

Rapport nr. 90.155	ISSN 0800-3416	Åpen/Forreks til xxxxxx	
Tittel: Anvendelse av magnesitt fra talk-karbonat-forkomstene på Rauberget, Vik i Sogn.			
Forfatter: Svein Olerud		Oppdragsgiver: Norwegian Talc / NGU	
Fylke: Sogn og Fjordane		Kommune: Vik i Sogn	
Kartbladnavn (M. 1:250 000) Odda		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000) 1316 I, Myrkdalen	
Forekomstens navn og koordinater: Rauberget		Sidetall: 10	Pris: kr. 30,-
Feltarbeid utført:	Rapportdato: Desember 1990	Prosjektnr.: 67.1856.00	Seksjonssjef: <i>Henri Boarkey</i>
Sammendrag:  <p>Rapporten behandler mulighetene for å benytte magnesittkonsentratet fra en eventuell talk oppredning av Rauberget talk magnesitt forekomst. Magnesitt/breunneritt kan oppkonsentreres til et magnesittkonsentrat som vil inneholde 6-7% FeO. Fra dette konsentratet kan det skilles ut en liten andel med 2-3% FeO. Det vil si at det kan lages MgO-produkter med et høyt jern innhold ved en vanlig kalsineringsprosess. Disse kvalitetene er vanskelig omsettelige, eller dårlig betalte. En rekke metoder for kjemisk behandling av magnesitt beskrives. Disse prosessene kan benytte et hvilket som helst magnesitt råstoff, og marked og pris vil avgjøre om det er mulig. Mineralogiske undersøkelser bekrefter at det finnes olivin med høyt MgO innhold (54-56%), men det er ikke funnet større, rene partier med dunitt som har kommersielle kvaliteter.</p>			
Erneord	magnesitt		
industrimineraler	talk		
oppredning	olivin		

## Innhold

Anvendelsesområder for magnesitt	4
Magnesiumoksyd	4
Magnesium metall	5
Magnesitt fra Rauberget	5
Sideberget	6
Endel prosesser for kjemisk behandling av magnesitt	7
Undersøkelse av olivin fra Rauberget	8
Konklusjoner	9
Referanser	10

## Anvendelsesområder for magnesitt

Denne rapporten er et supplement til den undersøkelsen Tor Arne Karlsen har gjort på talk-karbonatmalmen og olivinforekomstene i Rauberget, Vik i Sogn. Oppdraget er gjort på oppdrag fra og i samarbeid med Norwegian Talc A/S. Rapporten tar for seg resultatene fra Karlsens (1990a og 1990b) undersøkelser av mineralogien og vurderer en eventuell anvendelse av mineralene. De viktigste anvendelser for magnesitt er som råstoff for lettbrent MgO, dødbrent MgO og til magnesium metall.

## Magnesiumoksyd

Magnesiumoksyd er et viktig råstoff i den industrialiserte del av verden. På grunn av magnesiumoksydets kjemiske inerthet og meget høye smeltepunkt blir det brukt i stor skala for fremstilling av ildfaste materialer for nesten alle typer høy-temperatur ovner som stålovner, metalliske prosessenheter, sementovner m.m. (Benbow 1987). Verdens forbruk av magnesiumoksyd er ca 8 mill. t og av dette går ca.80% til ulike typer ildfaste materialer. Resten benyttes til fremstilling av dyrefor, kunstgjødsel, spesialsement, kjemisk- og farmasøytisk industri, petrokjemi, fyllstoffer, pigmenter, m.m. Mer enn 65% av Mg-oksydet i verden stammer fra magnesitt, mens resten kommer fra sjøvann, saltleier og saltsjøer. Det er hittil ikke funnet magnesittforekomster av interesse i fastlands Norge, men deler av Norge regnes å ha et godt potensiale for funn. Mg-oksydet framstilles ved kalsinering av magnesitt eller andre Mg-mineraler.

Dødbrent (1450-1750°C) magnesiumoksyd er hovedkvalitet for ildfaste materialer. De reneste kvaliteter har det høyeste sintrings og smeltetemperaturer og er derfor best betalt. Sintringstemperaturen varierer fra ca 1500 grader for høy Fe kvaliteter til over 1800 grader for kvalitetene med høyest Mg innhold.

