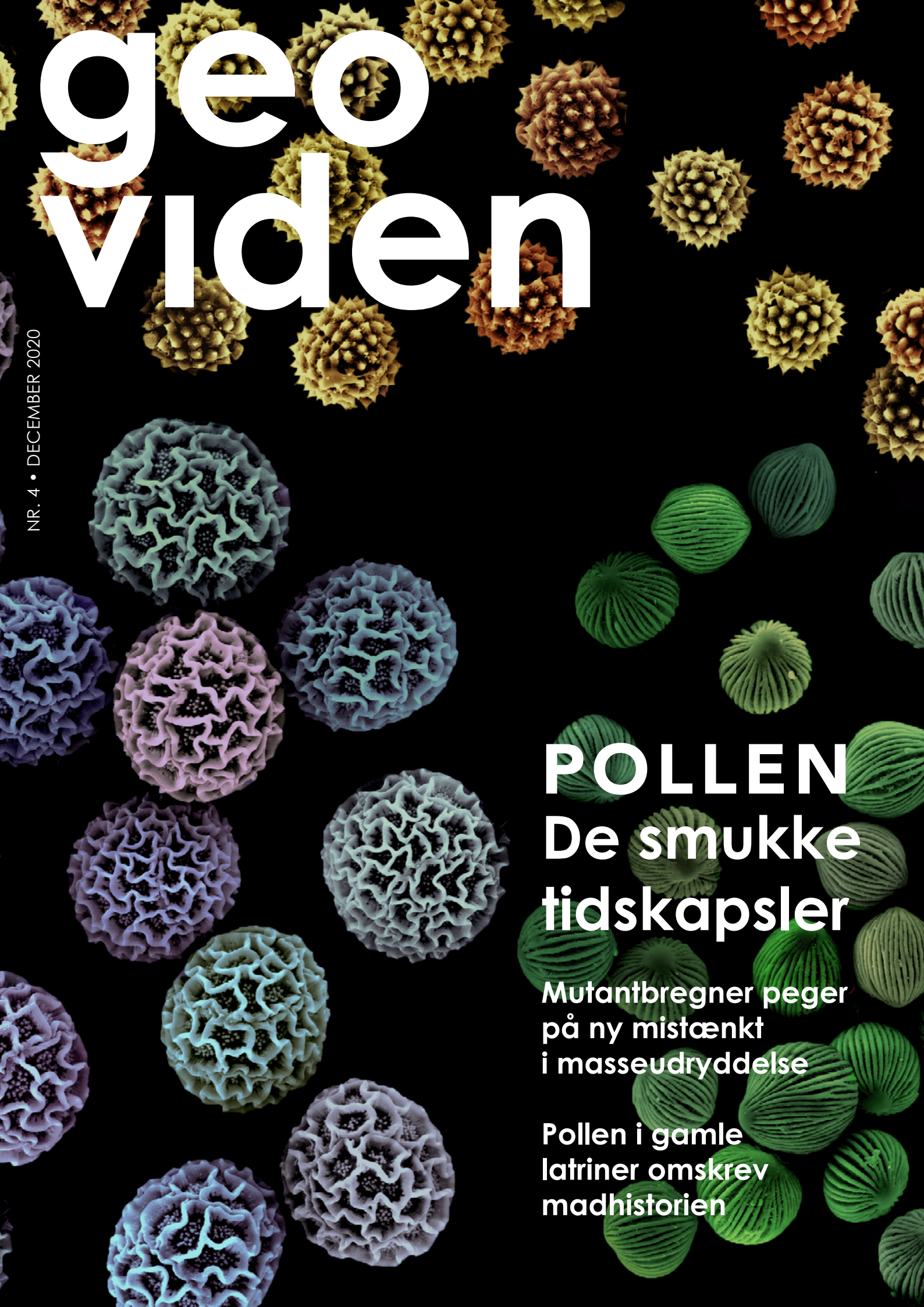




geo viden

NR. 4 • DECEMBER 2020

POLLEN De smukke tidskapsler

Mutantbregner peger
på ny mistænkt
i masseudryddelse

Pollen i gamle
latriner omskrev
madhistorien

Støvet viden

Pollen og sporer er både kimen til nyt planteliv og til store geologiske - og arkæologiske - historier.

Læren om pollen, sporer og andre mikroskopiske, organiske organismer kaldes palynologi, hvilket på græsk skulle betyde noget hen ad 'læren om støv'. Måske ikke noget synderligt blæret navn, men alligevel meget rammende, når man tænker på det ofte gule eller orange støv-agtige materiale, der sidder på støvdragerne i en lilje. Eller de imponerende skyer af gult støv, man kan sende ud i verden ved at ryste udvalgte grantræers grene. Pollen og sporer er to sider af samme sag hos forskellige plantegrupper, nemlig en måde at formere

sig på. Planterne udsender så utrolige mængder af dem, at der er pollen og sporer spredt ud over det meste af Jorden. Mange er så små, at de bæres langt bort med vinden, og derfor kan man finde pollen og sporer fra landplanter selv på åbent hav, aflejret i havbunden. Deres talrigdom og store udbredelse betyder, at de findes i størstedelen af de geologiske lag ned gennem jordskorpen. I hvert fald tilbage til dengang, landplanterne opstod. Både pollen og sporer bevares ret godt i undergrunden, så derfor fungerer jorden som et arkiv

for pollen og sporer gennem tiderne. Sammensætningen af pollen og sporer viser nemlig et udsnit af planterne i det pågældende miljø, og den viden er dyrebar i mange sammenhænge. En række af dem kan du læse om i dette Geoviden.

For lad det være sagt med det samme: Hvis du havde set frem til at læse en masse om allergi, så må jeg skuffe dig. I dette blad glemmer vi de træse sider ved pollen og kaster os helt fordomsfrit over de fascinerende små partikler. Du kan for eksempel læse om, hvordan man

får indsigt i en 200 mio. år gammel masseudryddelse ved at tælle bregnesporer i en midtsjællandsk borekerne. Lidt tættere på nutiden kan pollen også vise os, hvad de spiste i vikingetiden, middelalderen og renæssancen, og hvordan der kom nye madvarer til fra fjerne egne via nye handelsruter.

God læselyst og god jul!



Johanne Uhrenholt
Kusnitzoff
Redaktør og skribent

På geoviden.dk/pollenogsporer:

- Videoen 'Fra prøve til breaking news'
- Quiz: Tjek din støvede viden
- Forklaring af nøglebegreber
- Links til videre læsning
- Alle artikler og figurer enkeltvis
- Hele bladet som pdf



UNDERGROUND
CHANNEL

Video på geoviden.dk: Hvordan kommer forskeren fra en stenprøve og til et videnskabeligt gennembrud? Kom med i laboratoriet og bag mikroskopet.

EKSPERTER DER HAR BIDRAGET TIL DETTE GEOVIDEN



Sofie Lindström

Seniorforsker
De Nationale Geologiske
Undersøgelser for Danmark
og Grønland (GEUS)



Morten Fischer Mortensen

Seniorforsker
Nationalmuseet



Annette Ryge

Laborant
De Nationale Geologiske
Undersøgelser for Danmark
og Grønland (GEUS)



Charlotte Olsen

Laborant
De Nationale Geologiske
Undersøgelser for Danmark
og Grønland (GEUS)

Hvad er der på forsiden?

Pollen fotograferet med scannings-elektronmikroskop (SEM) og tildelt falske farver for at fremhæve strukturerne (i virkeligheden er pollen oftest gule, orange eller brune). De store blålige på forsiden er fra passionsblomst, de gule med pigge er fra asters, og de grønne fra fredslilje. Sådan ser de virkelig ud!



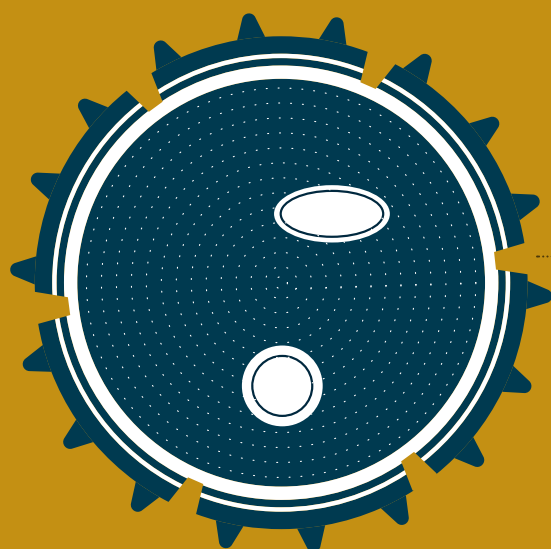
ASTERS



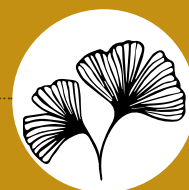
PASSIONSBLØMST



FREDSLILJE



geo viden



Mikroskopiske
historier

4

Hvad er pollen?
Hvad er sporer?

6

Muterede bregnesporer
afsløre ny mistænkt i
voldsom masseudryddelse

10

Fra feltarbejde til
breaking news

20

Lort og latrin! Nye pollen
skrev dansk madhistorie

24

MIKRO- SKOPISE HISTORIER

Pollenkorn
fra tusindfynd
under mikro-
skop. Det pigge-
de ydre hjælper
dem bl.a. med at
sætte sig fast på
overflader.

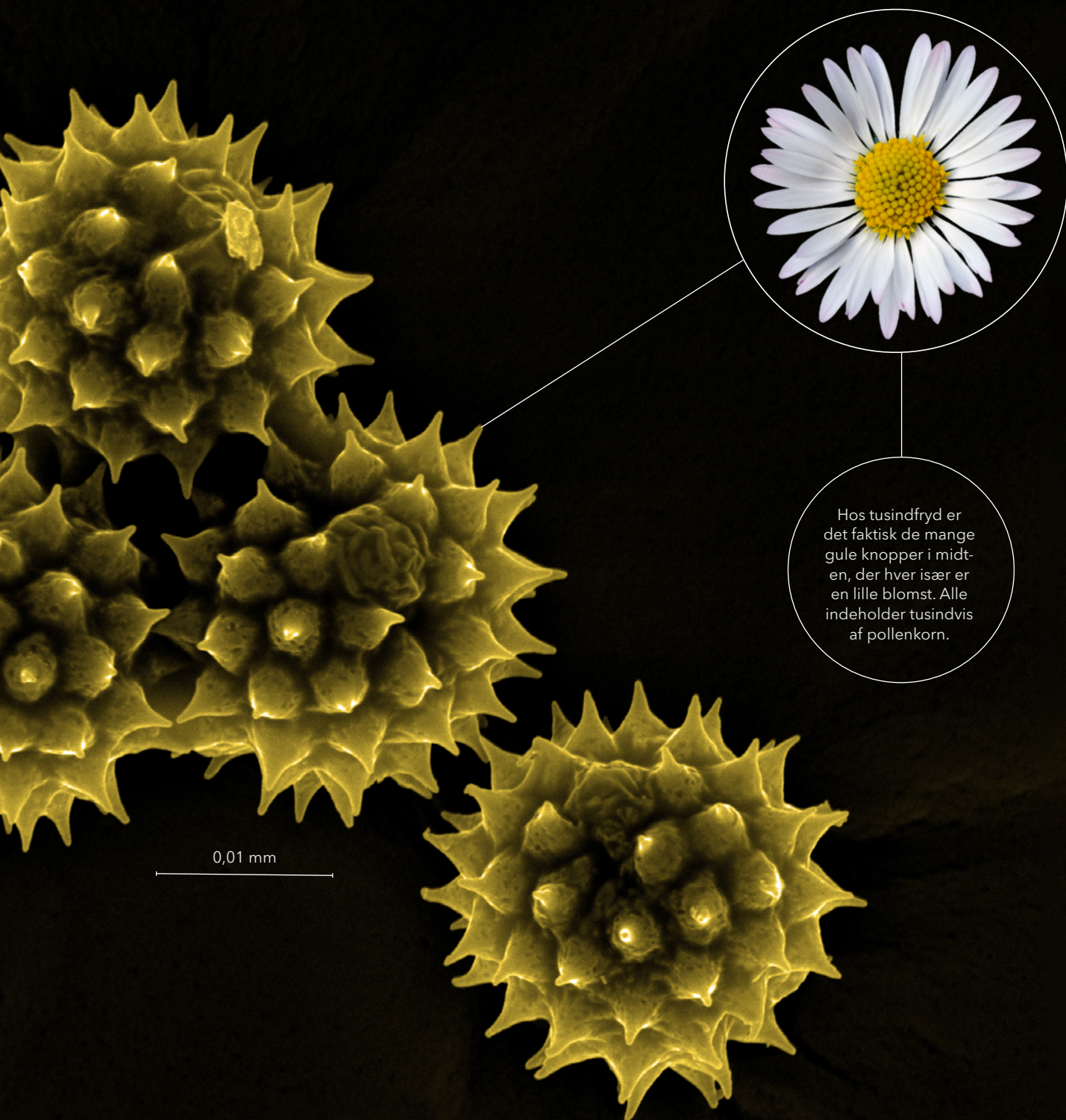
Pollen er plantesæd i en pæn indpakning. Da der findes mange forskellige planter, findes der også mange forskellige pollen, som varierer i former, størrelser og strukturer. Desuden skelner man mellem pollen og sporer, som egentlig er det samme i bred forstand, nemlig planternes måde at formere sig på. De tilhører bare forskellige udviklingstrin i evolutionen. Mange af de allerældste planter som mosser og bregner formerer sig via sporer, hvor de lidt yngre skud på stammen (som blomsterende planter), benytter sig af pollen. Generelt set er forskellen, at sporerne udvikler sig til et mellemtrin mellem spore og ny plante, hvor selve befrugtningen og dannelse af en ny plante sker. Med pollen springes mellemledet over, da pollenkornenes sædceller føres direkte over til hunfrøene, som en ny plante kan vokse fra.

