



Bergvesenet

Postboks 3021, N-7441 Trondheim

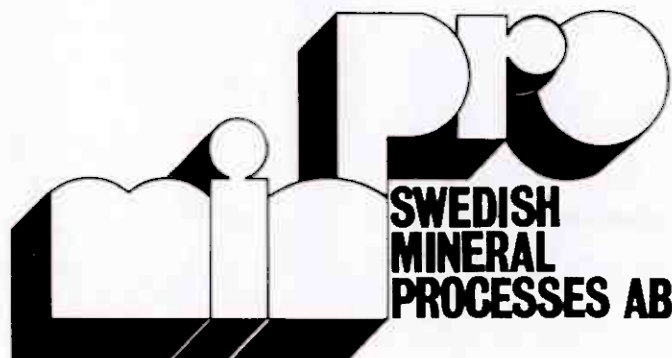
Rapportarkivet

Bergvesenet rapport nr 4711	Intern Journal nr	Internt arkiv nr	Rapport lokalisering	Gradering Fortrolig
Kommer fra ..arkiv	Ekstern rapport nr Minpro 4621/1990-10-11	Oversendt fra Arne Ekman 17.12.1997	Fortrolig pga Muting	Fortrolig fra dato:
Tittel Anrikningsteknisk undersökning av magnetittmalm från Andørja				
Forfatter Ohlson, Perlof Zedig, Christer Hagstrøm, Arne		Dato År 11.10 1990	Bedrift (Oppdragsgiver og/eller oppdragstaker) Swedish Mineral Processes AB Ibestad kommune	
Kommune Ibestad	Fylke Troms	Bergdistrikt	1: 50 000 kartblad 13321	1: 250 000 kartblad Narvik
Fagområde Oppredning	Dokument type		Forekomster (forekomst, gruvefelt, undersøkelsesfelt) Andørja Ibestad	
Råstoffgruppe Malm/metall	Råstofftype Fe magnetitt			
Sammendrag, innholdsfortegnelse eller innholdsbeskrivelse				

Mottatt fa Arne Ekman 17. 12. 1997

BU

BU 4711



TEKNISK RAPPORT

4621/1990-10-11

Ibestad Kommun, Arne Ekman 1 ex
Johannes Søyland, 3 ex

ANRIKNINGSTEKNISK UNDERSÖKNING AV MAGNETITMALM
FRÅN ANDØRJA. Delrapport.

Mail address

Box 333
S-717 03 STORÅ
(Sweden)

Telephone

National 0581-431 10
International 46-581-431 10

Telex

73344
Minpro S

MP PO CZ, bj

SAMMANFATTNING

I föreliggande lägesrapport redovisas valda delar av det försöksarbete som hittills utförts inom ramen för en anrikningsstudie med ett storprov från den apatitförande magnetitförekomsten vid Andörja.

Syftet med studien vilken startades omkring 1 augusti 1990 är att utreda möjligheten att av del av magnetiten tillverka ett högvärdigt koncentrat med extremt låg bergartshalt, $<0,15 - 0,25 \% \text{SiO}_2$, bl a för toner-pigment-ändamål. Av återstående magnetit önskar man tillverka slig av sådan kvalitet att den kan avsättas på marknaden för "heavy media concentrates".

Av stort intresse är också en utvinning och biproduktion av apatitslig för vilken haltkravet bl a är $\geq 16,8 \% \text{P}$, $<1 \% \text{Fe}$.

Som utgångsmaterial används ett 50-tons prov vars halter uppgår till $32 \% \text{Fe}_{\text{tot}}$, $1,3 \% \text{P}$ och $0,46 \% \text{S}$.

För nedmalning av malmen till separationsfinlek har med framgång tillämpats autogen malning enligt följande schema.

- Ingående gods = 50% grovstyckig malm $\leq 250 \text{ mm}$ och 50% malm krossad till $< 20 \text{ mm}$.
- Kvarnen kopplad i sluten krets med hydrocyklon och finsikt.
- Magnetseparering i kvarnkretsen, en magnetrulle inkopplad för gråbergsavskiljning före hydrocyklonen.

Storleksordningen 18 kWh/t netto förbrukades vid malning-
en av malmen.

Efter magnetseparering av malprodukten på sammanlagt fem magnetrullar i serie erhöles ett magnetitförkoncentrat med finleken $90 \% \text{ minus } 90 \mu\text{m}$ och $60 \% \text{ minus } 45 \mu\text{m}$. Halterna uppgick till $63,6 \% \text{Fe}$, $0,20 \% \text{P}$, $0,29 \% \text{S}$ och $7,9 \% \text{SiO}_2$ och viktandelen var $32,2 \%$.

Den omagnetiska produkten ($67,8 \text{ vikt } \%$) innehöll 95% av apatiten. Dess halter uppgick till $1,8 \% \text{P}$ och $17,4 \% \text{Fe}$ ("ingående till apatitanrikning").

Efterbehandling av magnetitförkoncentratet på skakbord, efter att järnsulfiderna floterats bort med K-amylxantat, resulterade i följande produktfördelning.

MP PO CZ, bj

10,6 % Skb-konc med halterna 70,3 % Fe, 1,1 % SiO_2 , 0,07 % P och 0,03 % S.

20,0 % Skb-rest med halterna 59,9 % Fe, 11,7 % SiO_2 , 0,29 % P och 0,09 % S.

Ovan relaterade laboratoriearbeten omfattande autogen malning, magnetseparering och skakbordsanrikning har körts som kontinuerliga försök i pilotanläggning med en rågodskapacitet av 0,6 t/h.

Höganrikningen av magnetiten jämte utvinningen av apatiten har studerats i bänkskala med satsförsök på cirka 1-kg prover av resp material.

Med skakbordskoncentratet, 70,3 % Fe och 1,1 % SiO_2 , som utgångsmaterial har provats s k omvänd flotation med aminreagens jämte magnetseparering för rening av magnetiten med avseende på SiO_2 -förande mineral. Trots omsorgsfull skakbordsseparering innehåller det uttagna, rika delkoncentratet en hel del komplexa blandpartiklar där ytterst små mängder magnetit föreligger som impregnationskorn i bergarten. Vidare förekommer ett rosafärgat, glasklart mineral till större delen i form av renkrossade partiklar. Halvkorn magnetit/bergart uppträder endast sporadiskt och har avskilts i skakbordsresten. Impregnationskornen kan ej frimålas och måste därför avskiljas medelst flotation. De rosafärgade mineralkornen har ej svarat på aminflotationen men har dessbättre kunnat avlägsnas med magnetseparering.

Uppmuntrande resultat har noterats då skakbordskoncentratet efter malning till 75 % < 45 μm först floterats med aminreagens och därefter magnetseparerats. Slutkoncentratets SiO_2 -halt hade reducerats till 0,17 %. Finleken låg nära specifikationen för s k superslig. Man måste göra en kraftfull insats i aminflotationen för att kunna prestera detta resultat. Magnetitförlusten i skumprodukten blir därför jämförelsevis stor, cirka 40 % beräknat på ingåendet till flotationen. Supersligproduktionen torde därför blir maximalt 5 % beräknat på ingående råmalm. Möjligheten att tillverka superslig av angiven kvalitet och mängd kommer att undersökas i en nära förestående provning i pilot plant skala.

Beträffande apatiten har bänkförsök visat att det bör vara möjligt att utvinna 75 - 80 % av innehållet i form av ett koncentrat med halterna: 16,8 - 17,0 % P, 0,5 % Fe, 0,14 % MgO , 0,27 % Cl, 0,85 % F, 0,5 % Sr, <0,001 % Cd och 0,002 % As. Prov om 500 gram av ett koncentrat av denna kvalitet över-sändes den 7 sept till Norsk Hydro för preliminär utvärdering.



MP PO CZ, bj

Apatiten låter sig inte lätt anrikas till denna höga renhet. Flotation med högselektivt samlarreagens efterföljd av starkmagnetisk rening har sålunda erfordrats för att nå fram till den angivna produktkvaliteten.

Det fortsatta laboratoriearbetet inriktas nu på att prova apatitprocessen i pilot plant skala och samtidigt framställa cirka 500 kg koncentrat varav Norsk Hydro skall ha 200 kg för fortsatta försök. I anslutning härtill körs också den övriga processen för vidare provning av magnetitanrikningen.

MP P0 CZ, gb

På uppdrag av Ibestad Bergverk A/S pågår en anrikningsteknisk undersökning av apatitförande magnetitmalm från Andørja. Syftet med undersökningen är att fastställa process dels för utvinning av magnetiten i form av olika kvaliteter såsom superslig, heavy media koncentrat och högre pigment och dels för biproduktion av apatitkoncentrat.

