

NGU-RAPPORT 89.032

**Muligheter ved å bruke naturgass
i mineralbasert industri
i Finnmark**

Rapport nr.	89.032	ISSN 0800-3416	Åpen/ Fortrolig til
Tittel: <p style="text-align: center;">Muligheter ved å bruke naturgass i mineralbasert industri i Finnmark.</p>			
Forfatter: Svein Olerud		Oppdragsgiver: NGUs Finnmarksprogram	
Fylke: Finnmark		Kommune:	
Kartbladnavn (M. 1:250 000)		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 22	Pris: 40,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 24.01.89	Prosjektnr.: 23.1886.34	Seksjonssjef: <i>Svein Olerud</i>
Sammendrag:			
<p>• Rapporten ser på forutsetningene for å etablere mineralbasert industri i tilknytning til et eventuelt ilandføringssted eller en rørledning for naturgass i Finnmark.</p> <p>Prosesser som bruker naturgass som råstoff, som reduksjonsmiddel og som energikilde beskrives.</p> <p>Det foreslås at følgende prosesser der gass benyttes kan være aktuelle for Finnmark: Termisk spalting av naturgass for produksjon av "carbon black" og hydrogen, produksjon av jernpulver basert på super-slig fra A/S Sydvaranger, svampjern basert på slig fra A/S Sydvaranger, kunstig wollastonitt produksjon, mineralull og lettklinker produksjon. Råstoffer til disse produktene finnes eller bør kunne finnes i fylket.</p> <p>Som bakgrunnsmateriale er i tillegg tatt med beskrivelse av en rekke prosesser som vil kunne ha fordeler av billig tilgjengelig gass. Det er produksjon av kunstgjødse, karbotermisk reduksjon av magnesiumoksyd, svovel- og svovelsyre fra svovelkis, magnesium, magnesiumoksyd, keramiske fibre, teknisk keramikk, sement, brent kalk og teglstein.</p>			
Emneord	Industrimineraler	Prosesskjemi	Fagrapport
	Naturgass	Industrimineraler	
	Metallurgi	Malmgeologi	

INNHOOLD

Innledning	3
Termisk spalting av metan, carbon black produksjon	5
Metallpulver - pulvermetallurgi	5
Svampjern	6
Kunstig wollastonitt	6
Mineralull	8
Lettklinker - Leca	10
Konklusjoner	11
Appendiks	12
Svovel og svovelsyre fra svovelkis	12
Magnesium	14
Magnesiumoksyd	14
Karbotermisk reduksjon av magnesiumoksyd	15
Alumina, Anortal prosjektet	15
Ildfaste materialer	15
Planglass	16
Kunstige zeolitter	17
Keramiske fibre	17
Teknisk keramikk	18
Sement	19
Brent kalk	19
Teglverk	19
Kombinasjoner av prosesser	20
Referanseliste	21

MULIGHETER VED Å BRUKE NATURGASS I MINERALBASERT INDUSTRI I FINNMARK.

Av Svein Olerud
Norges geologiske undersøkelse
Postboks 3006
7002 Trondheim

INNLEDNING

Denne rapporten er skrevet til Finnmark fylkekommune for å vurdere mulighetene for mineralbasert industri i tilknytning til en eventuell ilandføring av gass i fylket. Det foreslås endel prosesser for foredling av mineraler som vil ha fordeler av å ligge i umiddelbar nærhet av ilandføringsstedet eller en eventuell gassledning. Det er i rapporten lagt vekt på prosesser der en har mineralske ressurser i fylket som kan være aktuelle råstoffer i sammen med gassen. I tillegg til disse forslagene er det tatt med som et appendiks i rapporten en rekke andre prosesser basert på mineraler, som ikke fins i interessante mengder i fylket, men som likevel kan være interessante da energikostnadene i endel av disse prosessene langt overstiger mineralråstoffet. Det poengteres at rapporten legger fram endel tekniske ideer som må utredes nærmere for å kunne vurdere om de er realistiske. Det er ikke gjort økonomiske kalkyler for å vurdere lønnsomheten i de enkelte prosesser som er foreslått.

Mineralbasert energikrevende industri bruker ca 30% av den totale elektriske energi som produseres i Norge. Aluminium, ferrosilisium og jern/stål produksjon står for den alt vesentligste delen av dette forbruket. I disse tre metallurgiske prosessene er elektrisk energi selve grunnlaget for industrien og den kan ikke erstattes av gass uten at denne først konverteres til elektrisk kraft. Tabell 1 viser energiforbruket i mineralbaserte prosesser i Norge, basert på data fra Statistisk Sentralbyrå.

Tabell 1: Energiforbruk i mineralbaserte prosesser i Norge.

	kull	koks	p-koks	olje	elek.	gass
		1000	tonn		GWh	1000t
Keramikk, glass					236	0.5
Teglvarer, betong	15.8			27	155	0.7
Jord og steinvarer	15.2	12.2			128	
Sement og kalk	127.2		8.8	12	221	
Jern og stål	4.2	258.5		15	2014	
Ferrolegeringer	371.6	446.9	5.9	4	7302	
Støping av jern/stål	1.6	0.2			223	
Aluminium			169.0	39	13084	2.0
Andre metaller		20.9		28	2181	26.0
Kunstgjødsel				66	3200	225.4
sum					28744	

Ved produksjon av el-kraft ligger virkningsgraden på 45-50% for kombinerte gassfyrte anlegg, for gassturbiner ligger virkningsgraden på vel 30%, mens for gassfyrte kondensanlegg ligger den på vel 40%. Ved direkte anvendelse av gassen til oppvarming utnyttes 75-80% av gassens energi. Fordelen ved å bruke gass ligger altså først og fremst i prosesser som kan utnytte energien bedre enn et gasskraftverk, samt i energiprisen for gass kontra el-kraft.

Det er lagt vekt på å vurdere industriprosessene fremfor mineralforekomstene i denne utredningen. Vurdering av plassering av industrianlegg i forhold til mineralforekomster vil være forskjellig fra tilfelle til tilfelle, men generelt kan man si at verdien av mineralene i de diskuterte prosesser er såpass lav at lokaliseringen til energikilden ofte er av større betydning enn mineralforekomstenes plassering.

Denne rapporten tar for seg en rekke energikrevende industriprosesser basert på mineralske råstoffer. I noen av disse prosessene benyttes det idag gass og i noen benyttes det olje, kull eller koks til oppvarming som relativt enkelt kan erstattes av gass. Prosessene kan deles inn i tre forskjellige typer etter anvendelsesområde for gassen:

1. Gass som råstoff. I denne rapporten diskuteres bare produksjon av carbon black og hydrogen ved termisk spalting av naturgass og kunstgjødselproduksjon da flere større prosjekter (SPUNG) jobber med konvertering av gass for tiden.
2. Gass som reduksjonsmiddel. Her beskrives følgende prosesser: svovel og svovelsyre fra svovelkis, produksjon av metallpulver, svampjern og magnesium koks.
3. Gass som energikilde i mineralbaserte prosesser. Det er her særlig sett på prosesser som idag benytter fossile brennstoffer eller prosesser der gass kan erstatte elektrisitet. Her beskrives følgende produksjonsprosesser: magnesium metall, magnesium oksyd, alumina, planglass, kunstig wollastonitt, kunstige zeolitter, mineralull, keramiske fibre, teknisk keramikk, sement, kalk, lettklinker og tegl. Alle disse prosessene vil med gass kunne kjøres med mindre forurensninger enn det som er tilfelle idag ved kull, koks eller oljefyrte anlegg.

