



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

SVARTSENGI

Vinnslueftirlit júlí 1985 - júlí 1988

Verkfræðistofan Vatnaskil hf

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-88056/JHD-12

Nóvember 1988



ORKUSTOFNUN
Jarðhitadeild

SVARTSENGI

Vinnslueftirlit júlí 1985 - júlí 1988

Verkfræðistofan Vatnaskil hf

Unnið fyrir Hitaveitu Suðurnesja

OS-88056/JHD-12

Nóvember 1988

EFNISYFIRLIT

1. INNGANGUR	5
2. VINNSLA ÚR JARÐHITASVÆÐINU	5
3. VATNSBORÐSMÆLINGAR	6
4. REIKNILÍKAN FYRIR NIÐURDRÁTT	7
VIÐAUKI: Frumgögn	19

TÖFLUSKRÁ

1. Vinnsla úr jarðhitasvæðinu	5
2. Niðurdæling í holu 12	6
3. Niðurdráttur og vinnsla	6

MYNDASKRÁ

1. Vinnsla úr einstökum holum 1985-1988	9
2. Holutoppsþrýstingur í bary	11
3. Heildarvinnsla og niðurdæling 1985-1988	13
4. Heildarvinnsla og vatnsborð 1976-1988	15
5. Mæld og reiknuð vatnsborðslækkun sem fall af heildarvinnslu	17

1. INNGANGUR

Þessi skýrsla er sú fjórða í röðinni sem Verkfræðistofan Vatnaskil vinnur fyrir Orkustofnun vegna Hitaveitu Suðurnesja. Meginefni skýrslunnar er úrvinnsla gagna um vinnslu og niðurdrátt á jarðhitasvæðinu í Svartsengi tímabilið 1. júlí 1985 - 1. júlí 1988. Öll gögn, sem varða vinnslueftirlit með jarðhitasvæðinu eru skráð af starfsmönnum Hitaveitu Suðurnesja með tölvuforriti sem var gert sérstaklega fyrir hitaveituna. Forritið færir gögnin í frumskrár, þar sem þau eru tiltæk til frekari úrvinnslu með forritinu. Allar niðurstöður er síðan hægt að skoða sem myndir á tölvuskjá eða prenta þær út.

2. VINNSLA ÚR JARÐHITASVÆÐINU

Vinnsla úr einstökum holum á jarðhitasvæðinu árin 1985-1988 er sýnd á mynd 1. Niðurdæling í holu 12 er sýnd á sömu mynd. Holutoppþrýstingur er sýndur á mynd 2 fyrir sama tímabil. Heildarvinnsla og niðurdæling er síðan sýnd á mynd 3. Í töflu 1 er tekin saman heildarvinnsla frá upphafi. Frumgögn eru birt í viðauka.

TAFLA 1: Vinnsla úr jarðhitasvæðinu

Ár	Vinnsla millj.tonn	Heildarvinnsla í árslok millj.tonn	Meðalvinnsla kg/s
1976	0,21	0,21	26,4
1977	1,07	1,28	33,9
1978	1,63	2,91	51,7
1979	3,19	6,10	101,2
1980	4,30	10,44	136,0
1981	7,48	17,92	237,2
1982	7,58	25,50	240,4
1983	7,60	33,10	241,0
1984	7,90	41,00	249,8
1985	7,75	48,75	245,8
1986	8,24	56,99	261,3
1987	8,00	64,99	253,7
1988	5,26	70,25	338,2

Í töflunni hefur niðurdæling verið dregin frá heildarvinnslu, en hún hófst með niðurdælingartilraun á tímabilinu júlí-desember 1984, en frá 10.janúar 1985 hefur verið dælt reglulega ofan í holu 12. Tafla 2 gefur yfirlit yfir niðurdælingu í holu 12. Frumgögn eru birt í viðauka.

TAFLA 2 Niðurdæling í holu 12

Ár	Niðurdæling millj.tonn	Heildarniður- dæling í árslok millj.tonn	Meðal- niðurdæling kg/s
1984	0,32	0,32	21,9
1985	0,94	1,26	29,8
1986	1,73	2,99	54,9
1987	1,35	4,34	42,8
1988	0,61	4,95	39,2

Eins og sést af töflunni hafði rúmlega 4 milljónum tonna verið dælt niður í lok árs 1987 og er meðalniðurdælingin það ár rúmlega 40 kg/s en það svarar til tæplega 15% af heildarvinnslunni.

3. VATNSBORÐSMÆLINGAR

Mældur niðurdráttur og heildarvinnsla úr jarðhitasvæðinu frá upphafi eru sýnd á mynd 4 og í töflu 3 er niðurdráttur sýndur ásamt meðalvinnslunni. Frumgögn eru birt í viðauka.

TAFLA 3 Niðurdráttur og vinnsla

Ár	Meðalvinnsla kg/s	Niðurdráttur á árinu m	Mældur niður- dráttur í árslok m
1976	26,4	2,4	2,4
1977	33,9	9,2	11,6
1978	51,7	8,4	20,0
1979	101,2	10,0	30,0
1980	136,0	17,0	47,0
1981	237,2	35,4	82,4
1982	240,4	16,3	98,7
1983	241,0	19,8	118,5
1984	249,8	16,1	134,6
1985	245,8	13,4	148,0
1986	261,3	-34,4	113,6
1987	253,7	- 5,3	108,3
1988	338,2	1,0	109,3

Mynd 4 og tafla 3 sýna greinilega að niðurdráttur vex stöðugt með aukinni vinnslu fram undir lok ársins 1985, en þá breytir skyndilega um. Þegar þetta kom í ljós var ákveðið að kanna betur vatnsborðsmælingarnar í holu H-4. Það var gert og hola 4 hefur verið hitamæld og þrýstimæld. Við þá mælingu kom í ljós að efsti hluti holunnar er í suðu og gefa því vatnsborðsmælingar í holunni ranga hugmynd um þrýstilækkun á jarðhitasvæðinu. Þetta sést betur ef skoðaðar eru þrýstimælingar úr öðrum holum á svæðinu. Inn á mynd 4 hefur verið

færð til samanburðar þrýstilækkun á 700 m dýpi í holu 7. Þar sést að niðurdráttur eykst stöðugt og engra breytinga verður vart í þrýstimælingunum á árinu 1985, þegar vatnsborið í holu 4 fer að haga sér einkennilega. Nýjasta þrýstimæling í holu 7 er frá því í október síðastliðnum og bendir hún til að niðurdráttur sé orðinn um 170 m.

