

Dansk Kemi

Nummer 2 - Marts 2020 / 101. årgang

Kemisk Forening - Kemiingeniørgruppen

Automatiseret
væske-
væske-
ekstraktion

En renere
by med
dieselfiltre

Fra injektion til tablet

dialabxpo.dk



**STYRK DIT NETVÆRK OG
SKAB NYE RELATIONER**

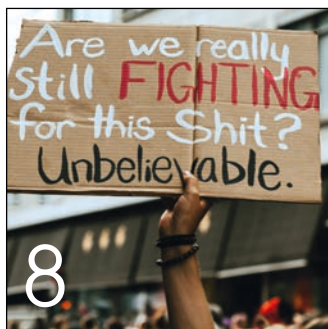
På diagnostik- og laboratoriebranchens mødested

DiaLabXpo

MCH Messecenter Herning
29. sept. - 1. okt. 2020

Messe for diagnostik-
og laboratoriebranchen

INDHOLD



8



13



20



26

- 1 Forside:**
Nu kan diabetes behandles med et oralt peptidhormon (dvs. et peptidhormon på tabletform). Læs mere i artiklen på side 10.
Foto: Freepik.com.
- 8 Kemien i verdensmålene**
Verdensmål nr. 5: Ligestilling mellem kønnene.
- 10 Fra injektion til tablet**
Verdens første orale peptidhormon til behandling af diabetes er udviklet, og dermed er en transformation af diabetesbehandlingen begyndt.
- 13 Fuldautomatiseret analyse af PAH'er**
Analyser af PAH'er i overfladevand i København og omegn viser, at det er muligt at lave repeterbare resultater med fuldt automatiseret væske-væske-ekstraktion.
- 16 Sæsonvariation af flygtige organiske kemiske forbindelser målt i Højarktis**
Resultatet fra det nye studie bidrager til, at vi kan forudse, hvordan Arktis vil reagere på den fremtidige klimaforandring.

- 20 IYPT 2019 – det var så det?**
2019 stod i periodesystemets tegn.
Var det det hele værd?
- 24 Teknologi giver lovende resultater**
Nyt projekt muliggør samtidig produktion af koks til jordforbedring og lagring af kulstof, flydende biobrændstoffer til energilagring og varme og kraft fra brændbare gasser.
- 26 Dieselfiltre**
– en renere by med elektrokemiske faststofoxid-membraner. Sod og NO kan i princippet fjernes fra røggasser ved hjælp af reaktorer baseret på faststofoxid-elektrolytter.
- 30 Køkkenkemisten**
Dip og spreads med smagssekskantens grundsmage.

TechMedia

Naverland 35
2600 Glostrup
Telefon 43 24 26 28
info@techmedia.dk
www.techmedia.dk

Redaktion:
Katrine Meyn (ansvarshavende)
km@techmedia.dk
Lektor Søren Kiil
sk@kt.dtu.dk
Ph.d. Kristian B. Krogh
kbb@novozymes.com
Professor Henrik Skov
hsk@envs.au.dk
Maria Bech Poulsen
mabp@envs.au.dk

ISSN 0011-6335 (tryk)
ISSN 1902-360x (online)

Ledelse:

Adm. direktør Peter Christensen
Direktør Rikke Marott Schelde
Direktør Susanne Eine

Redaktionskomité:

Professor Anne S. Meyer (formand)
Professor, dr. scient. Mikael Bols
Professor Morten J. Bjerrum
(Kemisk Forening)
Lektor, dr. phil. Carl Th. Pedersen
Lektor, ph.d. Peter Szabo
(Kemiingeniørgruppen)
Professor, forskningschef Lars Wiebe
Lektor, civilingeniør, ph.d.
Merete Norsker Bergsøe
Vibeke Richter Foersom
(Næstformand, Kemilærerforeningen)
Konsulent Nikolai Stubkjær Nilsen
Procesindustrien
Seniorforsker, ph.d.
Peter Have Rasmussen
Gruppenleder, EHS, FMC site Rønland
Inge Margrethe Jensen
Fagkonsulent Mette Malmqvist

Bladsekretær

Heidi Thode
Tlf. 43 24 26 62
ht@techmedia.dk

Annoncer:

Jesper Bækmark
Tlf. 43 24 26 77
jb@techmedia.dk

Annonceproduktion:

Marianne Dieckmann
Tlf. 43 24 26 82
md@techmedia.dk

Hjemmeside:

www.kemifokus.dk

Layout:
Trine Plass

Tryk:
PE Offset A/S

Trykt på miljøvenligt
papir med vegetabiliske
miljøfarver.

Abonnement:

Ændring/opsigelse sendes til:
abonnement@techmedia.dk
Bestil abonnement direkte på:
www.techmedia.dk

Oplag: 4.196
Online læsere: 2.138

Citater fra artikler i Dansk Kemi skal ske med tydelig kildeangivelse. Enhver form for gengivelse af artikler, herunder illustrationer, forudsætter udgiverens skriftlige tilladelse. Redaktionen kan ikke påtage sig ansvaret for materiale, der indsendes uopfordret.

UK: Huson European Media -
Tel.: (+44) 1932-564999
USA, New York: Huson International Media
Tel.: +1 212 268 3344
USA, California: Huson International Media
Tel.: +1 408 879 6666
Germany: Huson International Media
Tel.: (+49) 89-9500-2778



Scan og hent Dansk Kemi's
medieinformation 2020 her!
Hent QR Scanner,
hvor du normalt henter apps.



Hvad kan jeg blive?

” Jeg kan kun opfordre virksomheder til at melde sig, således at tektanken.dk kan give en oversigt over de muligheder, der findes

Med den nye gymnasireform, hvor de første elever bliver studenter til sommeren 2020, har der i den overordnede lov været indskrevet, at *”Eleverne skal gennem undervisningen opnå viden om og erfaringer med fagenes anvendelse, der modner deres evne til at reflektere over egne muligheder og at træffe valg om egen fremtid i et studie-/karriereperspektiv og et personligt perspektiv”*.

Det har allerede inden ovennævnte reform stået i kemis læreplan, at der skulle samarbejdes med eksterne parter, så på den måde er det ikke noget nyt for faget. Ændringerne i den overordnede lov har medført en øget opmærksomhed hos skoleledelserne. Som følge heraf har virksomhederne rundt om i landet sandsynligvis oplevet en øget efterspørgsel om besøg mv. fra de gymnasiale uddannelser.

Udover de mange projekter, der gennemføres rundt om med ”anvendt naturvidenskab” for at få etableret kontakter, har Naturvidenskabernes Hus arbejdet med at få etableret og samlet en oversigt over kontakter til virksomheder. Oversigten over de virksomheder, der tilbyder ”formaliserede” virksomhedsbesøg, kan findes på tektanken.dk. Der mangler dog stadig muligheder for besøg i nogle geografiske områder. Virksomhederne på listen er ofte virksomheder, hvor der har været afprøvet et pilotprojekt mellem skole og virksomhed. Der er også virksomheder på listen, der i forvejen havde deres eget tilbud om virksomhedsbesøg, som nu også findes på denne side.

I kemiundervisningen har det endvidere været meget brugt at sende eleverne ud på virksomheder, universiteter og lignende for at udføre et eksperiment til den store opgave i 3.g forkortet for hf sso, stx srp og htx sop. I denne opgave arbejder eleverne med at undersøge en selvvalgt problemstilling. De elever, der har været ude, er altid kommet meget begejstrede tilbage og har efterfølgende kunnet bidrage med deres begejstring og viden til klassen.

Der er med den nye gymnasireform sket ændringer i, hvornår projektperioden placeres. Den kan nu placeres enten i november/december, marts/april eller engang i foråret afhængig af, hvilken gymnasial uddannelse der er tale om. Det er dog muligt at lave forsøg før projektperioden.

Jeg kan kun opfordre virksomheder til at melde sig, således at tektanken.dk kan give en omfattende oversigt over de muligheder, der findes. Ved hjælp af hjemmesiden bliver det samtidig nemmere at vide, hvem man skal kontakte, og hvordan eleverne ønskes forberedt til et besøg.

Fagkonsulent Mette Malmqvist

Novozymes Prisen 2020

Novozymes Prisen 2020 tildeles professor Detlef Weigel for et fremragende forskningsbidrag, der har ført til banebrydende ny viden om planters genetiske struktur. Hans arbejde har haft stor indflydelse på udviklingen af innovative, bioteknologiske løsninger til forædling af afgrøder og på forståelsen af, hvordan planter tilpasser sig miljøet. Novo Nordisk Fonden uddeler prisen, der er på 3 millioner kroner.

Detlef Weigel har igennem tre årtier studeret, hvordan planter udvikler og tilpasser sig. Hans forskning har ikke kun ført til en grundlæggende forståelse af planters genetiske struktur, men også givet teknologiske bidrag, der har haft stor indflydelse på hele plantebioteknologiområdet. Hans forskning inkluderer brugen af genomiske teknologier til at studere modelorganismen *Arabidopsis thaliana* (almindelig gåseme), hvilket har ført til en udførlig forståelse af variationen i plantegenomerne,



■ Om Detlef Weigel

2019: Barbara McClintock Prize for Plant Genetics and Genome Studies
 2016: Genetics Society of America Medal
 2015: Mendel Medal of the German National Academy of Sciences Leopoldina
 2010: Foreign Member, Royal Society of London
 2010: Otto Bayer Award of the Bayer Foundations
 2009: Member, United States National Academy of Sciences
 2001: Director, Department of Molecular Biology, Max Planck Institute for Developmental Biology, Tübingen, Tyskland
 2003: Adjunct Professor, Plant Biology Laboratory, Salk Institute for Biological Studies, La Jolla, CA, USA
 1994: National Science Foundation Young Investigator Award
 1988: Ph.d. i genetik, Max Planck Institute of Developmental Biology og Eberhard Karls University of Tübingen, Tyskland

■ Om Novozymes Prisen

Novozymes Prisen tildeles som en anerkendelse af en banebrydende forskningsindsats eller et teknologibidrag, der fremmer udviklingen af bioteknologisk videnskab til innovative løsninger. Prisen er på 3 millioner kroner, heraf er 2,5 millioner kroner et rådighedsbeløb til prismodtagerens forskning, mens 500.000 kroner er til prismodtageren personligt.

som har stort potentiale til at hjælpe med at forebygge sygdomme i og øge udbyttet af afgrøder.

Bernard Henrissat, formand for Komite for Novozymes Prisen, siger:

- Detlef Weigels indsats har drevet planteforskningen frem og skabt banebrydende forskningsbidrag, der har gavnet udviklingen af innovative bioteknologiske løsninger til forædling af afgrøder og til at brødføde verdens befolkning i fremtiden.

Bioteknologisk indvirkning

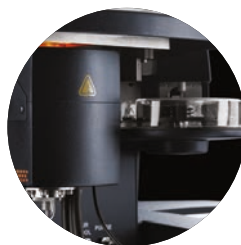
Ét af Detlef Weigels første forskningsresultater viste, at LEAFY-genet på egen hånd kan fremkalde blomsterdannelse i *Arabidopsis thaliana*. Men selv om det fra et grundforskningsmæssigt perspektiv var fascinerende, var den bioteknologiske interesse for denne opdagelse dog begrænset i begyndelsen, fordi det kun drejede sig om en lille ukrudtsplante, der vokser på marker, langs jernbanespor og i vejkanter. Det store gennembrud kom, da Detlef Weigel begyndte at samarbejde med den svenske postdoc Ove Nilsson. Sammen gjorde de den bemærkelsesværdige opdagelse, at hvis LEAFY-genet overføres til aspetræer, har den samme evne til at forvandle løvskud til blomster. Normalt blomstrer disse træer først efter 10 år, og planteforædlere, der ønsker at krydse forskellige sorter med hinanden, skal derfor være ekstremt tålmodige. Ved at anvende LEAFY-genet kan planteforædlerne forkorte perioden før blomstringen til et par måneder. Dette var den første demonstration af, at gener fra *Arabidopsis thaliana*, som ikke har nogen agronomisk eller kommerciel værdi, kan bruges direkte til at forandre meget forskellige planter på en meningsfuld måde og dermed berettige at både etablerede forædlingsfirmaer og start-ups kan investere i at bruge *Arabidopsis thaliana* som et stærkt redskab til bioteknologiske opdagelser.

”Planter har brug for hjælp”

Arabidopsis thaliana har også dannet grundlaget for Detlef Weigels nylige arbejde med, hvordan planter reagerer på klimaforandringer. Ifølge Detlef Weigel har planter i Centraleuropa stort set ikke nogen genetisk værktøjskasse til at håndtere længere tørkeperioder, mens planter i Middelhavsregionen allerede er godt rustet til dette. Tilsvarende overvejelser gælder med stor sikkerhed også for afgrøder, og denne åbenbare risiko har ført til, at FN's klimapanel, Intergovernmental Panel on Climate Change, helt specifikt fremhæver, at moderne forædlingsteknologi og genomredigering har potentialitet til at hjælpe planter med at tilpasse sig hurtigere til globale klimaforandringer.

Detlef Weigel vil officielt modtage Novozymes Prisen 2020 ved en prisoverrækkelse den 27. marts i Bagsværd.

Taking **MATERIAL CHARACTERIZATION** to a **NEW LEVEL**



Training courses, technology tours* and seminars in thermal, rheology and microcalorimetry:

- Sign up and increase your application knowledge.
- Balanced content between theory and practical hints.
- You are welcome to bring samples for analysis (pre or post) or any experimental data for consultation.

Be up-to-date with the latest news and join these fine seminars, annual meetings, technology tours* /user meetings:

When	Description	Where
23 rd - 26 th March	Microcalorimetry - TAM IV & TAM Air Training Course (Theory & Practical) Microcalorimetry - ITC & DSC Training Course (Theory & Practical)*	Stockholm
28 th April	Differential Scanning Calorimetry (DSC) Training Course (Theory & Application)	Stockholm
29 th April	Dynamic Mechanical Analysis (DMA) Training Course (Theory & Application)	Stockholm
6 th - 7 th May	Rheology Training Course (Theory & Practical)	CPH/Malmö
19 th May	Thermal Technology Tour*	CPH/Malmö
3 rd - 5 th June	57 th Nordic Polymer Days & 29 th Nordic Rheology Conference	Espoo
10 th - 12 th June	Scandinavian Society of Biomaterials 2020	Jurmala, Latvia
24 th - 27 th Aug	Microcalorimetry - TAM IV & TAM Air Training Course (Theory & Practical) Microcalorimetry - ITC & DSC Training Course (Theory & Practical)	Stockholm
25 th August	Differential Scanning Calorimetry (DSC) Training Course (Theory & Application)	Turku
26 th August	Thermogravimetric Analysis (TGA) and Simultaneous DSC & TGA (SDT) Training Course	Turku
7 th - 8 th Oct	Rheology Training Course (Theory & Practical)	Stockholm
15 th Oct	Thermal Technology Tour*	Stockholm
10 th - 11 th Nov	Rheology Technology Tour*	Helsinki/Tamp.
24 th Nov	Differential Scanning Calorimetry (DSC) Training Course (Theory & Application)	CPH/Malmö
25 th Nov (1/2-day)	Modulated Differential Scanning Calorimetry (MDSC) Training Course (Theory & Application)	CPH/Malmö
25 th Nov (1/2-day)	Thermogravimetric Analysis (TGA) Training Course (Theory & Application)	CPH/Malmö

* There will be a number of additional TA Technology Tours (this is where TA Application Specialists will visit selected users to discuss applications, technical matters, instruments and/or software. Please come back if you would like to learn more about this).

For additional information please email:

sweden@tainstruments.com, denmark@tainstruments.com,
norway@tainstruments.com or finland@tainstruments.com.

By telephone: +46 (0)8 555 521 or +45 46 57 41 00.



tainstruments.com

Torkil Holm Prisen 2020

Den 40-årige lektor fra Institut for Kemi ved Aarhus Universitet, Thomas Poulsen, har modtaget Torkil Holm Prisen 2020 ved en ceremoni til det internationale "Visions in Chemistry – the Torkil Holm Symposium".

Torkil Holm Prisen uddeles hvert andet år til en yngre kemiforsker, som har opnået anerkendelse inden for sit felt og har potentiale for yderligere forskningsmæssig udvikling.

I begrundelsen for tildelingen af prisen sagde formanden for priskomiteen, professor ved DTU Kemi, David Tanner:

- Thomas Poulsen tildeles prisen for sit enestående bidrag til organisk syntese og kemisk biologi, herunder udviklingen af kemisk genetik. Kemisk biologi er en disciplin, der involverer anvendelse af kemi (især

organisk kemi og kemisk syntese) til undersøgelse, manipulation og forståelse af komplekse biologiske systemer.

Thomas Poulsen er 40 år, kandidat i kemi fra Aarhus Universitet og blev ph.d. fra samme sted i 2008. I 2010 blev han post. doctoral fellow fra det amerikanske Harvard University. Thomas Poulsen har siden 2017 været lektor ved Aarhus Universitet.

Torkil Holm Symposiumet afholdes hvert andet år i samarbejde mellem Torkil Holm Fonden og ATV – Akademiet for de Tekniske Videnskaber.

Prisen uddeles som led i det internationale kemisymposium Visions in Chemistry – the Torkil Holm Symposium. Både konferencen og prisen er finansieret af en donation fra the Torkil Holm Foundation.



Formand for Torkil Holm priskomiteen Klaus Bock overrækker prisen til lektor Thomas Poulsen fra Aarhus Universitet. Foto: Tom Jersø.

Molekylspektroskopiprisen 2020

Prisen for bedste specialeafhandling inden for molekylspektroskopi

Prisen gives til den bedste speciale- eller ph.d.-afhandling inden for udvikling eller anvendelse af molekylspektroskopi. I ulige år tildeles prisen for bedste ph.d.-afhandling bedømt inden for de sidste to år, og i lige år tildeles prisen for bedste specialeafhandling bedømt inden for de sidste to år.

