

↓ GIFTSKANDALEN
Snart sanerat efter
BT Kemis gifttunnor

REZA YOUNESI:

"Industrin
behöver djup
förståelse"



↓ RESISTENS
Nya metoder för att
bekämpa vägglöss

↓ REAKTION
Kemin som färgar
kokainservetten blå



ALLKEMI

Här skapas framtidens flygbränsle

Det liknar jetbränsle
– men råvaran är
koldioxid och vatten

Frida Sandberg på Rise
Processum i Örnsköldsvik
odlar cyanobakterier
som tillverkar det
nya flygbränslet.

TIDNINGEN FÖR BLIVANDE KEMISTER

ALLKEMI | #2 – 2024

Allkemi ges ut av IKEM – Innovations- och kemiindustrierna och bygger huvudsakligen på artiklar från Kemisk Tidskrift.

Upplaga: 20 000

VILL DU PRENUMERERA?

Som elev eller lärare kan du beställa en gratisprenumeration på: www.allkemi.nu

FRÅGOR OM DIN PRENUMERATION?

Industrilitteratur, 0150–133 30
susanne@lamanica.se

PRODUKTION

Vetenskapsmedia i Sverige AB
Redaktör: Anders Svensson
anders.svensson@vetenskapsmedia.se

Grafisk form: Anders Svensson
Korrektur: Helena Hammarberg Waern

SKRIBENTER

Marie Alpman, Raychelle Burks, Siv Engelmark, Pia Lindberg, Erika Lindbom Sierakowiak, Henrik Ottosson, Karin Stensjö, Hanna Viklund, Per Westergård, Lars Öhrström

POSTADRESS

IKEM – Innovations- och kemiindustrierna
Box 55915, 102 16 Stockholm

TRYCK

Pipeline Nordic, 2024

OMSLAG

Elin Nerpin

»Kemister kallas de,

som förstå att utreda vad hvarje sak består utaf, och huru man af beståndsdelarne må kunna samman-sätta nya ämnen. Kunskapen härom kallas Kemi. Den störste kemisten war vår landsman Jacob Berzelius, som föddes 1779 i Wäfwersunda i Östergötland och dog i Stockholm 1848.«

Ur N.J. Berlin, »Läsebok i Naturläran för Sweriges allmoge«, 1852.

I detta nummer av Allkemi:

4.
I korthet
→ Spindeltråd är uppbyggd av 18 proteiner

5.
Intervjun
→ Reza Younesi om natriumbatterier

Reza Younesi är medgrundare av batteriföretaget Altris.

Forskare vid Linköpings universitet har skapat materialet guldén.

6.
I korthet
→ Nytt och tunt guldmaterial utvecklat i Sverige

7.
I korthet
→ Så bildas eftertraktade blå safirer

8.
Jakten på vägglöss kräver nya metoder
→ Resistens mot insektsmedel fick sanerare att tänka om

10.
Kemisk reaktion skapar kolsänkor
→ Väldig reaktion gör att organiskt kol lagras i naturen

11.
Kemin bakom kokainservetter
→ Färgas intensivt blå vid kontakt med kokain

Thomas Persson Vinnersten på Anticimex berättar att saneringarna av vägglöss har ökat på senare år.





De första nedgrävda gifttunnorna hittades 1975 på BT Kemis mark i Teckomatorp.



Frida Sandberg vid Rise Processum odlar cyanobakterier som ska bli flygbränsle.



På 1920-talet lanserades radioaktiv tandkräm.

12. Saneringen efter giftskandalen
→ Snart 50 år efter fyndet av gifttunnor är marken sanerad

14. Rekordmånga dateringar
→ Kol-14-metoden avslöjade mumie från Egypten

15. Stort behov av e-metanol
→ Liquid wind vill fortsätta satsa på utökad produktion

16. Framtidens flygfotogen
→ Ingredienserna är koldioxid, vatten och solljus

18. Radioaktiv mirakelmedicin
→ Farorna med radioaktiv tandkräm tystades ner

19. Forskare hittar vägen till resistens
→ Kortvarigt resistent bakterier kan bli språngbräda

Spindeltråd har tre olika lager. Dessa lager har olika egenskaper och bildas i olika delar av spinnkörteln.



↓ SILKE PÅ CELLNIVÅ

Spindeltråd av 18 proteiner

Den tråd som spindlar använder som flyktlina är känd för sin styrka och flexibilitet. Nu har svenska forskare undersökt spindelns silkesproducerande körtel på cellnivå för att se vad tråden består av och hur den är uppbyggd. Den visade sig bestå av tre rörformade lager inuti varandra, uppbyggda av 18 olika proteiner.



↓ BRISTSJUKDOM

Läkemedel med mrna

EFTER FRAMGÅNGARNA med vaccinet mot covid-19 testar läkemedelsbolaget Moderna nu mrna-tekniken mot andra sjukdomar. Bolaget utvecklar bland annat en behandling av propionsyrauri, som är en sällsynt ärftlig enzymbrist-sjukdom. Brist på enzymet propionyl-CoA-karboxylas leder till att ett antal skadliga biprodukter samlas i kroppen. Läkemedelskandidaten testas nu på 16 personer.

55

otillåtna produkter har Kemikalieinspektionen hittat på svenska e-handelssajter, som rättgift och insektsmedel. Sedan 2019 är inga mus- och rättgifter godkända för konsumentanvändning.

↓ SKOLSEGRARE

Vinnarna av Wallenbergs kemipris

WALLENBERGS KEMIPRIS delas ut till elever och skolor som är med i den svenska delen av tävlingen Kemiolympiaden. De tio skolor där de tre bästa eleverna får flest poäng gemensamt i provomgång II vinner. Eleverna får – liksom även kemiinstitutionerna på deras skolor – en summa pengar.

En av de vinnande skolorna är Solna gymnasium som tog hem plats sex i tävlingen. Aniko-Szidonia Sipos, kemilärare på Solna gymnasium, berättar vad vinsten betyder för skolan och eleverna.

– Kemilagens prestation visar att undervisningen på naturprogrammet håller hög

kvalitet och att våra elever kan konkurrera på nationell nivå inom ämnet kemi. Det är också tydligt att skolans satsning på att stödja högpresterande elever ger resultat och bidrar till en stimulerande lärandemiljö.

Hur skapar man ett intresse för kemi hos unga?

– Arbeta experimentellt! Det engagerar de flesta elever, gör lärandet meningsfullt och långvarigt och ger en djupare förståelse för kemiska processer. Uppmana eleverna att ta kontakt med forskare – det är mycket enklare än vad man tror. Det är dessutom viktigt att stå emot betygspressen – glädjedödaren i vårt arbete. Fokusera på att utveckla elevernas förmåga att tänka kritiskt och kreativt i naturvetenskapliga sammanhang.

ÅRETS TIO PRISADE LAG

1. Berzeliuskolan, Linköping
2. Katedralskolan, Växjö
3. Kitas gymnasium, Göteborg
4. Erik Dahlbergsgymnasiet, Jönköping
5. Katedralskolan, Lund
6. Solna gymnasium, Solna
7. Enskilda gymnasiet, Stockholm
8. Östra gymnasiet, Trångsund
9. P A Fogelströms gymnasium, Stockholm
9. Polhemskolan, Lund



Markus Skogman, Yasamin Rigi och Elisabeth Ghebrealfa kammade hem sjättepriset till Solna gymnasium.

”Industrin behöver djup förståelse för kemi”

Reza Younesi, universitetslektor vid Uppsala universitet och medgrundare av batteriföretaget Altris, får Svenska kemiingenjörers riksförenings kemiteknikpris för sitt arbete med att utveckla natriumjonbatterier. Grattis!

