Rapport/ Notat 13.04.09 ( 09.04.2013 )

 **Hessjøen Cu - Zn - S kis forekomst i Holtålen kommune**

 **Innhold side**

**Sammendrag 2**

**Summary in English 2 - 3**

**1. Geologi - Rørosfeltet - Hessjø forekomsten - andre satelittforekomster. 3 -**

 **1.1 Generell geologi - Rørosfeltet . 3 - 4**

 **1.2 Hessjø forekomsten 4 – 6**

 **1.3 Satellitt forekomster 6**

**2. Økonomiske beregninger - lønnsomhet . 6 - 7**

**3. Kontakt med investorer . 7 - 8**

**4. Hessjø malmens muligheter i en CLC prosess for rensing av CO 2 8 - 10**

 **fra avgasser fra kull og gass kraftverk - en nasjonal ressurs ?**

**Sammendrag .**

 Den foreliggende rapport er en kortfattet oversikt over Hessjøen Cu - Zn - S kis forekomst i Hessdalen i Holtålen kommune med en oppsummering av forekomstens geologi - malmreserver - og potensial i form av påviste , sannsynlige og mulige malmreserver , - data fra en intern økonomisk kalkyle over drivverdighet ,- samt forekomstens potensiale som oksygenbærer i en CLC prosess for rensing av CO2 .

 Hessjø fk inngår i det malmfelt som omtales som Rørosfeltet , og rapporten gir en oversikt over feltets geologi og muligheter for å trekke inn andre forekomster , såkalte satelittforekomster , i et sentralt beliggende oppredningsverk for Hessjø forekomsten , som den i særklasse største malmforekomst i regionen , - i den hensikt å oppnå en lengst mulig levetid for et gruveforetagende

 Rapporten gir en oversikt over de arbeider som er utført av Holtålen kommune for å få i gang gruvedrift på Hessjø fk. , siden 2007 , og med etableringen av Hessjøgruva A/S i mars 2011. Dette arbeide er igangsatt grunnet den sterke økning i metallprisene og da i særdeleshet kobberprisen i de senere år. Gruve prosjekter som var langt fra å være lønnsomme før 2003 , da metallprisene begynte å stige , fremstår i dag som svært lønnsomme prosjekter .

 Hessjø forekomsten er den største kompakte VMS ( volcanic massive sulphide ) Cu - Zn - S kis forekomst i Norge , som det ikke har vært drift på tidligere i moderne tid. Forekomsten har et relativt høyt Cu innhold i forhold til andre forekomster som det åpnes drift på i våre naboland Sverige og Finland . Pågående undersøkelser ved SINTEF undersøker Hessjø malmens potensial som oksygenbærer i en CLC ( chemical loop combustion ) prosess for rensing av CO2  i avgasser fra kull og gasskraftverk . Innledende småskala forsøk i 2011 - 2012 synes meget lovende med sammenlignet med andre materialer som har vært testet og slår dette til i fullskala forsøk så kan Hessjø forekomsten være av nasjonal interesse , som en miljø ” pådriver ” . En slik anvendelse av malmen vil kunne øke råmalmverdien vesentlig , samtidig som en unngår miljømessige problemer forbundet med konvensjonell oppredning av malmen ved flotasjonsanlegg ( men som lar seg løse )

**Summary in English**

 The present report is a brief review of the Hessjøen Cu - Zn - S ore deposit in Hessdalen in Holtålen municipality with a summary of its geology - ore reserves in the term of identified (measured) - indicated ( probable ) - inferred ( possible) ore reserves , data from an intern feasibility study regarding profit- rate of interest of invested capital etc. , as well as the potential of the deposit as an oxygen carrier in a CLC process for cleaning of CO2  in exhaust gases from coal and gas fired power plants.

 The Hessjø deposit is included in the ore field that is known as the Røros ore field and the report gives a review of the geology of the field and the possibilities to utilize other so called satellite deposits in a centrally located ore dressing plant for the Hessjø deposit as the dominant deposit in the region , - for the purpose of achieving a long life span for the enterprise.

 The report gives a review of the work done by Holtålen municipality since 2007 in order to establish a mine in Hessdalen and the establishment of Hessjøgruva A/S in March 2011.