I 2020 tildeles prisen for den **bedste specialeafhandling** bedømt i perioden fra den 1. januar 2018 til den 1. marts 2020.

Kandidaten skal være dansk statsborger eller have udført sit speciale-/

ph.d.-studium ved et dansk universitet eller forskningsinstitution. Kandidaten skal indstilles af sin hovedvejleder, som senest den **1. maj 2020** skal indsende en motiveret indstilling (1 side) af kandidaten, kandidatens CV og publikationsliste samt en elektronisk kopi af selve afhandlingen til formanden for Dansk Forening for Molekylspektroskopi, Jørgen Skibsted, Institut for Kemi, Aarhus Universitet, e-mail: jskib@chem.au.dk.

De modtagne indstillinger bedømmes af Dansk Forening for Molekylspektroskopis bestyrelsesmedlemmer samt af formanden for Molekylspektroskopi

Fond. Hvis kandidaten har haft en af disse personer som hoved- eller medvejleder, vil dette medlem af udvalget blive betragtet som inhabil.

Prisen består af et diplom samt 5.000 kroner. Prisen uddeles ved Kemisk Forenings årsmøde den 25. juni 2020, H.C. Ørsted Institutet, København Universitet og det forventes, at modtageren i den forbindelse afholder et foredrag ved mødet i Sessionen for Molekylspektroskopi.

Yderligere information kan fås ved henvendelse til foreningens formand.

Hurtig miniquiz

Nomenklaturudvalget vil indimellem forsøge sig med små opkvikkende "tæskerier", så det hele ikke behøver at være sudokuer og krydsord.

Her er sådan en: citronsyre (2-hydroxypropan-1,2,3-tricarboxylsyre) har fire dissocierbare grupper og kan derfor danne en række anioner, som vil være til stede i større eller mindre mængder i

opløsninger af citronsyre med varierende pH. Vi kender for eksempel alle den treladete anion, som er til stede i trinatriumcitrat.

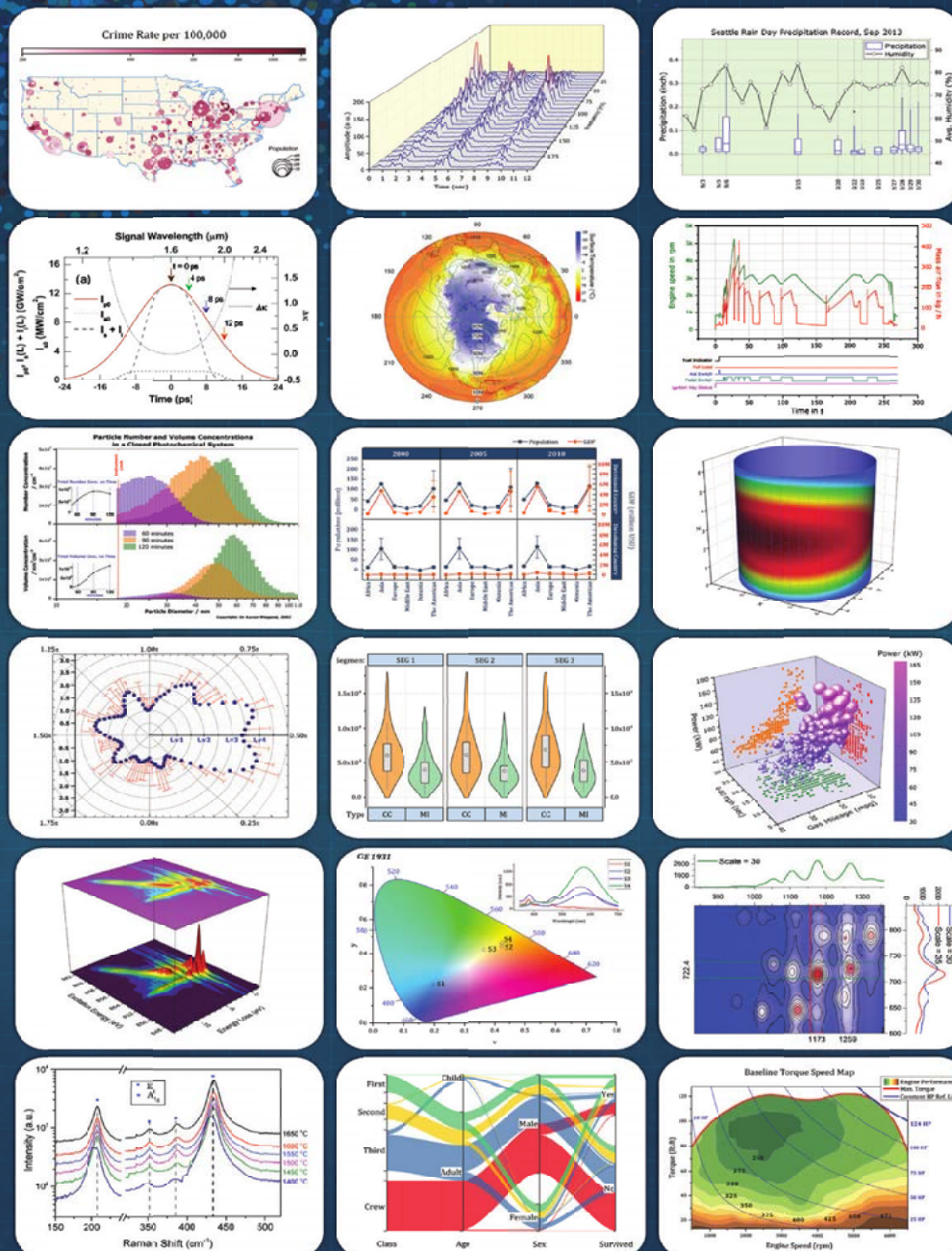
Opskriv navnene på alle (kemisk fornuftige) anioner af denne art, du kan komme i tanke om. Løsningen står på side 31.

AS & TD

Ny version

ORIGIN[®] 2020

Graphing & Analysis



OriginLab[®]

25+ years serving the scientific & engineering community

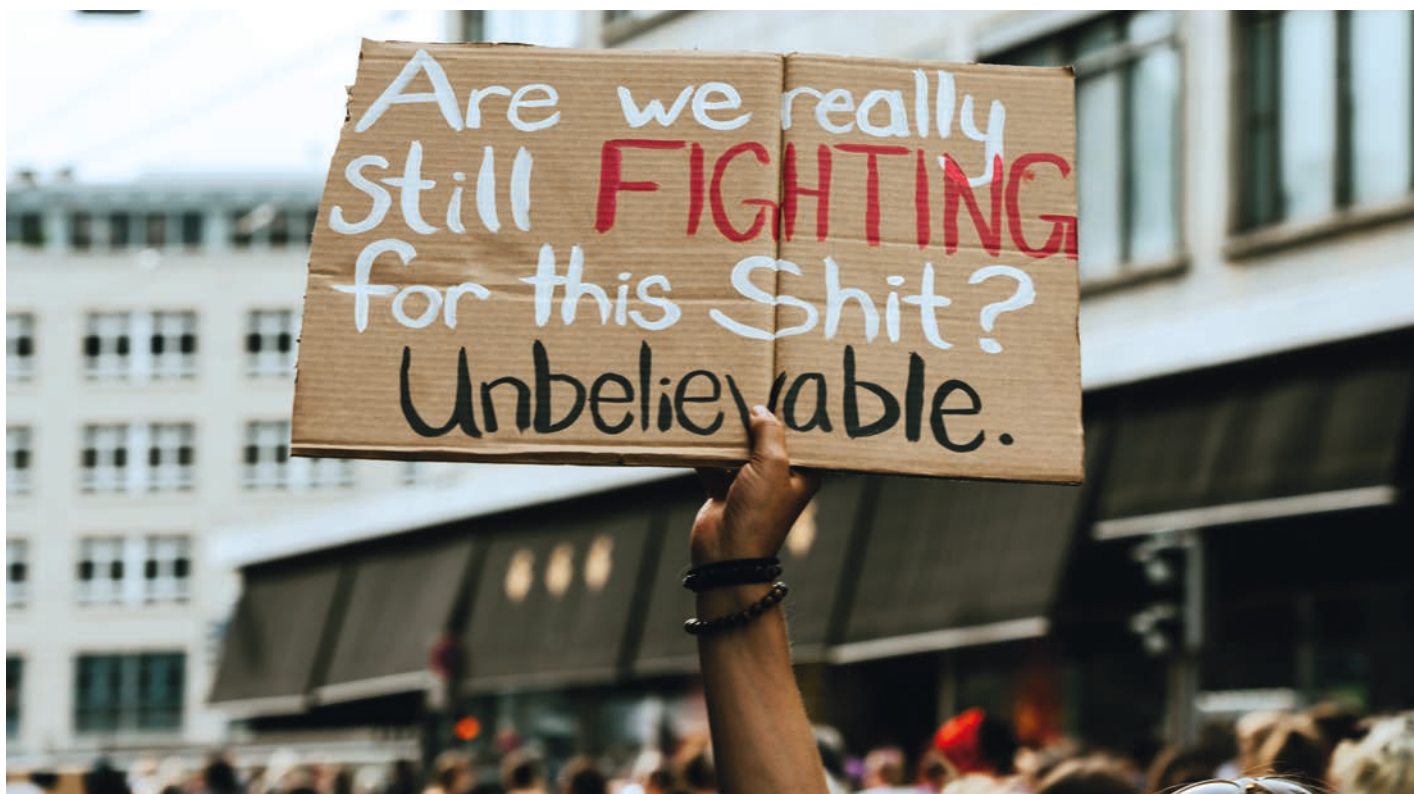
Kontakt:
Inno-Max

Tlf: 9696 1111

Verdensmål nr. 5:

Ligestilling mellem kønnene

5 LIGESTILLING
MELLEM KØNNENE



Det overordnede mål er at fjerne alle former for diskrimination, der i dag primært rammer kvinder og piger, og at styrke kvinder, så de kan varetage jobs på lige fod som mænd. Underrepræsentationen af kvinder ses i dag såvel i det private erhvervsliv som i politik.

Kvinder arbejder, ikke mindst i udviklingslandene, i vid udstrækning i hjemmet og i mange lande også i landbruget. Dette betyder, at kvinder i langt højere grad end mænd er udsat for en

lang række kemikalier som et resultat af deres brug af sæber, blødgørere, tilsætningsstoffer i fødevarer, olier til madlavning, opløsningsmidler, rengøringsmidler, insekticider og andre pesticider brugt til skadedyrsbekæmpelse både i hjemmet og i landbruget. Madlavning og opvarmning baseret på træ, trækul, landbrugsaffald osv. giver anledning til røg og afgivelse af farlige stoffer; 98 procent af dødsfald i hjemmet, der kan tilskrives indendørs luftforurening, sker i udviklingslandene. Et specielt problem er, at gravide kvinder er mere følsomme over for visse kemikalier, ligesom de, af fysiologiske forhold, er mere udsatte overfor hydrofile kemikalier.

At der er udfordringer på det kemiske område, er åbenbart, og en forståelse for den ulighed, der er mellem kønnene, er en forudsætning for at løse de problemer, disse udfordringer giver. At opnå ligestilling mellem kønnene, samtidig med at sikre kvinders og pigers ret, kræver ændringer i såvel den formelle som ufor-

melle lovgivning. Frem for alt kræves der ændringer af rodfastede kulturelle kønsbaserede diskriminationsmønstre, hvor kvinder i mange lande i dag er fastlåst i faste sociale normer. Kun gennem en styrkelse af kvinders rettigheder og deres adgang til både land og ressourcer kan reducere uligheden og samtidig øge deres udkomme, reducere fattigdommen og forbedre deres sundhed og trivsel.

Der er her et nøgleord, der er vigtigere end alt andet: Uddannelse, og her spiller kemien igen ind. Den globale kemiske industri støtter uddannelse på en række områder, der kan forbedre levestandarden, blandt andet gennem øget kendskab til brugen af og omgangen med kemiske produkter og dermed sikre en bæredygtig udvikling i lokalsamfundet og på sigt på regionalt og globalt plan.

Lars Carlsen,
lc@awarenesscenter.dk

For detaljer om verdensmål 5,
se: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg5>

■ Relaterede verdensmål:

- Mål 1: Afskaf fattigdom
- Mål 2: Stop sult
- Mål 3: Sundhed og trivsel
- Mål 4: Kvalitetsuddannelse
- Mål 8: Anstændige jobs og økonomisk vækst
- Mål 17: Partnerskaber for handling

Hydrogen er det letteste grundstof, men kun i periodesystemet

Som Kragh påpegede for nylig [1,2], gjorde periodesystemet i sin moderne version det af med at lede efter grundstoffer, som er lettere end hydrogen. Kræver man af et 'rigtigt' grundstof, at dets atomkerne indeholder mindst én proton, er der jo heller ikke noget at komme efter.

Imidlertid findes der, udover 'rigtige' grundstoffer, også *kvasigrundstoffer* bestående af *eksotiske atomer*, som på nogle måder ligner de 'rigtige' grundstoffer, herunder i nogle tilfælde ved at danne forbindelser [2]. Disse kvasigrundstoffer er godt nok meget ustabile, men det er transfermiumgrundstofferne jo så sandelig også. Til forskel fra de meget tunge grundstoffers atomer, hvis bestanddele ligesom for stabile atomer er protoner, neutroner og elektroner, mangler de fleste eksotiske atomer protoner, men består alligevel af en positivt ladet kerne, som omkreds af en negativt ladet elementarpartikel.

De bedst kendte er positronium, Ps (en positron, e^+ , omkredset af en elektron, e^-) [3]; myonium, Mu [engelsk *muonium*; en antimyon, μ^+ , plus en elektron, e^-] [4] og 'ægte myonium' [engelsk *true muonium*, bestående af en antimyon og en myon: $\mu^+\mu^-$] [5]. Kemisk set opfører de sig som meget lette hydrogenisotoper. Positroniums masse er cirka en tusindedel af hydrogens og myoniums cirka en tiendedel [6].

Hydrogen- og myoniumnomenklatur er behandlet i [7]. Nogle

af navnene deri vil dog nok på et tidspunkt skulle revideres i lyset af regler i den senere publikation [8].

Ikke alle eksotiske atomer er ekstremt lette. Mens protonium (proton + elektron) simpelthen er protium (^1H), så er ægte protonium (proton + antiproton) lige så tungt som deuterium (^2H).

AS & TD, Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg

Referencer

1. H. Kragh, Controversial Elements: Priority Disputes and the Discovery of Chemical Elements, *Substantia* 3 (2), Suppl. 5: 79-90 (2019); doi:10.13128/Substantia-740.
2. H. Kragh, Plenitude Philosophy and Chemical Elements, *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, **25** (1), 1-20 (2019); <http://www.hyle.org/journal/issues/25-1/kragh.htm> <http://www.hyle.org/journal/issues/25-1/kragh.htm>
3. <https://en.wikipedia.org/wiki/Positronium>.
4. <https://en.wikipedia.org/wiki/Muonium>; <https://de.wikipedia.org/wiki/Myon>.
5. https://en.wikipedia.org/wiki/True_muonium.
6. *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry* ("The Green Book"), 3rd Ed., IUPAC/RSC Publishing (2007). Section 6.1.
7. W.H. Koppenol, Names for Muonium and Hydrogen Atoms and Their Ions, *Pure Appl. Chem.* **23** (2), 377-380 (2001).
8. *Nomenclature of Inorganic Chemistry – IUPAC Recommendations 2005* [N.G. Connelly, T. Damhus, R.M. Hartshorn, A.T. Hutton, Eds., RSC Publishing 2005].

GERSTEL



Automatiseret

Dynamisk HeadSpace

- til GC og GCMS
- ppt niveau
- følsomhed 50 x statisk headspace
- følsomhed 10 x SPME
- DHS - large volume
- mulighed for DHS-FE



MSCi Bøgesvinget 8 DK-2740 Skovlunde +45 44 53 93 66 info@msconsult.dk www.msconsult.dk



Fra injektion til tablet

Verdens første orale peptidhormon til behandling af diabetes

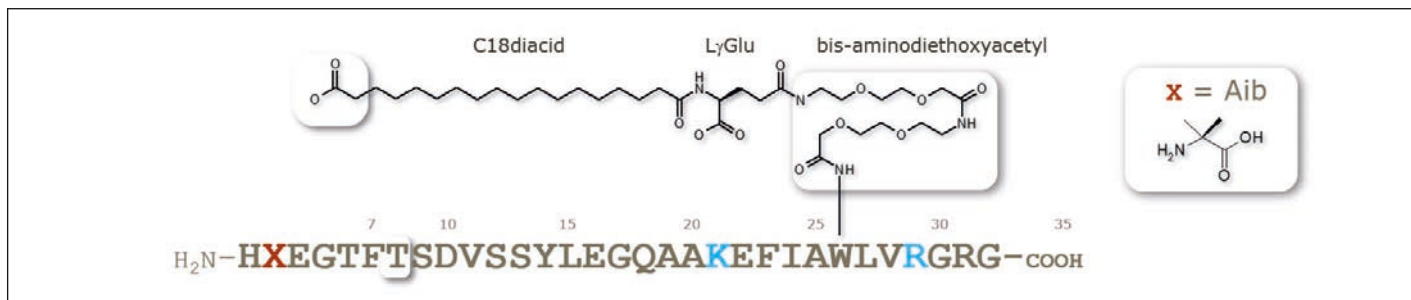
Af Lotte Bjerre Knudsen, Jesper Lau, Per Sauerberg, Andreas Vegge og Dorte Waaben, Novo Nordisk A/S

Normalt er de mest effektive lægemidler biologiske præparater, som skal gives ved injektion. Med oral semaglutid (handelsnavn Rybelsus®; indtil nu kun godkendt i USA) er starten på en transformation af diabetesbehandlingen begyndt. Et af de præparater, som ellers kun kunne gives som injektion, er nu tilgængelig som en pille. Det kræver forskning og produktionsfaciliteter i topklasse, da biotilgængeligheden er lavere end normalt. For at nå hertil, har en masse ting skulle gå op i en højere enhed.