– Tack! Priset var en glad överraskning.

Vad handlar din forskning om?

– När jag startade var mitt huvudintresse att förstå åldrande i natriumjonbatterier, kemin i reaktionen som sker i gränssnittet mellan elektrod och elektrolyt. Men när jag och min första doktorand Ronnie Mogensen såg de lovande resultaten började vi fundera på att starta ett bolag och skala upp tillverkningen till en kommersiell produktion.

Vad var det för resultat?

– Vi syntetiserade ett katodmaterial, preussiskt vitt ($\text{Na}_2\text{Fe}_2(\text{CN})_6$), i liten skala för att använda materialet för batterier. Vi insåg att vi med vår enkla metod som inte kräver högt tryck eller temperatur kunde syntetisera materialet i hög kvalitet till låg kostnad i upp till kilogramskala.

Hur gick ni vidare?

– 2017 startade Ronnie Mogensen, William Brant och jag Altris. Vi hade en produktionslinje i pilotskala och kunde producera i verklighetsliknande förhållanden på universitetet. I dag har vi en egen pilotlinje i Uppsala, där vi kan producera preussiskt vitt för olika produkter för olika

kunder. I en fabrik i Sandviken planerar vi för större produktion: 2 000 ton per år.

– Den stora utmaningen i starten var att europeisk industri – som trodde det fanns tillräckligt med litium för behovet för batterier – inte var intresserad. I dag förstår alla betydelsen av natriumjonbatterier, särskilt för stationär lagring av till exempel energi från vind- och solceller. De har lägre energidensitet än litiumjonbatterier, men för stationär lagring är andra faktorer, som kostnader och en hållbar och säker leveranskedja, viktigare.

– I Kina används natriumjonbatterier redan för stationär lagring och där rör man sig mot bilindustrin. USA och EU är på väg mot kommersialisering av batterier för stationär lagring. Northvolt som är delägare i Altris producerar natriumjonbatterier för stationär lagring baserat på vår teknik.

Vad gör du i dag?

– Jag forskar fortfarande vid Uppsala universitet, 20 procent, och är sedan två år chef för materialteknikforskningen vid Novo energi, på 80 procent. Det är ett bolag ägt av Volvo cars och Northvolt som bygger en fabrik för att börja producera litiumjonbatterier 2026.

Hur funkar det att växla mellan industri och akademi?

– Jag lär mig mycket. För industrin som behöver djup förståelse för kemi och materialvetenskap är kunskaper från akademisk forskning värdefull. ◊

Reza Younesi är civilingenjör i nanomaterial med examen från KTH och har doktorerat i oorganisk kemi vid Uppsala universitet.



↓ SVENSK FORSKNING

Nytt och tunt guldmaterial

Forskare vid Linköpings universitet har lyckats skapa endast ett atomlager tjocka ark av guld. Det ger ett material som enligt forskarna får nya egenskaper, eftersom guld får två fria bindningar i två dimensioner. Forskarna utgick från ett tredimensionellt material där guld är inbäddat mellan lager av titan och kol.

↓ DNA

Skräp hjälper mot stress

En stor del av det dna som inte innehåller några gener och som forskare tidigare trodde var skräp, har olika funktioner. Svenska forskare visade nyligen att aktivering av detta dna kan främja växternas överlevnad under köldstress, genom att de påverkar andra gener som slås på i växter vid kyla och som hjälper dem att anpassa sig. ◦



Skräp-dna kan främja växternas överlevnad i kyla.



Industrin vill ha biogasen för att ersätta fossila kolatomer med ickefossila.

↓ KARTLÄGGNING

Industrin vill ha mer biogas

I DAG PRODUCERAS två TWh biogas i Sverige varje år. Men det räcker inte långt. Enbart kemikongcernen Perstorp kommer årligen att behöva tre TWh biogas till anläggningarna i Sverige.

– Industrin behöver biogasen som råvara för att ersätta fossila kolmolekyler med ickefossila kolmolekyler, säger Adam Kanne, som är chef för samhällskontakter på Perstorp och ordförande i Industrins biogaskommission.

Enligt kommissionen, som bildades av bland annat Ikea, SSAB, Höganäs och Perstorp tidigare i år, behöver Sverige producera tio TWh biogas årligen till 2030. Det totala behovet uppskattas vara dubbelt så stort.

Biogasen ska bland annat användas för att framställa metanol, som är en viktig råvara, inte minst för kemiindustrin. ◦

1,6

miljoner liv räddades av covidvaccin i Europa enligt Världshälsoorganisationen, WHO. Enligt forskarna minskade vaccinet dödligheten med åtminstone 59 procent.



Henneke Herrmann har fått Gösta Lindners stipendium.

↓ PRISAT GYMNASIEARBETE

Han gjorde el av avloppsvatten

HENNEKE HERRMANN från Luleå gymnasium tilldelades Gösta Lindners stipendium 2024 för sitt gymnasiearbete *Mikrobiella bränsleceller – en studie om mikrobiella bränslecellers användning för elproduktion från svartvatten*. Syftet med gymnasiearbetet var att undersöka om mikrobiella bränsleceller, MFC, kan användas för att generera elektrisk energi ur svartvatten, det vill säga orenat spolvatten från toaletter.

I sitt examensarbete skriver Henneke Herrmann att resultaten visar att svartvatten är ett passande substrat. Han föreslår att det i framtiden ska ses som en resurs i stället för att behandlas som avfall. Ett förslag är att MFC:er kan läggas till som ett nytt steg i reningen av avloppsvatten – om man gör det kan svartvattenrening gå från att vara energikrävande till att vara energigivande.


”MFC:er hade kanske även kunnat användas i en mindre skala i exempelvis hushåll där MFC:n utvinnet energi från svartvattnet innan det skickas vidare. En sådan MFC hade kunnat förse delar av hushållet med el eller driva mindre elektriska apparater som lampor”, skriver Henneke Herrmann men tillägger att det först krävs en hel del vidareutveckling av metoden innan den kan användas i samhället. ◦



Så bildas de blå safirerna

Safirer är bland de mest eftertraktade ädelstenarna, ändå består de nästan bara av korund – ett mineral av aluminiumoxid (Al_2O_3). De blå kristallerna hittas över hela världen men främst i områden där det har funnits aktiva vulkaner, som i regionen Eifel i västra Tyskland.

Forskare vid Heidelbergs universitet har nu undersökt ett stort antal safirer som samlats in från sediment i floder och stenbrott i området och kunnat visa att de små safirkornen bildats i vulkaniska smältor. De

har åldersbestämt mineralinneslutningar inuti safirer med hjälp av masspektrometer och även lyckats identifiera sammansättningen av olika syreisotoper, för att få information om kristallernas ursprung. Resultaten har publicerats i Contributions to mineralogy and petrology. 



Den här artikeln har tidigare publicerats i Kemisk Tidsskrift. T E X T : Siv Engelmark B I L D : Sebastian Schmidt

Kampen mot

DDT och andra insektsmedel närmast utrotade vägglössen. Men nu är de tillbaka – och resistenta. Därför bekämpas de främst med icke-kemiska metoder.

Det känns knappt när den lilla brunfärgade lusenkilar runt på handen. Plötsligt stannar

den, böjer ner huvudet och det sticker till. Under ett par minuter suger den sig mätt på blod. Den platta kroppen sväller upp och mörknar. När den släpper taget är Thomas Persson Vinnersten, biolog på Anticimex, framme med en burk där den fångas in.

– Du kan få ett utslag direkt eller efter några veckor. Men vissa reagerar inte alls, säger han och skruvar på locket.

