

Naturgass

og

norsk industri

Rapport fra NTVA Teknologiforum 2012

Torsdag 6. september 2012
Seminar i Trondheim, Lerchendal gård

Abstract og debattinnlegg fra innlederne

Forord

NTVA arrangerer hvert år i september NTVA Teknologiforum i Trondheim. I 2011 var temaet «Innovasjon og teknisk forskning» med vekt på universitetenes rolle. I 2012 er temaet «Naturgass og norsk industri» med vekt på «Ironman», som er et prosjekt tenkt gjennomført på Tjeldbergodden. LKAB og Höganäs ønsker en industriell samarbeidspartner for å bygge et jernverk som benytter naturgass som reduksjonsmiddel. Sammenliknet med konvensjonelle metoder, gir denne en betydelig reduksjon av utslippet av CO₂ per tonn produsert jern.

Ideen til årets tema har sitt utspring i NTVAs arbeid med en egen energistrategi som skal prege organisasjonens arbeid og valg av tema for møter og seminarer. Komiteen for energistrategien, som formelt også er programkomite for NTVA Teknologiforum 2012, består av:

Roy Helge Gabrielsen	professor UiO, president NTVA (leder)
Erling Rytter	overingeniør, Statoil ASA
Hans Haakon Faanes	professor emeritus, NTNU
Sverre Aam	tidl. adm.dir. SINTEF Energiforskning AS
Knut Åm	sivilingeniør
Einar Hope	professor emeritus, NHH
Kjell Bendiksen	tidl. adm.dir. IFE
Ånund Killingtveit	professor, NTNU
Hein Johnson	generalsekretær, NTVA (sekretær)

NTVA takker innleiderne for at de velvillig har stilt opp og for å gi sine bidrag til seminaret og til denne rapporten.

Trondheim 17. august 2012

For NTVA

Hein Johnson
Generalsekretær

Velkommen til NTVA Teknologiforum om Naturgass og norsk industri

Norge er en viktig produsent av olje og gass. Vi har ressurser nok til å kunne være en stabil leverandør i lang tid. Nesten all naturgass som utvinnes fra norsk sokkel eksporteres. Argumenter mot utnyttelse av denne ressursen i Norge er primært knyttet til pris og utslipp av CO₂.

Seminalet vil rette søkelyset mot mulig bruk av naturgass til annet enn som energikilde i Norge. Sammenliknet med fokus på oppstrøms gass-produksjon har det vært forholdsvis lite oppmerksomhet mot gass nedstrøms. Det virker nesten som naturgass for Norge er et problem som vi snarest må kvitte oss med ved å eksportere.

Gassmaks er et program i Forskningsrådets regi med formål å øke verdiskaping i naturgasskjeden. Til dette hører en styrking av kunnskapsutvikling, næringsutvikling og internasjonal konkurransekraft. Dette skal bidra til økt verdiskaping for samfunnet gjennom industriell foredling av naturgass i Norge.

Et prosjekt i Norge som virker meget lovende for både industri og miljø er «Ironman» på Tjeldbergodden. Planen er at jernmalm fra Kiruna transporteres via Narvik til Tjeldbergodden. Her blir jernmalmen direkte redusert til jern ved hjelp av naturgass. Sammenliknet med tilsvarende prosess i kullbaserte masovner blir CO₂ utslippet redusert med om lag 60 prosent. Gassrørledningen som i dag går til Tjeldbergodden har ledig kapasitet og tomt for nytt fabrikkbygg står klar. Alternativet for verdiskaping og om lag 120 arbeidsplasser i Norge kan være å flytte naturgassen og fabrikken til et annet sted i Europa.

For å belyse hvilke muligheter naturgassen gir for verdiskaping i Norge, er seminaret tre delt. I den første delen vil vi ved eksempler vise naturgassens muligheter og anvendelse til ulike industrielle formål som bioproteiner og plastproduksjon. I den ande delen presenteres industriprosjektet «Ironman» - både den tekniske og miljømessige siden ved prosjektet. I den tredje delen vil vi se nærmere på om «Ironman» kan være en mal eller modell for tilsvarende prosjekter i Norge eller i Norden. I tillegg blir forskningsoppgaver knyttet til industriell utnyttelse av naturgass presentert.

Karl Almås, visepresident, NTVA

Program

side

09:30-10:00	Registrering og kaffe	
10:00 – 10:10	<i>Visepresidenten ønsker velkommen</i> Karl Almås, adm.dir., SINTEF Fiskeri og havbruk AS.....	3
10:10 – 10:45	<i>Naturgass og Norge - industriarbeidsplasser, distriktpolitikk</i> Ola Borten Moe, Olje- og energiminister Temaet er kommentert av Harald Kjelstad, adm.dir., SIVA.....	5
10:45 – 11:15	<i>Naturgass -ressurssituasjon, markeder, priser og transport. Eksport mot bruk innenlands.</i> Thor Otto Lohne, direktør, Gassco AS.....	6
11:15 – 11:30	Kaffepause	
11:30 – 11:55	<i>Anvendelse 1: Bioproteiner fra naturgass – med Norferm som eksempel</i> Dr.Ing. Jon Martin Huslid.....	7
11:55 – 12:20	<i>Anvendelse 2: Naturgass til plast og drivstoff</i> Steinar Kvisle, Director Technology and Production Support, INEOS.....	9
12:20 – 13:15	Lunsj	
13:15 – 13:45	<i>Anvendelse 3: Direkte reduksjon av jernmalm.</i> Leiv Kolbeinsen, professor, NTNU/SINTEF	12
13:45 – 14:15	<i>“Ironman” - et industriprosjekt i Norge basert på naturgass</i> Ulf Holmqvist, Senior Vice President, Höganäs.....	18
14:15 – 14:45	<i>“Ironman” - her eller der?</i> Tor Bjørnu, direktør, Miljøteknologi, SIVA.....	21
14:45 – 15:00	Kaffepause	
15:00 – 15:30	<i>Særnorske utslippskrav for klimagasser eller europeisk regime for «Ironman»?</i> Stian Rein Andresen, overingeniør, Klima- og forurensningsdirektoratet....	23
15:30 – 16:00	<i>Binding av CO2 i mineralogisk materiale: muligheter for CO2-basert industriell utvikling i kombinasjon med lokale og regionale mineralske råstoff</i> Are Korneliussen, forsker, mineralressurser, NGU.....	25
16:00 – 17:00	<i>Oppsummering – avslutning</i> Hogne Hongset, programstyreleder Gassmaks og spesialrådgiver, Industri Energi	28
	Unni Olsbye, professor, Senter for innovative naturgassprosesser og – produkter, UiO.....	29

Naturgass og Norge - industriarbeidsplasser, distriktspolitikk

Harald Kjelstad, adm.dir., SIVA

CV for Harald Kjelstad

- Født i Sunnfjord 1947
- Sivilingeniør fra NTH (NTNU) Bygg 1972, særkurs kraftutbygging.
- Vit. Ass. Inst. for vannkraft
- Avd.ing.BKK, Overing. NTE, Sjefsing. Hafslund Engineering
- Startet opp og ledet bedrifter innen byggfaget
- Administrerende direktør SIVA fra 1988
- En rekke styreverv styremedlem/styreleder i bedrifter og institusjoner innen forskning, finans, venture og teknologi.

Abstract:

Naturgass og Norge - industriarbeidsplasser, distriktspolitikk

Harald Kjelstad, adm.dir., SIVA
 Postboks 1253, Sluppen, 7462 Trondheim
 E-mail: harald.kjelstad@siva.no
<http://www.siva.no>

De senere 10-20 år har det i den vestlige verden pågått omfattende diskusjoner om den postindustrielle tidsepoken, der forretningsmessig tjenesteyting og salg av kompetanse skulle erstatte den gamle industrien.

I neste omgang har dette ført til manglende forståelse for industriens betydning, noe som påvirker både politikk generelt og politisk oppmerksomhet. Det påvirker opplæring, utdannelse, rekruttering, utvikling av infrastruktur, beskatning, energipolitikken, miljødebatt og finansiering.

I dette foredraget diskuteres spesielt utviklingen i norsk industri, trenger vi ikke lenger industri? Hva er sammenhengen mellom avansert industri og kompetanseutvikling? Hvorfor overtas så mange norske industribedrifter av utenlandske eierskap, hva skjer da?

Det legges vekt på industrien som drivkraft for kontinuerlig produktivetsforbedring, og ikke minst som medisin mot økonomisk uro. Det vises til eksempler fra Europa, Asia og USA og hvordan finanskrisen takles. Man diskuterer framtidens industri som premiss for å iverksette miljøtiltak som virkelig monner i global sammenheng, og industriens betydning for samfunnsmessig utvikling.

Det tas utgangspunkt i egen og SIVAs erfaring og publikasjoner. I tillegg benyttes SIVAs ferske forskningsrapport om Eierskap og industriell verdiskaping i Norge

(Menon), samt professor Dani Rodriks (Harward University) studier av industriens samfunnsmessige betydning.

Avslutningsvis løftes diskusjonen om norske industriressurser og hvordan man igjen kan utvikle norsk industrikompetanse i samarbeide med internasjonale miljøer.

Naturgass -ressurssituasjon, markeder, priser og transport. Eksport mot bruk innenlands.

