



Bergvesenet rapport nr 5941	Intern Journal nr Kasse nr. 64	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering
Kommer fra ..arkiv Folldal Verk AS	Ekstern rapport nr	Oversendt fra Folldal Verk a.s.	Fortrolig pga	Fortrolig fra dato:
Tittel RAPPORT flotasjonsforsøk med Repparfjordsmalm				
Forfatter Mortenson, Magne Berg, Gunnar		Dato År 17.09 1965	Bedrift (oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) Oppredningslaboratoriet NTH	
Kommune Kvalsund	Fylke Finnmark	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad 19351	1: 250 000 kartblad Hammerfest
Fagområde Oppredning	Dokument type		Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Repparfjord	
Råstofgruppe Malm/metall	Råstofftype Cu			
Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse Rapporten omhandler oppredningsforsøk med malm fra Repparfjorden. Forsøkene omfatter to malmtyper og konkluderer med følgende: 1) Samme oppredningsprosess for malmtypen A og B. Malmtypen B vil gjennomsnittlig gi større kobberkonsentrasjon enn malmtypen A. Prosessen tilpasses den vanskeligste malmtypen. 2) Flotasjonspågang nedmales til området 76 til 80 % - 200 mesh Tyler. Kraftforbruket beregnet til ca. 12 KWH/tonn. 3) prosessen inndeles i to systemer,. 4) Konsentratene fra system I og II vil gi et salgsprodukt med ca. 35 % Cu (malmtypen A) og en kobberkonsentrasjon på 90%. Rapporten har følgende innholdsfortegnelse: I Innledning, II Planlegging og opplegg, III Malm, IV Fremgangsmåte for batchforsøkene, V Utførelse og bedømmelse; a) Valg av kriterium, b) Forsøksserie I, C) Forsøksserie II, d) Forsøksserie III, e) Sammendrag forsøksseriene I, II og III, f) Kontrollforsøk, VI Beregning av kraftforbruk til møllemaling, VII Pilotforsøk, VIII Konklusjon.				

OPPREDNINGSLABORATORIET
NORGES TEKNISKE HOGSKOLE
TRONDHEIM

R A P P O R T

Flotasjonsforsök med Repparfjordmalm.

OPPREDNINGSLABORATORIET, NTH, 17.9.65.



M. Mortenson


Gunnar Berg

INNHOOLDSFORTEGNELSE.

Oppdrag.

I	Innledning	side	2
II	Planlegging og opplegg	"	2
III	Malm	"	2
IV	Frengangsmåte for batchforsøkene	"	3
V	Utførelse og bedømmelse	"	4
	a) Valg av kriterium	"	6
	b) Forsøksserie I	"	13
	c) Forsøksserie II	"	15
	d) Forsøksserie III	"	17
	e) Sammendrag forsøksseriene I, II og III	"	21
	f) Kontrollforsøk	"	22
VI	Beregning av kraftforbruk til møllemaling	"	23
VII	Pilotforsøk	"	25
VIII	Konklusjon	"	28

BILAGSOVERSIKT

B-1.	Forsök 1.	Standard forsök	"malmtypen B"
B-2.	" 2.	" "	" " B"
B-3.	" 5.	" "	" " A"
B-4.	" 6.	" "	" " A"
B-5.	" 14.	Forsöksserie I	" " A"
B-6.	" 22.	" II	" " B"
B-7.	" 34.	" III	" " A"
B-8.	" 36.	" III	" " A"
B-9.	" 45.	Kontrollforsök	" " A"
B-10.	" 50.	"	
B-11.	" 51.	"	
B-12.	" 52.	"	
B-13.	" 55.	"	
B-14.	" 56.	"	
B-15.	" 57.	"	
B-16.	" 60.	"	m/rensing
B-17.	" 61	"	" "
B-18.	Tilsv. som funksj. av Na_2S		
B-19.	Optimal nedmalingskurve.		
B-20.	Utv. som funksj. av nedmaling		
B-21.	Utv. som funksj. av pH.		
B-22.	Foto. slip Cu I og Cu II. Forsök 55/56		
B-23.	" "	Cu II og Cu III	" 55/56
B-24.	" "	Cu IV	" 55/56
B-25.	" "	Cu V	" 55/56
B-26.	Siktekurve fra maleforsök.		
B-27.	" "	" "	
	for Rödsand-malm.		
B-28.	Utv. av Cu i de enkelte flot.celler		
B-29.	% - fast og flot-tider i de enkelte flot.celler.		
B-30.	Anslått oppkonsentrering av Cu i systemet.		
B-31.	Fordeling av Cu i systemet		
B-32.	Fordeling av vekt i systemet		
B-33.	Cellevolum i liter		
B-34.	Pilotanlegg - Repparfjord-malm.		
B-35.	Foto pilotanlegg.		
B-36.	Forslag til prosess.		

I. INNLEDNING.

I alt er det utført 72 enkeltforsøk med malm fra Repparfjord. Forsøkene kan i store trekk inndeles i batch-, måle- og pilotforsøk. Samtlige forsøk er utført i tiden 4.1. til 9.7.65.

Til/beregning av resultatene er anvendt matematiske modeller og matematisk statistikk.

Man er klar over at rapporten er blitt noe utfyllende på dette området og at alt stoffet som er omhandlet ikke egner seg for alminnelig lesning.

Av hensyn til eventuelle senere forsøk med Repparfjord-malm har man funnet det hensiktsmessig og ta det vesentligste av stoffet med i rapporten.

II. PLANLEGGING OG OPPLEGG.

Ved planlegging av forsøkene ble det i første rekke tatt hensyn til at prosessen skulle være enkel, dernest at de mest vanlige agenser skulle benyttes. Forsøkene ble derfor lagt opp i den hensikt å finne virkningen av de forskjellige variable.

For å begrense antallet av forsøk valgte man å benytte matematisk modeller. Prinsippet for en matematisk analyse av forsøksresultater er alminnelig anvendt innen flere vitenskaper, dog bare i få tilfeller innenfor oppredningsteknikk. I de følgende avsnitt vil en i detalj komme tilbake til metodene.

III. MALM.

De malmtyper som ble oversendt fra NGU for oppredningsforsøk, bestod av to hovedtyper. Av hensiktsmessige grunner betegnes malmtypene for:

1. Malmtype A og 2. Malmtype B.

Malmforekomsten består iflg. opplysninger fra NGU vesentlig av malmtype A, mindre mengder av malmtype B. Våre mikroskoperinger viste følgende mineralselskap:

Malmtypen A.

Cu_2S	Kobberglans
FeS_2	Svovelkis
CuS	Covellin
Cu_5FeS_4	Bornitt
$CuFeS_2$	Kobberkis
	Bergart (vesentlig kvarts)

Malmtypen B.

Cu_2S	Kobberglans
FeS_2	Svovelkis
$CuFeS_2$	Kobberkis
Cu_5FeS_4	Bornitt
CuS	Covellin
	Bergart (vesentlig kvarts)

I malmtypen A er det vesentlig kobberglans, underordnet mer eller mindre covellin, bornitt og kobberkis.

I malmtypen B er det mere kobberkis enn i malmtypen A.

IV. FREMGANGSMÅTE FOR BATCHFORSØKENE.

Malmen ble knust ned i kjefttygger, derpå i kjenkasser og sluttet på maskinsikt til 100 % -1,68 mm. For maling benyttet vi jerns, 250⁰ mm² kulemølle med ca. 20 mm kuler. Møllecharge bestod av 10, - kg. kuler, 1 kg. gods og 1 liter vann.

Flotering av Cu mineraler ble foretatt i 4 trinn, noen av forsøkene også med 5 trinn. Hver av flotasjonsproduktene ble analysert på Cu og velot. Beregning av forsøkene ble foretatt på Gier - maskin ved Regnesentret/LTH. Resultatet fra enkelte forsøkene er stilt i tabeller. Et passende utvalg vedlagt som bilag.

Flotasjonstidene var henholdsvis 1 min, 2 min, 4 min og 5 min. Samler ble tilsatt for hvert trinn, og ble 25 g/tonn, 50 g/tonn, 100 g/tonn og 200 g/tonn. Regulerende agenser ble tilsatt etter behov. Type agenser med nødvendige spesifikasjoner er påført bilagene for forsøkene.

Til batchforsøkene ble benyttet Mortenson, Fagergran og Denver flotasjonsmaskiner.

V: UTFÖRELSE OG BEDÖMMELSE.

I alt er det utført ca. 65 batch-forsök. Herav er det 59 forsök som er tatt med i rapporten, idet 6 av forsökene var beheftet med grove forsöksfeil og måtte kasseres. I store trekk kan man inndeles forsökene i grupper. Fölgende forsökstyper er utført:

- Type 1. Standardforsök
- " 2. Forsöksserier for bestemmelse av virkningen til de variable størrelser.
- " 3. Kontrollforsök
- " 4. Maleforsök
- " 5. Pilotforsök

I tabellen nedenfor er oppført en fullstendig oversikt over samtlige forsök.

Tabell 1. Utförte forsök:

Forsök nr.	Malmtype	Celletype	Anm.:
1	B	Mortenson	Standard forsök
2	B	"	" "
3	B		Maleforsök
4	A		"
5	A	Mortenson	Standard forsök
6	A	"	" "
7	B	"	" "
8	B	"	" "
9	A	"	" "
10	A	"	" "
11	A	"	" "
12	"	"	
13	A	"	
14	A	"	
15	A	"	Serie I
16	A	"	
17	A	"	
18	A	"	
20	B	"	Standardforsök
21	B	"	
22	B	"	Serie II
23	B	"	
24	B	"	

Tabell 1 (forts.)

Forsök nr.	Malmtyp	Celltype	Anm.:
25	B	Mortenson	Serie II
26	B	"	
27	B	"	
28	A	"	Kontrollforsök
29	A	"	Serie III
30	A	"	
31	A	"	
32	A	"	
33	A	"	
34	A	"	
35	A	"	
36	A	"	
37	A	"	
38	A	"	
39	A	"	
40	A	"	
41	A	"	
42	A	"	
43	A	"	
44	A	"	Standardforsök
45	A	"	Kontrollforsök
46	A	"	Maleforsök 35 min
47	B	"	" 35 "
50	A	"	Kontrollforsök 5 trinn
51	A	Fagergren	Kontrollforsök
52	A	Denver	Kontrollforsök "
53	Rödsand		Maleforsök
54	A		"
55	A	Denver	Kontrollforsök
56	A	"	"
57	B	"	"
58	A		Maleforsök
59	A		"
60	A	Denver	Kontrollforsök m/rensning
61	B	"	" " "

Tabell nr. 1 (forts.)

Forsök nr.	Malmtype	Cellotype	Anm:
62	A	}	Pilot-forsök
63	A		
64	A		
65	A		
66	A		
67	A		
68	A		
69	A		
70	A		
71	A		
72	A		

a) Valg av kriterium.

For å kunne foreta en matematisk bedømmelse av resultatene var det nødvendig å finne fram til et godhetskriterium som kan benyttes ved beregningene.

For sammenlikning av de forskjellige kriterier benyttes standardforsøkene. Det er forsök som er utført under de samme betingelser og hvor bare tilfeldigheter innvirker på resultatene.

For malmtype A er det utført 6 standardforsök, og for malmtype B 5 forsök.

De kriterier man har valgt og undersøke er et selektivitetskriterium, utvinningskriterier og % Cu i avg. Alle disse tre kriterier er vanlig anvendt innen oppredningsteknikken.

I tabell 2 er resultatene fra standardforsøkene for malmtype A oppført.

Tabell 2.

MALMTYPE A. STANDARDFORSØK

Forsøk nr.

	% Cu v/80 % utv.			Utv. etter 3.trinn			Utv. etter 4.trinn			% Cu i avg.		
	x_1	$x_1 - \bar{x}$	$(x_1 - \bar{x})^2$	x_2	$(x_2 - \bar{x}_2)$	$(x_2 - \bar{x}_2)^2$	x_3	$(x_3 - \bar{x}_3)$	$(x_3 - \bar{x}_3)^2$	x_4	$(x_4 - \bar{x}_4)$	$(x_4 - \bar{x}_4)^2$
5	11,50	0,77	0,59	75,39	2,59	6,21	82,34	1,14	1,30	0,28	0,01	0,0001
6	11,69	0,90	0,81	73,70	0,90	0,81	81,82	0,62	0,39	0,29	0	0
9	12,49	1,70	2,89	75,46	2,66	7,07	82,99	1,79	3,21	0,25	0,04	0,0016
10	11,31	0,52	0,27	71,08	1,72	2,96	81,13	0,07	0	0,28	0,01	0,0001
11	8,97	1,82	3,30	69,20	3,60	13,00	78,79	2,41	5,80	0,34	0,05	0,0025
44	8,73	2,06	4,25	72,56	0,24	0,06	80,12	1,08	1,17	0,30	0,01	0,0001
Σ	64,75		12,11	437,39		30,11	487,19		11,87	1,74		0,0044
	$\bar{x}_1 = 10,79$			$\bar{x}_2 = 72,80$			$\bar{x}_3 = 81,20$			$\bar{x}_4 = 0,29$		
	$s_1 = 1,56$			$s_2 = 2,45$			$s_3 = 1,54$			$s_4 = 0,029$		

I tabellen finner man middelferdi og den empiriske varians og empirisk standardavvik påført.

I tabell 3 er en tilsvarende beregning gjort for malmtipe B.

(Tabell 3, se neste side.)

Tabell 3.

MALMTYPE B. STANDARDFORSÖK.

Försök nr.

	% Cu b/80 % utv.			Utv. etter 3. trinn			Utv. etter 4. trinn			% Cu i avg.		
	x_1	$x_1 - \bar{x}_1$	$(x_1 - \bar{x}_1)^2$	x_2	$x_2 - \bar{x}_2$	$(x_2 - \bar{x}_2)^2$	x_3	$x_3 - \bar{x}_3$	$(x_3 - \bar{x}_3)^2$	x_4	$x_4 - \bar{x}_4$	$(x_4 - \bar{x}_4)^2$
1	14,81	2,37	5,61	83,76	2,12	4,49	88,41	2,79	7,88	0,10	0,02	0,0004
2	9,84	2,60	6,75	78,97	2,67	7,15	83,82	1,80	3,24	0,13	0,01	0,0001
7	13,07	0,63	0,40	81,37	0,27	0,07	84,77	0,85	0,72	0,13	0,01	0,0001
8	13,56	1,12	1,25	83,06	1,42	2,03	86,82	1,20	1,44	0,11	0,01	0,0001
20	10,92	1,52	2,31	81,03	0,61	0,37	84,27	1,35	1,82	0,13	0,01	0,0001
Σ	62,21		16,32	408,19		14,11	428,09		15,10	0,60		0,0008

$$\bar{x}_1 = 12,44$$

$$\bar{x}_2 = 81,64$$

$$\bar{x}_3 = 85,62$$

$$\bar{x}_4 = 0,12$$

$$s_1 = 2,02$$

$$s_2 = 1,88$$

$$s_3 = 1,94$$

$$s_4 = 0,0142$$

Man kan ikke uten videre velge det kriterium som har den minste empiriske varians eller standardavvik. Heller ikke kan man velge det kriterium som har de minste relative empiriske varianser.

Ved bedømmelse av forsøk generelt er det ofte ønskelig at parall forsøk skal gi mest mulig like resultater, samtidig som virkningen når en faktor forandres skal bli stor.

For bedømmelse av de forskjellige kriterier valgte man å legge til grunn forsøksserie I. Denne serie er kjørt med forskjellige verdier på de variable, og gir derfor høy varians.

I tabell 4 er resultatene fra forsøksserien stilt opp med de forskjellige kriterier.

Forholdet mellom varians fra standardforsøk og varians fra forsøksserie I gir et brukbart mål for kriteriets godhet. Disse verdier er oppført nederst i tabellen.

(Tabell 4, se neste side)

Tabell 4.

MALMTYPE A. FORSOKSSERIE I.