Noen av de omtalte prosessene er basis for veletablert bedrifter med gode markedsandeler som neppe lar seg flytte til en eventuell gassledning, særlig når det antakelig vil være et tidsspørsmål når de store industrikonsentrasjonene i Østlandsområdet vil få et distribusjonsnett for gass. Mer interessant er nyetableringer av prosesser som ikke trenger gigantiske anlegg og har spesialiserte produkter for nisjer i markedet.

Forslag som bør utredes nærmere og etter forfatterens mening burde ha fortrinn ved en etablering i nærheten av ilandføringsstedet og/eller en gassledning er: produksjon av carbon black, jernpulver, svampjern, kunstig wollastonitt, mineralull og lettklinker.

Termisk spalting av metan, carbon black produksjon.

Carbon black er et meget rent produkt som hovedsaklig benyttes til forsterkning av gummi, endel benyttes som pigment og som filler i plast. Det brukes for eksempel 350 000t karbon produkter i anoder i aluminium industrien, men disse og elektrodemassee blir nå fremstilt av syntetisk grafitt på grunnlag av petrolekoks eller andre oljeprodukter. Carbon black er en mellomting mellom krystallin grafitt og amorf kull. Forskjellige produkter leveres i ekstremt fine kornstørrelser i området 100-5000 Ångstrøm.

Carbon black produseres idag i prosesser som kan klassifiseres i to grupper. I den første gruppen er naturgass råstoffet for produksjonen. Dette er kanal prosessen, termal prosessen og gass ovn prosessen. I den andre gruppen benyttes olje og gass som råstoff. Gassen er da en bærer for den oljen i dampform i tillegg til at gassen fungerer som brenngass. To aktuelle prosesser for denne produksjonen er den tyske gass-sot prosessen og olje ovn prosessen (Dittrich 1973). Disse prosessene er basert på forbrenning med oksygenunderskudd og de produserer ikke ren hydrogen som biprodukt, men en gass som i hovedsak består av CO, CO₂, H₂, N₂, CH₄ og vanndamp. Med unntak av en prosess som er basert på acetylen benytter disse prosessene bare 1-65% av karbonet i gassen.

Prosesen med termisk spalting av naturgass, eller bestemte komponenter fra den kan gi rent karbon pluss ren hydrogengass som produkter. Spalting eller cracking foregår i et metallbad ved 15-1600 grader for metan gass og ved ca. 900 grader for etylen gass. Prosessen gir et bedre utbytte enn den tradisjonelle carbon black produksjonen. Det andre spalteproduktet, hydrogen har en rekke anvendelsesområder innen metallurgisk og kjemisk industri. (Informasjon fra forsker Ola Raaness, SINTEF).

En kombinasjon med anlegg som kan utnytte hydrogenet fra spalte prosessen vil være interessant. Metallpulverproduksjon fra A/S Sydvarangers super slig på basis av Pyron prosessen burde derfor utredes videre.

Metallpulver - Pulvermetallurgi

Metallpulvere brukes idag til støping av store serier kompliserte metalldeleer i for eksempel husholdningsmaskiner. Jernpulver blandes sammen med andre metallpulvere til riktig legering og presses i en form ved ca. 2000 atm. hvor den så sintres ved 1500-2000grader til stål av ønsket kvalitet.

Til fremstilling av jernpulver brukes magnetitt eller hematitt konsentrater i form av super slig. A/S Sydvaranger produserer nå en av verdens reneste jernoksidkonsentrater på 72.1% jern fra magnetitt ved en komplisert rensing av sliget som blant annet innebærer flotasjon. Dette supersliget selges idag til Höganes i Sverige der det lages jernpulver av det.

I fremstilling av jernpulver reduseres superslig ved hjelp av hydrogengass (Pyron prosessen), koks (Høganes prosessen) eller med naturgass (pers. kom. Leiv Kolbeinsen, SINTEF). Dette er teknologier som ansees å bli viktig i tiden som kommer, fordi det ikke nødvendigvis krever store metallurgiske anlegg til å produsere metallpulver eller ferdige produkter i store serier. Det finnes idag ingen produksjon av metallpulver her i landet. SINTEF avd. metallurgi har imidlertid pulvermetallurgi som et av sine satsningsområder.

Produksjon av jernpulver fra A/S Sydvarangers superslig burde være spesielt interessant i kombinasjon med hydrogen/carbon black produksjon da en kan utnytte hydrogenet i Pyron prosessen. Gassen kan også benyttes som reduksjonsmiddel direkte.

Svampjern

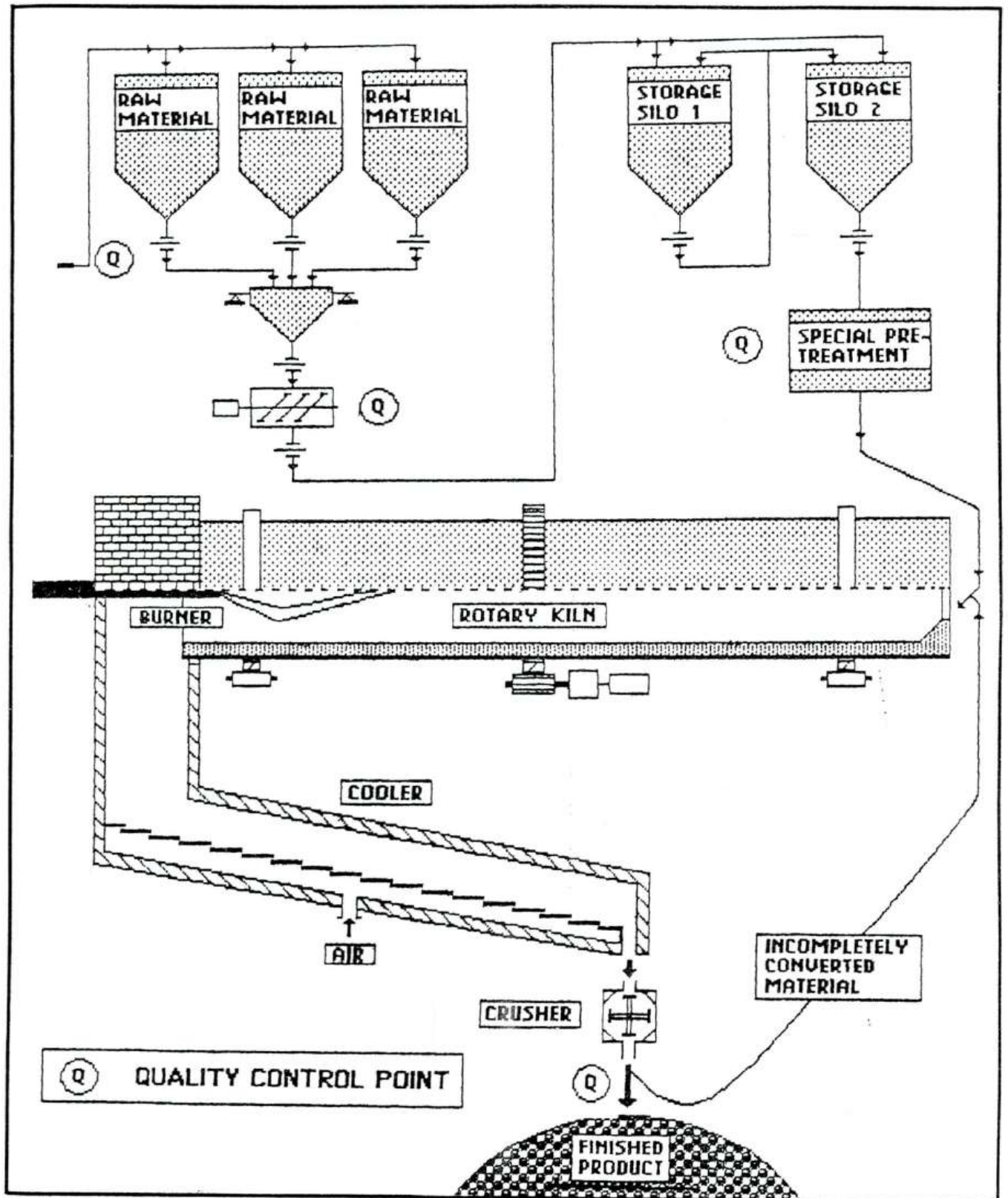
Svampjern er en jernkilde for stålproduksjon på samme måte som skrapjern. Det antas at skrapjern vil bli mangelvare på grunn av overgangen fra de store stålverkene til minstålverk. Jernoksyd pellets reduseres i denne prosessen ved 8-900grader med karbonoksyd og hydrogen til et jernprodukt med ca 90% jern. Bare ca. en tredjedel av gassen blir forbrukt. Et svampjernverk må nødvendigvis være stort på grunn av de lave prisene på jernprodukter. Det planlagt svampjernverket til A/S Sydvaranger i Emden i Vest Tyskland ble som kjent ingen suksess og motiveringen for å prøve dette igjen er nok heller dårlig for tida, selv om forutsetningene har snudd seg en del siden den gang. En foredling av sliget fra A/S Sydvaranger til svampjern vil bli vurdert igjen dersom en fikk gass til Kirkenes. (Informasjon fra prof. Tor Grong, SINTEF).