Krav til MgO som råmateriale for magnesia-carbon ildfast materiale i basiske oksygen stål ovner er i området: >95% MgO, <1%Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO:SiO<sub>2</sub>>2, bulk tetthet >3.4g/ccm, lavt bor innhold. Kvalitetene deles vanligvis i 1st. grade og 2nd. grade, de dårligste kvaliteter innen 2nd. grade har 87% MgO og 8% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Priser for 1st. grade er i størrelsesorden 2500kr/t, mens 2nd grade er størrelsesorden 1500 kr/t (Coope 1987), men det selges kinesisk dødbrent magnesia ned til 900 kr/t.

Kalsinert eller halvbrent (700-1000°C) magnesiumoksyd er kvaliteter for industriell anvendelse. Dette er energikrevende prosesser; 0.4KWh/kg for lettbrent oksyd og 1.0-1.5KWh/kg for dødbrent. For eksempel for dødbrent MgO basert på magnesitt er

ca. 70% av produksjonskostnadene energi, for lettbrent MgO det ca. 60%. Norsk Hydro selger endel lettbrent magnesiumoksyd som halvfabrikata fra sin magnesium produksjonen. Priser for kalsinert MgO ligger i størrelsesorden 1100 kr/t for produkter med +85% MgO.

### Magnesium metall

Norsk Hydro i Porsgrunn er eneste magnesium produsent i landet, og de produserer 56 000t pr år som er ca. 20% av den vestlige verdens produksjon.

Råvarene til produksjonen er norsk dolomitt og sjøvann samt importert magnesiumklorid-oppløsning. Magnesium fremstilles ved kalsinering av dolomitt (inneholder max. 21.8% MgO) eller magnesitt (max. 47.8% MgO) som begge gir mellomproduktet magnesiumoksyd. Magnesiumoksydet blir deretter behandlet med smelteelektrolyse sammen med MgCl<sub>2</sub> i en kloridsmelte eller ved en termisk reduksjon.

Både kalsineringen og elektrolyseprosessene er meget energikrevende og det totale energibehovet er meget høyt, ca. 19kWh/kg. Det foregår derfor en omlegging av magnesiumproduksjonen fra dolomitt til magnesitt som har en lavere kalsineringstemperatur og et høyere Mg-innhold. Norsk Hydros nye fabrikk i Canada er basert på magnesitt. Mineralene brucitt med max. 69% MgO, olivin (max. 57.3% MgO) og serpentin (max. 43.6% MgO) er også aktuelle magnesiumkilder som vil kunne gi en energireduksjon i framstillingsprosessen i forhold til prosessen med dolomitt og sjøvann.

Norsk Hydros krav til magnesium metall produksjon fra magnesitt er MgO>45%, CaO<1%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub><0.5%, SiO<sub>2</sub><1% i tillegg krav til lave Mn, Ni, S og B verdier. (Vrålstad 1988). Disse kravene er meget strenge og bare et fåtall magnesittforekomster i verden tilfredstiller disse kravene uten en omfattende oppredning. Magnesitt fra Rauberget er uaktuell da jerninnholdet ligger på 6-7% i gjennomsnitt.

### Magnesitt fra Rauberget

Mulighetene for å lage salgbare MgO produkter avhenger av magnesittkvalitetene som kan oppnås ved en eventuell flotasjon og magnetseperasjon. Karlsens undersøkelser viser at magnesiumkarbonatene er magnesitt og breunneritt, der FeO innholdet varierer fra 1.7% til 11.7%. Magnesitten har vanligvis 2-3% FeO og utgjør ofte kjernen av breunneritt kornene. Breunneritt har vanligvis 7-10% FeO. Det opptrer også en talkkarbonat bergart i noen områder (Karlsen 1990a) som har dolomitt i stedet for magnesitt. En gjennomsnittsverdi for et

magnesitt/breunneritt konsentrat fra Rauberget vil ligge i størrelseområdet 6-7% FeO som tilsvarer et ferdig dødbrent MgO-produkt med 12-14% FeO og ca 85% MgO.

Flotasjonsforsøk med prøver fra Rauberget (Ljøkjell 1988) viser at det er mulig å separere ut forskjellige magnesitt kvaliteter ved magnetisk separasjon. Forsøkene ga 5.87% Fe i magnetisk fraksjon og 0.64% Fe (0.9% FeO) i umagnetisk fraksjon.