	% Cu v/80 % utv.			Utv. etter 3. trinn			Utv. etter 4. trinn			% Cu i avg.		
	x_1	$(x_1 - \bar{x}_1)$	$(x_1 - \bar{x}_1)^2$	x_2	$(x_2 - \bar{x}_2)$	$(x_2 - \bar{x}_2)^2$	x_3	$(x_3 - \bar{x}_3)$	$(x_3 - \bar{x}_3)^2$	x_4	$(x_4 - \bar{x}_4)$	$(x_4 - \bar{x}_4)^2$
1	8,79	2,04	4,15	69,20	0,88	30,77	78,79	0,56	0,31	0,34	0,02	0,0004
2	6,97	0,96	0,91	64,80	3,52	12,40	74,34	3,89	15,10	0,42	0,06	0,0036
3	9,17	1,24	1,49	74,54	6,22	38,60	81,14	2,91	8,49	0,31	0,05	0,0025
4	13,23	5,30	28,-	80,67	12,35	152,-	83,59	5,36	28,70	0,27	0,09	0,0081
5	5,64	2,29	5,12	53,38	14,94	224,-	67,25	10,98	121,-	0,54	0,18	0,0324
6	6,17	1,76	3,10	63,93	4,39	19,30	77,13	1,10	1,21	0,37	0,01	0,0001
7	5,15	2,78	7,71	64,24	4,08	16,70	77,57	0,66	0,44	0,37	0,01	0,0001
8	8,10	0,17	0,03	75,81	7,49	56,10	86,01	7,78	60,20	0,22	0,14	0,0196
	63,40		50,51	546,57		519,87	625,82		235,46			0,0668
	$\bar{x}_1 = 7,93$			$\bar{x}_2 = 68,32$			$\bar{x}_3 = 78,23$			$\bar{x}_4 = 0,36$		
	$\frac{ns_1^2}{ns_2^2} = 0,239$			0,058			0,0466			0,065		

For de forskjellige kriterier får man forholdstallet:

Kriterium	Forhold:
% Cu v/80 % utv.	0,239
Utv. etter 3. trinn	0,058
" " 4. trinn	0,046
% Cu i avg.	0,065

Oppstillingen viser at utvinningen etter 4. flotasjonstrinn er best. Dårligst er selektivitetskriteriet, dvs. % Cu v/80% utv.

I de følgende beregninger har man valgt å benytte kriteriet: utvinning etter 4. flotasjonstrinn. I enkelte av beregningene også utvinning etter 3. flotasjonstrinn.

For den videre undersøkelse var det også nødvendig å kjenne til hvilken av malmtypene ga størst utvinning.

Til beregningen benyttes standardforsøkene og kriterium utv. etter 4. flotasjonstrinn. Undersøkelsen utføres ved hjelp av t-test.

Hypotese: Begge malmtyper samme flotasjonsegenskap.

$$\begin{matrix} n_1 = 6 \\ n_2 = 5 \end{matrix} \quad \text{Antall frihetsgrader: } n_1 + n_2 - 2 = 9$$

$$\bar{X} = 85,62$$

$$\bar{Y} = 81,20$$

$$\sum (X - \bar{X})^2 = 15,10$$

$$\sum (Y - \bar{Y})^2 = 11,87$$

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2 + \sum (Y - \bar{Y})^2}{n_1 + n_2 - 2}} = \frac{4,42}{1,14} = 3,88$$

$$): \text{Pr } (|t| \geq 4,22) < 0,05$$

$$t_{5\%} = 2,26$$

Konklusjon: Forskjellen signifikativ. Hypotesen forkastes. Malmtypen B har bedre flotasjonsegenskaper enn malmtypen A. Da malmtypen A også er hovedtypen i Repparfjordmalmen samtidig som den er vanskeligst oppredningsteknisk sett å behandle,

ble det vesentligste av arbeidet med fastlegging av prosessen gjort med denne malmtypen.

b) Forsøksserie I.

Forsøksserien valgte man å legge opp etter metoder beskrevet i "the design and analysis of industrial experiments" av Davies.

Forsøksserie I gjelder malmtypen A. De variable størrelsene som ble undersøkt var følgende:

Nedmaling
pH-verdi
tilsats av Na_2S
luftkondisjonering og
samlertype

Disse størrelsene ble undersøkt både for malmtypen A og malmtypen B. Den største fordel med den matematiske metode er at effektiviteten for de enkelte variable kan beregnes med relativt stor sikkerhet samtidig som antall forsøk begrenses.

Forsøksserie I og II er kjørt etter samme design og etter high-low-prinsippet. Spesifikasjonene i det nedenforstående viser fremgangsmetoden i detalj.

Valgte variable ved forsøksserie III:

X_1 = nedmaling	30 min (-)	60 min (+)
X_2 = pH	7 " (-)	9 " (+)
X_3 = $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	0 gr (-)	200 gr (+)
X_4 = luftkondisjonering	0 min (-)	10 min (+)
X_5 = samler	etylksantat (-) amylksantat (+)	

Det valgte design blir følgende:

	Forsøk nr.	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Utv. 3. trinn	Utv. 4. trinn
I	11	-1	-1	-1	-1	-1	69,20	78,79
cde	12	-1	-1	+1	+1	+1	64,80	74,34
bde	13	-1	+1	+1	+1	+1	74,54	81,43
bc	14	-1	+1	-1	-1	-1	80,67	83,59
ad	15	+1	-1	+1	+1	-1	53,38	67,25
ace	16	+1	-1	-1	-1	+1	63,93	77,13
abc	17	+1	+1	-1	-1	+1	64,24	77,57

Som godhetetskriterium er valgt utvinning etter 3. og 4. trinn.
Virkningen fra en tilfeldig valgt variabel X_n betegnes med b_n .

$$b = \sum XY / \sum X^2.$$

Variansen til b blir $V(b) = s^2 / \sum X^2$.

Variansen til b beregnes ved hjelp av standardforsøkene i tabell 2 og 3.

$$V(b) = \frac{1}{8} \left[\frac{1}{5+6-2} (30,11+14,11) \right] = 0,8$$

for kriterium utv. 3. trinn

$$\text{Og } V(b) = \frac{1}{8} \left[\frac{1}{5+6-2} (11,87 + 15,10) \right] = 0,37$$

for kriterium utv. 4. trinn.

Hvorvidt forsøkene er signifikative beregnes ved F-test (varians analyse) og i nedenforstående oppstilling er konfidensgrensen 5

Tabell 5.

	Utv. 3. trinn			Utv. 4. trinn		
	b	b^2	Sign.	b	b^2	Sign.
b_0	68,82			78,26		
b_1	- 3,48	12,1	Ja	- 1,27	1,61	Ja
b_2	+11,00	121,-	Ja	3,88	15,-	Ja
b_3	+ 3,48	12,1	Ja	2,00	4,-	Ja
b_4	-0,70	0,49	Nei	-1,-	1,-	Nei
b_5	- 1,94	3,76	Nei	-0,64	0,41	Nei
b_{13}	+ 3,05	9,30	Ja	3,82	14,60	Ja
b_{12}	+ 0,79	0,62	Nei	2,56	6,55	Ja

For 5 % konfidensintervall og antall frihetsgrader i $\phi_1 = 1$ og $\phi_2 = 9 (=5+6-2)$ blir

$$F = 5,12. = \frac{b^2}{V(b)}$$

$$): b^2 \leq 5,12 \cdot 0,8 = 4,1 \quad (\text{for utv. 3. trinn}) \text{ og}$$

$$b^2 \leq 5,12 \cdot 0,37 = 1,90$$

En nærmere analyse av forsøkene viser i store trekk:

X_1 Nedmølingstid under 45 min. (sig.)

- X_3 tilsats av $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ større enn 100 gr/tonn (sig)
 X_4 luftkondisjonering for flotasjon bør unngås (ikkesig)
 X_5 en svak samler bør foretrekkes (nesten sig.)

Resultatene for X_1 , X_2 og X_3 er signifikativ, men ikke for X_4 og X_5 . For X_5 er resultatet nesten signifikativ med utv. 3.trinn som kriterium.

c) Forsöksserie II.

Forsöksserie II omfatter malmtypen B. Ved denne forsöksserie valg man å benytte de samme variable som under forsöksserie I, nemlig:

nedmaling
 pH-verdi
 tilsats av Na_2S
 luftkondisjonering og samlertype.

Det valgte design ble også det samme som for forsöksserie I.

Tabell 6.

	Forsök nr.	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	Utv.3.t.	Utv.4.t.
1	20	-1	-1	-1	-1	-1	81,03	84,27
cde	21	-1	-1	+1	+1	+1	80,02	83,74
bde	22	-1	+1	-1	+1	+1	87,69	90,45
be	23	-1	+1	+1	-1	-1	90,49	93,20
ad	24	+1	-1	-1	+1	-1	72,43	77,88
ace	25	+1	-1	+1	-1	+1	76,04	81,95
abe	26	+1	+1	-1	-1	+1	76,76	81,89
abcd	27	+1	+1	+1	+1	-1	88,00	90,67

Som forsöksserie I får man

$V(b) = 0,8$ for kriterium utv. 3. trinn og

$V(b) = 0,37$ for kriterium utv. 4. trinn.

Oppsetillingen i tabell 7 viser hvorvidt virkningen av de variable størrelser er signifikante.

(Tabell 7, se neste side)

Tabell 7.

	Utv. 3. trinn			Utv. 4. trinn		
	b	b ²	Sig.	b	b ²	Sig.
b ₀	81,50			85,5		
b ₁	- 3,25	10,25	Ja	- 2,40	5,75	Ja
b ₂	+ 4,20	17,60	Ja	+ 3,55	12,60	Ja
b ₃	+ 2,10	4,40	Ja	+ 1,90	3,60	Ja
b ₄	+ 0,48	0,23	Nei	+ 0,17	0,02	Nei
b ₅	- 1,45	2,10	Nei	- 1,00	1,00	Nei
b ₁₃	+ 1,62	2,62	Nei	1,30	1,70	Nei
b ₁₂	- 0,10	0,01	Nei	0,36	0,13	Nei

Analyse av forsøkene viser:

- X₁ Nedmalingslig under 45 min (sig.) ,
- X₂ Mere basisk enn pH = 8 (sig.)
- X₃ Tilsats av Na₂S·9H₂O større enn 100 g/tonn (sig.)
- X₄ Luftkondisjonering for flotasjon (ikke sig)
- X₅ En svak samler bør foretrekkes. (nesten sig.)

Forsøksserie I og II viser i store trekk at de betingelser som må være til stede for å gi gode resultater ved flotasjon av malmtypen A også gir gode resultater ved flotasjon av malmtypen B. På ett punkt er det imidlertid et avvik. Malmtypen A bør ikke kondisjoneres med luft for flotasjon mens det derimot er fordelaktig for malmtypen B. Disse resultatene er imidlertid ikke signifikante, men stemmer forøvrig godt med den erfaring man har fra forskjellige oppredningsanlegg, og omtalt i litteraturen.

Når det gjelder samler, er det ved forsøkene benyttet etylxantat og amylxantat. Begge forsøksseriene viser at etylxantat bør foretrekkes fremfor amylxantat. Etylxantat regnes vanligvis å være en svakere samler enn amylxantat. Denne antakelse bygger på kjedelengden i xantatene, men kanskje først og fremst på løselighetsproduktet mellom xantatene og Cu. Offentliggjørelse av målinger som er gjort på dette området, er imidlertid svært få. Noen undersøkelser vi gjorde med flotasjonsvannet viste at vannet var mettet med Cu-joner bestemt ut fra løselighetsproduktet for Cu(OH)₂. Denne høye konsentrasjon skyldes lett-løselige Cu-salter i malmen. Samler som tilsettes pulpen utfelles med Cu-joner. Konsentrasjon av samler blir for liten til å gi god

utvinning av kobber. En svakere samler vil gi større konsentrasjon av samler i pulpen, først og fremst pga. at den har et lavere løselighetsprodukt med Cu^{++} . Det samme oppnår man om pulpen blir gjort mere basisk. Disse betraktninger sammen med de resultater som ble oppnådd ved forsøksserie I og II, gjorde at man valgte å gå over til en svak samler - Z-200. Dessuten sløyfet man luftkondisjonering for malmtypen A. Dette stemmer med de praktiske erfaringer som er gjort ved oppredningsverk ved behandling av liknende malmtyper.

For å undersøke hvorvidt man kunne vente seg å få et bedre resultat hvis man forandret forsøksbetingelsene i den retning som beregningene foran angir, ble det gjort et kontrollforsøk, nemlig forsøk 28. Utvinning etter 4. flotasjonstrinn ble 85,15 %. Resultatet kan sammenliknes med standardforsøkene og man ser at resultatet er langt bedre enn noen av standardforsøkene.

Undersøkelse av signifikansnivået gjøres ved hjelp av normalfordelingen.

Under forutsetning av at

$$m = \bar{X} = 81,2 \text{ og}$$

$$\sigma = S = \sqrt{\frac{(x-x)^2 + (y-y)^2}{5+6-2}} = 1,73$$

får man

$$\begin{aligned} \Pr(X \geq X_0 \mid m = \bar{X}_1, \sigma = S) &\leq \varepsilon \\ &= \Pr\left(\frac{X-m}{\sigma} \geq \frac{X_0-m}{\sigma}\right) \leq \varepsilon \\ &= 1 - G\left(\frac{X_0-m}{\sigma}\right) = 1 - G(2,28) = 0,01 \quad \therefore \underline{1\%} \end{aligned}$$

Avvikelsen er sterkt signifikativ.

Kontrollforsøket ga bedre Cu-utvinning enn standardforsøkene.

d) Forsøksserie III.

For å undersøke virkningen av nedmaling, pH og tilsats av $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, ble det utført en ny forsøksserie med 15 forsøk.

Forsøkene gjøres ut fra den matematiske modellen:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

For hver variabel velges 5 design-nivå.

Tabell 8.

Design: 15 forsök.

Nedmaling	X_1	0(-2)	15(-1)	30(0)	45(+1)	60(+2)	min
$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	X_2	0(-2)	200(-1)	400(0)	600(+1)	800(+2)	gr/tonn
pH	X_3	8,5(-1,5)	9,2(-1)	10,5(0)	11,8(+1)	12,5(+1,5)	pH-verdi

Forsök nr.	X_0	X_1	X_2	X_3	Utv.3. trinn Y	Utv.4. trinn Y
30	1	-1	-1	-1	73,49	77,77
31	1	+1	-1	-1	73,69	81,58
32	1	-1	+1	-1	76,00	79,62
33	1	+1	+1	-1	82,55	85,71
34	1	-1	-1	+1	78,51	81,52
35	1	+1	-1	+1	79,93	83,03
36	1	-1	+1	+1	76,30	81,46
37	1	+1	+1	+1	79,04	83,03
38	1	-2	0	0	54,62	59,63
39	1	+2	0	0	78,60	81,92
40	1	0	-2	0	82,54	85,57
41	1	0	+2	0	83,87	86,88
42	1	0	0	-1,5	71,00	81,47
43	1	0	0	+1,5	77,55	80,85
29	1	0	0	0	80,71	83,59
					1 148,40 =====	1 213,63 =====

I den matematiske modell for utvinning beregnes koeffisientene b_1 , b_2 , b_3 , b_{12} , b_{13} og b_{23} etter formelen:

$$b = \sum XY / X^2$$

$$V(b) = \sigma^2 / X^2$$

De øvrige koeffisientene i den matematiske modell finner man ved å løse likningsettet:

$$\begin{aligned} \text{I } 15b_0 + 16b_{11} + 16b_{22} + 12,5b_{33} &= \sum YX_0 \\ \text{II } 16b_0 + 40b_{11} + 8b_{22} + 8b_{33} &= \sum YX_1^2 \\ \text{III } 16b_0 + 8b_{11} + 40b_{22} + 8b_{33} &= \sum YX_2^2 \\ \text{IV } 12,5b_0 + 8b_{11} + 8b_{22} + 18,14b_{33} &= \sum YX_3^2 \end{aligned}$$

Løsningen av likningssettet gjort med elektronisk regnemaskin.
Beregningen av koeffisientene i modellen ga følgende resultat:

Tabell 9:

b.	Utv. 3 trinn	Utv. 4. trinn	Middel verdi
b_0	81,188	83,926	82,557
b_1	3,679	3,597	3,638
b_2	0,683	0,534	0,608
b_3	1,143	0,274	0,708
b_{12}	0,959	0,293	0,626
b_{13}	-0,324	-0,852	0,588
b_{23}	-1,809	-0,755	-1,262
b_{11}	-3,376	-3,099	-3,237
b_{22}	0,773	+0,764	+0,718
b_{33}	-2,223	-0,632	-1,427

Beregnes variansen til koeffisientene etter formelen:

$$V(b) = \sigma^2 / \sum X^2 \text{ får man tilnærmet}$$

Tabell 10:

	b	S	Sign 95 % nivå
$b_0 =$	82,557	$\pm 1,5$	
$b_1 =$	3,638	$\pm 0,5$	Ja
$b_2 =$	0,608	$\pm 0,5$	Nei ^x
$b_3 =$	0,708	$\pm 0,5$	Nei ^x
$b_{12} =$	0,626	$\pm 0,5$	Nei
$b_{13} =$	-0,588	$\pm 0,5$	Nei
$b_{23} =$	-1,262	$\pm 0,5$	Ja
$b_{11} =$	-3,237	$\pm 0,5$	Ja
$b_{22} =$	+0,718	$\pm 0,5$	Nei ^x
$b_{33} =$	-1,427	$\pm 0,5$	Ja

^x(Nesten sign)

Utvinning som funksjon av de tre variable blir følgende:

$$Y = 82,557 + 3,638 X_1 + 0,608 X_2 + 0,708 X_3 - 3,237 X_1^2 + 0,718 X_1^2 - 1,427 X_3^2 + 0,626 X_1 X_2 - 0,588 X_1 X_3 - 1,262 X_2 X_3.$$

Vanligvis kan man bestemme optimalverdiene ved å sette de partial-deriverte lik 0.