 This work was initiated due to the strong increase in metal prices and in particular for copper in the later years. Projects that were far from being economically viable before 2003 now appear as very profitable mining projects.

 The Hessjø deposit is the largest VMS ( volcanic massive sulphide ) Cu - Zn - S ore deposit in Norway that has not been in production in modern times.

 The deposit has a relatively high Cu content compared to other Cu deposits that are opened up for mining as in our neighboring countries Sweden and Finland .

 Present investigations at SINTEF examine the Hessjø ore as a potential oxygen carrier in a CLC ( chemical loop combustion ) process for cleaning of CO2  in exhaust gasses from coal and gas fired power plants. Introductory small scale tests in 2011 - 2012 seem very promising compared to other materials that have been tested. , and if this is verified by tests in larger scales the Hessjø ore deposit could be of national interest as an environmental ”instigator .”

 An application of the ore as such could increase the value of the ore substantially , and a simultaneously avoiding the environmental problems connected with conventional ore dressing by flotation ( but that can be solved )

**1. Geologi - Rørosfeltet - Hessjø forekomsten - satelittforekomster.**

**1.1 Generell geologi - Rørosfeltet .**

. 1.1.1) Det som omtales som Rørosfeltet har et stort potensial for malm og mineralforekomster , med spesiell referanse til Hessjø Cu - Zn -S kis forekomsten i Holtålen kommune. Hessjøfk har et potensial med malmreserver som kan inneholde like mye kobber som var tatt ut av Røros kobberverk i dets 333 årige historie ( 1644 - 1977 ) lik ca. 6 mill. tonn malm .

Cu - Zn - S kis malmene , omtalt som VMS ( volcanic massive sulphide ) forekomster , i Rørosfelter er knyttet til Kaledonidene med grønnstener ( basalt/sub marin lava ) i den vestlige del av feltet , som Hessjø og Killingdal forekomstene i Holtålen og til underliggende - eldre - glimmerskifere ( Røros skifere ) i den østlige delen av feltet i det som omtales som Nordgruvefeltet , - som Kongens gruve , Lergruvebakken , Fjellsjøen -alle i Røros kommune , Muggruva ( i Holtålen) med flere . Deler av området har foldestrukturer som viser markerte akseretninger , sammenfallende med liniasjoner i bergartene , noe som tilsier at utstrekning av malmene i akseretningen kan bli svært betydelige i forhold til andre dimensjoner som bredde ( eks. 50 - 100 met.) og mektighet ( eks 2 - 10 met.). De kjente og mest typiske forekomster i slike foldestrukturer i Rørosdistriktet er Killingdal fk og Kongens gruve med akselengder på opptil 3 km.

1.1.2) Av andre VMS forekomster i andre distrikter med lignede strukturer markert ved stor utstrekning akseretningen er Løkken fk , som er Norges største Cu - skis forekomst med 30 mill. tonn malm , den mest betydningsfulle.

 Mofjellet Zn - Cu - Pb fk er den forekomst som sannsynligvis har den lengste påviste akseutstrekning på over 4 km. Et særtrekk for de fleste av disse forekomster er at det ofte er påvist i alt tre malmlinser , som står i forbindelse med hverandre ved at de opprinnelig tilhører samme stratigrafiske - basalt/sub marin lava - nivå som er repetert gjennom storstilte tilnærmet isoklinale foldinger . Hessjø fk er ikke noe unntak i så henseende , der det er påvist tre malmlinser A,B og C med mektighet på 2 meter og oppover til maks 15 meter , i gj. 5 - 6 meter. Andre av de omtalte fk som viser lignende repetering i tre linser er Løkken fk - Mofjellet fk , Killingdal ( 2 eller 3 ? ) . Der en bare kjenner en linse i denne type forekomster er det derfor store sjanser til å påtreffe flere malmlinser , som ikke har utgående , i umiddelbar nærhet gjennom geofysiske målinger slik det nå kanskje er tilfelle for Kongens gruve ved VTEM målinger utført i 2011 , og som også har vært tilfelle for Hessjø fk , der det bare er linse B som har utgående i dagen , mens hovedmalmen linse A har utgående under overdekket på ca. 10 meter og er funnet gjennom geofysiske målinger.