Thor Otto Lohne, direktør, Gassco AS

CV for Thor Otto Lohne

- Født i Haugesund 1957
- PHILLIPS PETROLEUM 1979 - 1983.
- Direktør, Statoil (U.K.) Gas Divisjon, Ansvarsområder: Salg av gass i UK og Irland. Leder av trading selskapet Alliance Gas 1995 - 2000.
- Direktør, Natur Gass. Ansvarsområder: Salg av gass til sentral- og Nord-Europa. Leder av Gas Negotiations Committee (GFU) 2000 - 2002
- STATOIL 1983 - 2002
- Direktør i Gassco AS siden 2002. Ansvarsområder: Utvikling av norsk gass infrastruktur, tildeling og administrering av kapasiteten i norsk gass infrastruktur, kommersielle aktiviteter, økonomi og juridisk.

Abstract:

Forretningsutvikling og økonomi

Thor Otto Lohne, direktør, Forretningsutvikling og Økonomi, Gassco AS

Postboks 93, 5501 Haugesund

E-mail: tol@gassco.no

<http://www.gassco.no>

Gassco er operatør av det norske transportsystemet for gass, og Gassco definerer sin virksomhet i fire roller.

- Teknisk drift - ansvaret for drift av infrastrukturen på vegne av eierne, og forvaltning av eksisterende gassanlegg.
- Kapasitetsadministrasjon - Gassco fordeler kapasiteten som til en hver tid er i rørledningene og prosessanleggene.
- Systemdrift - Med nøytral håndtering skal Gassco sørge for at norsk gass kommer frem med riktig volum og kvalitet.
- Infrastrukturutvikling - I medhold av petroleumsforskriften har Gassco et ansvar for å vurdere helhetlige gassinfrastrukturløsninger på norsk sokkel ut fra formålet om

å maksimere verdiskapingen fra norske petroleumsressurser. Som et ledd i dette har Gassco ansvar for å ivareta samordningsfordeler ved det helhetlige transportsystemet. Hensynet til enkeltfelt så vel som områdeløsninger skal vurderes i et langsiktig perspektiv.

Utover dette har Gassco også ansvar for at industrielle løsninger blir vurdert ved gassinfrastrukturbeslutninger på norsk sokkel.

Mulige industrielle løsninger knyttet til eksisterende eller ny gassinfrastruktur modnes og vurderes gjennom Gassco sitt industriarenamandat der oppstrøms- og nedstrømselskaper møtes for å bygge nettverk og bedre forstå mulige industriløsninger.

Foredraget vil fokusere på de to siste punktene; infrastrukturutvikling og industrielle løsninger

Anvendelse 1:

Bioproteiner fra naturgass – med Norferm som eksempel

Dr.Ing. Jon Martin Huslid

CV for Jon Martin Huslid

- Født i Høyanger 1940
- Utdannet bygningsingeniør i fra NTH i 1965 i Trondheim
- Begynte som vit. ass. ved Institutt for Stålkonstruksjoner i 1965
- Dr. Ing. Fra NTH i 1973
- Post doktor i Cardiff i 1974
- Ansatt i Statoil i Stavanger 1975
- Konstruksjonssjef for Staffjord B fra 1976 til 1979
- Divisjonsdirektør for Teknologi og Utbygging i Statoil
- Teknisk direktør i Statoil i 1984
- Leder av Bioprotein prosjektet i Odense, Danmark
- Adm. Direktør i Norferm AS i 1993
- I 1996 ble verdens første Bioprotein fabrikk bygget på Tjeldbergodden
- I 2002 kjøpte DuPont 50 % avNorferm fra Statoil
- I 2003 retur til Statoil som spesialrådgiver
- I 2007 pensjonist

Abstract:**BioProtein - et unikt protein til laks og husdyr**

Jon M. Huslid

Krokusveien 3A, 4316 Sandnes

Mb.: 94160727 E-post: jon.huslid@lyse.net

Det er godt kjent at det i naturen finnes bakterier som kan leve på naturgass og luft. Disse finnes over alt i naturen hvor det foregår en biologisk produksjon av biogass(metan). Samspillet mellom metanproduserende- og metankonsumerende bakterier er sentrale elementer i den globale karbonsyklus.

I 1990 kjøpte Statoil og Hafslund Nycomed as aksjemajoriteten i Dansk Bioprotein AS, Odense, som hadde startet utvikling av bioproteiner basert på metangass. I slutten av 1992 hadde selskapet utviklet en unik prosess for storskala produksjon av såkalte metanotrofe bakterier som *de facto* er hovedingrediensen i det kommersielle produktet BioProtein. Proteininnholdet er på ca 70 %. I 1994 ble selskapet Norferm AS etablert med målsetningen om å utvikle denne teknologien kommersielt.

Den videre utviklingsprosessen omfattet elementer av toksikologi, ernæring, mikrobiologi, prosess og føroptimalisering. Resultatet av dette omfattende arbeidet ble brukt som basis ved bygging av en kommersiell produksjonsenhet for BioProtein på Tjeldbergodden i 1998, som kom i full produksjon tidlig 2003. Samme år kjøpte det amerikanske selskapet DuPont 50 % av Norferm med formål om videre teknologisk utvikling av nye produkter samt bruk av fermenter på Tjeldbergodden.

Norferm AS produserte BioProtein ved dyrkning av *Methylococcus capsulatus* i en kontinuerlig prosess ved bruk av metan, oksygen, ammoniakk, mineraler og vann som råmaterialer. I alt ble det produsert 10.000 tonn BioProtein som i hovedsak ble brukt som proteiningrediens i laksefôr. Gjennom denne produksjonsperioden fikk en fullt ut dokumentert at produksjonsprosessen er fullgod både teknisk og kommersielt samt at markedet ble begeistret for produktet. Produksjonen på Tjeldbergodden ble stoppet i 2006 som følge av for lav markedspris på produktet. Prisen på LT-fiskemel var den pris en fikk for BioProtein. Fiskemelprisen var da ca 5 NOK/kg, mens den i dag er 15 NOK/kg.

Erfaringen med produktet i laksefôr var udelt god og ut fra føringstudier kan en erstatte ca 50 % av fiskemelet med BioProtein. En ser heller ingen negative effekter i tarmen på laks ved bruk av høye doser BioProtein, noe som er et stort problem med planteprotein som soya.

Teknisk sett kan en i det norske marked på årsbasis bruke opp mot 200.000 tonn BioProtein. Det går med ca 2 m³ metan til produksjon av et kilo BioProtein. Dette betyr at en ved å bruke 0,5 % av den norske naturgassproduksjonen til produksjon av protein, kan dekke det norske marked for protein til laksefôr.

Et konsortium av UMB, IRIS og UiB/Unifob har i dag en vesentlig FoU aktivitet innen BioProtein relaterte tema knyttet videreutvikling av prosess og produkt. Dette er mulig gjennom en teknologiavtale med Statoil som eier teknologien. Et hovedmål for denne forskning, som skjer i regi av det felles eide selskap Bioprotein AS, er å kunne øke markedsverdien og senke produksjonskostnadene av BioProtein.

Produksjonspris av BioProtein er sterkt avhengig av naturgasspris, men det er gode muligheter for en storskala produksjon i Norge med rådende prisforutsetninger.

Anvendelse 2:

Naturgass til plast og drivstoff

**Steinar Kvisle, Director Technology and Production Support,
INEOS**

CV for Steinar Kvisle

- Født i Oslo 1952
- Hovedfag i kjemi fra Universitetet i Oslo i 1979
- Dr.grad fra NTNU 1983 (Institutt for Uorganisk Kjemi)
- Ansatt i Sintef 1983-1988, avbrutt av et års forskningsopphold i Frankrike (1986)
- Ansatt i Norsk Hydro, Forskningsenteret på Herøya fra 1988
- Diverse ledende teknologistillinger i Hydro Petrokjemi og Olje & Gass innenfor petrokjemi og gassutnyttelse, 1988-2007
- Siden 2007 Director Technology and Production Support, INEOS ChlorVinyls (Hydros petrokjemivirksomhet ble kjøpt opp av INEOS i 2007)
- Deltatt i en rekke utvalg og programstyrer i Norges forskningsråd innenfor utnyttelse av naturgass. I dag medlem av programstyret for Gassmaks og styreleder for SFI inGAP.

Abstract:

Naturgass til plast og drivstoff

Dr. Steinar Kvisle
Director Technology and Production Support
INEOS Norge AS
Rafnes, 3966 Stathelle
E-mail: Steinar.Kvisle@ineos.com
<http://www.ineos.com>

Temaet "Naturgass til plast og drivstoff" handler om bruk av naturgass som råstoff i petrokjemisk industri og videre i plast- og annen industri for produksjon av en rekke produkter vi omgir oss med i det daglige. Temaet handler også om drivstoff produsert fra naturgass. I foredraget vil hovedvekten bli lagt på petrokjemi (plast) siden dette er en operativ virksomhet INEOS har i Norge i dag gjennom fabrikkene i Grenland.

I petrokjemisk industri er byggesteinene etylen og propylen (lette olefiner). Lette olefiner kan i utgangspunktet lages fra alle råstoff som inneholder karbon og hydrogen (kull, olje, gass og biomasse). Så langt har olje og gass vært det dominerende råstoffet, og selv om det skjer en interessant utvikling innenfor teknologier som åpner for alternative råstoff, så er det høyst sannsynlig at olje og gass også i fremtiden vil være de dominerende råstoffene, med gass som voksende.

I et oljeraffineri produseres nafta, og selv om det er regionale forskjeller, så har nafta tradisjonelt vært det viktigste råstoffet for produksjon av lette olefiner gjennom såkalt steam cracking.