De specifikationer som därvid gäller är

Superslig 72 % Fe, $\leq 0,25$ % SiO_2 , $\leq 0,010$ % S, $\leq 0,010$ % P och finlek max 60 % ≤ 325 mesh.

Pigment 72 % Fe, 0,15-0,25 % SiO_2 och finlek ~ 50 % ≤ 2 μm .

Heavy media ~ 70 % Fe. Finleken anpassas till avnämarens krav.

Apatitslig $\geq 16,8$ % P, ≤ 1 % Fe samt låg kadmiumhalt. gärna $\leq 0,001$ %.

Eftersom haltkraven på samtliga produkter exklusive heavy media-sligen är utomordentligt stränga får man räkna med att mobilisera absolut bästa teknik i såväl malnings- som separationsprocessen. Hittills utfört arbete har sålunda ägnats detaljstudier av de olika behandlingssteg vilka kan förväntas ingå i ett kommersiellt schema.

Föreliggande rapport redovisar de försöksarbeten vilka bedrivits från undersökningens start för cirka två månader sedan. Den innehåller utfallet av en studie i pilot plant för kartläggning av malmens malningsegenskaper, preliminära försök i pilot plant för utveckling av schema för magnetitanrikning, bänkförsök med magnetiten för studier av högreningsproblematiken, samt bänkförsök för utprovning av processgång för anrikning av apatiten.

Utgångsmaterial

För undersökningen mottogs söndagen den 1 juli 1990 cirka 50 ton provgods. Det mottogs krossat till minus 250-300 mm.

Följande haltdata gäller för bulkprovet.

32 % Fe_{tot} , 1,3 % P och 0,46 % S.

MP PO CZ, gb

Malmens malningsegenskaper

Möjligheten att tillämpa autogen teknik för malning av råmalmen diskuterades den 7 juni innevarande år då vi besöktes av Harald Ese från Bergvesenet och Arne Ekman från Ibestad Kommun för genomgång av MINPROs tillbud "Anrikningsundersökning av 60 ton magnetitförande gods" (brev daterat 20 mars 1990). Vid mötet enades man om att utöver de rent ekonomiska fördelarna med autogen malning borde den gynna anrikningen och rensepareringen av magnetiten genom att frimalningen (renkrossningen) av de individuella mineralen blir bättre än vid konventionell malning med stänger och klor.

Provnigen av den autogena malningen bedrevs i en kvarn med inre måtten $\varnothing$ 1410 x 1200 mm. I det första försöket maldes malmen i det skick den mottagits d v s krossad till minus 250 mm. Malningen resulterade i hög energiförbrukning upp emot 40 kWh/t, ackumulering av kritiska stenar och övermalning av malmen.

För att förbättra malningskapaciteten krossades 50 % av ingående gods till minus 20 mm. Kvarnen matades sålunda med 1 del krossgods och 1 del ursprunglig malm. Denna åtgärd resulterade i effektivare malning och minskad energiförbrukning, 18,0 kWh/t netto.

Magnetseparering av malprodukten på sex trummor i serie gav 35,1 viktprocent magnetisk produkt med halterna 59,2 % Fe, 13,0 % SiO_2 , 0,28 % P och 0,29 % S. Som omagnetisk produkt avskildes totalt 64,9 viktprocent med halten 17,8 % Fe. Utbytet av totaljärn i den magnetiska produkten uppgick till 64,2 % (bilaga 1, försök 2). Den magnetiska produktens finlek var 90 % $<150 \mu\text{m}$ och 40 % $<45 \mu\text{m}$.

I nästföljande försök inkopplades en magnettrumma i kvarnkretsen. Den placerades mellan kvarnen och den hydrocyklon som kördes i slutet krets med densamma. Syftet med malkretssepareringen var dels att avlasta kvarnen och reducera energiförbrukningen och dels avlägsna icke magnetitförande material så tidigt som möjligt och därmed undvika produktion av besvärliga halvkorn vilka i senare processled kunde försvåra tillverkningen av högre koncentrat.

Utfallet var mycket uppmuntrande. Magnetseparatorn i malkretsen avlägsnade ~45 viktprocent gods med halten 17,3 % Fe. Den cirkulerande kvarnbelastningen uppgick till ~200 %. Energiförbrukningen låg på praktiskt taget samma nivå som i föregående försök.

MP PO CZ, gb

Magnetseparering av malprodukten på fem trummor i serie resulterade i en magnetisk produkt med halterna 63,6 % Fe, 7,9 % SiO_2 , 0,20 % P och 0,29 % S. Finleken var ~ 95 % $< 105 \mu\text{m}$ och 60 % $< 45 \mu\text{m}$ d v s en högst påtaglig finleksförbättring i jämförelse med föregående försök utan malkretsseparering. Flytschema och fullständiga försöksresultat redovisas i bilaga 2.

Uppanrikning av magnetiten

Vid de anrikningsförsök som redan i början av 60-talet genomfördes med Andørja-magnetiten konstaterade man att gravimetrisk separering för uttag av den renaste magnetiten var nödvändig om man strävade efter att tillverka slig av superkvalitet. I det processschema som för närvarande utvärderas ingår därför ett skakbord vilket behandlar det förkoncentrat (63-64 % Fe) som erhållits efter magnetseparering av den autogenmalda malmen.

Principschema för det försöksarbete som nu pågått visas i bilaga 2. Tanken med schemat var att magnetiten för toner respektive pigmenttillverkning skulle kunna tillverkas av den finkorniga magnetiten uttagen som överloppsprodukt vid cyklonering av primärkoncentratet och att sedan superkoncentrat utvinnes av underloppsprodukten. Förekommande järnsulfider har dessförinnan avskilts i ett flotationssteg före cykloneringen.

Från de försök som hittills utförts med det ifrågavarande schemat som underlag kan följande anföras.

Sulfidflotationen av det primära koncentratet med K-amylxantat som samlarreagens resulterade i minskning av svavelhalten från 0,29 % S till 0,07 % S. Den sulfidrika skumprodukts halter uppgick till 57,6 % Fe och 17,8 % S. Den avskilda mängden var relativt liten, 0,4 %.

Den svavelrenade magnetiten, 31,8 viktprocent med halterna 63,7 % Fe och 7,9 % SiO_2 , delades upp i 1,2 viktprocent överloppsprodukt med 67,1 % Fe och 4,0 % SiO_2 och 30,6 viktprocent underloppsprodukt med 63,5 % Fe och 8,0 % SiO_2 . Skakbordsseparering av den sistnämnda resulterade i 10,6 viktprocent rik magnetit med halterna 70,3 % Fe och 1,1 % SiO_2 och 20,0 viktprocent magnetitförande restprodukt med halterna 59,9 % Fe och 11,7 % SiO_2 .

De fullständiga resultaten redovisas i bilaga 2.

MP PO CZ, gb

Fraktionsanalys av skakbordskoncentratet visar på jämförelsevis jämna SiO_2 -halter i fraktionerna $-75 \mu\text{m}$. Halterna ligger omkring 1 % SiO_2 även i finfraktionen $-38 \mu\text{m}$ där man kunnat förvänta en lägre halt.

Betraktas skakbordskoncentratet i mikroskop finner man att föroreningarna uppträder i form av partiklar med enstaka eller små inneslutningar av magnetit. Även synbarligen helt magnetitfria partiklar föreligger. Magnetitpartiklar vilka bildar halvkorn med förekommande gråbergsmineral saknas helt i koncentratet. De förekommer dock i skakbordsresten där de avskilts vid separeringen. Frekvensen typiska halvkorn är relativt ringa. Detta är sannolikt en följd av autogenmalningen. De renkrossade magnetitpartiklarna uppvisar en karaktäristisk, avrundad form vilken också är ett resultat av autogenmalningen.

Som tidigare nämnts uttogs cirka 10 % som rikt skakbordskoncentrat. Provvuttag och analys av en mindre andel dvs de cirka 5 % som separerat ut längst upp utefter bordets kortsida indikerade ej högre renhet. Halterna uppgick till 70,4 % Fe och 1,0 % SiO_2 . Någon skillnad mellan denna delprodukt och den totala skakbordsprodukten med avseende på förekomsten och sammansättningen av gråbergspartiklarna kunde ej observeras i mikroskop.