 I området ved Kongens gruve , som bare ligger ca. 8 km rett øst av Hessjø fk opptrer det flere flatliggende forekomster som ikke er anriket gjennom foldinger , og som derfor ikke har noen markert akseretning , som Fjellsjøfk med gj mektighet på bare 0.3 met. , men med påvist - sannsynlig malmreserve på hele 1.7 mill tonn pga stor areal utbredelse , men som er praktisk talt uten mulige reserver utover påviste og sannsynlige reserver , da den ikke har noen forlengelse i en bestemt akseretning. Om denne malm er drivverdig foreks som en satellitt forekomst til Hessjø fk. ( se pkt. 1.3)- vil være et spørsmål om egnet oppredningsteknikk ( flyt og sink ) og transporter. Andre forekomster i Røros distriktet , og som kan være av interesse som satellitt forekomster for et oppredningsverk ved Hessjøfk av lignende type som Fjellsjø fk er Legruvebakken og Muggruva , der det har vært tidligere drift . Grønnstens feltet i Røros distriktet strekker seg også mot syd inn i nabokommunene Os , Tynset og Alvdal i Hedemark og som også er aktuelle for malmforekomster , se satellitt forekomster pkt. 1.3 .

 1.1.3) Det er mye som taler for at Hessjø fk kan ha en lignende utvikling i akseretningen mot dypet , da den viser lignede foldestrukturer som forekomstene omtalt ovenfor . A- linsen er hittil påvist i 600 - 750 meter i akseretningen. Det høye anslag av mulig malm ( inferred ore ) er basert på dette forhold - se pkt. 1.2.

 ---- Kobbermalm forekomstene i distriktet , omtalt som Rørosfeltet , er nå svært aktuelle for gruvedrift da metallprisene har steget sterkt i de siste 10 år og da spesielt Cu prisen som nå er 4 - 5 ganger høyere enn den var i 2002. Det har vist seg ved at det nå er flere selskaper som har tatt ut såkalte undersøkelses retter (tidl- mutinger ) i distriktet , som det australske prospektering selskapet Drake Resources og Intex ( tidl. Crew Gold) . Men de mest betydningsfulle bergverksrettigheten nemlig utvinningsrett ( utmål ) , som er skrittet etter undersøkelses rett , - er det Holtålen kommune som innehar ved rettighetene for Hessjø fk i Hessdalen

**1.2 Hessjø forekomsten**

1.2.1) På oppdrag av Holtålen kommune utarbeidet NGU i 2007 en samlerapport 2007.023 ( link) på 33 sider over alle arbeider som er utført på Hessjø fk og der kjerneboringene ble avsluttet i 1977. Etter den tid er det ikke foretatt undersøkelser i felt . Basert på NGU rapporten har undertegnede sammenfattet et notat - 08.08.31 - 12.11.25 , på 8 sider med en tabell over beregnede malmreserver fordelt på påvist { identified , (measured , proven ) } - sannsynlig ( indicated ) - mulig (inferred ) malm.

 1.2.2) Hessjø forekomsten ligger i Holtålen kommune ca. 17 km nordvest for Røros med utgående ca. 1020 m.o.h. Forekomsten opptrer innenfor et område på ca. 450 meter i strøkretningen N - S og med bredde på ca. 120 meter. Innenfor dette område opptrer det tre malmlinser som fra nord mot syd har betegnelsen A,B,C,

A linsen er den største og rikeste og utgjør 45 - 50 % av total malm uttrykt i tonn per aksemeter , som er ca. 2000 tonn/ aksemeter med ca. 2 % Cu og 1.5 % Zn , og med økende Cu gehalt mot dypet. Linse B utgjør tilsvarende ca. 33 % og linse C ca 17 % av malmreservene , som da totalt utgjør 4000- 4400 ton per aksemeter for samtlige linser.

Malmlinsene har hver en strøklengde på 100- 150 meter , som pga dragning i felt ( pitch ) ° gir en bredde på 100 m.( A ) - 85m.( B ) - 75m ( C ) .