BEKÄMPNING MED DDT och andra kemikalier gjorde att lössen i stort sett försvann från 1950-talet och ett par decennier framåt. Men kring millennieskiftet kom på nytt rapporter om vägglusangrepp. Sedan dess har problemet accelererat. Under 2023 gjorde Anticimex 9 812 saneringar.

Ett av skälen till att lössen kommit tillbaka är det ökande resandet. Genom att krypa in i en väska liftar lössen enkelt mellan världsdelar.

Lössen har bitit oss sedan urminnes tider och har sitt ursprung hos fladdermöss som levde i samma grottor

som människor. Då som nu väcker vägglöss stort obehag och psykisk stress, men till skillnad från myggor och fästingar sprider de inga sjukdomar. Hos sju av tio orsakar de en allergisk reaktion i form av kliande utslag.

På dagen gömmer de sig i springor och skrymslen, men på natten kryper de fram lockade av koldioxid och andra lukter från sovande människor. Om de får verka ostört blir de snabbt fler. En hona kan lägga fem ägg om dagen.

– Vägglössen är där människor är och bryr sig inte om det är ett sunkigt vandrarhem eller ett fint hotell, säger Thomas Persson Vinnersten.

Lika länge som lössen följt människor i spåren har också kampen mot blodsugarna pågått. Lössen har jagats med levande ljus som doppats i fosfor. Sängben har placerats i skålar med olja för att hindra lössen att krypa upp. På flera svenska museer finns lusbräddor, träbitar med borrade hål där lössen kunde krypa in på dagen. Vid sänggåendet ska-

”Du kan få ett utslag direkt eller efter några veckor.”

kades brådan över elden eller spolades med kokande vatten.

Med industrialiseringen och urbaniseringen blev lössen en sanitär olägenhet. Tuffare kemikalier som arsenik och kvicksilver sattes in.

Under andra världskriget började militärbaracker sprejas med det nya insektsgiftet DDT. Det var mycket mer effektivt än tidigare preparat och kunde köpas för hemmabruk. Sprejandet med DDT och andra organoklorider och organofosfater gjorde att vägglössen närmast utrotades.

ATT PROBLEMET KOMMIT tillbaka beror inte bara på ökat resande. En annan förklaring är att skadedjursbranschen togs på sängen.

– Vi hade inte sanerat vägglöss på 20, 30 år och var inte beredda, säger Thomas Persson Vinnersten.

De insektsmedel som fanns visade sig heller inte fungera. Det dröjde bara några år efter införandet av DDT innan de första rapporterna kom om löss som utvecklat resistens. DDT är förbjudet i Sverige sedan 1970-talet, men lössen har utvecklat resistens även mot senare insektsgift, inklusive pyretroider som i dag är det vanligaste kemiska bekämpningsmedlet.

Pyretroider verkar liksom DDT som ett nervgift genom

att hålla nervcellernas jonkanaler öppna. Resistens uppstår genom en genetisk förändring som blockerar öppningen.

– Det är ett exempel på en specifik form av resistens som riktar sig mot en viss verkningsmekanism, säger Jette Knudsen, forskare på företaget Nattaro i Lund som bland annat säljer en doftfälla för att detektera vägglöss.

LÖSSEN KAN OCKSÅ utveckla motståndskraft genom att den yttre huden blir tjockare vilket gör det svårare för insektsgifter att tränga in. En annan typ av resistens är att insekten bildar mer enzymer som bryter ner kemikalierna.

– Genom att använda samma kemikalier om och om igen biter man sig själv i svansen. Då fås bara mer resistens, säger Jette Knudsen.

Resistensproblemet gör att företagen får ta till andra medel. Anticimex använder i första hand dammsugning och värmebehandling med ånga. Vid en temperatur på över 50 grader dör alla insekter. Möbler kan placeras i isolerade tält som värms upp. Även kyla kan användas.

I kombination med värme eller kyla används ofta även uttorkande pulver av kisel-dioxid. När insekterna får pulver på kroppen förstörs deras skyddande vaxlager och de dör av uttorkning.

– Hur lång tid det tar beror på dos och hur länge de är i kontakt med pulvret men vid en normal exponering dör de efter två till fyra dagar, säger Anders Aak, som forskar om skadedjur vid Folkehelseinstituttet i Norge. ◦

vägglössen

T E X T : Marie Alpmann B I L D : Oskar Omne Den här texten har tidigare publicerats i Kemisk Tidskrift.



– Anticimex betyder ”mot vägglöss” och vi började för 90 år sedan. Man kan fortfarande se gamla plaketter vid portar där det står ”Här skyddar Anticimex mot vägghyra”, berättar Thomas Persson Vinnersten.



En vuxen vägglöss är stor som en äppelkärna, 4-5 millimeter, med bred oval tillplattad kropp. De saknar vingar och kan inte hoppa eller flyga. Den sprids via till exempel resväskor och begagnade möbler.

Hur kollar du hotellrummet efter vägglöss?

Anders Aak, skadedjursforskare, Folkehelseinstitutet:

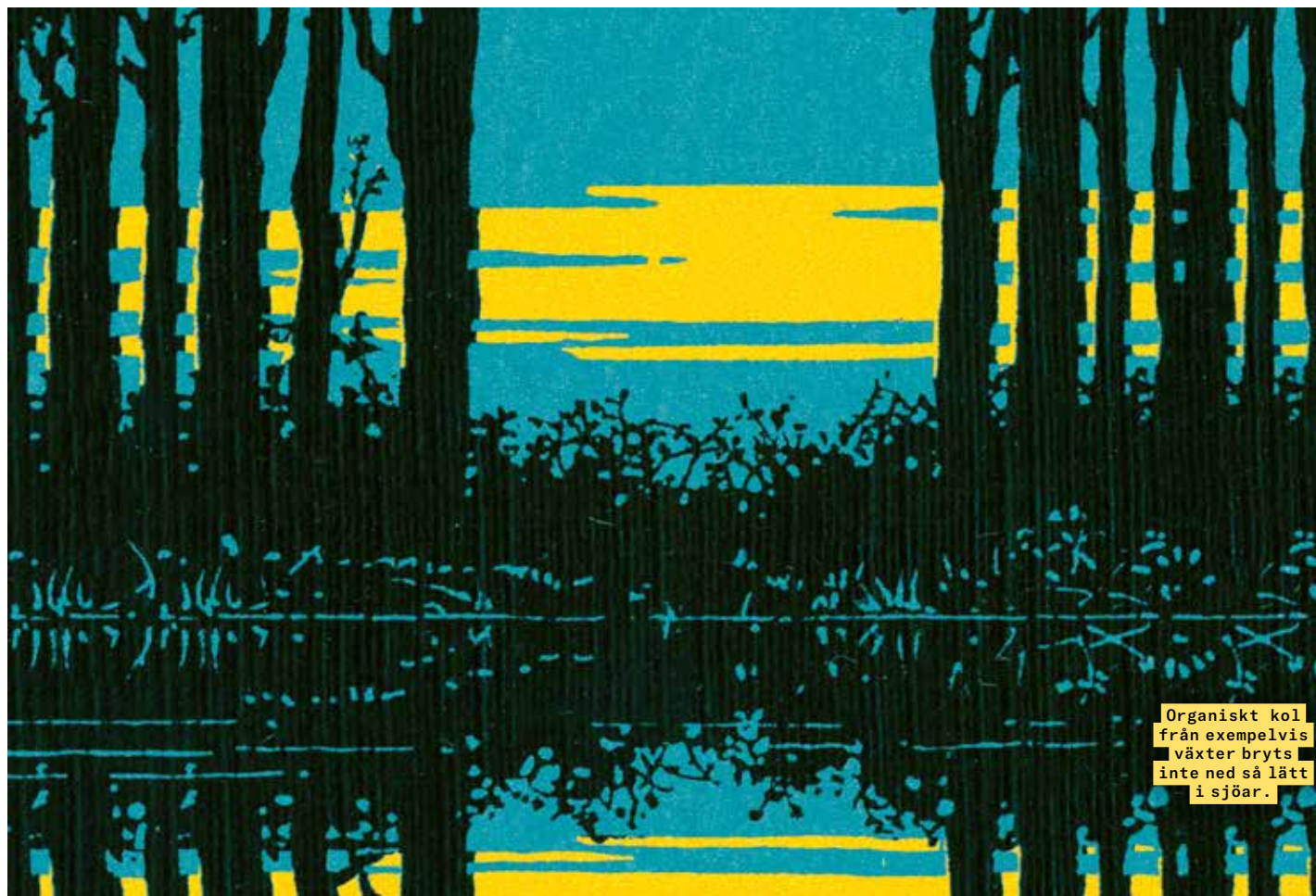
”Jag ställer väskan vid dörren och går bort till sängen, lägger mig under den och undersöker alla skrymslen och vrår med ficklampan på mobilen. Sedan lyfter jag på madrasser och kuddar och om jag inte hittar några spår av vägglöss så sover jag väldigt gott.”