Biologien og medicinklassen

Semaglutid er lægemiddelstoffet i Rybelsus®. Semaglutid er en analog af GLP-1 (Glucagon-Like Peptide-1), som er et fysiologisk hormon og en neurotransmitter. GLP-1's virkninger omfatter sænkning af blodsukkeret og kropsvægten, og samtidig har det vist sig, at GLP-1 analoger kan forhindre hjerte-kar-sygdomme.

Da specielt type 2 diabetes er karakteriseret ved både øget kropsvægt og en øget forekomst af hjerte-kar-sygdomme, er GLP-1 meget velegnet til behandling af diabetes. Novo Nordisk markedsfører også injektionspræparaterne semaglutid (handelsnavn Ozempic®) og liraglutid til behandling af diabetes



Semaglutid kemisk struktur.

(handelsnavn Victoza®), og liraglutid fedme (handelsnavn Saxenda®), men kun semaglutid kan gøres tilgængelig i en pille. GLP-1-baserede præparater er i støt stigende brug, da biologien passer godt til de metaboliske sygdomme, som er i stor stigning over hele verden, og belaster sundhedsøkonomien, fordi der er så mange patienter.

Design af semaglutid

Det naturlige GLP-1 peptid bliver hurtigt udskilt af kroppen, og er derfor ikke anvendeligt som lægemiddel. Der er to årsager til dette, nemlig at GLP-1's N-terminal nedbrydes af enzymet Di-Peptidyl Peptidase-4 (DPP-4) til en inaktiv metabolit, samt at både det intakte GLP-1 peptid og metabolitten udskilles effektivt og hurtigt gennem nyrefiltrering. Det har således været en stor udfordring at designe en GLP-1 analog, som kunne cirkulere i lang tid og regulere blodsukkeret med acceptable doseringsintervaller, og der er blevet undersøgt mange strategier for at forlænge virkningsvarigheden. Hos Novo Nordisk har vi gennem flere år fokuseret på at finde en simpel og effektiv løsning til denne farmakokinetiske

	Blodsukker	Fedme	Hjerte-kar-sygdomme
Type 2 Diabetes	↑	↑	↑
GLP-1 behandling	↓	↓	↓

Diabetes og GLP-1. Figurene er lavet med udgangspunkt i Servier Medical Art (smart.servier.com) med licens CC-BY-3.0.

udfordring, og vi har haft øje for at bruge endogen albumin til at beskytte GLP-1 mod enzymatisk nedbrydning samt nyrefiltrering. Albumin er et af de mest stabile cirkulerende proteiner med en halveringstid på flere uger og en meget høj plasmakonzentration. Albumin har mange vigtige egenskaber, heriblandt at transportere vandopløselige langkædede fedtsyrer rundt i blodbanen, ved at disse binder reversibelt til specifikke områder af albumin. Det ville derfor være en elegant og simpel løsning, hvis man kunne bruge albumin som transportør af GLP-1 ved kemisk at koble en langkædet fedtsyre til GLP-1, således at det efter injektion ville binde sig reversibelt til albumin og blive transporteret rundt i kroppen uden at blive nedbrudt og udskilt af nyrerne, men samtidigt være aktivt for GLP-1 signalering.

I den indledende kemiske kampagne blev et repertoire af langkædede frie fede syrer kombineret med diverse kemiske linkere kemisk koblet til GLP-1, hvor ligeledes den specifikke

placering på peptidet blev undersøgt. Der var allerede en del viden om emnet fra udviklingen af liraglutid, og det var kendt, at aktiviteten af GLP-1 let kunne ødelægges, når man bandt peptidet for hårdt til albumin for dermed at forlænge halveringstiden. Vi fandt heldigvis et kemisk rum, hvor det var muligt at kombinere en høj aktivitet med en lang virkningsvarighed, og semaglutid var det bedste molekyle af de omkring 3.000, der blev kigget på.

Biologien af GLP-1 og design af liraglutid og semaglutid er beskrevet i Knudsen LB, Lau, J. The discovery and development of liraglutide and semaglutide. Frontiers in Endocrinology 2019, doi: 10.3389/fendo.2019.00155.

Fra injektion til tablet

Som udgangspunkt er tabletbaseret behandling med peptid-baserede lægemidler en nærmest umulig opgave. Mave-tarm-systemet er som sådan designet til at nedbryde proteiner og peptider fra kosten til aminosyrer, der optages i kroppen, og derved indgår i kroppens egen proteindannelse. Når vi alligevel startede projektet, hængte det sammen med mange patienters præference for tabletbehandling over injektioner.

Da vi startede projektet i 2006, forelå der meget lidt information om succesfuld absorption af peptider efter tabletdosering, og vi var derfor henvist til selv "at skrive bogen". Konsekvensen af dette var, at projektet til at begynde med havde mange forskellige spor:

- 1) stabilisering af GLP-1 peptidet mod enzymatisk nedbrydning i mave-tarm-systemet
- 2) identifikation af mindre GLP-1 peptider, da størrelse blev anset for en væsentlig faktor
- 3) kobling af GLP-1 peptidet til små-molekyler, der kunne anvende naturligt forekommende absorptionstransportsystemer (for eksempel vitaminer og galdesyrer)
- 4) formuleringsudvikling med stoffer, der øger permeabiliteten af cellevæggen i mave-tarm-systemet
- 5) kombination af de forskellige spor.

**DEN ENESTE ØJENSKYL I VERDEN
DER HOLDER DINE ØJNE ÅBNE
UNDER SKYLNING**

– op til 15 minutters skyl i en flaske



HELP CARE COMPANY



MERE INFO



SE VIDEO

Industrivej 19 • 8881 Thorsø

Tlf: +45 2220 3064 • www.eyead.dk



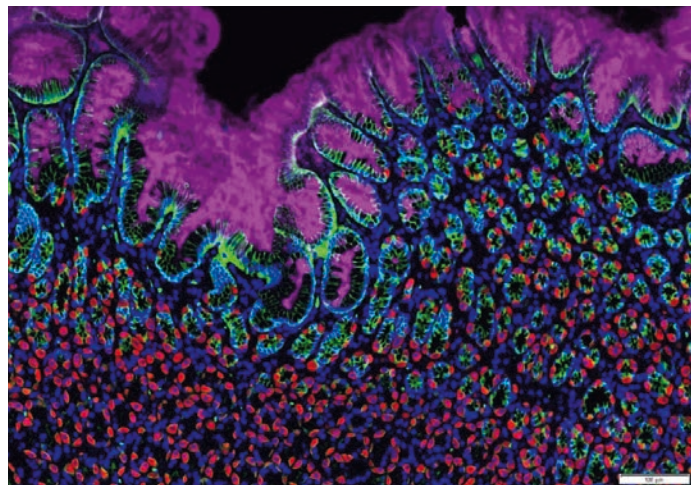
Det stod forholdsvis tidligt klart, at spor 1 til 3 ikke ville kunne gøre det alene, og en kombination med 4 var nødvendig. Da vi ikke havde alle formuleringskompetencer i vores egne forskningsenheder, lavede vi, efter en grundig undersøgelse, flere forskningssamarbejder med eksterne firmaer, for eksempel med Merriam Pharmaceuticals og Emisphere Technologies.

Hvordan virker det?

Som nævnt ovenfor absorberes større peptider normalt ikke intakt. Dette skyldes de medfødte fysisk-kemiske egenskaber ved peptider som for eksempel høj molekylvægt, følsomhed for enzymatisk nedbrydning, hydrofilicitet og ikke mindst den lave permeabilitet over cellerne i mave-tarm-kanalen. I tabletformuleringen af oral semaglutid anvendes et absorptions-fremmende molekyle (enhancer). Denne type stoffer kan for eksempel facilitere absorption ved at øge permeabiliteten over tarmvæggen. For oral semaglutid faldt valget på enhanceren SNAC (salcaprozate sodium) via en samarbejdsaftale med firmaet Emisphere Technologies.

For at forstå, hvordan oral semaglutid virker, og hvor i mave-tarm-kanalen oral semaglutid optages, er virkningsmekanismen igennem de sidste par år blevet undersøgt i såvel celler over dyrestudier og helt til humane forsøg. Ret tidligt i projektet blev det fremført, at måske virkede oral semaglutid i maven. Dette var en lidt kontroversiel påstand, da vi typisk tænker på tynd-tarmen, når vi normalt snakker om lægemiddelabsorption efter en tabletdosering, men data viser, at oral semaglutid absorberes fra maven. I dyrestudier blev det set, at når tabletten gik i opløsning, kunne man direkte under tabletten og meget tæt på denne finde meget høje koncentrationer af både SNAC og semaglutid. En høj lokal koncentration er central for at drive absorptionen, da denne er en passiv diffusion drevet af en koncentrationsgradient over vævet. Der er andre lægemiddelstoffer, som for eksempel acetylsalicylsyre, der absorberes i maven. Også alkohol absorberes hurtigt i maven.

Nogle af de første indikationer på, at oral semaglutid også i mennesker kunne have sin effekt i mavesækken, kom fra et klinisk forsøg, hvor man testede en tablet indeholdende et mærket stof, og ved brug af scintigrafi var det muligt at visualisere tabletten og dennes henfald efter indtagelse. I alle de forsøgspersoner, der medvirkede i forsøget, blev det observeret, at tabletten gik i opløsning i mavesækken. Helt centralt for absorptionen af oral semaglutid er en optimal co-formulering med SNAC, der er nødvendig for at se en væsentlig absorption. De



Semaglutid (lilla) fra oral tablet, der absorberes i maven. Her vist i en hundemodell. Semaglutid ses i lumen af maven, men ses også tydeligt inde i epithelcellerne, hvor cellekernen kan ses i den blå farve, mens cellemembranerne er grønne.

to stoffer skal blandes og komprimeres på den helt rette måde i tabletten for at få absorption.

Absorptionsmekanismen for semaglutid co-formuleret med SNAC er beskrevet i: Buckley, Bækdal, Vegge et al. Trans-cellular Stomach Absorption of a Derivatized Glucagon-Like Peptide-1 Receptor Agonist. Science Translational Medicine 2018,10,eaar7047.

De nødvendige fabrikker for at puslespillet hænger sammen

Udvikling af produktionsegne processer til oral semaglutid har budt på mange udfordringer. Da biotilgængeligheden er lavere for oral semaglutid end for en subkutan injektion, skal der produceres signifikant mere aktivt stof (API) og dermed meget større mængder protein til den orale dosering. Den produktionsproces, som blev udviklet i forbindelse med semaglutid-injektionsproduktet, var ikke egnet til så store volumener, og derfor er den blevet videreoptimeret i et meget tæt samarbejde mellem udviklingsområdet og produktionen.

Der har været kigget intenst på API-processen, og det har resulteret i, at vi markant har øget mængden af aktivt stof, vi kan producere i vores produktionsfacilitet i Kalundborg. For at kunne levere til det fremtidige markedsbæhov var det desuden nødvendigt at etablere ny produktionskapacitet. Novo Nordisk er derfor i gang med verdens største farmaceutiske byggeprojekt, etableringen af en ny API-fabrik til produktion af det aktive stof, semaglutid. Denne facilitet bygges i Clayton, USA – hvor vi allerede har en etableret produktion af injektionspræparater – og fabrikken forventes færdigbygget i 2021. Den nye oral semaglutid-tablet bliver produceret i en nybygget facilitet i Måløv, men allerede nu er Novo Nordisk i gang med at etablere yderligere tabletkapacitet, da vi har erhvervet en tabletfabrik i Durham, USA. Når de to fabrikker i USA er i drift, vil Novo Nordisk have tilstrækkelig kapacitet til at møde nuværende og fremtidige markedsbæhov i forhold til Rybelsus®.



Den nye tabletfabrik på site Måløv Novo Nordisk A/S.

Korresponderende forfatter:
Lotte Bjerre Knudsen: lbkn@novonordisk.com

Innovatør Prisen 2020

Per Sauerberg modtog sammen med Tomas Landh og Flemming Seier Nielsen Innovatør Prisen 2020 for diabetespillen Rybelsus til voksne med type 2-diabetes.

Prisen uddeles hvert fjerde år af Innovationsfonden.

Vinderne af Innovatør Prisen modtager hver en personlig hæderspris på 100.000 kroner.

Fuldautomatiseret analyse af PAH'er

i overfladevand fra de københavnske søer

Analyser af PAH'er i overfladevand i København og omegn viser, at det er muligt at lave repeterbare resultater med fuldt automatiseret væske-væske-ekstraktion.



Foto: Bent Nielsen, pixoboy.

Af Mátyás Ripszam, MSCi ApS,
oversat af Jens Glastrup, MSCi ApS

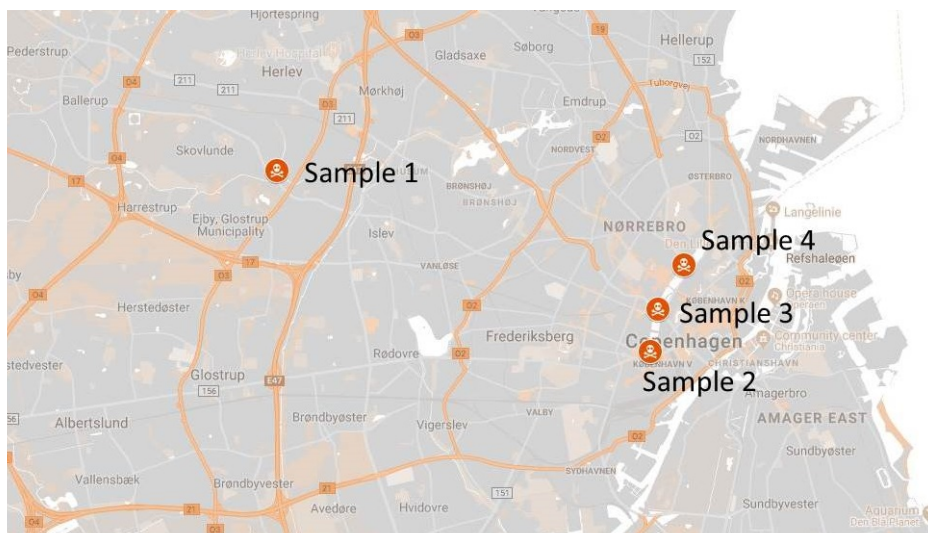
Analyse af PAH'er (Polycykliske Aromatiske Hydrocarboner) er på verdensplan en af de mest anvendte analyser. Komponenterne fremkommer i mange typer af processer, som for eksempel ufuldstændig/ukontrolleret forbrænding, olieraffinering, eller i forbrændingsmotorer. Duften fra gamle træjernbanesveler er fra creosot, som havde et højt indhold af PAH'er.

Nogle af disse er giftige og/eller kræftfremkaldende, persi-

stente samt bioakkumulerende (vPvB), og er generelt klassificerede som "Persistent Organic Pollutants" (POP's). I højere koncentrationer udgør de en risiko for såvel planter som dyr.

I dette projekt har vi testet en fuldt automatiseret væske-væske-ekstraktion og anvendt denne til analyse af PAH'er i overfladevand i København og omegn, figur 1, se side 14. Metoden udfører prøveforberedelsen samt analysen på mindre end 30 minutter.

Alle prøver er udtaget som triplikat. Prøve 1 blev udtaget fra et vandreservoir langs med Ballerup Boulevard tæt på Vestforbræn-



Figur 1. De fire forskellige steder hvorfra prøverne er udtaget.

dingen; prøve 2 blev udtaget fra Sankt Jørgens sø, tæt ved Vesterport; prøve 3 blev udtaget fra Peblinge sø, ved Søpavilionen på Åboulevarden og prøve 4 tæt ved fiskeøen i Sortedamssøen. Desuden blev der fremstillet "Instrument Blanks" samt fire "Field Blanks", som blev medbragt til prøveudtagningsstederne. Hvis de udtagne prøver indeholdt <5x den målte koncentration i Field Blanks, blev komponenten noteret som ikke fundet.

Materialer og metoder

Væske-væske-ekstraktionen blev udført på en Gerstel MPS Robotic Pro, hvorpå der er monteret såvel Vortex mixer som centrifuge.

Manuelt: Prøven blev manuelt filtreret gennem et 0,45 µm filter og herefter blev 7,0 mL overført til et 10 mL specialvial med V-formet bund.

Automatiseret: Til denne prøve blev der tilsat en intern standardmix, som

bestod af perdeutereret D8-acenaphthen, D10-fluoren, D10-fluoranthen samt D12-perylen (Supelco). Blandingen blev tilsat til såvel kalibrerings- som vandprøver til en slutkoncentration på 2,10-2,54 ng/L. Til ekstraktionen blev der tilsat 350 µL methylenchlorid samt 25 µL 2-propanol, hvor 2-propanol virker som emulgator for at fremskynde og stabilisere emulgeringen samt ekstraktionen af komponenterne. En ekstraktion, hvor solventet emulgeres ind i en vandfase, kaldes generelt for dispersiv væske-væske mikroekstraktion (Dispersive Liquid-Liquid Micro Extraction, DLLME).

Blandingen blev først vortexet i 15 sekunder ved 1.800 rpm, hvilket viste sig tilstrækkeligt til dannelse af emulsionen samt ekstraktion af komponenterne. Herefter blev prøverne centrifugeret ved 5.000 rpm i fem minutter, hvorefter solventet samledes på bunden af det spidsbundede vial. Herfra blev 2 µL udtaget fra bunden af vial og injiceret på GC.

