

**Klick!** Nobelpris till eleganta bindningar

# Kemisk tidsskrift

N<sup>o</sup>4  
2022

## Revansch för biogas

Därför ökar  
intresset för den  
hållbara gasen

+  
100 år av insulinbehandling  
I Scheeles papper  
Forntida dna





# Higher Peaks – Clearly

Experience newfound clarity with the Nexera XS inert UHPLC. Offering reliable, robust performance, the Nexera XS inert represents a new peak in the analysis of biopolymers. It features a metal-free sample flow path prepared from corrosion-resistant materials, so that results will be clear and unaffected by sample adsorption or surface corrosion. Together with a new range of consumables, Shimadzu now offers the complete solution for bioanalysis.

#### **Unconstrained recovery and sensitivity**

Bioinert flow path prevents sample loss due to adsorption.

#### **Clear resolution without restrictions**

UHPLC performance for high efficiency bioanalysis.

#### **Assured reliability and reproducibility**

Corrosion-resistant material ensures long-term stability and reliable data acquisition.



Ultra High Performance  
Liquid Chromatograph  
**Nexera XS inert**



**Signaler**

- [6](#) Gammalt dna högaktuellt. Lovande ny antibiotika.
- [7](#) Richard Lihammar är ny vd för Mistra Safe Chem.
- [8](#) De visar hur polioviruset infekterar.
- [9](#) Stort intresse för att fånga in koldioxid. AI hittar de bästa legeringarna.
- [10](#) Nobelpriset: Klickar snabbt och elegant.
- [12](#) Grön kemi i Polestars bilar. Fossilfri produktion ger bättre järn.

**Krönika**

- [13](#) Ulf Ulfvarson: Tacka slumpen för livet.

**Nytt intresse för biogas**

- [14](#) Ökad produktion kan mildra bortfallet av rysk gas.

**100 år med insulin**

- [20](#) Första patienten behandlades 1922.

**Fynden i Scheeles efterlämnade papper**

- [26](#) Debatten om syrets upptäckt fick nytt bränsle.

**Vill se mer samarbeten**

- [27](#) IUPAC:s ordförande lyfter fram den hållbara kemin.

**Lästips**

- [30](#) Svåra frågor får svar.

**Utbildning**

- [31](#) Ny kemiutbildning i norr.

**Karriär**

- [32](#) Forskare möter elever.
- [33](#) Avhandlingen: Nya molekylära byggstenar.

**Till sist**

- [34](#) Eter, lustgas och kloroform.

**Medlemsidan**

- [35](#) De lotsade elever till final.



14



10

20

7



# Vem glömmer en inspirerande lärare?

**V**ilka lärare kommer du ihåg? Jag gissar att för de flesta av oss stannar de som var extra engagerade, ställde krav och skapade utmaningar längre kvar i minnet. Kanske finns även spår av osäkra vikarier som klassen satte på orimligt hårda prov, medan alla de som kompetent gjorde sitt jobb är svårare att hålla isär när åren gått. Många lärare i kemi och andra naturvetenskaper känner ett starkt engagemang och gör det där extra som leder till framgång för eleverna. I det här numret möter vi Anna-Sara Roos från Ljungby och Jesper Svartz från Linköping, vars elever lyckats mycket väl i senaste kemiolympiaden.

Arbetsmarknaden för kemister och kemiingenjörer är god, intresset för att utbilda sig inom kemi och angränsande områden fortsatt högt och universiteten vågar satsa på nya kemiutbildningar, med delvis nya arbetssätt. Vilka av alla elever och studenter minns man som lärare? Jag är glad för alla mina studenter, men inser att minnet även här favoriserar ytterligheterna: några av dem som behövt längre tid och andra undervisningsmetoder för att nå målen och så de extra intresserade som sporrat mig att tillsammans med dem lära mig ännu mer. Alla, oavsett om vägen genom utbildningen varit lätt eller svår, går efter examen vidare till nästa omgång utmaningar.

**SLUTET AV ÅRET** är Nobeltider. Även Nobelpristagare nämner ofta i intervjuer inspirerande lärare som har haft stor betydelse för deras framgångar i livet. Flera av de senaste årens pristagare har direkta eller indirekta band till den svenska kemigemenskapen som lärare, handledare och inspiratörer. Jag hoppas alla band stärks ytterligare under Nobelfirandet som kulminerar med festen i Blå hallen den 10 december.

Slutet av året innebär även helger och möjlighet till reflektion och återhämtning inför ett än så länge öppnat 2023. Gott slut och gott nytt år!

**Helena Grennberg är ordförande i Svenska Kemisamfundet och professor i kemi vid Uppsala universitet.**



**Respons:**  
[helena.grennberg@kemi.uu.se](mailto:helena.grennberg@kemi.uu.se)



ges ut av Svenska Kemisamfundet med 4 nr/år.  
Det första numret kom 1887.

## Adress:

Kemisk Tidskrift  
Svenska Kemisamfundet  
Ikem, Box 55915  
102 16 Stockholm  
[www.kemisamfundet.se](http://www.kemisamfundet.se)

## Chefredaktör:

Siv Engelmark,  
Vetenskapsmedia,  
[siv.engelmark@vetenskapsmedia.se](mailto:siv.engelmark@vetenskapsmedia.se),  
070-560 02 14

## Ansvarig utgivare:

Joakim Andreasson,  
Kemisamfundet,  
[a-son@chalmers.se](mailto:a-son@chalmers.se),  
031-772 28 38

## Grafisk form:

Jesper Möller, ci.se

## Språkgranskning:

Lili Guggenheimer

## Annons och prenumeration:

[agnes.rinaldo-matthis@kemisamfundet.se](mailto:agnes.rinaldo-matthis@kemisamfundet.se)  
070-207 48 99

## Produktion:

Vetenskapsmedia i Sverige AB  
Gyllenstiernsgatan 16  
115 26 Stockholm  
[anders.svensson@vetenskapsmedia.se](mailto:anders.svensson@vetenskapsmedia.se)  
[www.vetenskapsmedia.se](http://www.vetenskapsmedia.se)

## Redaktionsråd:

Ulla Nyman, ordförande; Joakim Andreasson, Chalmers; Daniel Brandell, Uppsala universitet; Anna Finne Wistrand, KTH; Leif Jönsson, Umeå universitet; Anna Kärrman, Örebro universitet; Gunnar Lidén, Lunds universitet; Agnes Rinaldo-Matthis, Svenska Kemisamfundet; Oleg Pajalic, Chalmers och Perstorp; Henrik Sundén, Göteborgs universitet; Tom Willhammar, Stockholms universitet.

## Omslagsbild: Johan Nord.

## Tryck: Pipeline Nordic.

## Upplaga: 2 500.

Kemisk Tidskrift är medlems-tidning för Svenska Kemisamfundet. Följ @kemisamfundet på Facebook, Twitter och Instagram.





# NSMS Vintermøte 22-25 januari 2023 i Geilo, Norge



Meet us at the 18th Nordic Mass Spectrometry meeting in Geilo, Norway

22 - 25th of January

Homepage: <https://nsms.no/>

## Invited speakers

Sarah Trimpin, Wayne State University, USA  
 Jörg Hanrieder, University of Gothenburg, Sweden  
 Thomas Berg, Oslo University Hospital, Norway  
 Andreas Thomas, Univ. of Cologne, Germany  
 Jeff Savas, Northwestern University, USA  
 Jonas Bergquist, Uppsala University, Sweden  
 Samira Salihovic, Örebro University, Sweden  
 Cathrine Thomsen, Norwegian Inst. of Public Health, Norway

## Welcome to Geilo, Norway January 2023!

Leon Reubsæet (NSMS), Jonas Bergquist (SMSS)

Waters  
THE SCIENCE OF WHAT'S POSSIBLE.™



ThermoFisher  
SCIENTIFIC



ChemSupport AS

SHIMADZU  
Excellence in Science

PFEIFFER VACUUM

NERLIENS MESZANSKY

MSVision



POLYMER  
FACTORY

ionBench®

EVUSEP



# Signaler



Neandertalarna levde i Europa och västra Asien. Deras genvarianter hittas hos moderna människor utanför Afrika.

## Gammalt dna aktuelltare än någonsin

KI-forskare vill hitta de nedärvda genvarianter som ger stor effekt.

**INOM FORSKNINGSFÄLTET** paleogenomik studerar man dna hos utdöda djur. Fältet är i och med Nobelpriset till den svenska forskaren Svante Pääbo – som brukar kallas paleogenomikens fader – aktuelltare än någonsin.

– Det är ett fantastiskt erkännande för fältet. Samtidigt

hoppas jag att vi i min närmiljö kan jobba på samma sätt som vi har gjort hittills, säger Hugo Zeberg, som är forskare i Svante Pääbos grupp på Max Planck-institutet i Leipzig och på KI, där han har en egen grupp.

Forskargrupperna har lite olika inriktningar.

– I Leipzig jobbar vi nu mycket med att försöka förstå vad som är unikt för den moderna människan. På KI har vi mer fokus på vad arvet från neandertalare betyder för hälsa och sjukdom. Vi har lite nya saker på gång, som är hemliga än så länge. Min dröm är att hitta de genvarianter som har direkt koppling till fenotypen, som ger stora effekter.

Ett exempel är den genvariant som nedärvs från neandertalare som ger tre gånger så stor risk att bli svårt sjuk i covid-19 – ett rön som forskarna på KI och Max Planck-institutet presenterade 2020. De kunde sedan visa att det också fanns en genvariant som skyddade mot svår covid-19.

**I SOMRAS KUNDE** samma forskare visa att två av de viktigaste genetiska varianterna som gör att vi bryter ner läkemedel mindre effektivt är nedärvda från neandertalarna. Det är genvarianter som kodar för enzymer i cytokrom-P450-familjen, som bryter ner flera vanliga läkemedel, såsom blodförtunnaren warfarin, kolesterolsänkande statiner och vanliga smärtstillande medel som ibuprofen.

Det rör sig alltså om grundforskning. Samtidigt kan forntida dna ge ledtrådar som kan leda till tillämpningar. Hugo Zeberg nämner en studie som forskare i Chicago nyligen publicerade i tidskriften Nature. Där kunde de visa att vissa genvarianter ökade respektive minskade i samband med digerdöden 1346–52.

– Det kan lära oss något om immunförsvaret. Det som börjar med en utgrävning kanske leder till att man upptäcker en gen som ger motståndskraft. Det är ett exempel på hur vetenskapen vindlar sig fram, säger han. ◊

## Lovande ny klass av antibiotika

I en artikel i den vetenskapliga tidskriften PNAS presenterar forskare från bland annat Umeå universitet en ny sorts antibiotika som tar kål på svårbekämpade bakterier.

– Det här är starten på en ny klass av antibiotiska substanser som fungerar på väldigt många bakterier som förknippas med vårdrelaterade infektioner, som man även brukar kalla sjukhussjuka, till exempel VRE och MRSA, säger Fredrik Almqvist, professor vid Kemiska institutionen vid Umeå universitet och en av studiens författare, i en kommentar.

Den nya klassen antibiotika, som forskarna kallar GmPcider, bekämpar så kallade gram-positiva bakterier. Till gruppen hör ett stort antal vanliga bakterier, som streptokocker.

Enligt studierna är antibiotikan effektiv på egen hand, men förhöjer även effekten när den kombineras med existerande antibiotika. Studierna, som har gjorts i samarbete med forskare vid Washington university i St. Louis, USA, visar att GmPciderna inte bara kan stoppa bakterierna från att föröka sig, utan även döda bakterier som inte är under tillväxt.

1

OKTOBER

Resultat från forskning som från och med 1 oktober 2022 har beviljats bidrag från Vetenskapsrådet ska omedelbart publiceras fritt tillgängligt (open access) i digital form, utan fördröjning. Det gäller alla typer av publikationer.

# ”Bättre förutse effekter än att mäta dem i sjön”

**Richard Lihammar är organkemist och ny programchef för Mistra Safe Chem, ett projekt som vill främja en grön kemisk industri i Sverige.**

– Jag har tidigare jobbat med forskningsprojekt inom industrin, där det finns såväl vilja som behov av att göra säkra produkter, men osäkerhet om vad som är bäst för miljön sett till produktens hela livscykel. I detta projekt kan jag kombinera mina erfarenheter av kemi och industri.

## **Hur ska ni uppnå ert mål?**

– Vi vill ta fram en verktygslåda som möjliggör att man kan göra rätt redan i designstadiet när man gör synteser i industrin, så att de kemikalier man tillverkar blir säkra och har så små konsekvenser som möjligt för människa och miljö. Det kan exempelvis handla om att ta fram nya katalysatorer som kan förbättra en process, använda återvunnen textil för att göra kemikalier eller göra livscykelbaserade bedömningar tidigt i en utvecklingsprocess.

**Projektet som leds av IVL Svenska Miljöinstitutet drivs i samarbete med universitet, företag, organisationer och forskningsinstitut. Det började 2020 och pågår till 2024. Vad har ni uppnått hittills?**

– Vi har skapat ett nätverk med experter inom kemi, toxikologi och livscykelanalys som jobbar tillsammans för att skapa innovativa lösningar och metoder för att bedöma om kemikalier är säkra. Vi har också skapat databaserade metoder för att bedöma faror hos en molekyl, som kan användas för att göra rätt val redan i designen av en kemikalie. Det är bättre om vi kan förutse effekter av ett ämne under designstadiet än att mäta effekterna av det i sjön.

– Till exempel utvecklar forskare vid Stockholms universitet i samarbete med Astra Zeneca en ny katalysator som kan katalysera så kallad hydrogenering av omättade kol-kol-bindningar. Traditionellt används palladium för denna reaktion tillsammans med vätgas, oftast skapad från

fossil naturgas. Vi utvecklar en nickelkatalysator som utför samma reaktion i vatten utan behov av vätgas.

## **Vad är din drivkraft?**

– Jag hoppas vårt arbete kan leda till att utbildningen av framtidens kemister förändras, så att de lär sig att redan från början fråga sig om molekyler de ska tillverka är säkra för människa och miljö. Jag har gjort 100 molekyler under min utbildning men ställde mig aldrig den frågan.

– Vi vill rusta studenterna för att implementera grön kemi i svensk kemiindustri. Om de kommer ut och ställer frågan är det lättare att skapa en förändring.

