



# LUND UNIVERSITY

## Jord - funderingar kring grunden för vår tillvaro

Wallander, Håkan

2015

*Document Version:*  
Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*  
Wallander, H. (2015). *Jord - funderingar kring grunden för vår tillvaro*. Bokförlaget Langenskiöld.

*Total number of authors:*  
1

### General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:  
Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117  
221 00 Lund  
+46 46-222 00 00





# Jord

FUNDERINGAR KRING GRUNDEN  
FÖR VÅR TILLVARO

Håkan Wallander

© Håkan Wallander  
Omslagsbild: Johan Laserna  
Omslag och grafisk form: Johan Laserna  
Papper: Munken Pure  
Första upplagan utkom på Atlantis 2012  
Tredje tryckningen  
Stockholm, 2017  
ISBN 978-91-87007-82-8

Första upplagan trycktes med stöd från  
Stiftelsen Anna och Gunnar Vidfelts fond för biologisk forskning,  
Kungliga Fysiografiska Sällskapet i Lund  
samt Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien.

Om träden inte fanns, skulle  
ingen människa ha fantasi nog  
att uppfinna dem.

*Jan Danielsson*



# Innehåll

Förord	11
Den livsviktiga jorden	13
Vad är ett hållbart jordbruk?	14
Jordens olika komponenter	15
Ökenspridning i Afrika	19
Hur jorden påverkas av salt	28
Jorden rasar ner från bergssluttningarna i Nepal	33
Mer eller mindre lyckade biståndsprojekt	36
Ekologisk odling – ett hållbart jordbruk?	38
Hur bildas jord?	43
De allra första jordarna	43
En vandring på Kreta ger nya insikter	48
Jordmånsbildning vid en glaciärkant	49
Podsolering och jordmånsbildning i Sverige	53
Växterna snabbar på jordmånsbildningen	58
Naturens egna jordarkiv	60
De första växterna behövde svampar	62



Blomsterprakt och näringsbrist	65
Blomsterrika marker i Sarek och på det öländska alvaret	65
Fosforbrist och mykorrhiza kan förklara blomsterprakten	71
Vissa växter trivs i sura marker	74
Artrika blomstermarker under människans hävd	76
Hur barnens lek kan hjälpa blommor och bin	82
Även naturen själv kan förgifta marken	85
Livet i jorden	89
Mångfalden i jorden	89
Livets väv i jorden	96
Daggmaskar på en gräsplan i Tomelilla	104
Daggmaskarna: hjältar i Europa, marodörer i Minnesota	109
Termiter som ingenjörer	111
Termiternas kulturella bidrag till mänskligheten	115
Näringens cirkulation	117
Min hushållskompost	117
Vid Tiputinifloden i Amazonas	122
I regnskogen är nedbrytningen så snabb att jord knappt hinner bildas	126
Stilla nätter faller jätteträd i djungeln	130
Spjutsporer – huaoranispjut	132
Dyngbaggar och dyngsvampar – viktiga aktörer på nedbrytningens scen	135
Den låga temperaturen i Skandinavien gör att tjocka humuslager kan byggas upp	140
Svensk täckodling härmar regnskogen	146

Biologisk krigföring	147
Hur jordens organismer kan hjälpa oss	147
Människor har mycket att lära av svampodlande myror	151
Biologisk kontroll	154
En fråga om smak	161
Terroir – finns vinets smak i jorden?	161
Hur man får smak på sina tomater	168
Jorden och klimatet	173
Hur torvjordar kan bidra till klimatförändringar	173
I Abisko följer forskarna kolets väg från torv till atmosfär	175
Kolflödet från marken – klimatforskarnas stora frågetecken	177
Uthållig användning av gödselmedel	183
Finns lösningen i regnskogen?	186
Epilog	192
Ordlista	196
Litteraturtips	199
Tack	203
Bildrättigheter	204



## Förord

Jag har alltid tyckt om att sticka fingrarna i jorden. Inte bara när jag gräver i mitt trädgårdsland utan även när jag är ute i skogen och tar prover för min forskning. Precis som professor Katarzyna Turnau på bilden älskar jag att krafsa runt bland löven och känna doften av svamp. Jag brukar lyfta upp jorden som vilar mot ett stenblock för att se på trädrotterna. Vissa är gula, andra rosa eller svarta. De förgrenar sig i alla möjliga former. Svampmycelet som växer ut från rötterna tar sig in i jordens allra minsta skrymslen och hjälper träden med näringsupptaget. I utbyte får de socker via trädens fotosyntes. Dessa svampar har varit mitt forskningsområde de senaste tjugotvå åren, de första sju på lantbruksuniversitetet i Uppsala och de senaste femton på universitetet i Lund.