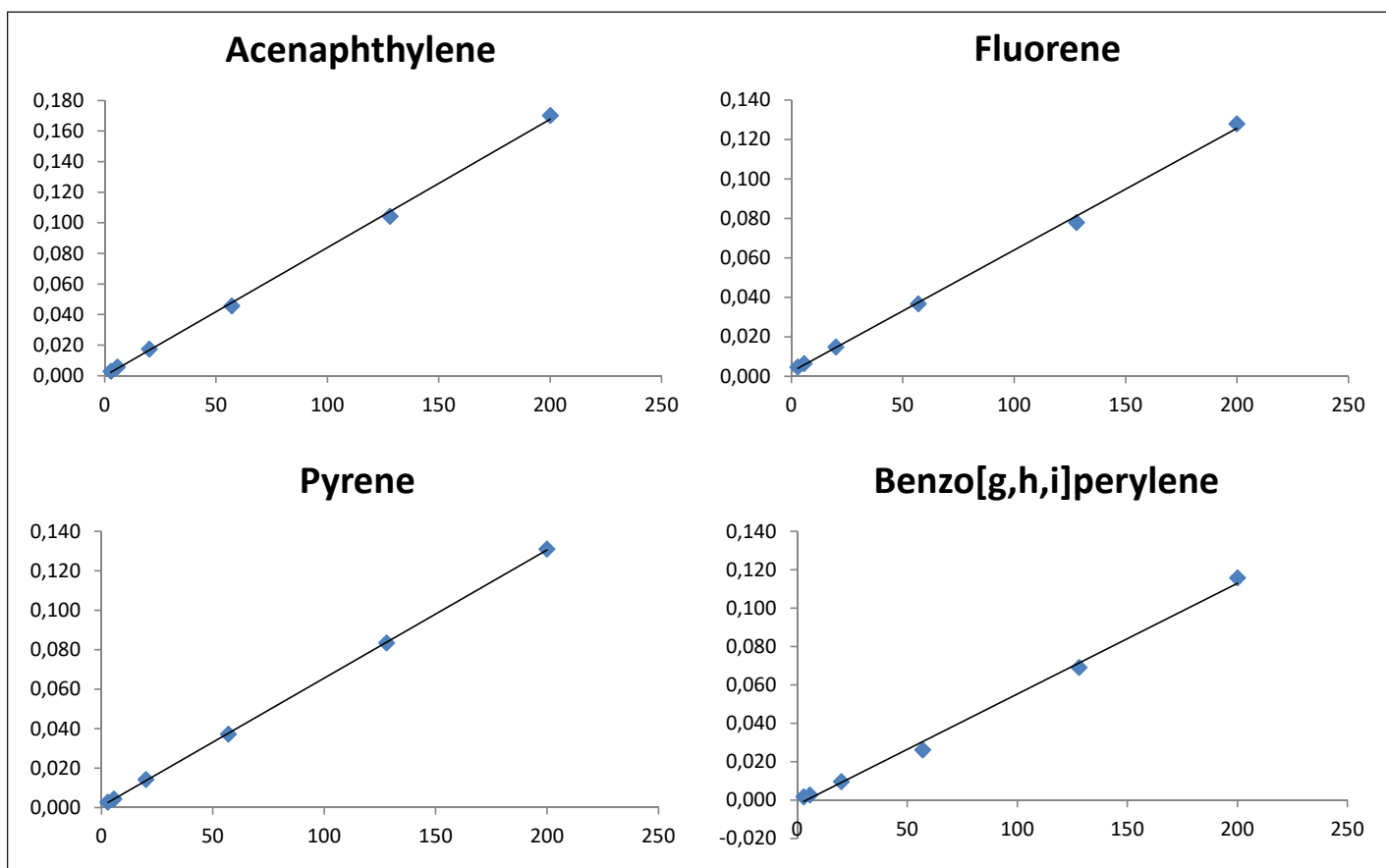
GC/MS-systemet var et Agilent 7890/5977 GC/MS-system med "Extractor" Ion source. Injektionen foregik på en S/SI injektor som en Pulsed Splitless injektion; Splitless: 60 sekunder; Pressure pulse: 35 psi til 60 sekunder. Kolonnen var en J&W DB-5MS UI (30 m, 0,25 mm, 0,25 µ) i Constant flow mode (F = 1,4 mL/min.). Temperaturprogrammeringen af kolonneovnen: Init: 35°C @ 1,2 min., til 240°C @ 25°C/min., til 305°C @ 6°C/min., hold 1 minut. Transfer line til MS: 320°C.

MS blev kørt i Selected Ion Monitoring (SIM) mode for at forbedre detektionsgrænsen. Totalt blev der anvendt otte forskellige tidssegmenter, og hver PAH blev kvantiseret på baggrund af "base peak" ionen. Desuden blev der brugt endnu en "qualifier" ion til sikring af identifikationen af de enkelte PAH'er, tabel 1. De fleste PAH'er har karakteristiske ionfragmenter, hvilket betyder, at der kun er lille risiko for interferens fra matrix, selv i komplekse prøver. Ionkilden samt selve quadrupolen var begge sat til deres maksimumtemperatur på henholdsvis 250 og 180°C. Dette gav bedre topprofil, specielt for de sent eluerende og højtliggende PAH'er. Til databehandlingen blev anvendt MassHunter 10.0.

Til kalibreringen blev ionbyttet vand tilsat en blanding af de 16 EPA PAH'er. Der blev anvendt en EPA TCL PAH mix i methanol fra Merck fortyndet til en nominal koncentration på 50 µg/L, og de anvendte kalibreringsstandarder lå i koncentrationsniveauer fra 4-400 ng/L. Kalibreringskurverne for fire udvalgte komponenter ses i figur 2.

Compound name	Time Segment	Quantifier ion (m/z)	Qualifier ion (m/z)
Naphthalene	1	128	-
Acenaphthylene	2	152	153
Acenaphthene	2	153	152
Fluorene	3	166	165
Phenanthrene	4	178	176
Anthracene	4	178	176
Fluoranthene	5	202	200
Pyrene	5	202	200
Benz(a)anthracene	6	228	226
Chrysene	6	228	226
Benzo(a)pyrene	7	252	250
Benzo(b)fluoranthene	7	252	250
Benzo(g,h,i)perylene	8	278	-
Dibenz(a,h)anthracene	8	276	-
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	8	278	276
Internal Standards			
D8-Acenaphthene	2	162	164
D10-Fluorene	3	176	174
D10-Fluoranthene	5	212	-
D12-Chrysene	7	264	-

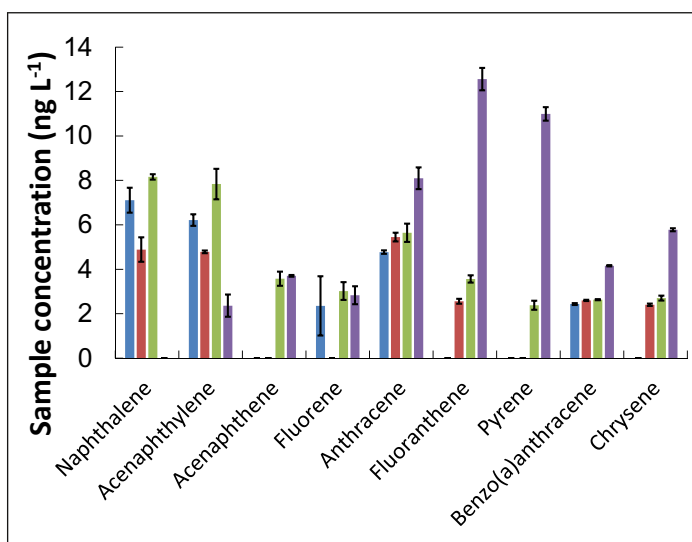
Tabel 1. De analyserede komponenter, deres tidssegment, qualifier samt quantifier ion.



Figur 2. Kalibreringskurver for fire udvalgte PAH'er. X-aksen repræsenterer den vandige koncentration, y-aksen den relative signalrespons, relativt til den interne standard.

kontaminering af injektoren. Metoden kan også forventes anvendt til analyser af for eksempel PCB eller phthalater i samme koncentrationsområde.

E-mail:
Jens Glastrup: jens@msconsult.dk



Figur 3. Udvalgte PAH'er fra de fire udtagne prøver fra: Sortedamssøen, blå søjler; Peblinge sø, røde søjler; Sct. Jørgens sø, grønne søjler samt endelig Ballerup vandreservoir, lilla søjler.

Resultater

Efter kalibreringen af metoden blev de udtagne prøver (i triplikat) analyseret. Den relative standardafvigelse for de 16 komponenter lå mellem 1,13 til 11,2 procent, hvilket vi anser for acceptabelt. Efter en eventuel subtraktion af baggrund fra blankkørslerne har vi fundet målte koncentrationer i området fra 2-13 ng/L, se i øvrigt figur 3. Koncentrationsmønstret indikerer, at der er et relativt højere niveau af de mindre PAH'er i de københavnske søer, hvorimod vi finder højere kon-

centrationer af de tungere PAH'er i den analyserede prøve fra overfladevandet i vandreservoiret.

De ovenstående analyser viser, at metoden kan give repeterbare resultater med fuldautomatiseret prøveforberedelse ved analyse af PAH'er i det lave PPT-område på vandige matricer. Metodens følsomhed vil sandsynligvis kunne udvides til det høje PPQ-område ved at anvende large volume injektion (PTV-injektor). Dette vil dog givetvis give anledning til hyppigere linerskifte i injektoren, idet man må forvente forøget

**FT-Analysis becomes more
Productive, Precise and
Intuitive**



**The
NEW INVENIO**

Contact us for more details:
www.bruker.com/invenio

Sæsonvariation af flygtige organiske kemiske forbindelser målt i Højarktis

Resultatet fra nyt studie bidrager til, at vi kan forudse, hvordan Arktis vil reagere på den fremtidige klimaforandring.



Af Jakob Boyd Pernov, Rossana Bossi, Thibaut Lebourgeois, Christel Ege-Johansen og Henrik Skov, Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab

I denne artikel præsenteres den længst målte tidsserie af flygtige organiske forbindelser (fra engelsk Volatile Organic Compounds, VOCs).

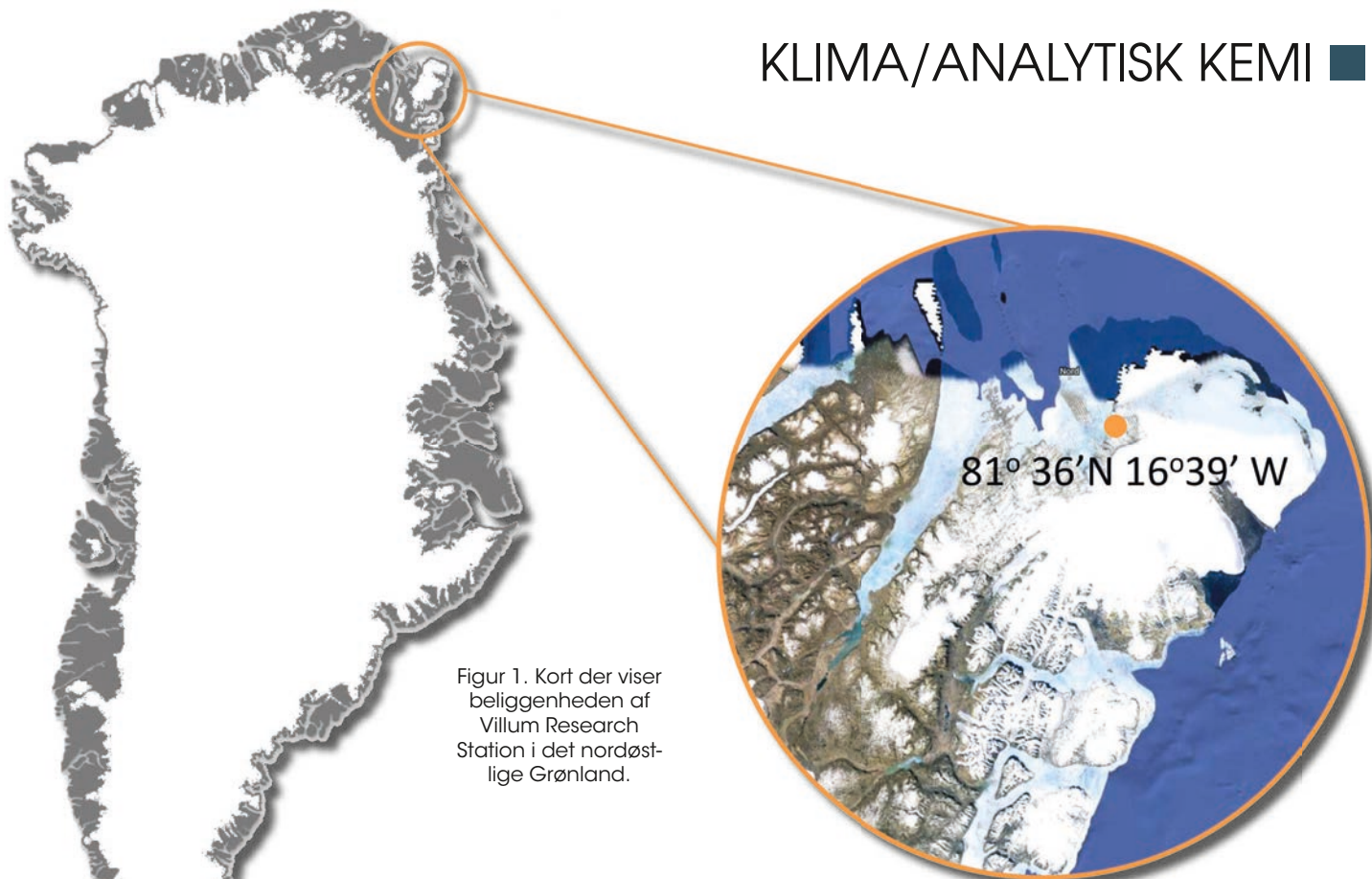
Målingerne er foretaget på den nordligste arktiske målestation i Grønland. Der blev observeret i alt 12 kemiske forbindelser, hvoraf 10 af dem blev entydigt identificerede. I serien påvises det, at luftkoncentrationer af nogle VOCs, for eksempel benzen, stammer fra menneskeskabt forurening, og kan bruges som sporstof for transport af luftforurening, der stammer fra vores breddegrader.

Vi ser, at koncentrationen af andre VOCs (for eksempel dimethylsulfid) er højest om sommeren, hvor naturlige biologiske processer er hovedkilder til disse koncentrationer. Der observeres således stoffer med enten antropogen eller biologisk oprindelse.

Disse data kan anvendes til at forstå de fysiske og kemiske processer, som finder sted i den arktiske atmosfære, og hvordan de vil påvirke ozon- og partikel-niveau, som begge påvirker jordens strålingsbalance. Studiet bidrager derfor til, at vi kan forudse, hvordan Arktis vil reagere på den fremtidige klimaforandring.

Hvorfor er VOCs interessante?

Atmosfærekemien i Arktis er styret af solindstråling, meteorologi, transport af luftmasser samt lokal naturlig emission. I løbet af vinteren og foråret udstrækkes den polare front (en luftmasse med



Figur 1. Kort der viser beliggenheden af Villum Research Station i det nordøstlige Grønland.

højt tryk og kold luft) sig fra Arktis ned til vores breddegrader, hvilket muliggør transport sydfra af menneskeskabt forurening. Dette resulterer i høje niveauer af luftforurening, også kaldet "Arctic Haze". "Arctic Haze" består primært af partikler i luften, der blandt andet indeholder sod og sulfat. Sammen med partiklerne findes også flygtige organiske forbindelser (fra engelsk Volatile Organic Compounds; VOCs). I løbet af sommeren trækker den polare front nordpå, hvilket isolerer Arktis fra luftforureningskilder på mere sydlige breddegrader. Det betyder, at menneskeskabte partikler og VOCs falder drastisk.

VOCs er et vigtigt element i at forstå de kemiske processer, der foregår i jordens atmosfære. De består hovedsageligt af kul og brintatomer, men kan også indeholde oxygen-, nitrogen- og svovl-atomer. De kan have mange forskellige kilder inklusiv menneskeskabte (for eksempel ufuldstændig afbrænding af fossile brændstoffer, brug af opløsningsmidler og industrielle processer), biogene for eksempel marin og terrestrisk biologisk aktivitet samt geofysiske kilder, såsom vulkaner og skovbrande.

VOCs er i atmosfæren en vigtig del af luftforurening og er med til at bestemme, hvordan luftforurening påvirker menneskers helbred og klima. For eksempel kan forøget udledning af VOCs påvirke

processer, der kontrollerer kviksølv og ozons koncentrationer og dermed lede til partikeldannelse. Disse forbindelser har konsekvenser for klimaet, de er skadelige for menneskers sundhed og de medfører planteskader. Derfor er det vigtigt at undersøge VOCs overalt i jordens atmosfære. I Arktis er der kun foretaget få og kortvarige studier.

Metodeafsnit

Aarhus Universitet driver Villum Research Station (VRS), som ejes af Grønlands Naturinstitut (se www.villumresearchstation.dk). VRS ligger på den danske militærbase, Station Nord, i det nordøstlige hjørne af Grønland. På

Navn eller tilegnet bruttoformel	m/z forhold	Gennemsnit mol blandingsforhold (pptv*)	Standardafvigelse
Formaldehyd	30.997	0.221	0.128
Acetonitril	42.011	0.067	0.025
Myresyre	47.000	0.454	0.371
Acetone	59.066	0.608	0.196
Trimethylamin	61.041	0.057	0.017
Eddikesyre	63.034	0.201	0.149
Dimethylsulfid	73.069	0.046	0.043
Methylvinylketon	75.058	0.011	0.002
C ₃ H ₆ O ₂	79.062	0.025	0.013
Benzen	60.072	0.027	0.016
C ₅ H ₈ O	85.066	0.027	0.008
Pentanon	30.997	0.012	0.003

*pptv står for volumenforhold eller molbrøk for en gas i luft og er lig med 10¹².
1 pptv = 0.001 ppbv.