## **På vilket sätt kan kemiindustrin bidra till ett hållbart samhälle?**

– Den är essentiell för ett hållbart samhälle. Dels genom att den gör innovationer som krävs för att kunna ställa om, som exempelvis nya material av icke-fossila råvaror eller material för energilagring. Dels genom att ta ansvar för att minska miljöpåverkan som varit förenad med kemiindustrin. Och när de gör substanser, se till att det blir rätt från början. ◦



## **RICHARD LIHAMMAR**

har under forskarutbildningen i organisk kemi tillverkat ett hundratal molekyler utan att ställa sig frågan om de är säkra för människa och miljö.



## Så infekterar polioviruset cellen

Forskare vid Umeå universitet har för första gången lyckats ta tredimensionella bilder som visar hur ett poliovirus infekterar en human cell – och sedan lurar cellen att producera nya viruspartiklar.

Umeåforskarna har använt en teknik som kallas kryoelektron-tomografi. De fryser

snabbt ner de prover de vill studera och avbildar dem sedan i djupfrys tillstånd. Genom att ta 60 bilder med kryoelektronmikroskop och vrida provet ett par grader för varje bild har de fått en tredimensionell bild.

Bilden visar insidan av en cell, sex timmar efter att den infekterats. Viruspartiklar som innehåller virusets arvsmassa har nu packats in i vesiklar. Normalt skulle de brytas ned där, men polioviruset lyckas omprogrammera den process som gör att cellen bryter ned partiklar den vill bli av med. I stället får de cellen att producera mer virus.

– De kidnappar processen och gör om den. Normalt

hade insidan av vesikeln brutits ner. Nu blockeras nedbrytningen och vesikeln med viruset transporteras till cellytan och skickas ut för att infektera nya celler, säger Lars-Anders Carlson vid Institutionen för medicinsk kemi och biofysik vid Umeå universitet.

Projektet är ett samarbete med forskare vid National institute of health i USA och Monash university i Australien. Studien är publicerad i tidskriften Nature communications. ◦

Nybildad viruspartikel utan arvsmassa.

Smittsamma partiklar packas in i en vesikel för att därifrån skickas ut ur cellen.

Smittsam viruspartikel med arvsmassa.

Laddar tomma viruspartiklar med arvsmassa.

TEXT: SIV ENGELMARK BILD: SELMA DAHMANE

Det sydsvenska konsortiet undersöker också om de kan skapa en gemensam infrastruktur för lagring och transport av koldioxiden.



# Stort intresse för att fånga in koldioxid

Ett konsortium i Sydsverige testar flera metoder för infångning.

**PÅ MÅNGA PLATSER** i Sverige pågår projekt med målet att fånga in koldioxid. Stockholm Exergi ska bygga en anläggning vid biokraftvärmeverket i Värtahamnen och samla in 800 000 ton koldioxid per år,

vilket är mer än vad Stockholms vägtrafik släpper ut per år. Planen är att koldioxiden sedan ska skeppas med fartyg för lagring under havsbotten.

För mindre anläggningar kan dock en sådan lösning bli dyr,

särskilt om gasen fångas in långt från en hamn. I södra Sverige har nu ett antal bolag gått ihop för att utreda om de kan bygga en gemensam regional infrastruktur för transport och lagring av koldioxiden.

**FLERA AV PARTERNA** som är med i det sydsvenska konsortiet har tidsatta planer på infångning. Växjö Energi och Öresundskraft siktar på att ha fullskaliga anläggningar 2027. Kraftringen, Sysav och Stora Enso har satt målet till 2030 och Höganäs AB till omkring 2035. Uppskattningen är att de tillsammans kan samla in två miljoner ton koldioxid per år.

Infrastrukturprojektet leds av Växjö Energi.

– Målet är att kostnads-effektivisera de delar vi kan och hitta en hållbar infrastruktur som kan möjliggöra att fler hakar på, säger Sofie Rothén, som är projektledare på Växjö Energi.

Parallellt undersöker man metoder för infångning. Växjö Energi testar sedan i våras en helt ny teknik i en pilotanläggning för att se om den på ett energieffektivt sätt kan fånga in koldioxid från det biobrännleddade kraftvärmeverket. Tekniken, som bygger på att absorbera koldioxid med hjälp av en amin, har utvecklats av forskare från Lunds tekniska högskola.

**SAMTIDIGT TESTAR** Öresundskraft så kallad HPC-teknik, där kaliumkarbonat är absorbent, för att skilja av koldioxiden från det avfallseldade kraftvärmeverket i Helsingborg. Det är en mer beprövad metod som exempelvis Stockholms Exergi ska använda i sin storskaliga anläggning.

– I Sverige är det första gången HPC-tekniken utvärderas i pilotskala på rökgaser från ett avfallsförbränningsverk. Vi vill återvinna energi från infångningen och förbruka så lite som möjligt, säger Maria Möller, som är projektledare på Öresundskraft. ◻

## AI hittar de bästa legeringarna

**Artificiell intelligens, AI, kan användas för att utveckla framtidens material, visar forskare från bland annat KTH. De har bland miljontals olika så kallade högentropilegeringar med hjälp av AI kunnat sortera ut 17 legeringar med egenskaper som hög hållfasthet och hårdhet, god slitstyrka och korrosionsbeständighet.**

**Bland dessa legeringar finns sådana som kan vara lämpliga att använda i tillämpningar som kräver höga eller låga temperatur, som i flygplansmotorer eller för transport av flytande ammoniak, naturgas eller väte.**

**– För att fortsätta övergången till en hållbar ekonomi och nå de globala klimatmålen behöver vi agera. Ett av de sätt på vilket vi kan göra det är genom utvecklingen av nya material, säger Stefan Bauer, lektor vid KTH och affilierad forskare vid Wallenberg AI, Autonomous systems and software program, Wasp.**

**Konventionellt arbete med legeringsdesign tar vanligtvis år. Med forskarnas metod kunde arbetet kortas till några månader. Resultaten har publicerats i den vetenskapliga tidskriften Science.**

# 25

MILJARDER KRONOR

är prislappen när malaysiska Petronas chemicals group köper specialkemiföretaget Perstorp. Säljarna är franska PAI Partners som köpte Perstorp av Industrikapital 2005. Affären blev klar i oktober.

# Klickkar snabbt och elegant

ÅRETS NOBELPRIS går liksom i fjol till upptäckter inom organisk kemi. Det handlar om ett sätt att sammanfoga molekyler som i dag används såväl för att utveckla läkemedel som för att ta fram nya material.

# C

**AROLYN R. BERTOZZI**, Morten Meldal, och K. Barry Sharpless får Nobelpriset i kemi 2022 för "utveckling av klickkemi och bioortogonal kemi". Det är en praktisk form av kemi där molekylära byggstenar snabbt och effektivt binds till varandra och gör det enkelt att bygga avancerade och användbara molekyler.

– Det finns många olika typer av kemiska reaktioner för att sammanfoga olika molekyler. Klickkemi är ett ganska enkelt sätt att göra det. Det är en robust reaktion som är selektiv, inte störs av andra funktionella grupper på molekylerna och som funkar i många sammanhang. Det gör den unik. Man kan köpa färdiga reagens, konjugera och sätta ihop nästan vad som helst, säger Morten Grøtli, som är professor i läkemedelskemi vid Göteborgs universitet.

Han var mellan 1997 och 2000 postdoktor hos Nobelpristagaren Morten Meldal, som då precis hade fått ett stort anslag från danska grundforskningsrådet för att utveckla kombinatorisk kemi. Gruppen på Carlsbergs forskningscenter i Köpenhamn – en flott utsmyckad 1800-talsbyggnad som är en kopia av Louis Pasteur-institutet i Paris – kunde snabbt växa och öka under ett år från fem till nitton personer.

– Vi blev många på kort tid och hade ganska stor frihet i vad vi skulle göra och hur vi skulle göra det. Det var befriande att få en möjlighet att jobba på det sättet med inno-

vativa idéer i fokus. Vi hade ingen detaljerad projektplan utan fick improvisera, berättar Morten Grøtli, som beskriver Morten Meldal som en idéspruta som tänker som en ingenjör.

– Han är extremt duktig på att bygga maskiner. Han byggde till exempel en egen peptidsyntesmaskin eftersom han tyckte att de som fanns på marknaden inte var tillräckligt bra. Kombinerat med nytänkande kemi kom det ut bra saker.

**MÅLET FÖR MORTEN MELDALS** arbete var att utveckla metoder för att hitta potentiella läkemedelssubstanser. Han konstruerade molekylbibliotek med hundratusentals olika ämnen. Sedan sökte han bland alla dessa ämnen för att hitta något som kan blockera sjukdomsframkallande processer.

När han och en doktorand en dag skulle koppla ihop en så kallad alkyn med en syrahalid, med hjälp av kopparjoner som katalysator, blev resultatet inte som förväntat. Alkynen reagerade inte med syrahaliden. Den hade i stället reagerat med en kemisk grupp som kallas azid, som fanns i andra änden av molekylerna. Resultatet var att det bildades en ringformad struktur, en triazol.

Triazol är kemiska strukturer som hittas i bland annat vissa läkemedel, färgämnen och jordbrukskemikalier. När forskare tidigare har försökt skapa dem från alkyner och azider har det bildats oönskade biprodukter. Morten Meldal insåg nu att kopparjonerna hade styrt reaktionen mellan aziden och alkyner så att bara ett ämne har bildats. 2002 presenterade han sin upptäckt i en artikel i en vetenskaplig tidskrift och visade att metoden går att använda för att koppla ihop en mängd olika molekyler.

Då hade amerikanen Barry Sharpless – som i år får sitt andra Nobelpris i kemi – redan myntat begreppet klickkemi för detta sätt att bygga molekyler.

Även han publicerade – samma år som



**Pristagarna är:**

**CAROLYN R. BERTOZZI**, född i Boston i Massachusetts, USA, 1966. Professor vid Stanford university, USA.

**MORTEN MELDAL**, född i Köpenhamn i Danmark, 1954. Professor vid Köpenhamns universitet.

**K. BARRY SHARPLESS**, född i Philadelphia i Pennsylvania, USA, 1941. Professor vid Scripps research, La Jolla, USA.

De delar på prissumman tio miljoner svenska kronor.



Morten Meldal – en kartläggning av den kopparkatalyserade reaktionen mellan azider och alkyner som han anser är en ideal klickreaktion. Vill kemister koppla ihop två olika molekyler kan de enkelt föra in en azid i den ena molekylen och en alkyne i den andra. Sedan tillför de kopparjoner och molekylerna binds ihop. Barry Sharpless visade även att reaktionen fungerar i vatten.

Reaktionen har sedan dess fått enorm spridning, både på forskningslabb och i industrin. Den kan bland annat användas för att ta fram nya material. Om en tillverkare för in en klickbar azid i en plast eller fiber är det lätt att i efterhand klicka fast ämnen som exempelvis är elektriskt ledande, antibakteriella eller skyddar mot UV-strålning.

– Det är som att följa ett recept i en kokbok. När man ser på alla applikationer som har dykt upp så tycker jag absolut att ett Nobelpris är på sin plats. Men jag tror inte att det hade haft den stora utbredning som i dag utan Carolyn Bertozzis variant av reaktionen, säger Morten Grøtli.

**CAROLYN BERTOZZI** har utvecklat klickkemin mellan azider och alkyner så att den fungerar inuti celler. Eftersom koppar är giftigt för allt levande går det inte att använda det som katalysator i levande organismer.

Carolyn Bertozzi letade i den kemiska litteraturen och lyckades hitta en studie från 1961 som visar att azider och alkyner kan reagera utan hjälp av koppar – om man spänner upp alkyner i en ringformad kemisk struktur. Spänningen skapar en sådan energi att reaktionen fungerar vid rumstemperatur.

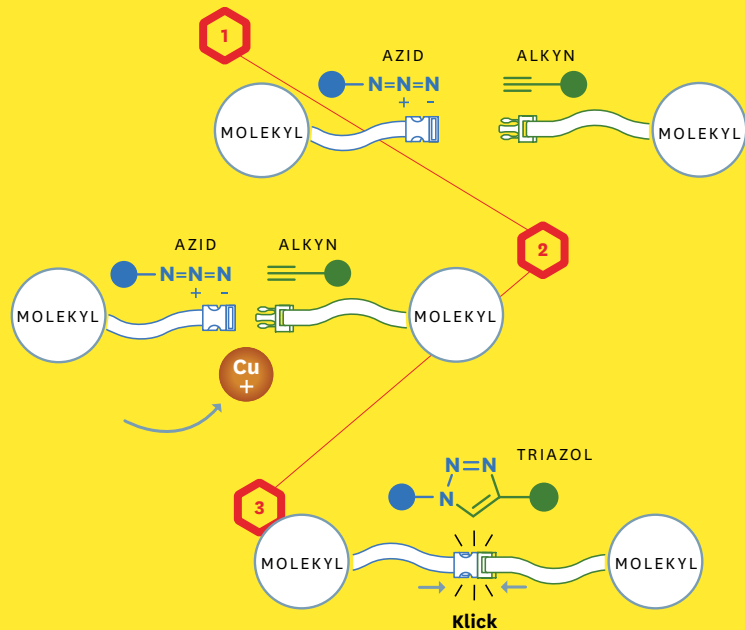
När hon testade reaktionen i celler fungerade den bra. 2004 presenterade hon den kopparfria klickreaktionen, kallad spänningsdriven azid-alkyn cykloaddition, i en artikel i en vetenskaplig tidskrift. Carolyn Bertozzi har sedan visat att klickkemi går att använda för att spåra glykaner, som är ett område som hon har fokuserat på.

Glykaner är komplexa kolhydrater som är uppbyggda av olika sockerarter och som ofta sitter på ytan av proteiner och celler, exempelvis på ytan av tumörceller.

Carolyn Bertozzis studier har bidragit till insikten att vissa glykaner tycks skydda tumörer mot kroppens immunförsvar. De får immuncellerna att gå ner i vila. För att slå ut skyddsmekanismen har Carolyn Bertozzi och hennes medarbetare skapat ett nytt slags biologiskt läkemedel. De har slagit ihop en antikropp, som specifikt kopplar till glykanerna, med enzymer som bryter ner glykanerna på tumörcellernas yta. Det läkemedlet testas nu i kliniska prövningar på personer med långt gången cancer. ◻

## Så funkar klickreaktionen som förändrade kemin

Alkyner och azider reagerar effektivt med varandra om man tillsätter kopparjoner. Reaktionen används över hela världen för att enkelt koppla ihop molekyler.