Mere om det på de kommende sider.

Mikro og makro - hvem er vigtigst?

Både pollen og sporer er vigtige i geologisk forskning, fordi de ofte bevarer godt i jorden og derfor kan spores meget langt tilbage i tiden. Sammen med andre meget små, sværtnedbrydelige organismer, som for eksempel mikroalger, udgør pollen og sporer det, der af fagfolk kaldes mikrofossiler. De indbefatter faktisk alt det, som kræver et mikroskop for at kunne betragtes ordentligt. Større fossiler som blade, knogler eller hele skeletter kaldes makrofossiler, og selvom man skulle tro det, er de faktisk ikke de vigtigste i geologisk forskning. Mikrofossilerne er bedst til at undersøge fortidens forhold med, da de i kraft af deres lille størrelse og typisk meget store antal er langt nemmere at sammenligne på tværs af tid og sted end de få, sporadiske dinosaurknogler og forstenede bregneblade.



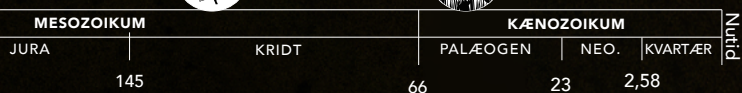


Hos tusindfryd er det faktisk de mange gule knopper i midten, der hver især er en lille blomst. Alle indeholder tusindvis af pollenkorn.

Ældste kendte pollen fra blomstrende planter.



Den blomstrende plante græs udvikles og udkonkurrerer bregner og mosser som primære bunddækkeplanter.



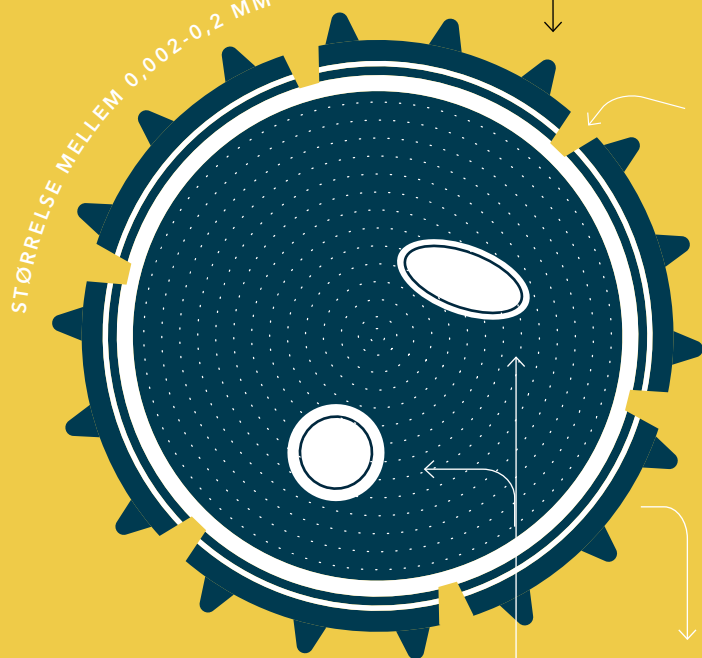
Figur 1
Pollens og spors evolution

Planternes reproduktion skete i starten med sporer, men i Karbon begyndte tiltagende avancerede planter at formere sig på en ny måde via pollen. Det fungerede fint i mange millioner år, indtil planterne forfinede spredningsmetoden af pollen via insekter, hvilket virkelig tog fart med opfindelsen af blomsten. Vindbestøvning var dog stadig effektivt og bruges også stadig af flere blomstrende planter, f.eks. den ret nytilkomne græs, som hurtigt fik (og har) stor succes. Sporer benyttes stadig af de ældste slags planter.

ALT DU SKAL VIDE OM POLLEN

Figur 2

STØRRELSE MELLEM 0,002-0,2 MM



To kerner

Et pollenkorn indeholder to cellekerner: en, der bliver til sædcellen, og en, som er selve kornets egen cellekerne.

Åbning

Overfladen har et eller flere huller eller revner, hvor sædcellen kan komme igennem og over i hunplantens modtageorgan, støvfanget.

Hård skal

Pollenkornet har flere lag, der beskytter den dyrebare last. Det yderste er et ekstremt hårdt polymer kaldet sporopollenin.

Støvsky

Millioner af bittesmå pollen-korn udsendes fra et enkelt birketræ, og alle fungerer som transportenhed og beskyttelseskommer for træets arvemateriale.

Spredningsmetoden

Planterne har forskellige måder at ramme et hunfrø med deres pollen på, og nogle er mere elegante end andre. Den ældste metode, planterne med pollen fandt på, går i al sin enkelthed ud på at sprede så enorme mængder pollen i luften, at de før eller siden må ramme en hunplante eller en hunlig del af en tvekønnet plante et eller andet sted. Planter med den taktik kaldes anemofile (vindelskende) og tæller f.eks. birk og grantræer. På engelsk kaldes metoden meget passende for 'messy germination'.



Pollen afslører forbrydere!

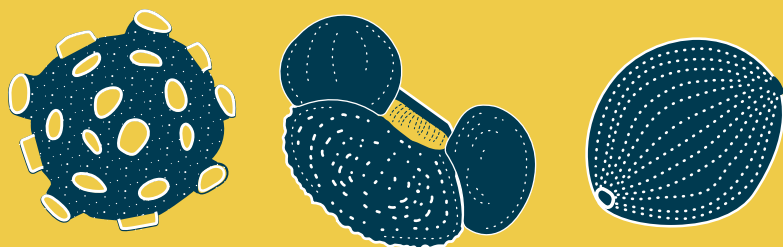
Da pollen spredes i naturen i så store mængder, og pollen fra hver plantearter eller -slægt har sine egne specifikke kendetegn, har politi verden over somme-tider kunnet fælde en gerningsmand på baggrund af det pollen, der f.eks. sad på hans sko eller bildæk. Når vi bevæger os rundt i naturen, vil der nemlig stort set altid sætte sig mikroskopiske pollen og sporer fast. Nogle gange vokser den kombination af planter kun få steder i landet. På den måde kan man koble en person eller en genstand til et givent sted, sommetider endda et givent tidsrum.



Fossilt pollen viser fortidens planteliv

Den hårde skal, der udgør yderste del af både pollen- og sporepartikler, kan mange steder findes og identificeres millioner af år efter, at den er produceret af planten. Især hvis pollenkornene landede i en sø eller i havet og bliver indkapslet i sø- eller havbunden, bliver de bevaret godt. Det iltfrie miljø forhindrer dem nemlig i at blive nedbrudt. De fossile pollenskaller, også kaldet exiner, er en meget vigtig del af forskningen inden for bl.a. geologi og arkæologi, fordi

man ved at identificere og optælle dem fra lag dybt nede i undergrunden kan få at vide, hvilke planter der groede i fortiden. Når planterne dengang (som nu) spredte deres pollen, faldt en del af dem til jorden uden at nå en hunblomst. Det er de pollen, man kan finde hele vejen ned gennem jordsøjlen fra tidligere tider, og som bl.a. kan bruges til at sammenligne plantesammensætningen gennem tiden.



Smukke former

Pollenkorn har mange forskellige former og strukturer. Nogle er runde, nogle er trekantede, nogle har pigge, og nogle har furer. Det relaterer sig typisk til plantens spredningsstrategi. F.eks. har mange af de vindsprede pollen såkaldte

vindsække, der gør det muligt at svæve ekstra langt (den i midten - de to 'ører' er vindsække). Størrelsesmæssigt varierer de typisk fra et par mikrometer til cirka 0,2 mm, hvilket kun lige akkurat er synligt for folk med meget gode øjne.

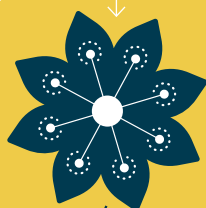


En mere raffineret spredningsmetode

Et stykke henne i evolutionen blev der opfundet en helt ny måde at få spredt pollen fra han- til hunplante på (eller han- og hundelen af samme plante hos nogle arter). Nemlig da planterne fandt på at få deres pollen bragt ud via insekter i stedet for selv at have bøvet med at sprede store mængder ud over det hele. Ret genialt. Det var dog formentlig først, da blomsten opstod, at denne metode for alvor tog fart. Med den søde nektar og flotte former og farver kunne langt flere insekter lokkes til, som ved besøget fik hæftet pollen fast på sig fra de hanlige støvdragere. Når byen eller fluen fløj til næste blomst, bragte den pollenkornt effektivt fra den ene plante til den næste, så der kunne ske en befrugtning. Planterne med denne 'noget for noget'-strategi kaldes entomofile (insektelskende).

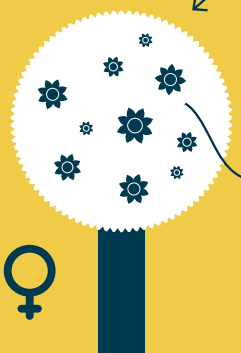


STØVDRAGER



Pollen som mad

Når insektet fører pollen over på en hunblomsts støvfang, dannes der en lille kanal, der fører pollenkorntets sædceller ned til hunblomstens ægceller. Ved mødet dannes der frø, som kan blive til en ny plante. Frøene bliver hos nogle planter indkapslet i lækkert frugtkød. Det sker ofte for at overtale dyr til at spise dem og dermed sprede frøene ud i verden, når de forlader dyret igen i den anden ende. På den måde er vi alle en del af planternes vilde sexliv, om vi vil det eller ej.



Planter med pollen

- Fyrretræer
- Løvtræer
- Græsser
- Buske
- Urter

Allergi

Allergi, pollinose, høfeber – et uelsket barn kan også ha' mange navne. Mange mennesker lider under det hver forår og sommer, når planterne spreder deres pollen.

Det er især de anemofile (vinddistribuerede) pollen, der forårsager symptomerne som løbende næse, kløende øjne m.m. De spredes i kæmpestore mængder og er små og lette, og derfor indånder vi store mængder af dem. Græs, birketræer og bynke er nogle af de mest kendte uroskabere. Dog er det vores egen krop, der fejltolker situationen og går i alarmberedskab over de uskedelige små partikler. Ikke desto mindre er det enormt generende ...



Uheldige nordboer

Pollenallergi er især udbredt i tempererede og polare klimazoner. Her varierer årstiderne nemlig meget, og derfor gør planternes pollenproduktion det også. Derfor bliver immunsystemet chokeret hver forår og sommer, når koncentrationerne pludselig stiger voldsomt. Lidelsen er derfor sjælden i tropene, hvor planternes pollenproduktion er mere jævn året rundt.

ALT DU SKAL VIDE OM SPORER

Figur 3

Sporer er ret utrolige små anordninger med opskriften og materialerne til en helt ny plante pakket ind i sin lillebitte, topsikre enhed.



Avanceret indre

Det indre i sporen fra eksemplet i cyklussen til venstre består af en enkelt celle. Når den vokser ud af sporens åbning, deler den sig og bliver til den lille planteplatform (se cyklus, trin 6), hvor den ene ende danner sædceller og den anden ægceller. Altså en temmelig avanceret lille sag!

Hård skal

Ligesom hos pollen er den ydre skal hos sporer lavet af det meget hårde sporopollenin, der beskytter sporens indre dele mod den ydre verden.

Åbning

Sporen har en fure, som den lille 'formeringsplatform' vokser ud fra (se cyklus, trin 6). Her er den tredelt, men den kan også have andre former.

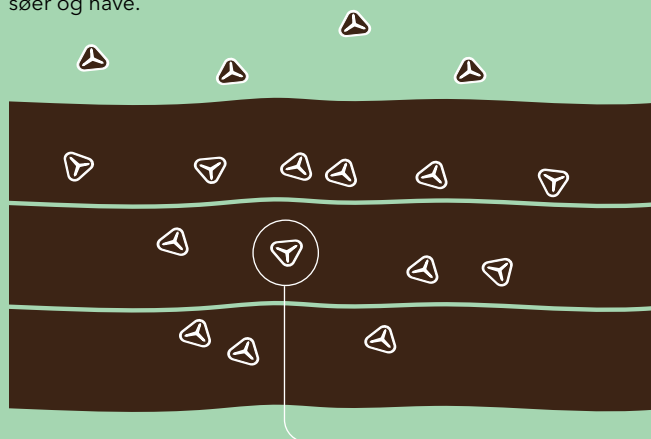
STØRRELSE MELLEM 0,04 - 0,5 mm

Alternative sexstrategier

Eksemplet i cyklussen til venstre hører til de sporeplanter, der kun danner én slags spore, som står for hele formeringsprocessen som både han og hun. Der findes som nævnt også andre metoder (planterne har jo haft mange millioner år til at udvikle alt det her, så det er efterhånden temmelig indviklet). Nogle sporeplanter danner i stedet to forskellige slags sporer: **småbitte hansporer og kæmpestore hunsporer**. Hver af dem vokser sig til en meget simpel udgave af planteplatformen (kaldet en gametofyt) i cyklussen her til venstre, hvorfra 'hanplatformen' producerer sædceller, og 'hunplatformen' ægceller. Hvis miljøet er tilpas fugtigt, kan sædcellerne svømme hen til et æg, og så sker befrugtningen, der leder til en ny plante.