Tabel 1. Oversigt over målte VOCer for hele prøvekampagnen.

figur 1 ses placeringen af Station Nord i Grønland. VRS ligger på koordinaterne; 81°36' N 16°39' W. VRS ligger nord for den polare front hele året, hvorfor langtransporteret forurening er dominerende i vinter- og forårsmånederne. Som tidligere nævnt hindrer fronten transport fra sydlige breddegrader om sommeren, da den nu er placeret langt mod nord.

Der blev målt VOCs på VRS fra 4. april til 25. oktober 2018, hvilket er den længste tidsserie for online-målinger af VOCs med høj tidsopløsning på en arktisk station.

Målingerne blev udført ved brug af "Proton Transfer Reaction-Time of Flight-Mass Spectrometry" (PTR-ToF-MS). En mere detaljeret beskrivelse af PTR-ToF-MS er publiceret tidligere i Dansk Kemi [1]. Tabel 1, side 17, viser en oversigt over de forbindelser, der blev målt under kampagnen. Oversigten omfatter identificerede forbindelser, der er tilordnet ved brug af målt højopløst molekyle masse-til-ladningsforhold (m/z)

og information fra litteraturen. Ikke alle stoffer kunne identificeres ud fra deres m/z -forhold på grund af flere isomeriske forbindelser. I stedet er angivet et bedste estimat på en bruttoformel. For alle stoffer er angivet m/z , gennemsnitlig molkoncentration for hele prøvekampagnen og den tilhørende standardafvigelse på målte koncentrationer.

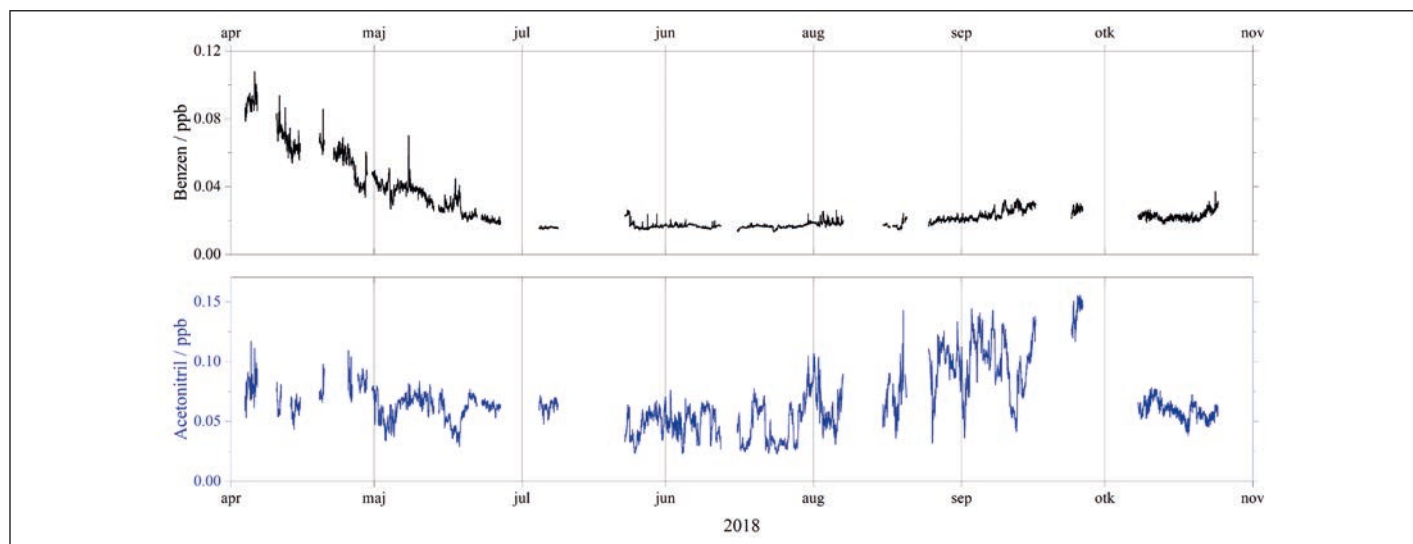
Resultater og diskussion

I den arktiske vinter og forår er den polare front placeret langt mod syd. Det gør det muligt for menneskeskabt forurening at blive transporteret fra vores breddegrader til Arktis. Om sommeren ligger den langt mod nord og blokerer for denne transport. Dette er beskrevet i mange studier for eksempel [2]. Dette kan også ses i tidsserien for benzen, figur 2, øverst. Fra april til slutningen af maj er luftkoncentrationer af benzen omkring 0,08 ppbv, mens den er omkring 0,002 ppbv resten af året. Benzen emitteres fra benzindrevne biler, hvor benzin i dag

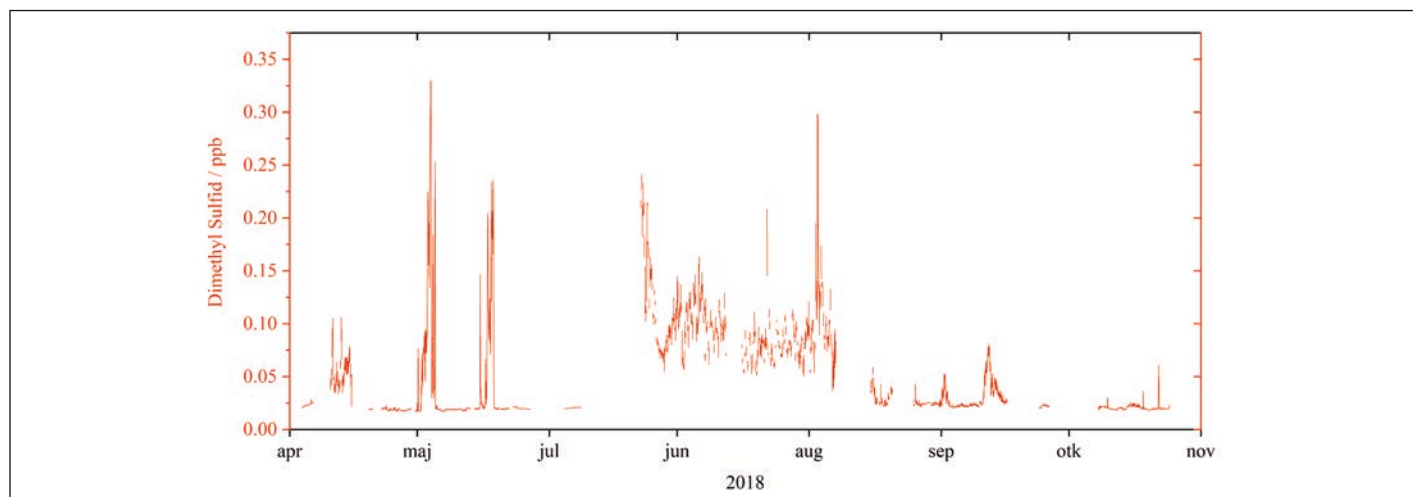
indeholder lige under 1 procent benzen. En anden kilde til benzen er biomasseafbrænding, enten menneskeskabt eller naturlig. Benzen viser en svag stigning i september (sammenfald mellem den største intensitet af biomasseafbrænding og start af perioden, hvor den polare front bevæger sig sydover).

Acetonitril emitteres ligeledes fra biomasseafbrænding og anvendes ofte som sporstof for biomasseafbrænding. Tidsserien for acetonitril, figur 2, nederst, viser, at den er relativt konstant i løbet af måleperioden, stiger i september og falder igen til baggrundsniveauer i oktober. Denne stigning er sammenfaldende med benzen og den observerede stigning af benzen i september skyldes hovedsageligt biomasseafbrænding.

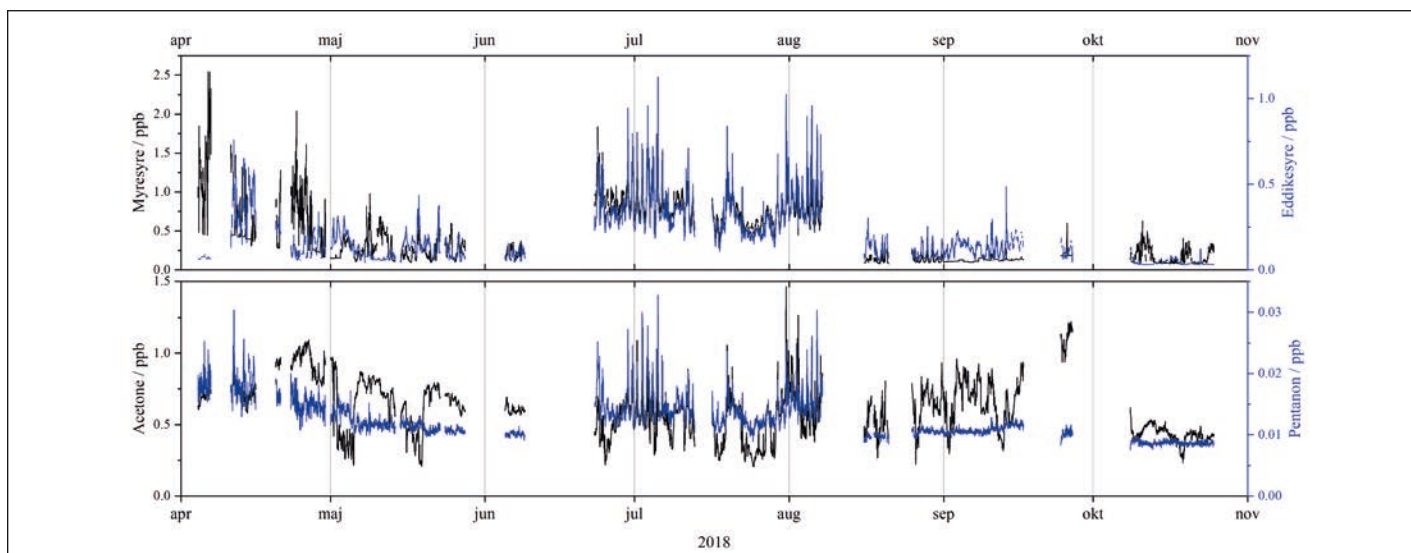
I løbet af sommeren flytter den polare front sig mod nord og sollysets intensitet øges. Dette fører til algevækst i åbent hav, der er kendt for at udsende naturlige VOCs. Ligeledes udsendes VOCs fra terrestriske planter. Et eksempel på en



Figur 2. Øverst: tidsserie af benzen (sort), nederst: tidsserie af acetonitril (blåt).



Figur 3. Tidsserie af DMS.



Figur 4. Øverst: Tidsserie for myresyre (sort) og eddikesyre (blå) (nederst): Tidsserie for acetone (sort) og pentanon (blå).

naturlig emission er dimethylsulfid (DMS), der dannes af alger. DMS-tidsserien, figur 3, viser niveauer tæt på detektionsgrænsen om foråret og efteråret med undtagelse af to episoder med høje vindhastigheder i løbet af maj, som muligvis er forårsaget af atmosfærisk transport af DMS emitteret fra åbne våger i isen.

Om sommeren er DMS luftkoncentrationerne højere og har en klar døgnvariation, der følger solindstrålingen.

Mens nogle VOCs har en entydig menneskeskabt eller naturlig kilde, viser mange VOCs både tidsmæssige tendenser, som indikerer, at disse forbindelser kommer fra en blanding af kilder, figur 4. Disse forbindelser dannes ofte ved fotokemisk oxidation, men de kan også have forskellige direkte emissionskilder. Organisk syre (såsom myresyre og eddikesyre) på VRS er bestemt til at komme fra terrestriske og marine kilder lokaliseret i Højarktis.

Ketoner (e.g. acetone og pentanon) har adskillige menneskeskabte kilder (primært fra brug af opløsningsmidler), men i Arktis dannes disse stoffer ved oxidation af alkaner og alkener, som emitteres fra for eksempel smeltende sne.

Vi er på nuværende tidspunkt ved at afslutte statistiske analyser, hvor vi anvender Positiv Matrix Factorisering (PMF) til, så entydigt som muligt at bestemme kildefordelingen af de observerede VOCs. Denne analyse vil give værdifulde informationer om, på hvilken måde Arktis er påvirket af menneskeskabte og naturlige VOC-kilder og hjælpe med at forbedre atmosfærekemiske transportmodeller, der beskriver kemien i den arktiske atmosfære, og hvordan den nu og i fremtiden påvirker ozon og partikler. Da disse har en stor påvirkning på vores klima, er det meget vigtigt for at kunne bestemme fremtidens klima i Arktis.

E-mail:

Henrik Skov: hsk@envs.au.dk

Referencer

1. Bossi, R. A. S., H. (2014). "PTR-Time-of-flight MS til målinger af afsætning og emission af organiske forbindelser fra og til atmosfæren". Dansk Kemi 95(12): 2.
2. Skov, H. M., A.; Nielsen, I.E.; Nordstrøm, C.; Bossi, R.; Vorkamp, K.; Christensen, J.; Larsen, M.m.; Hansen, K.M.; Lissberg J.B. and Poulsen M.B. (2017). AMAP CORE – ATMOSPHERIC PART from 1990 to 2015, Results from Villum Research Station. Aarhus University. Technical Report from DCE – Danish Centre for Environment and Energy Aarhus University: 77.

OPLEV VORES VAKUUMLØSNINGER TIL LABORATORIER OG R&D

Med det største udvalg af vakuum teknologier, er Busch en unik partner til at levere pålidelige og økonomiske løsninger, der er specielt udviklet til din applikation. **Stol på en pålidelig vakuum partner. Stol på Busch.**

Busch Vakuumenteknik A/S
+45 87 88 07 77
info@busch.dk
www.buschvacuum.com



IYPT 2019 – det var så det?

2019 stod i periodesystemets tegn – det var IYPT, *International Year of the Periodic Table of Chemical Elements* [1-5] – og vi fejrede også den internationale kemiunion IUPAC's 100-års jubilæum [6]. Der blev brugt mange ressourcer og tid på disse fejringer hos IUPAC som organisation og i de enkelte medlemslande. Var det det hele værd?



Figur 1. Periodesystemet på murværket på universitetet i Murcia, Spanien (tv.), gik for en tid vistnok for at være verdens største. I IYPT blev det udfordret både fra Australien og Michigan, USA, hvor hhv. en hel bygningsfacade og en plæne på størrelse med en fodboldbane [7] blev dækket af grundstofsymboler. Utallige andre varianter af periodesystemet i alle størrelser fandtes allerede verden over, og flere kom til i 2019. Se [8].

Af Ture Damhus

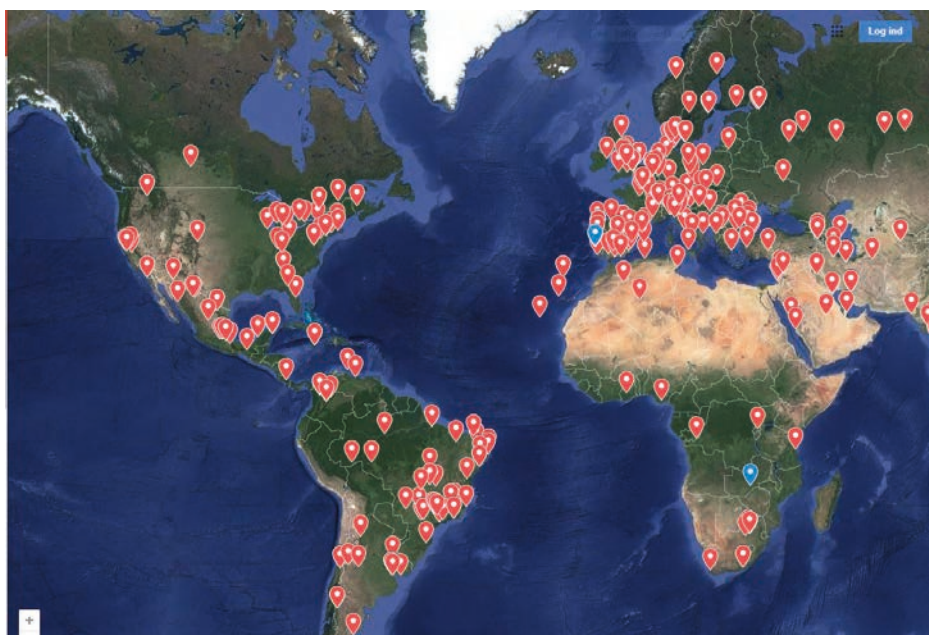
Verden blev i hvert fald en del skriftlige bidrag rigere, som vi fortsat kan glæde os over. Derudover afvikledes en række begivenheder verden over, alt fra foredrag til konstruktion af kæmpestore periodesystemer, se figur 1, konkurrencer, online-quizzer, temadage osv. Meget af det specifikt rettet mod ungdommen, både dem, der allerede er involveret i kemi, og dem, der gerne skulle gøres interesserede i faget. IUPAC's egne tre

trædesten i årets løb var den officielle åbning af IYPT i januar i Paris [9], fejringerne i Paris i forbindelse med IUPAC's General Assembly i juli [10] og afslutningsceremonien i Tokyo i december [11].

IUPAC-verdenskortet

IUPAC har forsøgt sig med et verdenskort, som kan ses på webstedet [12], se også figur 2. Man kan zoome ud og ind og derved komme til at se, hvor mange kortnåle der står i et givet land eller en

given by. Nærværende forfatter forsøgte sig med at indberette de danske aktiviteter, jeg havde kendskab til. Det drejede sig – ud over de allerede omtalte artikler i Dansk Kemi og enkelte andre artikler om aspekter af periodesystemets historie – kort fortalt om foredrag om periodesystemet afholdt af Ulla Gro Nielsen (SDU) og Helge Kragh (NBI) rundt om i landet og et med gæsten Abhik Ghosh fra Norge; bannere opsat en kort stund på H.C. Ørsted Institutet i København, figur 3; og samarbejdet med Nordisk



Figur 2. IUPAC's event world map på IYPT-webstedet. (Screenshot fra februar 2020.)