Den extremt finkorniga produkt vilken avskildes i hydrocyklonen före skakbordet (se schemat i bilaga 2) cyklonerades om i en $\varnothing$ 25 mm hydrocyklon. De därvid erhållna produkterna innehöll 64,6 % Fe och 5,9 % SiO_2 respektive 68,4 % Fe och 3,0 % SiO_2 (underloppsprodukt). Magnetseparering av de bägge cyklonprodukterna resulterade ej i de högre magnetitprodukter som förväntats. Som framgår av bilaga 2 blev resthalterna av SiO_2 så höga som 1,8 och 1,2 %. Att upparbeta dessa produkter till högre koncentrat synes tyvärr ej vara möjligt.

Höganrikning av magnetiten

Med skakbordskoncentratet, 70,3 % Fe och 1,1 % SiO_2 , som utgångsmaterial, har undersökts möjligheten att tillverka högre koncentrat. Omvänd flotation med aminreagens (Lilaflo D817) som samlare för kvarts och silikatmineral är den huvudmetod som härvid provats.

Flotation av skakbordskoncentratet i befintligt skick resulterade i en haltereduktion till 0,36 % SiO_2 . Skumförlusten uppgick dock till hela 50 % gods. Motsvarande flotation efter avslamning av skakbordskoncentratet i hydrocyklon resulterade i 0,52 % SiO_2 . SiO_2 -reningen förbättrades då koncentratet malts före flotationen. Vid malfinleken 90 % < 57 μm och 75 % < 45 μm noterades 0,27 % SiO_2 i flotationskoncentratet. Magnetseparering av detsamma reducerade halten till 0,17 % SiO_2 . Man måste räkna med en mycket stor skumförlust upp emot 20 % för att kunna prestera denna SiO_2 -rening.

Den omagnetiska resten domineras av ett rosafärgat, glasklart mineral vilket praktiskt taget helt förekommer som fritmalda korn. Minerallet ifråga floterar uppenbarligen ej med aminreagens. Som framgår av bilaga 5 (försök 23C och 24A) försämrar SiO_2 -halten kraftigt då flotationen utförs med mindre reagensmängd och reducerat skumuttag. Resthalten har sålunda ökat till 0,44 % SiO_2 då skumförlusten minskat till cirka 23 %.

Försök 24C i samma bilaga utfördes med magnetseparering av det malda skakbordskoncentratet på en magnetrulle före aminflotation. Ungafer samma skumförlust som i försök 24A erhöles därvid. Resthalten hade dock minskat från 0,44 till 0,31 % SiO_2 .

Med omsorgsfull magnetseparering i flera steg synes det vara möjligt att prestera ett slutkoncentrat med 0,25-0,30 % SiO_2 . Måningen måste dock drivas rätt långt. I försök 23F (bilaga 4) där den magnetseparerade produktens resthalt uppgår till 0,28 % SiO_2 hade skakbordskoncentratet malts till 90 % < 38 μm .

Av hitills utförda försök i syfte att högre magnetiten kan sammanfattningsvis konstateras

- att del av magnetitinhålllet möjligen kan anrikas till superslignkvalitet d v s < 0,25 % SiO_2 och finlek max 60 % < 325 mesh

- att denna tillverknig försvåras av den rikliga förekomsten av fint magnetitimpregnerade bergarts-korn samt fritmalda korn av ett rosafärgat mineral vilka ej till fullo kunnat avskiljas på skakborden. Eventuellt krävs skakbordsseparering i två steg för att en tillräckligt ren utgångsprodukt skall erhållas för tillverknig av det högre magnetitkoncentratet.

MP PO CZ, gb

Krav på låga fosfor- och svavelhalter gäller för superslig. Möjligheten att uppfylla dessa krav har ännu ej utretts.

Framställningsmetoden för högre toner-pigment har ej heller undersökts. Upprepad finmalning och magnetseparering inklusive avmagnetisering och behandling i hydrosizer är sannolikt den teknik som kan komma ifråga för upparbetning av supersligen till dessa kvaliteter.

Anrikning av apatiten

Vid magnetsepareringen i anslutning till autogenmalningen avskildes drygt 65 % omagnetiskt gods med halterna 17-18 % Fe och 1,9 % P. Med detta som utgångsmaterial utfördes en serie flotationsförsök i bänkskala i syfte att undersöka möjligheten att utvinna en ren apatitslig.

De första orienterande försöken gav flotationskoncentrat med halterna ~16,5 % P och 1,5-2,0 % Fe. Det utbytesmässigt bästa resultatet noterades därvid då apatiten råfloterats och sedan ommalts före koncentratrepeteringen. Av ingående till flotationen hade därvid 73 % av apatitinnehållet utvunnits samt 8 % förlorats i flotationsresten och 19 % i repeteringsresterna.

Eftersom apatitkoncentratets järnhalt var för hög och renheten i övrigt ej helt tillfredsställande behandlades det i en starkmagnetisk separator. Järnhalten reducerades därvid $\leq 0,50$ % Fe samtidigt som fosforhalten ökade till ~17 % P. Den magnetiska resten präglades av hög fosforhalt, 13-15 % P och apatitutbytet minskade med cirka 10 %. Undersökning av den magnetiska fraktionen i mikroskop visade att den helt domineras av apatitkorn med extremt fina inneslutningar av magnetit. Magnetiten förekommer så fint impregnerad att en frimalning från apatiten ej är möjlig att åstadkomma med en rimlig energiinsats.

För Norsk Hydros räkning framställdes cirka 500 gram apatitkoncentrat enligt det processchema som illustreras i bilaga 9. Framställningen var mycket tidsödande och omfattade åtta individuella råflotationer med efterföljande ommalning och repeteringar av råkoncentratet från två körningar i varje omgång. Det framställda provkoncentratet översändes till Norsk Hydro den 7 september. Följande data gäller för detta prov: 16,9 % P, 0,50 % Fe, 0,14 % MgO, 0,27 % Cl, 0,85 % F, 0,50 % Sr, <0,001 % Cd och 0,002 % As.

MP PO CZ, gb

Koncentratets strontiumhalt är anmärkningsvärt hög. Strontium förekommer i apatiten där den till en del ersätter kalcium. Kadmiumhalten är mycket låg <10 ppm och detta är gynnsamt för kvaliteten.

Fullständig produktbalans för tillverkningen av apatitprovet redovisas i bilaga 10, försök 31B. Som framgår därav uppgick apatitutbytet d v s utvinningen av fosfor till 63 %.

I efterföljande försök provades om apatiten kunde utvinnas på ett tillfredsställande sätt utan malning i flotationsprocessen. Som framgår av bilaga 12 resulterade försöket i ett flotationskoncentrat med halterna 15,2 % P och 3,9 % Fe. Detta starkmagnetseparerades dels i befintligt skick och dels nedmalt till fyra finlekar. I förra fallet avskildes nära en tredjedel som magnetiskt gods. Den omagnetiska resten uppvisade helt tillfredsställande halter 16,9 % P och 0,6 % Fe. Apatitutbytet uppgick totalt till 63 %. Successivt bättre utbyte noterades då flotationskoncentratet malts före starkmagnetsepareringen.

En lätt ommalning förbättrade utbytet från 63 till 68 %. Vid ökad nedmalning steg utbytet till upp emot 75 %. Fortsätter man malningen till allt större finlek förbättras visserligen utbytet. Apatitkoncentratet, d v s den omagnetiska produktens järnhalt överskrider dock samtidigt 1 % Fe (bilaga 12, försök 32E).

I en kontinuerlig process i större skala där repeteringsresterna kan recirkuleras i flotationsprocessen bör man kunna räkna med ett högre apatitutbyte. Cirka 95 % av råmalmens apatitinnehåll går vidare till upparbetning. Efter flotationen återstår cirka 85 %. Därav kan man kalkylera med att utvinna cirka 90 %. Detta innebär ett totalt utbyte av $\geq 75\%$, d v s $\geq 80\%$ av ingåendet till apatitlinjen.

Uppdragsgivaren har beställt framställning av 500 kg apatitkoncentrat varav 200 kg skall översändas till Norsk Hydro för utvärdering. Framställningen kommer att utföras i pilot anläggning enligt följande schema

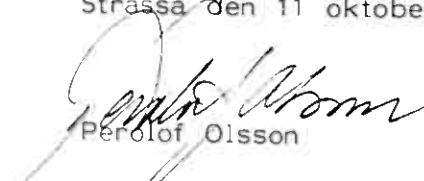
MP P0 CZ, gb

- Autogen malning och magnetseparering
- Sulfidflotation av omagnetiskt gods
- Apatitflotation av det svavelrenade godset omfattande rådragning och koncentratrepetering
- Ommalning av flotationskoncentratet efterföljd av starkmagnetisk separering i P71 Jones-separator.
- Avvattning och filtrering av den omagnetiska resten d v s apatitsligen.