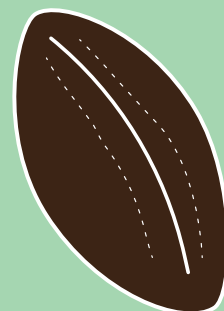
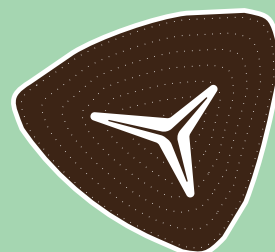
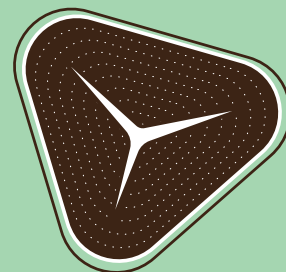
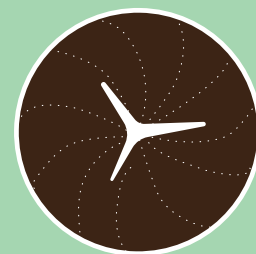
**Undslupne sporer**

Nogle sporer lander et **uheldigt sted** eller er beskadiget på en måde, så de ikke udvikler sig videre. Med tiden begraves de under nye lag af organisk materiale, grus, sand og andet, der efterhånden mases sammen i undergrunden eller i bunden af søer og have.

**Bevaret for eftertiden**

Eftersom sporer (og pollen) spredes hvert år, vil de være at finde hele vejen ned gennem undergrunden i de forskellige geologiske lag. Ligesom pollen bevares de bedst, hvis de lander i et iltfrit miljø som i en sø- eller havbund. Mange af de dybe geologiske lag i Danmark er faktisk gammel havbund, og

her kan der findes sporer og pollen, der er mange millioner år gamle. Typisk er der kun exinet, altså den yderste hårde skal, tilbage, men den er ofte nok til at identificere, hvilken plante den stammer fra. Ligesom pollen er sporer derfor en måde for geologer at se tilbage i tiden på.

**Avanceret ydre**

Sporer kan ligesom pollen se forskellige ud, alt efter hvilken plante de kommer fra. De mest almindelige former er rund, trekantet, en blød trekantet form og bønneformet. Overfladens struktur kan enten være glat eller have mønstre og udvoksninger. Sporer veksler i størrelse, alt efter hvilken type det er. Mange er mellem 40 og 60 mikrometer, men de største kan blive 0,5 mm.

Planter med sporer

- Mosser
- Bregner
- Padderokker
- Ulvefodsplanter

MUTEREDE BREGNESPORER AFSLØREDE NY MISTÆNK I VOLDSOM MASSEUDRYDDELSE

En katastrofal udryddelse af arter i fortiden ser ud til at skyldes vulkansk udledning af kviksølv kombineret med klimaforandringer. Oldgamle bregnesporer er beviset.

Først var der et par stykker. Så var der måske ti. Pludselig var de overalt. Misdannede mutantudgaver af ældgamle, fossile sporer fra bregner blev mere og mere talrige under mikroskopet hos seniorforsker Sofie Lindström. På sit kontor i De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS) i København havde hun i en rum tid arbejdet med at identificere og tælle de forskellige typer af pollen og sporer, der fandtes i borekerner fra de lag af undergrunden, der udgjorde jordoverfladen og havbunden for omkring 201,5 mio. år siden. Det er allersidste del af Triastiden, og så er netop dette tidspunkt kendt som den næstværste masseudryddelse i Jordens historie.

"Her forsvandt næsten tre ud af fire slægter af dyr og planter i havet og måske lige så mange på landjorden," fortæller hun.

Det var altså en katastrofe værre end den, der udslettede dinosaurerne ca. 145 millioner år senere. Her uddøde nemlig 'kun' cirka 40 procent af alle slægterne, dinosaurerne inklusive (se oversigt på **fig. 6 s. 12**). Krisen i Slut Trias er Sofie Lindströms primære forskningsfelt, og hun omtaler den også som 'Trias-Jura-hændelsen' eller 'Slut Trias-masseudryddelsen'. Ved at analysere datidens sammensætning af pollen, sporer og andre organiske mikrofossiler (tilsammen kaldet palynomorfer) arbejder hun på at finde ud af, præcis hvad der gjorde, at så mange arter forsvandt fra Jordens overflade i den geologisk set meget korte periode på maks. 140.000 år. Her spiller de fossile rester af de små partikler nemlig en vigtig rolle.

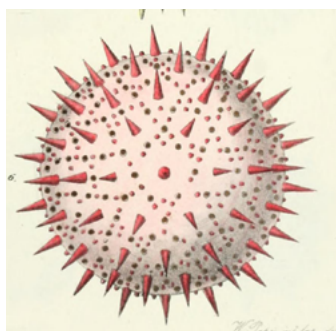
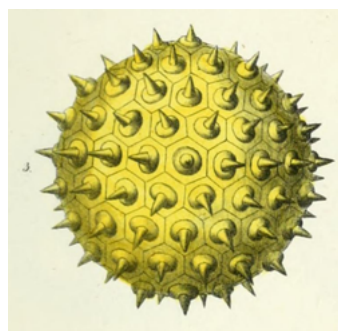
"Når planterne har det godt, har økosystemet det for det meste også godt, og når planterne trives, producerer de særligt mange sporer og pollen, som vi kan finde og tælle her mange millioner år efter," forklarer seniorforskeren.

Den mekanisme fungerer også modsat, så der produceres færre sporer og pollen, når planterne får det dårligt, og på den måde kan forskerne se, hvornår der har været pludselige skift i miljøet, som har påvirket økosystemet negativt. Det er ganske vist sjældent, at plantearterne reagerer på samme måde på samme tid, og derfor er det (som så ofte før) ikke altid helt så simpelt i praksis. Men som tommelfingerregel er den god nok: Antal og typer af pollen og sporer fungerer simpelthen som en dagbog for plantelivet gennem tid og rum.

Tungmetal og vulkaner

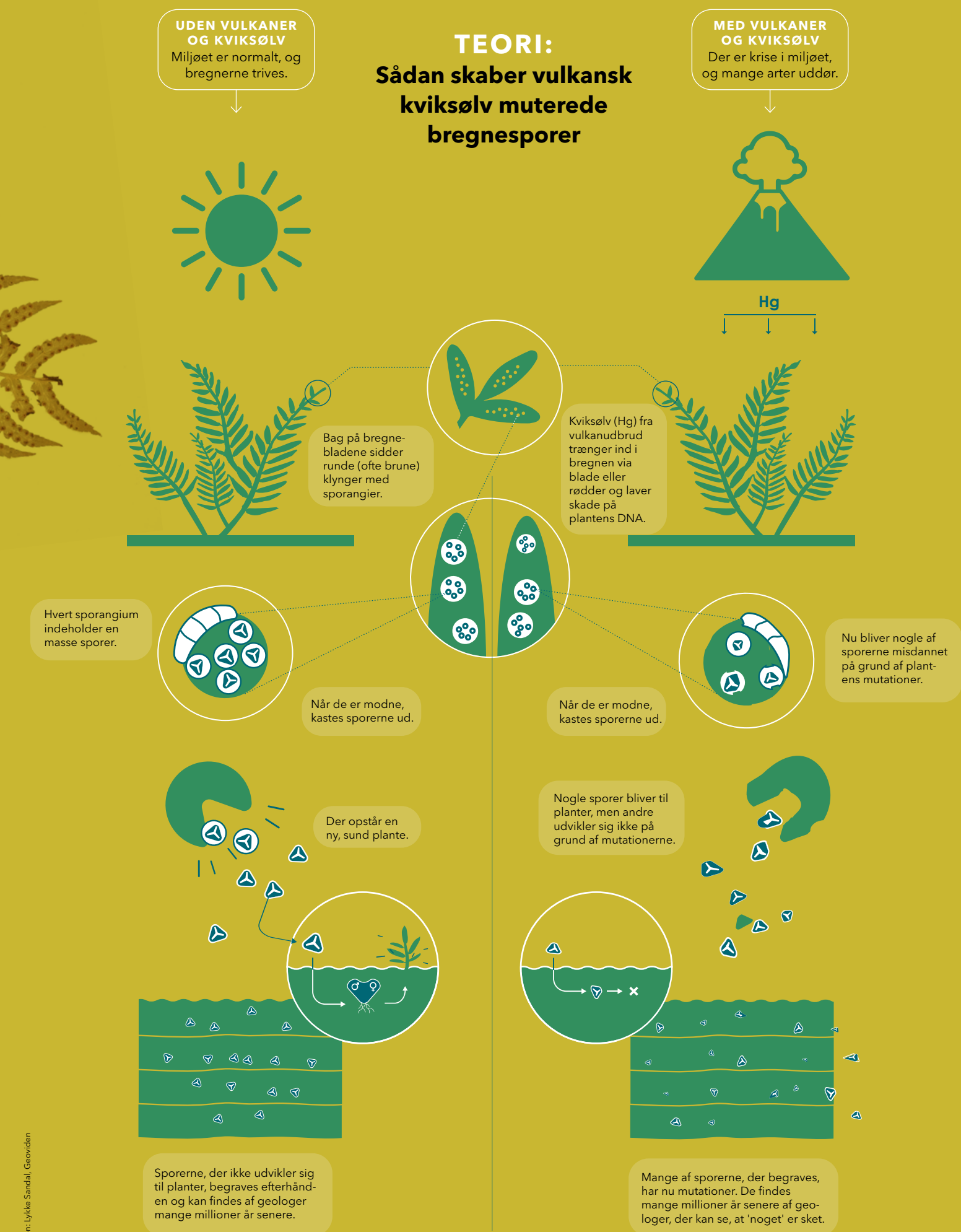
De mange misdannede bregnesporer var dog noget nyt, som Sofie Lindström ikke før havde set i så stort antal i geologiske prøver. Her var det ikke længere kun antallet, men også selve dannelsen af sporen, der var påvirket af noget i miljøet. Seniorforskeren havde dog en mistænkt:

"Et andet forskerhold havde tidligere undersøgt en endnu værre masseudryddelse cirka 100 mio. år tidligere i Slut Perm (den værste i Jordens historie med op mod 85 procent >



Palynologi - læren om støv

Folk, der arbejder med at analysere pollen (billedet), sporer, mikroalger og andre meget små fossiler med organiske celler (mikrofossiler eller palynomorfer), kaldes palynologer. Selve forskningsgrenen hedder palynologi, og ordet kommer fra græsk og betyder noget i retning af 'læren om støv' eller 'læren om små, dryssede ting'. Ved at studere, hvilke palynomorfer der er i et sediment (jordprøve), kan man både finde ud af, hvor gammelt sedimentet er, hvilket miljø det er dannet i, og hvilke planter der voksede.



Figur 5
Opbrud i Pangæa

I Trias sad al landjord sammen i et superkontinent kaldet Pangæa. I slutningen af Trias begyndte landmasserne at splitte op og drive fra hinanden, og det skabte et enormt vulkansk aktivt område langs brudfladen (orange område). På omkring en halv million år udspyrede de mange vulkaner i det aktive område så meget lava (og giftige gasser), at det ville kunne dække hele nutidens Europa under et 230 m tykt lag. Lagene af størknet lava kan stadig ses flere steder, blandt andet i Atlasbjergene i Marokko (ses t.h. som **tre lyse striber** mellem de rødlige lag, afsat i tre perioder med særlig voldsom vulkansk aktivitet).