4. REIKNILÍKAN FYRIR NIÐURDRÁTT

Í byrjun árs 1977 var stillt upp reiknilíkani fyrir jarðhitasvæðið í Svartsengi í þeim tilgangi að spá fyrir um framtíðarniðurdrátt á svæðinu. Hér var um tiltölulega einfalt reiknilíkan að ræða en eigi að síður hafa niðurstöður þess reynst mjög áreiðanlegar. Að undanfögnu hefur komið í ljós að snögg kæling hefur átt sér stað í nokkrum holum á jarðhitasvæðinu, en þær hafa síðan jafnað sig fljótlega aftur. Nauðsynlegt er að gera sér betri grein fyrir áhrifum þessarar kælingar.

Vegna framangreindra atriða var talið mjög áriðandi að stilla upp nákvæmara reiknilíkani en áður hafði verið gert. Þær spurningar sem líkanið gefur svar við eru eftirfarandi:

1. Hver verður vatnsborðslækkun á jarðhitasvæðinu í framtíðinni?
2. Hversu langur tími líður uns þeim mörkum er náð, að frekari vatnsborðslækkun er ekki möguleg?
3. Fer kólnunar að vera vart á jarðhitasvæðinu og hver verður hún í framtíðinni?
4. Hvar er heppilegast að niurdæling fari fram?
5. Hversu mikil hætta er á kælingu vegna niurdælingar?

Til að svara framangreindum spurningum voru gerðar tillögur í lok árs 1986 um frekari líkanreikninga á jarðhitasvæðinu. Markmiðið var að reikna nákvæmar en gert hefur verið áður þrýstilækkun á svæðinu. Þá er hægt að meta áhrif niurdælingar á vatnsborðsstöðu, efnainnihald og hitastig (varmainingald), en eins og kom fram hér að framan eykst niðurdráttur stöðugt og getur því reynst nauðsynlegt að dæla affallsvatni niður í jarðhitasvæðið aftur til að draga úr vatnsborðslækkun. Auk þess getur verið nauðsynlegt að draga úr því affallsvatni sem fer í affallsvatnslónið til að hindra að það mengi kaldvatnsból Hitaveitunnar á Lágasvæði.

Stíllt hefur verið upp númerisku tölvulíkani til reikninga á þrýstingi og hita.

Því verki var skipt í eftirtalda þætti:

1. Reiknilíkanið stillt af við reikninga á niurdrætti frá upphafi vinnslu 1976 til ársloka 1986.
2. Reiknuð áhrif niurdælingar sumarið 1984 og veturinn 1984-1985.
3. Reikningar gerðir vegna sporefnatilrauna í Svartsengi (tracer tests).
4. Reiknilíkan notað til að meta áhrif niurdælingar á mismunandi stöðum auk þess til að spá fyrir um hitabreytingar (breytingar á varmainingaldi vegna niurdælingar).
5. Gerð verður spá um framtíðarnotkun svæðisins.

Vinna við reiknilíkanið hófst í byrjun árs 1987 og lauk fyrsta og öðrum lið áætlunarinnar um mitt ár 1987. Reiknað er með að vinna hefjist að nýju í lok árs 1988 og ljúki í byrjun árs 1989. Reiknilíkanið hefur verið stillt af við mælda vatnsborðslækkun á árunum 1976 til ársloka 1986.

Reiknuðum og mældum niðurdrætti ber mjög vel saman fram til ársins 1985. Eftir það virtist draga úr niðurdrætti á svæðinu og reikningar sýndu mun hærra gildi. Þegar þetta kom í ljós var ákveðið að kanna betur vatnsborðsmælingar og vatnsborðsmælinn í holu H-4. Það hefur nú verið gert eins og sagt var frá hér að framan.

Reiknaðan niðurdrátt samkvæmt reiknilíkaninu má skrifa á eftirfarandi hátt sem fall af heildarvinnslu.