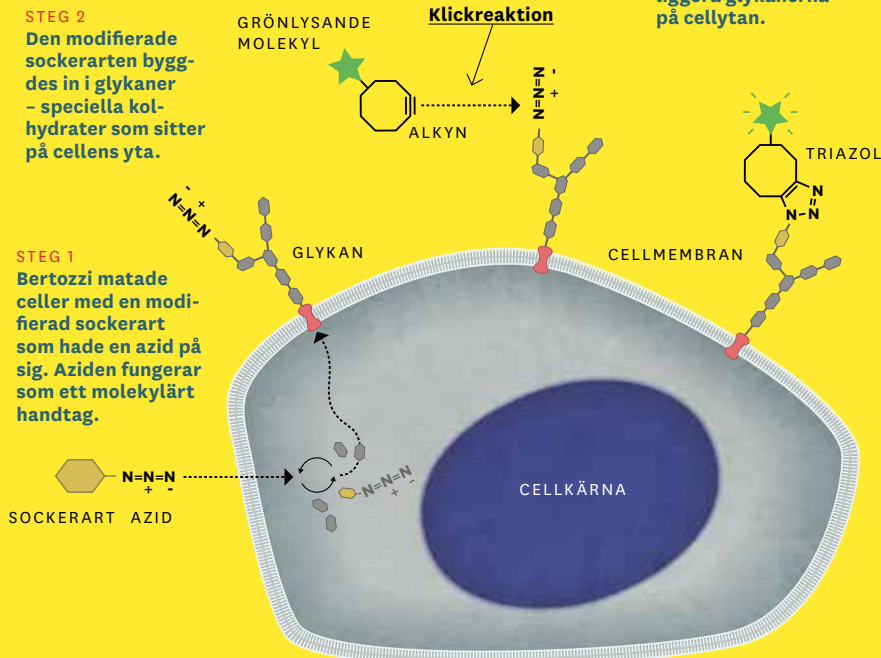
## Bioortogonal kemi lyser upp cellen

### STEG 3

I nästa steg utnyttjade Bertozzi en alkyne som satt uppspänd i en molekylär ring. Alkyner klickade med aziden.

### STEG 4

På den ringformade molekylen satt en grönljysande molekyl. Tack vare den kunde Bertozzi synliggöra glykanerna på cellytan.





Målet för Volvoägda Polestar är att börja tillverka klimatneutrala bilar 2030.

## Grön kemi i Polestars bilar

Sekab i Örnsköldsvik ska bidra med grön kemi när Polestar utvecklar en klimatneutral bil.

**EN BIL BESTÅR** av tusentals delar av många olika material. Elbilstillverkaren Polestar vill eliminera koldioxidutsläppen i hela leveranskedjan till 2030. För att nå målet samarbetar Polestar med en rad företag, däribland stållverkaren

SSAB, som utvecklar fossilfritt stål, och brittiska Pensana, som siktar mot en hållbar leveranskedja för sällsynta jordartsmetaller.

På listan över samarbetspartner finns även kemiföretaget Sekab i Örnsköldsvik, som till-

verkar biobaserade kemikalier. Med förnybar etanol som bas tillverkar företaget acetaldehyd, ättiksyra och etylacetat, bas-kemikalier som används bland annat som lösningsmedel, men även vid produktion av exempelvis lim och gummi.

Mathilda Johansson, utvecklingsingenjör och projektledare hos Sekab, berättar att det behövs massor av grön kemi i en elbil.

– Hittills har vi pratat med Polestar om lim, lack, färg och olika plaster. Men även andra komponenter kan bli aktuella, säger hon.

Första steget i projektet är att alla deltagare kartlägger utsläppen i den egna produktionskedjan.

– Här måste allt vara fossilfritt. Använder vi skogsråvara ska skogsmaskinerna vara eldrivna.

**NÄSTA STEG BLIR** att kartlägga i vilka komponenter i bilen som de gröna kemikalierna kan användas och om det behöver utvecklas nya.

Projektet är viktigt – inte bara för bilbranschen, utan för samhället och den gröna omställningen som helhet, menar Mathilda Johansson.

– En bil består ju av material som används i en massa andra branscher. Skulle det här projektet lyckas så skulle det gå att göra många andra saker fossilfritt.

Det kan även bli ett viktigt steg för utvecklingen av grön kemi som har flera utmaningar. En är priset.

– Hittills har det varit billigare att utgå från fossila råvaror, men i dessa oroliga tider kan saker och ting hamna i ett annat läge, säger Mathilda Johansson.

En annan utmaning är otidligheten från politiskt håll.

– Definitionen av vad som är klimatsmart och hållbart tenderar att förändras, både på nationell nivå och på EU-nivå. Det skapar stor osäkerhet inför att göra långsiktiga investeringar för mer hållbara produkter. ◻

## Fossilfri produktion ger bättre järn

Den statliga gruvjätten LKAB driver tillsammans med SSAB och Vattenfall projektet Hybrit, där de utvecklar teknik för att producera fossilfri järnsvamp. Det är metalliskt, poröst järn som bildas när syre tas bort från malmen utan att järnet smälter. I juni i fjol kunde bolaget visa upp världens första järnsvamp som tillverkats på detta sätt.

Nu visar nya testresultat att järnsvampen har överlägsna mekaniska egenskaper och bibehåller kvaliteten bättre över tid än järn där fossil gas använts för att reducera malmen.

– Resultaten inte bara bekräftar klimatfördelarna med att ersätta fossila bränslen med vätgas från fossilfri el, utan också att fossilfri produktion faktiskt kan leda till bättre industriella processer och produkter, säger Andreas Regnell, chef för strategisk utveckling vid Vattenfall och styrelsemedlem i Hybrit.

Processen för framställningen kallas direktreduktion och används i dag i till exempel Mellanöstern med naturgas som reduktionsmedel. LKAB använder i stället grön vätgas och får på så sätt en process där det inte bildas koldioxid.

# 1 000

GÅNGER HÖGRE

metanhalt än normalt kunde forskare från Göteborg mäta upp i vattenprover nära läckan från gasledningen Nord Stream. De mätte på 20 olika platser för att kartlägga metanets utbredning.



Mathilda Johansson

# Tacka slumpen för livet

Frågan om livets uppkomst fascinerar även Nobelpristagare, som argumenterat för olika idéer genom åren. [ULF ULFVARSON](#) funderar över deras teorier och över det fortsatta livet på jorden.

**HUR UPPKOM LIV** på jorden? En respektingivande beskrivning finns i *Bibelns* skapelseberättelse som nedtecknades för 3 900 år sedan. Självklart var dagens naturvetenskapliga rön *terra incognita* för den tidens människor. De föreställde sig att efter kaos uppkom betingelser för liv, det vill säga en jordyta med flytande vatten. Sedan kom växter, därefter djur och till sist människan.

**NOBELPRISTAGAREN** i medicin och fysiologi 2001, Paul Nurse, beskriver i sin bok *Vad är liv?* (recenserad i *Kemisk Tidskrift* 2/2022) hur det kan ha gått till mer i detalj. För att liv ska uppkomma krävs samtidig närvaro av en ärftlighetsmolekyl, ett enzym för ämnesomsättningen och ett skyddande membran. Det inträffade under en period på 400 miljoner år någon gång för mellan 3,8 och 3,43 miljarder år sedan. Efter en i huvudsak slumpmässig process med otaliga "försök", uppkom en levande cell, troligen med ribonukleinsyra, rna, som både ärftlighetsbärare och enzym och med ett inneslutande membran av lipider. När denna cell reproducerade sig uppkom ibland skrivfel och mutationer i arvs-molekylen. Tillsammans med gradvisa miljöförändringar drevs evolutionen med naturligt urval mot flercelliga organismer, syreproducerande



organismer, växter som ökade syrehalten i atmosfären, syreberoende organismer och så småningom djur, inklusive människan.

Francis Crick, som tillsammans med James D. Watson fick 1962 års Nobelpris i medicin och fysiologi för sin upptäckt av strukturen hos dna, invände mot denna beskrivning. Francis Crick ansåg att 400 miljoner år var för kort tid för att livet skulle

hinna uppkomma på jorden. Alternativet är då *panspermia*, en hypotes som fick sin utformning redan 1903 av Svante Arrhenius, Nobelpristagare i kemi. Den innebär att livet uppkom någon annanstans än på jorden och kom till vår planet som livsfrön via kometer, asteroider eller meteoriter. Paul Nurse anser dock att livet uppkom en enda gång, eftersom allt liv på jorden har likartad uppbyggnad. Det talar emot *panspermia* – och hypotesen är numera övergiven.


**TIDSARGUMENTET FÖR** panspermiahypotesen användes också av fysikern och astronomen Fred Hoyle, berömd för sitt bidrag till de 1983 Nobelprisbelönade arbetena om stjärnnukleosyntesen, och enligt många bedömare obegripligt förbigången av Nobelpriskommittén. Han myntade i en radiointervju 1949 begreppet big bang, för att lyckande beskriva Hubble-Lemaîtres lag om ett universum som expanderade med en början för 13,8 miljarder år sedan. Dess upphovsman var prästen och fysikern Georges-Henri Lemaîtres. Många menade vid den tiden att det var för mycket i hans tolkning av sina data som påminde om *Bibelns* skapelseberättelse, för att det skulle kunna passera som en naturvetenskaplig teori.

Men upptäckten av den kosmiska bakgrundsstrålningen 1960 visade att Lemaître hade haft rätt. Själv omfattade Fred Hoyle, liksom majoriteten av dåtida forskare, steady state-teorin om ett statiskt och evigt universum. Han menade att jorden med sina 4,6 miljarder år inte existerat tillräckligt länge för att erforderliga grundämnen skulle hinna reagera slumpvis till de komplicerade organiska ämnen som formar liv. Sannolikheten för det utfallet i en slumpmässig process uppskattade han till 1 genom antalet atomer i universum.

Om människorna uttalar sig skaparen i *Bibelns* skapelseberättelse, som det skulle visa sig ominöst: "De skall härska över alla som finns på jorden." Några hundratusentals år efter tillblivelsen av vår art har mänskligheten växt in i denna makt över naturen – och grundligt missbrukat den. Vi påverkar den globala miljön och atrikedomen genom storskalig rovdrift på de naturresurser som vi är beroende av för vår fortsatta existens.

Vi är produkter av eoner av naturligt urval, som började med den första levande cellen. Vi är med nödvändighet dödliga, annars fungerar inte det naturliga urvalet, menar Paul Nurse. Låt oss hoppas att själva livet på jorden inte är underkastat en sådan inbyggd dödlighet. ◻

**Ulf Ulfvarson är teknologie doktor i kemisk teknologi och professor emeritus vid KTH.**



Den ryska invasionen av Ukraina har skakat om Europas energiförsörjning. En storsatsning på biogas skulle kunna mildra effekten. Sverige producerar dock långt mindre än det finns potential för att göra.

Text: Per Westergård

Nytt  
intresse  
för

# BIOG



# AS

i krigets  
spår



Under 2022 har 144 gårdar sökt stöd från statliga Klimatklivet för att producera biogas av gödsel. De flesta vill använda biogasen för elproduktion.



P

**PRODUKTIONEN AV BIOGAS** i Sverige har under många år puttrat på lite lagom takt. Mängderna har förvisso ökat men den stora succén för en energiform som många ser som den bästa tänkbara för miljön har uteblivit.

– Vi har länge stått på tröskeln till ett genombrott för storskalig produktion av biogas. Tyvärr är vi kvar där än, säger Mats Eklund, professor i industriell miljöteknik vid Linköpings universitet och föreståndare för kompetenscentrumet Biogas research center.

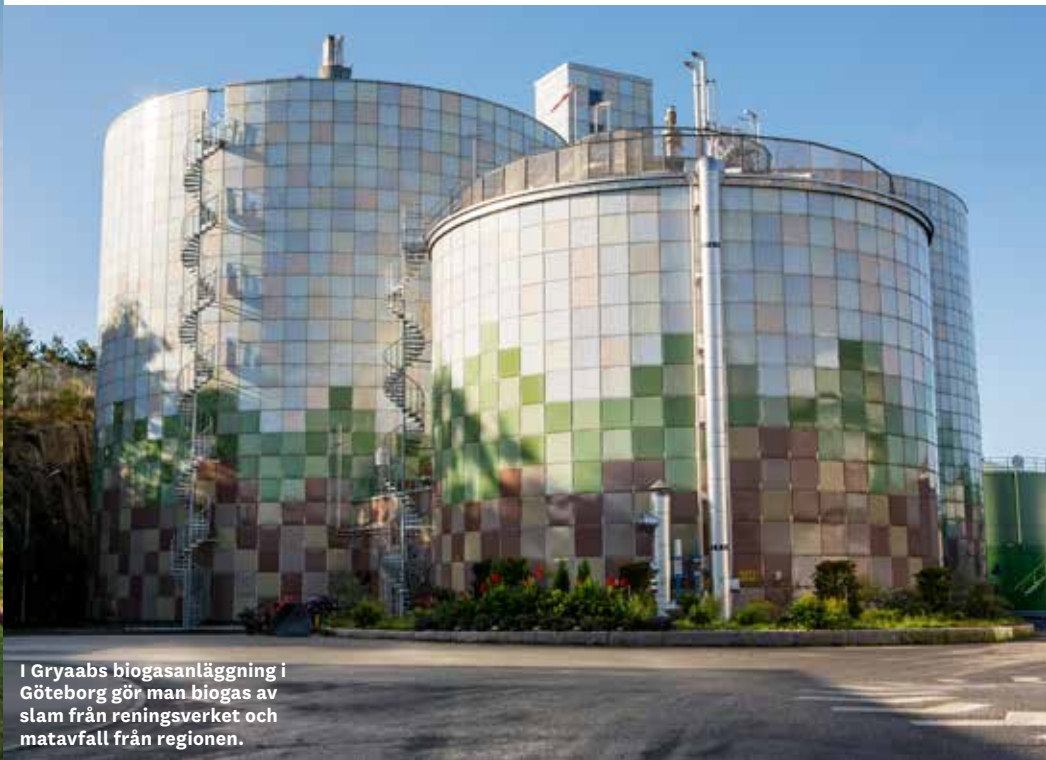
Nu verkar dock något vara på gång. Biogas har börjat ta steg in på nya marknader, framför allt till tunga transporter, sjöfart och industrin. Där kan uppgraderad biogas, vilket betyder att den renats för att få en metanhalt på omkring 97 procent, rakt av ersätta den naturgas som Europa köpt billigt från Ryssland men som nu är på väg bort från marknaden. Inom industrin finns också ett stort intresse för att ersätta

den naturgas som används i dag med uppgraderad biogas, som ett sätt att minska klimatpåverkan.