Når det gjelder naturgass som råstoff for lette olefiner, så er det viktig å skille mellom de ulike komponentene i naturgassen slik som metan, etan, propan osv. Når vi i dag snakker om gass som råstoff for lette olefiner, så betyr dette steam cracking av etan og tyngre komponenter (NGL/LPG). INEOS har slik produksjon i Grenland (Noretyl), og etylenet anvendes for produksjon av plastråstoffene polyetylen og PVC. Råstoffet for denne steam crackeren er etan og LPG, der etan i hovedsak kommer fra gassprosesseringsanlegget på Kårstø, mens LPG bla. kjøpes fra Statoils LNG-anlegg på Melkøya.

I all petrokjemisk produksjon så vil råstoffprisen ha meget stor betydning for produksjonskostnadene slik at gode og langsiktige råstoffavtaler kan gi betydelig konkurransefortrinn. Eksempelvis utgjør etylen typisk 40-50% av produksjonskostnadene for PVC i INEOS anlegg i Grenland. Skifergass-revolusjonen i USA, der store mengder etan blir tilgjengelig til meget konkurransedyktige priser, er følgelig en stor utfordring for petrokjemisk industri i alle regioner i verden, inkl. Europa, og dette vil bli diskutert i foredraget.

Petrokjemi er en syklisk bransje, der marginer i lange perioder kan være under sterkt press. For tiden er det et svært utfordrende marked i Europa pga. de finansielle problemene i denne regionen, og som illustrasjon på dette kan nevnes at markedet for PVC i Europa er blitt redusert med nesten 30 % siden 2007.

I tillegg til gode og langsiktige avtaler på forsyning av råstoff og energi, samt godt motivert bemanning, er det derfor svært viktig å ha effektive, produktive og velholdte anlegg. Dette innebærer kontinuerlig forbedring av anleggene gjennom gode vedlikeholdsprogrammer, samt hele tiden å jobbe med tiltak for reduksjon i spesifikt forbruk av råstoff og energi, både ved inkrementelle forbedringer og ved å ta i bruk ny teknologi. INEOS har redusert det spesifikke energiforbruket i fabrikkene i Grenland med 12-15% de siste 8-10 årene, både gjennom kontinuerlig forbedringsarbeid og ved introduksjon av ny teknologi. Dette vil bli illustrert i foredraget, der også behovet for teknisk kompetanse og tilgang til sterke eksterne teknologi- og FoU-miljøer vil bli understreket.

Petrokjemi er en global business, der produkter kan skipes over store avstander. Fra et miljøsynspunkt er det en fordel å produsere produktene der utslippene er minst.

Ett område med sterkt fokus er klimagasser. For et produkt som PVC, der produksjon av klor ved elektrolyse av natriumklorid inngår i verdikjeden, er det en fordel å produsere der tilgangen på fornybar energi er størst mulig. Norge er et slikt land, og det vil i foredraget bli illustrert hvordan utslippene av CO₂ per tonn PVC produsert varierer fra region til region. Det spesifikke utslippet er betydelig lavere for Norge og Europa enn for eksempel Kina, typisk 1,2-1,9 kg CO₂/t PVC for Europa mot typisk 5-10 kg CO₂/t PVC for Kina.

Den totale prosessindustrien i Grenland (INEOS, Yara, Eramet og andre) har stor betydning for sysselsettingen i regionen. Næringslivets Hovedorganisasjon gjennomførte i 2008 et samfunnsregnskap som viser at prosessindustrien bidrar til mange tusen arbeidsplasser i leverandørindustrien og til finansiering av mange tusen arbeidsplasser i det offentlige.

Som sagt innledningsvis, så er det svært viktig å være klar over at når man snakker om naturgass til plast, så handler dette i dag om utnyttelse av etan og tyngre komponenter som råstoff gjennom steam cracking. Det har imidlertid i mange år vært jobbet med å utvikle teknologi for direkte-ruter fra metan til lette olefiner, men ingen kommersiell teknologi er blitt etablert. For å produsere etylen og propylen fra metan i dag, som er hovedkomponenten i naturgass, så er kommersiell rute å gå via metanol gjennom den såkalte MTO-teknologien (Methanol To Olefins), dvs. kjeden: Gass → Metanol → Olefiner (GTO – Gas To Olefins). Produksjon av metanol fra naturgass (inkl. tyngre komponenter) er en veletablert og kommersielt svært moden teknologi. Flere MTO-teknologier er utviklet, bla. "UOP/Hydro MTO Process", som er et resultat av et samarbeid mellom Norsk Hydro og det amerikanske selskapet UOP. Etter at Hydros petrokjemivirksomhet ble kjøpt opp av INEOS for noen år siden, videreføres teknologiutviklingen og kommersialiseringen av teknologien i et samarbeid mellom INEOS og UOP. "UOP/Hydro MTO Process" er nå under kommersialisering i Kina av selskapet Wison Clean Energy. MTO og GTO vil kort bli diskutert i foredraget.

Foredraget omhandler også naturgass til drivstoff. I tillegg til direkte bruk av naturgass som drivstoff i transportsektoren, så omfatter dette to hovedruter: GTL: Gas To Liquids (diesel eller mellomdestillater som hovedprodukt) og MTG: Methanol To Gasoline (bensin som hovedprodukt). MTG-prosessen har mange likhetstrekk med MTO-prosessen.

Av de to hovedrutene så har det vært størst interesse for GTL, bla. utviklet Statoil egen GTL-teknologi. GTL åpner nye markeder for naturgass ved at produktene går inn i det store drivstoffmarkedet. GTL-teknologien, basert på billig naturgass, er kommersialisert gjennom flere store anlegg, spesielt kan nevnes Sasols og Shells nye anlegg i Qatar.

Moderne GTL-konvertering innebærer produksjon av syntesegass (CO+H₂) som omdannes til syntetisk drivstoff ved å bruke Fischer-Tropsch prosessen (F-T). F-T-teknologien er en katalytisk prosess som har vært kjent siden 1920-årene.

Imidlertid er det først i de siste årene at prosessen er blitt tilstrekkelig avansert til at man kan produsere hydrokarboner i væskeform fra naturgass på en økonomisk måte.

Hovedproduktet i en GTL-prosess er syntetisk diesel, men andre mulige produkter er nafta, baseoljer for smøreolje, jet-drivstoff og voks, så vel som noe LPG. Alle produktene er rene med null svovelinnhold og utmerkede utslippsegenskaper. Ultra-ren GTL-diesel medfører en betydelig reduksjon i lokal forurensning sammenliknet med konvensjonell diesel på grunn av fravær av partikler, lavt utslipp av NO_x, svovel og CO.

Både GTL og GTO representerer mulige transportløsninger for fjerntliggende naturgass, dvs. naturgass uten tilgang på rørledning, men dette er først og fremst aktuelt i andre deler av verden enn i Norge og vil derfor ikke diskuteres nærmere her, selv om teknologiene fra tid til annen koples til gassløsninger i Nord-områdene.

Både MTO- og F-T-teknologien har et potensial for å bruke biomasse som råstoff gjennom gassifisering av biomasse til biogass, som alternativ til naturgass. Dette studeres flere steder i verden i dag, men olefin- og drivstoffproduksjon basert på biogass har en stor utfordring skalamessing. Biogass produseres fortsatt i en svært liten skala sammenliknet med anlegg basert på konvensjonelt råstoff.

Innenfor petrokjemi og plastindustri er produktutvikling viktig. For vår del i INEOS, skjer mesteparten av denne utviklingen hos våre kunder, men vi er også engasjert i utviklingssamarbeid med kunder, både for å kunne forbedre kundens produkter og å øke markedet, som igjen vil kunne styrke vår markedsposisjon som PVC-leverandør. Ett slikt eksempel, som vil bli omtalt, er et produkt der det fossile og det fornybare møtes, nemlig bruk av PVC-skum i blader i vindturbiner.

Anvendelse 3:

Direkte reduksjon av jernmalm.

Leiv Kolbeinsen, professor, NTNU/SINTEF

CV for Leiv Kolbeinsen

- Født på Karmøy i Rogaland 1949
- Sivilingeniør Metallurgi ved NTH 1974.
- Doktorgrad Metallurgi ved NTH 1982; Avhandling: "REDUKSJON AV JERNMALM – Matematisk modell for prosess-styring"
- Vitenskapelig assistent ved Institutt for metallurgi, NTH 1975-1979
- Forsker/Seniorforsker SINTEF Metallurgi, senere Sintef Materialer og Kjemi 1980-2001
- Professor ved Institutt for material teknologi, NTNU fra 2001 – Fagområde: Ekstraktiv metallurgi som kan defineres som anvendelse av Termodynamikk, Reaksjonskinetikk og Transportprosesser med innspill av Økonomi og Miljøspørsmål for produksjon av metaller fra både naturlige og menneskeskapte ressurser/råmaterialer.

- Er vel i norsk metallurgisk miljø sett på som en ivrig forkjemper for anvendelse av naturgass i metallurgisk industri.

