

## Referat fra det 15. norske katalysesymposiet - 2015 i Bergen

*Erwan Le Roux (Kjemisk institutt, Universitetet i Bergen) og Stian Svelle (Kjemisk institutt, Universitetet i Oslo og leder av Norsk kjemisk selskaps faggruppe for katalyse)*



*Årets symposium samlet 46 deltagere fra 7 forskningsinstitusjoner (Foto: Erwan Le Roux)*

Årets katalysesymposium var det 15. i rekken og ble holdt 3. og 4. desember på Grand Hotel Terminus i Bergen. Møtet har de siste årene alternert mellom Oslo, Trondheim og Bergen. Symposiet ble som vanlig arrangert av lokale representanter for NKS Faggruppe for katalyse, og årsmøtet i faggruppa var en del av arrangementet. Styret i faggruppa vil takke Matriks A/S og Universitetet i Bergen for generøs sponing.

Selv om er Bergen kanskje ikke er det mest populære reisemålet på denne tiden av året for alle, ble det satt ny rekord i antall deltagere for Bergen (46 i alt). Samtlige norske forskningsgrupper innen katalyse deltok, og hele syv forskjellige universiteter og institutter (Universitet i Bergen, Universitetet i Oslo, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Høgskolen i Telemark, Universitetet i Stavanger, Universitetet i Tromsø – Norges arktiske universitet, og SINTEF materialer og kjemi) var representert med både professorer/gruppeledere og studenter/postdoktorer. Programmet var også rikholdig, med to foredrag gitt av inviterte internasjonalt ledende katalyseforskere, i tillegg til foredrag holdt av norske seniorforskere (3) og yngre forskere (17), samt korte muntlige presentasjoner (6) fra masterstudenter, doktorgradsstudenter og postdoktorer. Faglig dekket man et tverrsnitt av feltet, fra homogen og heterogen katalyse, reaktortechnologi, metallorganisk kjemi, metallkomplekstkjemi, materialvitenskap og nanoteknologi, til kinetikk og prosessoptimering.

Årets inviterte foredragsholdere var professor Michael North fra University of York (Storbritannia) og Andrei Y. Khodakov fra University of Lille (Frankrike), som er CNRS forskningsdirektør og leder av energiforskergruppen.

Professor Michael North er meget anerkjent for sitt arbeid innen grønn organisk kjemi. Han beskrev hvordan man kan bruke avfall og biprodukter som reaktanter, slik som cyanider og CO<sub>2</sub>, som utgangsmateriale for syntese. Han fokuserte på utviklingen av effektive katalysatorer uten bruk av sjeldne metaller, samt bruk av sykliske karbonater som grønne, polare aprotiske løsningsmidler. I sin presentasjon ga professor North en todelt oversikt over 25 år med forskning på katalytisk aktivering av C<sub>1</sub>-forbindelser. Den første halvdel av forelesningen tok for seg cyanidkjemi, særlig asymmetrisk cyanohydrinsyntese ved hjelp av både organokatalysatorer med

hydrogencyanid som cyanidkilde og titan- og vanadiumbaserte katalysatorer (i stedet for sjeldnere, edlere og dyrere metaller) med trimetylsilylcyanid, kaliumcyanid eller dietylcyanofomat som cyanidkilder. Denne kjemien ble også utvidet til asymmetriske Strecker-reaksjoner. I den andre delen av presentasjonen diskuterte professor North utnyttelse av CO<sub>2</sub> (enten som ren reagens eller fortennet CO<sub>2</sub> som fra virkelige avgasser) i reaksjon med epoksider for dannelse av sykliske karbonater. Utviklingen av en aluminiumbasert katalysator med to distinkte aktive seter ble beskrevet, og denne avanserte katalysatoren er usedvanlig aktiv for denne kommersielt viktige reaksjonen. Den aluminiumbaserte katalysatoren, som enkelt kan syntetiseres fra enhver aluminiumkilde (slik som aluminiumfolien som omgir sjokoladeplater – sjokoladen KitKat blir produsert i York), er også aktiv for koblingen av andre C<sub>1</sub>-heterocumulener (karbondisulfid og isocyanater) med epoksider for selektiv dannelse av sykliske di- og trithiokarbonater.