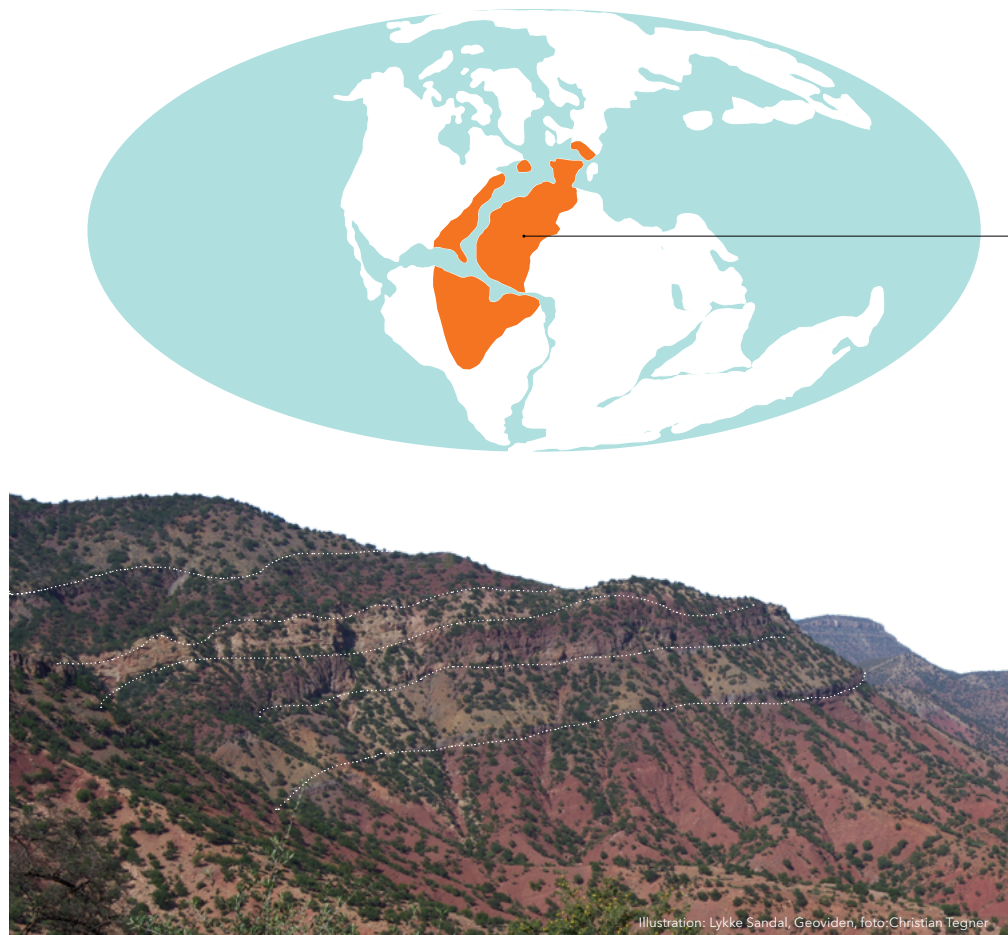


Illustration: Lykke Sandal, Geoviden, foto: Christian Tegner

uddøde slægter, red.) og de havde målt nogle ret markante udsving i kviksølv-koncentrationerne i takt med masseudryddelsens forløb. Derfor ville vi gerne undersøge, om kviksølv også kunne have spillet ind i Slut Trias-massedøden,” fortæller hun.

Hun forklarer, at det ekstremt giftige tungmetal kviksølv udsendes som gas fra aktive vulkaner og derfra fordeles i miljøet, hvor det kan gøre stor skade på dyr og planter. Da både Perm- og Slut Trias-hændelsen netop er kædet sammen med en voldsomt øget vulkansk aktivitet, var det ikke en fjern tanke, at det kunne være forklaringen. (Se **fig. 4 s. 11.**)

”Det havde længe været hovedforklaringen blandt os geologer, at massedøden dengang nok skyldtes klimaforandringer og følgevirkninger af den store vulkanske aktivitet. De her

mutationer kunne bare ikke forklares med klimaforandringer alene,” siger hun.

Endnu et søm i kisten

Når de muterede sporer blev sammenholdt med koncentrationen af kviksølv i prøverne fra omkring og under massedøden, stod det hurtigt klart, at der var en sammenhæng mellem de to. Når koncentrationen af kviksølv i miljøet steg, steg antallet og sværhedsgraden af mutationer i bregnesporerne også.

”Min optælling af sporerne viste, at bregnerne over den relativt korte periode på op til 140.000 år, som masseudryddelsen varede, fik flere og værre mutationer. I nogle prøver kunne jeg næsten kun se mutanter, hvilket er meget usædvanligt,” fortæller hun.

Masseudryddelser i Jordens historie

En massedød defineres ved, at væsentligt flere arter og/eller slægter (arter er underinddelingen i en slægt) uddør inden for geologisk set kort tid, end der normalt gør i naturens eget evolutionære kapløb. I de seneste 541 mio. år er det sket seks gange. Procentdelen af uddøde slægter gælder her kun slægter i havet, da det ofte er sværere at måle for arter på landjorden. Sandsynligvis har de oftest været mindst lige så påvirkede.

Figur 6

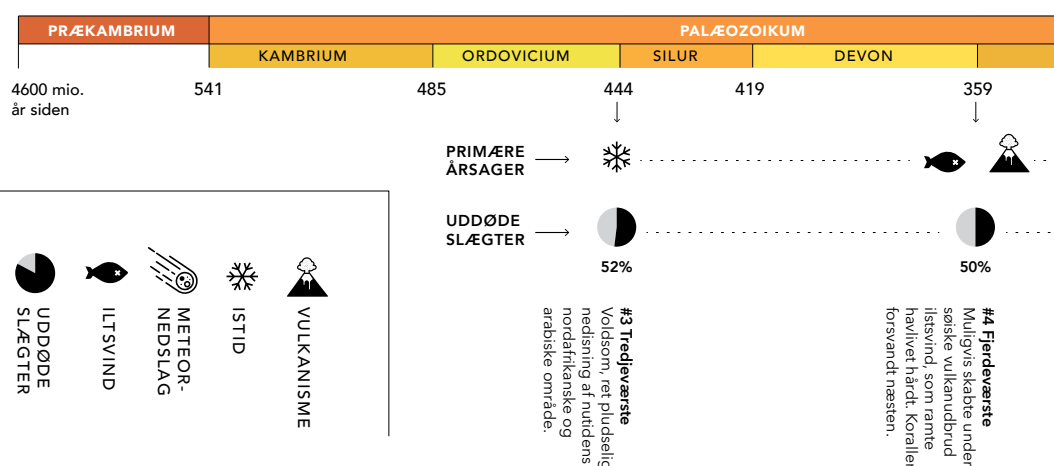


Illustration: Lykke Sandal, Geoviden

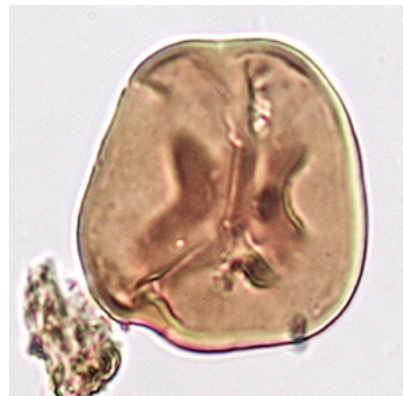
NR. 4 DECEMBER 2020 13



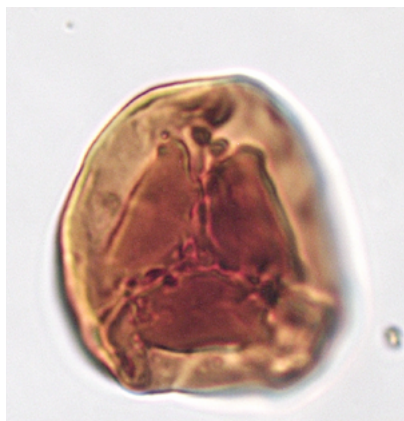
Figur 7

Normal og muterede sporer

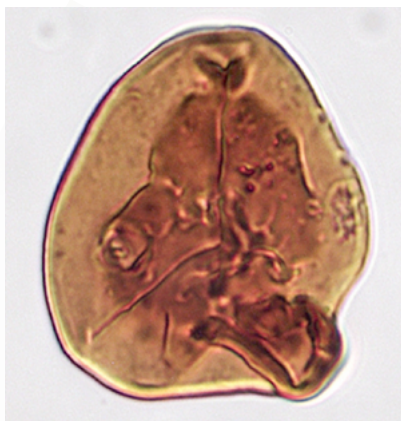
Her tv. ses en normal spore fra en træbregne, der voksede for over 200 mio. år siden. Det er træbregnerne, Sofie Lindström bl.a. har talt muterede sporer fra. Det organiske indhold i sporen er for længst nedbrudt, men den hårde ydre skal (exinet) er stadig intakt. Her kan man se den tredelte fure, som er den åbning, hvor ansatsen til en ny plante ville vokse ud, hvis sporen havde haft de rigtige forhold. (Det er ikke sket her). **Herunder** ses fire eksempler på tiltagende muterede udgaver af samme type spore fundet i prøverne fra Slut Trias-massedøden.



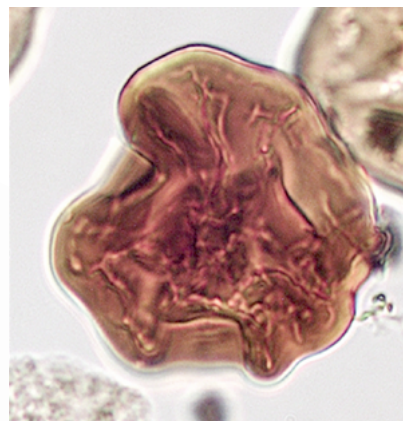
Mild til moderat mutation, hvor den tredelte fure er ujævn og utydelig.



Mild til moderat mutation, hvor området omkring den tredelte fure er fortyknet og har små udvoksninger.



Moderat til svær mutation, hvor furen er utydelig, omgivelserne fortyknet, og overfladen deform.



Svær mutation, hvor intet rigtig ligner det, det skal, og sporen højst sandsynligt er steril.

POETISK NYHED

Sofie Lindström og kollegernes opdagelse om mutantbregnesporene blev omtalt i mange medier verden over. En videnskabsblogger omskrev endda studiet til et digt, 'A Massacre in Mercury'. Læs det her: thepoetryofscience.scienceblog.com

FRA FELTEN TIL BREAKING NEWS

+ Se, hvordan Sofie Lindström udvælger prøver, og hvordan de behandles i laboratoriet, inden sporerne kan tælles og analyseres.

Find videoen på geoviden.dk

Foto: Carsten E. Thuesen, GEUS



Under mikroskop Her er Sofie Lindström i gang med at analysere sporeprøver fra Slut Trias-hændelsen. På skærmen vises det, der ses i mikroskopet. Hun tager billeder af gode eksempler på de forskellige mutationsgrader, for eksempel som dem på side 14.

Sporeprøver på glas Selve prøverne ser sådan her ud: små, aflange glasplader, der er limet sammen med en indtørret dråbe af prøvewæske med sporer og andre organiske rester i midten. Ved siden af ses et stykke af ophavet til prøverne, som er en borekerne fra Stenlille på Midtjælland. Stenen knuses til pulver og behandles med syrer osv., før den ender som en prøve på glas. (Se mere s. 18-23.)

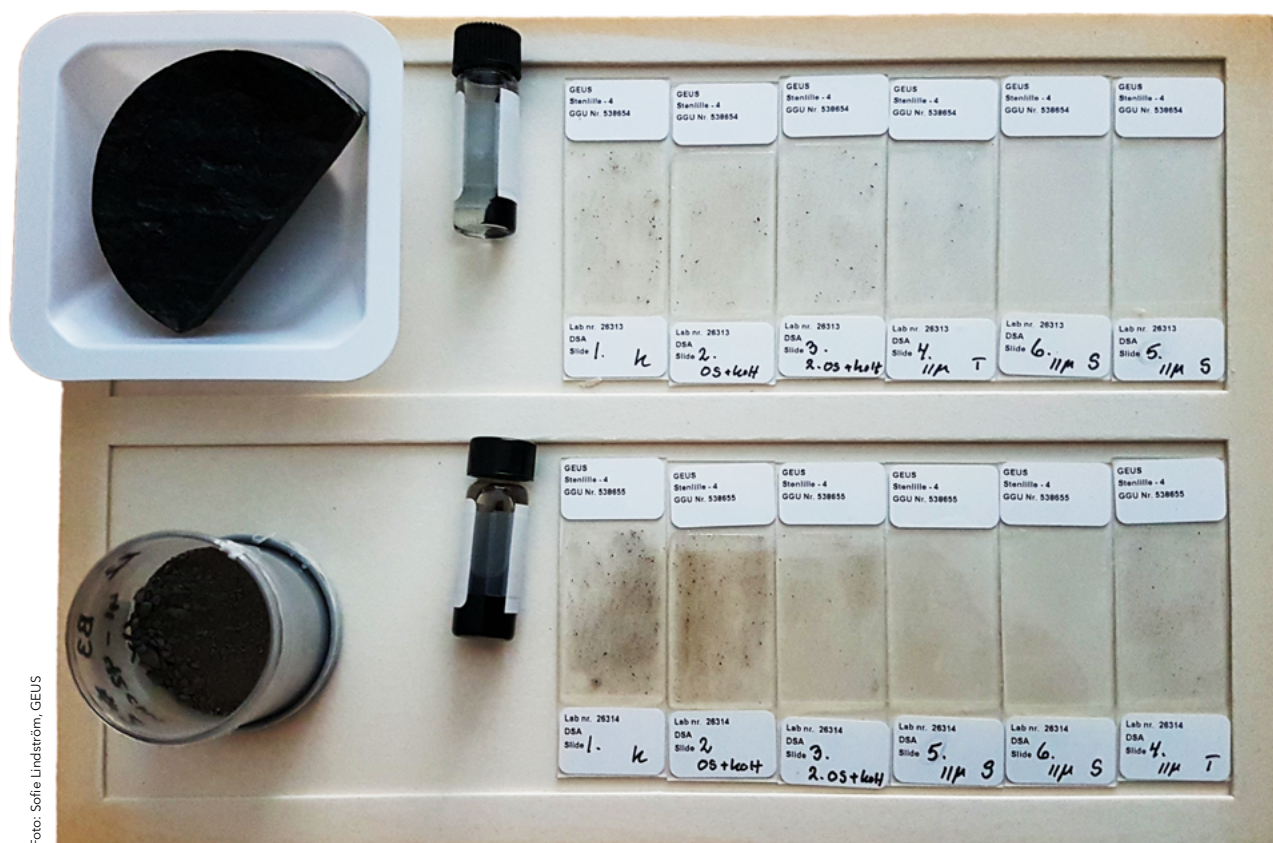


Foto: Sofie Lindström, GEUS



MØD EKSPERTEN

Navn: Sofie Lindström

Stilling:

Seniorforsker i stratigrafi,
De Nationale Geologiske
Undersøgelser for Danmark
og Grønland (GEUS)

Uddannelse: Ph.d. i historisk
geologi og palæontologi ved
Lunds Universitet i Sverige.