Som forskare har jag besökt många spännande platser: regnskog i Sydamerika, öken i Afrika, glaciärer i Nordamerika och skog och tundra i Skandinavien. Dessa resor har inneburit upplevelser av skilda slag. Skönhetsupplevelser har blandats med intressanta möten med människor som besitter stor kunskap. Många frågor har väckts och många nätter har jag legat vaken och funderat på mätningar och experiment som jag skulle vilja utföra.

Vissa forskare besitter kunskaper om specifika organismer i marken eller kemiska och fysikaliska egenskaper hos jorden som kan kopplas till det som växer i den. Andra har arbetat sig fram mot en helhetssyn för att förstå hur olika komponenter i jorden samverkar och hur de påverkar viktiga processer som nedbrytning och näringens cirkulation. Några av dessa forskare kommer till tals i denna bok. Några nämns vid namn i texten, medan andra nämns via litteraturlistan i slutet av boken.

En del ord jag använder kan upplevas som svåra och jag har gjort en ordlista i slutet av boken för att underlätta för läsaren.

Boken inleds med ett kapitel om hur betydelsefull jorden är för oss och hur avgörande det är att vi bevarar jordens goda egenskaper. Sedan följer mer grundläggande kapitel om hur det går till när ny jord bildas och hur jordens beskaffenhet påverkar vad som växer i den. Jordens invånare presenteras i kapitlet "Livet i jorden" och i det följande kapitlet åskådliggörs hur deras verksamhet får näringen att cirkulera så att livet kan fortskrida. I kapitlen "Biologisk krigföring" och "En fråga om smak" ges några mer praktiska exempel på hur jordens invånare kan hjälpa oss och huruvida jorden påverkar smak och kvalitet på våra livsmedel. Sista kapitlet blickar mot framtiden och visar att vårt sätt att bruka jorden kan få avgörande betydelse för framtidens klimat. Kanske är detta kapitel lite svårare att läsa men ämnet är komplicerat och här finns några av de hårdaste nötterna att knäcka för framtidens klimatforskare.

I boken försöker jag väva in faktakunskapen i berättelser från resor och olika vardagliga upplevelser. I vissa fall bygger kunskapen på egen forskningserfarenhet, i andra har jag fått lita till den vetenskapliga litteraturen eller till mina kollegor. Jag har inte haft ambitionen att täcka in alla alternativa förklaringar till och hypoteser om olika fenomen jag beskriver. Snarare har jag velat väcka intresse och lust för det som är så fundamentalt för hela vår existens: jorden som vi odlar vår mat i och som ligger till grund för alla våra landbaserade ekosystem. Jag tycker det stämmer precis som textilkonstnären Anna-Lisa Menander säger: "Man är inte smutsig, när man har jord på sina händer. Då har man en bit av evigheten i sin hand."

Torna Hällestad 20 augusti 2010

*Håkan Wallander*

## Den livsviktiga jorden

Såsom biet samlar honung och ilar bort  
utan att skada blomman,  
så må den vise leva på jorden.

BUDDHA

Under ett möte på universitetet i Bristol fick jag vara med om ett oväntat inslag i den annars strikta akademiska världen. Tabeller och grafer om tillståndet hos Europas jordar hade presenterats med modern PowerPoint-teknik, då en man med grått skägg och hemtovad ylleväst steg fram till talarstolen. Han hade med sig ett äpple från sin trädgård, odlat helt utan bekämpningsmedel, och han tittade på oss med pliriga ögon. Äpplet fick representera jordklotet och han delade det mitt itu med sin kniv. Den ena halvan blev haven som inte har någon jord vi kan odla på. Han gav den till en av forskarna i publiken som genast började äta av den lite skorviga äppelhalvan. Den kvarvarande halvan delades i två där den ena fick representera höga bergsområden och områden vid polerna där det inte heller går att odla för att det är för kallt. En åttondel fick bli människornas städer, vägar och förorenade områden som också gjort odling omöjlig. Kvar fanns bara en sista åttondel. En tunn liten klyfta som han försiktigt skalade. När han höll upp den tunna remsan mellan tummen och pekfingret tittade han på oss med varma ögon och sa: ”Detta är den odlingsbara jorden som återstår för oss att leva på. Vi måste vara rädda om den.”