Fallet er ca. 55° mot vest , feltstupning { aksestupning (plunge) } er fra 30 °i øvre nivåer til ca, 45°mot dypetretning VSV med dragning i felt ( pitch) på 30°. Mektighet er for linse A i gj, 5.7 met. - varierende fra 2 til 15 meter, for linse B i gj, 5.3 met., og for linse C i gj. 3.7 met , - referer tabell 1 i notat -08.08.31 - 12.11.25 - .

 1.2.3 ) **”**Påviste” malmreserver iflg. NGU rapporten er ca. 3 ( 2.99) mill tonn med 1.7 % Cu og 1,40 % Zn ned til ca . 1000 met . i akseretningen for A- linsen , som tilsvarer ca . 700 met. dyp . Påvist malm i den strikte definisjon av begrepet er for A linsen bare påvist til 600 met. etter malmaksen , der en har den rikeste malmskjæring i bh. 312 med 4.35 % Cu over 14.8 meter. Anslaget på 3 mill tonn inneholder derfor elementer av sannsynlig og mulig malm for linse A s vedkommende - se notat , 08.08.31- 12.11.25 . For å komme opp i såpass høy gehalt på 1.7 % Cu har en i NGU rapporten tatt med 68 % fra den rikere A linsen , mens den bare tilsvarer 45 - 50 % av malmreserven uttrykt i tonn per aksemeter.

 Holder sen seg til den strikte definisjon av påvist malm så er det bare påvist 2.15 mill. tonn malm med 1.51 % Cu og 1.68 % Zn ned til 600 aksemet. for linse A .

. B linsen med utgående i dagen (ikke overdekket ), ( det var her skjærping litt drift ned til ca. 5 meter (?) på 1700 tallet ( ved bergmester Irgens ) fører ca .1480 tonn per aksemeter med ca. 1.17 % Cu - 0.86 % Zn . C linsen med 0.74 % Cu - ca. 1,54 % Zn. fører ca 900 tonn per aksemeter. Totalt 4000 - 4400 tonn per aksemeter med 1.3 - 1.7 % Cu og 1.5 % Zn for samtlige linser. . Det lavere tall 1.3 % Cu er som beregnet i Aspro rapport fra 1977 , der beregningen er gjort ut fra påvist malm fra alle malmlinsene dvs - uten selektivt uttak fra den rikere A linsen - se NGU rapporten side 6 .

- Dersom fk fortsetter med akselengde som for Killingdal gr lik 3 km påvist ( men fortsetter lenger ) inneholder forekomsten ca. 12 mill tonn malm , hvorav 9 mill tonn er mulig malm , til vertikalt dyp 3000 x sin 45 = 2100 met. Med 1.5 km akselengde tilsvarende 1050 met, vertikalt dyp , som kanskje er så dypt en kan gå ut fra økonomiske betraktninger , produktivitet avtar mot dypet [( lengre fordring , kortere effektiv arbeidstid ) , større bergtrykk , økt behov av ventilasjon , med mer ] - vil malmmengden inklusive mulig malm være ca. 6 - 7 mill tonn , dvs nær den dobbelte av ”påvist” . Mektighet for A linsen lik 5.7 met og med steilt fall lik 55º, og relativt høy malmverdi er ideelt for gruvedrift ved igjensetting ( cut and fill ) bryting - se pkt. 2 .

1.2.4) I den hensikt å utvide påviste malmreserver mot dypet anbefaler NGU rapporten en skrå sjakt / grunnstoll - bilstoll fra Hessdalen , fall ca - 15 % lengde 1.2 km inn til A linsen , og videre undersøkelser ved diamantboringer fra grunnstollen . Grunnstollen vil treffe A linsen 12 x 15 meter = 180 met under påhugget og 180 + 150 ( høyde forskj. påhugg utgående i dagen linse A , 1020 met. o.h ) = 320 met. vertikalt dyp under utgående . De naturgitte forutsetninger med mulighet å åpne forekomsten fra en grunnstoll fra dalbunnen og foreta undersøkelsene fra denne må utnyttes . Kostnad for grunnstoll ved areal 25 - 27 kv.m., lengde 1.2 km. ca. 25 mill kr. Skråsjakt på - 45 ° videre i ca. 300 meter fra bunn av grunnstollen , kostnad ca. 10 mill kr. Sum grunnstoll + skråsjakt 35 mill. kr , som da har ”oppfart” malmen til 320 + 300 x sin 45° = 530 met vertikalt dyp tilsvarende 750 aksemeter , som igjen tilsvarer 750 x 4000 = 3.0 mill tonn malm over laveste nivå , forutsatt at samtlige malmlinser fortsetter til dette nivå .