– Användningen av biogas har fördubblats under de senaste åren. Men det beror framför allt på att vi importerar stora mängder gas från Danmark där villkoren för produktion har varit bättre.

**BIOGAS FRAMSTÄLLS GENOM** rötning av organiskt material som exempelvis slam från avloppsreningsverk, matavfall, avfall från livsmedelsindustri eller gödsel.

I dag producerar vi drygt 2 TWh biogas i Sverige, och importerar ytterligare lika mycket. Det kan jämföras med att vi inom landet har en teoretisk potential på uppemot 25 TWh. På kortare sikt är det dock snarare 15 TWh.



I Gryaabs biogasanläggning i Göteborg gör man biogas av slam från reningsverket och matavfall från regionen.



I industrin kan uppgraderad biogas ersätta naturgas som råvara och bränsle.

effekterna av att rysk naturgas inte längre finns tillgänglig som tidigare, och som ett sätt att minska utsläppen av växthusgaser. EU har därför fördubblat produktionsmålet för år 2030 från 17 till 35 miljarder normal-kubikmeter, vilket motsvarar 350 TWh.

– Men tyvärr, när det regnar manna har den fattige ingen sked. De produktionsanläggningar vi skulle behöva just nu kommer att ta tid att få fram. För att vi verkligen ska våga fortsätta med våra satsningar skulle jag vilja att både riksdagen och regeringen satte upp ett produktionsmål, förslagsvis på 15 TWh, och att de sedan agerade för att vi skulle nå dit. Det handlar inte om att vi vill ha mer pengar, snarare ett tydligt tecken på att politikerna tror på biogasen, säger Michael Olausson.

**OM NU BIOGASEN** är så bra – varför inte sätta målet långt mycket högre än 15 TWh? Svaret är enkelt: Det finns begränsade mängder av råvaror. Men genom att införa ett nytt reaktorsteg i produktionen är det möjligt att få ut större mängder biogas från samma mängd råmaterial.

Tekniken kallas biologisk metanisering och innebär att man vid uppgradering tillsätter vätgas. På så sätt kan metanhalten i biogasen bli så hög som 98 procent. Kruket är att konkurrensen om fossilfri vätgas ser ut att bli tuff i den nya gröna världen, där den lättaste av alla gaser ska bära energi åt både det ena och det andra.

– Men tekniken visar på en intressant synergi mellan biogas och vätgas. Än så länge finns tekniken bara i pilotskala →

Michael Olausson är vice vd för Scandinavian Biogas, som är en av de större biogasproducenterna i Sverige.

– Branschen har varit i rätt risig form under många år. Men nu har man på politisk nivå insett att alla gröna energibärare behövs för omställningen till ett fossilfritt samhälle, och därmed finns bättre förutsättningar för inhemsk produktion, säger han.

**SEDAN I FJOL** går det att få både skattebefrielse, investeringsstöd och produktionspremie för den som vill investera i biogas.

– Som ett direkt resultat av de nya stöden och möjligheten att få bidrag från Klimatklivet är nu en lång rad med nya anläggningar på gång. De är dessutom större och mer effektiva jämfört med tidigare, och de

byggs framför allt i södra Sverige och längs den svenska naturgasledningen, säger Mats Eklund.

Scandinavian Biogas är ett av företagen som satsar på större anläggningar.

– Vi har valt att satsa på stora anläggningar eftersom vi på så sätt får ut mer gas per satsad krona. Det ger även våra större kunder, som helst vill ha från en och samma leverantör, en större trygghet, säger Michael Olausson.

Även EU ser alltmer välvilligt på biogasproduktion. Både som ett sätt att minska

Perstorp satsar på fossilfri metanol som ska tillverkas av infångad koldioxid, vätgas och biogas.



men i Danmark finns nu planer på en fullskalig anläggning, säger Mats Eklund.

Biogas skulle även kunna få en roll i det svenska elsystemet. Genom att under några timmar per dygn ställa om en anläggning som producerar fordonsgas till att göra el skulle de värsta elpristopporna kunna kapas.

– Att försöka lösa de akuta problemen med höga elpriser genom att producera el från biogas tror jag är fel väg att gå. Det är bättre att använda gasen där den gör bäst nytta, och det är där den ersätter fossil

**”Det är bättre att använda gasen där den gör bäst nytta, och det är där den ersätter fossil energi.”**

energi. Därför ska man satsa på att öka användningen i tunga fordon, i sjöfart och inom industrin, säger Michael Olausson.

Personbilar – i dag rullar knappt 50 000 biogasbilar på de svenska vägarna – och

bussar har länge varit de stora användarna av biogas i Sverige. Nu finns dock farhågor för att den marknaden är på väg att krympa. En förklaring är att strålglasen har hamnat på elbilar medan gasbilen får allt mindre samhällsstöd.

– Enligt EU:s sätt att se det har elbilar inga utsläpp över huvud taget medan gasbilen bedöms utifrån ett antagande om att den alltid tankas med fossil gas. Med det är ett orimligt resonemang eftersom elbilar i många länder laddas med el som har producerats med hjälp av fossil energi, samtidigt som de gasbilar som rullar i Sverige nästan uteslutande har biogas i sina tankar, säger Mats Eklund.

Därför borde gasbilen få hjälp att överleva, menar han.

– Globalt blir frågan än viktigare eftersom det inte är rimligt att anta att vi kommer ha mineraler nog för att elektrifiera tre miljarder personbilar.

Enligt Mats Eklund är det dock helt klart

att inte heller biogas kommer att räcka till allt och alla.

– Därför har jag kommit fram till att det spelar mindre roll hur den används. Att den produceras är det viktiga eftersom vi på så sätt får ut en rad olika klimat- och samhällsnyttor, säger han.

**BIOGAS SKAPAR INTE** bara en direkt klimatnytta. Rötning av avfall, matrester och restprodukter från jordbruket bidrar även till att metan som annars skulle ha läckt ut från gödselhögar, komposter och deponier kan tas tillvara och bli till energi. Dessutom får man ut biogödsel som kan ersätta fossilbaserat, och importerat, mineralgödsel.

– Vi kan därför med fog hävda att biogas ger en dubbel klimatnytta. Det finns till och med bönder som ser biogödsel som sin huvudprodukt medan el och värme blir till en bonus. På en nationell nivå skulle vi kunna producera så mycket gödsel att vi nästan skulle kunna sluta importera mineralgödsel, säger Mats Eklund. ◻

**Per Westergård är frilansjournalist.**

## Rekordstor användning

Den svenska biogasproduktionen steg med 5 procent under 2021 till 2,3 TWh. Nettoimporten av biogas steg under samma år med hela 34 procent till 2,5 TWh.

Sammantaget innebär det att användningen av biogas i Sverige 2021 var rekordstor – 4,8 TWh. Det motsvarar energiförbrukningen i 267 000 villor eller 839 000 bilar.

2265

GWh BIOGAS

producerades  
totalt i Sverige  
under 2021.

281

biogasanläggningar  
fanns i Sverige  
2021.

Avloppsreningsverk

31%

7%

Industrianläggningar

6%  
Deponier

3%  
Gårds-  
anläggningar

53%

Samrötningsanläggningar

## Några nyckelord

**Metan**, CH<sub>4</sub>, är det enklaste kolvätet samt energibärare i biogas och naturgas.

**Naturgas** är fossil gas som pumpas upp från jordens inre. **Biogas** bildas när biomassa bryts ner. Den innehåller metan, koldioxid och vattenånga. Uppgradering kallas den reningsprocess som ger biogasen samma egenskaper som naturgas.

**Biometan** är ett annat namn för uppgraderad biogas.

**Fordonsgas** består av naturgas, biometan eller en kombination av naturgas och biometan.

## Stor produktion med blandade råvaror

Merparten av svensk biogas produceras i samrötningsanläggningar. De använder en rad olika råvaror – som matavfall, gödsel och avfall från livsmedelsindustrin – och kan på så sätt producera stora mängder gas.

Åtta industrier producerar biogas främst genom anaerob behandling av industriellt avloppsvatten.

Mängden gas som samlas upp vid landets deponier minskar sedan förbudet mot deponering av organiskt material infördes 2005.



8 INDUSTRIANLÄGGNINGAR

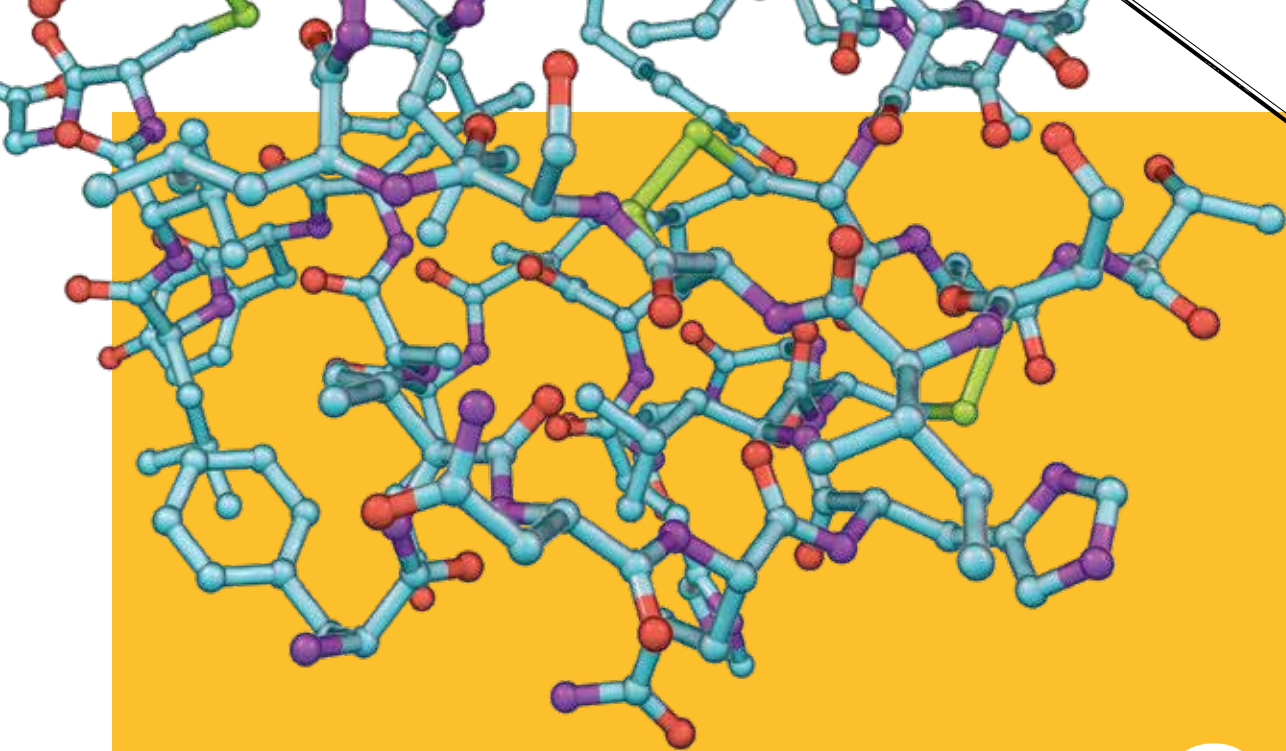
37 SAMRÖTNINGSANLÄGGNINGAR

50 DEPONIER

54 GÅRDSANLÄGGNINGAR

BIOGAS

132 AVLOPPSRENINGSVK



# 100 år med insuli



För 100 år sedan injicerades INSULIN för första gången i en människa. Upptäckten har sedan dess räddat tusentals liv, banat väg för nya biokemiska genombrott och gett flera Nobelpris.

Text Camilla Carlsson & Caroline Ridderstråle



Frederick Banting



James B. Collip



Charles Best



Frederick Sanger



Dorothy Crowfoot Hodgkin



**Frederick Banting och Charles Best på taket till den medicinska kliniken i Toronto 1921, med en av hundarna som användes för försöken. Banting och Best tog fram ett extrakt ur djurens bukspottskörtel.**

extrema dieten kan leda till att patienterna i stället dör av svält.

Flera andra forskare har tidigare gjort undersökningar med bukspott. De har bland annat lyckats producera extrakt som minskat blodsockerhalten såväl hos djur som hos människor, men skadliga biverkningar har stoppat fortsatta försök.

Frederick Banting har varken erfarenhet från forskning eller tillgång till en laborationslokal. Men med hjälp av professor John Macleod (1876–1935) vid University of Toronto kan han börja testa sin hypotes. Banting lyckas tillsammans med sin assistent Charles Best (1899–1978), som är student i fysiologi och biokemi, ta fram ett extrakt ur en bukspottkörtel från ett djur. Vid universitetet finns också biokemiprofessorn James B. Collip (1892–1965) som hjälper till med att rena extraktet.

**SAMTIDIGT LIGGER** 14-åriga Leonard Thompson döende på Torontos allmänna sjukhus. I januari 1922 får han en injektion av det renade extraktet. Han är den första människan att räddas av det som i dag kallas insulin. Månaden efter tillfrisknar ytterligare sex patienter med hjälp av det renade extraktet.

Torontoforskarna gör en klinisk studie för att definiera effekterna av extraktet och skapa riktlinjer för hur det ska användas. I april skriver de en rapport där de ger extraktet namnet insulin. De gör upp planer på att tillverka det i stor skala, men att skala upp produktionen är svårt och de lyckas inte få fram insulin med samma styrka och utbyte som tidigare.

Gruppen får då ett erbjudande från det amerikanska läkemedelsföretaget Eli Lilly and company. De börjar samarbeta för att utveckla produktionen. Målet är att kunna tillverka större mängder av insulinet.

Insulinet ska fällas ut ur en lösning. Det visar sig att pH-värdet är mycket viktigt för hur stort utbytet blir. Det som avgör är ett proteins så kallade isoelektriska punkt – det pH-värde där molekylens netto-laddningen noll. Laddningen påverkas av pH-värdet då molekylens antingen tar upp eller ger ifrån sig vätejoner. Har molekylens nettoladdningen noll fälls den ut i lösning. Forskarna justerar lösningen till pH-värdet vid den isoelektriska punkten för att maximera utfällningen. Produktionsproblemet är därmed löst och 1923 byggs stora insulinreserver upp av Eli Lilly.

**RET ÄR 1920** när den kanadensiske läkaren Frederick Banting får en idé. Han vet att det finns ett samband mellan bukspottkörteln och sjukdomen som ger högt blodsocker och som senare kommer att kallas diabetes. Nu vill han utvinna det som utsöndras ur bukspottkörteln.