Dataene vi har fra de mineralogiske undersøkelsene tyder på at det kan la seg gjøre å produsere to kvaliteter med magnetseparasjon. En "lavmagnetisk" (2-3% FeO) fraksjon som vil utgjøre en liten andel. Mens den største andelen vil gå i en magnetisk del med 6-7% FeO.

De produktene som kan fremstilles fra magnesitt fra Rauberget vil trolig ikke bli akseptert som dødbrent MgO til ildfast materialer, da jerninnholdet i produktet blir for høyt. Innenfor lettbrente kvaliteter til gjødsel og dyrefór aksepteres henholdsvis minimum 80% og 85% MgO (Coope 1989) og det er ikke presise grenser for innhold av kalsium, silisium, jern og aluminium, slik at det der kan finnes markedsnisjer som aksepterer kjemien i et lettbrent MgO produkt. Prisen for MgO som dyrefór er i området 800-1000kr/t, mens gjødnings kvalitetene er noe lavere.

### Sideberget

Sideberget til talk/magnesittbergarten er som regel serpentinit. Karlsen (1990) definerer 2 typer serpentinit:

- 1) Serpentinit som inneholder 66-96% serpentin, 3-33% karbonat, 0-5% talk og 1-8% erts.
- 2) Karbonat og talkførende serpentinit som er en overgangsbergart med mineralinnhold 35-60% serpentin, 15-35% talk, 15-45% karbonat og 1-5% erts.

Dersom en kjemisk utluting av magnesitt eller hele malmen er aktuelt vil dette naturlig inkludere "forurensninger" fra sideberget. Det foreligger kjemiske analyser av serpentinit med forskjellig innhold av magnesitt (Graff 1988) og det er gjort forsøk med syrbehandling av de samme prøver. Forsøkene med syrbehandling viser at Mg og Fe innholdet i serpentinen går relativt lett i løsning, sammen med magnesitten.

Ved utluting av serpentin får en et restprodukt av silika. Dette silikaet har bevart kornformen, men Mg- og Fe-ionene i gitteret er laket ut og opptrer som ioner. Restproduktet er et lyst pulver med en spesifikk overflate på 220 m<sup>2</sup>/g, et spesifikt porevolum på 0.2 cm<sup>3</sup>/g og en porøsitet på 27%. Dette amorfe silika kan ha verdi som pozzolan tilslag til betong og muligens som fyllstoffer i forskjellige sammenhenger. Det må i så fall

først males/mikroniseres ned til kornstørrelser <5 mikron. Disse egenskapene er ikke testet ennå.

#### Endel prosesser for kjemisk behandling av magnesitt.

Det finnes en rekke eksisterende prosesser som benytter magnesitt som råstoff for å produsere andre magnesiumholdige produkter. Hovedsaken med alle er å få kjemisk renere produkter og høyere priser enn den opprinnelige magnesitten. Felles for alle prosessene er at de involverer andre kjemikalier og nødvendigvis vil gi avfalls stoffer.

1. Syrebehandling med HCl eller H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, produktet forsøkes solgt direkte som MgCl<sub>2</sub> eller MgSO<sub>4</sub>. MgSO<sub>4</sub>\*H<sub>2</sub>O (kieseritt) dannes ved inndampning av væsken, og kan brukes i gjødsel.

2. Utluting med H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> deretter kalsinering av Mg<sub>3</sub>O<sub>4</sub> som gir MgO og SO<sub>2</sub> som kan tilbakeføres til lutetrinnet. Forutsetter væske-væske ekstraksjon av Fe, etc. før kalsineringen (Rosenquist 1984).

3. Kalsinering av magnesitten ved 700 grader, deretter behandling med SO<sub>2</sub> og luft som gir MgSO<sub>4</sub>. Felling av Fe. Kalsinering av MgSO<sub>4</sub> til MgO og SO<sub>2</sub> som kan tilbakeføres til lutetrinnet. (Rosenquist 1984)

4. Utluting av magnesitt i HCl. Utfelling av Fe, etc. til man har et relativt rent MgCl<sub>2</sub>. Amanprosessen ved 500-600 grader gir MgO og HCl. HCl tilbakeføres til luteprosessen (Coope 1987).