Thomas Persson Vinnersten, biolog, Anticimex:

”Jag kontrollerar sängen. Lyfter på lakan och tittar i sömmarna. Jag letar både efter levande löss och bajsfläckar som är mörka av blod. Kläderna får ligga kvar i väskan som jag håller stängd och en bit från sängen.”

Jette Knudsen, forskare, Nattaro:

”Jag gör faktiskt inte så mycket eftersom jag tillhör dem som reagerar på vägglössbett, så om jag blir biten så märker jag det omedelbart. Vid hemkomsten packar jag upp väskan utomhus eller i källaren och tvättar allt i 60 grader. Det som inte tål det lägger jag i frysen några dygn.”



Organiskt kol från exempelvis växter bryts inte ned så lätt i sjöar.

Kemin bakom kolsänkorna

Välkänd reaktion gör att mycket organiskt kol lagras i naturen

LÄNGE HAR VETENSKAPEN försökt lösa gåtan varför så mycket organiskt kol binds i exempelvis sediment i sjöar, i stället för att brytas ned och komma tillbaka till atmosfären. Nu är forskare från bland annat Linköpings universitet och Helmholtz Zentrum München en förklaring på spåren. De har samlat in och undersökt löst organiskt material i floder från fyra olika områden i Amazonas och från två svenska skogssjöar i Bergslagen. De har sedan med hjälp av kärnmagnetisk resonansspektroskopi (NMR) analyserat strukturen hos miljontals olika molekyler i det organiska materialet, för att se hur kol är bundet till andra atomer.

– Molekylernas grundläggande strukturer var mycket lika i svenska skogssjöar och i olika vattensystem i Amazonas. Det tyder på att det måste finnas en generell mekanism bakom som skapar likartade

strukturer, säger David Bastviken, som är professor vid Tema Miljöförändring vid Linköpings universitet.

Det han och kollegorna upptäckte i studien – som har publicerats i tidskriften Nature – var att vissa bindningar var väldigt vanliga. Mer än 50 procent av kolatomerna saknade helt bindningar till väteatomer, och en oväntat hög andel var bundna till tre kol och ett syre. Den sistnämnda strukturen är mycket ovanlig i biomolekyler, men kan bildas genom så kallad oxidativ dearomatisering.

”Anläggningens olika delar påverkar och pratar med varandra.”

– Reaktionen gör att det snabbt kan bildas sådana nätverk av kolatomer inne i det organiska materialet. De gör det svårt för mikroorganismer att komma åt och bryta ner inne i strukturen. Då blir materialet mer stabilt och kolet hindras att komma ut i atmosfären i form av koldioxid eller metangas.

Oxidativ dearomatisering bryter upp aromatiska ringar i molekyler. Reaktionen är välstuderad och används för att bilda nya ämnen, exempelvis inom läkemedelsforskningen.

– Det är intressant att vi inte har förstått hur viktig reaktionen kan vara i naturen. Den bryter ringstrukturer – som är vanliga i biomolekyler – och öppnar för en kaskad av följdreaktioner. I syntetisk kemi styr man reaktionen. I naturen sker allt möjligt samtidigt vilket resulterar i att miljontals nya molekyler snabbt bildas, säger David Bastviken. ◊

Servetten som avslöjar kokain

Speciella servetter färgas blå vid kontakt med drogen

INGEN KOMMER VÄL att hamna i fängelse efter Aftonbladets kokainsvep i Riksdagen tidigare i år – vilket förmodligen är bra med tanke på den komplexa kemi som är inblandad.

Aftonbladetreporterna torkade utvalda ytor i Riksdagshuset med så kallade kokainservetter där utvecklingen av en blå färg indikerar att man hittat kokain. Fast färgen kan också bero på dussintals andra föreningar, eftersom den kemiska reaktionen som används i servetterna inte är lika selektiv som namnet antyder.

När man analyserar för droger är sådana preliminära färgtester en viktig del av det analytiska arbetsflödet, men de identifierar inte molekylerna i sig. Färgtestet hjälper den analytiska kemisten att snabbt besluta vilket bekräftande prov som ska köras. Aftonbladet gjorde vad som alltid rekommenderas – efter ett resultat som indikerade kokain skickade man servetterna till ett laboratorium för ytterligare tester.

Det färgtest som dessa kokainservetter använder är fascinerande ur ett kemiskt perspektiv på grund av sin komplexitet, även om testet i sig är enkelt att utföra. Huvudingrediensen är kobolt(II)tiocyanat, $\text{Co}(\text{SCN})_2$, löst i vatten.

En rad modifieringar av det klassiska testet existerar, inklusive det som kallas Scotts reagens och innehåller kobolttiocyanat löst i en blandning av glycerin och ättiksyra, koncentrerad saltsyra och kloroform. När kobolttiocyanat löses upp i vatten bildas svagt rosa oktaedrisk kobolt(II)-komplex. Tillsätter man vissa aminer men också andra föreningar,

bildas tetraedrisk och intensivt ”koboltblå” kobolt(II)-komplex.

Detta är en variant av ett klassiskt läroboksexempel på det som kallas Le Chateliers princip och jämviktens temperaturberoende. I en typisk klassrumsdemonstration börjar man med intensivt blå tetraklorokoboltat-joner, $[\text{CoCl}_4]^{2-}$, lösta i etanol och tillsätter sedan vatten för att bilda blekrosa hexaakvakobolt-joner $[\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$.

DET FINNS FÖRSTÅS många ämnen som ger en positiv (blå) respons vid exponering för kobolttiocyanatbaserade reagens. Lidokain – även kallat xylokain – är ett bedövningsmedel som ger ett sådant väl dokumenterat falskt positivt resultat. Både kokain och lidokain ger blå produkter – liksom dussintals andra molekyler – eftersom de bildar föreningar innehållande tetraedrisk kobolt(II) joner. Men vad är det för slags föreningar som bildas?

För kokain har två huvudteorier lagts fram. En utgår från att det tetraedrisk komplexet är en koordinationsförening, där amiddelen av kokainmolekylen binder till koboltjonen med sitt fria elektronpar på kväveatomen. Den andra teorin går ut på att den blå produkten är ett jonpar med två protonerade kokainiumjoner tillsammans med en tetraedrisk tetratiocyanatokoboltat-jon, $[\text{Co}(\text{SCN})_4]^{2-}$. Sådana jonpar är också lösliga i organiska lösningsmedel, precis som de först nämnda neutrala föreningarna skulle vara. Båda teorierna går att tillämpa på alla organiska baser som ger blå färg med reagens baserade på kobolttiocyanat.