Kunstig wollastonitt

Mineralet wollastonitt (CaSiO_3) har de siste tiår fått en bred industriell anvendelse. Markedet kan deles i to bruksområder etter hvor fibrig mineralet er. Den ikke fibrige wollastonitten brukes til keramikk, isolatorer, metallurgisk flux og filler. Den fibrige mineralet som har et forholdstall på 1:15 til 1:20 mellom bredde og lengde brukes til erstatning for asbest i en rekke sammenhenger og som filler/forsterker i plast og resin materialer. Verdens forbruk av wollastonitt var i 1985 270 000 tonn og markedet ekspanderer raskt (Roskill 1987, Power 1986a). Norge har ingen forekomster av wollastonitt som er utnyttbare idag.

Mineralet kan produseres kunstig på basis av kvarts og kalkstein. Dette er spesielt interessant for å produsere rene kvaliteter til bruk som flux middel og i keramikk.

Fig. 1. Skjematisk flytskjema for produksjon av syntetisk wollastonitt (Kienow et al. 1988).



Prosessen foregår i en høytemperatur sintringsovn ved opptil 1450 grader (se fig. 1). Energiforbruket er 0.6-0.9kWh/kg wollastonitt og gass er et egnet brennmiddel. Den eneste produsenten av kunstig wollastonitt er det tyske Rheinische Kalksteinwerke GmbH og Dolomittwerke GmbH. Ved denne prosessen utgjør brenselkostnadene hele 90% av produksjonskostnadene. Dette selskapet produserer også mindre mengder syntetisk diopsid ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) og mayenitt ($\text{Ca}_{12}\text{Al}_{14}\text{O}_{33}$) (Kienow et al. 1988). Kunstig diopsid kan produseres fra dolomitt og kvarts og mayenitt fra kalkspat, kalsiumhydrat, brent kalk og alumina i samme ovnen som wollastonitt produksjonen foregår.

Det produseres idag fire forskjellige kvaliteter wollastonitt. To kvaliteter for keramikk med meget lavt jerninnhold og to kvaliteter til metallurgiske formål med meget lave svovel og fosforinnhold (total S+P under 0.01%). Dette er produkter som har høye krav til kjemisk renhet på råstoffet som benyttes.

I Finnmark har en idag produksjon i Tana kvartssittbrudd, en har en potensiell kvartssitt forekomst i Neverfjord forekomsten i Kvalsund og en har en potensiell forekomst av hydrotermal kvarts i Svanvik i Sør-Varanger. Når det gjelder kalkspat har en idag lite kunnskaper om interessante forekomster.

Dolomitt forekomstene i Børselv er kjent, men egnethet til en eventuell diopsidproduksjon er ikke vurdert.

For å kunne vurdere et prosjekt som wollastonittproduksjon er det derfor viktig å ha en nøyaktig oversikt over kvarts/kvartssitt, kalkspat og dolomitt forekomstenes kjemiske sammensetning og egnethet i en eventuell prosess. Det anbefales at dette utredes.

Forsøk ved SINTEF har vist at det er mulig å produsere også fibrige wollastonitt kvaliteter kunstig, det utvider mulige anvendelsesområder betraktelig. Dette gjør det spesielt interessant å vurdere en slik produksjon i tilknytning til en gassledning nærmere.

Mineralull

Mineralull deles inn i steinull som er smeltet bergart (diabas o.l.) og glassull som er smeltet kvartssand med tilsetninger. Smeltemassen (1450 grader for glassull) blir under påvirkning av varmluft eller hurtigroterende plater forvandlet til forskjellige typer mineralullprodukter. Hovedanvendelsen er varmeisolasjon. Steinull og glassvatt har omtrent halvparten av det norske markedet hver.

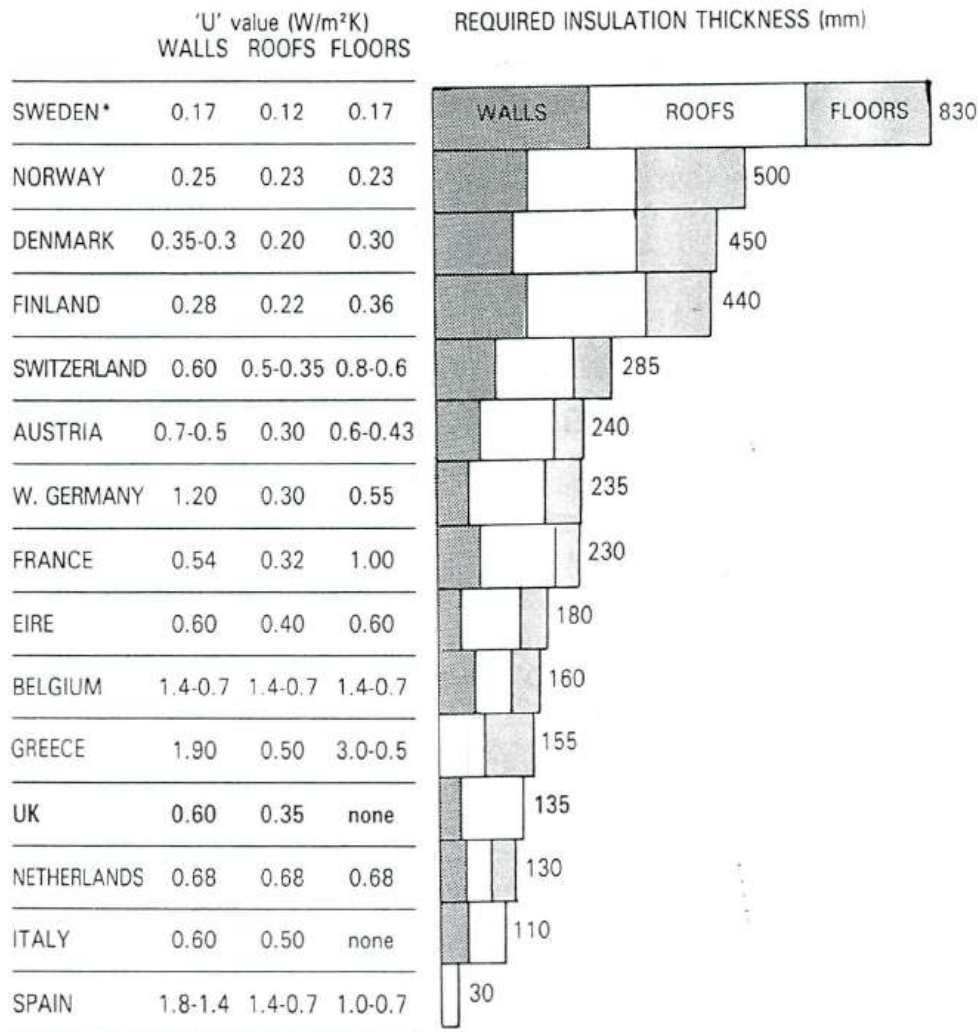
A/S Glassvatt produserer for det norske markedet, og det er ingen import av glassvatt. Råstoff for produksjonen er importert kvartssand og mindre mengder andre mineraler som alle importeres.