Arbejder med:

Fossile sporer, pollen og mikro-
alger fra Karbon til Miocæn.
Jeg bruger disse til at datere
lag, tolke, om lagene er dannet
i hav eller på land, og hvordan
klimaet var, da de var levende.
Jeg er særlig interesseret i store
og pludselige klimaændringer
dannet af storskala-vulkanisme,
der ledte til masseuddøender.

**Færdiggør sætningen: "Forsk-
ning i fortiden er vigtig, fordi ..."**

... det kan lære os om forgangne
tidens dyr og planter, og hvordan
de reagerede på store klimaskift
eller miljøændringer. Det kan
gøre os bedre til at forstå den
verden, vi lever i nu, samt de
udfordringer, vi står med på
grund af industrialismen og den
globale opvarmning.

"Det kan tolkes som, at bregnerne måske har været mere modstandsdygtige over for kviksvølvforgiftning end andre planter, men at de også har en grænse. Da der kommer en stigning i kviksvølvkoncentration i slutningen af masseudryddelsen, bliver det for meget for bregnerne, og i hvert fald to bregneslægter (træbregner og Schizaeaceae-bregner, se s. 19) lider her et knæk," siger hun.

"I den værste periode for bregnerne, lige da masseudryddelsen er slut for mange andre arter, er op til 56 procent af sporerne i prøverne mutanter. Mange af dem i svær grad."

Samtidig med, at nogle bregner går tilbage, går andre slægter mindst lige så meget frem. I hvert fald er der pludselig langt flere pollen og sporer i prøverne fra eksempelvis en træslægt, der minder om sumpcypres, og den nulevende plante padderok. (Se s. 19.)

Masseudryddelser er ikke simple

Kviksvølv kan altså, ifølge Sofie Lindström og hendes kolleger bag undersøgelsen, siges sandsynligvis at have spillet en rolle i den næstværste masseudryddelse på Jorden. Dermed ikke sagt, at det nu skal ses som den vigtigste årsag, pointerer hun. Slet ikke. Masseudryddelsen i Slut Trias, og mange af de andre gennem tiden, kan sagtens have haft mange sammenfaldende årsager. Faktorer, der måske ikke i sig selv ville være nok til at skabe en stor krise, men sammen med en række andre mere eller mindre tilfældige hændelser skabte en katastrofe, som dyr og planter ikke kunne tilpasse sig.

"Folk kan generelt godt lide, at masseudryddelser har én årsag, som eksempelvis en meteor eller klimaforandringer, men så enkelt tror jeg ikke, det er," siger hun.

Sikkert er det dog, at de store masseudryddelser næsten alle sammen skete i forlængelse af stor vulkansk aktivitet, og at det ganske sikkert har ført både klimaforandringer og øget koncentration af en masse skadelige stoffer med sig. Herunder kviksvølv.

"Men præcis hvor stor en rolle hvert element spiller i de enkelte masseudryddelser som helhed, ved vi stadig ikke. Vi kan indtil videre sige, at kviksvølv i hvert fald ser ud til at have haft en voldsom virkning på bregner," siger seniorforskeren.

Sofie Lindström planlægger nu at arrangere et nyt forsøg med kviksvølv i levende bregner under de forhold, som var til stede dengang for lidt over 200 mio. år siden. På den måde kan det måske blive mere klart, præcis hvordan de mange mutationer i de fossile sporer er dannet. Derudover håber hun, at endnu flere vil kaste sig over at forske i årsager til masseudryddelser. Både fordi det er spændende, og fordi det kan vise sig at blive kritisk nødvendig viden i den klimakrise, vi oplever lige nu, påpeger hun.

"Vi kan jo blandt andet trække en parallel til det, der sker i verden lige nu. Som samfund udleder vi i dag stort set de samme stoffer, som vulkaner udledte inden de store udryddelser. Bare i meget større mængder. Derfor kunne det være en god viden at have i dag." •

Nyere vulkankatastrofer

Også i nyere tid har store vulkanudbrud skabt problemer for dyr og planter. Et af de værste udbrud i nyere historisk tid var i 1783, da den **islandske spaltevulkan Laki** (billedet) gik i udbrud. Den 25 km lange vulkansprække var i konstant udbrud i otte måneder og dækkede nærområdet med 15 km³ lava og aske samt sendte over 100 millioner ton svovldioxid ud i atmosfæren. Det skabte udbredt syrerregn og forgiftning af luft, jord og vandløb. En fjerdedel af Islands befolkning døde af sult eller forgiftning den vinter (ca. 10.000 mennesker), og i Nordeuropa var der forhøjet dødelighed og fejlslagen høst i flere år efter.



Foto: Laki - Sune S. Seibæk - Store norske leksikon



Foto: Colourbox

Moderne vulkanudbrud

Det globale samfund udleder næsten 100 gange så meget CO₂ om året som alle Jordens vulkaner tilsammen. Det fastslog et studie fra Deep Carbon Observatory bragt i Elements Magazine i 2019. I de seneste ti år har vulkaner udledt ca. 0,4 milliarder ton CO₂ årligt, mens verdenssamfundet har udledt ca. **37 milliarder ton** om året. Det er dog vigtigt at pointere, at den type vulkanisme, der hærgede ved masseudryddelserne i f.eks. Slut Trias, var langt voldsommere end den, vi ser i nutiden. I Slut Trias-hændelsen udledte vulkanerne formentlig ca. 7 milliarder ton CO₂ om året i snit (i perioder meget mere). I gennemsnit var det altså stadig kun ca. en femtedel af, hvad mennesker udleder nu.



"DEN ENES DØD ..."

"...den andens brød," som man siger. Det gælder til dels for bregnerne i den Slut Triassiske massedød, som faktisk for en periode bliver mere talrige, da mange andre arter uddør. Her kan du se et udsnit af datagrundlaget for kviksølv-teorien, og hvordan krisen påvirkede økosystemet.

Sådan læser du figuren

Du skal forestille dig at bevæge dig halvanden kilometer ned i jorden, for det er, hvad graferne her gør. De viser analyseresultater fra prøver taget fra den samme ca. 45 m borekerne fra Midtsjælland (en af flere kerner undersøgt i studiet). Netop de 45 m svarer nemlig til lagene aflejret før, under og efter Slut Trias-massedøden. Graferne s.18 viser træbregnesporernes mutationsrate i forhold til kviksølvkoncentrationen i prøven. Graferne på s.19 viser udviklingen i den procentvise andel af sporer og pollen fra flere forskellige familier og slægter i samme lag, hvilket giver et fingerpeg om, hvordan økosystemet generelt har reageret på krisen.

Krisemarkør

Dinoflagellater er en familie af mikroalger, der er en af grundpillerne i havets fødekæde og derfor bruges som markør for hele fødekædens tilstand. Masseudryddelsen i havet ses derfor tydeligt i deres drastiske fald, hvor flere arter uddør.

! Inden masseudryddelse

Opsplitningen af Pangæa er i gang, og vulkanismen øges. Vulkanudbruddene sender store mængder kviksølv ud i miljøet (første stigning på kviksølvkurven), og samtidig får træbregnerne sporer flere og værre mutationer (orange og røde prikker). Vulkanismens konsekvenser er dog endnu ikke slået igennem i fødekæden, og antallet af land- og vandplanter er i rimelig balance (hyppighed af udvalgte spore og pollen i prøverne, s.19).

! Masseudryddelse begynder

Voldsom vulkansk aktivitet, som igen tilfører en stor portion kviksølv. Træbregnesporerne reagerer meget svagt på hændelsen og får kun lidt flere mutationer, som dog er milde. I antal går de imidlertid frem i forhold til andre planter (s. 19). Andelen af fossiler i prøverne fra havmikroalgen dinoflagellat begynder at falde, hvilket antyder, at mange arter i havet lider samme skæbne, og masseudryddelsen er officielt i gang.

! Under masseudryddelse

I noget tid kommer der ikke nogle større kviksølvudladninger, men mængderne i miljøet er stadig store og ophober sig i organismernes. Træbregnerne får ikke væsentligt flere mutationer, men dem, der er (orange og røde prikker), bliver værre. I forhold til andre planteslægter lider træbregnerne ikke samme nedgang, hvilket måske kan skyldes den mindre konkurrence om ressourcer som lys og plads.

! Efter masseudryddelse

Da masseudryddelsen faktisk er ved at være ovre, og mange arter lige så stille er i fremgang igen, kommer der endnu en portion kviksølv ind i miljøet. Det fører til en kraftig stigning i både antal og sværhedsgrad af mutationer hos træbregnerne (over 40 procent og kun røde og orange prikker). Måske skyldes det, at planterne over en lang periode har kunnet klare sig trods kviksølvmængderne fra starten af perioden, men da der kommer en ny ladning fra vulkanerne, bliver det alligevel for meget, og de går for en periode voldsomt tilbage (s.19). Samtidig har andre arter tilpasset sig den nye virkelighed og går frem i antal. På den måde begynder økosystemet at finde på plads i en ny orden.

SPOREMUTATIONER (TRÆBREGNER)

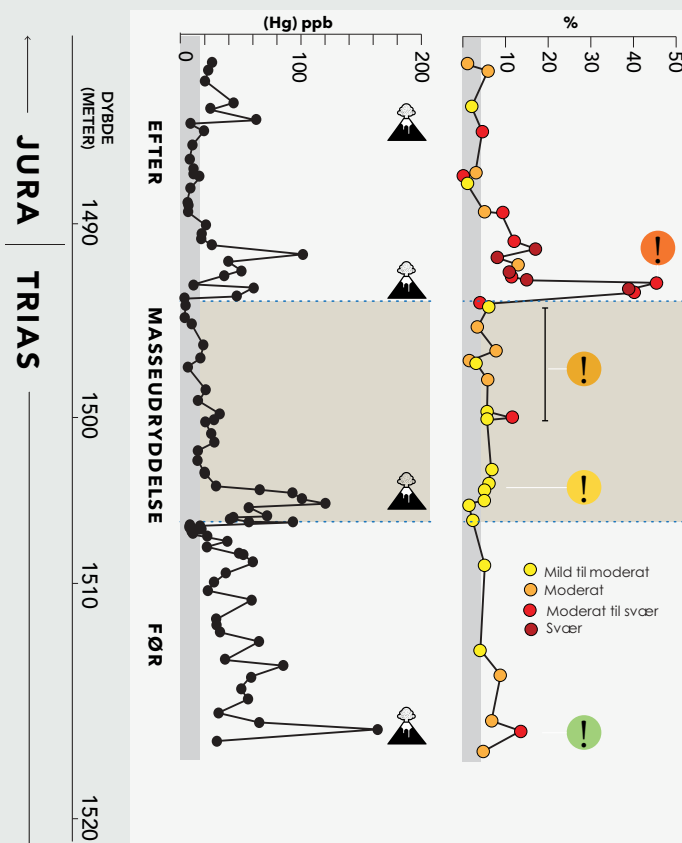
Hver prik viser en prøve fra den pågældende dybde i borekernen, samt hvor mange procent af sporerne der var muterede. Farve: sværhedsgraden af de værste mutationer i prøven.

KVIKSØLV (HG)-

KONCENTRATION

målt i 'parts per billion' (ppb) i prøven, som sporerne er fundet i.

Figur 8



Uddød og ukendt

Der er kun fundet forstenet pollen fra *R. tuberculatus*, og derfor kender man ikke udseendet, da den er uddød. Ligesom træbregnen blev den talrig under masseudryddelsen, men led pludselig et knæk, den aldrig kom tilbage fra. Også nåletræsfamilien Cheirolepidiaceae gik voldsomt tilbage, men kom sig efterfølgende. Dog kun for at uddø i Slut Kridt.

Kort succes

En art fra bregnefamilien Schizaeaceae (som denne spore stammer fra) fik en kortvarig succes under masseudryddelsen, men uddøde til sidst. Familien Schizaeaceae findes dog stadig i dag.