Abstract:

Direkte reduksjon av jernmalm

Leiv Kolbeinsen
 Professor i Ekstraktiv metallurgi
 Institutt for materialteknologi
 Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet - NTNU
 Alfred Getz vei 2
 7491 Trondheim

E-mail: leiv.kolbeinsen@material.ntnu.no
<https://www.ntnu.no/materialteknologi>

Jern (Fe, atomnummer 26): Forekomst, egenskaper og anvendelse

Jern er det metallet det finnes mest av på Jorden, og regnet etter vekt er i overkant en tredjedel av Jorden jern. Mesteparten av dette befinner seg under jordskorpen¹, dvs i det som ofte betegnes som Jordens indre, eller kjerne, og hvor det er såpass varmt at denne er smeltet. I jordskorpen er jern det fjerde vanligste stoffet etter oksygen, silisium og aluminium. Jern reagerer lett med oksygen og vi får forskjellige oksider, både vannfrie og vannholdige, og danner i tillegg også forbindelser som karbonater og sulfider. Jern forekommer derfor normalt ikke fritt (gedigent) i naturen; jernmeteoritter er et unntak her.

Man regner at naturlig forekommende jern består i hovedsak av fire forskjellige stabile isotoper (⁵⁴Fe, ⁵⁶Fe, ⁵⁷Fe og ⁵⁸Fe), og da hovedsalig isotopen ⁵⁶Fe som utgjør nesten 92%, og som er det endelige produktet ved fusjonen som skjer i stjernene. Grunnen til dette er at atomkjernen (nukleonet) i dette isotopet har en veldig stabil konfigurasjon.

Elektronkonfigurasjonen til jern skrives $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^6$, og grovt sett betyr dette at det ytterste² skallet har inntil 6 såkalte valenselektroner. Dersom alle disse er til stede har vi *metallisk* jern, dersom noen "mangler" – er delt med f. eks. oksygen – sier vi at metallet er *oksidert*, og de vanligste oksidasjonstilstandene for jern er 2 og 3 og vi skriver: Fe⁰ (eller Fe_{met}), Fe²⁺ (eller Fe^(II)) og Fe³⁺ (eller Fe^(III)). Fe^(III)₂O₃ står for det vanlig forekommende jernoksidmineralet *Hematitt* som da altså består av tre-verdig (tri-valent) jern og oksygen. Det andre mest vanlige jernoksidet, *Magnetitt*, som ofte uttrykkes Fe₃O₄, kan også skrives Fe^(II)O·Fe^(III)₂O₃, og indikerer altså at det er to forskjellige "sorter" jern i Magnetitt: toverdige (di-valent) jern (Fe^(II)) som binder 1 mol³ O pr mol Fe, mens treverdige jern binder 1.5 mol O pr mol Fe.

¹ Jordskorpen: Ytterste 16 km tykke lag av jorden

² Ytterst: her sist fylte

³ Mol: den grunnleggende SI-enheten for stoffmengde tilsvarende $6,0221415 \cdot 10^{23}$ partikler som er "Avogadros tall"

Jern betegnes ofte som industrialderens viktigste metall, og rundt regnet etter vekt er over 90% av alt metall som produseres i verden jern. Jern er rimelig og har samtidig høy styrke og finnes i flere former. De viktigste er:

- **Støpejern** har et karboninnhold på over 2,1 %. Denne typen jern brukes blant annet i vedovner. Støpejern tåler høy varme, men er sprøere enn stål.
- **Stål**, legeringer med jern som hovedbestanddel og mindre enn 2% C, er den klart mest brukte formen av jern. Egenskapene til stålet avhenger av hvilke stoffer som inngår i legeringen.
- **Smijern** har et karboninnhold på under 0,3 % og er seigere og mykere enn stål.

Jernmalm er generelt mineralforekomster som inneholder jern i slik konsentrasjon, og med egenskaper for øvrig, som gjør det mulig å utnytte denne som råmateriale for kommersiell produksjon av jern og stål. I praksis er det mineralene Hematitt og Magnetitt som regnes for jernmalm i dag.

Reduksjon av jernmalm

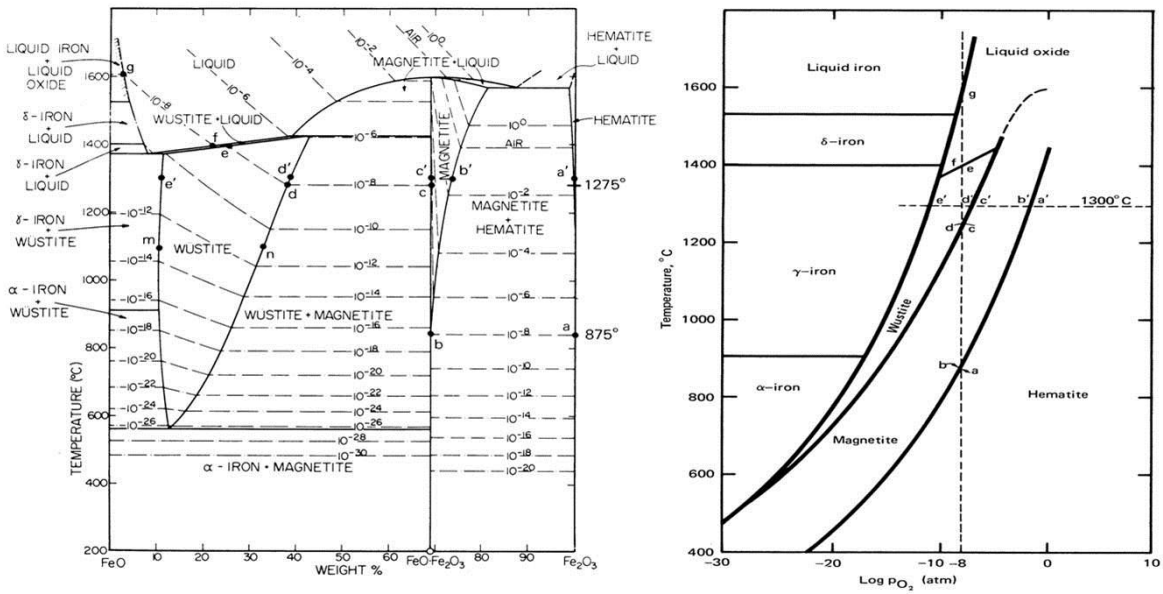
Kort sagt betyr reduksjon i denne sammenheng å fjerne oksygen fra malmen slik at jernet frigjøres i metallisk form. Dette kan gjøres på flere måter, men i denne sammenheng vil vi først og fremst betrakte såkalte pyrometallurgiske metoder; dvs. vi ser bort fra elektrolyse og hydrometallurgiske prosessruter.

Til venstre på Figur 1 (se neste side) vises en tredjedel av *fasediagrammet* Fe-Fe₂O₃; dvs. fra en forbindelse (fase) med toverdig jern merket FeO (som faktisk ikke eksisterer) og til Hematitt (Fe₂O₃) hvor jernet altså er treverdig. Wüstitt er den forbindelsen som dannes med bare toverdig jern og som en ser har den et eksistensområde som indikerer stor variasjon i sammensetning. Formelen for Wüstitt skrives Fe_{1-y}O som indikerer at det her dreier seg om en ustøkiometrisk forbindelse der oksygen gitteret er fullt, men der det finnes tom plasser (vakanser) i jern gitteret. Diagrammet videre til venstre for FeO forandrer seg ikke nevneverdig og er derfor ikke tatt med her. I praksis skrives ofte FeO for Wüstitt.

Et viktig poeng er de stiplede linjene som angir partialtrykket (atm) av oksygen *ved likevekt* i diagrammet. Punktene **a** og **b** i diagrammet er forbundet med en linje merket med 10⁻⁸, og dette betyr at forutsetningen for at Hematitt og Magnetitt skal kunne eksistere samtidig er at partialtrykket av oksygen har nettopp denne verdien ved den temperaturen punktene ligger på, 875°C; det eksisterer altså en likevekt mellom disse to oksidene og en gass som representerer et oksygentrykk på 10⁻⁸ atm ved 875°C.

Diagrammet til høyre på Figur 1 har i likhet med det til venstre temperatur som y-akse, men i stedet for en x-akse som gir sammensetning av det faste eller flytende stoffet, har dette diagrammet logaritmen til partialtrykket av oksygen som x-akse. Punktene **a** og **b** faller da sammen til et og samme punkt. Av diagrammet til høyre ser vi at ved en temperatur på f. eks. 875°C vil en gass med et partialtrykk høyere enn 10^{-8} atm bety at det er Hematitt som er stabil, og tilsvarende ved trykk lavere enn 10^{-8} atm er det Magnetitt som gjelder. En senkning av partialtrykket av oksygen ned til ca 10^{-20} atm skulle i følge dette diagrammet gi jern som stabil fase; følgelig er oppgaven som må løses for å redusere jernmalm til jern prinsipielt enkel:

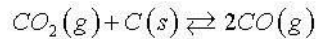
Bring malmen i kontakt med gass som har lavt nok partialtrykk av oksygen.



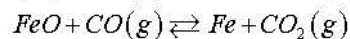
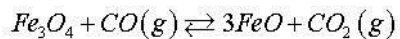
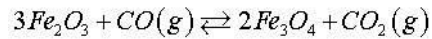
Figur 1 a) Fasediagram for systemet FeO-Fe₂O₃ med oksygen isobarer (atm) og b) fasestabilitet i systemet som funksjon av temperatur og logaritmen til oksygentrykket.

Det som skiller de forskjellige prosessene for reduksjon av jernmalm fra hverandre er måten man framskaffer en gass med tilstrekkelig lavt partialtrykk av oksygen.