Steinull produseres av Elkem-Rockwools fabrikk i Moss, Larvik og Trondheim. Produksjonene skjer hovedsaklig for hjemmemarkedet, det importeres en mindre andel av forbruket. Råstoff for produksjonen er ca 64000t diabas importert fra Sverige og 15000t norsk kalkstein i håndstykke størrelse. Elkem-Rockwool i Trondheim bruker ca

4600t importert koks til smelting av gabbro i en smelteovn. Etter at mineralfibrene er produsert tilsettes et bindemiddel og dette herdes i en oljefyrt ovn, årlig forbruk er ca 1.100 t/år i tillegg til 5900MWh elektrisk energi. Ca 40% av de totale materialkostnadene er energi. Oljen kan ifølge fabrikkssjef Rønning relativt enkelt erstattes av gass, men koksen til smelteprosessen kan ikke uten videre erstattes av gass i den ovnstypen som her brukes. Energibehovet for mineralullproduksjon er i størrelsesorden 0.6-1.6KWh/kg.

Fig.2 Krav til isolasjonstykkelser i vegger, tak og gulv i følge byggeforskriftene i endel europeiske land (Griffith 1986).

Mandatory insulation standards (new housing) 1986



*Electrically heated homes

Source: Eurisol

N.B. The adoption of the proposed Eurisol standards would move the UK from 12th to 5th position in the table

Behovet for mineralull varierer med konjunktorene og byggeaktivitet, men det kan ventes å gå opp fordi Norge har 40% lavere krav til isolasjons tykkelser i hus enn det Sverige har. Se figur 2 fra Griffith (1986).

Mineralull er et transportømfintlig produkt på grunn av det store volumet. Med tilgang på billig gass burde en undersøke om det er markedsgrunnlag for en ny produsent som dekker Nord-Norge pluss deler av Nord-Sverige og Nord-Finnland.

Stykkogds av gabbro/diabas og kalkstein til en eventuell steinull produksjon burde kunne finnes i området Seiland; Stjernøy, Sørøya eller Lakselv området. Kwartssand som sannsynligvis egner seg til glassvatt produksjon fins i Komagelvdalen i Vardø. Dette er alle meget rimlige produkter på markedet som tilsier at en ikke nødvendigvis vil benytte lokale råstoffkilder.

Lettklinker - Leca

Norsk Leca produserer lettklinker i Rælingen og Fredrikstad og har blant annet en fabrikk på Stjørdal for å lag blokk fra lettklinker.

Det produseres 870 000m³ leca i form av blokker, lettklinker og forskjellige elementer i året og til det medgår det ca 450 000t leire. Lettklinker produseres fra leire som eltes og brennes i en roterende ovn ved temperaturer opptil 1200 grader. Det medgår i størrelsesorden 30 000t kull og 5700t olje pr. år til brenningen. (Rosland 1987, Norcem bygg årsrapport 1986). Råstoff til produksjonen er jernrike illittleirer, for lavt jerninnhold i utgangsmaterialet kan erstattes med tilsetning av jernslig. Det eksperimenteres for tiden endel med nye ekspanderte leirmaterialer til bruk som isolasjon og bygningsstein.

NGU har utført tester på nedmalt skrotmateriale fra Friarfjord skiferbrudd, som kan være et aktuelt råstoff dersom skiferbruddet kommer i regulær drift. Skrotmaterialet har en kjemi tilsvarende leirer som kan nyttes til Leca produksjon. Nedmalt har den jernholdige skiferen ekspanderende egenskaper som gir et ekspandert materiale med egenvekt som tilsvarende Leca produktene. Dette kan være et aktuelt råstoff for Leca produksjon i det nedlagt pelletsverket i Kirkenes eller til et nytt anlegg ved ilandføringsstedet for en eventuell gass. Nedmalings- og fraktkostnadene vil imidlertid være betydlige i forhold til den eksisterende Leca produksjonen som er basert på leire ved fabrikk. Dersom en kan utvikle spesialprodukter innen isolasjon og byggematerialer med høyere verdi enn Leca vil disse alternativene være mer realistiske. Markedet på Nordkalotten bør vurderes under ett for å se om det er plass for en ny produsent.

Kombinasjon av billig energi i form av gass og en egnet lokal leire vil være interessant. En forventer at det kan finnes jernrike leirer som forvitningsprodukter av de jernrike bergartene i områdene Sørøya, Seiland, Stjernøya, Øksfjordhalvøya og Lakselv. Da dette er en av flere aktuelle lokaliseringer for ilandføring av gass burde dette sjekkes nærmere.

KONKLUSJONER

Produksjon av jernpulver fra A/S Sydvarangers superslig er et alternativ som er interessant ved et ilandføringssted for gass, da med en prosess som utnytter gassen som reduksjonsmiddel eller benytter hydrogen fra en gassforedlings prosess som for eksempel carbon black/hydrogen produksjon. SINTEF jobber med disse problemene og bør kunne utrede dette videre.

Produksjon av svampjern av slig fra A/S Sydvaranger er et prosjekt som har ligget i dvale sin Emden prosjektet gikk overende, med billig tilgjengelig gass i Finnmark må dette vurderes på nytt.

Wollastonitt, diopsid og mayenitt produksjon kan foregå fra samme fabrikk og baserer seg hovedsaklig på råstoffene kvarts, kalkspat og dolomitt. Det bør derfor vurderes om en har lokale råstoffer som er gode nok for denne produksjonen.

En bør vurdere markedet for en mineralull/glassull produsent på Nordkalotten da transportkostnadene for disse produktene er betydlige. Råstoffer til en slik produksjon finnes sansynligvis i Finnmark.

Produksjon av lettklinker basert på gass og lokale leirer eller nedmalt skrapgods fra Friarfjord skifer kan vurderes nærmere, spesielt hvis en kan produsere spesialprodukter inne bygningsmateriale og isolasjon.

Ettersom en idag vet lite om gassen på Tromsøflaket noen sinn vil bli ilandført i Finnmark, eller hvor et slikt ilandføringssted vil være er det eneste fornuftige utgangspunktet å få en best mulig oversikt over de mineralske ressurser en har i fylket som kan danne grunnlag for ny industri basert på naturgass og mineraler.