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = 0$$

Ved å løse likningssettet finner man optimalverdien

$$\frac{\partial Y}{\partial X_2} = 0$$

$$\frac{\partial Y}{\partial X_3} = 0$$

Ved løsning av likningssettet i den matematiske modellen, får man ikke optimalverdiene, men et vendepunkt på kurven som har mindre interesse.

Tilsats av Na_2S viser seg her å spille en dobbeltrolle under flotasjonen.

Settes X_2 (tilsats av $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) = 0 gr., blir modellen:

$$Y = 84,206 + 2,386 X_1 + 3,232 X_3 - 3,237 X_1^2 - 1,427 X_3^2 - 0,588 X_1 X_3$$

Ved nå å sette

$$\frac{\partial Y}{\partial X_1} = 0 \quad \text{og}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial X_3} = 0$$

får man å løse likningssettet:

$$\text{I} \quad 6,474 X_1 + 0,588 X_3 = 2,386$$

$$\text{II} \quad 0,588 X_1 + 2,854 X_3 = 3,232$$

Løsningen gir $X_1 = 0,3$ og $X_3 = 1$.

Dette er optimalverdiene for X_1 og X_3 når tilsats av $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O} = 0$.

Utvinning av Cu-mineraler som funksjon av Na_2S -mengden er vist - B - 18 for $X_1 = 0,3$ og $Y_3 = 1$.

Når utvinningen som funksjon av Na_2S har det forløp som vist i B-18 skyldes det at Na_2S har en dobbeltvirkning. Denne dobbeltvirkning er iflg. oppstillingen over koeffisientene nesten signifikativ - og man må derfor anta at den er reell.

Na_2S er kjent som trykker av enkelte sulfidmineraler - mens andre mineraler aktiveres og fremmer flotasjonen ved at overflaten sulfidiseres.

Imidlertid viser den matematiske modellen at nedmalingen har størst innvirkning på Cu-utvinningen da det er her de største koeffisientene i likningen forekommer. Modellen viser en nedmalingstid på 34 min som gir optimal betingelse. 34 min nedmalingstid gir 78 % -200 masker og en selektiv knusing av Cu-mineraler p ca. 10 %. Optimal nedmalingskurve vist - B-19. Utvinning som funksjon av nedmalingstid vist i B-20.

pH har sin optimalverdi ved pH = 11,5 og vist i B-21.

e) Sammendrag av forsøksserie I, II og III.

Sammenholdes resultatene fra forsøksseriene I, II og III, blir resultatene følgende:

1) Nedmaling. Størst innvirkning på Cu-utv. har nedmalingen. Forsøksserie I og II tilsier en nedmalingstid på mindre enn 45 min, og serie III mer enn 30 min. Modellen tilsier optimal 34 min. Forsøksfeil gjør at man kan sette optimale resultater varierende fra 76 til 80 % -200 masker.

2) Na_2S . Forsøksserie III har vist at tilsats av Na_2S har en dobbeltvirkning, som ikke kom frem under forsøksserie I og II. Konklusjonen på dette blir at flotasjonen må foregå i to systemer. Først flotasjon uten Na_2S , med en påfølgende flotasjon med Na_2S . Systemene må ikke sammenblande

3) Samtlige forsøksserier viser at flotasjon av Cu-minerale må foregå i basisk miljø. På grunn av feilkildene i forsøkene lar det seg ikke gjøre å bestemme den eksakte pH-verdi for optimal utvinning. Det optimale pH-område ligger ca. mellom 10,5 til 11,5.

Når det gjelder valg av samler, tyder forsøkene på at etylxantat er bedre enn amyloxantat. Resultatet er ikke

f.eks. med vekselkjöring med etyl-og amylxantat inntil det oppnås signifikante resultater. En lösning av dette problemet i lab.-skala ville kreve uforholdsvise mye arbeide da utslagene er forholdsvis små.

f) Kontrollforsök.

På bakgrunn av de foregående resultater ble det gjort en del kontrollforsök.

Ved disse kontrollforsök valgte man å flotere ut tre trinn (i enkelte forsök også 4 trinn) uten tilsats av Na_2S . Siste trinn ble flotert med Na_2S samtidig som pulpen ble gjort ytterligere basisk (pH $\approx 11,8$). Det ble også benyttet forskjellige selletyper. Resultatene er sammenfattet nedenfor:

Tabell 11.

Forsök	Celle	Utv.u/ Na_2S	Utv.m/ Na_2S	Total utv.
45	Mortenson	81,88	7,86	89,74
50	Mortenson	88,21	3,64	91,85
51	Fagergren	83,34	4,42	87,76
52	Denver	86,17	3,15	89,32
55	Denver	89,87	3,68	93,55
56	Denver	89,39	3,68	93,07
60	Denver	89,23	3,65	92,88
Middelverdi:		86,87	4,29	91,15

I tilknytning til kontrollforsökene som ble gjort, kan det nevnes at samtlige kontrollforsök ga et bedre resultat enn noen av de övrige forsök.

En målsetning under forsökene var å oppnå en utvinning bedre eller lik 90 %.

Middelverdi av utvinning gir 91,15 % av 7 forsök. En beregner sannsynligheten av at utvinningen skal bli bedre eller lik 90 %,

$$\Pr(\bar{X} - 90 \leq K) \leq \xi \quad \text{eller}$$

$$\Pr \frac{\bar{X} - 90}{\sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X)^2}{n - 1}}} \sqrt{n} \geq K \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{\frac{\sum (\bar{X} - X)^2}{n - 1}}} \geq 1 - \xi$$

$$f(t)^2 \frac{1,15\sqrt{7}}{2,23} = 1,36$$

ut fra tanell for t-test med $7-1=6$ frihetsgrader blir den søkte sannsynlighet ca. 80 %.

Altså viser batchforsøkene at sannsynligheten for å oppnå et bedt resultat enn 90 % kobberutvinning blir ca. 80 % med den oppredningsmetode som her er utviklet.

Ved forsøk 60 og 61 ble det undersøkt hvilken gehalt konsentratet villegi ved rensing. Forsøk 60 anga at for malmtyp A ville det være mulig å framstille et konsentrat på ca. 40 % Cu, eller fra system I (flotasjon uten Na_2S) et konsentrat på ca. 40-44% Cu, og system II ca. 7-10% Cu (flotasjon med Na_2S). Sammenblandet vil produktene gi ca. 35 -40 % Cu i konsentrat. Imidlertid vil behandlingen av mellomproduktene være avgjørende for gehalten i konsentratet.

Av flotasjonsproduktene i forsøkene 55 og 56 er det fremstilt planslip og tett mikrofoto. Bildene er vist i B-22 til B-25. Bildene viser i store trekk at det absolutt er nødvendig med om-maling av mellomproduktene, da kobber-mineralene her ofte sitter som små impregnasjoner i større bergartskorn.

VI BEREKNING AV KRAFTFORBRUKET TIL MÖLLEMALING.

Tatt i betraktning at Repparfjordmalmen er relativ hard å knuse har vi funnet grunn til å undersøke hvor stort kraftforbruket kan bli ved möllemaling. Dette har vi gjort med en modellmölle utstyrt med måleapparat for registrering av overført energi.

Det grunnleggende prinsipp for beregningen bygger på Bond's maleformel som i dag ser ut til å ha oppnådd størst anerkjennelse.

Bond's formel:

$$W = W_i \left[\frac{10}{\sqrt{p}} - \frac{10}{\sqrt{F}} \right]$$

p = ferdigmalt produkt, kornstørrelse 80 % passasje.

F = Pågangsgods, kornstørrelse 80 % passasje

W_i = Work index

Kjenner man W_i , kan kraftforbruket beregnes ut fra Bond's maleformel

Vår modell-mølle er $318^0 \times 480$ mm, ble kjørt med 64 kg. kuler med møllefyllingsgrad 37,5 %, 8 kg. gods med 65 % fast (vekt). Kule - størrelse ca. 30 mm. Møllen ble kjørt med 77 % av kritisk turtall. Pågangsgods var -1,68 mm. Forsøkene gjort i batch med nedmalings-tider henholdsvis 15, 30 og 60 min. Siktekurvene fra møllepågang og maleprodukter er vist i B-2b.

Bond oppgir maleeffekt proporsjonal med $D^{0,2}$. W_i er ut fra våre målinger beregnet for modellmøllen og så transformert til 8' mølle.

Tabellen nedenfor gir data fra maleforsøkene.

Tabell 12:

	Pågang	15 min.maletid	30 min.maletid	60 min.maletid
80% passasje mikron	1100	130	80	45
kraftforbruk KWh/tonn		6,05	11,8	24
W_i , KWh/tonn		10,2	14,4	20,2
		$W_{i\text{ middel}} = 14,93$		
		$W_{i\text{ 8' mølle}} = 10,- \text{ KWh/tonn}$		

Ved hjelp av W_i beregnes det nødvendige kraftforbruk for gods som er forknust i konkuser og nedmalt i kulemølle til optimal kornstørrelse for flotasjonspågang.

$$W = 10 \left(\frac{10}{\sqrt{79}} - \frac{10}{\sqrt{10\,000}} \right) = \underline{10,4 \text{ KWh/tonn}}$$

Dette er netto-kraftforbruket. Med en mekanisk virkningsgrad for møllen på 0,9, blir det totale kraftforbruk

$$W_{\text{tot}} = \frac{10,4}{0,9} = \underline{\underline{11,5 \text{ KWh/tonn}}}$$

For å undersøke hvorvidt våre beregninger stemmer, har vi gjort analoge beregninger for malm fra Rødsand, hvor man kjenner drifts-resultatene.

Rødsands-malmens W_i har vi beregnet til 9,- KWh/tonn.

Tabellen nedenfor gir data fra det virkelige kraftforbruk sammen-
liknet med kraftforbruket som er beregnet etter Bond's maleformel.

Tabell 13:

	Forbrukt	Beregnet:
Stavmølle:	3,30 KWh/tonn	2,12 KWh/tonn
Kulemølle:	3,65 " "	3,34 " "

For stavmøllen blir virkningsgraden 0,64 og kulemøllen 0,91.

Det store avvik man får for stavmøllen kan skyldes manglende tilpassing til den matematiske modell som Bond oppgir.

Vår oppfatning er at nedmalingen bør skje i ett trinn med hydro-syklon som klasserer og som gir en returmengde til møllen på 300 - 500 % av pågangen.

Denne metode antar vi vil gi de laveste nedmalingsomkostninger.

VII. PILOTFORSØK.

Før pilotforsøkene tok til var det nødvendig å beregne anlegget.

Som grunnlag for beregningen er valgt flotasjonstiden.

I litteraturen finner man oppgitt at reaksjonshastigheten i et kontinuerlig system tilnærmet vil være av første orden, dvs.

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N \text{ eller } N = N_0 e^{-\lambda t}.$$

N = utvinning

t = flotasjonstid

λ = konstant

Som grunnlag for en anslagsverdi for λ er benyttet et tilfeldig forsøk gjort i batch. Resultatet ble:

$$\lambda_{1 \text{ min}} = 1,46$$

$$\lambda_{3 \text{ min}} = 0,68$$

$$\lambda_{7 \text{ min}} = 0,307$$

$$\lambda_{17 \text{ min}} = 0,133$$

$$\lambda_{29 \text{ min}} = 0,094$$

Da det er de Cu-mineraler som floterer snarest som vil være bestemende for Cu-utvinningen er det rimelig å sette en lav an-

Vi har valgt å sette λ lik 0,12. Utvinning av Cu i hvert flotasjonstrinn satt til 80 %. Flotasjonstiden for hvert trinn blir da:

$$t = \frac{\ln 100/20}{0,12} = \underline{14 \text{ min.}}$$

I B-28 er vist utvinning av Cu i hvert flotasjonscelle og i B-29 flotasjonstider og %-fast.

Videre er det i B-30 vist den oppkonsentrering av Cu man venter å ha i systemet. Dette er en anslagsverdi og bygger på erfaringer gjort med batchforsøkene. Den videre beregningen bygger altså på en anslagsverdi av λ og oppkonsentrering av Cu fra trinn til trinn som er i systemet, og kan følgelig ikke bli særlig nøyaktig.

I B-31 er vist fordeling av Cu i systemet, i B-32 fordeling av vekt og i B-33 cellevolum i liter for påsetning 100 gr/min. På grunnlag av dette ble selve pilotanlegget beregnet for en påsetning av 200 gr/min og vist i B-34. Under bygging av pilotanlegget var det nødvendig å avpasse enhetene i anlegget etter de maskinenheter som var for hånden ved laboratoriet.

a) Resultater:

I alt ble det gjort 11 pilot-forsøk. Resultatene fra pilot-forsøken ble følgende:

Tabell, se neste side.

Tabell 14.

Forsök nr.	% Cu pg.	% Cu kons. I	% Cu Avg. I	Utv. % system I	% Cu Kons. II	% Cu Avg. II	Utv. % System II	Totalutv. %
62	1,36	34,3			2,17	0,25		83,-
63	1,40	45,1			4,69	0,25		83,-
64	1,19	29,-			8,10	0,18		
65	1,51	34,5			1,63	0,18		
66	1,32	31,-			1,68	0,24		
67	1,36	34,4			2,10	0,22		
68	1,57	20,4			0,60	0,25		
69	1,54	25,2			3,64	0,24		
70	1,40	35,6			0,89	0,25		
71	1,41	40,7	0,22	85,5	1,96	0,16	4,5	90,-
72	1,41	40,4	0,21	85,5	0,76	0,18	2,8	88,3
Middel:	1,41	33,7			2,57	0,22		85,5

Midlere utvinning av samtlige 11 forsök blir 85,5 %.

Hertil skal bemerkes at det tok forholdsvis lang tid til innkjøring av anlegget, så vi regner med at bare de to siste forsøkene er representative (forsök nr. 71 og 72).

Disse forsøkene viser at det stort sett er oppnådd de resultater man på forhånd hadde beregnet seg frem til, bortsett fra at gehalt i konsentrat I ligger på ca. 40 % Cu, altså 4 % under det som var anslått.

For konsentrat II er det oppnådd svært lave gehalter. Dette skyldes i første rekke at anlegget for system II ble kjørt med bare ett rensetrinn. I drift regner vi med at ommaling og rensing i to eller flere trinn blir nødvendig for å oppnå en gehalt på 8 - 10 % Cu. Det felles konsentrat vil da kunne bli ca. 35 % Cu.

I B-35 er foto av anlegget.

VIII. KONKLUSJON.

På grunnlag av de forsøk som er utført og de resultater som ble oppnådd ved batch-og pilotforsøkene, kan vi sette opp følgende konklusjon:

1) Samme oppredningsprosess for malmtypen A og B. Malmtypen B vil gjennomsnittlig gi større kobberextraksjon enn malmtypen A. Prosessen tilpasses den vanskeligste malmtypen.

2) Flotasjonspågang nedmales til området 76 til 80 % -200 mesh Tyler. Kraftforbruket beregnet til ca. 12 KWh/tonn.

3) Prosessen inndeles i to systemer:

System I: Flotasjon uten Na_2S . Systemet bygges opp konvensjonelt med ommaling av mellomproduktene. Dette kan gjøres i primærmøllen eller i en mølle som skytes inn i systemet. pH ca. 10,5 - 11,5. Ordinær sulfidsamler benyttes (4-200-xantat etc). Kobberextraksjon ca. 85 - 88 % og gehalt ca. 40 % for malmtypen A. Noe større kobberextraksjon for kobberkisrik malm, men lavere gehalt.

System II: Flotasjon med Na_2S , pH ca. 11,5 - 12,-. Ommaling av rougher-produktet og rensing i 2 eller 3 trinn. Kobberextraksjon ca. 2 - 5 % og gehalt ca. 8 % for malmtypen A. Noe mindre kobberextraksjon for kobberkisrik malm.

Forbruk av kjemikalier noe høyere enn det som er vanlig ved flotasjon av kobberkis.

4) Konsentratene fra system I og II vil gi et salgsprodukt med ca. 35 % Cu (malmtypen A) og en kobberextraksjon 90 %.

Bliir malmen rikere på kobberkis kan man vente seg en noe høyere kobberextraksjon men lavere gehalt. Malmens innhold av oksydkobber vil også være bestemmende for ekstraksjon av Cu.

Forslag til prosess vist i B-36.

Vår konklusjon refererer seg kun til de oversendte malmtyper.