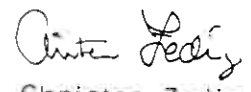
Slutord

Endast en begränsad del av försöksresultaten har redovisats i form av bilagor i föreliggande rapport. I vår slutrapport vilken bör föreligga i månadsskiftet november - december i år om allt försöksarbete fungerat på avsett vis kommer vi att redovisa samtliga försöksdata och -resultat.

Stråssa den 11 oktober 1990



Per-Olof Olsson



Christer Zedig

Bilag 1

ANRIKNINGSTEKNISK UNDERSÖKNING AV MAGNETIT -

MALM FRÅN ANDØRJA

Resultat av autogen malning¹⁾ (50% malm + 50% krossgods) i slutna krets med hydrocyklon och magnetseparation i sex steg av malprodukten (överlopp hydrocyklon)

För- sök nr.	Produkter	Vikt- %	Fe _{tot}		Halt - %		
			Halt	Utbete	SiO ₂	P	S
2	Magnetiskt 6	35.1	59.2	64.2	13.0	0.28	0.29
	Omagnetiskt 4-6	2.7	20.8	1.8			
	Magnetiskt 3	37.8	56.5	66.0			
	Omagnetiskt 1-3	62.2	17.7	34.0			
	Summa omagnetiskt	64.9	17.8	35.8			
	Ingaende Ber. Anal.	100.0	32.4 31.9	100.0	—	— 1.3	— 0.46

Resultat av autogen malning²⁾ (malmblandn. som ovan) med 2H stegs magn. separation av utgående kvarn. Primär magnetiten i slutna krets med kvarnhydrocyklon och magnetseparation av överlopp hydrocyklon i fem steg.

3	Magnetiskt 5	32.3	62.4	62.6	10.4	0.26	0.28
	Omagnetiskt 4-5	1.0	21.2	0.6			
	Magnetiskt 3	33.3	61.2	63.2			
	Omagnetiskt 1-3	20.7	18.1	11.7			
	Primär omagnetiskt	46.0	17.6	25.1			
	Summa omagnetiskt	67.7	17.8	37.4			
	Ingaende Ber. Anal.	100.0	32.2 31.9	100.0	—	— 1.3	— 0.46

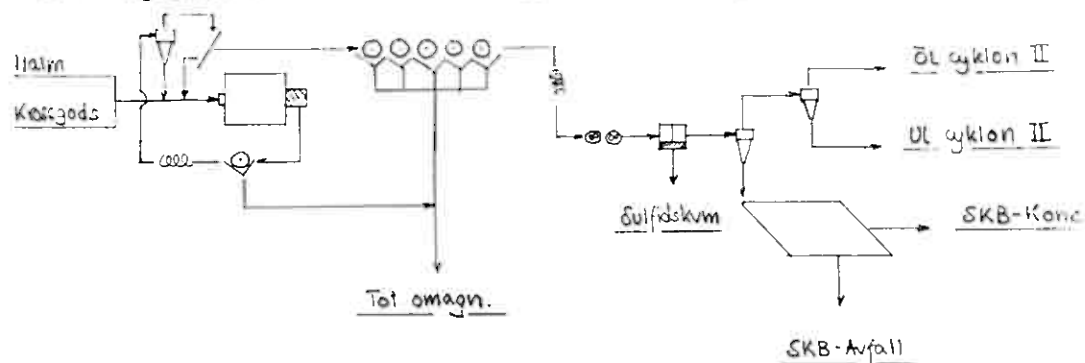
1) 18.0 kWh/ton netto

2) 18.2 " " "

Försök 5. Sammanställning av data och resultat från pilotförsök

Försöksmaterial 50% Andöja malm - 300 mm + 50% Krossad malm - 20 mm.

Behandling: -kross



Resultat

Process- steg	Produkter	Vikt- %	Halt - %				Förd. - %		Kapaciteter kg/h				Vikt-% fast gods
			Fe _{tot}	P	SiO ₂	S	Fe _{tot}	P	Gods	Pulp	Vatten	Tillsats- vatten	
Malning	Jng. malmblandn.	100.0	32.3				100.0	100.0	595	595			100.0
	Grovt spallsikt	11.1	36.6				12.6		66	138			47.7
	ÖL kvarncyklon	221.8	48.6				334.0		1320	1652			79.9
	Jng. autogenkvarn	332.9	43.3				446.6		1981	2895		510	68.4
Primär magn. sep.	ÖL autogenkvarn	332.9	43.3				446.6		1981	3519		624	56.3
	Primär magn.	288.5	47.3				422.8		1717	2662			64.5
	Primär omagn.	44.4	17.3				23.8		264	857			30.8
Hydrocycl. av primär magnetit	Jng. kvarncyklon	288.5	47.3				422.8		1717	2976		314	57.2
	ÖL kvarncyklon	66.7	43.0				88.8		397	1324			30.0
	UL kvarncyklon	221.8	48.6				334.0		1320	1652			79.7
Siktning av ÖL kvarn- cyklon	Jng. spallsikt	66.7	43.0				88.8		397	1324			30.0
	Fint spallsikt	55.6	44.2				76.2		331	1186			27.1
	Grovt spallsikt	11.1	36.6				12.6		66	138			47.7
Magn. sep. av fint sikt	Jng. magn. sep. 1-5	55.6	44.2				76.2		331	1186			27.1
	Magn. 3	—	63.0				—		—	—			—
	Magn. 5	32.2	63.6	0.20	7.9	0.29	63.4	5.0	192	568		2100	33.7
Sulfidflot av magn. 5	Ömagn. 1-5	23.4	17.6				12.8		139	2718			5.1
	Jng. blandare 1)	32.2	63.6	0.20		0.29	63.4		192	568			33.7
	Sulfidskv	0.4	57.6			17.8	0.7		3	57			5.3
Hydrocycl. av utg. sul- fidflotation	Utg. sulfidflot.	31.8	63.7			0.072	62.7		189	511			37.1
	Jng. cyklon I	31.8	63.7	0.21	7.9	0.072	62.7		189	1261		750	15.0
	ÖL cyklon I	1.2	67.1	0.17	4.0	0.11	2.5		7	809			0.9
Hydrocycl. av ÖL cykl. I	UL cyklon I	30.6	63.5	0.21	8.0	0.071	60.2		182	452			40.3
	Jng. cyklon II	1.2	67.1	0.17	4.0	0.11	2.5		7	809			0.9
	ÖL cyklon II 2)	0.4	64.6	0.27	5.9	0.14	0.8		2	666			0.3
SKB-anrikn. av UL cykl. II.	UL cyklon II 2)	0.8	68.4	0.11	3.0	0.093	1.7		5	143			3.1
	Jng. Skalbord	30.6	63.5	0.21	8.0	0.071	60.2		182	452			40.3
	SKB-Kone	10.6	70.3	0.068	1.1	0.034	23.1		63	158		2250	37.1
SKB-avfall	SKB-avfall	20.0	59.9	0.29	11.7	0.094	37.1		119	2544			4.7
	Primär omagn.	44.4	17.3				23.8		264	857			—
	Omagn. 1-5	23.4	17.6				12.8		139	2718			—
Tot. Omagn.	Tot. Omagn.	67.8	17.4	1.8	—	0.50	36.6	95.0	403	3575			11.2
	Jng. malm Ber. Anal.	100.0	32.3 31.9	1.29 1.3	—	0.43 0.46	100.0	100.0	595	—	—	6548	—

1) Reagens g/t råmalm: KAX 34 g/t, H₂SO₄ 222 g/t, Dowfroth 250 13 g/t, pH ing. flot 5.0, utg. flot 1.5

2) Magn. sep. på Davis Tub

Produkter	Vikt- %	Halt - %			
		Fe _{tot}	P	SiO ₂	S
ÖL cyklon II Magn. DT	91.9	69.4	0.039	1.8	0.074
UL cyklon II Magn. DT	95.9	70.4	0.040	1.2	0.075

ANRIKNINGSEXPERIMENT. UNDERÖKNING AV MAGNETIT-HALT FRÅN ANDÖRJA

Bilaga 3

Försök 23 A-F

Aminflotation i lab. skala av SKE-konc vid olika nedmalningar. Ing. flotation även magn. sep. på Davis Tub

Försöksmaterial

SKE-konc från försök 5 malt om 1 kg i poslar i rätth. oalskvarn med dito stänger.