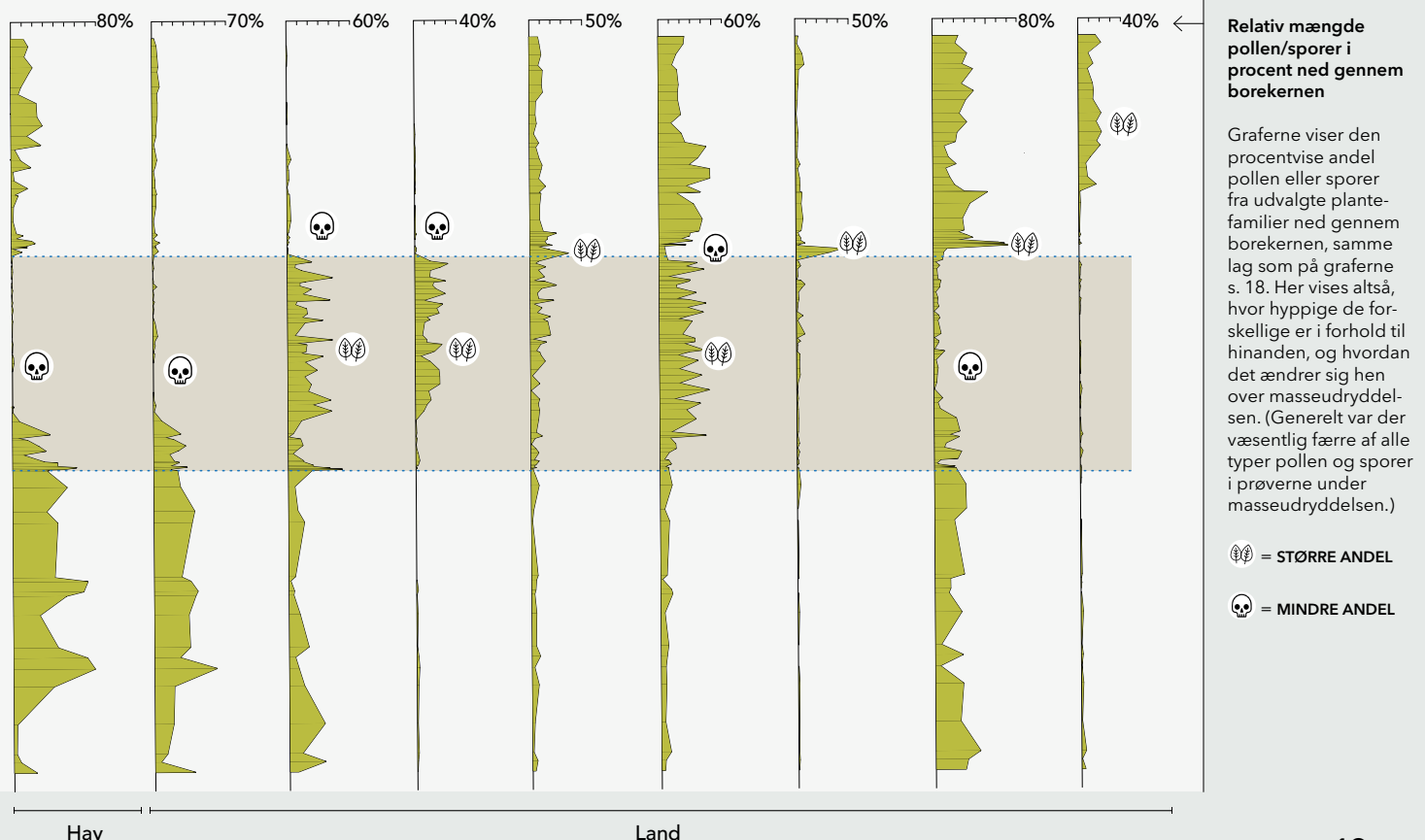
Den fra studiet

I takt med sin voldsomme stigning i mutationer i slutningen af masseudryddelsen går træbregnerne voldsomt tilbage. Tilbagegangen udnyttes af de lave bregner, padderokken og de sumpcypres-lignende træer, som alle tre bliver mere talrige under træbregnerens krise. Alle går dog lidt tilbage igen, som træbregnerne kommer sig.

Opblomstring

Fyrretræerne viser, at økosystemet aldrig bliver det samme igen. Som nogle træarter uddør, får andre lov at blomstre op i det nye frirum. Fyrretræer har siden haft stor succes.

FAMILIE/SLÆGT	VOKSEN PLANTE	SPORER/POLLEN
Dinoflagellat-cyster		
Cheirolepidiaceae (pollen)		
Ricciisporites tuberculatus (pollen)	?	
Schizaeaceae (sporer)		
Lave bregner (sporer)		
Træbregne (sporer)		
Padderokke (sporer)		
Sumpcypres-lignende træer (pollen)		
Fyrretræ (pollen)		



FRA FELTARBEJDE TIL BREAKING NEWS

Når medierne skriver: 'Nyt studie viser', går der en lang proces forud for det. Her kan du følge et eksempel på en geologisk pollen/sporeprøve fra prøvetagning i felten til nyhedsmedierne.

1



Foto: Udklip fra video fra Geovid 2, 2019, Underground Channel og Jens Aamand, GEUS.

UNDERGRUND PÅ LAGER

Faktisk er det vedtaget ved lov i Danmark, at hver gang nogen får lov at lave en dyb boring, skal de samtidig sørge for at indsamle, kategorisere og gemme det materiale, der bores op. Altså typisk en lang borekerne eller knuste stenstykker (alt efter stenens hårdhed og boremetoden). De indsendes til vores **fælles undergrundsarkiv** hos De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), hvor de opbevares i aflange trækasser i en kæmpestor lagerhal i Rødovre. Der er over 70.000 kasser, hvis indhold stammer fra undergrunden på land og til havs i primært det danske og grønlandske territorium.

2



Foto: Johanne Unrethoff, Kustitzoff, Geovid 2.

PRØVETAGNING I FELTEN

Første trin i processen er at skaffe råmateriale fra felten. Da de geologiske lag, forskerne er interesserede i, ofte ligger dybt nede i undergrunden, foregår det typisk ved at få mindre prøver fra store borekerner, som bores op i forbindelse med grundvandsboringer, olieeftersøgning og andet. De boringer kan være op til **flere kilometer dybe** og er en uvurderlig mulighed for forskerne for at undersøge de ellers utilgængelige lag.

Sommetider er man heldig, at de geologiske lag af interesse er blevet skubbet op til overfladen af tektoniske kræfter. Så kan geologerne tage ud og tage prøver direkte fra klippen, skrænten, eller hvad det måtte være.

3

BESTILLING AF PRØVER

Hvis det er den dybe undergrund, forskeren er interesseret i at undersøge, vil hun typisk bestille de relevante kasser med borekerner fra den pågældende dybde og lokation til sit laboratorium (i dette tilfælde hos GEUS' hovedkvarter i København). Der kan så **udtages en mindre prøve** af kernen på de steder, forskeren mener er relevante for hendes studie. Alt afhængigt af, hvad der skal undersøges, bestemmer forskeren, hvor mange prøver der skal tages, hvorfra i kernen, og hvordan de skal udtages. Jo flere prøver der tages ud, des mere detaljeret bliver studiets resultater typisk, men det betyder også, at flere prøver skal præpareres og analyseres. Hvilket alt sammen er dyrere og tager længere tid, så det er altid en afvejning.



4



Foto: Anders Drud Jordan, Underground Channel.

KNUSNING

Når prøverne er taget, ryger de typisk videre til laboratorier, hvor de bliver 'præpareret', altså forberedt eller behandlet, så forskeren kan undersøge det, hun skal. For eksempel pollen og sporer. Præpareringsprocessen starter typisk med, at stenprøven knuses, hvilket foregår ret lavpraktisk med en **stor hammer**. Det er nødvendigt for at kunne se alt det fra, man ikke er interesseret i, f.eks. sandkorn og kalk.

5



Foto: Anders Drud Jordan, Underground Channel.

AFSYRING #1: KALKFJERNING

Knusningen gør, at prøvematerialet får en meget større samlet overflade, og det er smart, når man kun vil se på prøvens sporer og pollen. Her er næste trin nemlig at afsyre prøven. Først hælder laboranten **saltsyre** på, hvorved alt kalk i prøven forsvinder. Prøven står i glasset med syre et døgn tid.

6

AFSYRING #2: SANDET FJERNES

Efter kalkfjerningen fjernes prøvens sand. Det kan foregå som vist på billedet i en tank med en meget stærk syre, kaldet **flussyre**, som netop opløser sand (men ikke plast). Hver enkelt prøve er her pakket ind i en finmasket filterdug samt en skumvaskeklud, som holder sammen på prøven, imens 'behandlingen' foregår. Efter en uges tid i syrebade er der kun pollen, sporer og andre organiske partikler tilbage.



Foto: Anders Drud Jordan, Underground Channel.

'Mummitrolde'

Prøverne i de små poser kaldes mummitrolde af laboranterne på GEUS.

7

SKYLNING

Når prøven er afsyret, skal den **skylles igennem** mange gange for at fjerne eventuelle rester af syre, der måtte være tilbage. Det foregår under vandhanen, mens den stadig er i sin lille pose.

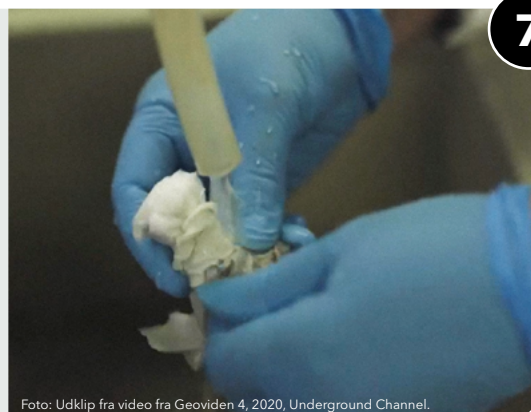


Foto: Udklip fra video fra Geovidien 4, 2020, Underground Channel.



Foto: Udklip fra video fra Geovidien 4, 2020, Underground Channel.

8

Foto: Udklip fra video fra Geovidien 4, 2020, Underground Channel.



KVALITETSTJEK

Nu laver laboranten en test af prøven, for at se om den er blevet god nok til, at forskeren kan bruge den. Hvis den er i orden, springes der videre til trin 9. Nogle gange skal prøverne dog finpudses yderligere. Måske er **massen for mørk** til, at man rigtig kan vurdere den under mikroskopet, og så skal den lysnes. Det kan man gøre ved at oxidere prøven med en syre som her på billedet. Hvis prøven derimod er blevet for lys, kan der tilsættes lidt farve, så pollen og sporer bliver lettere at identificere.

9

SORTERING MED URSKIVE

Når mikrofossilerne i prøven ser tilfredsstillende ud, skal de isoleres, hvilket typisk sker på en ret speciel måde. Her bruges en tynd, skålformet glaslinse på størrelse med en underkop. Prøven hældes ned i skålen, kaldet urskiven, og den snurres rundt som en snurretop. Glassets form og bevægelse gør, at alle de letteste partikler (f.eks. pollen og sporer, der er hule) lægger sig øverst i vandsøjlen, og de tungere partikler (f.eks. kvartskorn), lægger sig i bunden. Laboranten kan nu **suge det øverste lag væske op** med en pipette og dermed have isoleret alle de pollen og sporer, som var i den oprindelige prøve.

Foto: Udklip fra video fra Geovidien 4, 2020, Underground Channel.



Svendestykket

Urskiverne fremstilles i hånden, og er efter sigende så svære i tykkelse og form, at de er et svendestykke for glaspusterere.

“Prøven hældes ned i skålen, kaldet urskiven, og den snurres rundt som en snurretop”

10

KVALITETSTJEK OG FÆRDIGT PRODUKT

Laboranten vurderer igen, om prøven er god nok til, at forskeren kan bruge den. Nogle gange har isoleringen ikke virket som ønsket, og trin 9 gentages.

Når alt er tilfredsstillende, dryppes væsken dråbevis over på en række tynde glasplader. Når dråben er tørret ind, limes glasset sammen med et andet glas (et såkaldt objektglas), og prøven er nu fikseret og kan gemmes i mange år. Hver enkelt plade med en dråbe af **prøven kaldes 'et slide'** (altså engelsk for en skive), og det er det produkt, der leveres til forskeren.

Foto: Sofie Lindström, GEUS





Der går cirka fire uger, fra laboranten modtager den udvalgte prøve, og til den er færdigpræpareret. Forskeren modtager nu prøverne på en lang række slides og går i gang med at analysere dem under mikroskop. Med pollen- og sporeanalyse foregår det typisk ved at **tælle og identificere** alle de forskellige slags pollen og/eller sporer, man ser på hvert slide.

12



I et videnskabeligt studie kan der være mange forskellige prøver fra forskellige steder og af forskellige typer indover. Derfor skal forskeren måske analysere mange hundrede slides med sporer, identificere dem, hun ikke kender i forvejen, og derudover analysere prøver for f.eks. organisk materiale, kviksvovlindhold, mineralsammensætning eller andet, der er relevant for den sammenhæng, hun gerne vil vide noget om.

Når alle data er indsamlet og sat sammen i grafer, tabeller osv., kan hun gå i gang med at vurdere, om der er en **sammenhæng mellem de parametre**, hun har undersøgt.

13

Når behandling og analyse af data er færdig, vil forskeren ofte gå i gang med at **skrive en videnskabelig artikel** om sine resultater. Den fungerer som formidling af resultaterne til andre forskere og sendes ind til et videnskabeligt tidsskrift, som vurderer, om den er god nok til at blive udgivet. Her sendes den ud til en række anonyme forskere, som læser den og kommer med konstruktiv kritik. Måske mangler der nogle data, før forskerens konklusion er rigtig overbevisende. Så er det nogle gange tilbage til start. Andre gange udgives den uden store ændringer.