5. Røsting av magnesitt sammen med svovelkis gir MgSO<sub>4</sub> og kisavbrann. Røsting av MgSO<sub>4</sub> til MgO og SO<sub>2</sub> som kan tilbakeføres til prosessen (Rosenquist 1984). Kan muligens kombineres med Outokumpu prosessen med produksjon av gedigent svovel og jernmatte.

6. Syrebehandling av hele malmen, vil gi et residuum bestående av talk, kromitt, kloritt mm. Talken vil kunne oppkonsentreres til et relativt rent talkprodukt. Magnesitten vil gå i løsning og CO<sub>2</sub> drives av. Denne løsningen vil bestå av Mg- og Fe-klorider eller sulfater avhengig av hvilken syre som benyttes i prosessen.

7. Sulzer prosessen for å fremstille rene MgO produkter med høy tetthet ut fra magnesitt med høy andel uønskede elementer. Det brukes kalsinert magnesia som løses med kalsium klorid og karbondioksid. Løsningen konverteres til nesquehonite (MgCO<sub>3</sub>\*3H<sub>2</sub>O) ved hjelp av ammoniakk og karbondioksid. Dette mineralet konverteres så til MgO ved kalsinering, pelletisering og sintringsrute (Coope 1989). Mineralet

nasquehontite er trolig anvendbart som flammhindrende filler direkte.

8. Ruthner prosessen er basert på spray røsting av magnesiumklorid for å danne MgO og HCl direkte. Magnesiumkloridet fås med saltsyrebehandling av magnesitt (Coope 1989).

9. Kjemisk utfelt hydromagnesitt. Forfatteren vil kaste fram forslaget om at på samme måte som PCC lages fra kalkspat kan hydromagnesitt lages fra kjemisk løst magnesitt.

Det finnes komersielt tilgjengelig hydromagnesitt fra en gresk produsent med følgende kjemiske innhold; 38% MgO, 8% CaO, 44% CO<sub>2</sub> og 9% H<sub>2</sub>O med egenvekt 2.5g/cm<sup>3</sup>, hvithet 95. Denne hydromagnesitten brukes hovedsaklig som flammehindrende fyllstoff, da vanninnholdet gjør den godt egnet.

Canterford & Moorees (1985) har beskrevet en prosess for fremstilling av hydromagnesitt og flere andre vannholdige magnesiumkarbonater på grunnlag av magnesitt uten tilsetning av andre kjemiske stoffer. Magnesitten kalsineres først til MgO, CO<sub>2</sub> tas vare på fra denne prosessen. MgO løses så under CO<sub>2</sub> overtrykk til Mg<sup>2+</sup> og HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. Overskuddet av CO<sub>2</sub> fjernes så og hydromagnesitt og andre vannholdige magnesiumkarbonater felles ut.

Ved en kjemisk prosess for fremstilling av hydromagnesitt kan trolig både kjemi, partikkelform og -størrelse varieres. Disse faktorene kan tilpasses kundenes krav på samme måte som man gjør med PCC. Mulige anvendelser vil være som flammehindrende fyllstoff, og muligens endel spesielle fillere.

Det bør gjøres en vurdering av disse prosessene på et tidligst mulig stadium for å se om noen av dem kan være økonomiske med utgangspunkt i magnesitt fra Rauberget. Prosessene som lager MgO etter en kjemisk utluting/rensing av magnesitt vil nok i utgangspunktet være vanskelig å få økonomiske da de konkurrerer med magnesittforekomster som kan brukes direkte uten kjemisk eller oppredning behandling.

Den eneste realistiske mulighet synes å være å satse på produkter i toppen av prisskalaen. En bør først og fremst vurdere om det er mulig å produsere f.eks >99% MgO som i pris vil ligge opptil 8-10 ganger høyere enn "vanlige" >95% MgO kvaliteter. Disse kvalitetene produseres vanligvis med utgangspunkt i sjøvann, brines og serpentin. Forslaget om å produsere kunstige vannholdige magnesiumkarbonater bør etter min mening vurderes seriøst.