Kjerneboringer fra skråsjakten ca. 5000 met a kr 1000 ved hullengder på ca. 100 - 150 meter som horisontale hull lik ca. 5 mill kr. Samlet kostnad for oppfaring og undersøkelser med diamantboring til 750 meters dyp

 lik 35 + 5 + 10 % påslag = 45 mill. kr.

Når grunnstollen er drevet vil malmen i hovedsak være oppfart og en har malmreserver for ca. 8 års drift ved årlig brytning på 200.000 tonn over seg ( grunnstollnivået) , og det må være svært attraktivt for potensielle investorer i prosjektet.

En grunnstoll inn til malmen har dessuten den store fordel at en får tilgjengelig materiale for oppredningsforsøk , og materiale for forsøk ved en CLC prosess i større skala - se pkt. 4. Per i dag har en bare tilgjengelig materiale fra utgående av B linsen ,som er erodert- oksidert -og holder lavere Cu gehalt enn A- linsen .

 .

**1.3 Satellitt forekomster**

Med et sentralt oppredningsanlegg i tilslutning til Hessjø fk. Vil det være aktuelt å kunne ta inn andre forekomster , såkalte satelittforekomster , som er for små til selvstendig drift , - som tilleggsmalm til oppredningsverket. Det kan finnes flere slike forekomster i området i størrelsesorden ½ - 2 million tonn , som Fjellsjøen - Lergruvbakken Muggruva med flere , - se pkt. 1.1.2. Slike forekomster bør erfaringsmessig ligge innenfor en avstand på 20 - 30 km fra et sentralt oppredningsanlegg . Om andre aktører i området går inn med undersøkelser , så vil det bare være positivt også for Hessjø fk, da en går ut fra at det nok kan oppnåes enighet om felles oppredningsanlegg for samtlige forekomster. Et anslag på mulig malm for disse satellitt forekomster kan være på ca. 5 mill. tonn .

**2. Økonomiske beregninger - lønnsomhet .**

2.1) Det er ved beregninger over lønnsomhet forutsatt at gruvedriften vil foregå etter gjensetttings ( gjenfylling ) {eng. - cut and fill } metoden . Med steil fall for malmen ca. 55 ° , midlere mektighet på 5 - 6 meter , antatt god holdfasthet for sideberget og fremfor alt høy råmalmverdi synes dette å være den ideelle metode for avbygging av forekomsten . Det er også den avbyggingsmetode som gir minst miljøproblemer da avgangen kjøres tilbake til gruva . For Bolidens gruver i Sverige synes nå gjensettingsbryting å være innført som standard metode for praktisk talt alle selskapets underjordsgruver . For oppredningsverket forutsettes tre flotasjonskretser for fremstilling av henholdsvis Cu konsentrat 13.000 tonn per år , Zn konsentrat 5.000 tonn per år , S kis konsentrat 120.000 - 125.000 tonn per år , men som det kan være usikkert om det finnes marked for , og som i første rekke vil være avhengig av prisen på jern , - alt basert på en årsproduksjon på 200.000 tonn

 En årsproduksjon 200.000 tonn for Hessjø fk. vil gi levetid 15 år med malmbase 3 mill tonn . Med 1.7 % Cu og 1.4 % Zn i malmen , en Cu pris 40 kr. /kg og Zn pris lik 10 kr./kg, vil malmen ha en råmalmverdi lik ca. kr. 600 kr per tonn råmalm i form av Cu og Zn konsentrater , og som er det gruva sitter igjen med etter fradrag for kostnader for smelting , raffinering samt tap i oppredningen {( 5% ) og 25 % Cu i konsentratet} og som til sammen vil utgjøre ca. 30 % av Cu metallverdien in situe. Med en slik råmalmverdi og investering beregnet til 400 mill kr. ( 2 års byggetid ) , gir det en lønnsomhet ved konvensjonell gruvedrift med produksjon av Cu og Zn konsentrater i form av årlig overskudd etter avskrivninger lik 18 % , og internrente på investert kapital lik 12 % .