During the past 600 million years of Earth history, four of five major extinction events were synchronous with volcanism in large igneous provinces. Despite improved temporal frameworks for these events, the mechanisms causing extinctions remain unclear. Volcanic emissions of greenhouse gases, SO_2 , and halocarbons are generally considered as major factors in the biotic crises, resulting in global warming, acid deposition, and ozone layer depletion, which, in turn, may have caused the extinctions. We have examined the volcanic record across the Triassic-Jurassic boundary in southern Scandinavia and northern Germany correlate with intense volcanic activity in the Central Atlantic Magmatic Province. The increased levels of mercury—the most geotoxic element on Earth—also correlate with high occurrences of abnormal fern spores, indicating severe environmental stress and genetic disturbance in the parent plants. We conclude that this offers compelling evidence that emissions

Foto: Udklip fra Science Advances, Lindström et al. 2019

14



I dette tilfælde så vil vi gerne vide noget om disse sandlag som ligger i disse kernekasser. -

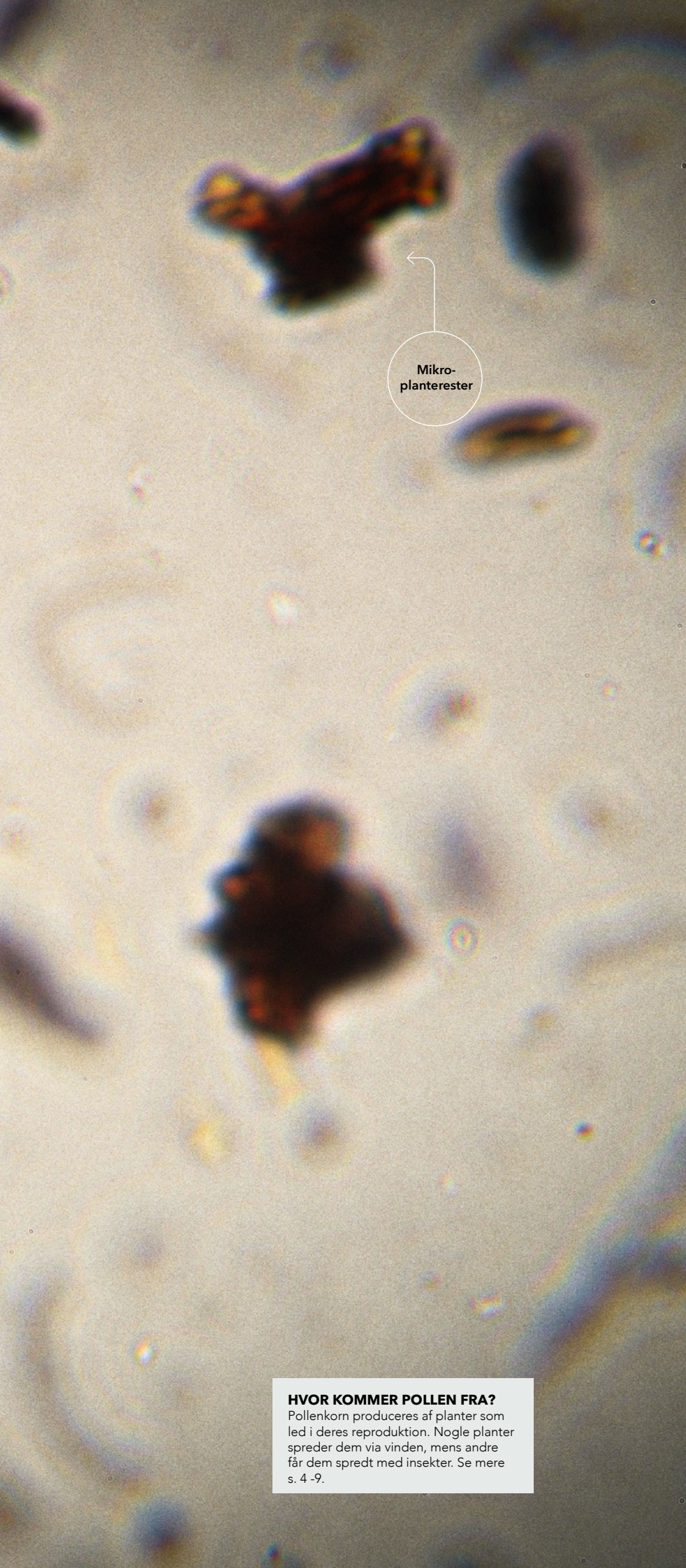
Når forskeren har fået udgivet sin artikel, skrives der ofte en pressemeddelelse om, hvad studiet handler om, som sendes ud til medierne. Nogle gange laves den af det universitet eller den institution, forskeren arbejder hos, nogle gange skrives den af tidsskriftet selv eller begge dele. Andre gange opdager medierne det selv. Hvis medierne synes, det er en god historie, bringer de den i deres nyhedsflade, og på den måde når forskerens **resultater ud i det brede samfund**, hvor de kan være til gavn og fascination.

LORT OG LATRIN!

NYE POLLEN SKREV DANSK MADHISTORIE

Pollen fra agurk
(*Cucumis sativus*)
fundet for første
gang i et dansk
latrin.

Pollen fra bynke
(*Artemisia*). Meget
talrig i miljøet og
regnes ikke som
en plante, der blev
spist.



Analyse af pollen i indhold fra genopgravede gamle latriner afslørede op til flere nye madvarer i middelalderens køkkener.

Indbyggerne i 1500-tallets Svendborg gnaskede agurker og dyrkede rabarber. Denne information blev tidligere i 2020 grund til at skrive de danske (mad-)historiebøger om. Indtil da troede historikere og arkæologer nemlig, at agurken først kom til Danmark i 1600-tallet, og at rabarber først blev introduceret i 1800-tallet. Det skyldes, at begge arter langt fra er naturligt forekommende i Danmark, selvom det i dag kan virke sådan, når man går ind i et supermarked. Mindre spændende bliver det ikke af, at den viden udelukkende kom frem på grund af pollenanalyse foretaget på datidens latrinindhold. Altså gammel afføring, for at skære det ud i pap. Det fortæller Nationalmuseets pollenforsker Morten Fischer Mortensen, som er manden bag selvsamme analyse.

”Jeg er meget glad for resultaterne. Der er blevet kigget på frø og planterester i gamle latriner før, men det er første gang, vi også undersøger pollenindholdet. Så det var spændende, at pollenanalysen faktisk viste os flere planter, end vi ville have fundet ved kun at se på frø og plantedele,” siger han.

Ud over agurker og rabarber fandt Morten Fischer Mortensen for første gang pollen fra kryddernellike og citrusfrugter i et 1600-tals latrin på Kultorvet i København.

Kun byboernes madvaner gemmes

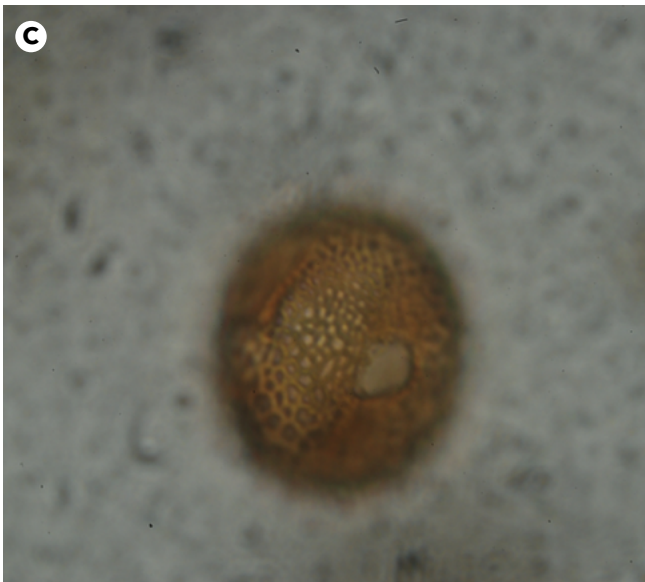
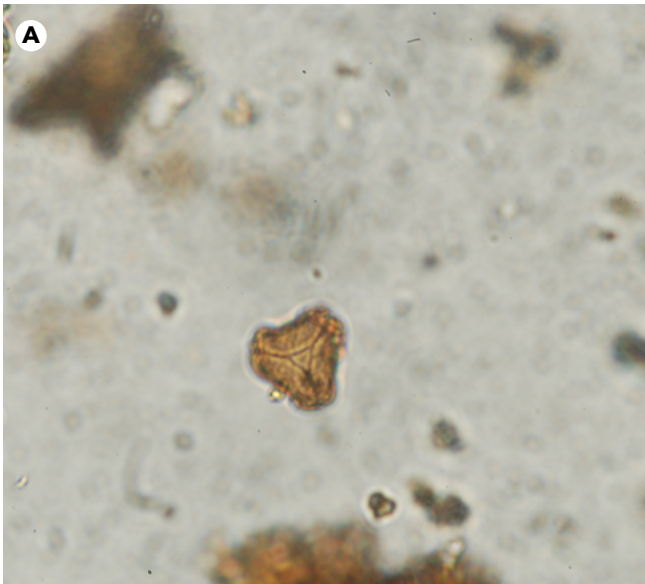
Latrinerne har typisk været byboernes måde at håndtere fækalieængderne på – ude på landet gik man blot ud på møddingen eller i stalden og gjorde sit. I byen var der ikke den mulighed, og derfor fik husstandene i stedet en tønde eller kasse nede i gården, som kunne holde lidt sammen på sagerne.

”De blev tømt jævnlige af de såkaldte natmænd, men når de på et tidspunkt var udtjente, blev de nedlagt. Herefter er de ofte blevet dækket til med jord, og derfor kan vi være heldige at finde dem og deres indhold selv mange hundrede år efter,” siger Morten Fischer Mortensen.

Der har arkæologerne så adgang til de jordiske rester af folks fordøjede måltider, som under mikroskop kan afsløre, >

HVOR KOMMER POLLEN FRA?

Pollenkorn produceres af planter som led i deres reproduktion. Nogle planter spredte dem via vinden, mens andre får dem spredt med insekter. Se mere s. 4-9.



- Ⓐ Pollen fra kryddernellike (Myrtaceae). Den var talrig i prøven, formentlig fordi kryddernelliker i sig selv er tørrede blomster, som hver især indeholder tusinder af pollenkor.
- Ⓑ To pollen fra tobak (Nicotiana), også kaldet bondetobak, som formentlig var dyrket i Danmark.
- Ⓒ Pollen fra citrusfrugt, formentlig enten citron eller pomerans (*Citrus limon/aurantium*)
- Ⓓ Pollen fra rabarber (Rheum).

“Når vi spiser planter, spiser vi tit også små mængder pollen, fordi det for eksempel er drysset af fra plantens eller naboplantens blomster”

hvad de har spist. Jo flere latriner man undersøger, des bedre billede får man derfor af madvanerne i byerne gennem tiden.

Forskeren forklarer, at man dog skal holde tungen lige i munden, for nogle gange er der også blevet smidt andet skrald i latrinerne. Ting, som ikke er indgået i kosten, men som stadig fremgår af undersøgelserne. Blandt andet fandt forskerne resterne af en død kattekilling, som de antog ikke var blevet spist, men blot 'begravet' i latrinen.

"Selvom det ikke er blevet spist, kan vi stadig konkludere, at den pågældende ting har været til stede i den by. Vi er ikke sikre på, om rabarber har været spist som en del af maden eller brugt som medicin for eksempel, men vi kan sige ud fra den pollen, vi fandt, at den har groet i Svendborg."

Latriner på lager

Netop hvad folk har spist gennem tiderne, hvad der er dukket op, og hvad der er forsvundet igen, var det, Morten Fischer Mortensen og kollegerne gerne ville finde ud af. Der var ikke tidligere lavet en undersøgelse af ændringer over lang tid, hverken med eller uden pollenanalyse.

"Vi havde en del latrinprøver fra forskellige ældre udgravninger liggende i vores arkiv, som ikke var blevet analyseret endnu, så det gav god mening at bruge dem," siger forskeren.



LIVSVIGTIG KÅL

I middelalderen var kål en meget vigtig del af føden, bl.a. fordi den holdt sig frisk om vinteren, når der ellers manglede frugt og grønt. Derfor blev tyveri af kål anset som en alvorlig forbrydelse. Dette fremgår bl.a. af Jyske Lov fra 1241. En optegnelse af ejendomme i København fra 1377 viser desuden, at næsten samtlige husstande havde egen kålgård.

Illustration: Colourbox

Det blev til prøver fra i alt 12 latriner, der daterer sig fra starten af vikingetiden (omkring år 800) og frem til renæssancen (cirka 1680). To fra byer på Fyn og ti fra byer på Sjælland (se **fig. 9**). For at få det fulde billede af det spiste blev der lavet tre undersøgelser på latrinerne. Morten Fischer Mortensens kollega fra Nationalmuseet Mette Marie Hald tog sig af at analysere prøverne for de såkaldte makrofossiler, altså større dele af planterne som frø og plantedele. Betina Magnussen fra Globe Institute ledte efter brudstykker af dyrekogler, og Morten Fischer Mortensen selv gik på pollenjagt.

"Grunden til, at vi gerne ville se på pollen også, er, at de større plantedele ikke altid er bevaret, men pollen er meget svært nedbrydelige, så de kan stadig spores selv efter meget lang tid i jorden. Når vi spiser planter, spiser vi tit også små mængder pollen, fordi det for

eksempel er drysset af fra plantens eller naboplantens blomster og ned på blade eller rødder," forklarer Morten Fischer Mortensen.

Overraskende alsidigt

Efter at have skilt prøverne fra sand, grus og andet ikke-organisk materiale gennemgik pollenforskeren de tilbageværende partikler under sit mikroskop og talte og identificerede de pollen, han fandt. (Se resultaterne i **fig. 9 s. 28**.)

"Fra et latrin udgravet på Kultorvet i København fandt jeg nogle små, uanselige pollen, som ikke ligner nogle, man normalt finder i Nordvesteuropa," fortæller han.