Aktuelle råstoffer i fylket er:

- Superslig fra A/S Sydvaranger til jernpulver produksjon.
- Slig fra A/S Sydvaranger til svampjernproduksjon.
- Kvarts/kvartsitt til wollastonitt og diopsid produksjon, ulike kvaliteter fra Tana kvartsittbrudd, Neverfjord kvartsittforekomst eller Svanvik kvarts forekomst er tilgjengelige, avhengig av kvalitetskrav.
- Kvartssand til glassull produksjon, sannsynligvis brukbare kvaliteter i Komagelvdalen.
- Kalkstein til wollastonitt, mayenitt og steinull produksjon. Ingen kjente forekomster av god kvalitet, men dette er lite undersøkt.
- Dolomitt til diopsid produksjon. Store forekomster i Børselv, men de er ikke vurdert med henblikk på dette.
- Gabbro/diabas til steinullproduksjon er ikke tidligere vurdert, men mulighetene er gode i Finnmark.
- Jernrik leire eller leirskifer til lettklinker produksjon. Skrotmateriale fra Friarfjord skiferbrudd er godt egnet.

APPENDIKS

Kunstgjødsel

Kunstgjødsel produseres hovedsaklig fra ammoniakk, fosfater (fra fosforittlag eller mineralet apatitt), kaliumklorid (mineralet sylvin), kaliumsulfat, magnesiumsulfat og kalkstein. Med unntak av kalksteinen og ammoniakken importeres alle bestanddelene. Norsk Hydro er eneste kunstgjødsel produsent i landet og har en sterk markedsposisjon internasjonalt.

Ammoniakk (NH_3) produseres nå vanligvis fra naturgass. Utgangspunktet er rent hydrogen, som betyr at ammoniakk effektivt tar vare på hydrogenoverskuddet ved naturgasskonvertering. Den enkleste måten å produsere ammoniakk på idag er i et komplett raffineri, dette betyr at lokalisering av en slik produksjon må sees på landsbasis da det neppe er aktuelt med små produksjonsenheter. En kombinert utnyttelse av gass til f.eks. kraft og ammoniakk vil imidlertid kunne gi en positiv samspilleffekt på energi og investeringssiden (Bæckmann 1987). Det vil si at lokalisering av en ammoniakk/kunstgjødselfabrikk til et gassfyrt kraftverk vil være gunstig.

Det kan nevnes at det er en viss interesse i industrien for bergarten eklogitt, som inneholder mineralene rutil og apatitt i interessante mengder. Rutil (TiO_2) er interessant som råstoff for titan metall og pigment, mens interessen for apatitt ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$) skyldes fosforinnholdet og at det er en relativt enkel prosess å lage kunstgjødsel fra dette mineralet.

Svovel og svovelsyre fra svovelkis

Svovel og svovelsyre er et av de viktigste kjemiske stoffer i bruk i den industrialiserte verden, og forbruket pr. år er 57 mill. tonn, se figur 1 og 2 (Bain 1987). Svovel og svovelsyre produseres idag fra H_2S holdig naturgass, fra organiske svovelforbindelser i råolje, fra oljeskifre, som biprodukt fra smelting av sulfidmineraler, fra gedigene svovelforekomster der svovel pumpes opp fra brønner ved hjelp av overhettete vanddamp (Frasch prosessen), fra svovelkis og fra sulfater. Bruksområdene er først og fremst i kunstgjødsel, titan pigment, gummi, treforedling, såpe produksjon i tillegg til en rekke anvendelser i kjemisk og metallurgisk industri.

Den såkalte Outokumpu eller Kokkola prosessen (fig. 3) er smelting av svovelkis i en atmosfære av oksygenfri gasser (Argall 1967). Tørket svovelkiskonsentrat blir blåst inn i toppen av en flamme smelter. Forbrenningsgass som fåes fra å forbrenne olje varmer og dekomponerer svovelkis til elementært svovel og FeS matte som kontinuerlig blir tappet fra bunnen av ovnen. Den svovel holdige gassen passerer så gjennom en varme gjennvinner og en serie med katalytiske konvertere som kondenserer svovel dampen til flytende svovel. FeS kan røstes ved hjelp av gass i en fluid bed reaktor for å få SO_2 , som brukes til svovelsyre produksjon i tillegg til kisavbrann som hovedsaklig er Fe_2O_3 . Oljen som brukes til forbrenningsgass og atmosfære for

reaksjonene kan erstattes av naturgass. Prosessen gir et stort varmeoverskudd i form av overhettete damp, da prosessen går ved 600atm og 500 grader. Det kan derfor produseres betydelige mengder elektrisitet i tillegg til svovel, svovelsyre og eventuelt svoveldioksyd. Teoretisk kan det produseres like store mengder elektrisk energi fra gassen ved denne prosessen som ved å brenne den i et gasskraftverk. Det fins flere muligheter for hvordan en kan utnytte kisen til alt fra produksjon av bare svovelsyre til en komplett utnyttelse til produksjon av svovel, svovelsyre, jern og andre metaller som fins i svovelkis konsentratet. Ved Metallurgisk Institutt på NTH fins det en betydelig ekspertise på foredling av svovelkis. Bain (1987) viser svovel tilbudet i verden fordelt på kilde, av denne produksjonen kommer 16% fra svovelkis.

Svovel markedet er meget komplekst på grunn av mange forskjellige råstoffer som prismessig kan konkurrere med hverandre (Toon 1986). Produksjon av svovel fra olje og gass er knyttet til utvikling i olje/gass markedet og er vanskelig å forutsi. Endel store produsenter har store lagre som presser prisene når de forsøkes solgt. Sovjet har store påviste svovelholdig gass forekomster og prosess anlegg for svovel ved Astrakhan der produksjonene for tiden er stengt av sikkerhetsmessige årsaker. Det er en usikkerhet i markedet om Sovjet vil eksportere mer i begynnelsen av 1990 åra. Produksjonene av svovel er spredt på svært mange land. Kunstgjødsel produksjon er viktigste avtaker og står for mer enn halvparten av forbruket, dette gjør at markedet svinger endel med det konjunktur avhengige kunstgjødsel forbruket.

Det er en klar trend at produksjon av elementært svovel går tilbake på grunn av de høye energikostnadene i produksjonen. Gjennvunnet svovel fra olje og gass har økt kraftig de senere år, men ventes å avta i de kommende år. Svovelkis markedet er preget av at den er transportømfintlig og hovedsaklig brukes lokalt til direkte produksjon av svovelsyre, en oppgang i prisen vil føre til at store mengder som i dag er avfall fra oppredningsverk vil bli tilgjengelig på markedet.

Prisen på svovel er idag ca. \$140 CIF nord Europa, den har økt jevnt i 1980 åra (Toon 1986, Harben 1986), inntil midt i 1987 da den gikk noe ned etter at tilbud og etterspørsel kom i balanse. US Bureau of Mines (1987) spår en nedgang i produksjonen av elementært svovel som vil starte i år.

Store mengder svovelkis er lagret i Norge på tipper og i avfallsdammer ved gruvene i Løkken, Røros, Follidal, Joma, Bidjovagge og andre steder. På Løkken Verk er det lagret ca 2 mill. tonn nyttbar, finmalt svovelkis i en avfallsdam, denne inneholder ca 50% svovel, 0.2% kopper, og 0.2% sink (pers kom. Harald Ese). Grong Gruver har lagret en tilsvarende mengde svovelkis i Huddingsvatnet i Røyrvik. Disse avfallsdeponiene representerer idag et alvorlig forurensningsproblem der de ligger, men vil muligens kunne være råstoff for en svovel og svovelsyre eller svoveldioksyd produksjon etter noe bearbeiding. I tillegg vil en slik produksjon kunne ta svovelkis fra Grong gruber som idag dumpes og vil således kunne forbedre økonomien til denne gruva som fortsatt er i drift.