Trondheim, 17.9.65.

G. Berg
G. Berg

NORGES GEOLOGISKE UNDERSØKELSE

Norges tekniske høgskole
Oppredningslaboratoriet
T r o n d h e i m .

4
7/1-65
Sb.
LEIV EIRIKSSONS VEI 39
POSTBOKS 3006
TELEFON *20169

DERES REF.

DERES BREV:

VÅR REF.:

Jnr.25/65B
PP/MS

TRONDHEIM.
4.1.1965.

Oppredningsforsøk med malm fra Repparfjord.

Vi har idag sendt 2 kasser Repparfjordmalm^{x)}
til Oppredningslaboratoriet. Kassene er merket Repparfjord
type A og Repparfjord type B. Type A er den vanlige malm
i Repparfjord med vesentlig bennitt og kobberglans, type B
inneholder noe kobberkis.

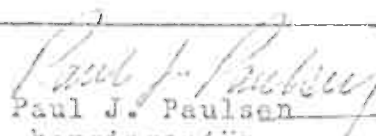
Oppredningslaboratoriet har tidligere utført
4 forsøk med forskjellige maletider med Repparfjordmalm.

Vi tør vennligst be foretatt forsøk med
malmen fra Repparfjord for å komme frem til gunstigst
mulig metode for oppredningen.

Ved telefonsantale forrige måned (10.12.64)
mellom professor Mortenson og bergingeniør Paulsen uttalte
professor Mortenson at slike forsøk kunne påbegynnes straks
etter årsskiftet 1964/65.


Karl Ingvaldsen
adm. direktør

x) Hver inneholdende ca. 75 kg


Paul J. Paulsen
bergingeniør

FOPSAKS NUMMER 1.0

MALMTYPE "B"

MEDIUM

Ferskvann

80 I

7.1

SMIER Etylkantat

ANDRE AGEVSR

Ingen

80 II

8.1

TRYKKER Ingen

MALING

30 min

SKOFTEFARVER

Alm.

PR REG "

GELLE

Mortenson

SKOFT

Ingen

SYNNER Pine Oil

AVSLAMNING

Ingen

INN- SATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOOLD	PROSENT UTVINN	KUMULERT METALL	OPPOVER UTVINN	8.10.11.12.13.14.15.16.17.18.19.20.21.22.23.24.25.26.27.28.29.30.31.32.33.34.35.36.37.38.39.40.41.42.43.44.45.46.47.48.49.50.51.52.53.54.55.56.57.58.59.60.61.62.63.64.65.66.67.68.69.70.71.72.73.74.75.76.77.78.79.80.81.82.83.84.85.86.87.88.89.90.91.92.93.94.95.96.97.98.99.100.00	8.10.11.12.13.14.15.16.17.18.19.20.21.22.23.24.25.26.27.28.29.30.31.32.33.34.35.36.37.38.39.40.41.42.43.44.45.46.47.48.49.50.51.52.53.54.55.56.57.58.59.60.61.62.63.64.65.66.67.68.69.70.71.72.73.74.75.76.77.78.79.80.81.82.83.84.85.86.87.88.89.90.91.92.93.94.95.96.97.98.99.100.00	8.10.11.12.13.14.15.16.17.18.19.20.21.22.23.24.25.26.27.28.29.30.31.32.33.34.35.36.37.38.39.40.41.42.43.44.45.46.47.48.49.50.51.52.53.54.55.56.57.58.59.60.61.62.63.64.65.66.67.68.69.70.71.72.73.74.75.76.77.78.79.80.81.82.83.84.85.86.87.88.89.90.91.92.93.94.95.96.97.98.99.100.00	8.10.11.12.13.14.15.16.17.18.19.20.21.22.23.24.25.26.27.28.29.30.31.32.33.34.35.36.37.38.39.40.41.42.43.44.45.46.47.48.49.50.51.52.53.54.55.56.57.58.59.60.61.62.63.64.65.66.67.68.69.70.71.72.73.74.75.76.77.78.79.80.81.82.83.84.85.86.87.88.89.90.91.92.93.94.95.96.97.98.99.100.00
12.00	22.70	2.72	34.73	0.78	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
19.06	15.70	2.99	38.15	0.51	65.27	65.27	65.27	65.27	65.27	65.27
26.10	3.27	0.85	10.88	0.22	27.12	27.12	27.12	27.12	27.12	27.12
44.50	0.82	0.36	4.65	0.13	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24	16.24
909.00	0.10	0.91	11.59	0.10	11.59	11.59	11.59	11.59	11.59	11.59
1010.66	0.78	7.84	100.00							
				0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
				0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
				0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
				0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
				0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
				0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
				0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
				0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
				0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
				0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55	0.55
				0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
				0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
				0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66
				0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
				0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73	0.73
				0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
				100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

$$Y = 0.0263 + 0.00554891X^1 + 1 + 0.00008278X^2 + 2 + -0.00000119X^3 + 3 + 0.00000001X^4 + 4 +$$

$$Y = 687.9860 + -43.64366519X^1 + 1 + 1.00265581X^2 + 2 + -0.00774519X^3 + 3 + 0.00000001X^4 + 4 +$$

B-1

FORSØKS NUMMER 2.0

MILKTYPE	"B"	MEDIUM	Vann	PH I	7,5
SAMLER	Etylxantat	ANDRE AGENSER	Ingen	PH II	8,1
TRYKKER	Ingen	MALING	30 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	"	CELLE	Mortenson	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

NM-SATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOOLD	PROSENT UTVINN	KUMULERT OPPOVER		KUMULERT NEDOVER	
					METALL	UTVINN	METALL	UTVINN
	12.40	14.63	1.81	24.44	0.73	100.00	14.63	24.44
	19.04	17.19	3.27	44.10	0.56	75.56	16.18	68.54
	23.67	3.27	0.77	10.43	0.24	31.46	10.64	78.97
	37.50	0.96	0.36	4.85	0.16	21.03	6.72	83.82
	923.50	0.13	1.20	16.18	0.13	16.18	0.73	100.00
	1116.11	0.73	7.42	100.00				
					0.04	0.00	213.77	0.00
					0.07	5.00	143.04	5.00
					0.09	10.00	90.64	10.00
					0.12	15.00	53.43	15.00
					0.16	20.00	28.54	20.00
					0.23	30.00	5.50	30.00
					0.30	40.00	3.86	40.00
					0.38	50.00	10.29	50.00
					0.45	60.00	15.81	60.00
					0.52	70.00	15.77	70.00
					0.55	75.00	13.39	75.00
					0.59	80.00	9.84	80.00
					0.62	85.00	5.75	85.00
					0.66	90.00	2.04	90.00
					0.69	95.00	-0.12	95.00
					0.73	100.00	0.73	100.00

$$Y = 0.8421 + 0.00412589X^1 + 1 + 0.00009908X^1 + 2 + -0.00000121X^1 + 3 + 0.00000000X^1 + 4 +$$

$$Y = 213.7873 + -16.20910197X^1 + 1 + 0.43510221X^1 + 2 + -0.00474955X^1 + 3 + 0.00001806X^1 + 4 +$$

B-2

FORSØKS NUMMER 5.0

MILJUTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	7,7
SAMLER	Etylxantat	ANDRE AGENSER	Ingen	PH II	8,3
TØKKER	Ingen	MALING	30 min	SKUMKARAKTER	Alm.
PH REG	"	CELLE	Mortenson	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

UM-	VEKT	ANALYSE	METALL	PROSENT	KUMULERT OPPOVER	KUMULERT NEDOVER
SATS	GRAM	PROSENT	INNHOOLD	UTVINN	METALL	UTVINN
	11.74	33.97	3.99	28.22	1.40	100.00
	20.68	16.85	5.00	35.39	1.02	71.78
	32.20	5.20	1.66	11.78	0.53	36.39
	42.00	2.34	0.98	6.96	0.37	24.61
	891.00	0.28	2.49	17.66	0.28	17.66
	1006.42	1.40	14.13	100.00		
					0.06	0.00
					0.12	5.00
					0.18	10.00
					0.25	15.00
					0.31	20.00
					0.45	30.00
					0.58	40.00
					0.72	50.00
					0.86	60.00
					1.00	70.00
					1.06	75.00
					1.13	80.00
					1.20	85.00
					1.27	90.00
					1.34	95.00
					1.40	100.00
						42.15
						39.56
						37.72
						36.38
						35.38
						34.66
						31.50
						28.25
						23.67
						17.91
						14.76
						11.56
						8.45
						5.59
						3.17
						1.40

$y = 0.0553 + 0.01213944x^1 + 1 + 0.00004000x^2 + 2 + -0.00000041x^3 + 3 + 0.00000000x^4 + 4 +$
 $y = 42.1504 + -0.60749240x^1 + 1 + 0.01970414x^2 + 2 + -0.00034749x^3 + 3 + 0.00000170x^4 + 4 +$

FORSØKS NUMMER 6.0

MALMTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	7,6
SÅLER	Etylxantat	ANDRE AGENSER	Ingen	PH II	8,4
TRYKKER	Ingen	MALING	30 min	SKUMKARAKTER	Alm.
EM REG	"	CELLE	Mortenson	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

INN- LSATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOOLD	PROSENT UTVINN	KUMULERT METALL	OPPOVER UTVINN	KUMULERT METALL	NEDOVER UTVINN
	12.62	20.50	2.59	17.98	1.42	100.00	20.50	17.98
	26.95	19.05	5.51	38.33	1.13	82.02	19.49	56.32
	31.10	8.04	2.50	17.38	0.65	43.68	14.59	73.70
	36.50	3.20	1.17	8.12	0.40	26.30	10.78	81.82
	42.00	0.29	2.62	18.18	0.29	18.18	1.42	100.00
M	1011.17	1.42	14.39	100.00				
					0.04	0.00	32.30	0.00
					0.11	5.00	27.10	5.00
					0.18	10.00	23.56	10.00
					0.25	15.00	21.33	15.00
					0.32	20.00	20.11	20.00
					0.46	30.00	19.54	30.00
					0.60	40.00	19.99	40.00
					0.74	50.00	20.06	50.00
					0.88	60.00	18.87	60.00
					1.02	70.00	16.04	70.00
					1.09	75.00	14.03	75.00
					1.15	80.00	11.69	80.00
					1.22	85.00	9.13	85.00
					1.29	90.00	6.45	90.00
					1.36	95.00	3.82	95.00
					1.42	100.00	1.42	100.00

$$Y = 0.0438 + 0.01315214X^{*1} + 0.00002625X^{*2} - 0.00000028X^{*3} + 0.00000000X^{*4}$$

$$Y = 32.2990 + -1.22982484X^{*1} + 0.04063432X^{*2} - 0.00052311X^{*3} + 0.00000209X^{*4}$$

FORSØKS NUMMER 14.0

MALMTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	10,2
SAMPLE	Etylxantat	ANDRE AGENSER	500 g/t $\text{Na}_2\text{S} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	PH II	9,2
TRYKKER	Ingen	MALING	30 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	"	OPPLE	Mortenson	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

VE	VEKT	ANALYSE	METALL	PROSENT	KUMULERT	OPPOVER	KUMULERT	MEDOVER
ATS	GRAM	PROSENT	INNHOOLD	UTVINN	METALL	UTVINN	METALL	UTVINN
	30.60	26.30	8.05	55.25	1.44	100.00	26.30	55.25
	30.00	9.68	2.90	19.94	0.67	44.75	18.07	75.19
	33.00	2.42	0.80	5.48	0.38	24.91	12.55	80.67
	32.00	1.33	0.43	2.92	0.31	19.33	9.69	83.59
	885.00	0.27	2.39	16.41	0.27	16.41	1.44	100.00
	1010.60	1.44	14.57	100.00				
					0.11	0.00	-415.22	0.00
					0.15	5.00	-325.40	5.00
					0.20	10.00	-248.56	10.00
					0.25	15.00	-163.64	15.00
					0.32	20.00	-129.59	20.00
					0.45	30.00	-50.10	30.00
					0.60	40.00	-2.25	40.00
					0.74	50.00	21.31	50.00
					0.88	60.00	27.49	60.00
					1.01	70.00	22.79	70.00
					1.08	75.00	19.26	75.00
					1.14	80.00	13.23	80.00
					1.21	85.00	4.39	85.00
					1.28	90.00	4.40	90.00
					1.36	95.00	1.88	95.00
					1.44	100.00	1.44	100.00

$y = 0.1097 + 0.00638373x' + 1 + 0.00025962x' + 2 + -0.00000321x' + 3 + 0.00000002x' + 4 +$
 $y = -415.2378 + 19.34026104x' + 1 + -0.28189984x' + 2 + 0.00148682x' + 3 + -0.00000185x' + 4 +$

FORSØKS NUMMER 22,0

MONN TYPE	"B"	MEDIUM	Vann	PH I	7,1
SØLER	Amylksantat	ANDRE AGENSER	Ingen	PH II	8,1
TRYKKER	Ingen	MALING	30 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	"	CELLE	Mortenson	MERKNAD	Kond.m/luft 10 min
SKUMMER	Pine Oil	AVSLANNING	Ingen		

IN- SATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOLD	PROSENT UTVINN	KUMULERT METALL	OPPROVER UTVINN	KUMULERT METALL	RESDOVER UTVINN
	19,62	22,60	4,43	59,02	0,74	100,00	22,60	59,02
	26,97	6,29	1,79	22,58	0,31	40,98	13,16	81,61
	36,00	1,27	0,46	6,09	0,14	18,39	7,98	87,69
	30,00	0,69	0,21	2,76	0,10	12,31	6,03	90,45
	897,03	0,08	0,72	9,55	0,08	9,55	0,74	100,00
	1000,52	0,74	7,51	100,00				
					0,01	0,00	-1614,63	0,00
					0,05	5,00	-1252,68	5,00
					0,08	10,00	-953,08	10,00
					0,12	15,00	-717,97	15,00
					0,16	20,00	-510,66	20,00
					0,23	30,00	-254,13	30,00
					0,30	40,00	-77,48	40,00
					0,38	50,00	-2,03	50,00
					0,46	60,00	23,64	60,00
					0,54	70,00	23,61	70,00
					0,58	75,00	19,50	75,00
					0,61	80,00	14,68	80,00
					0,65	85,00	10,13	85,00
					0,68	90,00	6,33	90,00
					0,71	95,00	3,34	95,00
					0,74	100,00	0,74	100,00

$y = 0,0113 + 0,00726035x^1 + 1 + -0,00001036x^1 + 2 + 0,00010041x^1 + 3 + 0,00001000x^1 + 4 +$
 $y = -161,4705 + 1 + 79,08215333x^1 + 1 + -1,39603358x^1 + 2 + 0,01071088x^1 + 3 + -0,00003043x^1 + 4 +$

FORSØKS NUMMER 34.0

MALMTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	12,-
SAMLER	Z-200	ANDRE AGEVSEER	200 g/t $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	PH II	11,8
TRYKKER	Ingen	MALING	15 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	CaO	CELLE	Mortenson	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

N-	VEKT	ANALYSE	METALL	PROSENT	KUMULERT OPPOVER	KUMULERT NEDOVER
ATS	GRAM	PROSENT	INNHOOLD	UTVINN	METALL	UTVINN
	24.00	33.80	8.11	57.05	1.42	100.00
	25.20	8.30	2.09	14.71	0.63	42.95
	39.00	2.46	0.96	4.75	0.42	28.24
	36.00	1.19	0.43	3.01	0.34	21.49
	876.00	0.30	2.63	19.48	0.30	18.48
	1000.20	1.42	14.22	100.00		
					0.19	0.00
					0.20	5.00
					0.22	10.00
					0.26	15.00
					0.32	20.00
					0.45	30.00
					0.59	40.00
					0.72	50.00
					0.84	60.00
					0.96	70.00
					1.02	75.00
					1.08	80.00
					1.15	85.00
					1.22	90.00
					1.31	95.00
					1.42	100.00
						-425.43
						0.00
						-321.91
						5.00
						-235.45
						10.00
						-164.34
						15.00
						-106.93
						20.00
						-26.97
						30.00
						16.12
						40.00
						32.82
						50.00
						32.39
						60.00
						22.83
						70.00
						16.81
						75.00
						10.97
						80.00
						5.96
						85.00
						2.38
						90.00
						0.72
						95.00
						1.42
						100.00

$y = 1.1928 + -0.00167416x^1 + 1 + 0.00053265x^1 + 2 + -0.00000761x^1 + 3 + 0.00000004x^1 + 4 +$
 $y = -425.4527 + 22.53546470x^1 + 1 + -0.37760654x^1 + 2 + 0.00245694x^1 + 3 + -0.00000510x^1 + 4 +$

B-7

FORSØKS RULNER 36.0

MALMTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	12,3
SAMLER	Z-200	ANDRE AGENTER	600 g/t $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	PH II	12,2
TRYKKER	Ingen	MALING	15 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	CaO	CELLE	Mortenson	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