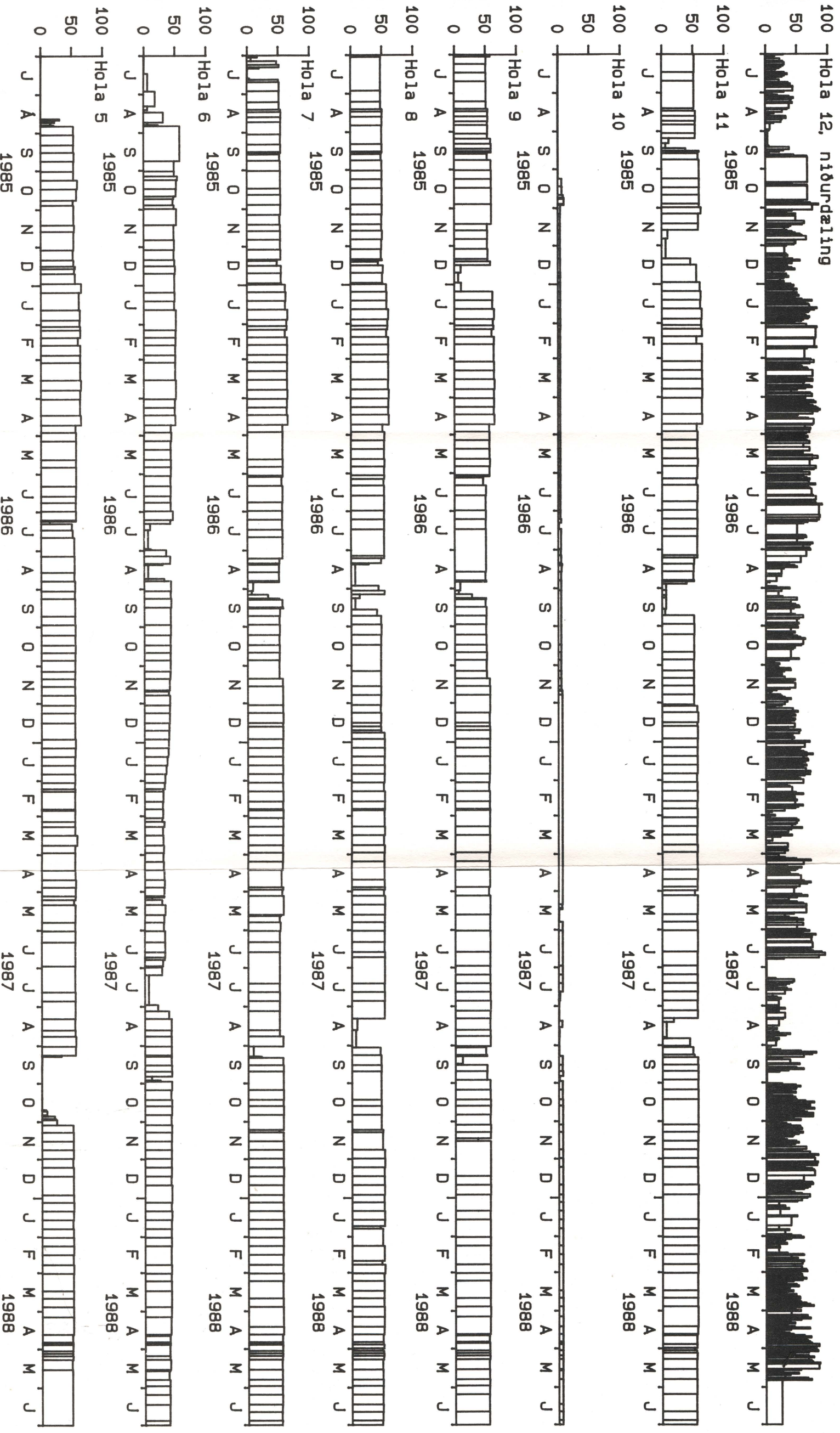
$$s = 8,557M^{0,7426}$$

Þar sem s er niðurdráttur í metrum og M er heildarvinnslan úr jarðhitasvæðinu í milljónum tonna. Þessi jafna er sýnd á mynd 5 ásamt mældum niðurdrætti sem fall af heildarvinnslu. Myndin sýnir að mældum og reiknuðum niðurdrætti ber mjög vel saman þar til vinnslan hefur náð um 45 milljónum tonna en það er samkvæmt töflu 1 á árinu 1985, en það er eins og áður sagði á því tímabili að suðu fer að gæta í holu 4 og gefa vatnsborðsmælingar eftir það ranga mynd af niðurdrætti á svæðinu. Vatnsborðslækkun samkvæmt þrýstímælingum ber hinsvegar vel saman við útreikninga eins og sést ef myndir 4 og 5 eru bornar saman. Það er því ljóst að verulegra þrýstilækkunar gætir enn og kemur til með að gæta á næstu árum.