För- sök nr.	Reagens g/t			Temp el. pH	Tid i min		Produkter	Vikt- %	SiO ₂ -%	
	Lilaflor D 817	Bex.	NaOH		Bland	Fist.			Halt	Förd.
23 A	200	400	125	16°C	2		Malning	100,0	1.2	100.0
				8.2	1		pH-justering			
				10.1			Blandning			
				10.1						
				10.0- 9.7	2	4	Skum Bottengods	24.0 76.0	3.4 0.51	67.7 32.3
							Jng. magn. DT.	—	0.60	
3	175	400	125	16°C	4		Malning	100.0	1.2	100.0
				8.2	1		pH-justering			
				10.1			Blandning			
				10.1						
				10.0- 9.7	2	4	Skum Bottengods	19.0 81.0	3.8 0.53	60.8 39.2
							Jng. magn. DT.	—	0.55	
C	150	400	125	16°C	8		Malning	100.0	1.2	100.0
				8.2	1		pH-justering			
				10.1			Blandning			
				10.1						
				10.0- 9.7	2	4	Skum Bottengods	16.9 83.1	4.3 0.56	61.2 38.8
							Jng. magn. DT	—	0.47	
D	150	400	125	16°C	12		Malning	100.0	1.2	100.0
				8.2	1		pH-justering			
				10.1			Blandning			
				10.1						
				10.0- 9.7	2	4	Skum Bottengods	13.8 86.2	4.9 0.60	56.9 43.1
							Jng. Magn. DT	—	0.38	

1) k₉₀ = 57 micron

Forts. på nästa sida

ANVÄNDNINGSTEKNISK UNDERSÖKNING AV MAGNETITMALM Bilaga 4 FRÅN ANDÖRJA

Försök 23 A-F Forts. från föregående bilaga

För- sök nr.	Reagens g/l			Temp. 20°C pH	Tid min		Produkter	Vikt- %	SiO ₂ - %	
	HA-3T 5812	Dex.	NaOH		Bland	Flot.			Halt	FeS ₂
23 E			125	10.0	16		Malning	100.0	1.2	100.0
				2.2	1		pH-justering			
		400		10.1	2		Blandning			
	150			10.0	2	4	Skum	14.8	5.2	63.2
				7.7			Botengods	85.2	0.51	36.2
							Jng Magn. AT	—	0.36	—
23 F					32		Malning	100.0	1.2	100.0
							Jng Magn. 5T ^{x)}	—	0.28	—

x) $\kappa_{90} = 38 \mu m$

ANRIKNINGSTEKNISK UNDERSÖKNING AV MAGNETITHALT FRÅN ANDØRJA.

Bilaga 5

Försök 24 A-C

Aminflotation i lab-skala med olika samlarvæ-
gensmängder. EH försök med magn. separation
på Blue Ribbon före flotation.

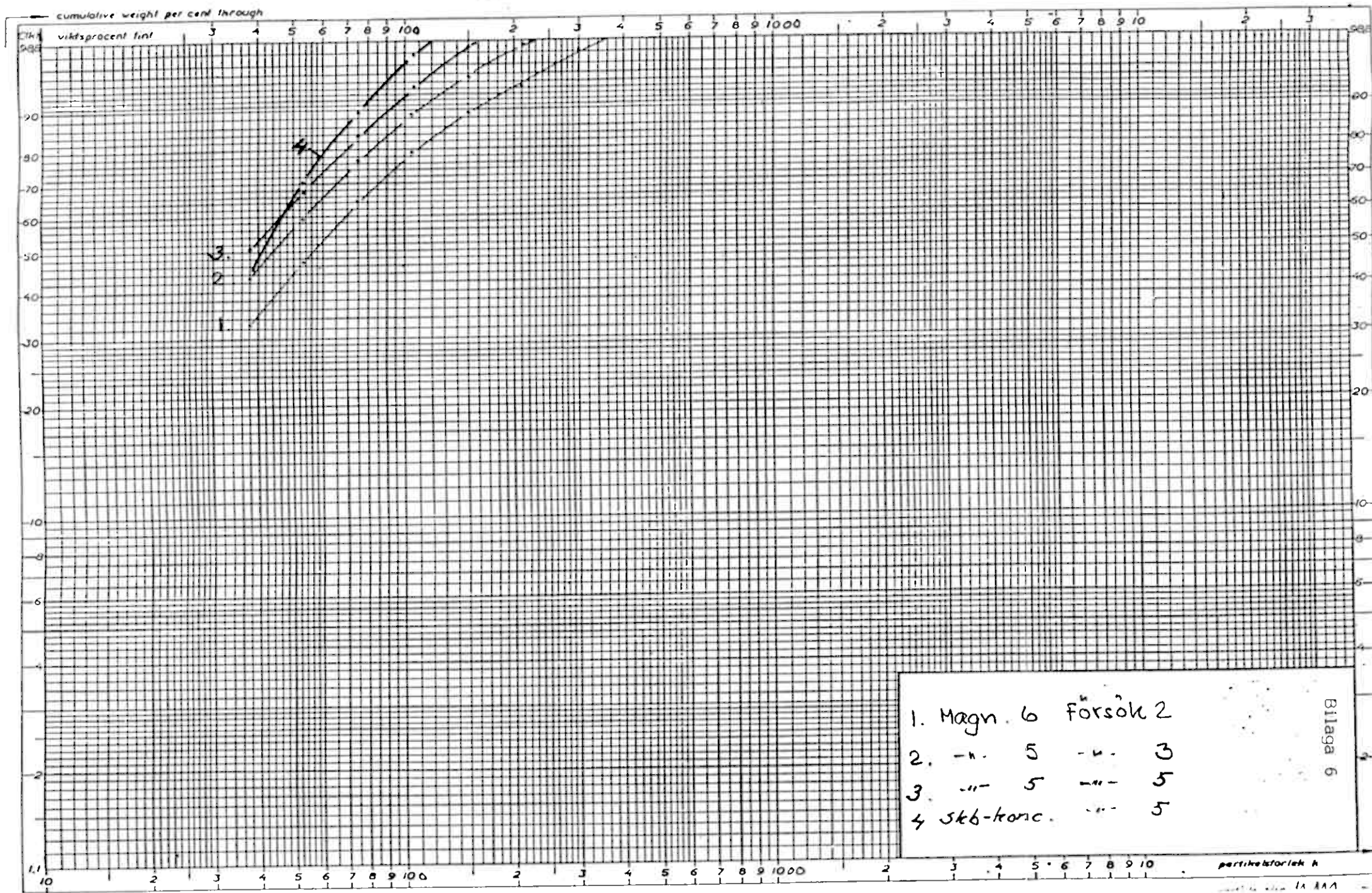
Försöksmaterial

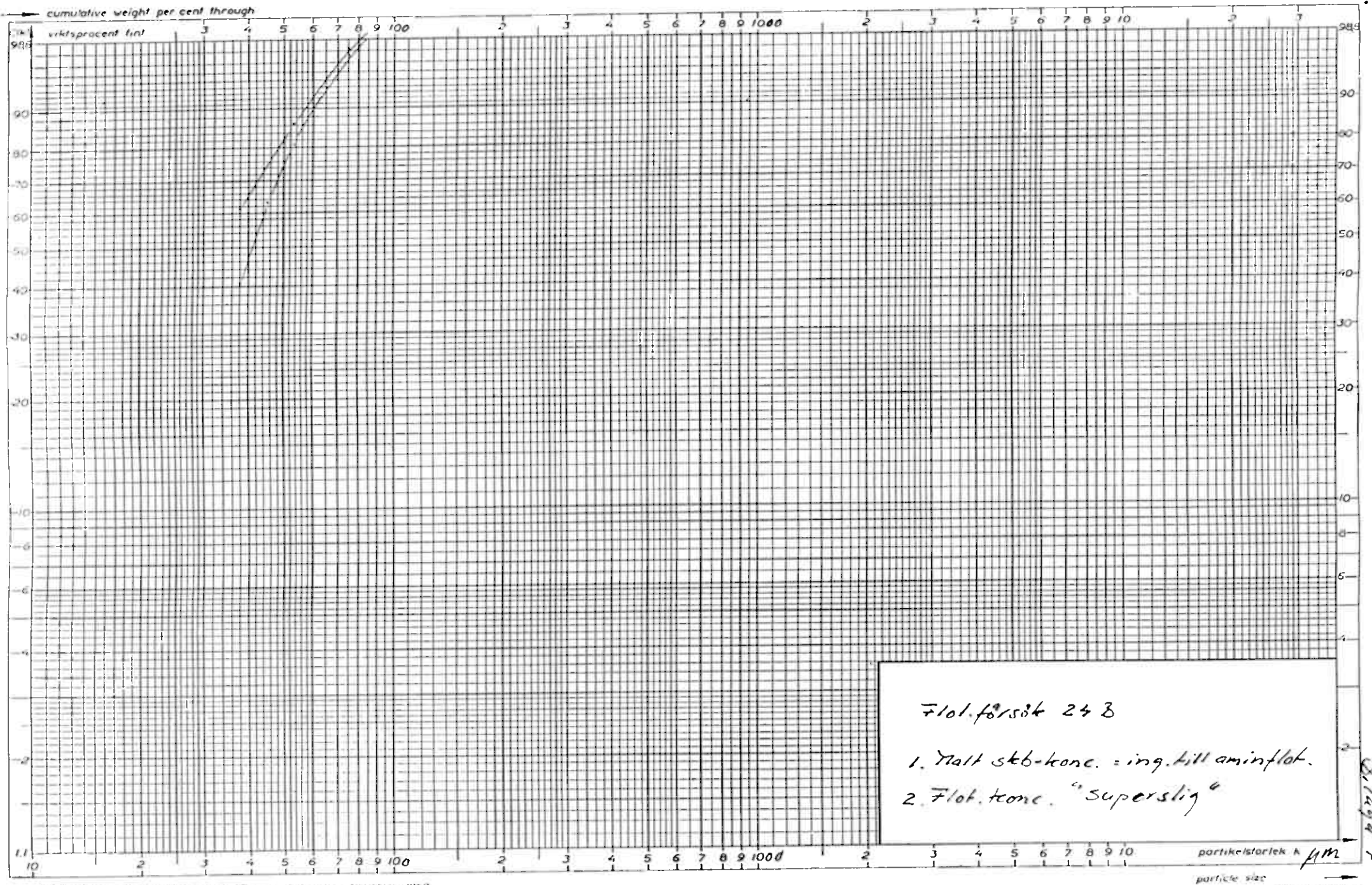
SKB-konc från försök 5 malt mm 1 kg:s mörter i
rostfri kvamn med dito stänger till kg = 57 millerost