Det anbefales at mulighetene for svovel/svovelsyre

produksjon på basis av svovelkis fra avfallsdammer i Midt Norge og gass utredes nærmere. Spørsmål som må utredes på et tidlig stadium er:

1. Størrelsen og anvendelighet av svovelkisdepotene.
2. Hvilken oppredningsprosess er nødvendig for å få et tilstrekkelig rent svovelkiskonsentrat.
3. Økonomisk forstudie av svovel markedet.
4. Forstudie av Kokkola prosessen, mulige tilpasninger og økonomiske vurderinger.

Magnesium

Magnesium er et lett metall som ved legering kan bli meget sterkt. Det benyttes til aluminium legeringer for å gi disse økt styrke og som magnesiumlegeringer i spesielle konstruksjoner som fly og raketter, hvor det er viktig å ha lette materialer. 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 13% Mg) eller magnesitt (29% Mg) som begge gir mellomproduktet magnesiumoksyd. Magnesiumoksydet blir deretter behandlet med smelteelektrolyse sammen med $MgCl_2$ 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 42% Mg og serpentin (20-26%Mg) er også aktuelle magnesiumkilder som vil kunne gi en energireduksjon i framstillingsprosessen i forhold til prosessen med dolomitt og sjøvann.

Norsk Hydro benyttet i 1986 26 000t tungolje og 11 000t gass til sin magnesiumdivisjon (Rosland 1987) som omfatter både magnesium metall og magnesiumoksyd produksjon. Batell Columbus Lab. (1976) angir at 36% av den totale energibruken i Mg metall produksjon fra dolomitt i USA er gass. En stor del av oljen som brukes i den norske Mg og MgO produksjonen kan trolig erstattes av gass.

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, Industrial Minerals 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 (1450-1750gr) magnesiumoksyd er hovedkvalitet for ildfaste materialer, mens halvbrent (700-1000gr) magnesiumoksyd er kvaliteter for industriell anvendelse. Dette er en 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.

Karbotermisk reduksjon av magnesiumoksyd

Magcoke eller magnesiumkoks er carbonholdig magnesium som brukes til avsvovling av jern i stålproduksjon. Prosessen er basert på magnesiumoksyd og karbon som reagerer til et urent magnesium metall og karbonoksyd, for å hindre at reaksjonen går minst mulig tilbake brukes naturgass til kjøling av prosessen. Det vil si at store mengder gass kjøres gjennom prosessen uten å forbrukes, gassen blir til og med litt anriket på karbonoksyd i forhold til utgangspunktet. Dette er en prosess som trolig kan kjøres i relativt liten skala. (Informasjon fra prof. Tor Grong, SINTEF).

Alumina, Anortal prosjektet

Norsk aluminium industri er basert på elektrolyse av importert aluminiumoksyd (alumina), dette er en meget energikrevende prosess (15kwh/kg), og Al-industrien forbruker 13TWh/år eller ca 14% av den totale elektriske energi produksjon i landet. Gass kan ikke erstatte denne energien uten å først bli konvertert til elektrisitet.

Anortal prosjektet har vist at det er mulig å lute ut Al innholdet fra mineraler anortitt i bergarten anortositt for å fremstille alumina. I Sogn fins det store mengder av denne bergarten. Alumina fremstilles ved hjelp av resirkulert saltsyre ved en temperatur på 105 grader, til denne oppvarmingen kan gass brukes. Denne prosessen er prøvd i et pilotanlegg og er teknisk mulig å gjennomføre (pers. kom. F-R Graff, NGU), men har foreløpig ikke kunnet konkurrere med det importerte alumina råstoffet basert på bauxitt. Aluminiumsindustrien er av så stor nasjonal betydning at alle prosesser som kan forbedre økonomien vil være av stor interesse.

Ildfaste materialer

Ildfaste materialer brukes i alle metallurgiske prosesser, og markedet var f.eks i EF-landene på 1.7 milliarder \$ i 1983. De viktigste mineralene i ildfast stein produksjon er magnesitt, dolomitt, kvarts, olivin, grafitt, kyanitt, sillimanitt, andalusitt, bauxitt, aluminiumrike leirer kromitt og zirkon. Disse mineralene brukes til framstilling av en mengde forskjellige kvaliteter som er strengt

tilpasset bestemte kjemiske og metallurgiske prosesser. Produktene grupperes vanligvis i ildfast stein av høy-alumina, ildfast leire, silika og basiske materialer, samt i varmeisolerende stein og spesielle kvaliteter.

I Norge produserer A/S Olivin olivinbasert ildfaststein og stein for varmemagasiner, mens Aheim Borgestad Fabrikker A/S lager ildfaste og isolerende materialer av høy-alumina og silisium karbid typene.

Dolomittbasert ildfaste materialer er basiske og brukes til foringsstein i stålovner. Framstillingen krever temperaturer over 1700 grader. Utnyttelse av nord-norsk dolomitt til slike formål har tidligere vært vurdert av bl.a. Norsk Jernverk A/S (Barkey 1987). Magnesium oksyd er omtalt tidligere i rapporten, hele prosessen med fremstilling av ildfast stein fra dødbrent MgO krever 1-5 KWh/kg.

Markedet for ildfaste materialer er sterkt avhengig av variasjoner i metallproduksjonen. Det er spådd en viss nedgang i etterspørselen de kommende år (Power 1986). Det er samtidig en overkapasitet på produksjon av de fleste kvaliteter.

I fremstilling av ildfaste materialer er energikostnadene en stor del av produksjonskostnaden, da kalsinering, smelting eller støping ved 1500-2000 grader er vanlig. Naturgass vil i de fleste tilfeller kunne benyttes til oppvarming.

Planglass

Planglass eller vindusglass produseres ved smelting av kvartssand, soda, dolomitt, kalkstein pluss mindre andeler alkalier og flussmidler.

Moderne fremstilling av planglass skjer ved den såkalte "float glass" prosessen der smeltet glass flyter på et bad av flytende tinn for deretter å få homogenisert spenningene under en kjøleprosess. Energiforbruk er i størrelsesorden 1.5-1.8 KWh/kg. Det produseres ikke planglass i Norge i dag og mesteparten importeres fra Sverige, England, Frankrike og Vest Tyskland.

De senere år har det vært forsøkt å etablere produksjon av planglass i Norge, blant annet var Orkdal sterkt inne i bildet i 1985/1986. Dette forsøket på etablering strandet på grunn av manglende DU støtte og at oljeselskapet Tenneco trakk seg fra prosjektet i forbindelse med nedgangen i oljeprisene i begynnelsen av 1986. Energiprisen ble den gang ikke vurdert som noe stort problem, da energi utgiftene bare utgjør 10-12% av driftsutgiftene. Den aktuelle prosessen var her basert på elektrisitet og olje, med et totalt forbruk på ca. 100 GWh/år, derav ca. halvparten i form av elektrisitet. Prosjektet ble lovt billig kraft fra Orkdal kommunes konsesjonskraft. Prosessmessig kan ca. 75% av det totale energibehov erstattes av gass eller olje. Den prosjekterte fabrikken var ment å kunne dekke det innenlandske behov i tillegg til Mellom Sverige. Råstoffene til fabrikken var planlagt å skulle hentes i utlandet; sand fra Nederland er hoved

bestandelen. Prosjekteringen av en norsk planglassfabrikk er ikke skrinlagt, men utredes nå med en mulig plassering i Fredrikstad med Kvarner som viktigste interessent. (Informasjon fra Gunnar Hansø, rådmann Orkdal kommune og Svein Kjelstrup Olsen, Kjelstrup Olsen glassindustri, Bergen).