För att kunna förfina utvecklingen av nya tester med större selektivitet, har vi studerat kobolttiocyanatbaserade tester för kokain med hjälp av enkristallröntgendiffraktion och spektroskopiska tek-

niker. Vårt arbete med kokain, lidokain och bensimidazol – den senare en aromatisk bas som bildar grund för många biologiskt aktiva substanser – indikerar att båda teorierna kan stämma, beroende på vilken typ av organisk kvävebas som är inblandad.

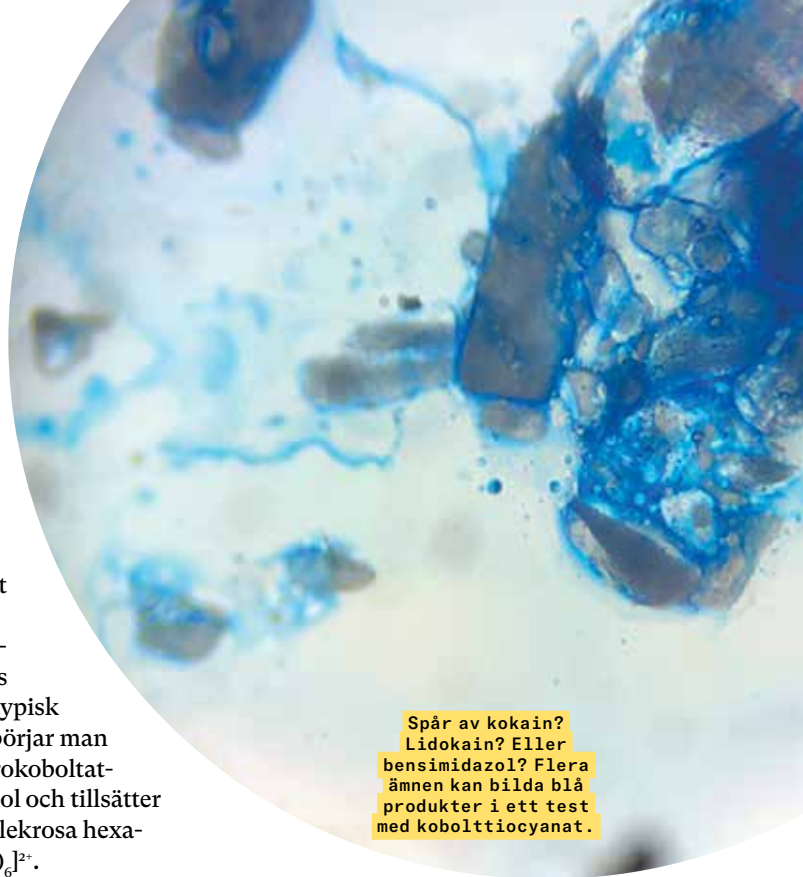
Kemiskt sett är kokain den neutrala molekylen som även benämns ”kokain i basform” eller ”fri bas”, vilket är den form av kokain som också populärt kallas crack. Den pulverformiga vita substansen som vi kan se sniffas i tv-serier och då kallas ”kokain” är i själva verket ett salt av kokain, där kokainiumkationen bildat ett salt med en kloridjon.

Kobolttiocyanatbaserade reagens används som test för dessa olika kokainprodukter, men det är viktigt att notera begränsningarna hos sådana färgreagens. De indikerar bara att mer sofistikerade prov bör göras. Denna bristande tillförlitlighet, eller snarare bristen på förståelse för vad testen egentligen visar, har lett till ett antal troliga justitiemord.

ÄVEN I DE handhållna instrumentens era behöver vi snabba, pålitliga, enkla tester i vår analytiska arsenal. Och precis som med alla verktyg måste vi förstå dess gränser. Därför är detta ett fortsatt viktigt forskningsområde.

Dessutom älskar vi alla färgglad kemi, eller hur? ◊

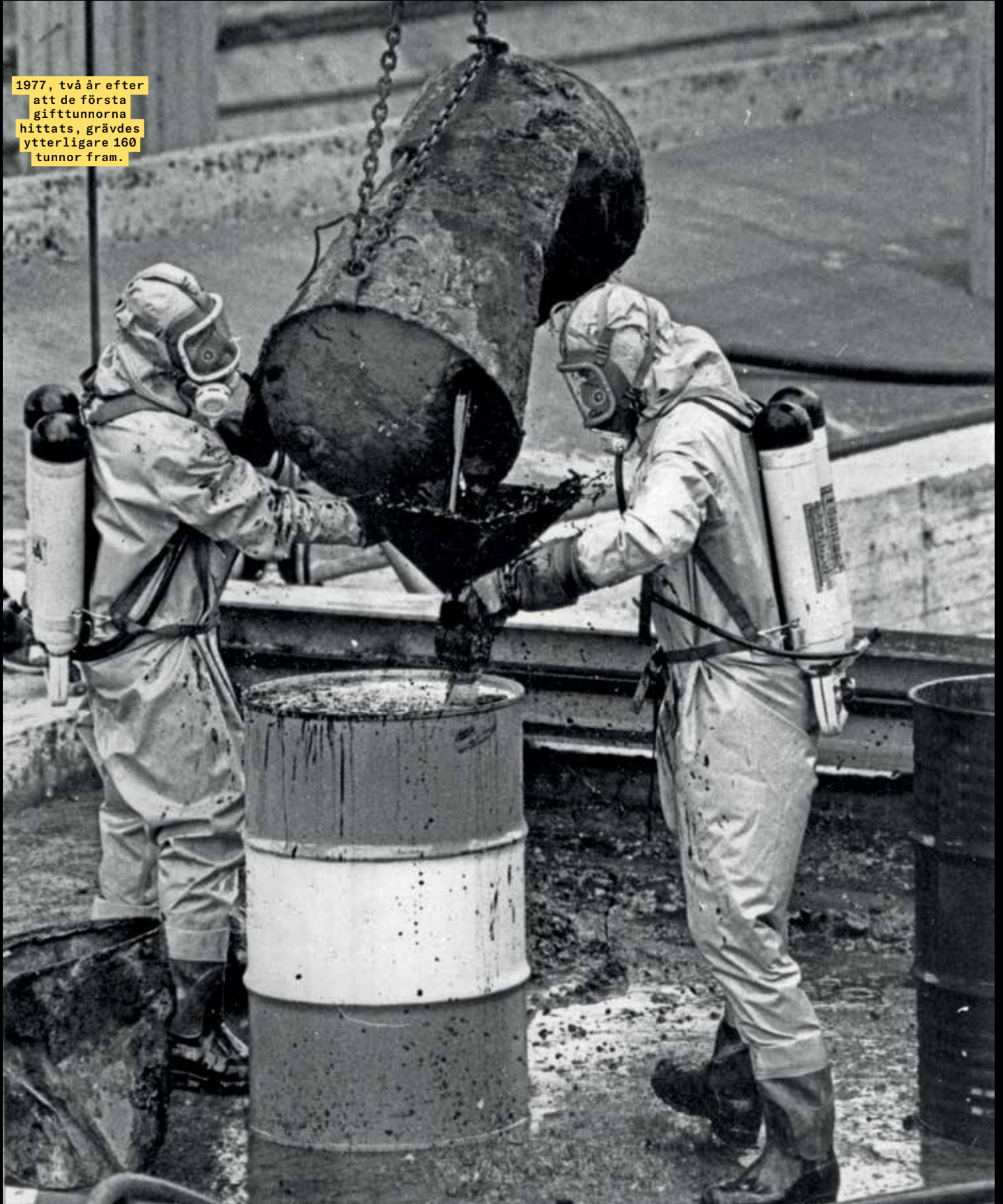
Spår av kokain? Lidokain? Eller bensimidazol? Flera ämnen kan bilda blå produkter i ett test med kobolttiocyanat.