För- sök nr.	Reagens 3/5			Temp. 21. pH	Tid i min		Produkter	Vikt- %	SiO ₂ - %	
	Litator B 512	Dek.	NaOH		Bland	Flot.			Halt	Förd.
23 C			125	16°C 7.2	8		Malning	100.0	1.2	100.0
		400		10.1	1		pH-justeriing			
				10.1	2		Blandning			
	150			10.0- 9.7	2	4	Skvnn BotHengods	16.9 83.1	4.3 0.56	61.2 32.3
24 A			125	16°C 2.2	8		Malning	100.0	1.2	100.0
		400		10.1	1		pH-justeriing			
				10.1	2		Blandning			
	200			10.0- 9.7	2	4	Skvnn BotHengods	22.9 77.1	3.8 0.44	71.7 28.3
24 B			125	16°C 2.2	8		Malning	100.0	1.2	100.0
		400		10.1	1		pH-justeriing			
				10.1	2		Blandning			
	250			10.0- 9.7	2	4	Skvnn BotHengods (1)	32.3 61.7	2.7 0.27	36.1 13.9
24 C				8.2	8		Malning	100.0	1.2	100.0
							Magn. B. R.	99.4	0.92	76.2
							Omagn. B. R.	0.6	47.6	23.3
			125	16°C						
		400		10.1	1		pH-justeriing	99.4	0.92	76.2
				10.1	2		Blandning			
	200			10.1- 9.8	2	4	Skvnn BotHengods	21.2 78.8	3.2 0.31	55.8 20.4

U) Magn. DT

0.17% SiO₂





Flot.försök 248
1. Matt stb-konc. = ing. till aminflot.
2. Flot.konc. "Superslig"

Bilaga 7

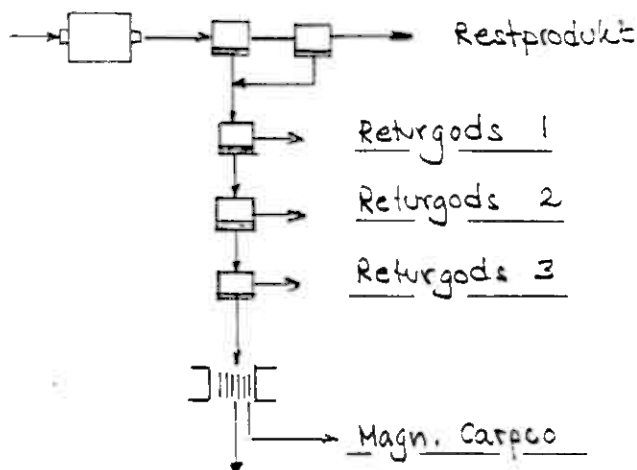
Försök 30 A

Apatitflotation i lab. skala med starkmagnetisk separation av apatitkoncentratet.

Försöksmaterial

Primär omagn. + Omagn 1-3 från försök 3 om 1 kg malt i rostfri satskvarn med dito stänger.

Behandlingsschema



Resultat

Reagens		g/t	Temp. el. st.	Tid i min		Produkter eller tillsatztälle	Vikt %	Fe - %		P - %	
Ber. 157	Dex.			Ud	Flot.			Halt	Förd.	Halt	Förd.
	200		19°C	(3)		Malning 1)	100.0	17.7	100.0	1.81	100.0
		75	8.5	1		pH-justering					
200			9.5								
100			9.5	2	3	Apatitråkone 1					
				2	2	" " 2					
						Apatitråkone 1-2	14.0	7.6	6.1	12.0	92.9
						Restprodukt	86.0	19.3	93.9	0.15	7.1
		30	9.4	1	3	Apatitkone 1	10.0	4.2	2.4	15.1	83.8
			9.2			Returgods 1	4.0	16.4	3.7	4.1	9.1
		30	9.5	1	2	Apatitkone 2	8.5	2.9	1.4	16.0	75.1
			9.3			Returgods 2	1.5	11.8	1.0	10.5	8.7
						Returgods 1-2	5.5	15.1	4.7	5.8	17.3
		30	9.5	1	1 1/2	Apatitkone 3	6.4	1.60	0.6	16.7	59.0
			9.3			Returgods 3	2.1	6.7	0.8	13.9	16.1
						Returgods 1-3	8.5	11.5	5.5	7.2	33.9
						Magn. Carpco	2.0	4.1	0.1	14.7	42.2
						Omagn. Carpco	4.4	0.79	0.5	17.6	16.2
5.2	200	200	16.5	-	8	1 1/2	Jägaende Ber. Anal.	100.0	17.7	100.0	1.81
								17.7		19	100.0

1) Jng eft. malning Davis Tub analyse : 7% Magn. 25.9 % Fe_{tot}

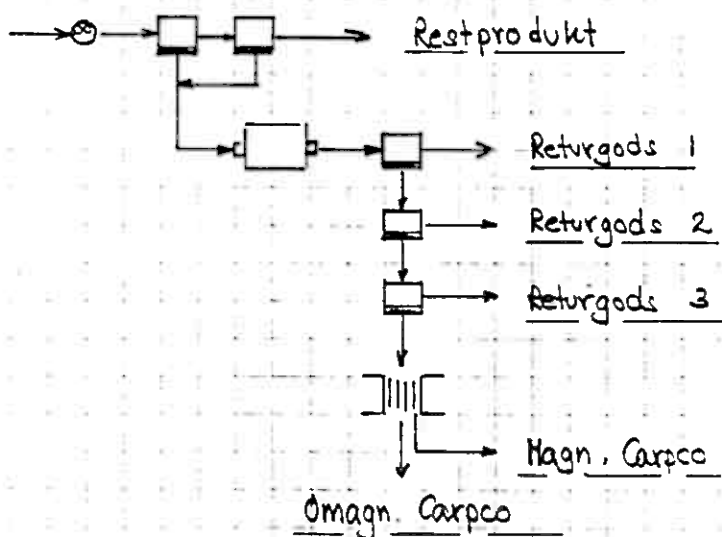
Försök 31 A

Apatitflotation i lab. skala med starkmagnetisk separation av apatitkoncentratet.

Försöksmaterial

Primär omagn. + Omagn. 1-3 från försök 3 om 1 kg:s poster.