Frederick Banting (1891–1941) skriver ner sin idé. Det är en 25 ord lång hypotes som kommer att leda till en av de största medicinska upptäckterna under 1900-talet.

Vid den här tiden finns inget botemedel för diabetes. Patienterna behandlas med en särskild kost med mindre socker och stärkelse. Metoden förlänger deras liv, men den



**FREDRICK BANTING**, James B. Collip och Charles Best tar patent på insulinet och tillverkningsmetoden. Deras mål är att så många patienter som möjligt ska få tillgång till medicinen.

University of Toronto gör en överenskommelse med Eli Lilly som ger företaget rätt att marknadsföra insulin i Nordamerika till självkostnadspris. Men produktionsen är dyr och många patienter har ändå inte råd att betala för medicinen. I dagens penningvärde var genomsnittskostnaden för behandling under en månad cirka 5 000 kronor.

1922 får professor August Krogh (1874–1949) från Köpenhamns universitet tillstånd att tillverka insulin i Skandinavien.

## ”Upptäckten har banat väg för en helt ny gren inom biotekniken.”

Han gör experiment tillsammans med sin kollega Hans Christian Hagedorn (1888–1971) och deras arbete går snabbt framåt. De ingår ett avtal om att utveckla, tillverka och sälja insulin med Løvens Kemiske Fabrik och Løve Apoteket. Laboratoriet där de tillverkar det första skandinaviska insulinet får namnet Nordisk insulinlaboratorium – vilket är grunden till det som i dag är läkemedelsjätten Novo Nordisk. Under sommaren 1923 är regelbundna leveranser från Danmark tillräckliga för att ge diabetespatienter i Sverige kontinuerlig behandling.

**EN AMERIKANSK BIOKEMIST** tar 1926 fram kristallint insulin. Utifrån hans arbete visar forskare i Toronto att en tillsats av zink förlänger insulinets verkan. Även Hans Christian Hagedorn lyckas under 1930-talet ta fram mer långsamverkande insulin och nu kommer det ut på marknaden. Tidigare har det krävts flera injektioner dagligen. Under 1930- och 1940-talen tillverkas insulin med olika tillsatser som förlänger verkningsstiden.

Under 1950-talet blir neutralt protamin Hagedorn insulin, NPH, tillgängligt. Det har ännu längre verkningsstid än andra insulinpreparat och nu kan diabetespatienter sova hela nätter utan att behöva gå upp och ta en injektion. NPH-insulinet framställs genom att tillsätta det positivt laddade proteinet protamin till vanligt insulin. Det positiva proteinet binder det negativt laddade insulinet vid neutralt pH och gör att det absorberas mycket långsammare i kroppen.

## Detta är insulin

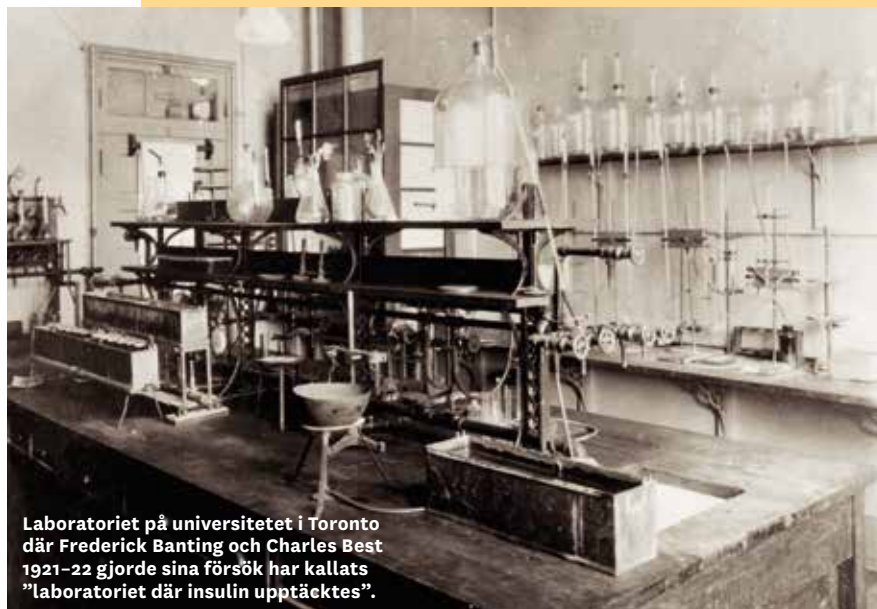
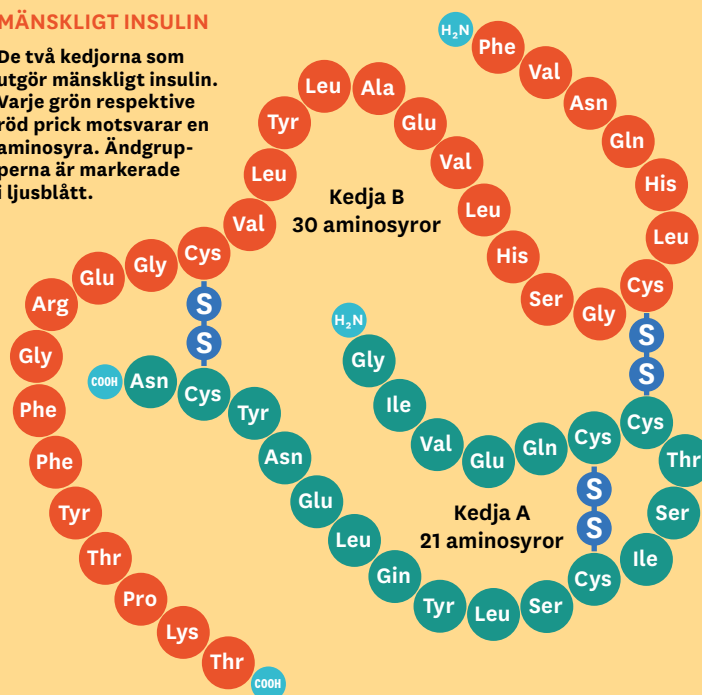
Insulin är ett peptidhormon som produceras och frisätts i bukspottskörteln. Hormonet reglerar blodsockerhalten, genom att fungera som signalämne som gör att celler öppnas och kan ta upp sockret i

blodet. Saknas insulin kan inte cellerna absorbera sockret, vilket leder till högt blodsocker och diabetes.

När cellerna inte kan ta upp socker förbränner de fett för att få energi och då bildas ketoner. För mycket ketoner kan leda till ett livshotande tillstånd som kallas ketoacidos och koma.

### MÄNSKLIGT INSULIN

De två kedjorna som utgör mänskligt insulin. Varje grön respektive röd prick motsvarar en aminosyra. Ändgrupperna är markerade i ljusblått.



Laboratoriet på universitetet i Toronto där Frederick Banting och Charles Best 1921–22 gjorde sina försök har kallats ”laboratoriet där insulin upptäcktes”.

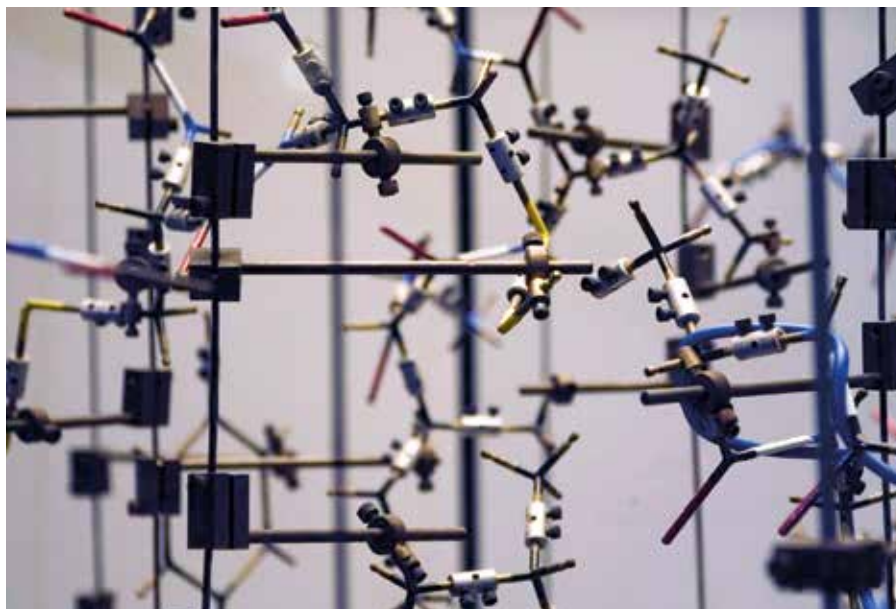
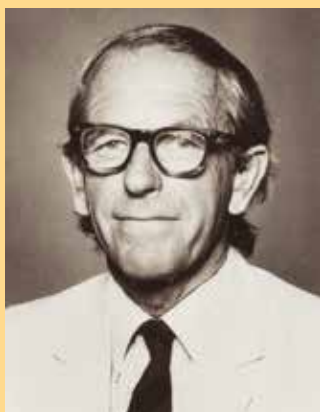
## Frederick Sangers experiment

Frederick Sanger upptäckte att insulinmolekylen bestod av två aminosyrakedjor. Nästa steg var att bestämma aminosyrasekvensen i de två kedjorna. Biokemisten Arne Tiselius vid fysikalisk-kemiska institutionen i Uppsala bjöd in honom till sin institution för att lära ut elektroforestekniken.

Efter flera års arbete kunde Frederick Sanger separera de två kedjorna. Han lyckades även dela upp kedjorna i kortare peptider. För att identifiera aminosyrasekvensen använde han 1-Fluoro-2,4-dinitrobensen, numera kallat Sangers reagens, för att markera den så kallade N-terminalen på peptiden. Reagenset färgade ändarna gula.

Genom att tillsätta enzymer eller saltsyra hydrolyserade han insulin till mindre peptider. Han varierade koncentrationen av syran och exponerade insulin med det under olika långa tider och kunde på så sätt sönderdela insulin i kortare kedjor av varierande längd.

Fragmenten analyserades med en kombination av elektrofores och kromatografi. Med hjälp av den kombinerade metoden skapades bestämda mönster, som Sanger kallade fingeravtryck. Genom att upprepa försöken kunde han lägga ihop resultaten likt ett pussel och komma fram till hur aminosyrorna satt ihop.



Modellen som visar strukturen hos insulin är en av två gjorda av Dorothy M. Crowfoot Hodgkin, som lyckades visa proteinets tredimensionella struktur.

**1955 LYCKAS DEN** brittiska biokemisten Frederick Sanger (1918–2013) fastställa aminosyrasekvensen i insulin. Han kan visa att aminosyrorna sitter i en unik och ordnad sekvens – och inte slumpmässigt som många under denna tid tror. Insulin är det första proteinet som sekvenseras, vilket är ett stort genombrott inom biotekniken. Det är också ett av de första stegen mot att framställa insulin på syntetisk väg.



Ett annat viktigt bidrag står den brittiska kemisten och Nobelpristagaren Dorothy Crowfoot Hodgkins (1910–94) för. Hon kan redan 1953 visa att insulinkrystaller diffrakterar röntgenstrålning – och tar 1969 fram den tredimensionella strukturen hos insulin.

Fram till 1960-talet tillverkas insulin av bukspottkörtel från djur. Nu tar dock forskare i både i USA och Tyskland fram ett syntetiskt insulin, men med låg bioaktivitet. I Kina går flera grupper ihop och lyckas 1965 få fram det första helt syntetiska insulinet med full bioaktivitet. Insulinet börjar produceras och säljas i september samma år.

**FREDERICK SANGERS** framsteg – att visa sekvensen av aminosyror som insulin är uppbyggt av – banar väg för nya upptäckter. Den amerikanske molekylärbiologen David Goeddel kan 1978 för första gången framställa insulin med hjälp av bakterier.

Han utgår från plasmider – ringformade dna-molekyler – som genmodifieras så att de bildar insulin. Plasmiderna förs in i bakterier som delar sig och växer och producerar insulin.

1982 blir mänskligt insulin det första läkemedlet på marknaden som är producerat genom genmodifiering av dna. Läkemedlet, Humulin, tillverkas av Eli Lilly. Den nya tekniken gör det möjligt att producera insulin i stora mängder, priset sjunker och läkemedlet blir tillgängligt för allt fler patienter. Amerikanska Eli Lilly och danska Novo Nordisk är än i dag två av de största insulintillverkarna.

**INSULIN VAR DET** första proteinet att bli sekvenserat och var även det första läkemedlet som tillverkades genom rekombination av dna. Upptäckten har banat väg för en helt ny gren inom biotekniken, en rad nya läkemedel och har flerfaldigt belönats. Redan 1923 fick Frederick Banting och John Macleod Nobelpriset i fysiologi eller medicin för att ha upptäckt insulinet. Frederick Sanger belönades 1958 med Nobelpriset i kemi för att ha visat insulinmolekylens struktur. ◊

**Camilla Carlsson och Caroline Ridderstråle tog i juni examen på civilingenjörsprogrammet i kemiteknik på Chalmers. Arbetet om insulin gjordes under kursen Resurser och innovationer i ett kemiskt och historiskt perspektiv, med professor Lars Öhrström som examinator.**



## Skaffa en **företagsprenumeration** på Kemisk Tidskrift

Som företagsprenumerant får du:

- 2 exemplar av tidningen 4 gånger per år.
- Vårt nyhetsbrev att sprida i organisationen.

Pris: **1 145 kr/år**

Teckna din företagsprenumeration på

**[kemisamfundet.se/foretagsprenumeration](https://kemisamfundet.se/foretagsprenumeration)** eller mejla [agnes.rinaldo-matthis@kemisamfundet.se](mailto:agnes.rinaldo-matthis@kemisamfundet.se)

Kemisk Tidskrift ges ut av Svenska Kemisamfundet, vars uppdrag är att främja kunskapen om och intresset för kemi. Ett av Svenska Kemisamfundets viktigaste verktyg är Kemisk Tidskrift. Därför är du som prenumerar också med och stärker kemins röst i Sverige.

**Kemisk  
tidskrift**

# Fynden i Scheeles efterlämnade papper

I kvarlåtenskapen efter Carl Wilhelm Scheele fanns en bunt halvt oläsliga handskrifter inbundna i bruna pärmar. På 1950-talet tog sig kemisten **UNO BOKLUND** an dessa – och hittade ett brev som gav nytt bränsle till debatten om vem som först upptäckte syre.