Derfor dobbelttjekkede han med nogle kolleger, som kunne bekræfte, at de stammede fra krydderelliker, som på daværende tidspunkt kun voksede på Molukkerne ved Indonesien. Der dukkede desuden de førnævnte citrus- og ➤



(Tv.) En latrinprøve sies gennem et tårn af sier med mindre og mindre huller. På den måde kan man adskille indholdet i latrinprøverne efter størrelse og f.eks. fraskille de organiske makrofossiler, som også blev undersøgt.

(Th.) Morten Fischer Mortensen udtager en prøve fra et latrin til pollenanalyse. Her skal kun en ret lille mængde til. Hvis man skulle tælle alle pollen i hele latrinet, ville det tage umenneskeligt lang tid, og typisk er en stikprøve nok, da pollen er så små og talrige.

Hvad fandt de i latrinerne?

Findested	O = Pollen ● = Plantedele												Tidsperiode																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										

Figur 9



Pollen fra **korsblomstfamilien** findes i samtlige latriner. Ud over familiens vigtigste spiseplanter, kål, menes mange af pollen-kornene at stamme fra honning. Bier er nemlig meget glade for korsblomstfamiliens blomster, og honning er typisk fuld af pollen fra de blomster, bierne har besøgt. Med sin hvinende sødme har honning altid været populær blandt mennesker (og andre dyr).



Korn er også rigt repræsenteret i latrinerne i hele perioden. Brød og grød har nemlig været en hovedbestanddel i kosten og er blevet spist med grøntsager, kød eller frugt som tilbehør. Ikke alle korn typerne kunne artsbestemmes, og derfor er nogle blot noteret som 'korn'.



Ingen kartoffel?! Kartoflen mangler i prøverne, fordi den først kom til Danmark i 1700-tallet og i de første mange år kun blev dyrket som dyrefoder. Modsat i dag, hvor den af mange danskere regnes som uundværlig i madlavningen, var den altså ikke på menuen i hele den næsten 900 år lange periode, latrinstudiet undersøgte.



Der er også fundet mange gamle latriner i Jylland, men denne undersøgelse fokuserer på øerne.



Arkæologerne mener, at krydderier og krydderurter tidligere er blevet brugt i maden i større mængder end i dag. Det kunne nemlig skjule, at madvarerne ikke altid var helt friske. Eksotiske og potente krydderier importeret langvejsfra, som **kryddernellike**, var en stor luksus og derfor meget dyr.

Illustration: Lykke Sandal, Geovidens, på baggrund af figur af Morten Fischer Mortensen, Nationalmuseet



Maleri: Pieter Aertsen, 'Valktrui van Garmescheur'



Latrinerne dukker primært op i byer, da man ude på landet blot gik på møddingen eller i stalden, når man skulle af med noget.

DE RIGE PÅ KULTORVET

Her tv. ses de to latrintønder, der blev fundet på Kultorvet i Københavns centrum under en udgravning, og som er ophavet til resultaterne fremhævet med stærk orange på **fig. 9**. Det er de latriner, der har flest forskellige planterester, og det er også kun her, der er fundet kryddernellike og citrus. Mange forskellige og ret eksotiske varer har været forbeholdt de rige, og man regner også med, at latrinerne er blevet brugt af en velhavende **hollandsk købmandsfamilie**. Kultorvet var nemlig dengang hjemsted for flere hollandske handelsfamilier, og da kryddernellikens oprindelsesland, Indonesien, dengang var en hollandsk koloni, passer det fint med, at de har haft adgang til det eksklusive krydderi. Måske de andre varer kunne købes på det lokale marked som på **maleriet herover?** (som dog er fra 1567). Der er desuden fundet stykker af hollandske kakler og kridtpiber i jorden – begge dele noget, som hollænderne bragte med sig fra hjemlandet.

KØD PÅ MENUEN

Latrinerne indeholdt knoglerester fra følgende dyr:



Due



Gris



Får/ged



Fisk



Gås



Okse



Kat + hund(?!)



MØD EKSPERTEN

Navn:

Morten Fischer Mortensen

Stilling:

Seniorforsker ved Nationalmuseets enhed for Miljøkæologi og Materialeforskning

Uddannelse:

Ph.d. fra Geologisk Institut, Aarhus Universitet. Inden da bachelor og kandidat i biologi fra Københavns Universitet.

Arbejder med:

Krydsfeltet mellem naturvidenskab og arkæologi med særlig fokus på vegetationshistorie og naturhistorie, samt menneskets interaktion med naturen. Både hvordan vi har påvirket naturen, og hvordan den har påvirket os helt tilbage fra de første indvandrere i Danmark efter istiden og frem til i dag.

Hvordan blev du pollenforsker?

Jamen, jeg har altid haft en stor interesse for historie og arkæologi, og så ... Ja, hvordan få'en er jeg egentlig endt her? Ofte er det jo tilfældighedernes spil. Men nej, jeg havde jo en underviser på universitetet, der fortalte om det her krydsfelt mellem arkæologi og biologi, og så faldt der bare noget på plads i mig. Da jeg fandt ud af, at man kunne få et job, hvor man arbejder med det hver dag, så var det dét, jeg skulle. Ellers var jeg nok blevet naturvejleder, vil jeg tro.

Har du et yndlingspollen?

Ja, det har jeg vel egentlig nok. Sådan et som lind er jeg altid glad for at finde, hvis det er de mere almindelige typer, vi er ude i. Den har et pænt pollen. Så er der også mistelten og vedbend, som har nogle virkelig smukke pollen.

agurkepollen op, og derudover fandt han i andre latriner pollen fra en lang række bær, frugter og krydderier som figner, druer, hamp og tobak.

”Jeg var ret overrasket over, hvor alsidigt deres vareudvalg var. Hvis man ser film, der foregår i middelalderen, er det ofte noget meget kedeligt, de får at spise. Det har det måske også været nogle gange, men den her undersøgelse slår fast, at folk i byerne har haft adgang til en masse friske frugter, bær og eksotiske varer langvejsfra.”

Den forsvundne porse

Op gennem middelalderen (1100-1600) er der kommet flere typer frugt og grønt til Danmark fra middelhavsområdet, for eksempel citrus og figner, og i renæssancen (1600-tallet) kommer endnu mere eksotiske varer til landet med de hastigt ekspanderende handelsruter.

”Nogle af dem har også været dyrket herhjemme, men en del har uden tvivl været importeret som færdige produkter, eksempelvis kryddernellike. Den tobak, vi fandt pollen fra i Hillerød-latrinet, kan sådan set godt være dyrket her i landet, men plantearten er oprindeligt ført hjem fra Den Nye Verden, altså Amerika,” fortæller han.

”På den måde er det sjovt at se renæssancens voksende globale handelsnetværk folde sig ud i et lille latrin.”

Generelt er der kun kommet flere forskellige madvarer i latrinerne over tid, men der er også en enkelt, der er forsvundet, fortæller Morten Fischer Mortensen.



Foto: Colourbox

DANMARK ELSKER AGURKER

Hvert år køber og for-tærer vi danskere flere hundrede ton agurker. Det er den tredjemest populære grøntsag næst efter tomat og kartoffel. Agurken stammer fra Indien og har formentlig været dyrket af mennesker i 3000 år.

”I de prøver, vi har fra vikingetiden og starten af middelalderen, er der pollen af porse. Det finder vi ikke igen i nogen af de andre, senere latriner.”

“Jeg var ret overrasket over, hvor alsidigt deres vareudvalg var”

Det skyldes formentlig, at porsen blev brugt hovedsageligt i ølbrygning som krydderi og delvist antibakterielt middel, men i 1516 blev det vedtaget ved lov i Bayern, at nu måtte man ikke længere bruge porse i sit øl. Loven var delvist indført for at mindske konkurrencen om andre kornsorter end byg, så bagerne kunne bage billigere brød. Muligvis har den nye, mere rene bryggemetode kaldet Reinheitsgebot også skabt trend i Danmark.

Kommet for at blive

De bittesmå pollenpartikler på få mikrometers størrelse er altså vigtige for at

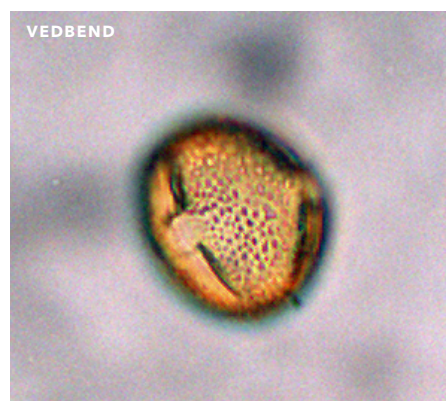
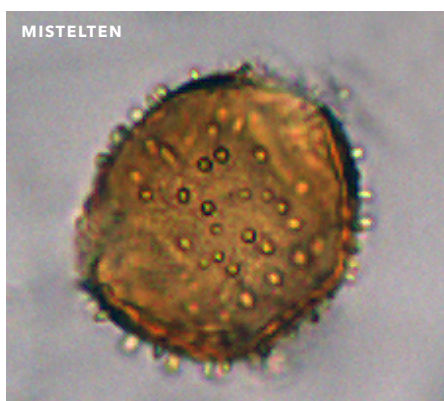
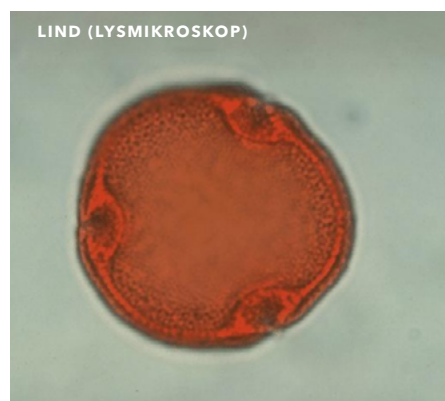
få indblik i vores forfædres madvaner. Historikere har kunnet skabe sig et indtryk gennem gamle skriftlige kilder som kogebøger, men først med de arkæogeologiske undersøgelser som pollenanalyse kan man få syn for sagn, pointerer Morten Fischer Mortensen.

”Kogebøger kan være et udtryk for et idealiseret billede af madkulturen og afspejler ikke nødvendigvis, hvad folk rent faktisk har spist. Derfor er analyser som den her vigtige.”

Derudover kan latrinundersøgelserne fortælle os om sundhedstilstanden gennem tiden, fortæller seniorforskeren; herunder hvilke parasitter folk har døjet med, og hvilke lægeplanter de har brugt.

Ifølge ham er pollenanalyserne i arkæologien kommet for at blive.

”Metoden har været brugt i arkæologien i næsten 100 år, og jeg tror, at den også kommer til at blive brugt en del fremover. Blandt andet fordi den kan bruges til at afdække miljøændringer, som er et vigtigt parameter i mange andre undersøgelser, for eksempel i arkæologisk DNA-forskning, som bliver mere og mere udbredt.” •



Fotos: Morten Fischer Mortensen, Naturhistorisk Museum

geo viden

Udgiver: Geocenter Danmark

Ansvarshavende:
Mette Buck Jensen, GEUS

Redaktør og skribent:
Johanne Uhrnholt Kusnitzoff, GEUS

Design: Lykke Sandal, GEUS

Korrektur: Caroline Dea Rutter, GEUS

Tryk: Rosendahls A/S

Eftertryk: Tilladt med kildeangivelse

Kontakt: geoviden@geus.dk

ISSN: 1604-6935 (papir)

ISSN: 1604-8172 (elektronisk)

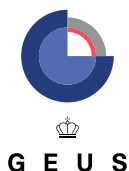
Geoviden udgives af Geocenter Danmark og er målrettet undervisningen i gymnasierne. Bladet udkommer fire gange om året. Abonnement er gratis og tegnes på geoviden.dk. Her kan man også læse bladet og finde ekstramateriale såsom video.

GEOCENTER DANMARK

Geocenter Danmark, der udgiver Geoviden, er et samarbejde mellem De Nationale Geologiske Undersøgelser for Danmark og Grønland (GEUS), Institut for Geoscience ved Aarhus Universitet samt Institut for Geoviden-skab og Naturforvaltning og Statens Naturhistoriske Museum, begge ved Københavns Universitet. Geocenter Danmark er et center for geoviden-skabelig forskning, uddannelse, rådgivning, innovation og formidling på højt internationalt niveau.



**De Nationale Geologiske
Undersøgelser for Danmark
og Grønland (GEUS)**
Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 38 14 20 00
E-mail: geus@geus.dk



**Institut for Geovidenkab og
Naturforvaltning (IGN)**
Øster Voldgade 10
1350 København K
Tlf: 35 32 25 00
E-mail: ign@ign.ku.dk



Statens Naturhistoriske Museum (SNM)
Øster Voldgade 5-7
1350 København K
Tlf: 35 32 23 45
E-mail: snm@snm.ku.dk

Institut for Geoscience (IG)
Aarhus Universitet
Høegh-Guldbergs Gade 2, B.1670
8000 Aarhus C
Tlf: 89 42 94 00
E-mail: geologi@au.dk



Illustration: Colourbox

NÆSTE NUMMER: MINERALSK SKÆBNETIME

Ingen klimatilpasning uden grøn teknologi, og det kræver mineralske råstoffer i rå mængder. Hvordan skaffer vi nok? Læs om den skjulte klimaf flaskehals i forårets Geoviden.