I den klassiske prosessen for jernmalmreduksjon, masovnen benyttes karbon i form av koks til dette formålet; Koks forbrennes med luft som blåses inn fra siden lavt nede i ovnen men i slike mengder at det fremdeles er fast karbon til stede og vi får dannelse av CO gass etter "Boudouard" reaksjonen:



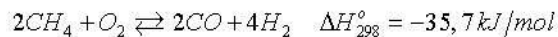
Dette er en likevekt som ved høy temperatur er sterkt forskjøvet mot høyre, og vil således kunne forsyne reaksjoner som:



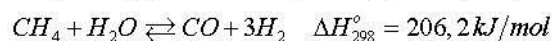
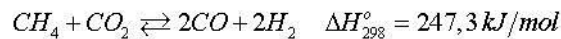
med CO gass; det vil si lavt oksygenpartialtrykk, slik at reduksjonen foregår som ønsket.

Tilsvarende reaksjoner kan også skrives med hydrogen (H_2) i stedet for CO og produktet er da vanddamp (H_2O).

Naturgass består hovedsakelig av metan (CH_4) som i praksis må konverteres til reduksjonsgass, eller "syntesegass" som er CO- H_2 blandinger med forskjellig sammensetning avhengig av naturgassen som brukes og konverteringen foregår ved *partiell forbrenning*:



som gir varme, eller ved *reforming* med CO_2 eller H_2O :



som er varmekrevende. Reforming med CO_2 er benyttet av MIDREX (se Figur 2) som er produsent av det prosessalternativet som i dag står for størsteparten av installasjonene for gassbasert reduksjon av jernmalm.

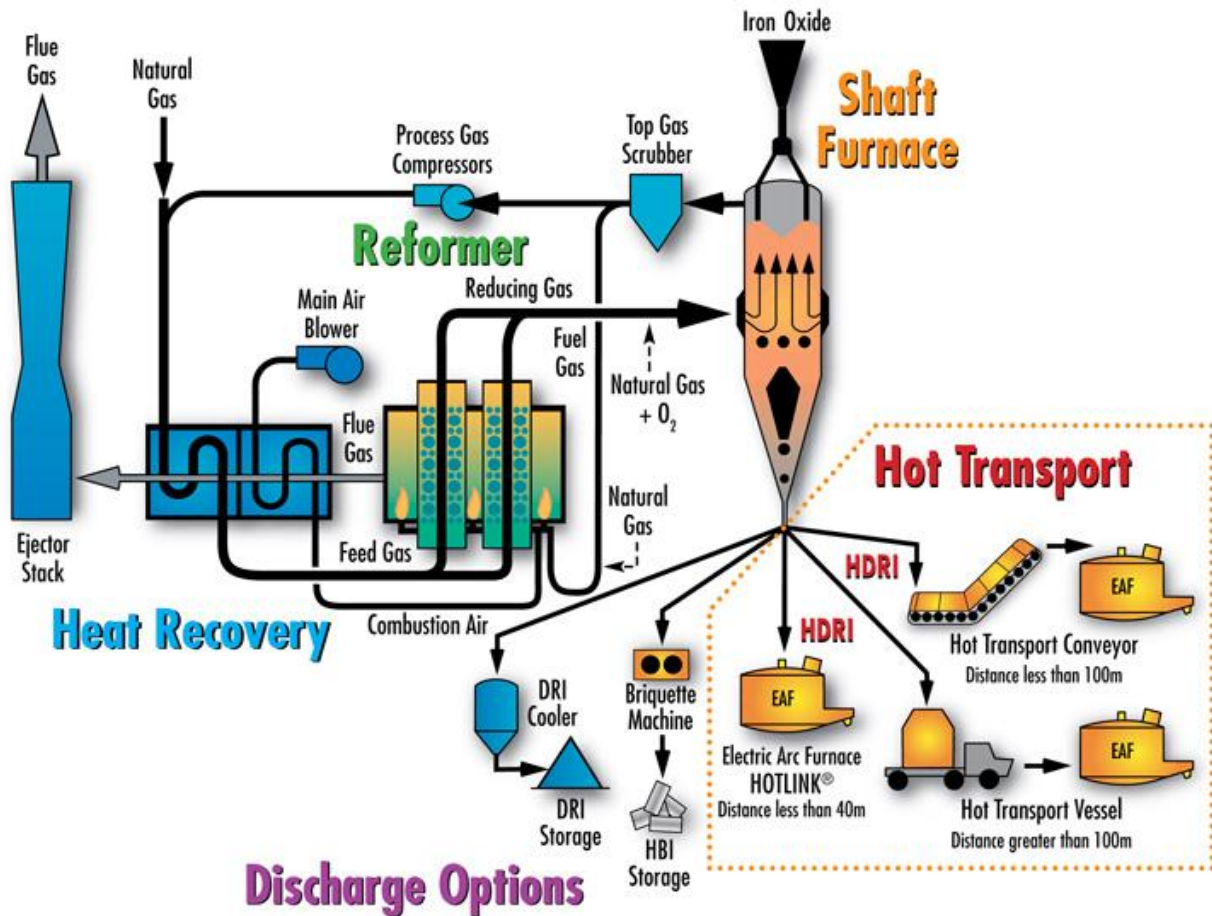
Andre prosessalternativer (f. eks. HYL) benytter vanddamp-reforming for å lage reduksjonsgassblandingen, i senere tid ofte i kombinasjon med partiell oksidasjon.

Generelt er det termodynamikken (f. eks. uttrykt ved differensen mellom oksygenpartialtrykk assosiert med Fe-O forbindelsene i fast stoff relativt til oksygenpartialtrykket som gassen representerer) som bestemmer om reduksjon eller oksidasjon vil foregå i prosessen.

Fysikalske/kjemiske forhold og egenskaper ved spesielt det faste materialet inngår i motstander mot omsetningen fra malm til metall og er bestemmende for hastigheten denne prosessen foregår ved – dette kalles gjerne kinetikk.

I fordraget vil samspillet mellom termodynamikk og kinetikk, og de muligheter og begrensninger dette representerer for prosess-design og -drift. Konsekvenser vedr. miljøforhold og økonomi berøres også.

The MIDREX[®] Process



Figur 2 MIDREX prosess for reduksjon av jernmalm med naturgass

“Ironman” - et industriprosjekt i Norge basert på naturgass Ulf Holmqvist, Senior Vice President, Höganäs

CV for Ulf Holmqvist

- 1954 Född i Lund, Sverige
- 1978 Civilingenjörutbildning, Maskin, LTH, Lund
- 1979 – 1988 Arbetade med utveckling och marknadsföring av Industrirobotar i USA, England och Västerås, Sverige för Unimation Inc och ABB
- 1988 Började anställning på Höganäs AB.
- 1999 – 2002 VD för North American Höganäs, USA. Byggde upp ny verksamhet för Höganäs AB i USA. Försäljningskontor, Teknisk serviceorganisation, startade upp produktion, integrerade två företagsinköp.

2002 - Vice VD, Höganäs AB, Höganäs. Ansvarat för olika enheter såsom Utveckling, Inköp, Kvalitet, Miljö och Marknadsföring. Fokuserar sedan 2007 på säkring av råvaruförsörjning både med avseende på prisrisker och fysiska försörjningsrisker.

Abstract:

“ Ironman” - et industriprosjekt i Norge basert på naturgass

Ulf Holmqvist, vVD, Höganäs AB
S-263 83 Höganäs
E-mail: ulf.holmqvist@hoganas.com
<http://www.hoganas.com>

IRONMAN är namnet på en studie som har genomförts gemensamt av Höganäs, LKAB och Statoil. Målet har varit att skapa förutsättningar för att kunna bygga en anläggning för produktion av DRI/HBI (Direct Reduced Iron/Hot Briquetted Iron) med en ny standard för CO₂-utsläpp. Genom att använda naturgas som reduktionsmedel i stället för kol som används i masugnsbaserad stålproduktion, kan CO₂-utsläppen minska med upp till 75%.

Baserat på dessa tre teknologidrivna partners i Sverige och Norge, skulle detta kunna bli ett väl fungerande samriskprojekt.

IRONMAN tillfredställer ökade krav på högre råvaror i Europa och kan därmed bidra till att Europeisk stålindustri kan vidareutveckla sin konkurrenskraft. Samtidigt erbjuder projektet många miljöfördelar såsom minskade CO₂-utsläpp och miljöpåverkande transporter samt ökad produktivitet för stållverkarna.



En simulerad bild av hur Ironman skulle se ut på Tjeldbergodden, III. Höganäs

IRONMAN kombinerar existerande infrastruktur på Tjeldbergodden och i Narvik med den ökande efterfrågan på DRI/HBI.

Studien rekommenderar en anläggning med 1,6 Mton kapacitet av direktreducerad järnråvara per år, vilket uppskattas till ca 15% av det framtida behovet i Skandinavien och övriga Europa.

Projektet kan realiseras inom en 3-årsperiod från kontraktsskrivning.

Anläggningen är tänkt att placeras i den befintliga industriparken på Tjeldbergodden, ca 140 km sydväst om Trondheim. Direktreduktion av pelletiserad järnslig är en metallurgisk process där oxygenet i sligen (Fe_2O_3) bortföres av naturgas, resulterande i att man erhåller en högren järnprodukt (Fe). Direktreduktionen startar när CO och H₂ från den reformerade naturgasen reagerar med oxygenet i sligen och bildar CO₂ respektive vatten (H₂O). Slutprodukten är rent järn som kallas DRI (Direct Reduced Iron). Processen sker i fast fas och råvaran bibehåller sin ursprungliga pelletsform i storleksordningen 15 mm diameter. DRI:n pressas därefter ihop till solida bricketter (HBI) för att förenkla vidare hantering och transport.