SVARTSENGI

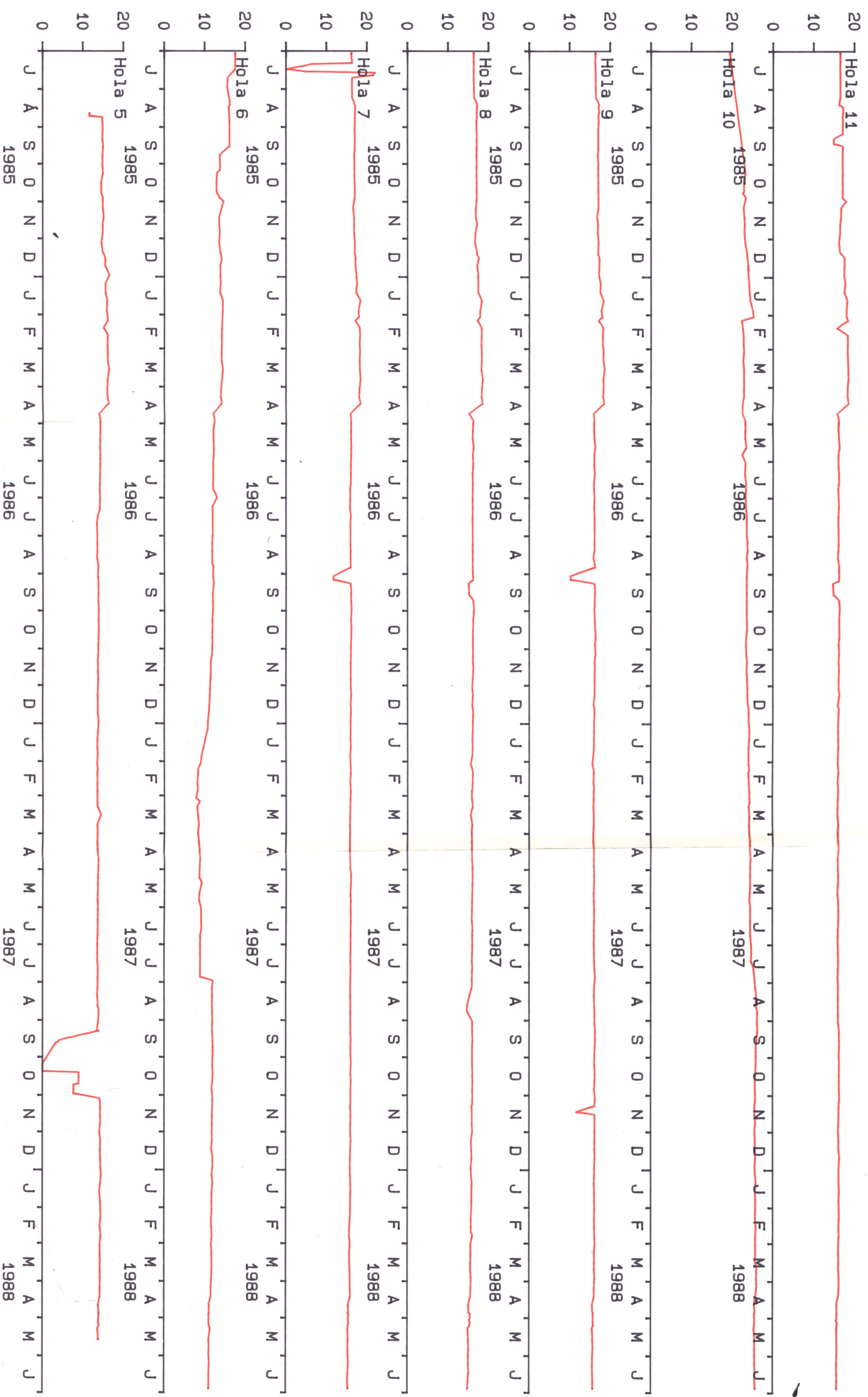
HITAVEITA SÚÐURNESJA

Vinnsla úr jarðhitasvæðinu 1985-1988 í kg/s

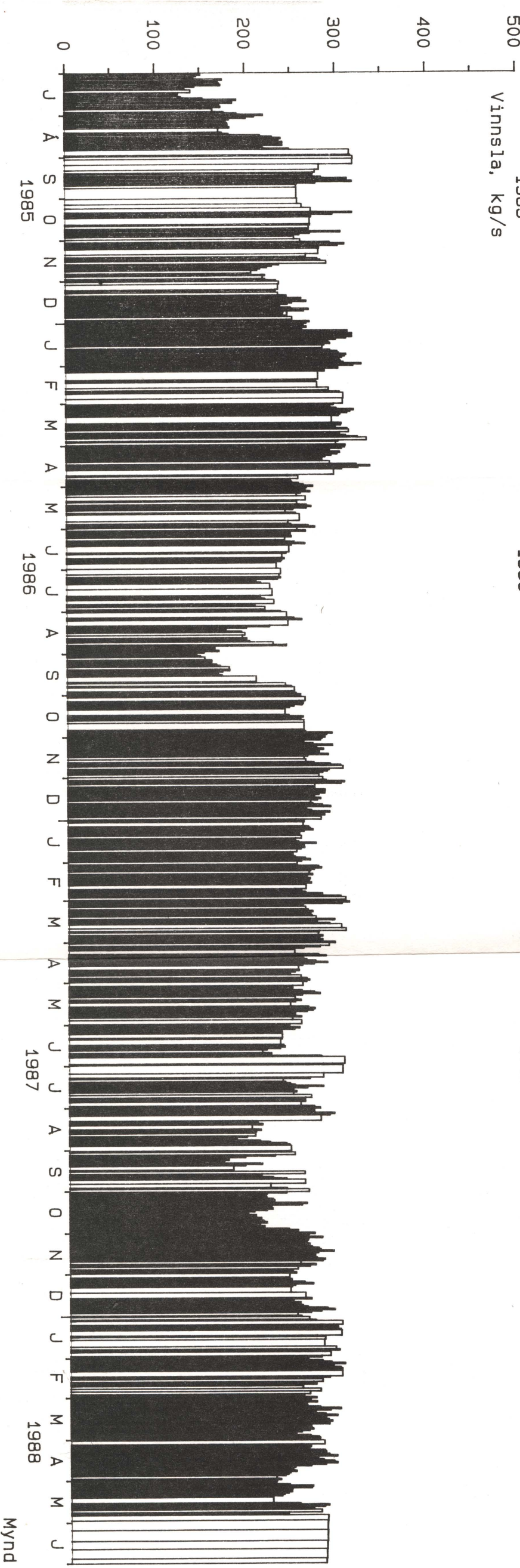
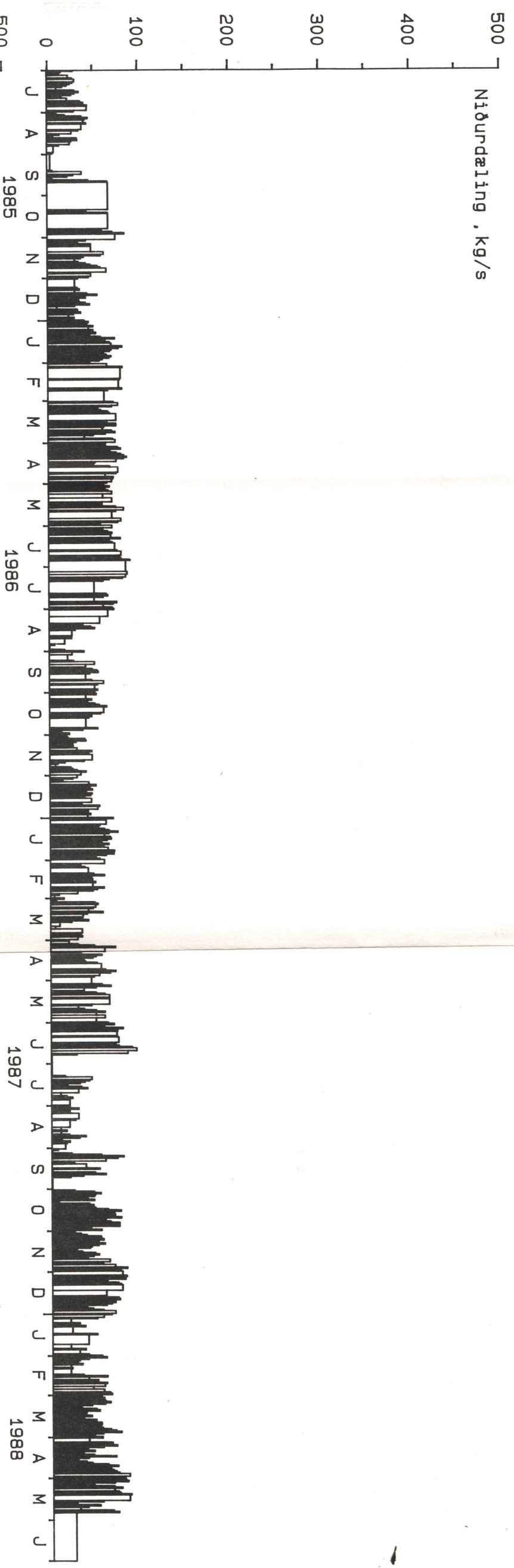