### *Vad är ett hållbart jordbruk?*

Alla stora kulturer har byggt sitt välstånd på näringsrika jordar som brukats under långa tidsperioder. Nilens slam förde ständigt nya näringsämnen till de uppodlade floddalarna och skördarna kunde bärgas under tusentals år utan att jordarna utarmades. Slammet kom från Abessiniens bergssluttningar vars rika vulkaniska jordar spolades ner i floden när regnen for fram över de alltför hårt betade markerna. Dessa bergssluttningar var tidigare täckta av skog, men när de fattiga herdarna brände av skogen för att få friskt gräs till sina djur gav de samtidigt bort sin värdefulla jord till egyptierna. Miljontals ton näringsrikt sediment avsätts fortfarande i Nilens floddalar och deltan varje år.

För att kunna bruka jorden på ett uthålligt sätt krävs det att den näring som tas ut vid skörd återförs i motsvarande mängd. Detta kan ske genom att man gödslar jorden eller genom att näring återförs via floder som översvämmar marken som i fallet med Nilen. Uthållig



**HUR JORDEN OBÖNHÖRLIGEN UTARMAS.** Jorden förlorar sin bördighet om vi inte ger tillbaka den näring som förloras vid skörd. På Rothamsteds försökspark i England har man sedan 1843 kontinuerligt studerat hur tillgång och brist på olika näringsämnen påverkar skördeutbytet hos jordbruksgrödor. De markant gula raderna har inte tillförts något kväve sedan försöket startade, vilket har lett till att skörden bara blivit en tiondel så stor som på de rader som fått full gödsel.

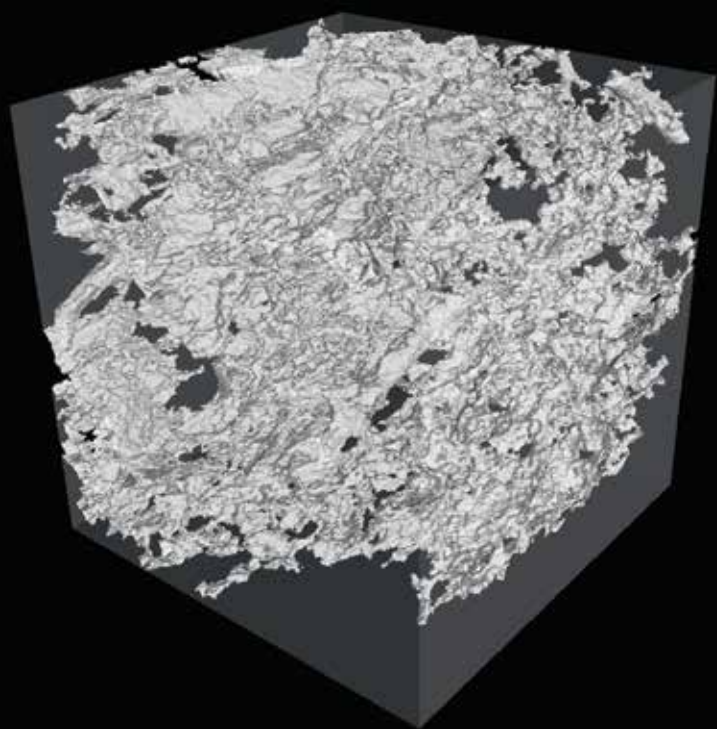
odling kräver också att den organiska substansen i jorden, den så kallade mullen, inte utarmas eftersom den är viktig för att jorden ska få en bra struktur och en god vattenhållande förmåga. Nedbrytningen av mullen ökar när jorden bearbetas, medan mullhalten stiger om man tillför kompost eller odlar växter med stora rotsystem som får stanna kvar i jorden. När jorden inte är bevuxen är den känslig för regnets och vindens förödande kraft.

### *Jordens olika komponenter*

Om man förstör jordens struktur med dess fina nätverk av porer där luft och vatten kan transporteras, så förstör man också jorden. Bästa sättet att bevara markstrukturen är att underlätta för växtligheten. Växterna skyddar jordytan mot regndropparna, och döda växtdelar gynnar svampar och bakterier i marken som hjälper till att hålla ihop jordpartiklarna och skapa en stabil markstruktur.

En jord är uppbyggd av mineralpartiklar, organisk substans, luft, vatten och levande organismer. Om man tar upp lite jord i handen så ser man att den består av klumpar av olika storlek. Man kallar dem aggregat, och de minsta är bara någon tiondels millimeter stora. Dessa klumpar i sin tur ihop sig och bildar större aggregat. Tillsammans gör de jorden lucker och luftig, annars hade den blivit tät och ogenomsläpplig. Aggregat bildas när mineralpartiklar klibbar ihop med organiskt material genom det slem som svampar och bakterier utsöndrar. Det som kommer ut som ekskrementer från daggmaskarna är ett utmärkt grundmaterial eftersom deras tarmar är fyllda av slembildande bakterier. Aggregaten hålls ihop av svamparnas trådlika hyfer som också







**UNDERJORDISKA TRANSPORTVÄGAR.** Med hjälp av datortomografi (övre bilden) kan man göra tredimensionella röntgenbilder av orörd jord. Då ser man hur jordaggregat och håligheter ser ut. Bilden visar en centimeterstor jordvolym från en åker; allt det vita är håligheter. Mer än hälften av jordens volym kan bestå av porer, men denna andel minskar när jorden trycks ihop av tunga maskiner eller av ovarsamma fötter i en odlingsbädd. Det blir svårare för en växt att växa i en jord som tryckts ihop eftersom luften inte lika lätt når fram till allt levande som behöver syre.