KUM- SATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOUD	PROSENT UTVINN	KUMULERT OPPOVER		KUMULERT NEDOVER	
					METALL	UTVINN	METALL	UTVINN
	15,90	37.80	6.01	45.27	1.33	100.00	37.80	45.27
	23.00	13.90	3.20	24.08	0.74	54.73	23.67	69.35
	27.00	3.42	0.92	6.96	0.42	30.65	15.37	76.30
	41.00	1.67	0.68	5.16	0.34	23.70	10.12	81.46
	895.00	0.27	2.46	18.54	0.27	18.54	1.33	100.00
	1001.90	1.33	13.28	100.00				
					0.09	0.00	-454.23	0.00
					0.13	5.00	-330.87	5.00
					0.18	10.00	-230.75	10.00
					0.24	15.00	-151.02	15.00
					0.29	20.00	-88.99	20.00
					0.41	30.00	-8.11	30.00
					0.54	40.00	29.84	40.00
					0.67	50.00	39.97	50.00
					0.81	60.00	34.52	60.00
					0.94	70.00	22.86	70.00
					1.00	75.00	16.85	75.00
					1.06	80.00	11.50	80.00
					1.13	85.00	7.17	85.00
					1.19	90.00	4.06	90.00
					1.26	95.00	2.17	95.00
					1.33	100.00	1.33	100.00

$$v = 0.0914 + 0.00780771x^1 + 1 \cdot 0.00013970x^2 + 2 \cdot -0.00000156x^3 + 3 \cdot 0.00000001x^4 + 4 \cdot -454.2549 + 27.20309711x^1 + 1 \cdot -0.52600485x^2 + 2 \cdot 0.00418999x^3 + 3 \cdot -0.00001195x^4 + 4 \cdot$$

FORSØKS NUMMER 45.0

MALMTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	10,2
SAMLER	Z-200	ANDRE AGENSER	1000 g/t Na ₂ S·9H ₂ O	PH II	11,9
TRYKKER	Ingen	HALING	35 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	Na ₂ CO ₃	CELLE	Mortenson	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

RINN-	VEKT	ANALYSE	METALL	PROSENT	KUMULERT	OPPOVER	KUMULERT	NEDOVER
ILSATS	GRAM	PROSENT	INNHOOLD	UTVINN	METALL	UTVINN	METALL	UTVINN
	32.80	27.00	8.86	60.69	1.45	100.00	27.00	60.69
	36.55	5.67	2.07	14.20	0.59	39.31	15.76	74.90
	76.00	1.34	1.02	6.98	0.39	25.10	8.22	81.88
	75.00	1.53	1.15	7.86	0.31	18.12	5.94	89.74
	788.00	0.19	1.50	10.26	0.19	10.26	1.45	100.00
UM	1108.35	1.45	14.59	100.00				
					-0.05	0.00	-4880.99	0.00
					0.08	5.00	-3736.44	5.00
					0.19	10.00	-2801.37	10.00
					0.26	15.00	-2049.16	15.00
					0.33	20.00	-1464.76	20.00
					0.45	30.00	-648.30	30.00
					0.60	40.00	-217.90	40.00
					0.80	50.00	-28.47	50.00
					1.05	60.00	26.08	60.00
					1.32	70.00	22.79	70.00
					1.44	75.00	15.61	75.00
					1.54	80.00	9.73	80.00
					1.61	85.00	6.62	85.00
					1.62	90.00	5.94	90.00
					1.58	95.00	5.54	95.00
					1.45	100.00	1.45	100.00

$$Y = -0.0647 + 0.03373260X^1 + 1 + -0.00106997X^2 + 2 + 0.00002086X^3 + 3 + -0.00000012X^4 + 4 +$$

$$Y = -488.1238 + 1 + 25.18120904X^1 + 1 + -4.76481141X^2 + 2 + 0.03943754X^3 + 3 + -0.00012088X^4 + 4 +$$

B-9

FORSØKS NUMMER 50.0

MALMTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	10,-
SAMLER	Z-200	ANDRE AGENSER	Na ₂ S • 9H ₂ O i 4 trinn	PH II	11,7
TØYKKER	Ingen	MALING	35 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	Na ₂ CO ₃ og CaO	CELLE	Mortenson	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLANNING	Ingen		

INN- LSATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOUD	PROSENT UTVINN	KUMULERT METALL	OPPOVER UTVINN	KUMULERT METALL	NEDOVER UTVINN
	27.92	26.50	7.40	55.30	1.32	100.00	26.50	55.30
	33.00	10.40	3.43	25.65	0.61	44.70	17.78	80.95
	45.00	1.28	0.58	4.31	0.27	19.05	10.77	85.26
	73.00	0.54	0.39	2.95	0.22	14.74	6.60	88.21
	56.00	0.87	0.49	3.64	0.19	11.79	5.23	91.85
	779.00	0.14	1.09	8.15	0.14	8.15	1.32	100.00
TM	1013.92	1.32	13.38	100.00				
					-0.24	0.00	11014.60	0.00
					0.06	5.00	79209.93	5.00
					0.17	10.00	55566.62	10.00
					0.22	15.00	37863.36	15.00
					0.28	20.00	24918.76	20.00
					0.50	30.00	9397.34	30.00
					0.66	40.00	2647.09	40.00
					0.36	50.00	372.77	50.00
					-0.73	60.00	-57.74	60.00
					-2.53	70.00	-10.27	70.00
					-3.49	75.00	14.45	75.00
					-4.25	80.00	18.72	80.00
					-4.55	85.00	11.22	85.00
					-4.04	90.00	5.34	90.00
					-2.26	95.00	6.82	95.00
					1.32	100.00	1.31	100.00

$$Y = -0.2365 + 0.08889846X^1 + 1 + -0.00737511X^1 + 2 + 0.00030113X^1 + 3 + -0.00000503X^1 + 4 + 0.00000003X^1 + 5 +$$

$$Y = 110.1530 + 3 - 70.18668381 + 2X^1 + 1 + 17.66678753 + 1X^1 + 2 + -2.19866367X^1 + 3 + 0.01354425X^1 + 4 + -0.00003307X^1 + 5 +$$

B-10

FORSØKS NUMMER 51.0

MALMTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	10,-
SAMLER	Z-200	ANDRE AGENSER	Na ₂ S · 9H ₂ O	PH II	11,7
TRYKKER	Ingen	MALING	35 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	Na ₂ CO ₃	CELLE	Pagergren	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

TRINN- TILSATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOOLD	PROSENT UTVINN	KUMULERT OPPOVER METALL	UTVINN	KUMULERT NEDOVER METALL	UTVINN
	26.30	27.60	7.26	57.82	1.25	100.00	27.60	57.82
	21.85	12.44	2.72	21.65	0.54	42.18	20.72	79.46
	24.18	1.22	0.29	2.35	0.27	20.54	14.20	81.81
	32.40	0.59	0.19	1.52	0.24	18.19	9.99	83.34
	45.86	1.21	0.55	4.42	0.23	16.66	7.32	87.76
	854.00	0.18	1.54	12.24	0.18	12.24	1.25	100.00
SUM	1004.59	1.25	12.56	100.00				
					-1.28	0.00	32339.09±1	0.00
					-0.26	5.00	25197.78±1	5.00
					0.12	10.00	16232.32±1	10.00
					0.22	15.00	11033.84±1	15.00
					0.26	20.00	72461.70	20.00
					0.49	30.00	27291.72	30.00
					0.61	40.00	7799.08	40.00
					-0.25	50.00	1249.12	50.00
					-2.87	60.00	-55.33	60.00
					-7.16	70.00	-15.88	70.00
					-9.45	75.00	20.75	75.00
					-11.30	80.00	19.41	80.00
					-12.11	85.00	6.82	85.00
					-11.03	90.00	14.05	90.00
					-7.01	95.00	37.74	95.00
					1.25	100.00	1.27	100.00

$$Y = -1.2832 + 0.30037855X^1 + 1 + -0.02312526X^1 + 2 + 0.00083049X^1 + 3 + -0.00001293X^1 + 4 + 0.00000007X^1 + 5 +$$

$$Y = 323.4117 \pm 3 + -20.76760114 \pm 3X^1 + 1 + 52.84613953 \pm 1X^1 + 2 + -6.66519894X^1 + 3 + 0.04168909X^1 + 4 + -0.00010350X^1 + 5$$

B-11

FORSØKS NUMMER 52.0

MALNTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	10,-
SAMLER	Z-200	ANDRE AGENSER	Na ₂ S·9 H ₂ O	PH II	11,8
TRYKKER	Ingen	MALING	35 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	Na ₂ CO ₃ og CaO	CELLE	Denver	MERKNAD	Ingen
SNUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

INN- SATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOOLD	PROSENT UTVINN	KUMULERT METALL	OPPROVER UTVINN	KUMULERT METALL	NEDOVER UTVINN
	28.73	30.10	8.65	63.97	1.35	100.00	30.10	63.97
	22.56	11.00	2.48	18.36	0.50	36.03	21.70	82.33
	7.41	5.12	0.38	2.81	0.25	17.67	19.61	85.14
	13.90	1.01	0.14	1.04	0.21	14.86	16.05	86.17
	24.75	1.72	0.43	3.15	0.20	13.83	12.40	89.32
	902.00	0.16	1.44	10.68	0.16	10.68	1.35	100.00
	999.35	1.35	13.52	100.00				
					-0.71	0.00	23148.73=2	0.00
					-0.06	5.00	16929.20=2	5.00
					0.15	10.00	12116.20=2	10.00
					0.22	15.00	84587.88=1	15.00
					0.30	20.00	57365.57=1	20.00
					0.54	30.00	23628.56=1	30.00
					0.25=	40.00	78905.30	40.00
					-1.73	50.00	18260.35	50.00
					-6.17	60.00	1568.22	60.00
					-12.50	70.00	-360.18	70.00
					-15.63	75.00	-151.02	75.00
					-17.98	80.00	1.06	80.00
					-18.69	85.00	19.97	85.00
					-16.68	90.00	14.59	90.00
					-10.56	95.00	63.67	95.00
					1.35	100.00	1.22	100.00

$$Y = -0.7076 + 0.20184982X^1 + 1 + -0.01794868X^1 + 2 + 0.00075989X^1 + 3 + -0.00001361X^1 + 4 + 0.00000008X^1 + 5 +$$

$$Y = 231.5013=4 + -14.0348=214=4X^1 + 1 + 33.82683327=2X^1 + 2 + -40.53584739X^1 + 3 + 0.24160665X^1 + 4 + -0.00057320X^1 + 5$$

B-12

FORSØKS NUMMER 55.0

NALMTYPE	"A" (2 kg. gods)	MEDIUM	Vann	PH I	10,1
SAMLER	Z-200	ANDRE AGENSER	Na ₂ CO ₃ 9H ₂ O	PH II	11,8
TRYKKER	Ingen	MALING	35 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	Na ₂ CO ₃	CELLE	Denver	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

RINN- ILSA'S	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOOLD	PROSENT UTVINN	KUMULERT OPPOVER METALL	UTVINN	KUMULERT NEDOVER METALL	UTVINN
55.00	32.98	18.14	70.55	1.28	100.00	32.98	70.55	
77.50	5.48	4.25	16.52	0.39	29.45	16.90	87.07	
25.00	1.34	0.33	1.30	0.18	12.93	14.43	88.37	
82.00	0.47	0.39	1.50	0.16	11.63	9.65	89.87	
110.00	0.86	0.95	3.68	0.15	10.13	6.88	93.55	
1658.00	0.10	1.66	6.45	0.10	6.45	1.28	100.00	
2007.50	1.28	25.71	100.00					
				-0.36	0.00	36037.59±2	0.00	
				0.06	5.00	26769.02±2	5.00	
				0.15	10.00	19505.78±2	10.00	
				0.21	15.00	13905.94±2	15.00	
				0.35	20.00	96671.14±1	20.00	
				0.36	30.00	42548.64±1	30.00	
				-1.69	40.00	15803.00±1	40.00	
				-7.98	50.00	44927.53	50.00	
				-19.45	60.00	7672.90	60.00	
				-34.07	70.00	118.21	70.00	
				-40.74	75.00	-198.98	75.00	
				-45.29	80.00	-75.95	80.00	
				-45.93	85.00	11.89	85.00	
				-40.37	90.00	9.19	90.00	
				-25.77	95.00	11.91	95.00	
				1.28	100.00	1.11	100.00	

$$Y = -0.3641 + 0.15247770X^1 + 1 + -0.01799782X^1 + 2 + 0.00099005X^1 + 3 + -0.00002184X^1 + 4 + 0.00000014X^1 + 5 +$$

$$Y = 360.3967 + -20.79989546X^1 + 1 + 47.83515518X^1 + 2 + -54.80935502X^1 + 3 + 0.31295116X^1 + 4 + -0.00071250X^1 + 5$$

B-13

FORSØKS NUMMER 56.0

MALMTYPE	"A"	MEDIUM	Vann	PH I	10,3
SAMLER	Z-200	ANDRE AGENSER	Na ₂ S • 9H ₂ O	PH II	11,8
TRYKKER	Ingen	MALING	35 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	Na ₂ CO ₃ og CaO	GELLE	Danver	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

NN-SATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOLD	PROSENT UTVINN	KUMULERT METALL	OPPOVER UTVINN	KUMULERT METALL	NEDOVER UTVINN
	60.00	33.40	20.04	76.85	1.30	100.00	33.40	76.85
	62.00	4.15	2.57	9.87	0.31	23.15	18.54	86.72
	44.00	0.86	0.38	1.45	0.18	13.28	13.85	88.17
	71.00	0.45	0.32	1.23	0.17	11.83	9.84	89.39
	95.00	1.01	0.95	3.68	0.16	10.61	7.31	93.07
	1673.00	0.11	1.81	6.93	0.11	6.93	1.30	100.00
	2005.00	1.30	26.08	100.00				
					-0.50	0.00	31832.802	0.00
					0.04	5.00	23723.002	5.00
					0.15	10.00	17353.092	10.00
					0.21	15.00	12429.612	15.00
					0.30	20.00	8688.971	20.00
					-0.20	30.00	38834.391	30.00
					-4.08	40.00	14829.361	40.00
					-14.38	50.00	44665.40	50.00
					-32.12	60.00	8912.84	60.00
					-54.01	70.00	737.96	70.00
					-63.74	75.00	91.90	75.00
					-70.15	80.00	14.31	80.00
					-70.60	85.00	22.18	85.00
					-61.73	90.00	8.05	90.00
					-39.42	95.00	13.67	95.00
					1.30	100.00	1.22	100.00

$$Y = -0.5004 + 0.19648012X^1 + 1 + -0.02329059X^1 + 2 + 0.00129645X^1 + 3 + -0.00003000X^1 + 4 + 0.00000019X^1 + 5 +$$

$$Y = 318.346224 + -18.1811642624X^1 + 1 + 41.450074312X^1 + 2 + -47.15340161X^1 + 3 + 0.26765918X^1 + 4 + -0.00060649X^1 + 5$$

B-14

FORSØKS NUMMER 57.0

MALMTYPE	"B"	MEDIUM	Vann	PH I	10,3
SAHLER	Z-200	ANDRE AGENSER	Na ₂ S · 9H ₂ O	PH II	11,8
TØYKKER	Ingen	HALING	35 min	SKUMKARAKTER	Alm
PH REG	Na ₂ CO ₃ og CaO	CELLE	Denver	MERKNAD	Ingen
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

NN-SATS	VEKT GRAM	ANALYSE PROSENT	METALL INNHOLD	PROSENT UTVINN	KUMULERT METALL	OPPOVER UTVINN	KUMULERT NEDOVER METALL	NEDOVER UTVINN
	149.00	9.02	13.44	82.97	0.81	100.00	9.02	82.97
	56.00	2.32	1.28	7.88	0.15	17.03	7.21	90.85
	25.00	0.60	0.15	0.93	0.08	9.15	6.49	91.77
	41.00	0.21	0.09	0.53	0.08	8.23	5.54	92.30
	39.00	0.33	0.13	0.79	0.07	7.70	4.88	93.10
	1694.00	0.07	1.12	6.90	0.07	6.90	0.81	100.00
	2003.00	0.81	16.20	100.00				
					-1.15	0.00	37680.72a4	0.00
					0.02	5.00	28442.53a4	5.00
					0.09	10.00	21109.39a4	10.00
					0.21	15.00	15371.92a4	15.00
					-0.37	20.00	10954.55a4	20.00
					-12.74	30.00	51440.73a3	30.00
					-60.50	40.00	21076.86a3	40.00
					-164.24	50.00	70878.32a2	50.00
					-325.45	60.00	17417.05a2	60.00
					-510.31	70.00	23811.20a1	70.00
					-587.41	75.00	55891.50	75.00
					-633.53	80.00	5790.50	80.00
					-627.30	85.00	-552.50	85.00
					-542.11	90.00	-11.00	90.00
					-345.61	95.00	95.00	95.00
					0.81	100.00	-20.00	100.00