”Det färgtest som dessa kokainservetter använder är fascinerande.”

Giftskandalen som

1977, två år efter att de första gifttunnorna hittats, grävdes ytterligare 160 tunnor fram.



skakade Sverige

Nästan 50 år efter att de första gifttunnorna hittats är BT Kemis mark färdigsanerad

I början av 1970-talet klagade många av de boende i Teckomatorp i Skåne på obehagliga lukter, lufttrörsbesvär och ont i huvudet. Samtidigt hittades deformerade fiskar och flera trädgårdsmästare såg hur deras växter

först fick spiralvridna stjälkar för att sedan vissna och dö.

Många var övertygade om att det som fick människor, djur och växter att må dåligt kom från BT Kemi, ett företag som producerade olika typer av växtskyddsmedel.

SKANDALEN BRISERADE 1975 när hundratalens nedgrävda och sönderrostade plåt-tunnor hittades i anslutning till fabriken.

Ofarliga filtermassor, förklarade företagsledningen bestämt.

Det stämde inte. Analyser visade i stället på höga halter av fenoxisyra och Dinoseb, en herbicid som innehåller 6-sek-butyl-2,4-dinitrofenol och som ingår i dinitrofenolfamiljen. Produkter som numera är förbjudna i både EU och USA på grund av deras toxicitet.

När skandalen avslöjades tvingades myndigheterna att agera och ett antal rättsprocesser tog vid. Som nästan alltid slutade det med att företaget frikändes. De fällningar som trots allt drabbade företaget handlade om småsaker som inte hade någon bäring på de miljöskador som nu tydligt gick att se.

Tyvärr avled, mitt under en rättsprocess, BT Kemis platschef i en cancerform som misstänks vara förknippad med de kemikalier som producerades. Om det finns en verklig koppling mellan produktionen och sjukdomen är omöjligt att bevisa, men plötsligt medgav företagets vd att det visst kunde ha gjorts en del fel. Samtidigt hävdade han att det inte var någon idé att titta bakåt på det som varit.

Strax därefter försatte sig BT Kemi i konkurs, och genom konkursen kunde företaget också komma undan ansvar.

GIFTERNA I MARKEN fanns dock kvar, men i och med konkurserna förflyttades nu kostnaden för saneringen till samhället. Totalt uppskattas utgifterna för saneringen till omkring en halv miljard kronor.

Arbetet med att övervaka och sanera marken har pågått mer eller mindre oavbrutet sedan slutet av 1970-talet. På ytan ser det i dag riktigt bra ut men fläckvis finns föroreningar kvar.

– Den första saneringen gjordes i den norra delen av fabriksområdet eftersom det var där man antog att föroreningarna var som värst, säger Helena Svensson, projektledare för BT Kemi efterbehandling.

Mellan 2007 och 2009 fraktades 770 000 ton jord och 8 ton föroreningar från det norra fabriksområdet till Tyskland för att renas. Därefter fylldes schaktgroparna igen och täcktes med ett metertjockt lager jord. Slutligen skapades ett naturområde med kullar och en damm och 2009 öppnades det som nu har blivit ett populärt område för Teckomatorps hundägare.

Samtidigt som saneringen av det norra området var på väg att avslutas upptäcktes nya problem. I motsats till tidigare antaganden visade det sig att även de södra delarna av fabriksområdet var starkt förorenade. Arbetet där påbörjades 2008 och skulle ha varit klart 2021.

”Vi ska fortsätta arbetet med att reducera mängden dioxin.”

Så blev det inte eftersom den metod som användes för att sanera marken inte fullt ut fungerade som det var tänkt.

Enligt planen skulle de sista giftresterna avlägsnas med hjälp av termisk in situ. Det är en metod som bygger på att man hettar upp marken till 300 grader, vilket gör att fenoxisyror, klorfenoler, klorkresoler och andra kemikalier förångas. Dessa samlas sedan upp med hjälp av ett system av vakuumsatta rör och behandlas ovan jord.

Inom stora delar av området fungerade metoden. Men inom några mindre områden lyckades entreprenören inte få upp värmen i marken tillräckligt, vilket gjorde att de kemikalier som var tänkta att försvinna i stället omvandlades till nedbrytningsprodukten dioxiner. De stannade kvar i marken.

– För Teckomatorpsborna har BT Kemi blivit till ett stigma och varje gång ett nytt problem uppstår skapas nya rubriker som ingen längre vill se. Men nu tror jag, trots de nya problemen med dioxiner, att vi snart ska vara i mål, säger Helena Svensson.

Hur hälsan hos de närboende och de anställda vid BT Kemi har påverkats har undersökts ett flertal gånger genom åren. Men undersökningen kom dock igång först flera år efter det att företaget lagts ner. Det gör att det i efterhand är svårt att säga något om hälsoeffekterna när fabriken var igång. Intervjuer med personalen visar dock att 60 procent av dem hade haft någon form av hälsoproblem under den tid då de jobbade på fabriken, särskilt med ögon, luftvägar och hud.

HUR DE NYSKAPADE dioxinerna ska hanteras är ännu inte helt klart. Arbetet med att välja metod och upphandling av ny entreprenör är på gång.

– Vi skulle kunna lämna föroreningarna där de är eftersom de ligger tre meter under jorden med en halvmeter betong över. Men både kommunen, Länsstyrelsen och Naturvårdsverket är överens om att vi ska fortsätta arbetet med att reducera mängden dioxin, säger Helena Svensson. ●

Äkta mumie från Egypten

TANDEMLABORATORIET vid Uppsala universitet är inriktat på kol-14-datering och materialforskning – och detta är tjänster som efterfrågas allt mer. I fjol slog labbet rekord med över 5 000 kol-14-dateringar. En av dessa gällde mumien av ett litet barn från Egypten. Resultatet slog fast att den var äkta, och inte en förfälskning från 1800-talet. Barnet levde under perioden 332–30 f.Kr.

Kol-14-datering har använts länge. Metoden upptäcktes redan i slutet av 1940-talet av den amerikanska kemisten Frank Libby (1908–80), som 1960 fick Nobelpriset i kemi för upptäckten. Sedan dess har metoden kontinuerligt utvecklats och blivit allt känsligare.

– I dag räcker det att vi får ut 50 mikrogram kol från 0,1 milligram material för att få en bra datering. Metoden kan därmed användas på väldigt små prover eller småbitar av väldigt unika prov, berättar Karl Håkansson, som är forskningsingenjör vid labbet.

FÖR ATT DATERA mumien utgick de från ett benprov på 70 mikrogram. Med kemisk förbehandling avlägsnas konserveringsmedel och kontaminationer. Därefter förbränns provet till koldioxid och omvandlas till fast form i en katalytisk reaktion. Materialet pressas sedan in i en hållare som sätts in i en så kallad accelerator, där halten av kol-14 mäts.

Kol-14-datering bygger på att alla levande varelser tar upp kol via födan eller luften. När de dör börjar kol-14 omvandlas till kväve genom radioaktivt sönderfall. Genom att mäta förhållandet mellan kol-14 och andra kolisotoper går det att datera föremål.

MEN LABBET ANALYSERAR inte bara arkeologiska föremål. En ny stor uppgift är bränslen.

Med kol-14-metoden går det till exempel att visa hur mycket i en biobränsleblandning som har biogent ursprung. I petroleumprodukter finns inget kol-14 kvar – allt har sönderfallit. ◦

En egyptisk mumie av ett barn kunde dateras med hjälp av kol-14-metoden.