# K

**KEMISTEN UNO BOKLUND** (1897–1975) disputerade 1961 på *Bruna boken*, en osorterad bunt av apotekaren och kemisten Carl Wilhelm Scheeles (1742–86) efterlämnade handskrifter och laboratorieanteckningar, som skickades in till Vetenskapsakademien efter Scheeles död. Skrifterna bands in i bruna pärmar men betraktades länge som ointressanta. Polarfararen A. E. Nordenskiöld (1832–1901), som 1892 gav ut Scheeles brev, konstaterade bara torrt att handskrifterna var av underordnad betydelse och inte gav något nytt som inte redan fanns i brev och tryckta arbeten.

Vetenskapsakademiens vice sekreterare Carl Gustaf Sjösten (1767–1817) hade redan 1799 dömt ut dokumenten: "... icke

minsta nytta därpå kan förväntas, icke en gång om man därpå skulle kunna använda renskrifning och eftertänksam granskning af en uti Scheeles arbetsämnen väl erfaren Chemist".

**I MITTEN AV** 1950-talet framträdde dock en expert på scenen som inte gav upp så lätt. Det var den extra ordinarie amanuensen från medicinska och kemiska institutionen vid Lunds universitet, Uno Boklund, som då var föreståndare för Stockholms gasverks laboratorium. Uno Boklund var smått känd som populärvetenskaplig skribent. Han gjorde 1947 ett radioprogram om kol, som han kallade Svarta diamanter. I *Teknik för alla* road han 1942 läsarna med en undersökning av cigarettök. Oklanderligt klädd i vit labbrock sög han på omslaget i sig tobaksrök genom en tvättflaska. 1953 skrev han manus till filmen *Kolets ande*. Den skildrade gasens historia och hur man på Uno Boklunds arbetsplats, Värtaverket i Stockholm, gjorde koks och gas av kol.

Nu ville han kasta ljus över de märkliga handskrifterna. Uno Boklund hade då hunnit studera den svenska apotekaren Carl Wilhelm Scheele i årtal och var väl insatt i kemins historia under dennes aktiva tid som forskare (1767–86).

Uno Boklund gick mycket grundligt till väga. Han tog först i detalj reda på vad som hände med Scheeles vetenskapliga kvarlåtenskap i Köping. En kort tid efter dödsfallet den 21 maj 1786 samlade Scheeles änka och läkare samvetsgrant ihop alla skrifter de hittade i apoteket och skickade in till Vetenskapsakademien. Tyvärr råkade papperen i oordning. En slump gjorde att vissa hamnade i *Bruna boken*.

Det kan inte ha varit lätt att avlocka Scheeles ytterst svårtillgängliga manuskript dess hemligheter. Bladen är tättskrivna på båda sidor, papperet ofta sprött av ålder och fläkat av sot och syror. Scheele kunde inte stenografera utan använde sig av egna förkortningar och strödde in urgamla alkemiska symboler. Att texterna är på ett språk som befinner sig i gräzonen mellan tyska och svenska och att handstilen är förfärlig gör det inte lättare för eftervärlden.

**UNO BOKLUND** lät sig dock inte avskräckas. Han började med en bokstavstrogen dechiffriering av samtliga 44 dokument, ritade in Scheeles symboler och renskrev alltihop på en IBM Executive – en avancerad skrivmaskin med raderfunktion.

Nu blev det möjligt att ordna manuskripten kronologiskt och lista ut till vilka kemiska frågeställningar de hörde. Uno

**Carl Wilhelm Scheele gör experiment för att bestämma beståndsdelarna i luft.**

Boklunds gedigna språkkunskaper och omvittnade kompetens i analytisk kemi var absolut nödvändiga förutsättningar och han skrev kommentarer till vart och ett av manuskripten.

**UNDER DETTA ARBETE** upptäckte Uno Boklund att *Bruna boken* gav nya och sensationella svar på en del omdiskuterade frågor. En gällde Scheeles syn på den så kallade flogistonteorin. Detta ramverk härstammade från slutet av 1600-talet och utvecklades av den tyske kemisten och läkaren Georg Stahl (1659–1734). På Scheeles tid trodde alla kemister på teorin. Den gav för första gången i kemins historia en till synes rationell förklaring till förbränning, oxidation. Förklaringen var att ett ämne, till exempel trä, som brann avgav flogiston. Aska var ju lättare än ved. Teorin definierade också vad som hände när man till exempel reducerade järnmalm med kol. I masugnen avgav kolet sitt flogiston till malmen som då förvandlades till rent järn. Det var visserligen lättare än malmen (järnoxid) men det förklarades med att det också fanns flogiston med negativ vikt.

En del kemister trodde att flogiston inte hade någon massa alls, utan var en princip, en egenskap hos ett brinnande ämne. Andra hävdade att flogiston var ett ämne och några att flogiston var samma sak som "brännbar luft" (vätgas). Scheele vacklade i denna fråga. Fynd som Boklund gjorde i *Bruna boken* talade för att Scheele som ung apotekslärling såg på flogiston som just en princip, medan han senare åtminstone under en tid ansåg att det var vätgas.

I slutet av Scheeles liv kollapsade flogistonteorin och ersattes av fransmannen Antoine Lavoisiers (1743–94) förbränningslära. Den är slående enkel och självklar för oss: Ett ämne som brinner absorberar syre i luften. Antoine Lavoisier använde en stor brännspiegel, den tidens partikel-accelerator. Han vägde och jämförde utgångsämnen med reaktionsprodukterna. Den stenrike Lavoisier skyddade inga kostnader för att med hjälp av tidens bästa vågar uppnå så stor precision som möjligt. För dätidens kemister, som helt nyligen inte ens visste att luft består av syre och kväve, var detta revolutionerande.

Carl Wilhelm Scheeles mest kända insats är just upptäckten av syret. För



Monsieur...

J'ai reçu par monsieur le Secrétaire Wargentin un livre, qu'il dit, que vous avez eu la bonté de me donner, comme un présent. Quoique je n'aye pas l'honneur d'être connu de vous, je prends la liberté de vous remercier très humblement. Je ne desiro rien avec tant de plaisir que vous puissiez faire paraître ma reconnaissance.

J'ai long temps souhaité de pouvoir lire avec recueil, toutes les expériences, qu'on a faites en Angleterre, en France, et en Allemagne.

**I brev-utkastet till Antoine Lavoisier berättade Carl Wilhelm Scheele att han lyckats isolera syre.**

Uno Boklund rådde inget tvivel om att Scheele var först. Inte nog med det, han hävdade att det var Scheele – apotekaren från Köping – som satte Antoine Lavoisier på spåren. Inom *Bruna bokens* pärmar fann Boklund nämligen ett utkast till ett brev till Lavoisier. Brevet var inte helt okänt för forskningen, men hade dittills inte tillmätts någon större betydelse. I brevet lämnade Scheele så mycket information om sin upptäckt att den inte kan ha undgått Lavoisier, resonerade Boklund.

Inledningsvis tackade Scheele för sitt exemplar av Lavoisiers bok *Opuscules physiques et chimiques*. Därefter kom han in på sitt egentliga ärende. Några rader i brevet var →



I Lokks apotek vid Stora torget i Uppsala isolerade Carl Wilhelm Scheele syret någon gång mellan 1771 och 1773. Huset revs på 1960-talet.

enligt Boklund fullt tillräckliga för att Lavoisier med ledning av dessa uppgifter utan svårighet borde ha kunnat räkna ut vad det var som Scheele lyckats isolera. Han meddelade att en ny gas utvecklats vid upphettning av silverkalk fälld med pottaska (silveroxid fälld med kaliumkarbonat). Sen tipsade han om hur man ska göra för att enkelt och effektivt rena gasen från koldioxid. "Jag hoppas att Ni kan se hur mycket luft som bildas i den här reduktionen och att ett tätt ljus kan brinna och djur leva i den."

Brevet är daterat den 30 november 1774 men besvarades aldrig av Lavoisier. Inte heller Scheele nämnde någonsin brevet. Som obetydlig apotekare och självlärd kemist i en avlägsen provins var han säkert känslig för att inte räknas bland de stora.

Uno Boklund kunde inte vänta med att publicera slutsatserna kring brevet. Det blev en särskild artikel i tidskriften *Lychnos* årgång 1957, idé- och lärdomshistorikernas finrum, som vid det här laget bara tog in bidrag från verkligt kvalificerade forskare.

**1778 PRESENTERADE** Antoine Lavoisier i sin klassiska bok *Traité élémentaire de chimie* sina egna rön om den "rena och hälsosamma" delen av luften. Bakom ligger årtal av försök och spekulationer om vad det var för okänt ämne som underhöll förbränningen. Lavoisier kallade ämnet oxygen, efter det grekiska ordet för 'syra-bildare'. Vid den här tiden trodde man att

en syra ingick som en komponent i den nyupptäckta gasen.

När Scheeles upptäckt gjordes är lite svårbestämt, men 1773 lämnade han en avhandling om brunsten till Torbern Bergman (1735–81) där den otvetydigt fanns med. I sin iver att bevisa en svensk prioritet letade Boklund i *Bruna boken* efter fler ledtrådar. Scheele gjorde i Malmö 1767–68 glödningsförsök med salpeter som visade att han var syret på spåren, hävdade Boklund. Han refererade vidare en uppgift från Scheeles vän och mentor, docenten Anders Jahan Retzius (1742–1821). Enligt denne "anstälde Scheele en följd av Experimenter som lade grunden till hans vackra bok om Luft och Eld". Detta ägde rum på apoteket Korpen vid Stortorget i Stockholm 1768–70. Där gjorde Scheele också försök med insamling av utandningsluft (i oxblåsor) och lyckades avlägsna koldioxiden (*aer fixus*) med kalk. Han förstod alltså att dela upp luften i dess beståndsdelar.

I december 1775 var Carl Wilhelm Scheele klar med manuskriptet till *Chemische Abhandlung von der Luft und dem Feuer* där upptäckten offentliggjordes. Tyvärr fördröjdes utgivningen ända till augusti 1777 av skäl som han inte råkade över. Då fanns den engelske vetenskapsmannen Joseph Priestleys bok *Experiments and*

*observations on different kinds of air*, bland annat om "flogistonbefriad luft", i bokhandeln sedan ett och ett halvt år. Scheele var förargad över att komma efter Priestley men tröstade sig med att Torbern Bergman tyckte att termen eldsluft i Scheeles bok var bättre och att han i förordet jämförde Scheele med Isaac Newton.

**EN VETENSKAPLIG UPPTÄCKT** måste publiceras för att räknas. Därför ansåg fransmännen länge att Lavoisier var först med syret. Och engelsmännen förstås att det var Joseph Priestley. Brevet till Lavoisier blev Boklunds trumfkort. Men hade det verkligen skickats och nått sin mottagare? Lavoisier var känd för att inte låtsas om bidrag från andra forskare. Kanske var han oskyldig. Om hans fru Mari-Anne sades att hon brukade gömma brev från konkurrenterna.

Boklund tog till rena detektivmetoderna för att lokalisera brevet i Lavoisiers korrespondens men det undgick hans ihärdiga spaningsarbete och tycktes vara spårlost försvunnet. Boklund var rasande och antydde till och med att det kan vara frågan om en komplot för att ge Lavoisier äran för upptäckten av syret. 2008 återfanns dock brevet i franska vetenskapsakademiens arkiv. Senare tiders idé- och lärdomshistoriker tonar för övrigt ner prioritetstriden om syret.

Uno Boklunds plan var att hans arbete skulle leda till en fullständig biografi inklusive återgivning av Scheeles alla avhand-

## "Scheele gjorde 1767–68 glödningsförsök med salpeter som visade att han var syret på spåren"

lingar, men han kom aldrig så långt. Den biografi som var hans mål skrevs i stället av Anders Lennartson, Björn Lindeke och Bo Ohlson, *Ett kemiskt äventyr*, som gavs ut 2015. Anders Lennartson, som är forskare vid Göteborgs universitet, gör om många av Scheeles experiment och förklarar dem med modern terminologi. ◊

**Av Ulf Ivarsson, pensionerad fackpressjournalist. Han har skrivit romanen *Kemin var hans ädla ögonsten* om Carl Wilhelm Scheele, som kom ut 2020.**

# ”Vi behöver samarbeta mer för att lösa problem”

IUPAC:s ordförande [JAVIER GARCIA MARTINEZ](#) vill lyfta fram kemins betydelse för en hållbar framtid.

**IUPAC**, International union of pure and applied chemistry, är en internationell organisation vars medlemmar består av de olika nationella kemiska samfund. Organisationen är en auktoritet inom kemins terminologi och ger bland annat namn åt grundämnena i periodiska systemet. Men enligt ordföranden Javier Garcia Martinez har IUPAC också en viktig roll i att stärka de internationella samarbeten som krävs för att lösa globala problem.

– Värmeböljorna i Europa och över-svämningarna i Pakistan som vi har sett i sommar visar att vi står inför en klimatförändring som vi akut måste lösa. För att lösa dessa problem behöver vi bra forskning, men vi måste också samarbeta mer, eftersom forskning är så sammanlänkad och problemen är så globala. Lokalt kommer vi inte att kunna lösa dessa globala problem, säger Javier Garcia Martinez, som nyligen var i Stockholm där han bland annat höll ett föredrag om kemi för en hållbar framtid.

**JAVIER GARCIA MARTINEZ** började arbeta på IUPAC 2005, på avdelningen för oorganisk kemi. Ett av de första uppdragen rörde det internationella kemiåret.

– Jag var väldigt ung och upptäckte i organisationen en ”familj” med människor som delade min passion för kemi och då blev jag fast.

2017 valdes han in i den verkställande

kommittén. När han 2019 blev president för IUPAC blev han den yngste ordföranden någonsin och den första från ett spansktalande land, närmare bestämt Spanien.

– Jag känner mig privilegierad som får representera en så stor förening. När jag var ung och studerade det periodiska systemet kunde jag aldrig föreställa mig det här



## IUPAC avgör namn

Benämning av grundämnen är inte alltid enkel. På 1960-talet uppstod till exempel en konflikt när grundämnet rutherfordium-104 skulle namnges. Både sovjetiska och amerikanska forskargrupper påstod sig vara de första att producera grundämnet och var oeniga vad det skulle kallas. Sovjeterna föreslog kurchatovium och amerikanerna rutherfordium. IUPAC antog slutligen det amerikanska förslaget.

Ett annat omstritt namn är wolfram, ett grundämne som upptäcktes i Spanien och fick namnet wolfram av sina upptäckare. I engelsktalande länder kallas det däremot tungsten, ett tidigare svenskt namn på ett wolframhaltigt mineral.

drömjobbet. Det är ett stort erkännande att bli vald av sina kollegor.