Y = -1.1281 + 0.52225936X' + 1 + -0.08575935X' + 2 + 0.00634321X' + 3 + -0.00019031X' + 4 + 0.00000135X' + 5 +
Y = 376.8278a6 + -20.61409513a6X' + 1 + 45.06004706a4X' + 2 + -49.21679321a2X' + 3 + 26.85094869X' + 4 + -0.05854386X' + 5

B-15

FORSØKS NUMMER 60.0

STOFF	"A"	MEDIUM	Vann	PH	10,1
ANMERK	Z-200	ANDRE AGENSEN	Ingen	PH	11,8
KYKKER	Ingen	MALING	35 min	SKUNKARAKTER	Alm
REAG	Na ₂ CO ₃ og CaO	CELLE	Denver	BEREKNAD	Rensing
SLUTB-R	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

VEKT	ANALYSE	METALL	PROSENT	KUMULERT	OPPOVER	KUMULERT	NELOVER
GRAM	PROSENT	INNHOLD	UTVINN	METALL	UTVINN	METALL	UTVINN
29.86	44.20	12.40	45.14	1.37	100.00	44.20	45.14
23.77	36.20	8.60	31.32	0.76	54.86	40.53	76.46
19.90	2.47	2.74	9.98	0.33	23.54	14.59	86.44
26.00	1.37	0.77	2.79	0.20	13.56	11.20	89.23
5.18	7.26	0.38	1.37	0.17	10.77	11.11	90.60
10.00	3.29	0.33	1.20	0.14	9.40	10.73	91.80
75.00	0.39	0.30	1.08	0.13	8.20	8.23	92.58
1702.00	0.11	1.96	7.12	0.11	7.12	1.37	100.00
2112.01	1.37	27.47	100.00				
				0.62	0.00	-31433	49.2
				0.12	5.00	-17239	85.2
				0.15	10.00	-1552	21.1
				0.22	15.00	-44617	04.1
				0.27	20.00	-19193	22.1
				0.47	30.00	-14463	10
				0.29	40.00	3099	2
				-0.13	50.00	-2280	99
				3.94	60.00	-2327	51
				22.23	70.00	-409	73
				39.02	75.00	-4	41
				59.65	80.00	62	78
				79.56	85.00	22	16
				89.27	90.00	10	74
				72.10	95.00	-1	00
				1.37	100.00	-0	13

FORSØKS NUMMER 61.0

EMALTEMER	"B"	MEDIUM	Vann	PH I	10.1
SAPIER	Z-200	ANDRE AGENSER	$\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	PH II	11,9
TRYKKER	Ingen	HALING	35 min	SKJEMKARAKTER	Alm
PH REG	Na_2CO_3 og CaO	CELLE	Danver	MERKNAD	Rensing
SKUMMER	Pine Oil	AVSLAMNING	Ingen		

TRINN-	VEKT	ANALYSE	METALL	PROSENT	KUMULERT OPPOVER	KUMULERT NEDOVER
TILSATS	GRAM	PROSENT	INNHOOLD	UTVINN	METALL	UTVINN
	22.28	28.70	6.39	41.03	0.77	100.00
	20.41	24.50	5.00	32.09	0.46	58.97
	10.50	16.10	1.69	10.85	0.21	26.88
	20.2.00	7.28	0.57	3.63	0.13	18.03
	12.8.00	4.55	0.70	4.52	0.11	12.40
	1438.00	3.07	1.23	7.88	0.07	7.38
SUM	2121.19	0.77	15.58	100.00		

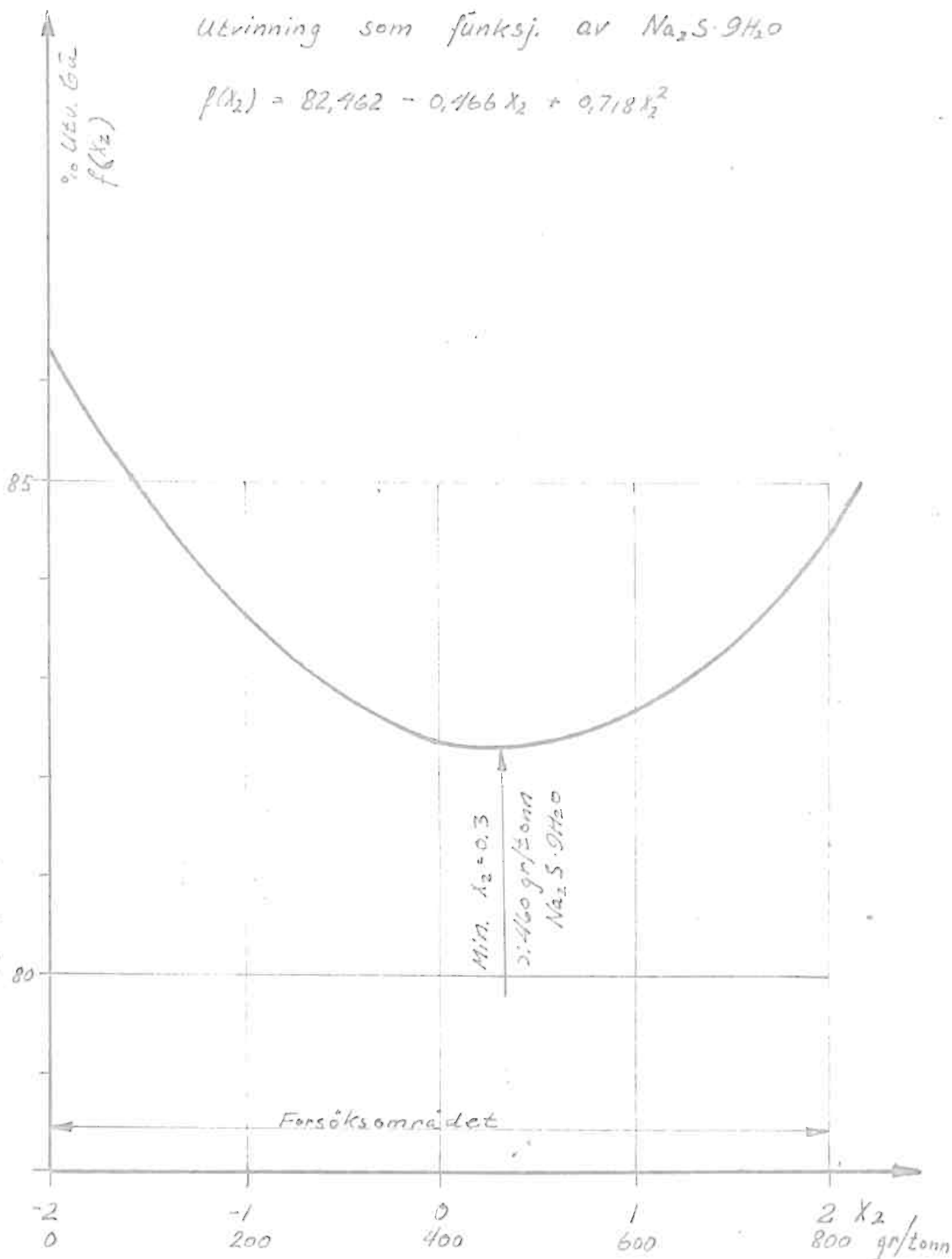
-0.11	0.00	12968.90	0.00
0.03	5.00	12444.56	5.00
0.09	10.00	83243.14	10.00
0.12	15.00	23304.54	15.00
0.15	20.00	32226.30	20.00
0.25	30.00	8802.19	30.00
0.41	40.00	401.70	40.00
0.51	50.00	-1162.79	50.00
0.44	60.00	-600.83	60.00
0.16	70.00	-44.52	70.00
-0.02	75.00	48.15	75.00
-0.19	80.00	49.99	80.00
-0.29	85.00	17.97	85.00
-0.24	90.00	1.17	90.00
0.07	95.00	12.73	95.00
0.77	100.00	0.75	100.00

$y = -0.1106 + 0.04145608x^1 + 1 + -0.00304089x^1 + 2 + 0.00010955x^1 + 3 + -0.00000159x^1 + 4 + 0.00000001x^1 + 5 +$
 $y = 179.7016 + -12.66298886 \cdot 3x^1 + 1 + 34.44193792 \cdot 1x^1 + 2 + -4.55818579x^1 + 3 + 0.02951724x^1 + 4 + -0.00007511x^1 +$

B
17

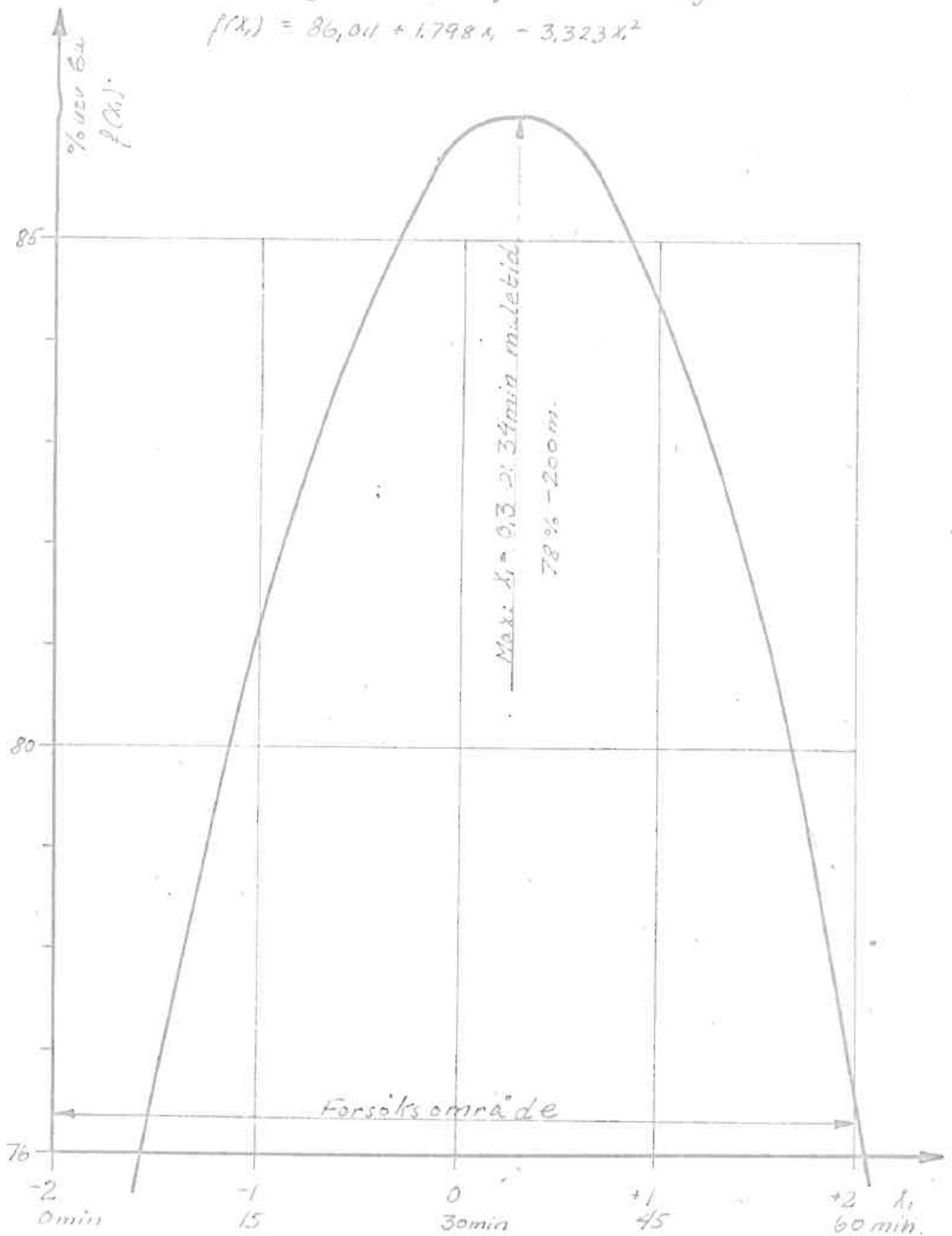
Utvinning som funksj. av $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$

$$f(x_2) = 82,462 - 0,166 x_2 + 0,718 x_2^2$$



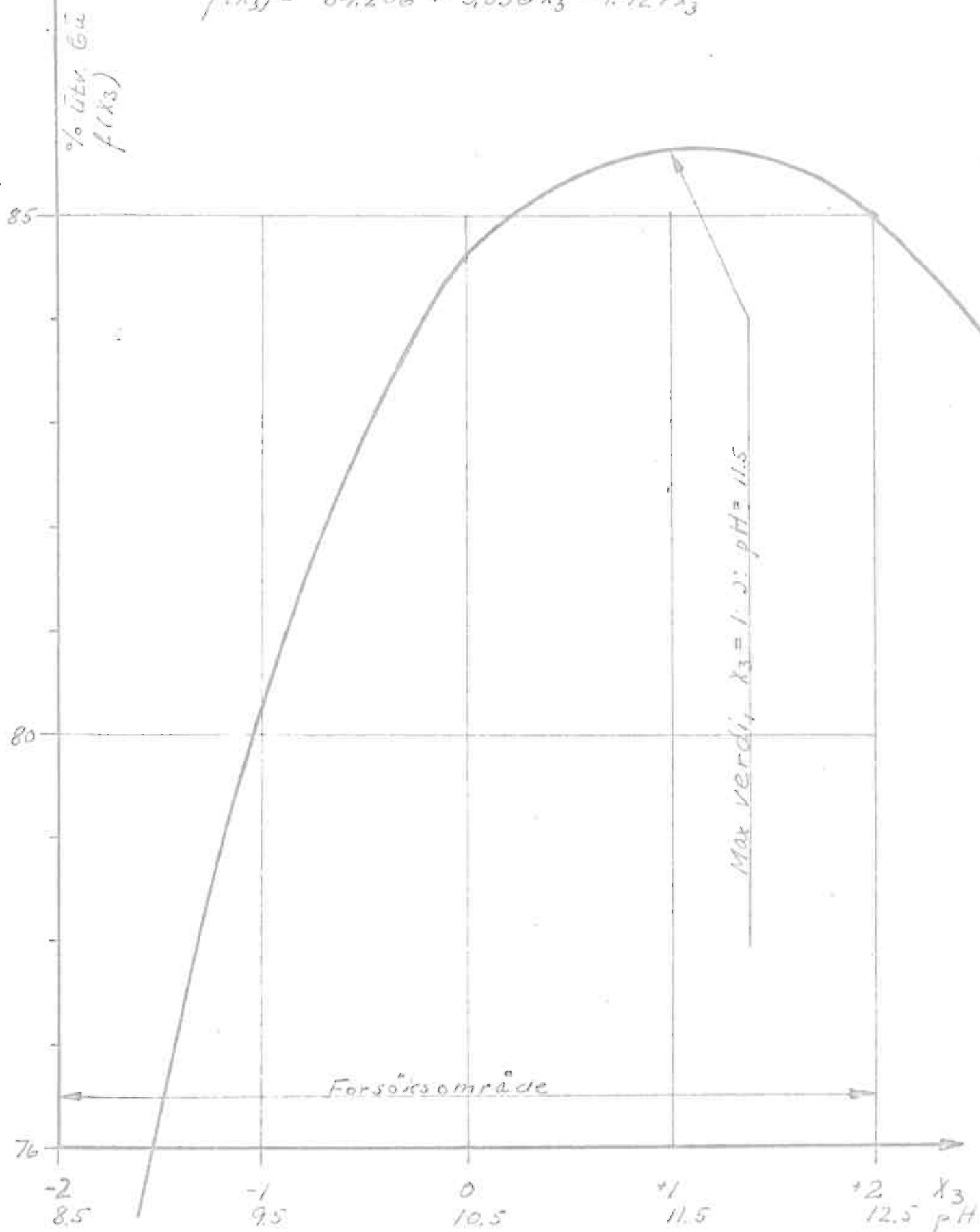
Utvinning som funksj. av nedmaling.

$$f(x_1) = 86,011 + 1,798x_1 - 3,323x_1^2$$



Utvinning som funksj. av pH.