#### Undersøkelse av olivin fra Rauberget.

Det er fra tidligere (Bakke 1985) kjent at olivinen i Raubergfeltet har høye MgO verdier. Karlson (1990) har undersøkt dette med mikrosonde og bekreftet at olivinen har MgO innhold på

54-56%. Borkjerner der det tidligere var påvist olivin ble relogget og analysert. Resultatet er at alt som tidligere er logget som olivinstein er delvis eller helt omvandlet til serpentin. Dette betyr at bergarten har et høyt vanninnhold (>4%) som gjør den uegnet til slaggdanner og støpesand som er de viktigste anvendelsesområder for olivin.

Det er ikke påvist rene olivin partier av betydning i kjernene som er relogget.

### Konklusjoner

1. Magnesitt/breunneritt kan oppkonsentreres ved flotasjon til et konsentrat som vil inneholde 6-7% FeO. Ut fra dette konsentratet kan det med høyintensitets magnetseparator fremstilles en liten andel av magnesitt konsentrat som vil inneholde 2-3% FeO. Hovedproduktet vil ha for høyt innhold av jern til å kunne aksepteres som råstoff for dødbrent MgO. Det er mulig at det kan finnes et marked innenfor lettbrente MgO kvaliteter som for eksempel til dyrefor og gjødsel.

2. Det fins en rekke metoder for å behandle magnesitt kjemisk for å fremstille kjemikalier som magnesiumklorid, magnesiumsulfat, kieseritt, magnesiumoksyd eller andre magnesiumkarbonat mineraler. Råstoffet fra Rauberget vil være akseptabelt til disse prosessene da karbonatet i alle tilfellene først må løses, uønskede metaller som jern må felles ut for så å kunne produsere det ønskede kjemikalium eller mineral.

En annen vurdering er det selvfølgelig hva det finnes marked for og hva som kan produseres med overskudd, dette vil være avhengig av beliggenhet i forhold til leverandør av kjemikalier, marked etc..

3. Undersøkelsene har bekreftet at det finnes olivin med høyt MgO innhold (54-56% MgO), men det er ikke funnet større, rene partier med olivinstein i de reloggede kjernene som har kommersielle kvaliteter.



## Referanser

- Bakke, S. 1985: Diamantboring i Raubergfeltet 1984. Foreløpig rapport. NGU rapport 85.015, 35s.
- Bakke, S. 1986: Talk i Raubergfeltet. NGU rapport 86.018, 14s.
- Canterford, J.H. & Moorees, C. 1985: Magnesia from magnesite by calcination/carbonic acid leaching: precipitation from solution and final product recovery. Bull. Proc. Australas. Inst. Min. Metall. Vol 290, No.8 Dec, 1985. 67-70.
- Coope, B. 1987: The world magnesia industry. Smaller but fitter...and purer! Ind. Min. feb. 1987.
- Coope, B. 1989: Magnesia markets. Fit for optimism. s45-57. Ind. Min. Sept. 1989.
- Graff, P-R. 1988: Utluting av serpentinit. Del 1: NGU rapport 88.189, 30s.
- Karlsen, T.A. 1990a: Mineralogisk undersøkelse av talk-karbonat-malm, Raubergfeltet, Vik i Sogn. NGU rapport 90.086, 71s.
- Karlsen, T.A. 1990b: Undersøkelse av olivinstein-forekomster, Raubergfeltet, Vik i Sogn. NGU rapport nr 90.087, 17s.
- Ljøkjell, P. 1988: Oppredning av talkråstoff fra Framfjord. Oppredningslaboratoriet, rapp. 33/88, 7s.
- Power, T. 1986: Reconstructed and rationalised. The world's major refractory producers. Ind. Min. Sept. 1986, s45-67.
- Rosenquist, I.: 1984: Kjemisk/metallurgisk utnyttelse av avgangsprodukter fra talkforekomster i Indre Sogn. Intern notat, Met. Inst. NTH
- Trønnes, R. 1988: Kjernboring langs østgrensen av Raubergmassivet, 1986-1987. NGU rapport 88.027, 22s.
- Vrålstad, T.: Magnesitt; nytt råstoff for magnesium metall. Malmgeologisk symposium, plenumsmøte 29.30. nov 1988, Trondheim. Nye råstoffer - Nye produkter. s193-200.