Kunstige zeolitter

Zeolitt er navnet på en gruppe vannholdige aluminiumsilikat mineraler med spesielle fysiske egenskaper. Zeolitt har en porøsitet på ca 50% av det totale krystall volum, porene er regulære hulrom og kanaler der kationer og vann molekyler har sin plass. Mineralene kan ta opp og avgi væsker reversibelt uten å miste sin krystallstruktur, de virker som ione byttere og kan selektivt absorbere forskjellige molekyler (Dwyer & Dyer 1984). Zeolitter er en mineralgruppe der et titall av variantene har økonomisk interesse. De forskjellige mineraltyper har noe forskjellige egenskaper.

Anvendelsesområder er (Dyer 1984):

- Katalysator og absorpsjonsmateriale i olje raffinering.
- Avvanningsmedia for naturgass.
- Avsvovling av petroleumsprodukter.
- Rensing av SO₂, CO₂, CH₄ fra industrigasser.
- Selektiv rensing av radioaktive isotoper fra radioaktivt avfall.
- Rensing av avfallsvann for ammoniakk gir muligheten for å resikulere ferskvann i smoltanlegg.
- Oksygen og nitrogenproduksjon fra luft.
- Nedsetter tempoet på NH₄ utlutningen fra kunstgjødsel, dvs mindre avrenning og mindre behov for kunstgjødsel.
- Lagringsmedia for gass gir en fortetningsfaktor på 3-30 i forhold til gassmengden i samme volum uten zeolitt.
- Erstatter fosfater i vaskemidler.

Zeolitt fins i forekomster i en rekke land, men er foreløpig ikke påvist i interessante mengder i Norge

Zeolitter kan fremstilles kunstig fra aluminium silikater brakt i løsning med en høy pH og enten ved lave temperaturer og atmosfærisk trykk eller ved temperaturer opptil 300 grader. Det vanligste utgangsmaterialet er natrium silikat eller kolloidal silika løst som gel med natrium aluminat. En høy grad av overmetning i løsningen fører til dannelse av store antall krystaller (Barrer 1982). Krystalliseringen tar fra noen timer til flere dager. Alternativt kan zeolitter sannsynligvis lages fra blandinger av kjemisk løste mineraler, for eksempel feltspater som i utgangspunktet har omtrent samme kjemiske sammensetning. Energiforbruket ved produksjon av kunstige zeolitter er først å fremst knyttet til oppvarming for å få aluminium silikatene i løsning og til å holde den ønskede temperatur under krystalliseringen. Energikostnadene er av betydning ved prosess temperaturer opp til 300 grader, men er neppe avgjørende for lokalisering av en slik produksjon.

Keramiske fibre

Det finnes en rekke kommersielle keramiske fibre basert på oksyder av silisium, aluminium og zirkon, ved siden av bor og silisium-nitrid samt aluminium silikater.

Bruksområdene er først og fremst som isolasjonsmateriale som er motstandsdyktig ved temperaturer over 1000 grader i motsetning til glassfiber som tåler opptil ca. 550 grader og mineralull som tåler opptil ca 800 grader. Typiske produkter er for eksempel Triton Kaowool som er fremstilt fra kaolin og Carborundum's Fiberfax fremstilt fra aluminium silikater (Griffiths 1986). Dette er en type isolasjonsmaterialer som kan anvendes ved temperaturer på opptil 1600 grader og har derfor anvendelsesområder innen alle typer høytemperatur industrielle prosesser og som utgangspunkt for å lage ildfaste tekstiler og kabelisolasjon.

Energibehovet ved fremstilling av keramiske fibre er høyt, og eksisterende produksjon er basert på elektrisk bueovn da smeltetemperaturen er 1800 grader. Gass ikke er økonomisk i bruk ved de høyeste temperaturene, men kombinasjoner med bruk av billig gassenergi under f.eks. 1500 grader og elektrisk energi i de høyere temperaturområder vil være interessant for høytemperatur prosesser. Det europeiske markedet for keramiske fibre øker for tiden med 10% pr. år og ventes å øke med opptil 16% pr. år i 1993 (Griffiths 1986), dette fordi isolasjonsmaterialer av keramiske fibre benyttes i stedet for ildfast stein i smelte og kalsineringsovner for å spare energi.

Teknisk keramikk

Teknisk keramikk karakteriseres ved bruksområdene i forhold til tradisjonell keramikk. Bruksområdene for disse materialene blir fler og fler på grunn av følgende egenskaper: høy styrke og hardhet, motstandsdyktig mot hete, korrosjon og termal sjokk samt bestemte elektriske egenskaper. Generelt er teknisk keramikk hardere enn metaller og bevarer styrken ved høyere temperaturer enn metaller, ulempene ved materialene er foreløpig dårlig bruddstyrke og delvis prisen. Anvendelsesområder som er aktuelle i dag eller i nær framtid er i bevegelige deler i gassturbiner, diesel og bensin motorer, slitedeler i industri, skjære verktøy, elektriske kondensatorer og ildfaste materialer. Bruken av teknisk keramikk har økt med 13% pr. år de siste årene og omsetningen ventes å øke fra ca. 3mrdr. i 1985 til 10mrdr. i 1995 (Campbell 1987). De mest vanlige stoffene som brukes i teknisk keramikk er pulvere av silikon nitrid (Si_3N_4), syalon (komplekse forbindelser av Si, Al, O og N), silisiumkarbid (SiC), alumina (Al_2O_3) og zirkonia (ZrO_2). Disse stoffene fremstilles kunstig fra mineralkonsentrater. Dette er meget energikrevende prosesser, for eksempel er energiforbruket ved fremstilling av SiC 12kWh/kg. SiC , Si_3N_4 og ZrO_2 produksjonen er hovedsaklig basert på elektrisitet, mens Al_2O_3 kan benytte gass ved kalsinering av bauxitt. I Norge produseres silisiumkarbid ved Arendal Smelteverk, Orkla Exolon og Norton A/S, Lillesand (Dickson 1987). All teknisk keramikk trenger temperaturer på 1500-2500 grader ved sintring og/eller varm pressing, energi er derfor en betydelig del av kostnadene, både ved fremstilling av råmaterialene og de ferdige produkter.

Det stilles idag store forventninger til utviklingen av brensel-celler. Brensel-celler produserer strøm basert på en elektrokjemisk prosess hvor hydrogen eller CO gass sammen med oksygen blir oksydert eller redusert. Systemene bygger på keramiske elektrolytter og oppnår et høyere nivå

av energikonvertering enn med konvensjonelle forbrenningssystemer. Det er spesielt to typer som har kommersiell interesse SOFC (Solid Oxide Fuel Cell) og MCFC (Molten Carbonate Fuel Cell), begge er basert på keramiske komponenter som elektrolytter, matriksmateriale og beholdere (Krog & Lindahl 1988).

Keramikk for bruk i superledere. Superledning er det samme som overføring av elektrisk strøm uten tap av energi. I løpet av 1986 og 1987 ble det påvist elektrisk superledning ved temperaturer opptil ca. -150 grader C, det vil si at en får superledning ved å anvende flytende nitrogen som er et rimelig og anvendelig kjølemiddel. Dette betraktes som et gjennombrudd i anvendelse av superledere, men er neppe den endelige løsningen. Det foregår en intens forskning verden over, også i Norge, for å finne fram til materialer som gir superledning ved høyest mulig temperatur. Materialene som gir superledning ved relativt høye temperaturer er keramer basert på yttrium-, barium-, kopper-oksyder (-180gr.C), der yttrium kan erstattes med sjeldne jordartselementer, eller keramer basert på bismut-, strontium-, kalsium-, kopper-oksyder (-150gr.C). Denne type keramer fremstilles ved sintring opptil 950 grader. Det stilles store forventninger til disse materialene, som kan føre til at stoffer som idag har få anvendelsesområder kan bli mye brukt.