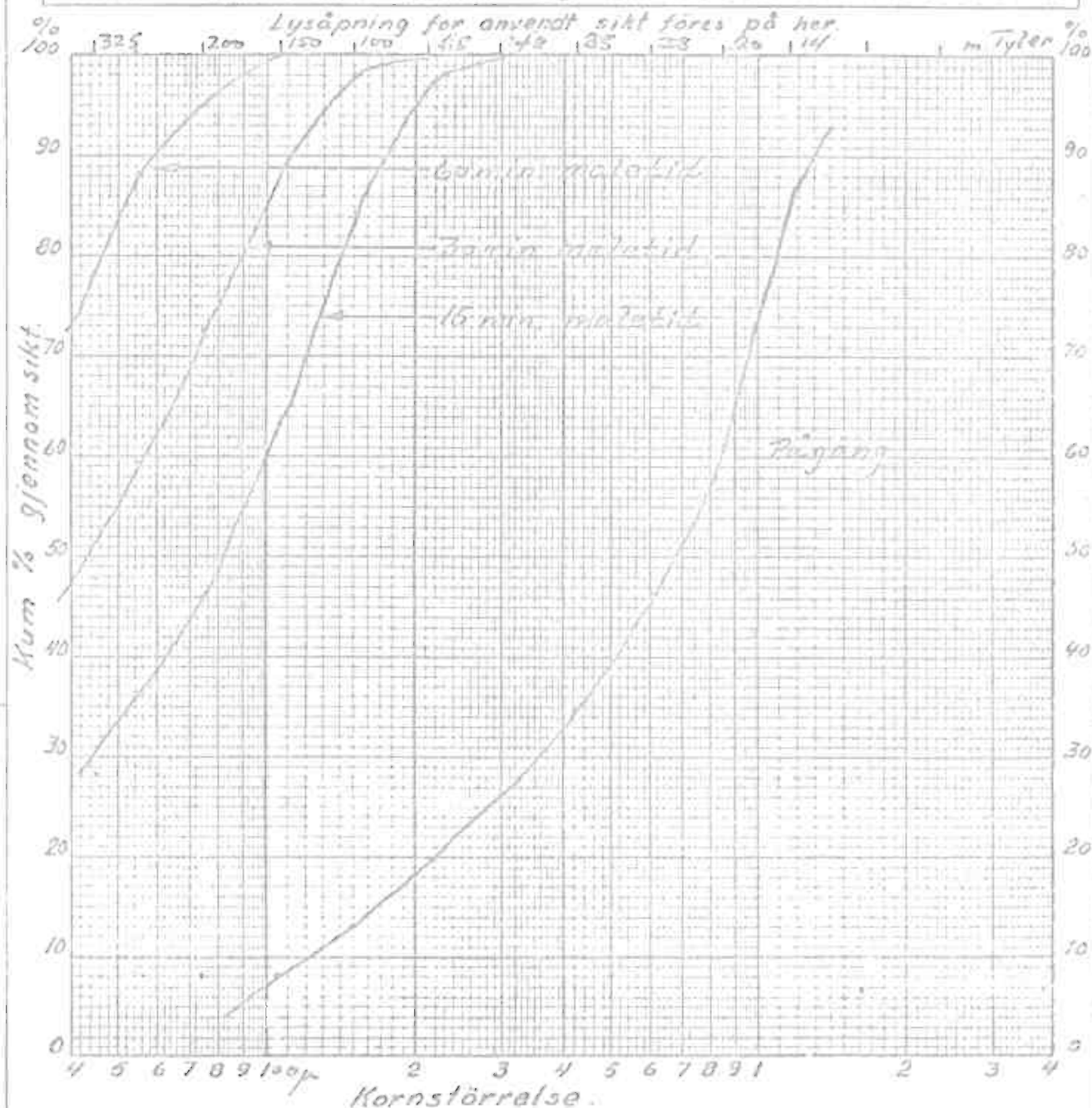
$$f(x_3) = 84.206 + 3.056x_3 - 1.427x_3^2$$



B-26

Siktepröva av: Maleförsök med Repparfjordmalm för
bestemmelse av kraftförbruk

Utfört - 19..... Signatur:

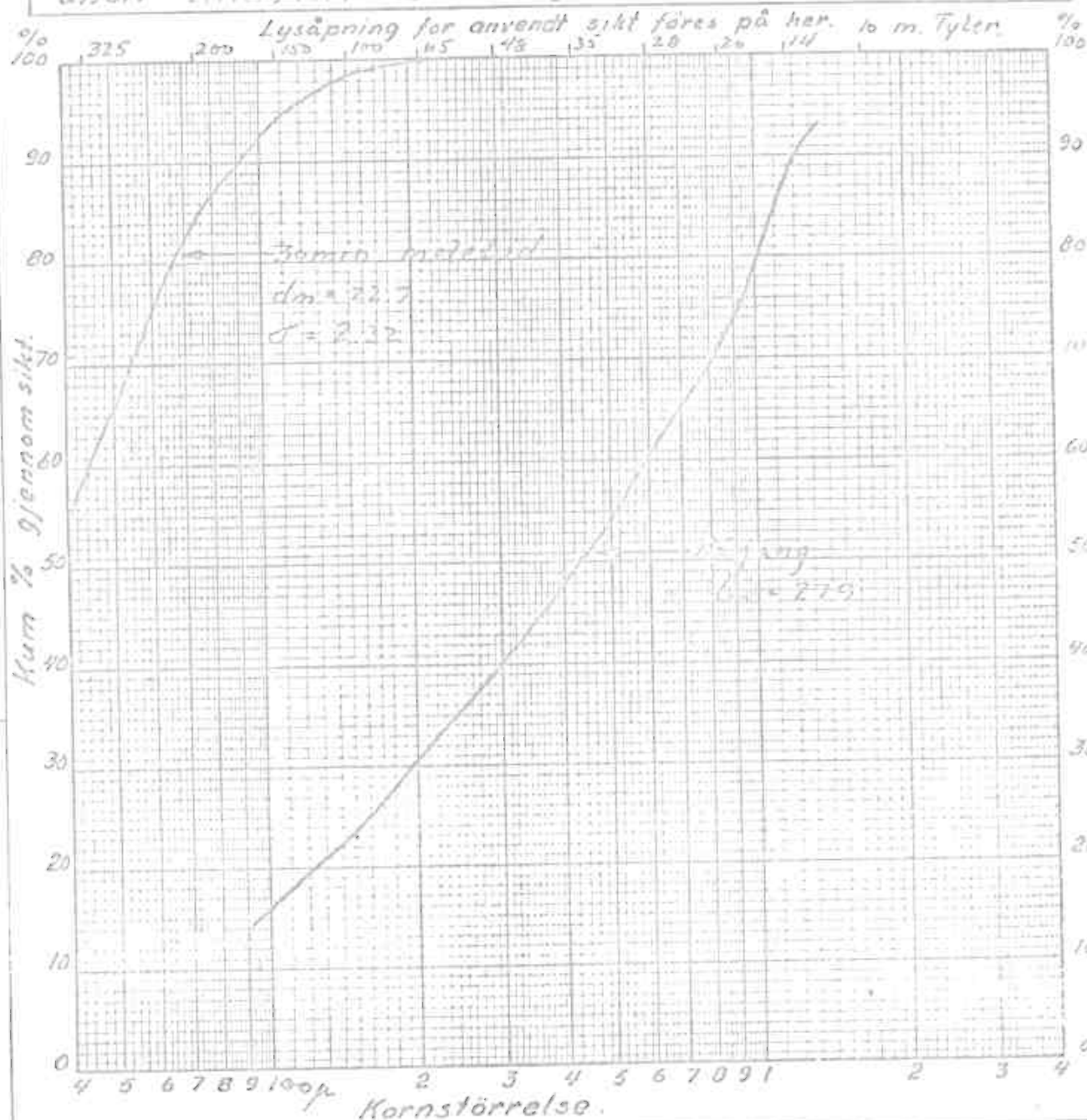


Fraksjon		Pågång		15 min. maltetid		30 min. maltetid		60 min. maltetid	
÷	÷	vekt	%	vekt	%	vekt	%	vekt	%
	14	13.08	13.1	86.82					
14	20	26.46	25.7	61.17					
20	28	15.55	15.1	46.02					
28	35	11.42	11.1	34.91		100			
35	48	8.61	8.4	26.51	0.63	0.62	99.5		
48	65	6.93	6.75	19.76	2.13	2.1	97.4	0.65	0.6
65	100	6.82	6.64	13.12	12.91	12.8	84.6	1.88	1.8
100	150	4.62	4.50	8.62	21.52	21.2	63.4	9.35	9.3
150	200	8.85	8.62		17.64	17.4	46.5	16.36	16.3
200	270				9.61	9.5	36.5	12.74	12.7
270	325				8.10	8.1	28.5	11.95	11.9
325					28.82	28.5		47.95	47.8
Differans:									
Total:									

B-27

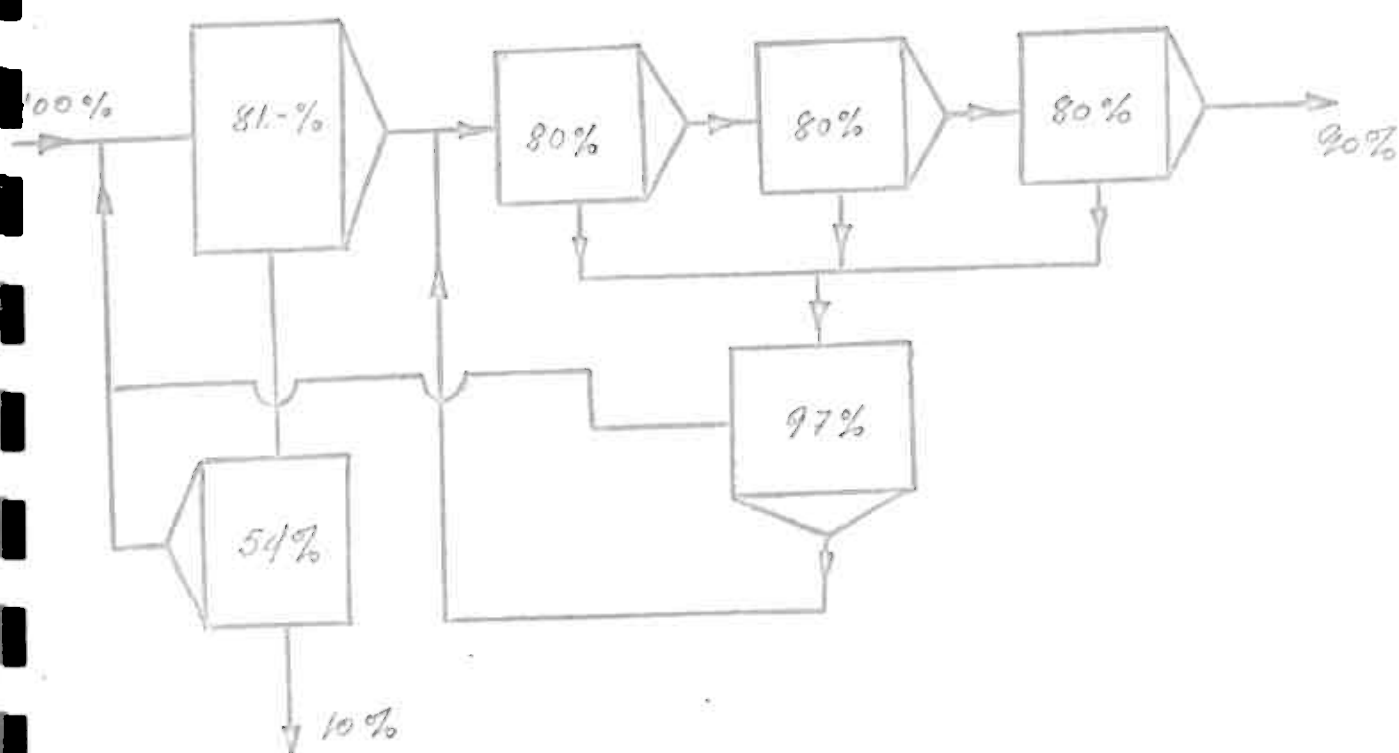
Sikteprøve av: Sammenlignende. malefarsøk med melm
fra Rødsand.

Utført / - 1965. Signatur:

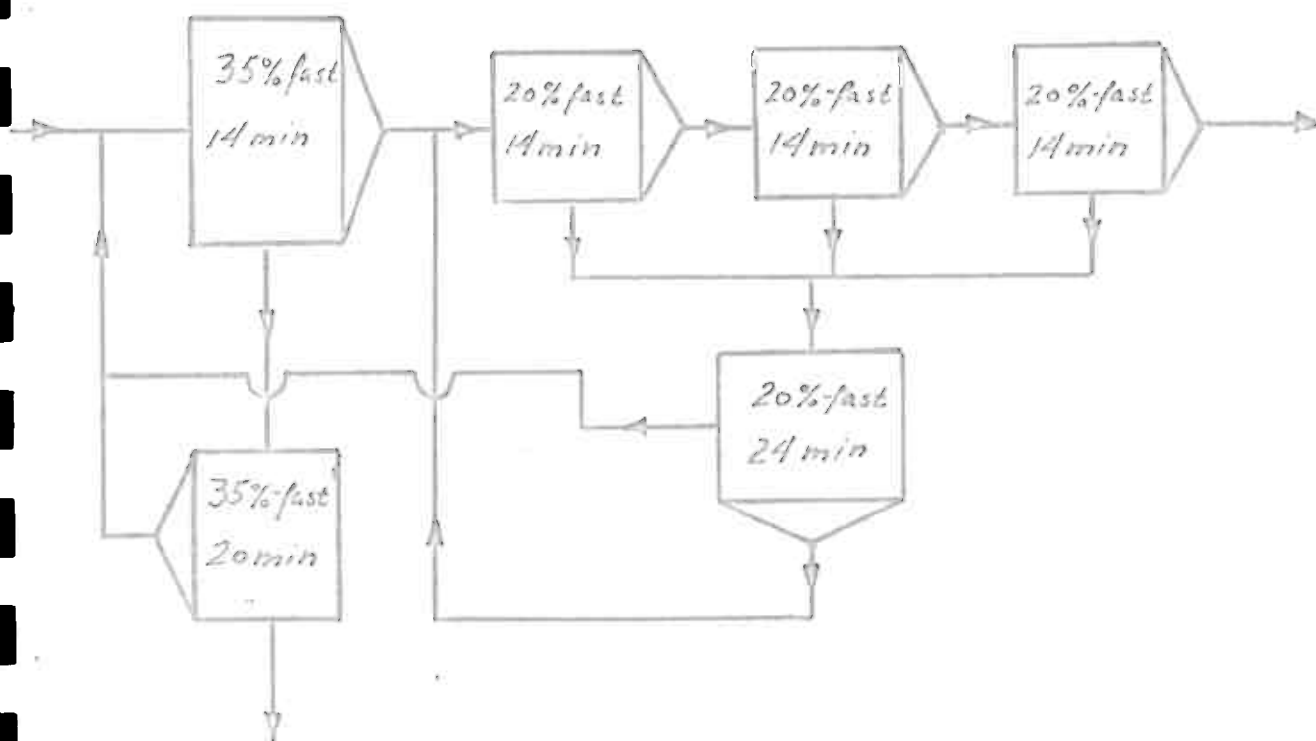


Fraksjon		Pågang		30 min maletid					
-	+	Velk	%	15%	Velk	%	15%		
	14	10.92	10.9	88.1					
	14/20	16.41	16.4	72.7					
	20	11.89	11.8	60.9					
	28	10.80	10.8	50.1					
	35	9.73	9.7	40.4					
	48	8.60	8.6	31.8	0.28	0.27	99.67		
	65	8.78	8.8	23	1.12	1.09	98.58		
	100	6.14	6.1	16.9	4.35	4.24	94.34		
	150	16.87	16.9		10.60	10.32	84.02		
	200				11.52	11.22	72.80		
	270				13.76	13.40	59.40		
	325				60.93	59.40			
Differans:									
Total:									

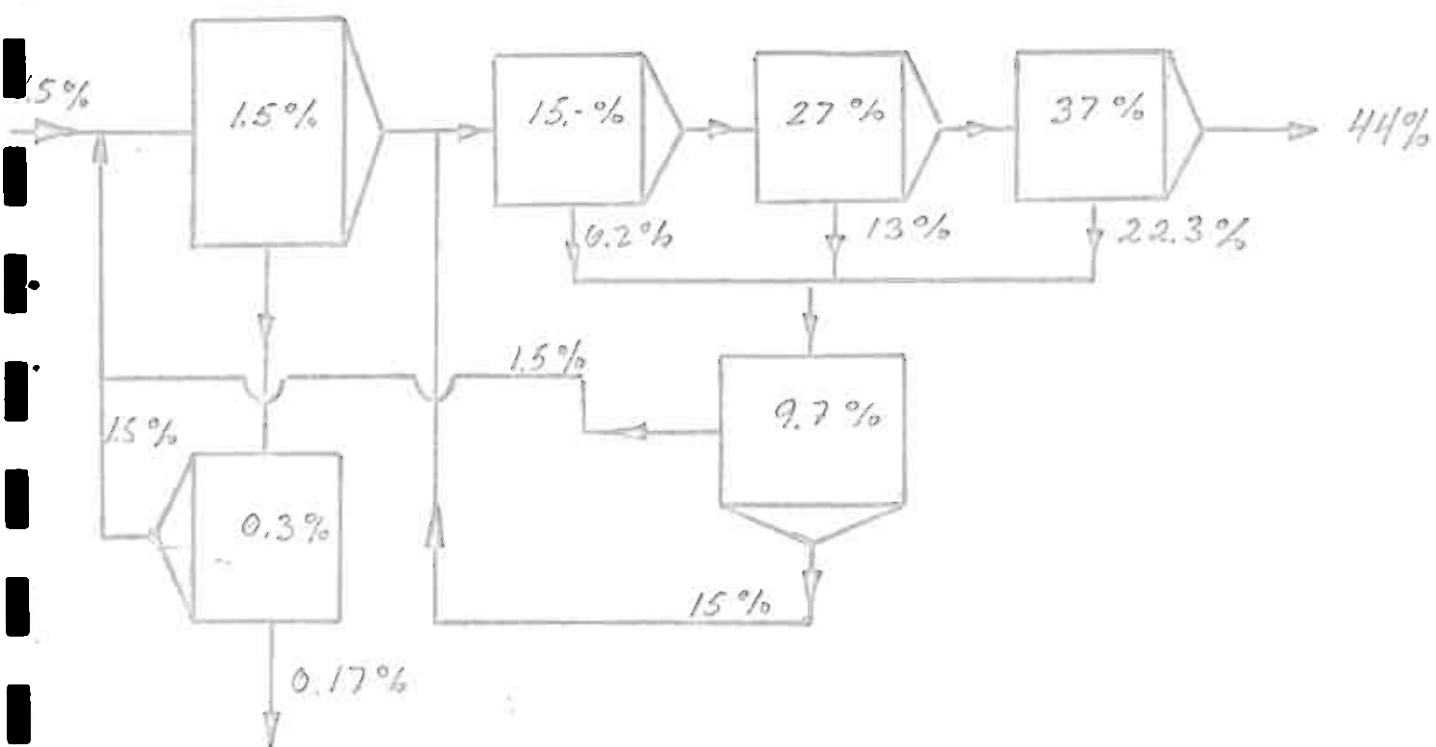
Utvinning av Cu i de enkelte flot. seller.