 (Netto) nåverdi ved 7 % rente på investert kapital vil være 570 mill. kr . En årsproduksjon på 200.000 tonn vil gi 50 - 60 arbeidsplasser - se beregning i notat av - 09.12.31 . Det er i denne beregning sett bort fra eventuell inntekter ved produksjon av et S kis konsentrat - se pkt. 2.2.

 2.2) En ” break even ” med 5 % rente på investert kapital oppnås ved en Cu pris på 25 - 26 kr/kg. Cu prisen har i det siste år ligget på 40 - 50 kr. /kg . Det er ikke beregnet verdier for produksjon og salg av S - kis konsentrat .

 Men med økende priser også for jern vil verdien av Fe2 O3  avbrannen fra et S - kis konsentrat kunne representere verdier på ca. 200 kroner per tonn . Men like interessant kan være verdien av termisk energi ved forbrenning av S- kis for produksjon av elektrisitet via dampturbin med de nåværende høye el priser , - tatt i betraktning at S- kis har en brennverdi på 1.8 - 2 kWh/ kg tilsvarende brunkull . Beregninger ( notat 10.03.03 ) indikerer at forbrenning av svovelkis ved råmalmproduksjon på 200.000 tonn per år kan produsere termisk energi lik ca 200 GWh per år , noe som vil gi en råmalmverdi på 150 - 200 kr./tonn . Verdien av et S kis konsentrat må utredes nærmere . Produksjon av visse deler av malmen som råstoff i en CLC prosess for rensing av CO2  vil kunne øke råmalmverdien for denne del av forekomsten til kanskje det 2 til 3 dobbelte dvs til ca. 1.500 kr/ tonn se pkt 4.

 2.3) Dersom undersøkelsene mot dypet tilsier malmreserver på over 10 mill tonn kan det være aktuelt å øke årsproduksjonen til ca. 400.000 tonn per år , med tilsvarende bedre lønnsomhet , noe som vil tilsi ca. 80 arbeidsplasser. Men det er et overordnet mål for prosjektet at gruva må gi arbeidsplasser i et langsiktig perspektiv , minimum 20 - 30 år og produksjonen må tilpasses det . Killingdal gr. i Holtålen hadde drift i over 100 år

**3. Kontakt med investorer .**

Uansett hvordan en regner på prosjektet , i første rekke med i hensyn på investeringer, så vil prosjektet med de nåværende høye metallpriser fremstå som et svært lønnsomt prosjekt med en ” break even ” pris for Cu ( 25 kr/kg ) ved konvensjonell gruvedrift med produksjon av Cu og Zn konsentrater lik ca. halvparten av den nåværende Cu pris 45 lik kr./kg). Hadde Hessjø fk ligget i Sverige eller Finland så hadde den ganske sikkert vært satt i drift for mange år siden , men den ligger altså i Norge , der interessen gruvedrift på base metaller forsvant med avviklingen av base metall gruvene på 1980 - 1990 tallet , og den har tilsynelatende ikke kommet tilbake selv om metall prisene har mangedoblet seg siden den gang. Det synes å ha sammenheng med at industri innenlands herunder gruveindustrien har blitt liggende i ” oljeskyggen ”

 Problemet med å presentere prosjektet for investorer er at avkastning på investert kapital først vil finne sted fra 5 - 7 år etter de første investeringer. Men med så lange tidsperspektiver kan det synes problematisk å få inn norske private investorer . Da finnes det investeringsmuligheter som synes langt mer lønnsomme som investeringer i eiendom , som fremstår som langt mer lukrative med det skatteregime Norge har med ligningsverdier på eiendom på ½ - 1/3 av salgsverdi.

 Hessjøgruva A/S ble etablert i 2011 primært for å skaffe offentlig kapital for å kunne fullføre de innledende undersøkelser som var satt i gang for å undersøke malmens potensiale i en CLC prosess for rensing av CO2  - se pkt. 4 . Det arbeide er nå fullført som en første fase i dette prosjekt .