Produkten kan användas som råvara både i masugnsprocessen (BF) och ljusbågsprocessen (EAF).

De tre Sponsorerna har tillsammans genomfört studien med följande förutsättningar:

- LKAB levererar råvaran från sin gruva i Kiruna, Sverige. Via sitt logistikcenter i Narvik, Norge sjöfraktas järnmalmspelletsen till en dedicerad hamn i direkt anslutning till anläggningen på Tjeldbergodden.
- Statoil är operatör på Tjeldbergodden, där en existerande gaspipeline från gasfältet Heidrun når land och försörjer en existerande metanolanläggning. Både de anslutna gasfälten och pipelinen har tillräcklig kapacitet för att leverera de nödvändiga kvantiteterna naturgas som DRI/HBI-anläggningen behöver under sin livstid.
- Höganäs kommer att använda delar av den tänkta DRI/HBI-produktionen i sin EAF-baserade anläggning i södra Sverige.
- Både LKAB och Höganäs är sedan tidigare väl etablerade leverantörer till stålindustrin. Dessa säljkanaler ska utnyttjas för marknadsföring av återstående produktvolym till Skandinaviska och andra Europeiska producenter av högkvalitativt stål. Marknadspotentialen för högkvalitativ, malmbasera råvara är uppskattad till ca 10 Mton per år. Intresset för DRI/HBI ökar främst pga den förväntade bristen på olegerat, högre järnskrap.

Ljusbågsbaserad ståltillverkning (EAF) med DRI/HBI som råvara skapar ca 40% mindre CO₂-utsläpp än masugnsbaserad (BF). Dessutom kan ca 65 – 80% av den skapade CO₂-gasen i DRI-anläggningen fångas med existerande teknologi vilket leder till ytterligare minskade utsläpp förutsatt att den kan tillvaratas.

Kraven på viktminskning inom bilindustrin har øket anvændningen av legeringsæmnen i bilplåt. Dessa fœroreningar begrænsar mœjligheterna att anvænda sâdant skrap eftersom det fœrsæmrrar duktiliteten i færdigvaran. Detta i sin tur økar behovet av DRI/HBI.

De flesta etablerade DRI/HBI-anlæggningarna har lokaliserats till Mellanøstern, Mellanamerika samt Nordafrika pga tillgång pâ subventionerad naturgas. Detta pæverkar bade leveranssækerhet och transportkostnader negativt fœr Europeisk industri. Dâ gasmarknaden ær under sterk fœrændring med utvinning av shellgas samt LNG-produktion, fœrvæntas en globalisering av gaspriser att succesivt ske øver de nærmaste 10 åren. Det har redan lett till beslut om nyetablering av DRI-anlæggningar i USA.

Genom att utnyttja befintlig infrastruktur, inklusive fœrnødenhetsfœrsœrjning och service i Tjeldbergoddens industripark, kan miljœpævekan miniskas jæmfœrt med en nyetablering (green field).

“Ironman” - her eller der?

Tor Bjœru, direktœr, Miljœteknologi, SIVA

CV for Tor Bjœru

- Fœdt i 1957
- Ingeniœr fra Trondheim Ingeniœrhøgskole, Bygg og anlegg, 1978
- Bedriftslederskolen, 1984-86
- Årskurs i Næringutvikling ved BI, 1999
- Ingeniœr, byggesakskontoret Melhus kommune
- Byggeleder, Teknisk etat Melhus kommune
- Prosjektleder Forretningsbanken AS/Fokus Bank AS
I SIVA fra 1991
- Prosjektleder Eiendom, SIVA
- Direktœr Regionalutvikling, SIVA
- Direktœr Marked og kommunikasjon, SIVA
- Direktœr Miljœteknologi, SIVA
- En rekke styreverv i institusjoner innen FoU, teknologiutvikling og inkubasjon tilknyttet SIVAs nettverk

Abstract:**Ironman, her eller der?**

Tor Bjøru, direktør, Miljøteknologi, SIVA
Postboks 1253, Sluppen, 7462 Trondheim
tor.bjoru@siva.no, mb.: 90099423

SIVA har siden våren 2011 arbeidet med realisering av dette prosjektet.

Hovedfokuset har vært på etablering av ny eier- og finansierungsstruktur for utbyggingen, og det er i denne forbindelse SIVA er koblet inn i prosjektet.

SIVAs innsats kan beskrives som følger:

- Bearbeide og legge tilrette for et mulig investeringskonsortium
- Dimensjonere tilretteleggende investeringer (fysisk infrastruktur)
- Norsk forankring, myndighetsforankring sentralt og lokalt
- Bygge opp relasjoner til relevante FoU- og industrimiljøer
- Legge grunnlag for videre industriell nyskaping (industri-inkubator)

Næringsutvikling

Ironman er i seg selv et stort og viktig industri-prosjekt. Dersom prosjektet blir realisert, vil det også kunne ha store ringvirkninger og betydning for utvikling av næringsliv og FoU-virksomhet i regionen og nasjonalt.

I utbyggingsfasen over 3 år vil det investeres i størrelsesorden 5-6 milliarder kroner, noe som vil føre til store muligheter for entreprenører og leverandører og gi en stor sysselsettingseffekt.

Ved full drift vil produksjonsanlegget ha ca 130 ansatte. I tillegg vil det være et kontinuerlig behov for innleie av kapasitet til vedlikehold, transport og leveranser.

Klyngeeffekten

Lokalisering av et jernverk på Tjeldbergodden vil gi muligheter for å utnytte malmen, som likevel passerer på vei til markedene i Europa, til industriutvikling i Norge. I kombinasjon med utnyttelse av naturgassen fra norsk sokkel vil dette være en betydelig mer miljøvennlig produksjon enn den som i stor utstrekning i dag foregår på kontinentet, og være helt i tråd med politiske målsettinger om industrietablering i Norge med basis i gass fra sokkelen.

Nasjonal industri

I en videreutvikling av en gassbasert industriklynge på Tjeldbergodden blir Ironman hovedprosjekt.

Ironman-prosjektet kan være modell for tilsvarende industri i nordområdene (Rana, Narvik, Skibotn, Hammerfest, Kirkenes), hvor jernmalm og naturgass i framtiden kan knyttes sammen med null-utslipp av CO₂.

Miljø

Ved full produksjon vil anlegget på Tjeldbergodden produsere 1,6 millioner tonn DRI (Direct Reduced Iron) pr år. Dette vil gi et årlig utslipp på ca 800 000 tonn CO₂. I forhold til tradisjonell produksjon basert på kull som reduksjonsmiddel vil det være en reduksjon i utslippene på ca 60 prosent.

Lokalisering

Lokaliteten er valgt ut fra god logistikk for transport av jernmalm fra Narvik, og god tilgang på naturgass. Dette gjør at det vil være industrielt, økonomisk og miljømessig fornuftig å prosessere jernmalmen på Tjeldbergodden.

Miljø i globalt perspektiv

I et globalt perspektiv vil jernverket gi store reduksjoner i utslipp av klimagasser, men anlegget vil føre til økte utslipp av CO₂, NO_x, SO_x og støv lokalt. Punktutslippet på ca 800 000 tonn CO₂ vil gå utover nasjonale målsetninger, men utslipp fra tilsvarende kullbasert produksjon er 3-4 ganger større. I den videre utviklingen av prosjektet er det også muligheter for implementering av teknologi for fangst av CO₂. Klima- og forurensningsdirektoratet (Klif) har fremmet krav om at Ironman skal konsekvensutredes.

Særnorske utslippskrav eller europeisk regime for Ironman

Stian Rein Andresen, overingeniør, Klima- og forurensings-direktoratet

CV for Stian Andresen

- Jobber i seksjon for klimavoter i Klima- og forurensningsdirektoratet
- Sivilingeniør fra NTNU i 2009 (produktutvikling og produksjon/maskin. Spesialisering ved institutt for industriell økologi)
- Implementerer EUs kvotesystem i Norge. Jobber spesielt mot norsk aluminium og ferrolegeringsindustri.
- Følger EUs Climate Change Committee sin tekniske arbeidsgruppe for utvikling av EU-regelverket.
- Jobber internasjonalt med markedsmekanismer for klimagasser.

Abstract:**Særnorske utslippskrav for klimagasser eller europeisk regime for Ironman**

Stian Andresen Overingeniør
Klima- og forurensningsdirektoratet
E-mail: sra@klif.no
<http://www.klif.no>

Norge har hatt et kvotesystem for deler av industrien siden 2005. Fra 2008 har Norge vært en integrert del av det europeiske kvotesystemet, og det nasjonale systemet er i dag i tråd med EUs kvotedirektiv. EUs kvotesystem er en hjørnestein i den europeiske innsatsen for å redusere utslipp av klimagasser, og omfatter over 12 000 europeiske virksomheter og 4000 luftfartsoperatører. For Norge er kvotesystemet ett av de viktigste virkemidlene for at Norge skal overholde sine utslippsforpliktelser under Kyotoprotokollen, og for at vi skal nå vårt utslippsmål.