Korthandel om deres periodesystem, jf. figur 4, se side 22. Systemet bag IUPAC-verdenskortet er imidlertid meget stift; oplysningerne skal presses ind i et bestemt format – og så har man fundet

på den idé, at en kortnål altid udløser en serie tilfældige billeder fra google maps fra steder i nærheden af begivenheden. Mere forvirrende end relevant, synes jeg; men tjek verdenskortet ud, det kommer

rundt på alle kontinenter, som det kan ses på figur 2, og der var gang i mere, end vi kan referere her.

Vanskelig indsamling

Forløbet viser i øvrigt, at det er vanskeligt sådan lige at samle information om, hvad der totalt set foregår inden for kemien i Danmark. Der har helt sikkert været flere begivenheder og bidrag, der burde være rapporteret til IUPAC's verdenskort. Læsere, der, når dette blad udkommer, sidder inde med yderligere information, er velkomne til at sende den til undertegnede inden cirka 1. april 2020, så vil jeg prøve at få den registreret.

De indberettede skriftlige bidrag finder man på links & videos-siden [13].

Chemistry International 2019

Derudover er årgang 2019 af magasinet *Chemistry International* (som også omtales i [6]) ekstremt læseværdig og kommer hele vejen rundt om IUPAC's historie og periodesystemet før, nu og i fremtiden. I et af numrene præsenteredes IUPAC's nyttige isotop-periodesystem, jf. figur 5, se side 22. Der er bare stadig det problem, at man på den ene eller an-



Figur 3. De to bannere, der fra sent i november 2019 og året ud prydede facaderne på H.C. Ørsted Institutet til fejring af IYPT.

den måde skal have fat i tegnebogen for at få adgang, hvis man ikke er decideret medlem af et IUPAC-organ eller er *affiliate member*. Artiklerne bliver først *free access* efter 1-2 år. I IUPAC er der ikke tilfredshed med dette, men det er indtil videre aftalen med forlaget de Gruyter, som tager sig af både denne publikation og IUPAC's tidsskrift *Pure and Applied Chemistry*, hvori anbefalinger og tekniske rapporter fra unionens otte divisioner offentliggøres sammen med bidrag fra IUPAC-sponsorerede kongresser.

Varighed og synlighed

Sidste gang, der var en tilsvarende, større international fejring (også organiseret af IUPAC og UNESCO), var i 2011 (*Kemiens År*), hvilket også blev forsvarligt dækket hen gennem året her i bladet. Desværre er nogle af webstederne, herunder vores lokale www.kemi2011.dk, og også det tilsvarende internationale websted, forsvundet i mellemtiden, selv om vi i en opsummering af årets forløb [14] håbede, de ville bestå en rum tid. IUPAC producerede dog i 2012 en omfattende



Figur 4. Fra venstre mod højre: Mikkel Carlsen og Per Jakobsen, Nordisk Korthandel (scanmaps.dk), Keld Nielsen (lektor, kemi, Køge Gymnasium), Anders Døssing (lektor, Kemisk Institut, Københavns Universitet) og artiklens forfatter arbejder med en ny udgave af Nordisk Korthandels periodesystem baseret på input fra KN, AD og TD. Billedet er taget af direktør for Nordisk Korthandel, Kirsten Marie Ludvig, som er meget begejstret for det nye system, som allerede nu kan bestilles på www.scanmaps.dk/periodisk-system. Der har i 2019 også været kontakt til Polyteknisk Boghandel og Experimentarium omkring deres periodesystemer (hhv. trykt og opbygget i en mur med huller til grundstofferne), som blev opfordret til at anvende de danske grundstofnavne og stavemåder, som Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg anbefaler.

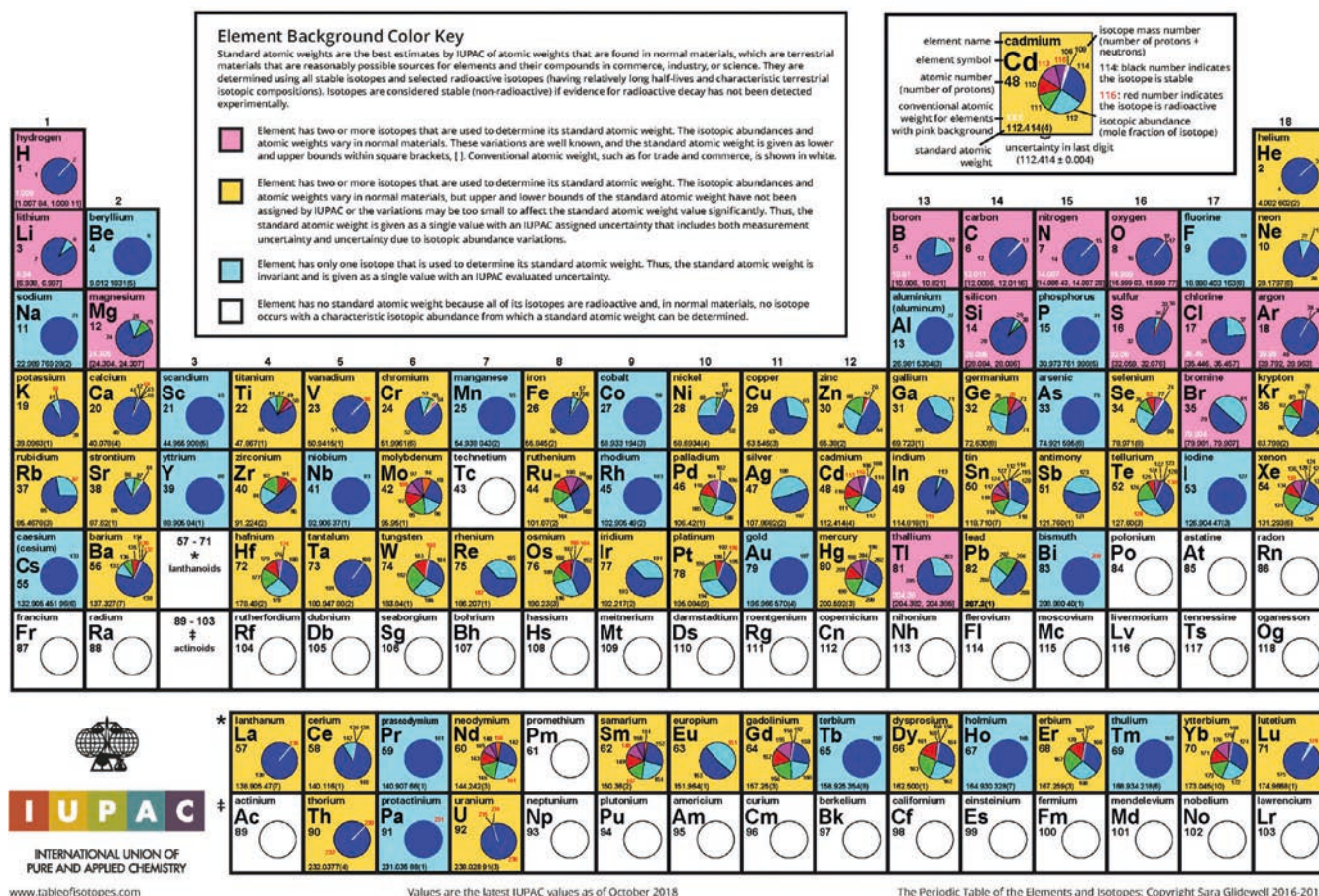
gennemgang af, hvad der var foregået i Kemiens År 2011 på basis af blandt andet indrapporteringer fra medlemslandene (herunder Danmark), og den er fremdeles tilgængelig [15]. Om det denne gang er verdenskortet og links &

videos-siden, der udgør arkivet for IYPT, og hvor længe de vil være synlige, er vist uvist i skrivende stund.

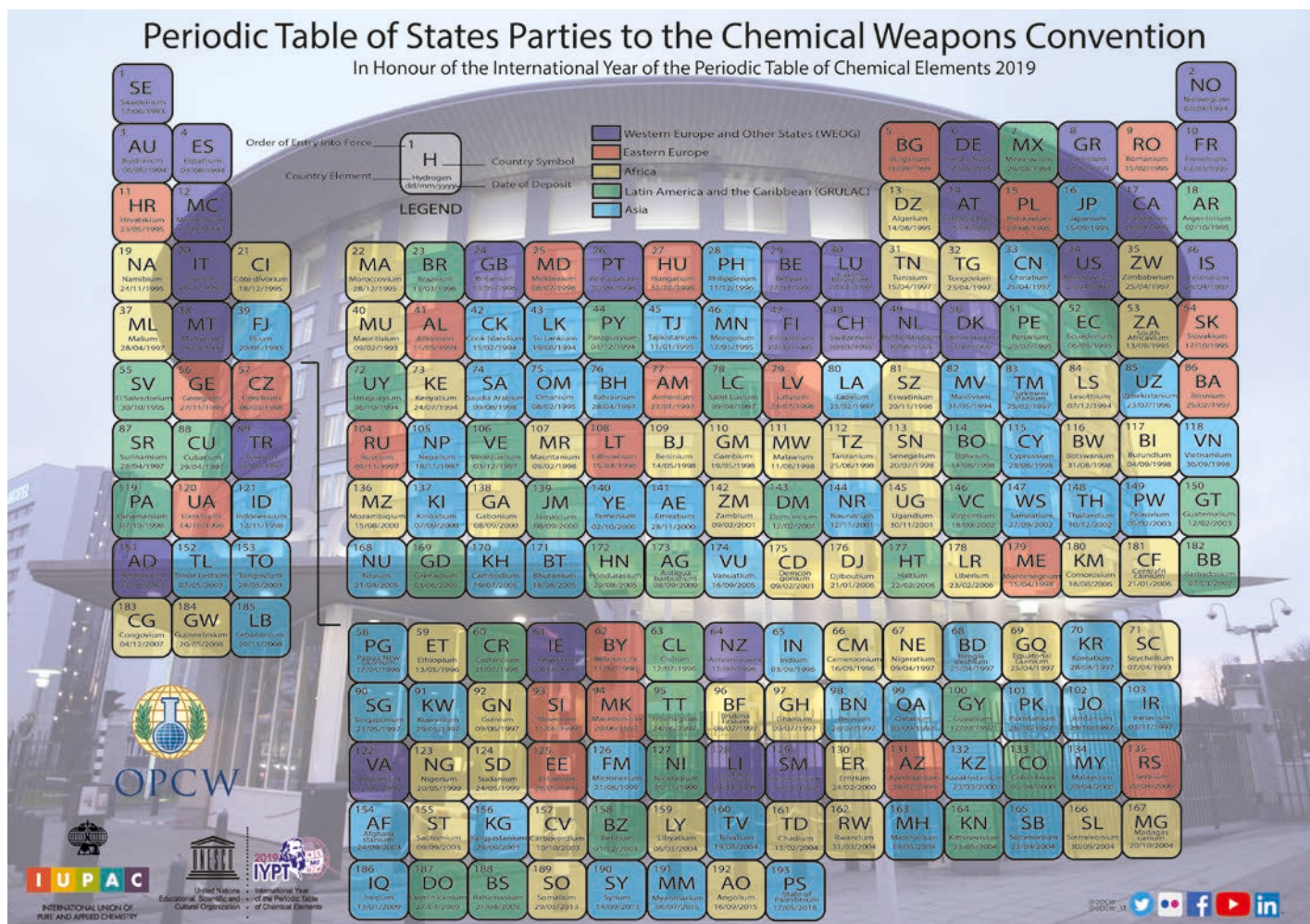
Andre fokusområder

Til sidst skal erindres om, at IUPAC er

IUPAC Periodic Table of the Elements and Isotopes



Figur 5. IUPAC's isotop-periodesystem skal ses online, hvor man kan klikke på hvert af grundstofferne og få en masse information om dets isotoper ud over det, der er opsummeret i selve tabellen.



Figur 6. Det er måske at strække begrebet periodic table. Systemet kan downloades fra OPCW's hjemmeside [17].

meget andet end periodesystemet og nomenklatur. For eksempel er IUPAC aktiv i OPCW (*Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons*) og var i 2019 en af tre modtagere af Haag-prisen for unionens bidrag til dette arbejde [16]. Se også figur 6.

Et nyt initiativ fra 2019 er hvert år at sætte fokus på kemiens 10 vigtigste teknologiområder. Læs om de første 10 her [18].

Hvad er svaret?

Hvad er så svaret på spørgsmålet i indledningen ovenfor? Formentlig ja; i hvert fald, hvis man spørger de mange undervisere, hvis elever var aktive i året, og de historisk interesserede kemikere, som fik en masse flere bidrag om IUPAC's og periodesystemets historie. Omvendt kan man pege på, at IUPAC fattes penge til sine projektaktiviteter og den daglige drift, og man æder af de IUPAC-frivilliges tid til deres primære løbende opgaver med et sådant festår, så måske skal man passe lidt på.

Det er nu blevet forkyndt, at IUPAC vil støtte sin fysik-søsterunion IUPAP i at forsøge at få UNESCO til at udråbe 2022

til *International Year of Basic Sciences for Development*. Jeg siger ... hm!

Ture Damhus (turedamhus@outlook.dk) er i IUPAC aktiv i Division VIII (kemisk nomenklatur), Interdivisional Committee on Terminology, Nomenclature and Symbols og Joint Commission on Biochemical Nomenclature; og herhjemme formand for Kemisk Forenings Nomenklaturudvalg og sekretær i Dansk Selskab for Historisk Kemi.

Referencer

1. <https://iyp2019.org/about-iyp2019/>.
2. J. Bendix: Verdens vigtigste tabellering fylder 150 år. *Dansk Kemi* **100** #1 (2019) 10-11.
3. T. Damhus: Grundstoffernes periodesystem (PS) fylder 150 år. *Dansk Kemi* **100** #2 (2019) 19-21.
4. B.R. Larsen: Grundstoffernes periodesystem fylder 150 år – og lidt om periodesystemet i den gymnasiale undervisning. *Dansk Kemi* **100** #4 (2019) 21-23.
5. J. Bendix: 7 artikler om periodesystemets anvendelse i rationaliseringen af uorganisk kemi og til sidst tanker om periodesystemets næste 150 år i *Dansk Kemi* **100**, numrene 2 til 8 (2019).
6. T. Damhus: IUPAC fylder 100 år. *Dansk*

Kemi **100** #1 (2019) 7-9. Artikler i numrene 3 til 8 behandlede derefter vigtige aspekter af IUPAC's kemiske nomenklatur baseret på grundstofnavnene.

7. <https://cen.acs.org/education/outreach/IYPT-its-big-home-International-Year-Periodic-Table/97/i47>.
8. https://www.meta-synthesis.com/webbook/35_pt/pt_database.php.
9. <https://iyp2019.org/opening-ceremony/>.
10. T. Damhus: IUPAC fejrede dobbelt fødselsdag og en ny definition af enheden mol. *Dansk Kemi* **100** #5 (2019) 42-44.
11. <https://iyp2019.org/closing-ceremony/>.
12. <https://iyp2019.org/events-worldmap/>.
13. <https://iyp2019.org/links-videos/>.
14. T. Damhus, C. Malassé, R. Fehrmann, U. Telcs: Kemiens År 2011 – hvad skete der, og hvad er sat i gang? *Dansk Kemi* **93** #3 (2012) 8-10.
15. Description and Analysis of IYC Activities, https://iupac.org/projects/project-details/?project_nr=2012-009-1-020.
16. <https://iupac.org/iupac-is-one-of-the-recipients-of-the-2019-opcw-the-hague-award/>.
17. <https://www.opcw.org/resources/science-and-technology> (se under Reference Materials).
18. <https://iupac.org/iupac-announces-the-top-ten-emerging-technologies-in-chemistry>; eller se <https://www.chemistryworld.com/news/iupac-names-10-chemistry-innovations-that-will-change-the-world/3010335.article>.

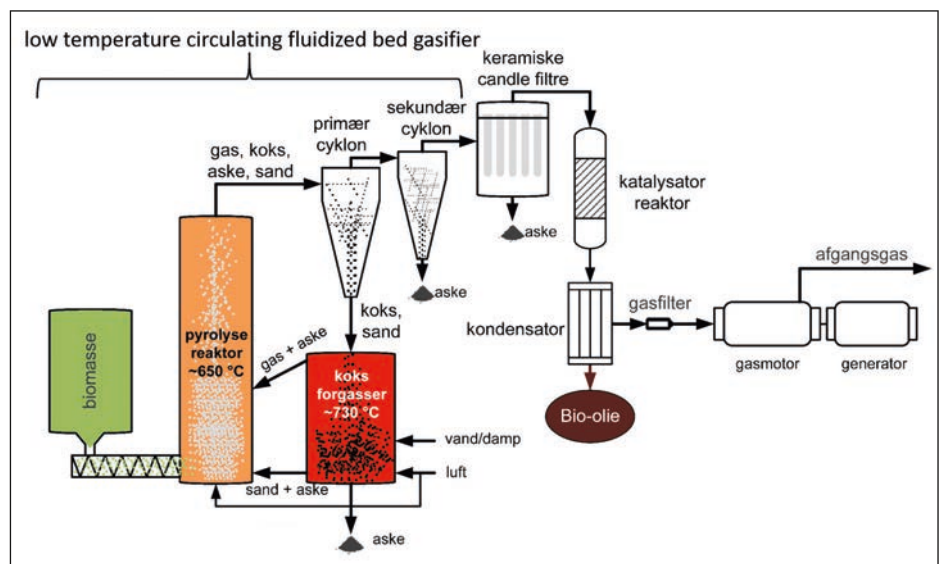
Teknologi giver lovende resultater

Et nyt projekt har undersøgt forgasning af halm med en teknologi, der muliggør samtidig produktion af koks til jordforbedring og lagring af kulstof, flydende biobrændstoffer til energilagring og varme og kraft fra brændbare gasser. Den nye teknologi gav en signifikant forbedring af kvaliteten af bioolier.