SVARTSENGI
Höluþoppsbrystingur í bary

HITAVEITA SUDURNESJA

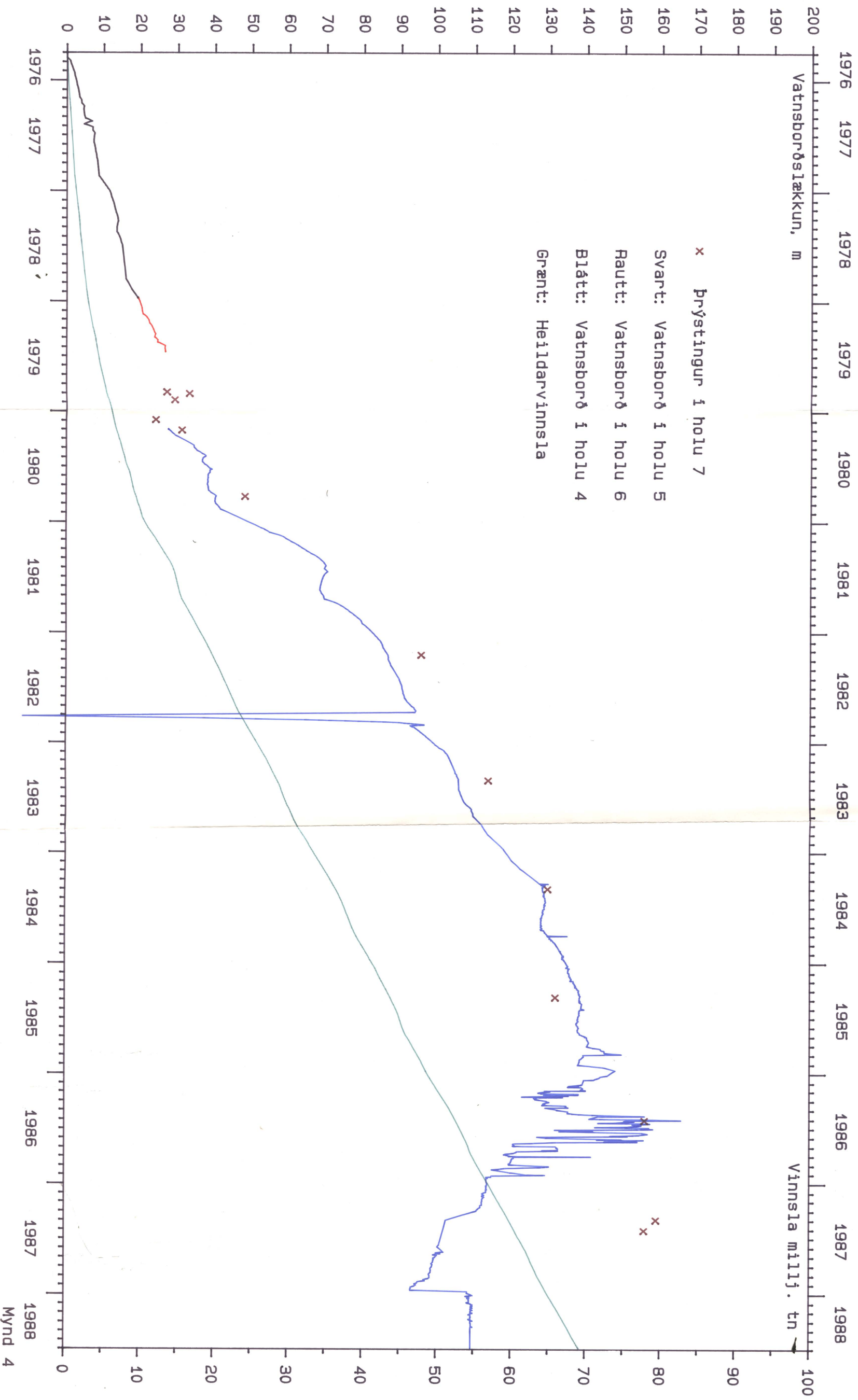


HITAVEITA SUDURNESJA
SVARTSENGI
Heildarvinnsla og niðurdæling 1985 - 1988



SVARTSENGI
Heildarvinnsla og vatnsborð 1976 - 1988

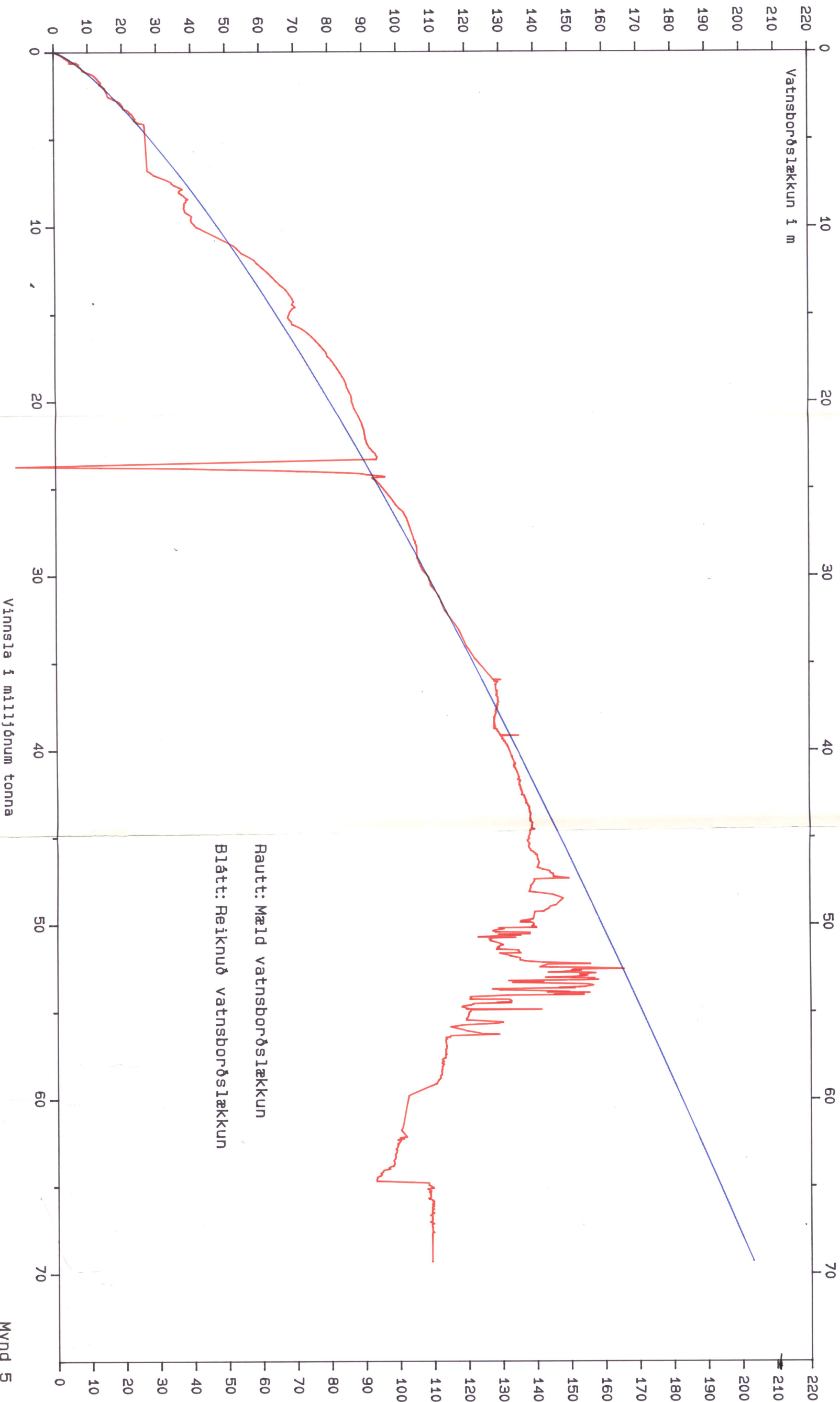
HITAVEITA SÚÐURNESJA



SVARTSENGI

HITAVEITA SUDURNESJA

Mæld og reiknuð vatnsborðslækkun sem fall af heildarvinnslu



Vinnsla í milljónum tónna

VIÐAUKI

Frumgögn

HITAVEITA SUBURNESJA, VINNSLUFTIRLIT
Vinnslugögn fyrir hólu 55-06

88-11-15
1

Table with columns: Dags., Blenda stár, Drýstingur, Holan P-max, Blenda lóku, Blenda lókuart., Opnunartími, Athugasæðir. Rows include dates from 85-07-22 to 88-05-20.

HITAVEITA SUBURNESJA, VINNSLUFTIRLIT
Vinnslugögn fyrir hólu 56-06

88-11-15
2

Table with columns: Dags., Blenda stár, Drýstingur, Holan P-max, Blenda lóku, Blenda lókuart., Opnunartími, Athugasæðir. Rows include dates from 86-05-26 to 87-05-02.

HITAVEITA SUBURNESJA, VINNSLUFTIRLIT
Vinnslugögn fyrir hólu 56-06

88-11-15
3

Table with columns: Dags., Blenda stár, Drýstingur, Holan P-max, Blenda lóku, Blenda lókuart., Opnunartími, Athugasæðir. Rows include dates from 87-05-05 to 87-12-07.

HITAVEITA SUBURNESJA, VINNSLUFTIRLIT
Vinnslugögn fyrir hólu 56-06

88-11-15
4

Table with columns: Dags., Blenda stár, Drýstingur, Holan P-max, Blenda lóku, Blenda lókuart., Opnunartími, Athugasæðir. Rows include dates from 87-12-14 to 88-06-27.