I dag er det 115 kvotepliktige virksomheter i Norge, og fra 2013 vil antallet øke til 130. Fra 2013 vil kvotesystemet gå inn i en ny fase som varer til 2020. Den nye fasen skiller seg fra de foregående ved at flere bransjer og klimagasser blir omfattet, færre kvoter deles ut gratis, og det blir ytterligere harmonisering av regelverket i EU. For hvert år framover strammes også kvotesystemet inn ved at antallet klimakvoter reduseres. Endringene er spesielt viktige for norsk industri, da aluminium- og ferrolegeringsproduksjon blir inkludert fra 2013. Produksjon av jern og stål har i hele EU vært med siden 2005.

For perioden 2008-2012 har Norge hatt enkelte tilpasninger til EUs kvotesystemet, hvor den viktigste er at offshoreindustrien ikke fikk tildelt gratiskvoter. Norge har også inkludert utslipp av lystgass fra salpetersyreproduksjon i kvotesystemet i denne perioden. Dette er utslipp som ikke er inkludert i resten av EU før 2013. Fra 2013 vil imidlertid offshoreindustrien få tildelt en andel gratiskvoter i tråd med det harmoniserte tildelingsregelverket utviklet av EU.

Den nye fasen starter i 2013. Tildelingen av gratiskvoter skiller seg fra de forrige periodene ved at tildelingen hovedsakelig baseres på benchmarkverdier og ikke historiske utslipp. Størstedelen av de kvotepliktige utslippene fra europeisk industri er dekket av disse benchmarkverdiene. Hvor godt en virksomhet kommer ut av denne tildelingen vil derfor som hovedregel avhenge av hvor utslippsintensiv virksomheten er. Benchmarkverdiene er satt på bakgrunn av de 10 % minst utslippsintensive virksomhetene i hver enkelt bransje i Europa. Norske virksomheter har også vært med på å sette disse benchmarkverdiene.

Tildelingsregelverket skiller på virksomheter som er utsatt for karbonlekkasje og de som ikke er det. Virksomheter utsatt for karbonlekkasje er virksomheter som er definert at kan flytte ut av EU dersom kostnaden av kvotesystemet blir for stor. Industri som er ansett som karbonlekkasjutsatt

får samme tildeling frem til 2020, mens virksomheter som ikke er utsatt for karbonlekkasje får en nedtrapping i tildelingen frem til 2020. Elektrisitetsproduksjon får ingen tildeling. Det er i tillegg satt av en pott i EU på 5 % av den totale kvotemengden til tildeling til ny industri. Tildelingen vil følge det harmoniserte tildelingsregelverket utviklet av EU.

Til nå er det nesten bare EU og Norge som faktisk har gjort ord til handling ved å la forurenserne betale for sine klimagassutslipp. Men nå følger andre i fotsporene og utvikler egne kvotesystemer. Eksempler på dette er Australia som i fjor vedtok en lov om kvotehandel og innfører et kvotehandelssystem sommeren 2015. Kina skal også ha på plass et nasjonalt klimakvotesystem innen samme tid. Det samme planlegger Sør-Korea. Sør-Afrika vurderer å innføre CO₂-prising i en eller annen form. I USA er California i ferd med å innføre kvotehandel, mens kraftprodusenter på østkysten har vært omfattet av et kvotesystem fra 2009. New Zealand var tidlig ute og etablerte et nasjonalt system for handel med klimakvoter allerede i 2008.

Binding av CO₂ i mineralogisk materiale: muligheter for CO₂-basert industriell utvikling i kombinasjon med lokale og regionale mineralske råstoffer

Are Korneliussen, forsker, mineralressurser, NGU

CV for Are Korneliussen

- Født i Saltdal 1950
- Sivilingeniør i Teknisk Geologi, studieretning malmgeologi, NTH 1976
- Begynte ved Norges geologiske undersøkelse i 1976
- Har erfaring med ulike typer av mineralforekomster, men har arbeidet særskilt inngående med titanforekomster (rutil og ilmenitt) og har i den sammenheng erfaring fra samarbeid med nasjonale og utenlandske bedrifter.
- Har i de senere år vært involvert i forskning relatert til karbonsyreoppløsning av silikatmineraler, først i samarbeid med Institutt for Energiteknikk (IFE), deretter i samarbeid med Kjeøy Research & Education Center (KREC) og Dr. Richard Bialecki (konsulent, London).

Abstract:

**Binding av CO₂ i mineralogisk materiale:
muligheter for CO₂-basert industriell utvikling i kombinasjon med lokale
og regionale mineralske råstoff**

Are Korneliussen, Forsker, mineralressurser
Norges geologiske undersøkelser
Boks 6315 Sluppen, 7491 Trondheim
E-mail: are.korneliussen@ngu.no
www.ngu.no

Landet har betydelige muligheter for økt mineralbasert verdiskaping hvis en kan kombinere primær råvareproduksjon i form av gruvedrift med bruk av naturgass for videreforedling. Gassbasert videreforedling av mineralske råvarer vil imidlertid i de fleste tilfeller føre til utslipp av CO₂. Det er behov for utvikling av nye løsninger for miljøakseptabel CO₂-håndtering, og som fortrinnsvis også benytter CO₂ som reagens i videre industrielle prosesser for ytterligere verdiskaping.

Dette foredraget fokuserer på en nyutviklet metode for å oppnå rask dekomponering av bergarter/mineraler i karbonsyre, hvilke muligheter dette kan gi for CO₂ - mineral basert industriell utvikling, og hvilke mineralressurser som kan være egnet.

CO₂ løst i vann gir karbonsyre: $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$. Visse mineraler som for eksempel olivin kan ved gunstige betingelser dekomponeres i karbonsyre og danne karbonatmineralet magnesitt samtidig som silika frigjøres: $(\text{MgFe})_2\text{SiO}_4$ (olivin) + H_2CO_3 (karbonsyre) \rightarrow $(\text{MgFe})\text{CO}_3$ (magnesitt) + SiO_2 (silika) + H_2O .

Ved nedbryting av olivin i karbonsyre dannes en impermeabel silika rand rundt mineralkornene som bremser/stopper den videre oppløsningsprosessen. Denne randsonen kan abraderes ved bruk av ekstremt kraftige energipulser under reaksjonsprosessen, og det oppnås en tilnærmet kontinuerlig eksponering av frisk mineraloverflate og mineralet nedbrytes effektivt. Reaksjonen (eksotermisk) kan potensielt løpe svært raskt ved gunstige betingelser.

De eksperimentene som er utført er ved atmosfærisk trykk og temperatur (15-20 °C), viser et potensial for oppskalering mot industriell skala. En framtidig industriell utvikling av metodikken kan åpne opp for realisering av annen industriell virksomhet hvor gass eller kull/koks inngår i produksjonsprosessen, og hvor CO₂ i utgangspunktet er et uønsket biprodukt, men som i den nye prosessen blir industrikjemikalie.

I konseptet ligger at det samtidig produseres verdifulle produkter basert på bestanddeler fra de dekomponerte mineralene, for eksempel silika fra olivin, og at det CO₂-holdige mineralogiske materialet (karbonat) som produseres kan deponeres på miljøakseptable måter i landdeponi eller på sjøbunn.

Det integrerte industrielle scenarioet blir følgende: (1) Gass/kull + Mineraler \rightarrow Verdifulle produkter + CO₂. For eksempel, hvis en benytter jernmalm som mineralogisk råvare blir det verdifulle produktet jern. (2) CO₂ + Mineraler \rightarrow CO₂-holdig mineralogisk materiale for deponering + Verdifulle produkter. Og hvis en her benytter olivin som mineralogisk råvare blir produktene magnesitt (Mg-karbonat) for deponering og silika og nikkel (se nedenfor) for salg.

Denne type industriell utvikling kan i prinsippet baseres på mineralske råvarer tilgjengelig fra gruver i produksjon rundt om i landet. Egnede bergarter er i første rekke olivinbergarten dunitt som er gjenstand for gruvedrift på Sunnmøre. Dunitt inneholder i størrelsesorden 40 vekt % SiO₂ og 0,3 vekt % Ni; begge har stor potensiell verdi forutsatt at det kan lages produkter som er markedsmessig attraktive. Ved bruk av dunitt kan en pr. 1000 kg bergart binde i størrelsesorden 400 kg CO₂ i form av karbonatmineralet magnesitt. En annen aktuell bergart er anortositt som er

tilgjengelig fra en gruve i Gudvangen; anortositt har lavere kapasitet til å binde CO₂ enn olivin, men har stort potensial for verdiskaping i form av Al₂O₃ og SiO₂.

Landet har enestående muligheter for den type industriell utvikling som her er skissert. Gunstige omstendigheter er et velutviklet prosessindustrielt miljø som er i stand til å realisere nye industrielle utbygginger, betydelige ressurser av naturgass, og egnede mineralressurser både for gassbasert og CO₂-basert prosessindustri. Utfordringen er i første rekke politisk, og om samfunnet faktisk ønsker en slik industriell utvikling. Derneft ligger en betydelig utfordring i oppskalering av karbonsyre oppløsningsprosessen til industriell skala, utvikle verdifulle mineralske produkter fra reaksjonsproduktene, samt utvikle miljøakseptable løsninger for deponering av relativt betydelige mengder CO₂-holdig mineralogisk materiale.

Oppsummering – avslutning

Hogne Hongset, programstyreleder Gassmaks og spesialrådgiver, Industri Energi

CV for Hogne Hongset:

- Født i Alstahaug 1940
- Cand mag fra Universitetet i Trondheim 1967.
- 1961-81: Ulike stillinger i skoleverket
- 1981-83: Aker mek Verksted Trondheim(TMV)/ Aker Oslo
- 1984-2000: Statoil (Statoil forskningsssenter, Mongstad raffineri, Gullfaks A)
- 2003-2012: Spesialrådgiver Industri Energi/LO.
- Programstyreleder Gassmaks/NFR fra 2007
- Har arbeidet mye med rammebetingelser for gassbasert industri i Norge

Debattinnlegg (Adresseavisen 3.august 2012):

Om foredling av poteter – og naturgass!