Af Andreas Eschenbacher, Peter Arendt Jensen, Ulrik Birk Henriksen, Jesper Ahrenfeldt og Anker Degn Jensen, Institut for Kemiteknik, DTU

Reduktion af drivhusgasemissioner og uafhængighed af fossile brændstoffer er centrale og udfordrende opgaver over hele verden. Termokemisk konvertering af biomasse har et stort potentiale til at øge andelen af vedvarende energi i transportsektoren. Samtidig vil erstatning af fossile brændstoffer med biomasse give en betydelig reduktion i CO₂-emissionen fra elektricitets- og varmeproduktion. I dette projekt blev forgasningen af halm undersøgt med en teknologi, der muliggør samtidig produktion af koks til jordforbedring og lagring af kulstof, flydende biobrændstoffer til energilagring og varme og kraft fra brændbare gasser, figur 1. Fjerntliggende områder og lande med få eller ingen olieressourcer kan i høj grad drage fordel af denne teknologi ved at omdanne lokalt tilgængelig biomasse.

Forgasningsprocessen baseret på en lavtemperatur (LT) cirkulerende fluid bed (CFB), figur 2, er udviklet af virksomheden Ørsted (tidligere Dong Energy) fra Danmark i et samarbejde med Danmarks Tekniske Universitet og virksomheden Danish Fluid Bed Technology. Den genererede tjærerige gas fra forgasning af alkalirig biomasse kan forbrændes i en kraftværkskedel.



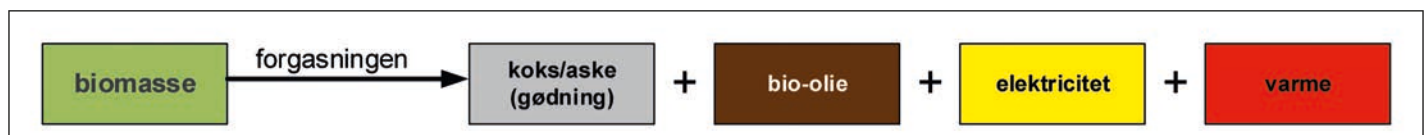
Figur 2. Forgasningsanlæg med "low temperature (LT)-circulating fluidized bed gasifier" (CFB). Til højre er den foreslåede tilpasning af processen for at opnå polyfremstilling af energiprodukter. Efter varm gasfiltrering behandles tjæredampene med en katalysator, og efter kondensation af den opgraderede tjære kan de ikke-kondenserbare gasser bruges til varme- og kraftproduktion.

Konceptet er demonstreret fra 100 kW til 6 MW termisk kapacitet [1], hvilket indikerer anvendeligheden af teknologien. På grund af det høje tjæreindhold i gassen er gasrensning påkrævet, før gassen kan anvendes i gasmotorer eller brændselsceller. Hvis tjæren opsamles, kan den efterfølgende konverteres til brændstof eller kemikalier. For yderligere behandling af bioolier i konventionelle olieraffinaderier kræves en reduktion af biooliens oxygenindhold

og surhedsgrad [2]. Dette kan opnås ved katalytisk behandling før tjærekondensation. Vi undersøgte derfor i dette projekt, hvordan kvaliteten af bioolien kan forbedres yderligere ved katalytisk opgradering af de varme tjæredampe, inden de kondenseres.

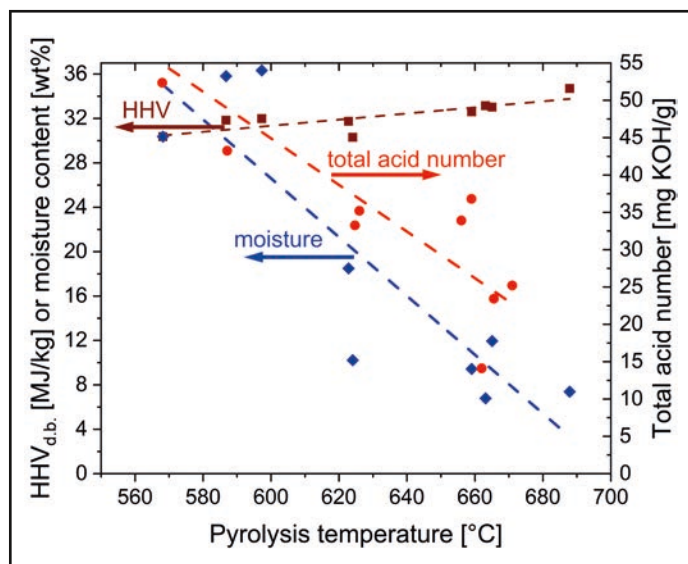
Hvordan pyrolyse-temperaturen i forgasseren påvirker biooliens egenskaber?

Det kondenserede fluid blev adskilt i en



Figur 1. Skitse over proces til samtidig fremstilling af biokoks, bioolie, el og varme.

vandig fase og en oliefase, hvor sidstnævnte udgør det ønskede bioolieprodukt. Pyrolysetemperaturen har en stærk indflydelse på tjærekoncentration i gassen og egenskaberne af tjæren, figur 3. Med en stigning i pyrolysetemperatur fra 570 til 690°C steg den øvre brændværdi af bioolien fra ~30 til 35 MJ/kg på grund af tjæredeoxygenering. Udbyttet af tjære steg imidlertid mod lavere temperaturer (~570°C), og energiudbyttet fra tjæren i gassen steg fra 16 procent til 51 procent. På den anden side havde tjære opsamlet ved højere pyrolysetemperatur forbedrede brændstofegenskaber såsom reduceret total syretal (TAN) og reduceret fugtighedsindhold, figur 3.



Figur 3. Indflydelse af pyrolysetemperatur på fugtighedsindholdet, øvre brændværdi (HHV) og det totale syretal (TAN) i de opsamlede biooliefraktioner [3].

Hvordan ændrer behandlingen af tjæren med katalysator biooliens egenskaber?

Et eksempel på indflydelsen af den katalytiske behandling af tjæren er vist i tabel 1, der illustrerer produktudbyttet (af kulstof) i forhold til det tilførte biomasse-kulstof til LT-CFB reaktoren. Behandlingen med en zeolitkatalysator reducerede udbyttet af kondenserede organiske stoffer fra ~22 til 21

Katalysator	Ingen katalysator	Zeolit katalysator
Kulstof i bioolie	22	21
Kulstof i vandig fase	6	3
Kulstof i gas	76	83
Kulstof i koks på katalysator	0	5
Bioolie-egenskaber		
Surhedsindhold TAN (mg KOH/g)	~30	~3
vægt% oxygen (vandfri)	~14	~11
Vandindhold (vægt%)	~8	~3

Tabel 1. Produktudbytte med hensyn til det tilførte biomasse-kulstof- og bioolieegenskaber [3]. Temperaturen i pyrolysereaktoren var ~660°C og katalysatortemperatur var 500°C.

vægt%, men også det tabte kulstof i den vandige fase faldt fra ~5 til ~3 vægt%. Olieindholdets surhedsgrad (TAN) blev reduceret fra ~30 til 3 mg KOH/g, og det samme blev ætsningen af bioolierne [3]. Derudover blev oxygenindholdet og vandindholdet i bioolierne reduceret, tabel 1, hvilket forbedrede biooliens brændstofegenskaber og brændværdi. På grund af den anvendte mikroporøse HZSM-5 zeolit havde de opnåede olier et øget udbytte af aromater, såsom benzen, toluen og p-xylene, som er vigtige platformkemikalier. Koks dannet på katalysatoren deaktiverer katalysatoren over tid, og skal periodevist forbrændes for at regenerere katalysatoren.

Konklusioner

Den in-line katalytiske behandling af tjære produceret fra halm i en LT-CFB forgasser viste signifikant forbedring af kvaliteten af de kondenserede bioolier, da vandindhold, oxygenindhold og surhed faldt, ligesom brændværdien af olien blev forbedret. De katalytisk behandlede bioolier forventes at være bedre egnet til yderligere forarbejdning i eksisterende olieraffinaderier.

Betydning og Outlook

Opskalering af LT-CFB-forgasningskonceptet er blevet demonstreret i et tidligere arbejde fra 100 kW til 500 kW og 6 MW termisk kapacitet, og den genererede tjærerige gas kunne forbrændes i en kraftværkskedel, hvilket muliggør anvendelse af alkalirig biomasse til varme- og kraftproduktion. Dette indikerer anvendeligheden af teknologien. Fremtidig forskning kan fokusere på forbedring af energiudvinning af bioolier, for eksempel ved at bruge katalysatorer, der kan udnytte hydrogen i gassen til at sænke oliens iltindhold.

Tak

Finansiering fra det danske energiteknologiske udviklings- og demonstrationsprogram (EUDP-projekt nr. 12454) anerkendes taknemmeligt.

E-mail:

Anker D. Jensen: aj@kt.dtu.dk

Referencer

1. P. Stoholm et al., in Proceedings of the 18th European biomass conference 2010, Lyon.
2. R. French and S. Czernik, Fuel Process. Technol., 91 (1) (2010) 25-32.
3. A. Eschenbacher et al., Energy Conversion and Management, 207 (2020) 112538.

Dieselfiltre

– en renere by med elektrokemiske faststofoxid-membraner.

Sod og NO kan i princippet fjernes fra røggasser ved hjælp af reaktorer baseret på faststofoxid-elektrolytter, men der kræves en ambitiøs forskningsindsats for at videreudvikle processerne til kommerciel udnyttelse.

Af Kent Kammer Hansen,
Institut for Energikonvertering og -Lagring, DTU

I de senere år er interessen for processer til rensning af forurenende komponenter fra udstødnings- og røggasser øget betydeligt. Et eksempel på et fokusområde er fjernelse af NO_x fra mobile enheder (både på land og vand), især i forbindelse med dieselforbrændingsmotorer. Efter introduktionen af bilkatalysatorer, er behovet for en lignende procesenhed til dieselmotorer blevet mere og mere åbenbar. Da dieselforbrændingen foregår under oxygenrige omstændigheder, kan den konventionelle bilkatalysator (tre-vejskatalysatoren) ikke anvendes, da den ikke selektivt kan reducere NO med tilstedeværelse af disse oxygenmængder.

En velafprøvet teknologi, som kan udføre denne opgave, er katalysatoren til selektiv katalytisk reduktion (kaldes normalt SCR – engelsk forkortelse for Selective Catalytic Reduction). I SCR-processen bliver reaktionen imellem NO og en reduktant, for eksempel NH_3 , udført over en selektiv katalysator, som typisk er baseret på V_2O_5 -belagt TiO_2 . I denne proces bliver reduktanten indsprøjet i udstødningen inden kontakt med katalysatoren. Denne reagens bliver derfor nødt til at blive opbevaret på køretøjet under drift, hvilket både er besværligt og potentielt farligt, hvad angår NH_3 . Målet med forskning i alternativer til denne proces, er således at skabe en miljøvenlig, effektiv, sikker og økonomisk favorabel proces til fjernelse af NO_x fra mobile røggasser.

Nanoteknologi med "beskidt" anvendelse – elektronerne er kemisk drivkraft

Selektive membranprocesser, som kun benytter elektroner som reagens, kan blive optimeret til at fjerne forurenende gaskomponenter fra røggasser på en mere bæredygtig og økonomisk fordelagtig vis end de nuværende tilgængelige røggasrensningprocesser.

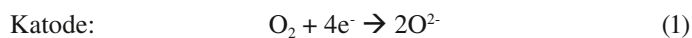
De elektrokemiske membraner består af en elektrolyt, som separerer et sæt porøse elektroder – altså samme opbygning som en brændselscelle. Sådanne systemer muliggør en række specielle, selektive reaktioner i forbindelse med røggasrensning. Dette foregår ved brug af elektroner som reagens, som ved hjælp af klassiske transportprocesser er i stand til at danne en række specielle kemiske situationer, hvor normalt "umulige" processer tilsyneladende kan lade sig gøre. Dette muliggør høj selektivitet og effektivitet.

Samtidigt er disse processer dog så forholdsvis nye opdagelser, at der stadig er en række problemer, som skal løses, før disse processer er økonomisk attraktive. Denne artikel omhandler fjernelse af sod og NO ved hjælp af reaktorer med faste elektrolytter.

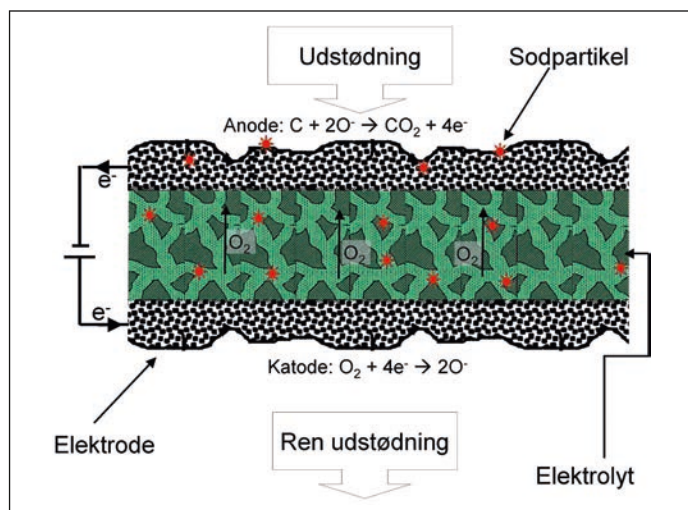
Elektrokemisk oxidation af sod i en faststofoxid reaktor

En mulig udnyttelse af en elektrokemisk reaktor baseret på en oxidionleder er oxidation af sod fra for eksempel dieseludstødningsgasser [1]. Konceptet er vist i figur 1. Soden fanges i en porøs struktur og oxideres til CO_2 ved elektroderne. Her anvendes vekselstrøm (således at en elektrode skiftevis er anode og katode), samt det forhold at oxidioner er mere reaktive end O_2 . Det er vist, at denne proces er hjulpet af NEMCA-effekten (se senere), dvs. at strømeffektiviteten er større end den faradæiske værdi. Processerne (meget forsimplet) ved anode og katode kan skrives:





hvor ren carbon er valgt for at simplificere systemet (sodpartiklerne er sammensat af mange forskellige typer aromatiske kulbrinter). Der er kun lavet få og ingen fundamentale studier af denne proces, og det er nødvendigt at foretage sådanne for at udvikle processen yderligere. De første spæde forsøg har vist, at aktiviteten er for lav ved lav temperatur. Det er derfor nødvendigt at udvikle både strukturen af filteret og elektroderne for at opnå en tilstrækkelig aktivitet ved lav temperatur. Det skal nævnes, at omtalte filter også er aktivt over for oxidation af CO og uforbrændt brændstof.

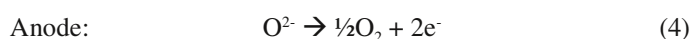


Figur 1. Elektrokemisk reaktor til opsamling og fjernelse af sod fra udstødningsgasser. Soden opfanges i porositeterne og oxideres ved anoden ved polarisation af cellen.

Elektrokemisk reduktion af NO i en faststofoxid reaktor

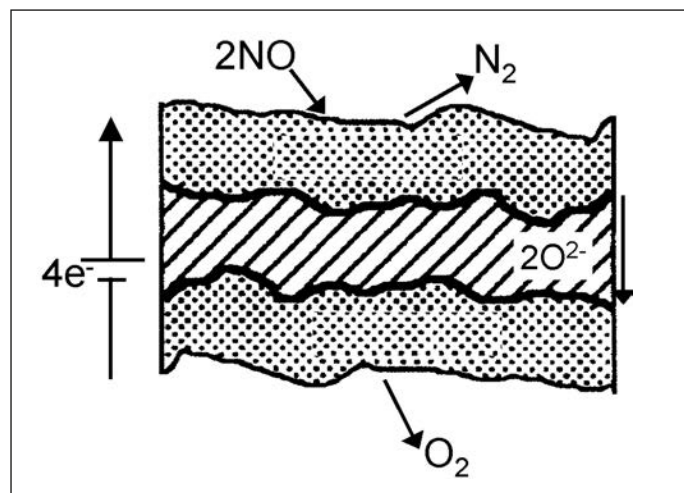
En begrænsning i den nuværende deNO_x-teknologi er anvendelsen af et reduktionsmiddel. For at undgå dette må alternative metoder udvikles. En af disse er elektrokemisk reduktion af NO_x i en faststofelektrokemisk celle. En principskitse for en sådan elektrokemisk celle baseret på en oxidation-leder kan ses i figur 2.

Ved at påtrykke en spænding over cellen kan NO i princippet reduceres ved katoden under dannelse af frit nitrogen og oxid-ioner, se nedenstående reaktionsligninger:



Oxid-ionerne fjernes fra katoden og transporteres gennem elektrolytten til anoden, hvor der dannes O₂. Denne proces er principielt også mulig i oxiderende atmosfære, da NO er mindre stabil end O₂.