 Hessjøgruva er nå kommet til et stadium der vi må få med en industriell aktør i prosessen videre og søker nå investor(er) til prosjektet

**4. Hessjø malmens muligheter i en CLC prosess som oksygenbærer for rensing av CO 2 i avgasser fra kull og gass kraftverk - en nasjonal ressurs ?**

 4.1) Som nevnt ovenfor ble Hessjøgruva etablert i forbindelse med CLC ( chemical loop combustion) prosjektet ved SINTEF primært i den hensikt å få ut midler fra Innovasjon Norge med tilsvarende bidrag fra Holtålen kommune for å finansiere forsøkene ved SINTEF over malmens muligheter som media - oksygen og energi bærer - for rensing av CO 2  i avgasser fra kull og kraftverk i en CLC prosess . Resultatet av de innledende forsøk med materiale fra kjerneprøver på noen få kg som forsøksmateriale har gitt meget positive resultater med reaktivitet ( og kapasitet) på flere ganger annet materiale som vi skal konkurrere med

 4.2) En grunnstoll inn til malmen , se pkt. 1.2.3 kan synes som en absolutt nødvendighet for CLC prosjektet slik at en få adgang til friskt - uoksidert materiale i tilstrekkelig store mengder , som kreves for forsøk i større skala. I større skala i en 10 MW reaktor kreves det flere hundre tonn forsøksmateriale. Per i dag har en bare tilgjengelig materiale fra utgående av B linsen , som er oksidert og holder lavere Cu gehalt enn A linsen. Oksidasjon kan ha svekket holdfastheten i materialet , noe som kan få det til å desintegrere under kalsineringen –desulfidiseringsprosessen - og gjøre det mindre egnet i en CLC prosess. Innledende småskalaforsøk tyder på det. Ut fra angitte priser på konkurrerende materiale kan det antydes at malmens råmalmverdi kan økes til det 2 – 3 dobbelte i størrelsesorden 1500 kr/ tonn om den kan anvendes som medium i en CLC prosess

 4.3) Fra de forsøk som har vært utført hos SINTEF hittil tilknyttet det internasjonale EU prosjektet Eclair viser det seg at Cu - S kis har svært gode reaktive egenskaper med Cu som gir en ” CLOU ” - katalytisk - effekt , og som gir en reaktivitet mange ganger høyere en for konkurrerende materialer. For forgassingsfasen fra C til CO ved forbrenning av kull - karbon - har Cu - S kis materialet vist helt eksepsjonelt gode egenskaper opptil 15 ganger relativt andre materialer .

 Per dato er det imidlertid et problem , som ikke er løst , og det er at materialet etter kalsinering , som desulfidiserer materialet fra Me(metall)S til MeO viser tendenser til defluidisering ( agglomerering ) . I CLC prosessen sirkulerer materialet som oksygenbærer mellom en brenselsreaktor , der gass CH 4 , eller karbon C → CO forbrenner med MeO som oksygenbærer til H2O og CO2 , og en luftreaktor der Me oksideres til MeO , som da er oksygenbærer til brenselsreaktoren. I luftreaktoren avgis det store energimengder som går til drift av damp og gassturbiner. Denne sirkulasjon av mediet ( oksygenbæreren ) mellom to reaktorer krever at mediet kan holdes fluidisert i gas strømmen dvs ikke klumper seg - agglomerer - ( defluidiserer) . Her har det oppstått visse problemer da materialet har vist tendenser til defluidisering , men som vil kunne løses ved tilsats av dispergerende kjemikalier , eller ved å øke hastigheten på luftstrømmen ( Chalmers - Sverige ). Her gjenstår det en del forsøksvirksomhet for å løse denne problematikken Det er antatt at denne defluidiserings tendens kan ha sammenheng med materialets sink innhold , da sink synes å legge seg som et belegg - coating - på mineralkorn av CuO og FeO , noe som fører til defluidisering. Det er fra SINTEF hevdet at dette sink belegget kan ha oppstått under kalsineringen . Det utvikles under kalsineringen mye varme ved forbrenning av MeS til MeO og SO2 , som medfører at temperaturen kan bli ukontrollert høy , noe som kan ha forårsaket sink belegget på CuO og FeO mineralkornene. Sinkbelegget på mineralkornene kan tydelig observeres mikroskopisk. Det indikerer at kalsineringsprosessen bør foregå ved en lavere kontrollert temperatur men med lengre reaksjonstid . Forsøkene indikerer at en bør søke frem til den del av forekomsten , som har det laveste sinkblende ( Zn(Fe)S ) innhold , som best egnet for CLC prosessen. For A linsen øker kobber gehalten sammen med økende magnetkis innhold og avtagende sink innhold mot dypet . Det er derfor så viktig å få tilgang til de dypere deler av forekomsten , se pkt. 1.2.4 og 4.2 .