– Jag ser fram emot att styra kemins skuta och att göra kemin mer hållbar, säger Javier Garcia Martinez.

Hans egen forskning handlar om katalysatorer. Javier Garcia Martinez använder nanoteknik för att modifiera strukturen hos kommersiella katalysatorer. De är exempelvis zeoliter, som har mycket smala porer, vilket innebär vissa begränsningar.

– Vi använder nanoteknik för att introducera större hål i katalysatorerna så att de kan katalysera stora molekyler som exempelvis farmakologiska intermediärer, biomolekyler och andra komplexa kolväten.

**UTIFRÅN SINA** forskningsresultat startade han företaget Rive technology 2012. På den tiden var han postdoktor på MIT i Boston.

– Jag hittade ett sätt att introducera porositet i befintliga katalysatorer. Vid ett tillfälle skickade jag två prov, en katalysator som jag själv hade modifierat och en som användes kommersiellt, till två oberoende laboratorier. Jag sa till mig själv att om min katalysator är mer effektiv än den kommersiella så ska jag starta ett företag. Och på den vägen är det, berättar han.

2019 sålde han företaget till amerikanska W. R. Grace & Co. Företaget är en av de största katalysatortillverkarna i världen.

– Det gav mig den ekonomiska tryggheten som gör att jag nu kan lägga all min tid på att leda IUPAC.

Han tycker att det är fantastiskt att arbeta och samarbeta med svenska forskare.

– Ni är bra lagspelare, ni gör fantastisk forskning och ni bryr er om hållbarhet, mångfald och om utvecklingsländer. En utmaning för er är att ni är ett litet land. Svensk forskning skulle kunna få större genomslag genom fler internationella samarbeten. ◦



Javier Garcia Martinez, IUPAC:s ordförande, har varit engagerad i organisationen sedan 2005.

# Lästips



Vad skulle hända om man red på ett helikopterblad? Det är en av frågorna som Randall Munroe svarar på.

Tänk om ... 2  
Nya vetenskapliga svar på absurda hypotetiska frågor  
Randall Munroe  
[Volante, 2022]

## Oväntade svar på svåra frågor

En bloggande fysiker och serietecknare har samlat sina svar på läsarnas frågor i en bok.

**JAG ROADE MIG** med att kika på en av de ledande nätbokhandlarnas lista över de hetaste boknyheterna. Tyvärr fanns det inte en enda titel som ens tangerade ämnet naturvetenskap, eller ens vetenskap för den delen. Med den bakgrunden är naturligtvis alla

populärvetenskapliga böcker mycket varmt välkomna – även om de inte handlar om kemi!

Om man, som jag, börjar läsa *Tänk om 2 – nya vetenskapliga svar på absurda hypotetiska frågor* utan att veta något om författaren är det lätt hänt att bli lite förvirrad. Förfat-

taren, som har en bakgrund som bland annat fysiker och serietecknare, har gjort sig känd på nätet via en blogg där han besvarar läsarfrågor. Frågorna är ofta absurda och författaren försöker sedan besvara dem

med hjälp av vetenskap. Ett urval av dessa frågor och svar gavs 2014 ut i boken *What if?* som kom ut på svenska ett par år senare. Detta är en uppföljare till denna bok.

**FRÅGORNA ÄR AV** typen "Vad skulle hända om man fyllde hela solsystemet med soppa, ända till Jupiter?", "Vad skulle vara det dyraste sättet att fylla en skokartong?" eller "Vad skulle hända om man försökte leda Niagarafallen genom ett sugrör?" Man ska nog alltså inte förvänta sig att finna svar på frågor man själv gått och funderat över. Även om frågorna i sig är absurda (vilket är hela idén med boken) är svaren ibland mer komplicerade än vad man kanske hade före-

ställt sig. En fråga från boken är till exempel hur stor en mobiltelefon skulle bli om den var baserad på elektronrör. En Iphone 12 innehåller 11,8 miljarder transistorer, vilket enligt

författaren skulle göra den stor som fem kvarter. Här hade historien kunnat sluta – men det finns två komplikationer. Dels skulle en sådan telefon bli mycket långsam. Den skulle nämligen få arbeta vid en mycket låg klockfrekvens eftersom det skulle ta lång tid för en signal att färdas från en del av telefonen till en annan. Det andra problemet skulle vara värmeutvecklingen. 11,8 miljarder elektronrör av modellen 7AK7 skulle generera  $10^{11}$  W värme. Författaren använder sedan Stefan-Boltzmanns lag för att räkna ut att telefonen skulle bli 1 780 grader varm. Beräkningen får man nog ta med en nypa salt, men varmt skulle det uppenbarligen bli.

Personligen tycker jag språket passar bättre i en blogg än i en tryckt bok och jag fann det ibland lite tröttsamt. Texten är också kryddad med en massa (i mitt tycke) rätt tafatta skämt. Man får ibland intrycket att för-

fattaren riktar sig till barn men sedan dyker ord som entropi upp utan förklaring.

Mitt tips skulle vara att inte sträckläsa boken utan att läsa ett kapitel i taget. Man får också ut mycket mer

om man själv försöker tänka ut svar på frågorna innan man läser författarens svar. Om man läser boken tillsammans med någon kan det säkert leda till intressanta diskussioner. Kanske kan man ha den i fikarummet på jobbet för att få fart på konversationen om man ledsnat på att höra varför kollegornas barn och barnbarn är så mycket mer begåvade än barn i allmänhet.

Boken kan fylla en viktig funktion om den inspirerar människor till att fundera lite djupare över hur saker omkring oss egentligen hänger ihop och fungerar. Till synes enkla problem kompliceras ofta av faktorer som kanske inte är helt uppenbara. Man hör ju till exempel så ofta politiker självsäkert svänga sig med tekniska termer som de definitivt inte förstår.

**BOKEN HADE MÅTT** bra av en liten omarbeting för den svenska marknaden. Boken är nämligen skriven ur ett väldigt amerikanskt perspektiv och helt och hållet riktad mot amerikanska läsare. Det gjorde att jag som svensk ibland hade lite svårt att relatera till diskussionerna i boken. När författaren till exempel skriver att landningsbanan vid Washingtons flygplats skulle behöva förlängas ända till Dupont-rondellen säger det mig inte särskilt mycket. ◊

**Av Anders Lennartson, som är doktor i kemi och har skrivit flera böcker om kemihistoria.**

# De vill utbilda fler kemiingenjörer i norra Sverige

Nästa höst startar en ny utbildning i **KEMITEKNIK** i Umeå – på distans. I Luleå finns sedan 2019 en liknande utbildning på campus.

**KAN MÖJLIGHETEN ATT** utbilda sig på distans få fler att vilja läsa kemi? Det hoppas i alla fall Umeå universitet, som hösten 2023 startar en ny civilingenjörsutbildning i teknisk kemi på distans.

– Vi vill kunna attrahera studenter från hela Sverige, säger Patrik Andersson, som är biträdande prefekt och utbildningsansvarig vid Kemiska institutionen vid Umeå universitet, med ansvar för utbildning.

Han konstaterar att det inte är tillräckligt många som söker till de kemiingenjörsutbildningar som finns, samtidigt som behovet av utbildade förväntas öka. Det gäller inte minst i norra Sverige där industrin gör enorma investeringar i ny teknik. LKAB och SSAB har dragit igång stora satsningar på fossilfri järn- och stålproduktion i Vitåfors utanför Malmberget och i Luleå. H2 Green Steel har fått tillstånd att göra de markförberedande åtgärder som krävs för att bygga ett stålverk utanför Boden.

– Vi ser ett tryck ifrån industrin som har stora behov och ser framför sig att det kommer att saknas arbetskraft inom området.

**DEN NYA UTBILDNINGEN** är femårig med möjlighet att ta kandidatexamen efter tre år. De sista två åren kan studenterna välja inriktningar mot hållbar kemi eller mot materialkemi och energi.

Studenterna kommer att vara på campus minst två omgångar om cirka en vecka per termin. Vissa moment inom kemi, matematik och datavetenskap läser de på plats.

Enligt Patrik Andersson ökar intresset för distansutbildning. Formen kan också vara ett sätt för lärosätena att främja ett livslångt lärande – ett uppdrag som blev tydligt i fjol i och med att lärosätenas ansvar för det skrevs in i högskolelagen.

Umeå universitet har lång erfarenhet av utbildningsformen. Universitetet ger sedan

tjugo år tillbaka en distansutbildning till receptarie. De senaste tio åren har det också varit möjligt att ta masterexamen i farmakologi, eller bli apotekare, på distans.

– Jämfört med utbildningar som bedrivs på andra universitet på campus finns inget som tyder på att kvaliteten försämras.

I ett nationellt råd för farmaciutbildningar jämförs utbildningens innehåll, kvalitet, nivå på kursinnehåll, examination och genomströmning, med motsvarande som ges på campus vid andra universitet.

– Utbildningarna är väldigt lika varandra. Det är lika stor lärartid och våra

**Efterfrågan på kemiingenjörer förväntas öka i norr där industrin gör stora investeringar, som i Northvolts batterifabrik i Skellefteå.**

studenter får stor datavana och tränas i att strukturerat söka information, säger Patrik Andersson.

En undersökning som universitetet gjorde 2015 visade också att uppåt 75 procent av studenterna tar examen – ett resultat som andra distansutbildningar har svårt att nå.

Vid Karlstads universitet har det sedan 2018 varit möjligt att läsa kandidatprogram i kemi även på distans. Programmet har 20 platser i den formen, som snabbt fylls. Men avhoppet är stora, berättar Maria Roval, som är programansvarig.

– Vi har ett stort tapp på distans. I de två kullar som gått igenom hela programmet har bara totalt tre tagit examen. Tre är kvar i den kull som nu går sista året, säger hon.

**MARIA ROVA** tror att många börjar för att testa hur det är att läsa.

– Med distansutbildning fångar man upp studenter som kanske annars inte börjat. Men man måste hitta sätt att hålla kvar studenterna. Jag tror det kan ha betydelse att de exempelvis träffar kurskamrater. Vi jobbar kontinuerligt med detta, säger hon.

I norra Sverige finns också vid Luleå tekniska universitet en civilingenjörsutbildning i hållbar process- och kemiteknik. Hösten 2019 antogs inte fler än elva studenter, till dubbelt så många platser. Ändå finns goda chanser att få jobb efter utbildningen.

– Vi har haft en liknande utbildning i industriell miljö och processteknik tidigare. Studenterna får ofta jobb innan de har tagit examen, säger utbildningsledaren Lena Sundqvist Öqvist. ◦



## Nya uppdrag och utmärkelser



**Elin Esbjörner**, docent vid Institutionen för biologi och bioteknik, och **Christian Müller**, professor vid Institutionen för kemi och kemiteknik, båda vid Chalmers, **Mikael Akke**, professor i fysikalisk kemi, och **Sara Linse**, professor i kemi, båda vid Lunds universitet, samt **Arne Elofsson**, professor vid Institutionen för biokemi och biofysik vid Stockholms universitet, får projektanslag från Knut och Alice Wallenbergs stiftelse. De får mellan 27 miljoner och 36,5 miljoner kronor över en femårsperiod. Stiftelsen delar totalt ut 700 miljoner kronor till 23 projekt.



**Berit Olofsson**, professor i organisk kemi vid Stockholms universitet, får Arrheniusplaketten 2021, bland annat för sin forskning inom hypervalent jodkemi.



**Kenneth Wärnmark**, professor vid Lunds universitet, får Ulla och Stig Holmquists vetenskapliga pris i organisk kemi 2022. Han belönas för banbrytande insatser inom supramolekylär kemi och organisk syntes. Prissumman är 1,6 miljoner kronor.



**Farid Akhtar**, professor i materialteknik vid Luleå tekniska universitet, får

Nordeas vetenskapliga pris. Hans forskning berör porösa keramiska material för lagring och transport av vätgas, batterier samt koldioxidinfångning.



**Jochen Schneider**, professor i materialkemi vid RWTH i Aachen, Tyskland, har utsetts till hedersdoktor vid Uppsala universitet. Hans forskning om nya material har resulterat i många gemensamma publikationer med forskare vid Uppsala universitet.



**Johan Carlsson** är ny platschef på Pfizers anläggning för bioteknisk produktion i Strängnäs.



**Fredrik Hellström** har blivit vd på Echandia, som utvecklar batteri- och bränslecellssystem för fartyg och industri.



**Frida Lawenius** är ny vd på Sweden Bio. Hon har arbetat för organisationen sedan januari 2020.



**Helena Strigård** blir vd på North X Biologics. Hon efterträder Ted Fjällman som fungerat som tillförordnad vd.



**Andreas Lutzens**, doktorand vid Uppsala universitet, är den första mottagaren av priset Prize for excellence in molecular design som utdelas av Société de chimie th rapeutique och företaget Evotec.



Greta Elovsson är forskare vid Linköpings universitet. Ämnet är Alzheimers sjukdom.

## ”De ställde många frågor”

Under forskarfredag kan skolor låna en forskare. **GRETA ELOVSSON** var en av forskarna som var med.

**DE 64 FORSKARE** som i år anmält sig till ”Låna en forskare” besökte sammanlagt 160 skolor runt om i Sverige. En av dessa forskare är Greta Elovsson, doktorand vid avdelningen för kemi vid Linköpings universitet.

– Det var väldigt roligt att vara med. Jag hoppas jag kan ge inspiration till yngre och vara en förebild genom att visa vad jag gör, säger hon.

**GRETA ELOVSSON** studerar Alzheimers sjukdom med hjälp av bananflugor. Hon håller på att utveckla en modell som man ska kunna använda för att snabbt och enkelt kunna testa läkemedel.

Flugorna i modellen är genetiskt modifierade så att de drabbas av alzheimer i magen. När de sedan får läkemedel via maten hamnar detta i magen, där de proteiner som orsakar sjukdomen finns. Annars måste läkemedel ta sig från magen till blodet och från blodet till

hjärnan – och det kan vara svårt att veta om det hamnar på rätt ställe.

**FÖR ELEVERNA** berättade Greta Elovsson om proteinet amyloid beta som spelar en central roll för utveckling av alzheimer. Proteinets lätt att felveckas och aggregera, bilda amyloida fibrer.

– Jag berättade att proteiner är viktiga, men att det kan bli farligt om de felveckas. Vi gjorde en övning som visar hur nervsystemet funkar. Jag hade också med flugor. Flugorna med alzheimer har röda ögon, de friska kontrollflugorna vita ögon.