De første forsøg på at reducere NO elektrokemisk foregik med ædelmetalelektroder (Pt og Au) og blev foretaget i en atmosfære, der kun indeholdt NO og en inert gas [2]. Det blev vist,



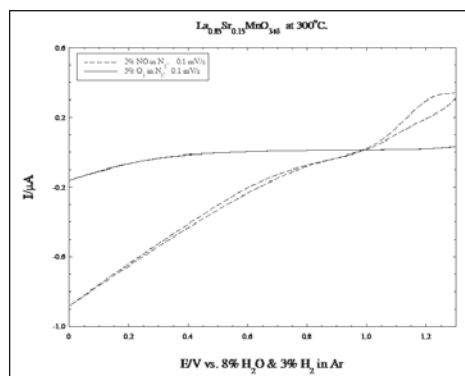
Figur 2. Faststofelektrokemisk celle til fjernelse af NO_x. Det ses, at NO reduceres ved katoden under dannelse af frit nitrogen.

at NO kan reduceres med et strømudbytte, der var tæt på det teoretiske. I senere forsøg blev der tilsat O₂ til reaktionsgassen (stadig med ædelmetalelektroder). For at reducere NO skulle der påtrykkes meget høje spændinger (>2V) [3]. Strømudbyttet var samtidigt meget lavt, hvilket vil sige, at den største del af strømmen gik til reduktion af O₂. Dette betyder, at ædelmetalelektroder ikke er selektive overfor reduktionen af NO i en oxygenholdig atmosfære. Dette skyldes, at der skal påtrykkes lave potentialer, før reduktionen af NO initieres, hvilket gør, at vi er i et potentialområde, hvor både NO og O₂ kan reduceres samtidigt. Andre elektrodematerialer må derfor udvikles. En rationel og effektiv måde til udvikling af elektroder er anvendelsen af kegleformede elektroder sammen med cyklisk voltammetri.

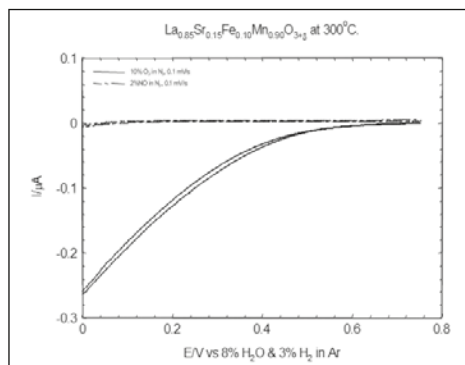
I stedet for ædelmetaller blev forskellige oxider undersøgt. Udgangspunktet var oxider af perovskit-typen, som anvendes til elektroder i SOFC-teknologien. Et eksempel på voltammogrammer optaget i atmosfærer indeholdende enten O₂ eller NO ses i figur 3, se side 28. Som elektrodemateriale er anvendt "LSM15", La_{0,15}Sr_{0,85}MnO_{3+δ} (δ refererer til ikke-støkiometri). Det ses, at aktiviteten for reduktion af O₂ er meget lille, og at man skal gå til lave potentialer, før der er målelig reduktion af O₂. Aktiviteten overfor reduktion af NO er meget højere og initieres ved højere potentialer. LSM15 kan måske derfor anvendes som en selektiv elektrode for reduktion af NO i en O₂-holdig atmosfære. En anden vigtig information er den åbne spænding, som er omkring 1V vs. våd fortyndet hydrogen i den NO-holdige atmosfære.

Beregnet ud fra termodynamiske data skulle reduktionen af NO initieres omkring 1,5V vs. våd fortyndet hydrogen. Dette sker imidlertid ikke. Dette skyldes, at der er to andre konkurrerende elektrodereaktioner, oxidation af NO til NO₂ og udvikling af O₂. Disse to reaktioner inhiberer reduktionen af NO, og gør, at reduktionen af NO kun kan finde sted ved potentialer, hvor der samtidig er mulighed for reduktion af O₂. Man kan derfor ikke udnytte de termodynamiske fordele. Dette er en komplicerende faktor.

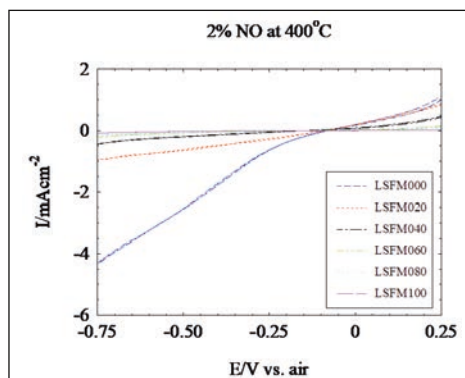
For at forstå, hvilke egenskaber der kræves af et materiale for, at det kan reducere NO, blev materialesammensætningen ændret lidt, idet det blev forsøgt at udskifte 10 procent mangan med 10 procent jern (LSFM). Voltammogrammer optaget i NO ►



Figur 3. Cykliske voltammogrammer for LSM15 [4] i NO- og O₂-holdig atmosfære. Det ses, at LSM15 er aktiv overfor reduktionen af NO.



Figur 4. Cykliske voltammogrammer for LSM15 [5] i NO- og O₂-holdig atmosfære. Det ses, at LSM15 er aktiv overfor reduktionen af NO.



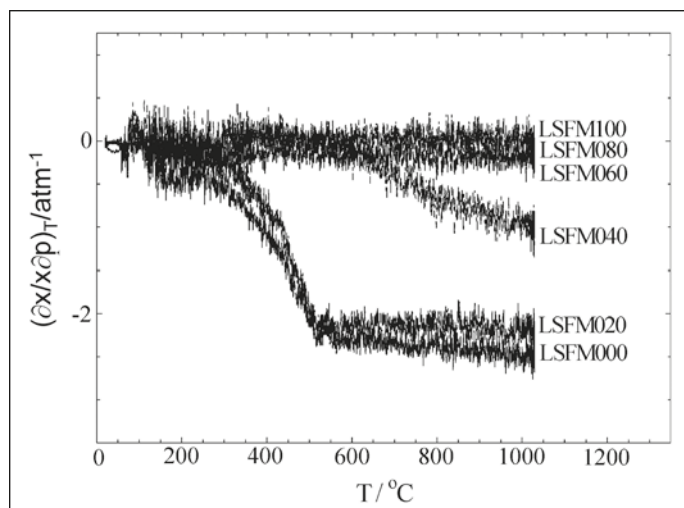
Figur 5. Reduktion af NO på LSMF-perovskitter ved 400°C [6]. Det ses, at kun LSMF000 og LSMF020 har betydelig aktivitet overfor reduktion af NO.

eller oxygenholdige gasser kan ses i figur 4. Det ses, at LSMF ikke har aktivitet overfor reduktion af NO. En lille ændring i elektrodesammensætningen er altså nok til en dramatisk ændring i de elektrokatalytiske egenskaber af elektrodematerialet. For at komme dette nærmere blev to serier af perovskitbaserede materialer fremstillet. Disse to serier har følgende sammensætninger $\text{La}_x\text{Sr}_{1-x}\text{MnO}_{3+\delta}$, hvor x er 0,05, 0,15, 0,25, 0,35, 0,5 og $\text{La}_{0,6}\text{Sr}_{0,4}\text{Fe}_y\text{Mn}_{1-y}\text{O}_{3-\delta}$, hvor y er 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8 og 1,0 [4,5]. En serie af målinger for LSMF-forbindelserne kan findes i figur 5.

Som det kan ses, er det kun de LSMF-forbindelser med højt jernindhold, der har aktivitet overfor reduktionen af NO. En måde at tolke disse resultater på er at indføre begrebet redoxkapaciteten, som er defineret som:

$$C_{\text{redox}} = \left(\frac{\partial x}{x \partial p} \right)_{P,T} \quad (5)$$

hvor x er vægten af prøven, ∂x er vægtændringen og ∂p er ændringen i O₂-partialtryk. En metode til bestemmelse af redoxkapaciteten er anvendelsen af termogravimetri. Ved at registrere vægttabet ved opvarmning i atmosfærer med forskelligt O₂-partialtryk kan redoxkapaciteten beregnes. Redoxkapaciteten for LSMF perovskitter kan findes i figur 6.



Figur 6. Redoxkapaciteten af LSMF-perovskitter som funktion af temperaturen [6]. Kun LSMF000, LSMF020 og LSMF040 perovskitterne har betydelig redoxaktivitet, som observeres ved de tydelige vægtændringer.

Det ses, at kun perovskitter med et højt jernindhold har en betydelig redoxkapacitet, hvilket indikerer, at denne er nødvendig for reduktionen af NO.

Efter disse indledende studier, er der foretaget en del yderligere arbejde. Her er det vist, at der kan opnås god aktivitet og selektivitet (lavt strømforbrug) ved at infiltrere elektroderne med for eksempel BaO. Strømdudbyttet på op til 35 procent er opnået i en gas med 1.000 ppm NO og 8 procent O₂ [6]. Dette giver håb for udvikling af en prisbillig alternativ deNO_x-teknologi.

Konklusion

Det er beskrevet, hvorledes sod og NO i princippet kan fjernes fra røggasser ved hjælp af reaktorer baseret på faststofoxidelektrolytter. Vi har vist, at der her findes en række spændende, alternative metoder til at bekæmpe nogle af vores samfunds væsentligste forureningskilder. Samtidigt må det dog betones, at der stadig kræves en ambitiøs forskningsindsats for at videreudvikle processerne med henblik på en senere kommerciel udnyttelse. Fælles for disse elektrokemiske celler er, at de har potentiale til at stå for fremtidens højteknologiske forureningsbekæmpelse uden at der behøves farlige eller dyre reaktanter i forbindelse med røggasrensning. Samtidigt indeholder disse projekter også videnskabeligt interessante emner, som bevæger sig i grænsefladen imellem elektrokemi, katalyse, materialekemi, fysisk kemi og miljøkemi.

Finansiering og samarbejde

KKHA takker Dinex Filter Technology A/S.

E-mail:

Kent Kammer Hansen: kkha@dtu.dk

Referencer

1. H. Christensen, J. Dinesen, H.H. Engell, K. Kammer Hansen, SAE technical paper no. 1999-01-0472 (1999).
2. S. Pancharatnam, R.A. Huggins, D.M. Mason, *J. Electrochem. Soc.*, **122** 869 (1975).
3. T. Hibino, *J. Chem. Soc. Faraday Trans.*, **91** 1955 (1995).
4. K.K. Hansen, E.M. Skou, H. Christensen, *J. Electrochem. Soc.*, **147** 2007 (2000).
5. K. Kammer, E.M. Skou, *Solid State Ionics*, **176** 915 (2005).
6. J. Shao, Q. Cheng, Y. Liu, W. Zhang, Y. Tao, K. Kammer Hansen, *J. Electrochem. Soc.*, **165** H591-H593 (2018).

Dansk Kemi

Bliv FOKUSpartner på Dansk Kemi's digitale medie KEMIFOKUS

- Udgiv ubegrænset antal nyheder og pressemeddelelser...
- Få dit budskab på hjemmesiden og i nyhedsbrevet til branchen...
- inkl. firmanavn og logo!

Se mere på www.kemifokus.dk





Dip og spreads med smagssekskantens grundsmage

Af Jens Folke, lean6sigma.eu

Smagssekskanten blev præsenteret i DK 2019(8), idet der er videnskabelig evidens for, at oleogustus-smagssansen (smagen af frie fedtsyrer) er en grundsmag, altså med et specifikt smagsløg på linje med smagsløget fra umami-smagssansen (hydrolyseret protein – glutaminat), sukker-smagssansen (stivelse og søde frugter – glukose, fruktose, sucrose m.fl.) og bitter-smagssansen (for eksempel grøntsager med antioxidanter). Fælles for disse smagsløg er, at de sanser organiske forbindelser i modsætning til surt- og salt-smagsløgene, der sanser uorganiske (kat)-ioner.

God ernæring kræver blandt andet, at der i vores kost er en balance mellem protein, kulhydrat, fedt og grøntsager. Derfor er det sådan set ikke overraskende, at vores tunge evolutionsmæssigt har udviklet disse smagsløg. En ensidig kost er ikke mættende og kan resultere i overspisning, for eksempel når slik eller chipsposen ubevidst tømmes. Rå grøntsager eller en skive brød er heller ikke særlig tilfredsstillende, medmindre der er en god dip til eller spread som tilbehør.

Dip er til at dyppe i, for eksempel chips eller crudité (udskåret af bladselleri, gulerødder, agurk, fennikel osv.). Dip til cruditéer er typisk mere viskose end dressinger, ofte på grund af et indhold af grøntsager, der eksempelvis kan baseres på avocado, kikærter, bønner, rødbede, bladbede, pastinak, rød peber (brændt), aubergine, kimchi, cashew-, hassel- eller val-

nødder. Nødderne anvendes af mange veganere som erstatning for mejeri- og æggeprodukter, da de kan laves cremede ved skoldning, og derefter blendning. Dip, som er beregnet til at smøre på forskelligt brød, kaldes også spread (på ”engdansk” vel at mærke ☺) og kan erstatte smør og lignende produkter. Friskkærnet smør på syrnede fløde er dog en god kilde til en balanceret oleogustus-smag.

Googler man ”Dip recipes”, opdager man, at dip ofte er baseret på de samme basisingredienser som dressinger, altså mayonnaise/olie/æggeblomme og/eller syrnede mejeriprodukter. I Wiki findes et ret omfattende stikordsregister for dip med links til opskrifter. Ikke alle disse dip inkluderer en stimulation af oleogustus-smagsløget, men se efter dip, der gør brug af fed creme fraiche, cheddar, syrnede fløde (creme cheese/38% creme fraiche), lagret fetaost på fåre- og gedemælk og skimmeloste (hvid- og blåskimmel), så er du på sporet. Nogle gange kan de samme ingredienser bruges til både dip eller dressing ved at justere viskositeten af produktet, for eksempel ranch- eller blue cheese dressing/dip. Andre gange er dip baseret på en kulhydratkilde såsom kikærter/bønner/linser (hummus-varianter), rodfrugt (for eksempel rødbede, pastinak), grøntsagsfrugt (for eksempel oliventapenade, rød peber, avocado, aubergine), eller grøntsagsblade, for eksempel basilikumpesto, bladbede eller kimchi (DK 2018(4)). Indeholder kulhydratkilden stivelse, kan man få en meget cremet dip, ligesom for saucer (DK 2017(3)). Ellers kan dip ofte være lidt mere gryned.

Græsk dip på pastinak med chili

Ingredienser:

3-4 mellemstore pastinakker (ca. 500 g), skrællede/skrubbede
180 g ristede nødder, for eksempel cashew-, hassel- eller valnød
1 dl hakket dild
50 ml rapsolie
1-2 citronchili, finhakket
1-2 hvidløgsfed, knust
200 g smuldret feta
1 stk. gurkemejerod, knust
50 ml frisk citronsaft
Økologisk citronskal
Salt, peber og evt. honning
60 ml ekstra jomfru-olivenolie

Fremgangsmåde:

1. Ovnbag pastinakker med lidt olivenolie ved 170°C i 60-80 min. til de er møre
2. Skær i grove tern
3. Rist nødder på en tør pande til de er lidt gyldenbrune, 3-5 minutter
4. Køl af og hak dem groft
5. Kør med en stavblender dild og rapsolie i en egnet blenderskål til den er glat
6. Overfør til en lille serveringsskål
7. Kør så med stavblenderen i skålen chilier, hvidløg, gurkemejerod, feta og citronsaft til massen er glat
8. Tilsæt pastinakstykkerne og kør igen til blandingen er nogenlunde glat
9. Tilsæt evt. lidt vand til den rette cremede konsistens
10. Smag til med salt og peber, evt. mere citronsaft og lidt honning
11. Tilsæt til sidst olivenolie og forarbejd blandingen indtil den er glat og luftig
12. Overfør dippen til en serveringsskål
13. Pynt med ristede nødder, lidt dildolie og frisk dild

Eksempler fra tidligere numre af Dansk Kemi på dip/dressinger med kombinationen af oleogustus- og umami-smag er:

- Caesar-dressing (DK 2017(1/2))
- Dansk remoulade (DK 2015(5))
- Tatarsauce (DK 2019(05))¹

For at prøve noget andet, fandt jeg noget økologisk, græsk

Tyrkisk haydari-dip

Ingredienser:

250 ml græsk yoghurt (10%)
1 bundt dild
5 g smør
Friske mynteblade
1 skive græsk feta
1 fed hvidløg
Salt, peber, sukker

Fremgangsmåde:

1. Mos fetaen med en gaffel
2. Smelt smør i en lille gryde
3. Blanchér mynte-bladene til de dufter
4. Hak myntebladene fint
5. Mos hvidløg med groft salt i en morter
6. Kom yoghurt i en skål og bland det hele sammen
8. Smag til med salt, peber og lidt honning eller rørsukker
9. Pynt med chili-flakes og et par mynteblade

feta, lagret i fire måneder, som jeg brugte til to forskellige dip. En græsk inspireret dip på ovnbagte (eller grillede) pastinakker og en tyrkisk haydari-dip på yoghurt.

Facebook-gruppe: Køkkenkemisten

Kilder

<https://www.bonappetit.com/recipes/slideshow/dip-recipes>
https://en.wikipedia.org/wiki/Dipping_sauce

¹ Specielt hvis man bruger lidt mindre mayonnaise og erstatter sødmælsyoghurt med en lidt mere fedtholdig, græsk type yoghurt/creme fraiche.

Løsningen til citronsyrequizzen på side 6

(2R)-3,4-dicarboxy-3-hydroxybutanoat
(2S)-3,4-dicarboxy-3-hydroxybutanoat
2,2-bis(carboxymethyl)-2-hydroxyacetat
(2R)-2-(carboxymethyl)-2-hydroxybutandioat
(2S)-2-(carboxymethyl)-2-hydroxybutandioat
3-carboxy-3-hydroxypentandioat
2-hydroxy-1,2,3-propantricarboxylat
2-oxido-1,2,3-propantricarboxylat

Fik vi dem alle med? Nørder kunne måske også forestille sig 1,2,3-tricarboxypropan-2-olat og 2-oxido-varianterne af de øvrige hydroxyforbindelser ovenfor; man kan diskutere, om de er "kemisk fornuftige".

AS & TD

Double Beam UV-Vis/NIR

“One-Drop” & Integrating Spheres accessories

Absolute Reflectance accessory

IQ Accessory recognition

V-780 – Unique High Sensitivity NIR

Simultaneous Dual Wavelength Measurement



V-700 Series ... UV-Vis/NIR Spectrophotometers



Biolab A/S
Sindalsvej 29
DK-8240 Risskov

Telefon 8621 2866
E-mail: sales@biolab.dk