”I dag räcker det att vi får ut 50 mikrogram kol från 0,1 milligram material.”

”Behovet av metanol har ökat lavinartat”

DET DANSKA energibolaget Ørsted lägger ner sitt stora e-metanolprojekt i Örnsköldsvik, en satsning som skulle ge Europas största anläggning för elektro-metanol till sjöfarten. Som skäl för nedläggningen skriver bolaget i sin kvartalsrapport att marknaden för e-metanol i Europa har utvecklats långsammare än väntat. Men Claes Fredriksson, som är vd för och grundare av e-metanolföretaget Liquid wind, håller inte med.

– Behovet av metanol har ökat lavinartat. 300 fartyg finns eller är beställda som är byggda för att kunna gå på metanol och vanligt bränsle. Det finns en jättemarknad som skulle kunna köpa bränslet, säger han.

DET VAR LIQUID WIND som drog igång satsningen i Örnsköldsvik och som för två år sedan sålde anläggningen till den danska energijätten. Bolagets affärsidé är att utveckla elektrobränsleprojekt, stå för bygget och de tekniska installationerna, och sedan låta en industriell eller finansiell aktör ta över.

”Det finns en jättemarknad som skulle kunna köpa bränslet.”

Nu fortsätter de som planerat med andra liknande projekt. I Umeå planerar de att tillsammans med Umeå energi bygga en anläggning för att producera e-metanol vid Dåva kraftvärmeverk. Tillsammans med Sundsvall energi ska

en liknande byggas vid Korstaverket i Sundsvall. Anläggningarna ska nyttja biogen koldioxid från kraftvärmeverken och kunna producera runt 100 000 ton e-metanol per år – dubbelt så mycket som var tänkt i Örnsköldsvik.

– Investeringsbesluten är planerade att tas i slutet av detta år. Målet är att anläggningarna ska vara i drift 2027, säger Claes Fredriksson.

Elektro-metanol – eller e-metanol – tillverkas av vätgas och koldioxid. Med hjälp av fossilfri el från exempelvis vindkraft spjällkas först vatten till syrgas och vätgas. Därefter blandas vätgas och koldioxid till metanol i en reaktor. Produkten kallas e-metanol, eftersom vätgasen framställs genom elektrolys av vatten.

Liquid wind har utöver projekten längs Norrlandskusten ett avtal om att bygga ytterligare en stor e-metanol-anläggning i Haapavesi i norra Finland. Där finns bra infrastruktur, säger Claes Fredriksson, bland annat en stor vindkraftspark. ●



Här odlas bränslet ✈️ som ska lyfta flyget

Frida Sandberg vid Rise Processum i Örnsköldsvik odlar cyanobakterierna i en reaktor med en volym på tolv liter.

Uppsalaforskare använder genmodifierade cyanobakterier och organisk fotokemi för att tillverka flygfotogen från koldioxid, vatten och solljus. Men projektet är ännu i ett tidigt utvecklingskede.

Flyget står för 2 till 3 procent av växthusgasutsläppen globalt, men dess bidrag ökar. Pandemin ledde till en markant minskning, men därefter har utsläppen återigen ökat och var i fjol nästan lika stora som före pandemin.

För att minska klimatpåverkan krävs nya hållbara lösningar. Elflyg kommer inom det närmaste decenniet bara att kunna användas för kortare resor. Vätgas- eller ammoniakdrivet flyg håller på att utvecklas, men kräver nya flygplan och omfattande infrastruktur för bränslet.

Alternativ är flygbränslen som liknar dagens, fast baserade på icke-fossila råvaror. I Sverige har vi mycket skog som potentiellt skulle kunna användas som råvara, men i de flesta länder behövs andra lösningar. Att utvinna socker från jordbruksgrödor och tillverka etanol som sedan kan omvandlas till flygbränsle är en möjlighet, men kräver mycket energi och att råvaran odlas på mark som i stället kan användas för matproduktion.

VI ARBETAR MED en alternativ process som kombinerar bioteknik med organisk fotokemi. Målet med projektet, som leds från Uppsala universitet, är att ta fram bioflygbränslen som i så hög grad som möjligt liknar dagens fossila flygbränslen. Processen bygger på en solljusdriven bioteknisk produktion, där flyktiga kolväten bildas från koldioxid och vatten. I ett efterföljande fotokemiskt steg slås dessa kolvätemolekyler samman till större molekyler. Även den processen kan utnyttja solljus som energikälla.

För produktionen använder vi fotosyntetiserande mikroorganismer – cyanobakterier – som kan växa med hjälp av energi från solen och med koldioxid från atmosfären som kolkälla. De har därför inte behov av något extra tillskott av energirika ämnen, utan klarar sig med enkla näringsämnen som kväve, fosfor och mineraler. Detta gör dem attraktiva som värdorganismer för produktion av både bränslen och kemikalier.

De cyanobakterier vi arbetar med är möjliga att förändra genetiskt med ganska enkla metoder. Vi kan föra in gener som kodar för enzymer som kan utföra nya funktioner i cellerna, eller stänga av andra gener och därmed hindra cellerna från att utföra vissa reaktioner. På så vis kan vi introducera helt nya biokemiska reaktionsvägar och styra cellernas metabolism till att tillverka en ny och industriellt relevant produkt som de inte gör naturligt.

Flygfotogen består av kolväten med åtta till sexton kolatomer. Men att tillverka sådana kolväten i bakterier innebär vissa problem. Då de är ganska långa kan de inte spontant passera ut ur cellerna. Det går att lösa men innebär extra processteg som kräver energi, vilket i slutändan minskar effektiviteten. Ett annat problem är att de bildade kolvätena kan påverka bakteriernas tillväxt och produktivitet negativt, eftersom de är fettlösliga och hamnar i cellens membran där de kan störa membranbaserade funktioner, som fotosyntesen.

FÖR ATT UNDVIKA båda dessa problem har vi valt en annan väg: Vi tillverkar mindre, flyktiga kolväten, som kan passera genom cellmembranet och ut ur cellodlingen i gasform. Exempel på sådana kolväten är isopren, med fem kolatomer, och isobuten, med fyra kolatomer. Dessa kan produceras av cyanobakterier, fångas in från gasfasen ovanför cellkulturen, och sedan i ett följande steg fås att på fotokemisk väg slås ihop för att bilda större molekyler, di- eller oligomerer, som blir lagom långa för att användas som flygbränsle. Utgångsmaterialet för bakteriernas produktion är koldioxid, som skulle kunna fångas in från indu-

”De har därför inte behov av något extra tillskott av energirika ämnen.”

striella processer. Forskare på kontraktorsforskningsorganisationen Industridoktorn, Bohus-Björkö, har testat att odla cyanobakterier med simulerade industriella rökgaser, med utmärkt resultat.

Den fotokemiska processen bygger på att ljusenergin i UV-ljus fångas in med hjälp av en molekyl som kan exciteras. Molekylen för sedan över energin till de små kolväten som cyanobakterierna producerat. Dessa blir då elektroniskt exciterade och mer reaktiva, och kan reagera med varandra för att bilda dimerer eller oligomerer. För den här kemiska processen är det viktigt att ha en funktionalitet i molekylen som möjliggör vidare reaktioner. En enkel alkan skulle inte fungera. Våra studier av olika diener har visat att isopren är den flyktiga dien som ger bäst utbyte av dimerer. Det bildas cykliska kolväten med fyra, sex och åtta kolatomer i ringarna. Det är också viktigt att reaktionen företrädesvis ger oligomerer av en viss storlek, eftersom det annars skulle krävas ett efterföljande separationssteg. Med isopren som utgångsmaterial får vi så gott som enbart dimerer. Bara en mycket liten andel trimerer bildas.