Greta Elovsson uppskattar elevernas mottagande och tror att hon kommer att vara med också nästa år.

– De ställde många frågor om min forskning, proteinet, vilken utbildning jag hade gått, när hittar vi botemedel, och så vidare. Det är givande för min egen del också. Jag får väldigt mycket energi, säger hon. ◊

AVHANDLINGEN

# Molekylärt verktyg för materialbyggare

**MARK RAMBARAN** visar hur en molekyl som innehåller övergångsmetallen niob kan användas som byggsten för att designa material för exempelvis energilagring.

I SIN AVHANDLING på Kemiska institutionen vid Umeå universitet presenterar Mark Rambaran en ny metod för att framställa molekylära byggstenar. Det handlar om så kallade polyoxoniobater, molekyler som är anjoner och innehåller niob och syre.

– De är mångsidiga material som kan användas som molekylära byggstenar i rad olika områden, från biologiska applikationer till material för energilagring, säger han.

Tidigare har byggstenarna tagit upp till 18 timmar att syntetisera. Med den metod Mark Rambaran utvecklat går det att framställa dem i stora mängder på en kvart.

– De kan tillverkas snabbt och i stora kvantiteter. Jag utgår från niobumpentoxid, tillsätter en bas och värmer med mikrovågor. Efter 15 minuter har det bildats polyoxoniobater.

Molekylerna kan sedan lösas upp i vatten och spinnbeläggas – en metod för att applicera ett tunt, jämnt lager – till tunna filmer på en yta. Genom att värma filmerna till olika temperaturer eller lägga till andra metallsalter går det att få ytor med varierande egenskaper.

Det går till exempel att få en yta av niobumpentoxid, men som till skillnad från utgångsmaterialet är kristallin och homo-



**”Tunable surfaces – using polyoxoniobates and -tantallates as molecular building blocks”**

**Mark A. Rambaran**

Kemiska institutionen,  
Umeå universitet  
Handledare: Andy Ohlin,  
Jean-François Boily

gen, och då kan fungera som superkondensator för att lagra energi. Atomerna fördelar sig då på ytan på ett sätt som gör att det bildas kanaler som lätt kan lagra och lämna ifrån sig joner.

Mark Rambaran själv har undersökt om materialet kan fungera som anodmaterial i

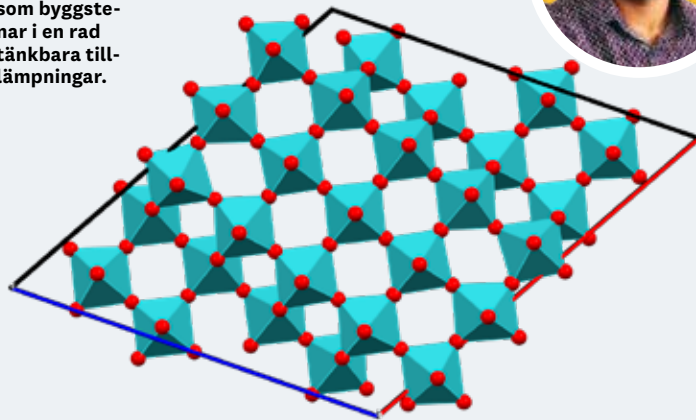
litiumjonbatterier. Han testade också att lägga till salter av olika övergångsmetaller. När han adderade ett mangansalt fungerade materialet ännu bättre som anod.

– Metoden gör att vi kan ta fram nya niobmaterial som kan användas för att mildra effekter av klimatförändringar, säger han.

Mark Rambaran kommer ursprungligen från Jamaica. Han var utbytesstudent vid Göteborgs universitet en termin 2015 och bestämde sig redan då för att doktorera i Sverige. I mars 2018 kom han till Umeå. Nu har flyttlasset gått till Lund, där han letar efter möjligheter att fortsätta med materialforskning på universitetet eller någon av de stora forskningsanläggningarna i regionen. ◦



**Polyoxoniobater kan användas som byggstenar i en rad tänkbara tillämpningar.**



## PFAS kan ha dubbel effekt på infektioner

PFAS dämpar vårt immunförsvar. Men kemikalierna gör också bakterier starkare. Det visar forskare vid Örebro universitet, som har använt rundmaskar för att undersöka effekten av PFAS-kemikalier, i närvaro av stafylokocker. Bakterierna blev enligt studien, som har publicerats i tidskriften *Environmental Pollution*, farligare och kunde döda celler, påverka tarmen och sprida infektionen mer effektivt.

## Renare avgaser men smutsigare hav

I Östersjön finns stora problem med föroreningar. Nu avslöjar forskning från bland annat Chalmers att vatten som släpps ut från den så kallade skrubbern, som renar fartygens avgaser från främst svaveloxid, står för upp till 9 procent av utsläppen av vissa hälso- och miljökadliga ämnen. Sedan studien, som publicerades i *Marine Pollution Bulletin*, gjordes har antalet fartyg med skrubbar dessutom tredubblats.

## Svaveldioxid kan bilda syre

Syre på jorden kommer från de gröna växternas fotosyntes. Nu har forskare vid Göteborgs universitet funnit att syre kan bildas också genom att svaveldioxid bryts isär när den träffas av strålning, exempelvis från solen. Det kan förklara förekomsten av syre i atmosfärerna på flera av Jupiters månar, enligt forskarna, som publicerat sina rön i *Science Advances*.



Sir James Young Simpson  
porträtterad  
av Norman  
Macbeth.

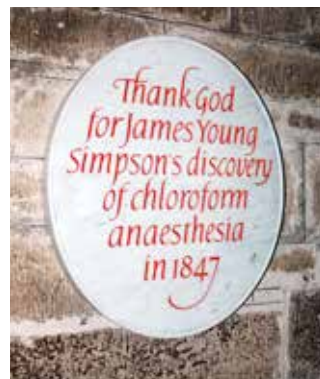
## Eter, lustgas och kloroform

Under det tidiga 1800-talet tog kemister av en ren slump fram inte mindre än tre narkosmedel.

**AMMONIAK, KALK, LUT,** sprit, salpetersyra, saltsyra och svavelsyra. I framväxten av den syntetiska kemin under tidigt 1800-tal blandades ofta vad som fanns tillgängligt och så såg man vad som hände. Alkemister och apotekare förstärkte inte sällan befintliga tinkturer

och dekokter och eldade på. Ibland hade de tur.

Dylik mixande gav till exempel mänskligheten tre narkosmedel – dietyler, dikväveoxid och kloroform – som kom att revolutionera medicinen och kirurgin. Att eter bildades då man hällde koncentrerad sva-



velsyra i etanol under kontrollerade temperaturbetingelser var känt sedan 800-talet. Kunskapen fördes vidare av alkemisterna – exempelvis Paracelsus (1493–1541) – som var duktiga på att destillera, men den första eternarkosen utfördes först 1842 när läkaren Crawford Williamson Long (1815–78) lät en patient inandas eterångor samtidigt som han opererade en svulst i patientens nacke.

Dikväveoxid, lustgas, erhålles genom kontrollerad termisk sönderdelning av ammoniumnitrat. I slutet av 1700-talet fann man att gasen vid inandning gav lätt bedövning, en förändrad omvärldsuppfattning och en känsla av upprymdhet. Våren 1816 demonstrerade Jöns Jacob Berzelius lustgasen vid sina föreläsningar för kronprins Oscar: ”Prinsen tyckte så mycket om at se sina cavalierers glädje, at vi repeterade fylleri i 3 lectioner.” År 1844 användes lustgasen för första gången i bedövningssyfte av den amerikanska tandläkaren Horace Wells (1815–48). Till skillnad från eter gör den inte patienterna medvetlösa.

**TIDIGA SYNTESER AV** kloroform skedde vid tre olika tillfällen under tidigt 1830-tal. Här utgick man åter från etanol som blandades med klorkalk (kalciumhypoklorit), vilket gav kloral, en mellanprodukt, som behandlades med alkali. Metoden beskrevs av den tyske kemisten Justus von Liebig (1803–73). Såväl produktion som användning av kloroform kom igång på allvar under 1850-talet och man

Strax efter inträdet i St. Giles' Cathedral i Edinburgh möts besökare av det här budskapet.

använde Liebig's metod, som blev den dominerande i cirka hundra år.

Efter att kloroforms anestetiska effekt visats på djur – hundar 1842 och kaniner 1846 – demonstrerade den skotske gynekologen James Y. Simpson (1811–70) under 1847 föreningens anestetiska effekt på människa. Han agiterade för dess användning vid kirurgi och ett genombrott kom då läkaren John Snow (1813–58) under 1850-talet nyttjade medlet för lättare narkos vid två av Englands drottning Victorias (1837–1901) födselar, 1850 och 1853.

Mellan 1865 och 1920 användes kloroform i 80 till 95 procent av alla narkoser som genomfördes i Storbritannien och den tyskspråkiga delen av Europa, medan man var mer försiktig i USA. Där förordades eter på grund av dess bredare terapeutiska fönster relativt kloroformens – det vill säga förhållandet mellan effektiv dos och allvarigare biverkningar. Kloroformens fördel gentemot eter är att den inte är brandfarlig, men å andra sidan är den lättare att överdosera. Kloroformnarkos kan förutom syrebrist bland annat orsaka hjärtarytmier av typen *sudden sniffers death*, ett numera välkänt fenomen, som kan inträffa vid sniffning av vissa flyktiga kemikalier. Även blandningar av eter och kloroform kom till användning.

**DEN MEDICINSKA** användningen av eter och kloroform som narkosmedel är i dag historia. Eter är brandfarligt och kloroform levertoxiskt. Båda är nu ersatta av mer fördelaktiga narkosmedel i form av ofta lättflyktiga polyfluorerade dialkyletrar. Lustgas är legio vid förlossningar och är dessutom en tillåten, populär och kommersiellt exploaterad men omdiskuterad partydrog. ◦

**Av Björn Lindeke, professor emeritus i läkemedelskemi vid Uppsala universitet, ledamot i Svenska Kemisamfundets kemihistoriska nämnd.**



Anna-Sara Roos.

## KEMIOLYMPIADEN

# Lotsade sina elever till final

ANNA-SARA ROOS från Ljungby och JESPER SVARTZ från Linköping är ett par av lärarna bakom eleverna som deltog i årets kemiolympiad.

**DE FYRA SVENSKA ELEVER** som deltog i kemiolympiaden 2022 lyckades kamma hem flera medaljer i de nordiska och

internationella tävlingarna. Bakom de framgångsrika eleverna finns stolta kemilärare. Frågorna i kemiolympiaden

är dock på en hög nivå och eleverna måste förbereda sig en hel del på egen hand utanför klassrummet.

– Genom att hålla hyfsat hög nivå på undervisningen så kommer mycket innehåll med som behövs inför första provet. Inför andra provet får eleverna läsa mer på egen hand. Men det finns flera äldre prov att tillgå – och de är till stor hjälp, säger Anna-Sara Roos från Sunnerbogymnasiet i Ljungby, som hade en elev med i den svenska finalen.

Jesper Svartz från Berzeliuskolan i Linköping bekräftar bilden.

– Elever som faktiskt tar sig vidare till svenska finalen och eventuellt internationella tävlingen får studera mycket på egen hand. Vi brukar låna ut litteratur till dem och svarar på frågor i den mån vi kan. Sen får de mycket hjälp och stöttning och även viss litteratur på det träningsläger som de är med på, säger han.

**BERZELIUSKOLAN** representerades av tre elever i den svenska finalen. Alla tre gick dessutom vidare till den nordiska finalen på Island och den internationella tävlingen på distans.

Kemiolympiaden arrangeras årligen av Svenska Kemisamfundet. Uppemot 400 skolor deltar i det första delprovet, sen följer flera deltävlingar. Tolv elever tas ut till den svenska finalen som hålls i april. Fyra av dessa får åka till den internationella tävlingen. I år var Kina värdland men på grund av coro-

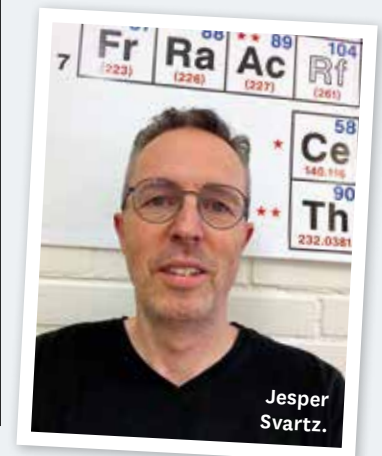
napandemin hölls tävlingen på distans.

**ATT VÅGA PROVA** är Anna-Sara Roos tips till andra kemilärare som vill lotsa elever till tävlingarna.

– Arbeta mycket praktiskt – där finns mycket förståelse och det fångar elevernas intresse. Våga även fråga kolleger med erfarenhet – de sitter inne med massvis av kunskap, säger hon.

Enligt Jesper Svartz är grundtipset att hålla fast vid det experimentella arbetssättet.

– Fokusera på att ta fram bra laborationer som gör ämnet spännande och leder lärandet framåt. Komplettera med demonstrationer, gärna där elever får vara med och utföra vissa moment. Och till sist: Be eleverna fälla ner locken på sina datorer. Det finns inte mycket vinst med att anteckna på datorn under lektionerna. Det är bättre att fokusera på lektionen och bara anteckna det nödvändigaste och då helst för hand, säger han.



Jesper Svartz.

## Dags för 68:e Berzeliusdagarna!

Berzeliusdagarna – Sveriges största kemimöte för gymnasister – har arrangerats i Stockholm varje år sedan 1956. Nästa gång hålls arrangemanget fredag till lördag 20–21 januari 2023.

Under Berzeliusdagarna samlas omkring 300 kemiintresserade gymnasieungdomar från hela Sverige för att lyssna på intressanta talare som

berättar om kemins alla möjligheter. Ett fokus i nästa upplaga blir hur kemi kan användas i klimatomställningen. I samband med konferensen, som hålls på Aula Magna på Stockholms universitet, så är alla lärosäten välkomna som utställare. Under Berzeliusdagarna finns även ett speciellt program riktat till lärare.





# Berzeliusdagarna



*Årets stora kemikonferens för gymnasieelever!*

## **68:e Berzeliusdagarna i Aula Magna, Stockholms universitet 20-21/1 2023**

Vill du vara med och sponsra?  
Maila oss på [info@kemisamfundet.se](mailto:info@kemisamfundet.se)

För mer information se hemsida:  
[www.berzeliusdagarna.se](http://www.berzeliusdagarna.se)