HITAVEITA SUBURNESJA, VINNSLUEFTIRILIT
Vinnsluðagn fyrir holu SG-09

88-11-15
1

Table with columns: Dags., Blenda stárá na, Drýstingur P-min bar, Holan P-max Iokul bar, Blenda Iokul lokunart. kist, Öppunartími Fraahjhl. kist, Hljódd. kist, Holutoppur kist, Athugasemdir. Rows include dates from 85-07-02 to 86-04-14.

HITAVEITA SUBURNESJA, VINNSLUEFTIRILIT
Vinnsluðagn fyrir holu SG-09

88-11-15
2

Table with columns: Dags., Blenda stárá na, Drýstingur P-min bar, Holan P-max Iokul bar, Blenda Iokul lokunart. kist, Öppunartími Fraahjhl. kist, Hljódd. kist, Holutoppur kist, Athugasemdir. Rows include dates from 86-04-22 to 87-02-17.

HITAVEITA SUBURNESJA, VINNSLUEFTIRILIT
Vinnsluðagn fyrir holu SG-09

88-11-15
3

Table with columns: Dags., Blenda stárá na, Drýstingur P-min bar, Holan P-max Iokul bar, Blenda Iokul lokunart. kist, Öppunartími Fraahjhl. kist, Hljódd. kist, Holutoppur kist, Athugasemdir. Rows include dates from 87-02-23 to 87-12-29, with specific notes like 'MELINGAR OS.', 'STORA STOPP', 'VIÐG. SKILJU 5.', 'YMSAR VIÐGERÐIR', 'HJARRS ÖPHJÓÐ.', and 'HITA OG DRÝSTIN.'.

HITAVEITA SUBURNESJA, VINNSLUEFTIRILIT
Vinnsluðagn fyrir holu SG-09

88-11-15
4

Table with columns: Dags., Blenda stárá na, Drýstingur P-min bar, Holan P-max Iokul bar, Blenda Iokul lokunart. kist, Öppunartími Fraahjhl. kist, Hljódd. kist, Holutoppur kist, Athugasemdir. Rows include dates from 88-01-04 to 88-06-27.

HITAVEITA SUÐURNESJA, VINNULÆFTIRLIT
Vinnslugagna fyrir hólú 58-11

88-11-15
1

Table with columns: Dags., Blenda stærð, Drýstingur P-min, P-max, Hólan lókú, Blenda lókunart., D þ n u n a r t i æ i Fræðjahl., Hljóð., Hóluþappur, Athugasædir. Rows include dates from 85-07-02 to 86-04-14 with various numerical values.

HITAVEITA SUÐURNESJA, VINNULÆFTIRLIT
Vinnslugagna fyrir hólú 58-11

88-11-15
2

Table with columns: Dags., Blenda stærð, Drýstingur P-min, P-max, Hólan lókú, Blenda lókunart., D þ n u n a r t i æ i Fræðjahl., Hljóð., Hóluþappur, Athugasædir. Rows include dates from 86-04-22 to 87-01-26 with various numerical values.

HITAVEITA SUÐURNESJA, VINNULÆFTIRLIT
Vinnslugagna fyrir hólú 58-12

88-11-15
3

Table with columns: Dags., Blenda stærð, Drýstingur P-min, P-max, Hólan lókú, Blenda lókunart., D þ n u n a r t i æ i Fræðjahl., Hljóð., Hóluþappur, Athugasædir. Rows include dates from 87-02-02 to 87-12-07 with various numerical values.

HITAVEITA SUÐURNESJA, VINNULÆFTIRLIT
Vinnslugagna fyrir hólú 58-11

88-11-15
4

Table with columns: Dags., Blenda stærð, Drýstingur P-min, P-max, Hólan lókú, Blenda lókunart., D þ n u n a r t i æ i Fræðjahl., Hljóð., Hóluþappur, Athugasædir. Rows include dates from 87-12-14 to 89-06-27 with various numerical values.