Sement

Sementproduksjonen i Norge er idag monopolisert til A/S Norcem som har to produksjonssteder; Dalen ved Brevik og Kjøpsvik i Nordland. Norcem dekker det innenlandske marked alene. Råvarer for produksjonen er ca. 2 mill. tonn kalkstein og små mengder gips, kvarts/kvartsitt, bauxitt, slagg og flyveaske. Brennprosessen skjer ved en ovnstemperatur på 1450-1600 grader i 2-4 timer. Energibehovet er i størrelsesorden 0.9-1.7kWh/kg og utgjør ca 25% av totalkostnadene. Det brukes årlig 137 000t kull og 13 000t olje til fyring av ovnene (Rosland 1987), dette kan relativt enkelt erstattes med gass. Dette byr på fordeler i form av reduserte rensekraft. I løpet av de siste ti årene har Tromsdal forekomsten i Levanger flere ganger vært vurdert som et nytt produksjonssted for sement, men dette har hittil ikke lyktes. En etablering her forutsetter sansynligvis at enten den ene eller begge de andre produksjonsstedene legges ned.

Brent kalk

Produksjon av brent kalk foregår idag ved Mjøndalen og Hylla kalkverk. Kalken brennes i sjaktovner med tungolje eller spillolje som brensel. Totalt oljeforbruk er 3000t ved Hylla og ca. 800t ved Mjøndalen kalkverk (Rosland 1987).

Teglverk

Produksjon av teglstein foregår idag i 5 fabrikker; Borgestad, Innherad teglverk, Alna teglverk, Gann Graveren og Bratsberg teglverk. Alna og Bratsberg teglverk eies av Norcem og står for 57% av markedet. Teglstein lages av illittrike leirer som brennes i tunnelovner ved 950-1150

grader med tungolje som brensel. Forbruket av olje er ca. 6700 tonn/år for å fremstille ca. 110 000t teglstein (Rosland 1987). Energiforbruket er noe under 0.8 kWh/kg teglstein. Produksjonskapasiteten på det norske teglmarkedet er for tiden for høy (Norcem bygg årsrapport 1986).

Kombinasjoner av prosesser

Det finnes en rekke mulige kombinasjoner av de omtalte prosesser som kan gi en bedre utnyttelse av gassen.

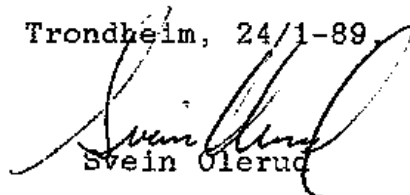
Varmekraftverk kombinert med ammoniakkproduksjon. Ved å utnytte deler av hydrogenet til ammoniakkproduksjon før resten brennes utnyttes gassen bedre enn i et varmekraftverk.

Carbon black produksjon i kombinasjon med metallpulver produksjon. Hydrogenet som produseres brukes som reduksjonsmiddel for jernoksyd.

Carbon black produksjon i kombinasjon med ammoniakk produksjon, dette gir en total utnyttelse av gassens råstoffer.

Svovel og svovelsyre produksjon fra svovelkis gir høy temperatur damp som kan produsere elektrisitet, i tillegg kan lav temperature energien brukes til f.eks zeolitt produksjon, alumina produksjon eller fjernvarmeanlegg. Produksjon av zeolitter eller alumina kan profittere på å kunne utnytte overskuddsvarmen fra de fleste av de energikrevende prosessene som er beskrevet.

Trondheim, 24/1-89



Svein Olerud

REFERANSELISTE

- Argall, G.O.Jr. 1967: Outokumpu adds catalyzer to raise pyrite-to sulphur conversion to 91 percent. World Mining, vol. 20, march 1967, s42-46.
- Bain, B. 1987: Sulphur. Mining, annual review. s112-113.
- Barkey, H. 1987: Energikrevende mineralbaserte prosesser. Mineralseminar i Vadsø 10-11.6.87. Finnmark Fylkeskommune. s15-18.
- Barrer, R.M. 1982: Hydrothermal chemistry of zeolites. Academic Press. 360s.
- Batelle Columbus Lab. 1976: Energy use in metallurgical and nonmetallic mineral processing. Final report to U.S. Bureau of Mines from Batell Columbus Laboratories, Columbus, Ohio, USA.
- Benbow, J. 1987: Minerals in fire protection. Construction supports market. Ind Min. Sept. 1987, s61-73.
- Böckmann, T. 1987: Norsk gass, hva kan en industribedrift gjøre? Norsk gass som utgangspunkt for kjemisk industri. Foredrag på NTNF seminar: Ny giv for olje og gass. Trondheim 2-3 juni 1987. 16s.
- Campbell, T. 1987: Raw materials for technical ceramics. Ind. Min. April 1987, s63-65.
- Dittrich, G. 1973: Der Einsatz von Erdgas in der industriellen Russproduktion. Erdgas als Rohstoff f r chemische industri und zur Erzeugung von Reduktionsgasen f r Huettew. Symp. Karlsruhe 1972. Komm. Gaserzeugung Int. Gas-Union, Karlsruhe. BDR. 11s.
- Dickson, T. 1987: Silicon carbide. Potential in maturity. Ind. Min. Des. 1987, s63-71.
- Dyer, A. 1984: Uses of natural zeolites. Chemistry and Industry, no.7, april1984. s241-245.
- Dwyer, J. & Dyer, A. 1984: Zeolites - an introduction. Chemistry and Industry, no.7, april 1984, s237-240.
- Griffiths, J. 1986: Synthetic mineral fibers, from rocks to riches. Ind. Min. Sept 1986, s20-43.
- Harben, P. 1986: Approaching \$200 sulphur. Ind. Min. May 1986, s63.
- Hox, K., Nergård, B. & Soligard, T. 1988: Energibruk i syv kommuner i Sør-Trøndelag. Naturgass som energikilde. Kvarner Engineering A/S, rapport, 104s
- Industrial Minerals 1987: Refractory Magnesia. Mag-Carbon fuels quality drive. Ind. Min. Feb. 1987, s35-40.
- Kienow, E., Roeder, A. & Stradtman, J. 1988: Syntetic wollastonite, diopside and mayenite and their roles as industrial minerals. 8th. "Industrial Minerals",

- International Congress Boston, USA 1988, s45-58.
- Krogh, S. & Lindahl, I. 1988: Perspektivanalyse på bergindustrien i Nordland. NGU rapport 88.062, vedlegg IV.
- Norcem Bygg A/S 1986: Arsrapport 1986, 30s.
- Power, T. 1986: Wollastonite performance filler potential. Ind. Min. Jan. 1986, s19-33.
- Power, T. 1986: Reconstructed and rationalised. The world's major refractory producers. Ind. Min. Sept. 1986, s45-67.
- Roskill 1987: The economics of wollastonite 1987. 3rd ed. Roskill information Services ltd. England. 142s.
- Rosland, A. 1987: Utslipp til luft fra kokesjonsbehandlede bedrifter 1982-1986. Luftseksjonen, Statens Forurensningstilsyn. 67s.
- Toon, S. 1986: Sulphur, a sweet or sour future. Ind. Min. Feb. 1986, s16-37.
- U.S. Bureau of Mines 1987: An appraisal of Minerals availability for 34 commodities. Sulfur (elemental) and pyrite concentrate. Bull. 692, s257-266.