Behandlingsschema



Resultat

Reagens g/t			Temp el. pH	Tid i min		Produkter eller tillsatställe	Vikt- %	Fe - %		P - %	
Beroi 857	Dex	NaOH		Blend	Flot.			Halt	Förd	Halt	Förd
		65	20°C	1		pH-justering	100.0	17.9	100.0	1.85	100.0
	200		9.5	2		Blandning	1	1	1	1	1
200			9.5	2	2	Apatitkonc 1	1	1	1	1	1
100				2	3	Apatitkonc 2					
						Apatitkonc 1-2	13.7	7.5	5.7	12.3	91.6
			9.2			Restprodukt	86.3	19.6	94.3	0.18	8.4
	100			(3)		Ommaln. av Apatit- råkoncentrat 1-2 1)	13.7	7.5	5.7	12.3	91.6
		15	9.5- 9.2	1	4	Apatitkonc 1	10.1	3.3	1.9	15.6	85.2
						Returgods 1	3.6	19.1	3.8	3.3	6.4
		15	9.5 1 9.2	1	3 1/2	Apatitkonc 2	9.0	2.2	1.1	16.2	78.9
						Returgods 2	1.1	12.4	0.8	10.5	6.3
						Returgods 1-2	4.7	17.5	4.6	5.0	12.7
		15	9.5 1 9.2	1	3	Apatitkonc 3 2)	8.2	1.7	0.8	16.4	72.9
						Returgods 3	0.8	7.4	0.3	13.9	6.0
						Returgods 1-3	5.5	16.1	4.9	6.3	18.7
						Magn. Carpco	1.6	6.9	0.6	13.1	11.4
						Omagn. Carpco	6.6	0.45	0.2	17.2	61.5
300	300	110	-	10	15 1/2	Jugaende Ber. Anal.	100.0	17.9 17.7	100.0	1.85 1.9	100.0

1) Går från två råflotationer

2) Davis tub analys : 2.0 vikt % magn.

ANRIKNINGSTEKNISK UNDERSÖKNING AV MAGNETITHALM FRÅN ANDÖRJA

31/99 10

Försök 31 B.

Framställning av 0.5 kg apatit för Norsk Hydro i lab skala.

Försöksmaterial

Primär omagn. + Omagn. 1-3 från försök 3 om 1 kg:s pastor

Behandlingsschema

Se föregående bilaga (försök 31A)

Resultat

Reagens g/ton			Temp el pH	Tid i min		Produkter eller tillsatställe	Vikt %	Fe - %		P - %		S - %
Betal 157	Dex.	NaOH		Bland	Flot.			Halt	Förd.	Halt	Förd.	
		75	19.2 9.5 9.5			pH-justering Blandning	100.0 1	17.5 1	100.0 1	1.85 1	100.0 1	
200 100	200		9.5	2 2	2 1/2 3	Apatitråkonc 1 - " - 2						
			9.2			Apatitråkonc 1-2 Restprodukt	13.9 86.1	7.4 19.1	5.9 94.1	12.3 0.16	92.5 7.5	
	100		8.8		3	Maln. av Apatit- råkonc 1-2 1)	13.9	7.4	5.9	12.3	92.5	
		15	9.5- 9.1	1	4 1/2	Apatitkonc 1 Returgods 1	13.9 3.8	3.6 17.5	2.1 3.8	15.4 4.0	84.3 8.2	
		13	9.5- 9.1	1	3 1/2	Apatitkonc 2 Returgods 2 Returgods 1-2	9.0 1.1 4.9	2.5 12.6 16.4	1.3 0.8 4.6	16.1 10.0 5.3	78.4 5.9 14.1	
		12	9.5- 9.1	1	3	Apatitkonc 3 Returgods 3 Returgods 1-3	8.3 0.7 5.6	2.0 7.8 15.3	1.0 0.3 4.9	16.3 13.4 6.4	73.3 5.1 19.2	0.73
						Magn. Carpcu Hp Carpcu Omagn. Carpcu 2)	1.1 0.3 6.9	11.0 3.6 0.50	0.7 0.1 0.2	12.9 14.7 16.9	7.7 2.4 63.2	4.9 0.88 0.156
300	300	115	-	9	16 1/2	Ingaend ^o Ber. Anal.	100.0	17.5 17.7	100.0	1.85 1.9	100.0	0.5

1) Gods fr. 2 råflot, Inalles 8st. råflotationer

2) Övriga analyser: 0.14 % HgO, 0.27 % CL, 0.85 % F, 0.50 % Sv, < 0.001 Cd o 0.002 % As

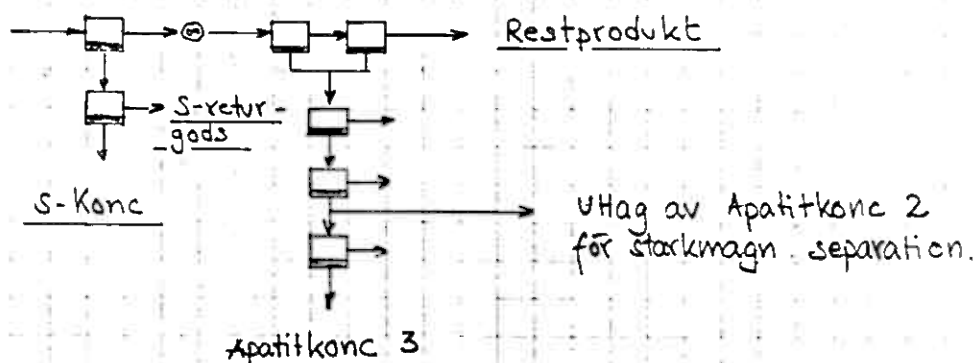
Försök 33 B

Undersökning i lab. skala om Fe- och S-halter påverkas i apatiten då sulfidflotation föregår apatitflotationen.

Försöksmaterial

Primär omagn. + Omagn. 1-3 försök 3 om 1 kg:s pastor

Behandlingsschema



Resultat

Reagens g/ton				Temp el. pH	Tid, min		Produkter eller tillsatställe	Vikt- %	Fe - %		P - %		S - %
Beroll 957	Dex	KAX	DOW 250						Halt	Förd	Halt	Förd.	
200 100	200	50	15	19.2 8.5	2	4	S-råkonc 1) Utg. S-råflotation	2.9 97.1	32.4 16.6	5.4 94.6	1.55 1.87	2.4 97.6	12.3
			5	8.5	2 1/2		S-konc S-returgods	0.9 2.0	54.1 22.6	2.8 2.6	0.33 2.1	0.2 2.2	29.5 4.6
			NaOH	9.5	1		pH-justering	97.1	16.6	94.6	1.87	97.6	
				9.5	2		Blandning						
		100	15	9.5	2	2 1/2	Apatitråkonc 1						
					2	3	- " - 2						
							Apatitråkonc 1-2	13.6	5.7	4.5	12.5	91.2	
							Restprodukt	83.6	18.7	90.1	0.14	6.4	
			13	9.5- 9.2	2	4	Blandning	13.6	5.7	4.5	12.5	91.2	
							Apatitkonc 1	11.0	2.7	1.7	15.0	89.0	
							Returgods 1	2.6	18.4	2.8	1.6	2.2	
					1	3	Apatitkonc 2	10.4	2.0	1.2	15.6	87.4	0.046
			12	9.5- 9.2	1	2 1/2	Returgods 2	0.6	14.8	0.5	5.0	1.6	
							Returgods 1-2	3.2	17.7	3.3	2.2	3.8	
							Apatitkonc 3	10.0	1.7	1.0	15.9	85.7	0.024
							Returgods 3	0.4	10.6	0.2	8.1	1.7	0.56
							Returgods 1-3	3.6	16.9	3.5	2.9	5.5	-
300	300	50	20 115	-	13	21 1/2	Jngående Ber. Anal.	100.0	17.4 17.8	100.0	1.86 1.9	100.0	-
Starkmagn. separation av Apatitkonc 2 på Carpc							Magn. Carpc	3.2	5.2	0.9	13.5	19.4	0.12
							Omagn. Carpc	7.2	0.58	0.3	16.8	68.0	0.021
1) två råflotationer							Jngående Ber.	10.4	1.8	1.2	15.9	87.4	0.047

ANRIKNINGSTEKNISK UNDERSÖKNING AV MAGNETITMALM FRÅN AULØKJA

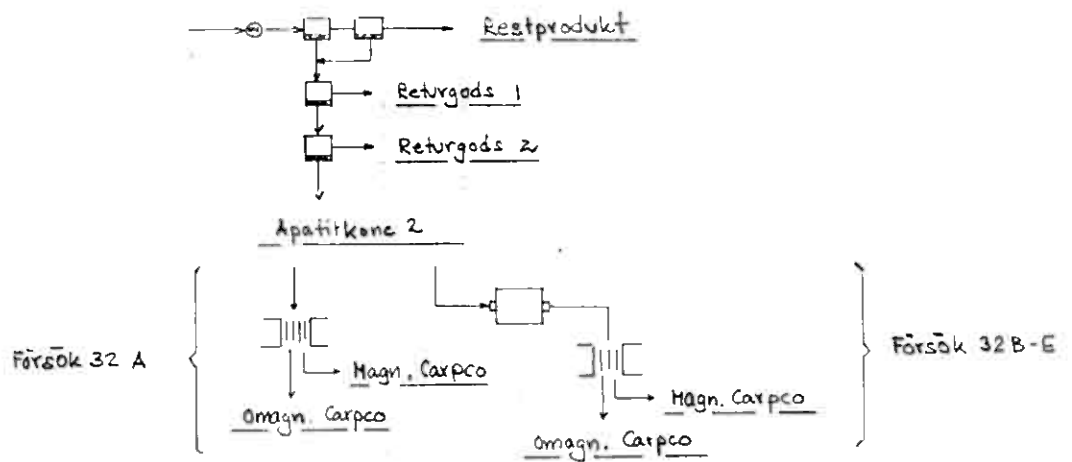
Försök 32.