4.4) Det er også sannsynlig at selve knuse og nedmalingsprosessen , samt materialets kornstørrelse og form , som resultat av knuse/ maleprosessen , har betydning for defluidisering - agglomererings problemene. Forsøkene indikerer at det beste resultat oppnås med et optimalt forhold mellom magnetkis Fe7 S8  og svovelkis FeS2 i materialet . Svovelkis får etter kalsinering en porøs – perforert - konsistens , som gir stor spesifikk overflate , som gjør det svært reaktivt og det er disse oksyderte svovelkiskorn som fortrinnsvis er belagt med sink. . Perforeringen gjør dem lette , noe som fører til at de kan gå tapt i overløpet fra sykloner , som brukes i prosessen for å skille gass/materialstrømmen fra ren gass til atmosfæren ( CSIC - Spania ) . Magnetkis på sin side synes å gi mindre reaktivitet enn svovelkis , men bidrar til holdfasthet og slitestyrke for materialet , som det i henhold til EU krav skal vare i 1000 timer i en kullfyrt CLC reaktor. Cu gir en CLOU - katalytisk - effekt , men det kan ikke påvises en direkte ( lineær ) sammenheng med Cu innhold og reaktivitet.

 4.5) Hessjøgruva A/S forventer å komme med i det nasjonale CLC prosjektet SINTEF s regi benevnt BIG CCS ( carbon capture ,storage ) . Dette er et prosjekt der ulike materialer testes ut i en ny 150 kW reaktor ved SINTEF i Trondheim .

4.6) Ved SINTEF forgår det også tester i et prosjekt , omtalt som Democlock prosjektet , benevnt som en fixed bed prosess , der det i prinsipp bare brukes en reaktor , som vekselvis opererer som brensels og luftreaktor ved at luft alternativt gass ( brensel ) strømmen vekselvis - annenhver gang - blåses inn i reaktoren og passerer materialet som utgjør oksygenbæreren og som ligger fast i reaktoren som et fixed bed .

 I en slik prosess vil en unngå de defluidiserings problemene en kan ha i CLC prosessen , men fixed bed prosessen stiller andre krav til materialet som holdfasthet m.m. Materialet fra Hessjø fk har ikke hittil ikke vært prøvde i denne prosess , som tydeligvis ikke er kommet så langt som, CLC prosessen med hensyn på kommersiell anvendelse i industrien .

 4.7) En stor fordel med Hessjømalmen i forhold til andre Cu - S kis forekomster som har vært vurdert er det lave As- arsen - innholdet lik 0.01 % As . As er svært giftig og kan ikke slippes ut til atmosfæren . Cu - S kis malmer i grunnfjell som foreks i Boliden området i Sverige og i Rio Tinto i Spania har gjerne et høyt As innhold som igjen er knyttet til innhold av edelmetaller ( Au og Ag) og som derfor gjør dem uegnede i en CLC prosess .

Dette i motsetning til Cu - Skis malmer i Kaledonidene , som generelt har et lavt As innhold. ( så vel som edelmetall innhold ).Men også for Cu - S kis malmer i Kaledonidene kan der være individuelle forskjeller som foreks mellom Killingdal fk som i generalanalyse holder 0.12 - 0.15 % As og Hessjø fk med 0.01 % As som to ytterpunkter .

Theodor W. Holmsen

bergingeniør - siviling.

prosjektleder i Hessjøgruva A/S