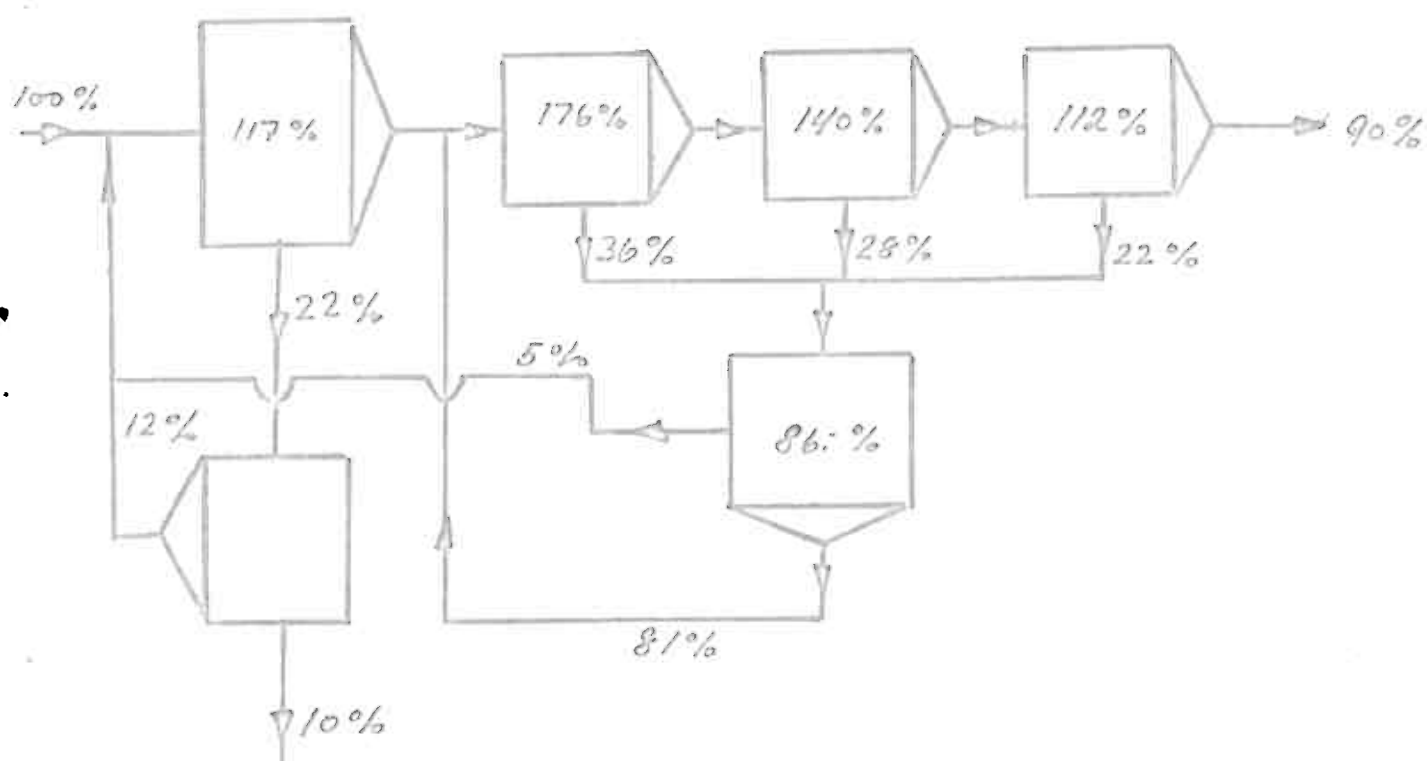


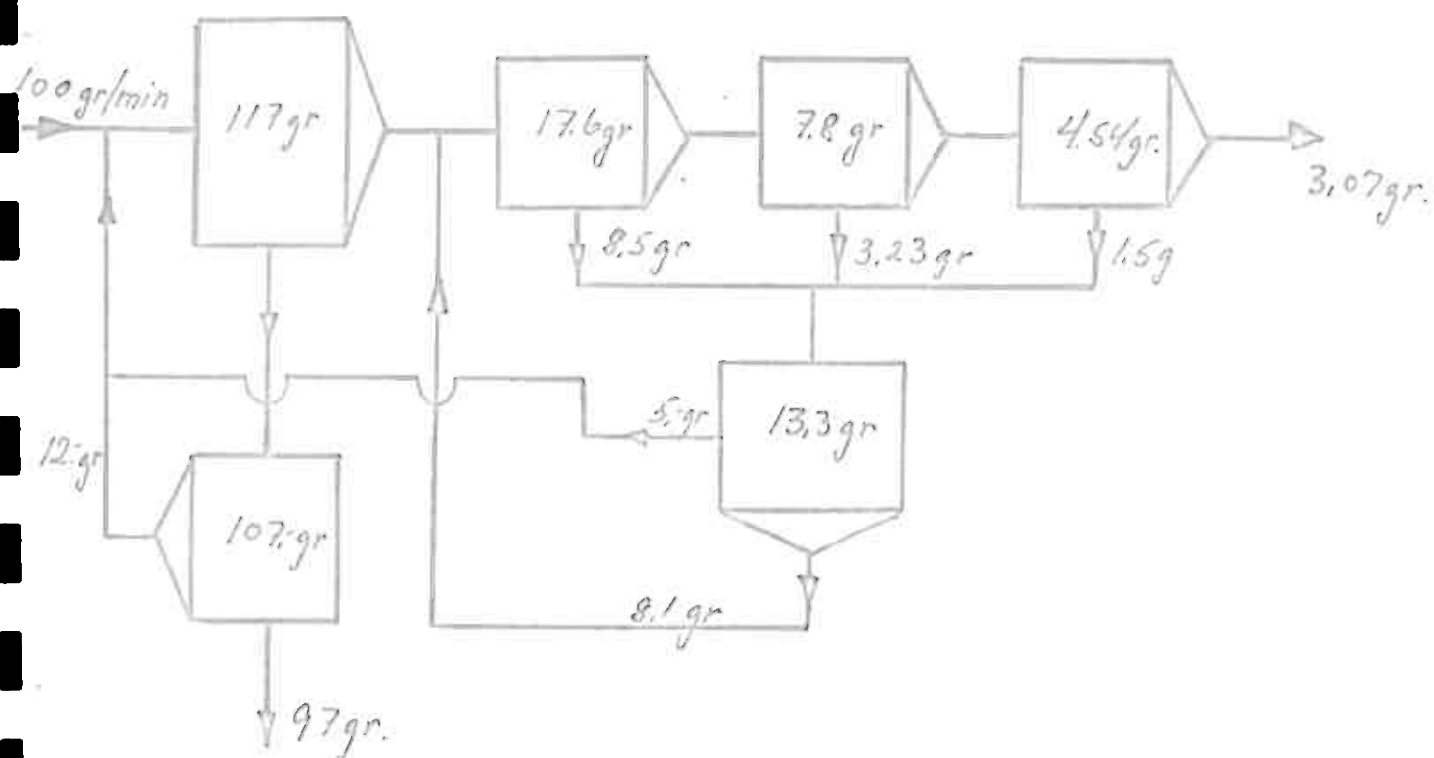
%-fast og flotasjonstider i de enkelte flot.seller.



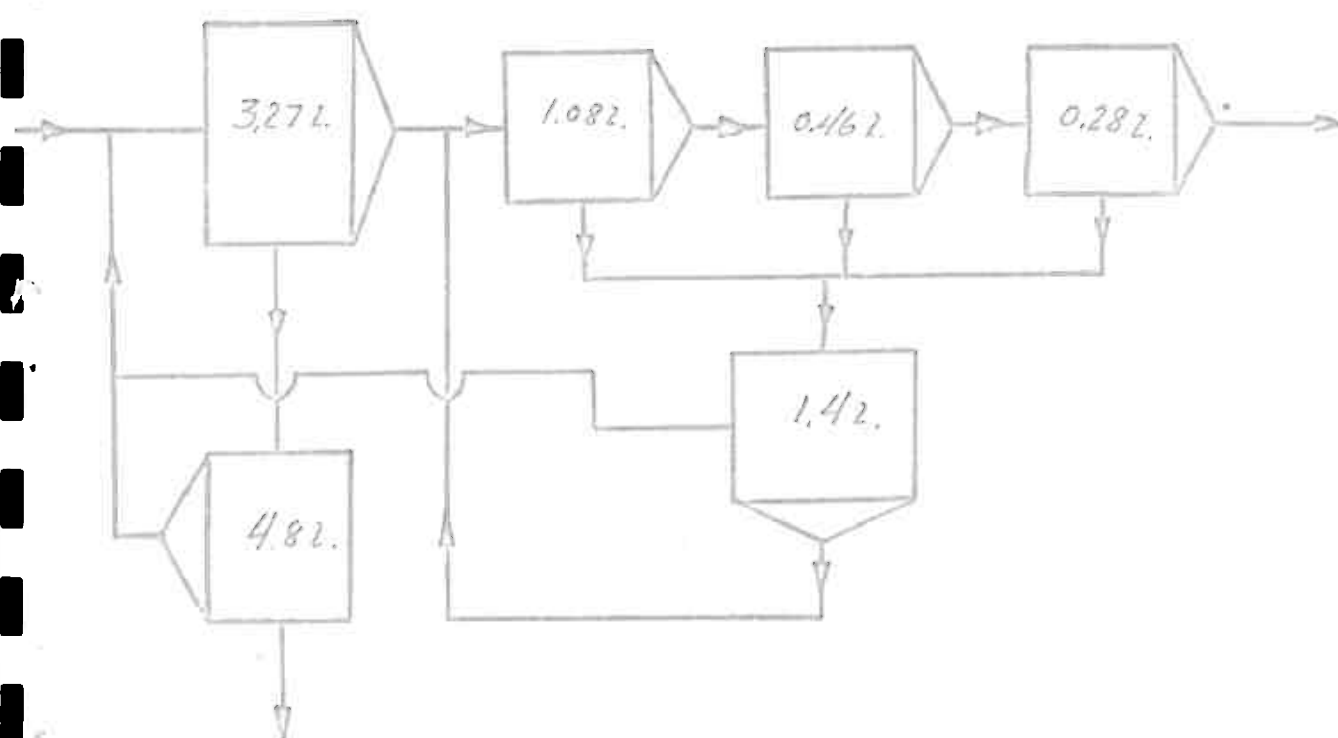
Anslått oppkonsentrering av Cu i systemet.



Fordeling av Cu i systemet.

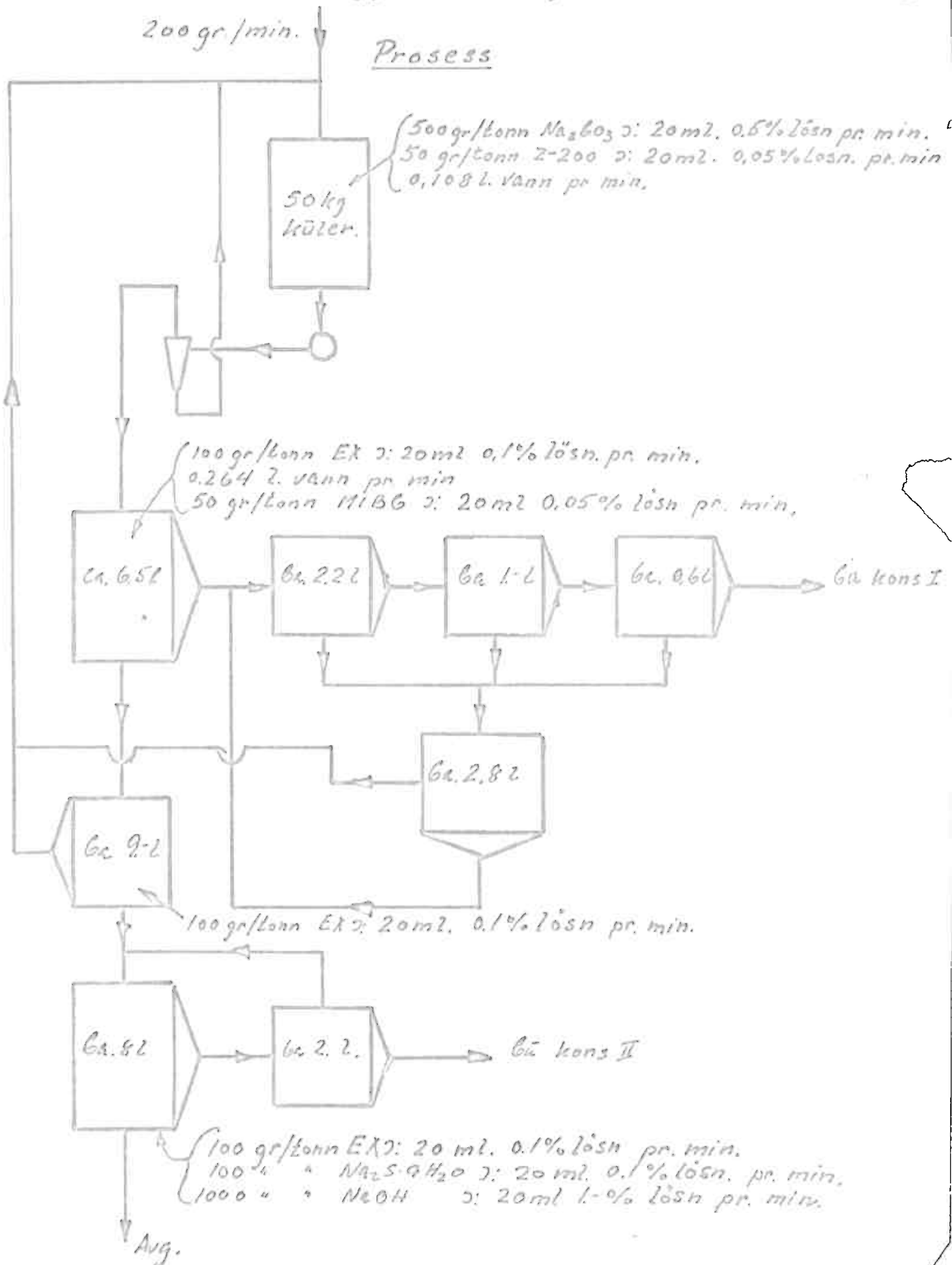
Fordeling av vekt i systemet.

Sellekvolum i liter. Påsetning 100 gr./min.



200 gr/min.

Prosess



Trondheim, 24. mai 1965.

Jørn Røg.