HITAVEITA SÚRUMESJA, VINNSLUEFTIRLIT
Niðurdæling í hól 5E-12

88-11-15
21

Dags.	Niðurdæling, kg/s			Metal- niðurdæling kg/s	Fjöldi daga	Heildar- niðurd. millj. tonn	Athugasædir
	2:00	10:00	18:00				
88-03-27	76.00	76.00	76.00	76.00	1	4.65	
88-03-28	61.00	55.00	52.00	55.57	1	4.65	
88-03-29	53.00	55.00	35.00	46.33	1	4.66	
88-03-30	45.00	45.00	45.00	45.00	1	4.66	
88-03-31	55.00	62.00	48.00	55.00	1	4.67	
88-04-01	49.00	40.00	40.00	40.00	1	4.67	
88-04-02	40.00	40.00	40.00	40.00	1	4.67	
88-04-03	40.00	40.00	40.00	40.00	1	4.69	
88-04-04	72.00	72.00	54.00	66.00	1	4.68	
88-04-05	54.00	54.00	54.00	54.00	1	4.69	
88-04-06	73.00	76.00	64.00	71.00	1	4.69	
88-04-07	64.00	52.00	52.00	56.00	1	4.70	
88-04-08	45.00	45.00	25.00	38.33	1	4.70	
88-04-09	25.00	40.00	46.00	37.00	1	4.71	
88-04-10	46.00	46.00	46.00	46.00	1	4.71	
88-04-11	49.00	26.00	25.00	33.67	1	4.71	
88-04-12	26.00	24.00	24.00	24.67	1	4.72	
88-04-13	24.00	42.00	70.00	45.33	1	4.72	
88-04-14	70.00	70.00	70.00	70.00	1	4.72	
88-04-15	70.00	24.00	24.00	39.33	1	4.73	
88-04-16	35.00	24.00	24.00	27.67	1	4.73	
88-04-17	24.00	24.00	24.00	24.00	1	4.73	
88-04-18	24.00	24.00	62.00	36.67	1	4.74	
88-04-19	37.00	37.00	56.00	43.33	1	4.74	
88-04-20	72.00	56.00	56.00	61.33	1	4.74	
88-04-21	72.00	72.00	72.00	72.00	1	4.75	
88-04-22	72.00	60.00	60.00	64.00	1	4.75	
88-04-23	60.00	60.00	60.00	60.00	1	4.76	
88-04-24	60.00	70.00	70.00	66.67	1	4.76	
88-04-25	70.00	70.00	70.00	70.00	1	4.77	
88-04-26	70.00	70.00	80.00	73.33	1	4.78	
88-04-27	85.00	85.00	85.00	85.00	1	4.78	
88-04-28	85.00	85.00	85.00	85.00	1	4.79	
88-04-29	85.00	85.00	70.00	80.00	1	4.80	
88-04-30	87.00	72.00	72.00	77.00	1	4.80	
88-05-01	72.00	85.00	85.00	80.67	1	4.81	
88-05-02	85.00	85.00	80.00	83.33	1	4.82	
88-05-03	85.00	64.00	56.00	68.33	1	4.83	
88-05-04	56.00	38.00	38.00	44.00	1	4.83	
88-05-05	38.00	38.00	60.00	45.33	1	4.84	
88-05-06	80.00	38.00	65.00	67.67	1	4.84	
88-05-07	85.00	77.00	68.00	76.67	1	4.84	
88-05-08	68.00	68.00	68.00	68.00	1	4.85	
88-05-09	68.00	68.00	68.00	68.00	1	4.86	
88-05-10	68.00	75.00	75.00	72.67	1	4.86	
88-05-11	75.00	75.00	75.00	75.00	1	4.87	
88-05-12	90.00	85.00	85.00	86.67	1	4.88	
88-05-13	85.00	85.00	85.00	85.00	1	4.88	
88-05-14	85.00	85.00	85.00	85.00	1	4.89	
88-05-15	85.00	85.00	85.00	85.00	1	4.90	

B80503

HITAVEITA SÚRUMESJA, VINNSLUEFTIRLIT
Niðurdæling í hól 5E-12

88-11-15
22

Dags.	Niðurdæling, kg/s			Metal- niðurdæling kg/s	Fjöldi daga	Heildar- niðurd. millj. tonn	Athugasædir
	2:00	10:00	18:00				
88-05-16	85.00	85.00	85.00	85.00	1	4.91	
88-05-17	57.00	45.00	65.00	55.67	1	4.91	
88-05-18	65.00	.00	.00	21.67	1	4.92	
88-05-19	.00	21.00	58.00	26.33	1	4.92	
88-05-20	58.00	56.00	43.00	52.33	1	4.92	
88-05-21	43.00	45.00	30.00	39.67	1	4.93	
88-05-22	30.00	30.00	30.00	30.00	1	4.93	
88-05-23	30.00	30.00	30.00	30.00	1	4.93	
88-05-24	67.00	67.00	67.00	67.00	1	4.93	
88-05-25	67.00	76.00	76.00	73.00	1	4.94	
88-05-26	76.00	.00	.00	25.33	1	4.95	DELINGU HETT !

HITAWEITA SUBURNESJA, VINNSLEIÐTÍLIT Vatnsborðsælingar 1 holu 55-04 88-11-15 1

Table with columns: Dags., Klukka, Drýstingur bar, Vatnsborð a u.s., Loftbr. abar, Leisr. a, Miðurdráttur a, Aftugasæmdir. Rows 85-07-01 to 85-10-18.

HITAWEITA SUBURNESJA, VINNSLEIÐTÍLIT Vatnsborðsælingar 1 holu 55-04 88-11-15 2

Table with columns: Dags., Klukka, Drýstingur bar, Vatnsborð a u.s., Loftbr. abar, Leisr. a, Miðurdráttur a, Aftugasæmdir. Rows 85-10-19 to 86-03-08.

HITAWEITA SUBURNESJA, VINNSLEIÐTÍLIT Vatnsborðsælingar 1 holu 55-04 88-11-15 3

Table with columns: Dags., Klukka, Drýstingur bar, Vatnsborð a u.s., Loftbr. abar, Leisr. a, Miðurdráttur a, Aftugasæmdir. Rows 86-02-10 to 86-06-12.

HITAWEITA SUBURNESJA, VINNSLEIÐTÍLIT Vatnsborðsælingar 1 holu 55-04 88-11-15 4

Table with columns: Dags., Klukka, Drýstingur bar, Vatnsborð a u.s., Loftbr. abar, Leisr. a, Miðurdráttur a, Aftugasæmdir. Rows 86-06-13 to 86-09-15.

HITAVEITA SUBURNESJA, VIHNSLUEFTIRLIT
Vatnsborðsmælingar í hólu 56-94

88-11-15
9

Dags.	Klúka	Þrýstingur bar	Vatnsborð á u.s.	Loftbr. shar	Leisr. ■	Níðurdráttur ■	Athugasemdir
88-03-28	10:00	7.15	160.21			109.79	
88-03-29	16:00	7.20	159.69			109.27	
88-04-05	9:00	7.20	159.69			109.27	
88-04-06	10:00	7.19	159.80			109.38	
88-04-11	16:00	7.19	159.80			109.38	
88-04-15	10:00	7.19	159.90			109.39	
88-04-18	9:50	7.15	160.21			109.79	
88-04-19	17:50	7.19	159.80			109.38	
88-04-20	16:00	7.20	159.69			109.27	
88-04-23	13:10	7.20	159.69			109.27	
88-04-25	10:20	7.20	159.69			109.27	
88-06-30	12:50	7.20	159.69			109.27	