EFTER ATT HA börjat med några futtiga milliliter har vi nu lyckats köra den fotokemiska dimeriseringen i femlittersskala. Utmaningen är nu att förbättra utbytet när reaktionen sker med solljus, vilket för närvarande inte är lika effektivt som med bara kortare UV-våglängder. Efter hydrogenering kan blandningen av olika cykliska isoprendimerer i princip användas som flygbränsle, fast en kort upphettning till 135 °C innan hydrogeneringssteget gör att de blir ännu bättre lämpade.

Forskningsprojektet startade som ett Uppsalabaserat initiativ sommaren 2017 med ett anslag från Energimyndigheten. Det har därefter gradvis vuxit med deltagande grupper från Rise processum i Örnsköldsvik och Industridoktorn på Björkö utanför Göteborg och har nu resulterat i det EU-finansierade projektet Alfafuels med deltagare från åtta länder och som startade tidigare i år. Processen ligger fortfarande på en mycket tidig utvecklingsnivå och det dröjer sannolikt 10–20 år innan den kan ge ett bränsle som är kommersiellt tillgänglig för flyget. Den hjälper oss således inte i dagens akuta läge där vi omgående behöver reducera våra klimatavtryck. ◦

Mirakelkur med dödlig utgång

I början av 1900-talet sågs radioaktiva ämnen som mirakelmediciner

TÄNK OM DET fanns en medicin som hjälpte mot såväl gikt som reumatism och till och med kunde förbättra munhälsan – en mirakelkur? Vid 1900-talets början fanns sådana mirakelmediciner, baserade på de radioaktiva grundämnena radium och torium.

Radioaktivitet upptäcktes i slutet av 1800-talet av den franska fysikern Henri Becquerel. Marie och Pierre Curie myntade sedan termen radioaktivitet, efter att de lyckats isolera och även karakterisera radium. Det blev startskottet till många nya upptäckter inom medicin, fysik och kemi. Vid den här tiden fanns en allmän fascination för de hälsofördelar man trodde strålning kunde ge. Vissa trodde att exponering för radioaktiva material kunde stimulera kroppens naturliga läkningsprocesser och på så sätt förbättra den allmänna hälsan. Därför tillsattes radioaktiva ämnen i såväl olika typer av mediciner som i konsumentprodukter. Exempelvis fick tandkräm – en produkt som började tillverkas i slutet av 1800-talet – tillsatser av radium. Karies var ett växande problem i västvärlden och det blev viktigt att förebygga sjukdomen. Tandkräm blev en viktig produkt.

I Tyskland utvecklade företaget Auergesellschaft en tandkräm som marknadsfördes med den säljande formuleringen ”Doramad, den radioaktiva tandkrämen”. Den radioaktiva strålningen laddade enligt företaget cellerna i munnen med ny livsenergi, hindrade bakterierna från att förstöra munhälsan, stärkte försvaret av tänder och tandkött och hjälpte även till att polera emaljen.

KUNSKAPEN OM farorna med radioaktivitetens biverkningar började dock bli kända. Amerikanska tandläkare upptäckte att kvinnor som arbetade med att måla urtavlor led av munsmärtor, sår i munnen och lösa tänder. De hade även såväl anemi som frakturer. Färgen de använde hette Undark och innehöll radiumpulver. Kemister som tillverkade färgen hade


Den radioaktiva tandkrämen Doramad lanserades i Tyskland på 1920-talet. Den försvann från marknaden efter andra världskrigets slut och atombomberna över Hiroshima och Nagasaki.

skyddsutrustning – men kvinnorna som målade urtavlor fick inte kunskap om riskerna med radium. För att göra penseln så spetsig som möjligt formade de den med läpparna. Ibland målade de även sina läppar och tänder med färgen, för skojs skull. Den första urtavlemålaren dog 1923, men först hade hennes käke fallit av – något som kom att kallas radiumkäke. Och fler kvinnor dog.

Färgtillverkarna ville inte att hälso-riskerna skulle bli kända och krävde att läkarna och tandläkarna skulle säga att dödsfallen berodde på strålning från röntgen som använts för att diagnostisera sjukdomarna, eller på syfilis.

Det var dock först när den amerikanska industrimagnaten Ebenezer Byers dog av radiumförgiftning 1932, efter att ha tagit en radioaktiv medicin, som myndigheterna började reglera innehållet av radioaktiva ämnen i produkter.

HISTORIEN VISAR PÅ vikten av att undersöka ”mirakelmediciner” och reglera användandet av substanser. Trots allt finns det i vissa kretsar kvar en tro på att radioaktiva ämnen fungerar som hälsokurer. Än i dag kan gäster på det tjeckiska spa-hotellet The radium palace simma i en bassäng med radonvatten för att förbättra sin hälsa. ◦



Uppsalaforskarna har tidigare visat att heteroresistens finns hos ett tiotal sjukdomsframkallande bakterier, bland annat E coli.

Forskare har hittat väg till resistens

Kortvarigt resistent bakterier kan fungera som språngbräda

HETERORESISTENS har varit känt sedan 1940-talet. Det innebär att det i en population av huvudsakligen känsliga bakterier finns en liten del som är tillfälligt resistent.

– Nästan alla patogena bakterier har en sådan liten population som är kortvarigt resistent, säger Dan I. Andersson, som är professor i medicinsk bakteriologi vid Uppsala universitet.

Han har nu tillsammans med kollegor visat att heteroresistens kan vara ett förstadium till resistens. När antibiotika sätts in för att stoppa en infektion dör de antibiotikakänsliga bakterierna medan den lilla resistent populationen i stället kan anrikas, särskilt om patienten har nedsatt immunförsvar.

De resistent bakterier har flera kopior av den gen som ger resistens än övriga bakterier. Men de extra generna

gör också att det tar längre tid för dem att dela sig och växa.

DET FORSKARNA NU har visat och publicerat i Nature Communications är att bakterierna kan skapa nya stabila mutationer som delvis kompenserar för det. De bromsar tillväxten mycket mindre – och leder till resistens. Heteroresistens kan på så vis fungera som ett slags språngbräda som leder till stabil antibiotikaresistens.

”Vi låter bakterier växa i närvaro av antibiotika under lång tid.”

Själva experimentet är tack vare teknikutvecklingen numera enkelt.

– Vi låter bakterier växa i närvaro av antibiotika under lång tid, tittar på resistens, sekvenserar hela bakteriens genom och ser amplifieringar. När de växer längre tid ser vi de stabila mutationerna.

FORSKARNA SKA NU undersöka patienter som är infekterade för att se om det fungerar på samma sätt på människor.

– Det är svårare eftersom amplifieringar är instabila. Det gör att vi med vanliga metoder för diagnostik missar heteroresistens. Det viktigaste nu är därför att utveckla nya diagnostikmetoder som enkelt kan detektera de resistent populationerna.

– Då kan vi också behandla efter det. Genom att ge rätt antibiotika från början kan vi också minska användningen. ◦

ANNONS

Lär dig mer om plast!



Psst! Du kan också ladda ned Plastkunskap för grundskolan helt utan kostnad genom att skanna qr-koden i din telefon eller surfplatta.

Plast går att använda till mycket. Den finns i huset där du bor, i datorer och i din mobil. I bilar, tåg och dina kläder. Det spelar ingen roll om du handlar i en mataffär, genomgår en stor operation eller bara borstar tänderna på kvällen – plast ingår i det mesta du gör.

Vill du lära dig mer om plast? Om vad plast är, hur den kan återvinnas till nya produkter eller tillverkas av biobaserade råvaror, vad som görs för att minska nedskräpningen och mycket mer?

Ladda ned Plastkunskap för grundskolan på ikem.se/ikem-skola