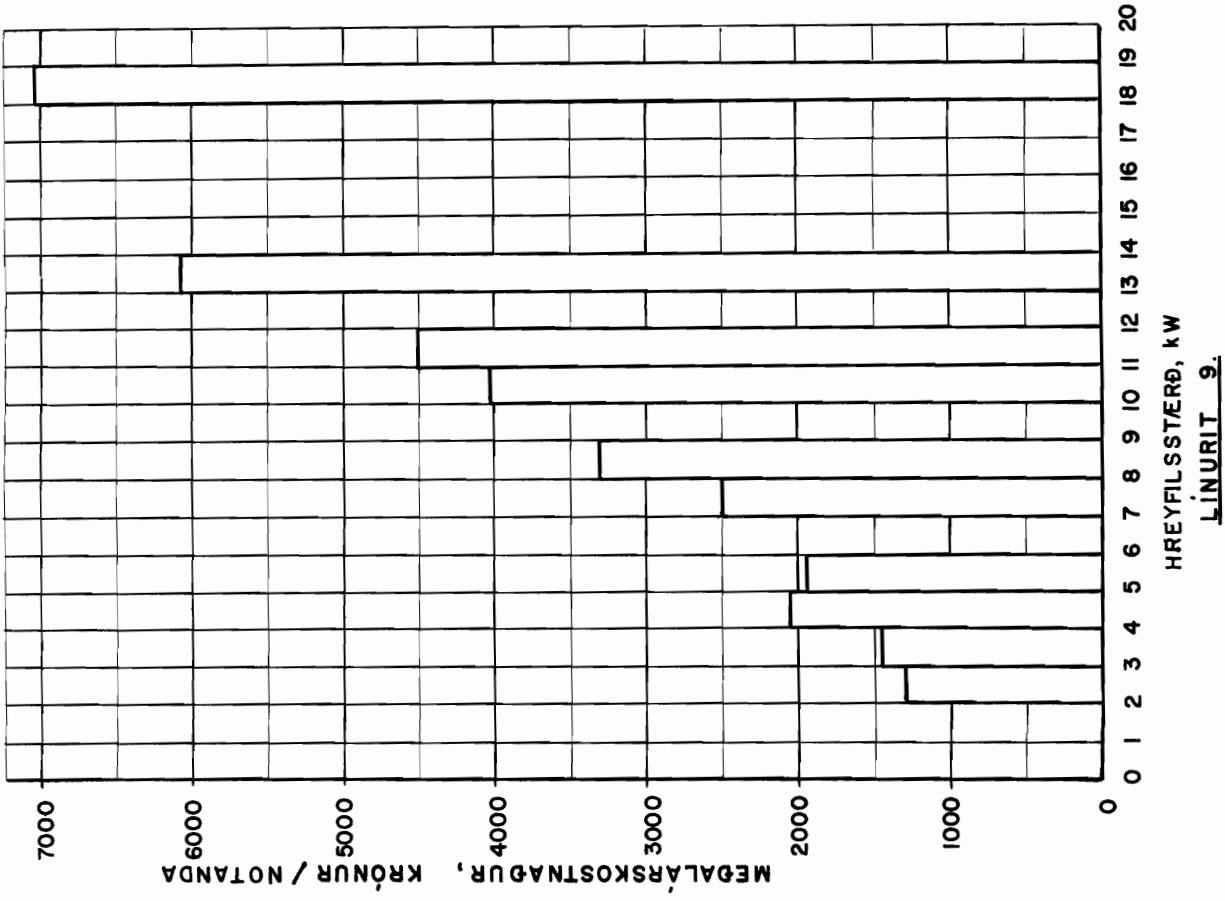
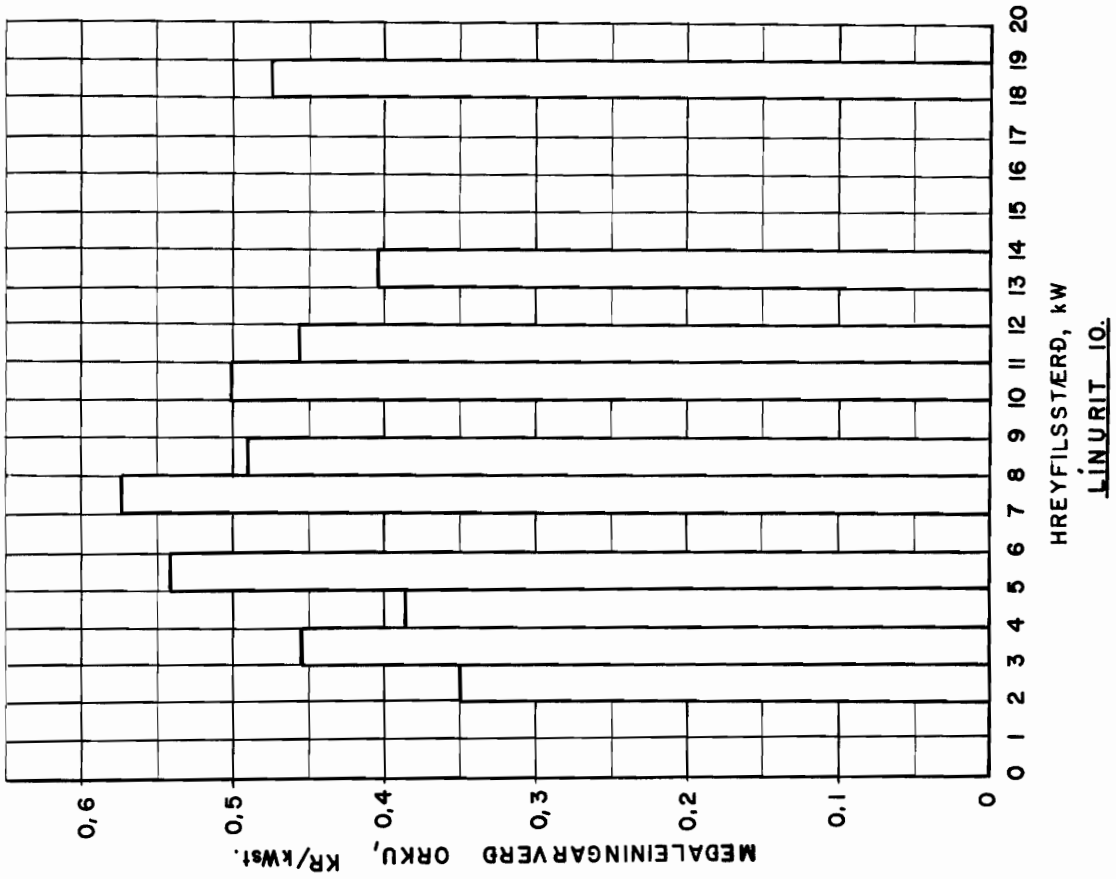