Andrei Y. Khodakov har viet store deler av sin karriere til syntesegassrelaterte prosesser. Syntesegass er en blanding av CO og H<sub>2</sub>, som benyttes til fremstilling av for eksempel metanol, ammoniakk eller hydrokarboner (Fischer-Tropsch). Khodakov la vekt på nye utfordringer og oppsummerte ferske konsepter for å øke selektiviteten mot spesifikke produkter, slik som middeldestillat (diesel), alkener og oksygenater i Fischer-Tropsch-prosessen. Han fokuserte spesielt på strategier som kan omgå den brede Anderson-Schulz-Flory produktfordelingen, som utgjør et fundamentalt hinder for selektiv fremstilling av enkeltprodukter i denne prosessen. Hovedelementet i strategien er å skape steriske begrensinger rundt de aktive setene. Khodakov viste eksempler der de aktive metallpartiklene (Co, Fe, Ru, og Cu) var immobilisert inne i hulrommene i nanoporøse zeolitter eller i amorfe, hule, nanometerstore silikatpartikler. En annen lovende tilnærming er å suspendere katalysatorpartiklene i en mikroemulsjon, der katalysatoren og produktene hovedsakelig er i forskjellige faser. Til sist fokuserte Khodakov på bruk av promoterte molybdensulfidkatalysatorer for selektiv fremstilling av høyere alkoholer (C<sub>2+</sub>).

I sitt nøkkelforedrag presenterte Giovanni Occhipinti (UiB) sine nylige fremskritt innen utvikling av Z-selektive tiolat-ruteniumbaserte katalysatorer for ringslutningsmetatase og homokobling av terminale og funksjonaliserte alkener. En av de viktigste forbedringene er substitusjonen av en sterkt koordinerende fosfinligand med svakt koordinerende pyridin som en tilskuerligand. Slik kunne initieringshastigheten og katalysatorens termiske stabilitet forbedres. Occhipinti viste på en overbevisende måte at de nye ruteniumbaserte katalysatorene er mer selektive for et bredt spekter av alkensubstrater.

Rasmus Y. Brogaard (UiO) presenterte et studium av etenoligomerisering over en nikkelfunksjonalisert zeolittkatalysator (Ni-SSZ-24). Interkonvertering av lette alkener (eten, propen og buten/butadien) er et svært relevant tema fordi de store forekomstene av skifergass skaper et underskudd i markedet av C<sub>4</sub>-alkener, som vanligvis fremstilles fra nafta (olje). Ved bruk av tetthetsfunksjonalteori var Brogaard i stand til å diskriminere mellom ulike reaksjonsmekanismer. Basert på de beregnede frie energier for aktivering, ble Cossee-Arlman mekanismen funnet å være foretrukket. En beskrivelse og mekanisme for dannelsen av det aktive nikkelsettet ble også diskutert.

Siste nøkkelforedragsholder var Magnus Rønning (NTNU). Han rapporterte sitt arbeid på nitrogendopede karbonnanofibre (N-CNF) for reduksjonen av oksygen (ORR). Formålet er å utvikle en erstatning til dagens brenselceller, som er basert på bruk av sjeldne og kostbare

konvensjonelle platinakatalysatorer. Materialene kan også finne anvendelser innen oksidativ dehydrogenering av lette alkaner og vannrensing. Dette arbeidet var del av et større EU-prosjekt koordinert av Rønning (FP7-FreeCATs).

Mange av presentasjonene fra unge forskere innen både heterogen og homogen katalyse, speilet en klar tendens innen fagmiljøet i retning av mer bærekraftig katalyse. Utviklingen av nye teknologier som buker mindre råvarer og energi, som maksimerer bruken av fornybare ressurser og som minimerer eller eliminerer bruken av farlige kjemikalier og sjeldne metaller ble grundig diskutert. Særlige gode fremskritt ble beskrevet innenfor utviklingen av mer aktive og Z-selektive rutheniumbaserte katalysatorer for alkenmetatase, storskala Suzuki-Miyaura C-C krysskopling med lite toksiske fosfinligander, kopling av CO<sub>2</sub> med epoksider over titan- og lantanidebaserte katalysatorer, gullkatalyse, reduksjon av CO<sub>2</sub> med ikke-støkiometrisk CeO<sub>2</sub>, selektiv omdannelse av metanol til hydrokarboner over sure katalysatorer, kobberbasert katalyse for metanolsyntese ved svært lav temperatur der termodynamikken er gunstig, og selektiv produksjon av lette alkener i Fischer-Tropsch-prosessen. Evgeniy Redekop (UiO) presenterte ett nytt avansert verktøy for målinger av kinetikk og diffusjon for ulike katalysatormaterialer. Dette instrumentet (TAP - Temporal Analysis of Products) er i ferd med å bli satt i operativ stand, og skal bli tilgjengelig som en del av en større nasjonal infrastruktur innen nanovitenskap (NICE).

Avslutningsvis bør det fremheves at det norske fagmiljøet viser stadig større kvalitet og en vilje til å dreie fokus for å gjøre vesentlige internasjonalt bidrag innenfor både grunnleggende og anvendt bærekraftig katalyse. Mer informasjon fra symposiet finnes på hjemmesidene (<http://15ncs2015.b.uib.no/>).