Av Hogne Hongset
 (hohongse@online.no)
 Mb.: 91836363

Poteter koster 10 kroner pr kilo, potetgull rundt 200. Det viser hva foredling kan utløse av merverdi.

Adresseavisen hadde

31. 7. et oppslag med utgangspunkt i etterordet til min bok «Hevneren». Etterordet viser at en vedtatt stortingsmelding om foredling av naturgass ikke er blitt skrevet. Stortingsrepresentant Ola Borten Moe purret opp meldingen fra Stortingets talerstol i 2007, og statsråd Odd Roger Enoksen svarte at meldingen var i arbeidet. Siden har ingen sett eller hørt noe til den! Daværende stortingsrepresentant Borten Moe er som kjent dagens statsråd i OED.

Borten Moe hevder nå,

via informasjonsavdelingen i OED, at meldingen han purret opp i 2007, ligger innbakt i den Stortingsmeldingen han la fram i 2011. Det er, pent sagt, en kreativ måte å levere politisk regnskap på.

Meldingen han

viser til, «*En næring for framtida – om petroleumsvirksomheten*», er en grundig gjennomgang av alt som har betydning for sikker og effektiv leting, produksjon og transport/eksport av olje og gass. På disse områdene har meldingen fått mye og velfortjent ros. *Når det gjelder muligheter for*

industri basert på foredling av naturgass, er imidlertid meldingen uten noen som helst reell gjennomgang.

Meldingens

«Mål og sammendrag», og er på 10 sider. Der refereres de såkalte «Ti oljebud», vedtatt av Stortinget i 1972. Det tredje lyder slik: «*At det med basis i petroleum utvikles ny næringsvirksomhet.*» Hva regjeringen har tenk å bidra med i så måte, er ikke tema i kapittelet Mål og sammendrag i det hele tatt.

Meldingens kapittel 8.6.

«*Industriell bruk av gass i Norge – rammer og muligheter*», utgjør mindre enn tre av meldingens 165 sider. Disse knapt tre sidene er dessuten i all hovedsak en oppsummering av tilgang på gass, samt en historisk status for industriell bruk av gass i Norge. Kapittelet er kjemisk fritt for vurdering og lansering av politiske virkemidler for å oppfylle intensjonene om videre utvikling av gassbasert industri!

99 % av norsk naturgass

eksporteres til energimarkedene, 1 % brukes/foredles i Norge. Den foredlingen som tross alt skjer, blant annet i plastindustrien, og mer på tross av enn på grunn av myndighetenes politikk, gir grunnlag for flere hundre større og mindre bedrifter spredd ut over hele landet, langs kysten og i innlandet.

Senterpartiet

vil ta hele landet i bruk og styrke næringslivet i distrikts-Norge. Da er det både overraskende og nokså underlig at en statsråd fra partiet ikke engang vil *utrede* de mulighetene som kan finnes i gassbasert industri for å oppnå nettopp det!

Eller, kan det være at embetsverket lar infoavdelingen prøve å binde en ferierende statsråd til en mening han ikke har?

Oppsummering – avslutning

Unni Olsbye, professor, Senter for innovative naturgassprosesser og –produkter, UiO

CV for Unni Olsbye:

- Født på Hamar 1964

Utdanning:

- Siv.ing. i kjemi fra NTH 1987
- Dr.Scient. i kjemi fra UiO 1991

Arbeidserfaring:

- Tilsatt i Elf Aquitaine (i Lacq, Frankrike) som stipendiat 1988-90
- Tilsatt i SI/SINTEF (i Oslo) som forsker, senere seniorforsker og gruppeleder, 1991-2000.
- Tilsatt i Nordox A/S (i Oslo) som utviklingssjef 2000-2001.
- Er professor i kjemi ved Universitetet i Oslo siden 2001.
- Er leder for SFI'et inGAP (Innovative naturgassprosesser og –produkter) siden 2007.

- Har siden 1988 jobbet aktivt med forskning på og utvikling av ulike prosesser for omdanning av naturgass til plastråstoff og drivstoff, i tett samarbeid med industrien. Spesialfeltet er katalyse.
- Har publisert 85 artikler i internasjonale tidsskrifter, bidratt til 8 patenter og har i løpet av de siste 6 årene holdt 16 inviterte foredrag på internasjonale konferanser.

Debattinnlegg (Dagens Næringsliv 18. mai 2012):

Av Unni Olsbye

Professor ved Universitetet i Oslo

unni.olsbye@kjemi.uio.no

Mb.: 95418751

En fremtid uten olje?

Verdens forbrukere etterspør stadig mer energi og forbruksvarer. Energi trengs til oppvarming, transport og produksjon av alt vi konsumerer - mat, betong, glass og metaller for å nevne noen få, men store, produkter. 81% av energien er basert på fossile kilder, og olje utgjør alene 33 % av verdens energiforbruk, i form av flytende drivstoff som bensin, diesel og flybensin. En mindre del av oljen omdannes dessuten til plastråstoff, som videreføres til ulike forbruksvarer.

Fornybare energikilder vil etter hvert dekke en større andel av energietterspørselen, men plastproduksjon vil fortsatt trenge en karbonkilde. Energitettheten av bensin er dessuten cirka 100 ganger høyere enn i de beste batteriene. Det er derfor vanskelig å tenke seg at flytrafikk og tungtransport kan gå over på batteridrift.

Verdens påviste, gjenværende oljereserver holder ikke tritt med etterspørselen, og interessen for alternative karbonkilder øker. Internasjonalt pågår en oppbygging av industri for omdanning av kull og naturgass til plastråstoff og flytende drivstoff. Råvaren for prosessene er bestemt av lokale ressurser: I Kina brukes kull, mens i Midt-Østen og USA brukes naturgass.

Den viktigste prosessen for omdanning av kull (og naturgass) til flytende drivstoff, Fischer-Tropsch (FT) -prosessen, ble utviklet omkring 1920, og tatt i bruk av tyskerne under andre verdenskrig, deretter av Sør-Afrika under boikotten av apartheid-regimet. Prosessen er etter hvert blitt økonomisk konkurransedyktig sammenliknet med oljebaserte prosesser. Det skyldes to forhold: For det første har flere selskaper, blant annet Sasol, Shell og vårt eget Statoil, brukt store ressurser på å utvikle forbedrede versjoner av FT-prosessen. For det andre er en økende andel av oljereservene krevende å utvinne, mens ny teknologi for utvinning av skifergass har gjort USA selvforsynt med naturgass. Gassprisen sett i forhold til olje er nå halvparten så høy som for ti år siden.

I Sør-Afrika dekkes i dag 40 % av drivstoff-forbruket med FT-diesel. FT-drivstoff ble dessuten nylig godkjent for bruk i fly. Den første «Sasol flight»-en med 100 % FT-drivstoff tok av fra flyplassen i Johannesburg høsten 2010.

Som verdens nest største naturgasseksportør har Norge spesiell interesse av å utvikle teknologi for bruk av naturgass. Norge har siden midten av 1980-tallet hatt dedikerte forskningsprogrammer på dette feltet, og teknologiene som er utviklet er i internasjonal front. Et eksempel er UOP/Hydro's «Metanol til olefiner (plastråstoff)»-prosess, som er delvis norskutviklet (i Hydros tidligere petrokjemidivisjon, nå INEOS, i samarbeid med SINTEF, UiO og NTNU). Den er valgt

teknologi for et industrielt kull-til-plast-anlegg som er under bygging i Kina. Anlegget gir lisensinntekter til INEOS, og verdifull erfaring i forhold til videreutvikling av prosessen.

Prosessene for å omdanne naturgass og kull til drivstoff og plastråstoff går via et felles mellomprodukt, syntesegass, som også kan dannes fra biomasse som planter, trær og flis. Det betyr at prosessene er direkte overførbare til en fornybar fremtid. Begrensningen ligger i ressurstilgangen: Tilveksten av raffinerbar biomasse kan bare erstatte en liten andel av dagens oljeforbruk.

Hva så med en fremtid uten olje? Norge er både heldig og strategisk godt posisjonert: Heldig fordi vi har rikelig med naturgass-ressurser, som langt på vei kompenserer nedgangen i oljeproduksjon siden toppåret 2000. Strategisk fordi vi bidrar til å øke ressursenes verdi ved å utvikle teknologier som verden har bruk for.

I et klimaperspektiv kunne man selvsagt ønske at det ikke var bruk for fossile energikilder. Det ville imidlertid kreve en dramatisk endring i forbrukeradferd. Som et eksempel: Fly kommer til å være bensindrevne i overskuelig fremtid. Hvor mange av oss er dermed villige til å skrinlegge alle fremtidige ferier som involverer bruk av fly?

Kilder:

EIA's Key World Energy Statistics (2010), OPEC's World Oil Outlook (2011), Oljedirektoratet (factpages.npd.no/factpages), David MacKay: "Sustainable Energy without the hot air" (www.withouthotair.com).

Unni Olsbye er professor ved Kjemisk Institutt, Universitetet i Oslo, og leder SFI'et inGAP: «Innovative naturgass-prosesser og -produkter», www.mn.uio.no/ingap.