HREYFISSTÆRÐ, kW
LÍNURIT 7.



HREYFISSTÆRÐ, kW
LÍNURIT 8.

HÉRAÐSRAFMAGNSVEITUR RÍKISINS VERÐ ORKU TIL SÚGPURRKUNAR ÁRIÐ 1955.	25/5 1956. PK/1G.
	TNR. 94
	B2M - ÝM.
	FNR. 3378.



HEIMILDARRIT

1. Atvinnudeild Háskólans: Skýrsla Iðnaðardeildar, árin 1945 - 1946. Reykjavík, 1950.
2. Badger, Walter L., McCabe, Warren, L.: Elements of Chemical Engineering. 2nd edition. McGraw - Hill Book Company, Inc. New York - London, 1936.
3. Brown, C.A. Cameron, B.Sc., MIEE, Finn-Kelcey, P.G., AMIEE, AMIBAE; Barn Hay Drying. Technical Report, Reference W/T17. The British Electrical and Allied Industries Research Association. 15, Savoy Street, London, W.C.2, 1948.
4. Dawson, J.E., Musgrave, R.B.: Respiration in Hay as a Source of Heat for Barn Drying Partially Cured Hay. Agricultural Engineering, Vol. 27, no.12, Dec. 1946.
5. Espedalen, Sv.: Elektrisk grastörkning i Sveits. ETT., Elektroteknisk Tidskrift, 68. Aarg., nr.18, Oslo, 25. Juni, 1955.
6. Frudden, C.E.: Factors Controlling the Rate of Moisture Removal in Barn Hay-Curing Systems. Agricultural Engineering, Vol. 27, no.3, March 1946.
7. Hendrix, A.T.: Observations on the Resistance of Grains to Air Flow. Agricultural Engineering, Vol. 27, no. 5, May 1946.
8. Marshall, W.R., Ir., PH.D., Friedman, S.I., M.S.: Drying Section 13, Chemical Engineers' Handbook, edited by John H. Perry. McGraw-Hill Book Company, Inc. New York - Toronto - London, 1950.
9. Muskat, M., Ph.D.: The Flow of Homogeneous Fluids through Porous Media. First Edition - second printing by permission of McGraw-Hill Book Company, Inc. I. Edwards. Inc., Ann Arbor, Michigan, 1946.
10. Páll Sigurðsson: Súgpurrkunartækni - Súgpurrkun. Freyr, Búnaðarblað, XLIX. Árgangur nr. 14. Reykjavík, júlí 1954.
11. Shedd, C.K.: Some New Data on Resistance of Grains to Air Flow. Agricultural Engineering, Vol. 27, no. 5, May 1946.
12. The Monthly Weather Report of the Meteorological Office. His Majesty's Stationery Office, London 1948.