Apatitflotation i lab skala för framställning av gods till undersökning hur starkmagnetsepareringen skall utföras.

Försöksmaterial

Primär omagn. + Omagn 1-3 från försök 3 om 1kg:s poster. Inalles sex råflotationer.

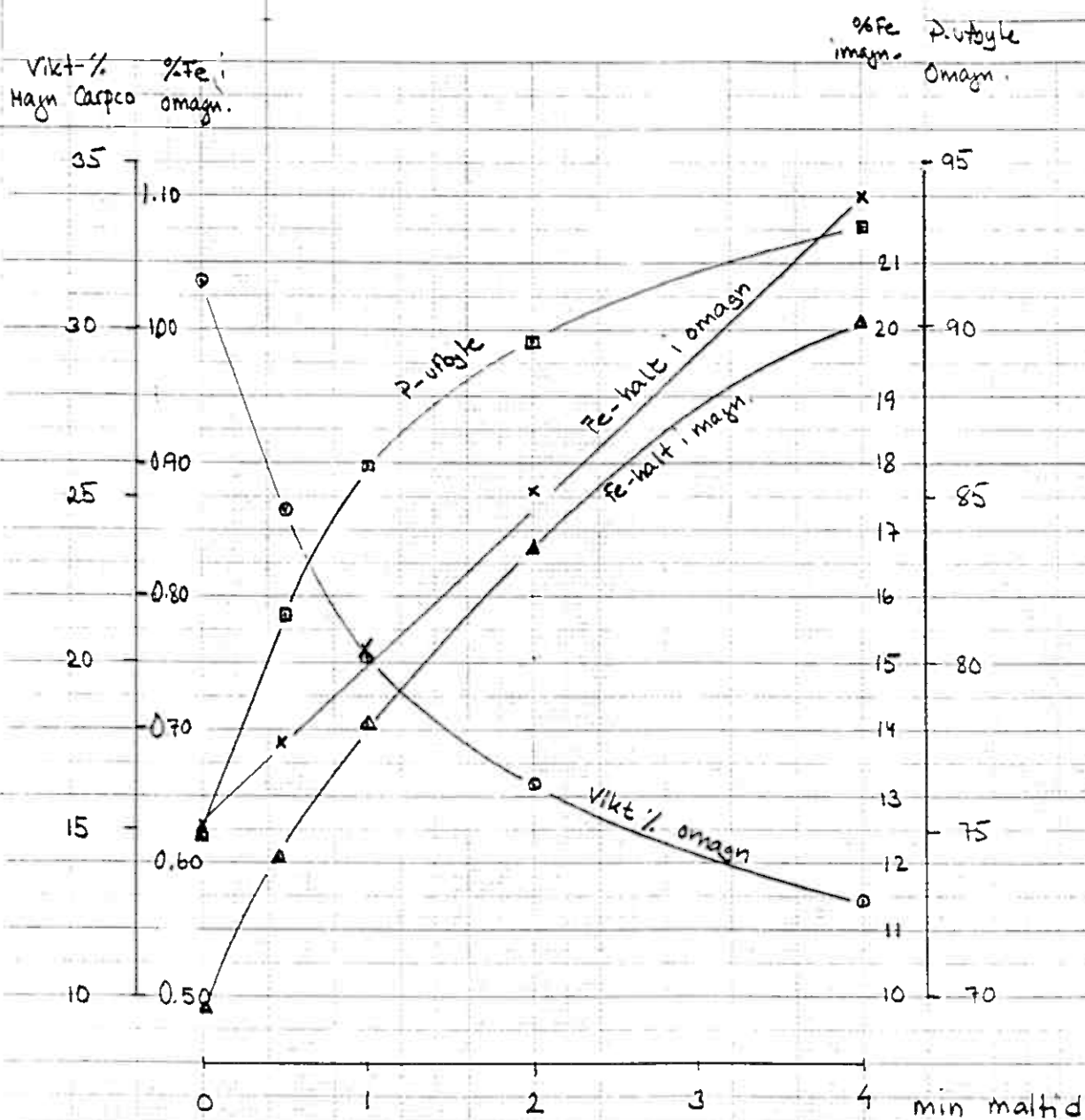
Behandlingsschema



Resultat

Reagens g/ton			Temp. °C	Tid + min		Produkter eller tillsatställe	Vikt %	Fe-%		P-%		S-%
Berol 857	Dex.	NaOH		Bland	Filt.			Halt	Förd.	Halt	Förd.	
200 100	200	75	19.2	1		PH-justerings Blandning	100.0	17.5	100.0	1.85	100.0	
			9.5	2								
			9.5	2								
			9.5	2	2 1/2	Apatitkonec 1						
	100	15	9.5	2	3	Apatitkonec 2	14.2	7.6	6.2	12.1	92.6	
			9.1	2		Apatitkonec 1-2	85.8	19.1	93.8	0.16	7.4	
			9.5	2		Blandning	14.2	7.6	6.2	12.1	92.6	
			9.2	2	4	Apatitkonec 1	11.1	4.8	3.0	14.6	87.4	
300	300	100	9.2			Returgods 1	3.1	17.9	3.2	3.1	5.2	
			9.5	1	3	Apatitkonec 2	10.2	3.9	2.3	15.2	83.8	1.2
			9.2			Returgods 2	0.9	14.6	0.7	7.3	3.6	
			9.2			Returgods 1-2	4.0	17.4	3.9	4.0	8.8	
	300	100	-	10	12 1/2	Jngaende Ber. Anal.	100.0	17.5	100.0	1.85	100.0	
			-	10	12 1/2			17.8		1.9		
			-	10	12 1/2							
			-	10	12 1/2							

För- sök nr.	Behandling	Produkter	Vikt - %		Halt - %			Fe-förd. %		P-förd. %	
			Sep.	Tot.	Fe	P	S	Sep.	Tot.	Sep.	Tot.
32 A	Separering av omalt konc.	Magn. CarpcO	31.4	3.2	9.8	12.2	3.6	87.7	2.0	24.8	20.8
		Omagn. CarpcO	68.6	7.0	0.63	16.9	0.14	12.3	0.3	75.2	63.0
		Jngaende Ber. Anal.	100.0	10.2	3.5	15.4	1.23	100.0	2.3	100.0	83.8
32 B	100g konc malt i satskvarn med 10st 1" slänger 1/2 min.	Magn. CarpcO	24.6	2.5	12.1	11.6		85.1	2.0	18.7	15.7
		Omagn. CarpcO	75.4	7.7	0.69	16.5		14.9	0.3	81.3	68.1
		Jngaende Ber. Anal.	100.0	10.2	3.5	15.3		100.0	2.3	100.0	83.8
32 C	Som ovan med 1min maltid	Magn. CarpcO	20.2	2.1	14.1	10.7		82.1	1.9	14.1	11.8
		Omagn. CarpcO	79.8	8.1	0.78	16.5		17.9	0.4	85.9	72.0
		Jngaende Ber. Anal.	100.0	10.2	3.5	15.3		100.0	2.3	100.0	83.8
32 D	Som ovan med 2min maltid	Magn. CarpcO	16.3	1.7	16.7	9.8		78.7	1.8	10.3	8.6
		Omagn. CarpcO	83.7	8.5	0.88	16.7		21.3	0.5	89.7	75.2
		Jngaende Ber. Anal.	100.0	10.2	3.5	15.6		100.0	2.3	100.0	83.8
32 E	Som ovan med 4min maltid	Magn. CarpcO	12.9	1.3	20.1	8.4		73.0	1.7	6.4	5.4
		Omagn. CarpcO	87.1	8.9	1.1	16.9		27.0	0.6	93.6	78.4
		Jngaende Ber. Anal.	100.0	10.2	3.6	15.8		100.0	2.3	100.0	83.8



Försök 32. Hält-utbytet som funktion av nedmalningen vid starkm. sep. av det flot. apatitkoncentratet