Jord som torkar bildar små klumpar (nedre bilden) eller aggregat av olika storlekar. Klumparnas organiska innehåll suger åt sig fukt och håller därmed marken fuktig. Hållrummen mellan klumparna är luftfyllda, och här rör sig regnvattnet på sin färd ner genom marken. Jorden är i ständig förändring och nya transportleder för vatten och luft bildas i takt med vädrets skiftningar.

hindrar att de kollapsar när det regnar eftersom hyferna är täckta av ett vattenavstötande material.

Jordens system av porer med olika dimensioner är en förutsättning för att luft ska nå fram till rötter och markorganismer som behöver syret för att kunna andas. Samma system används också av regnvattnet när det sipprar ner i marken. Markdjurens grävande hjälper till att skapa håligheter i marken, men allra mest porer bildas runt växternas rötter där den biologiska aktiviteten är som högst. Rötterna utsöndrar kolhydrater och aminosyror som föder en rik mikroflora av bakterier och svampar. Dessa blir i sin tur mat åt amöbor och nematoder och andra små kryp som lever i jorden.

Svampar som lever i symbios med växternas rötter har varit mitt forskningsområde de senaste tjugo åren. De kallas mykorrhizasvampar och själva ordet mykorrhiza kommer från grekiskans *myko* som betyder "svamp" och *rhiza* som betyder "rot". Tunna svamphyfer har en oslagbar förmåga att tränga in i jordens alla skrymslen och vrår i sin jakt på nyttiga näringsämnen. De växer ut från växternas finaste rötter och förgrenar sig i komplicerade nätverk som också hjälper till att stabilisera markstrukturen. Jag brukar låta studenter betrakta en handfull jord från en mager tallskog under mikroskopet. Överallt ser man de



tunna hyferna, varenda markpartikel är omspunnen av svamp, men trädens rötter får man leta efter. Ur en enda rotspets kan det växa ut hundratals meter svamphyfer och det brukar bli uppenbart att rötternas huvudsakliga uppgift är att föda svampen så att den kan leta upp de näringsämnen som tallen behöver. I utbyte får den kolhydrater som tallen bildat genom sin fotosyntes. Det är därför denna symbios har blivit så framgångsrik bland växterna. Så länge solen lyser har växterna gott om kolhydrater men ofta svårt att ta upp tillräckligt med mineralnäring som kväve och fosfor från marken. För de olika sorters svampar som finns i marken råder det däremot hård konkurrens om lätt-smälta kolhydrater. Att vara direktkopplade till växternas fotosyntes ger mykorrhizasvamparna en enorm fördel när de ska interagera med andra organismer om utrymmet i marken.



**LJUS LUFT VATTEN OCH NÄRING.** Finförgrenat mycel hos en mykorrhizasvamp växer ut från en tallplantas rötter (vänstra bilden). Plantan odlas på en plexiglasskiva med ett tunt lager jord för att åskådliggöra hur svampmycelet bildar trädets egentliga kontaktyta med jorden. Allt vatten och all näring som trädet behöver tas först upp av svampen och överförs sedan till rötterna. I utbyte får mykorrhizasvampen kolhydrater som tallen med hjälp av solljuset bildat i sina blad. Allt det vita som syns i bilden är svampmycel medan enstaka rötter kan urskiljas i mitten av bilden. I en skogsjord kan en tesked humus hysa flera hundra meter svamphyfer. Trädens mykorrhizamycel är lätt att få syn på om man lyfter på mossan i skogen, men man behöver ett mikroskop för att kunna urskilja den typ av svampmycel som växer ut från rötterna hos örter och gräs.



**GRÄNSÖVERSKRIDANDE SAMARBETEN.** ”Nothing in evolution makes sense except in the light of symbiosis.” Symbiosforskaren Lynn Margulis har bildat denna parafraas på genetikern Theodosius Dobzhanskys klassiska ord: ”Nothing in biology makes sense except in the light of evolution.” Symbios – samliv mellan organismer av olika slag – är vanligt i naturen och en av förutsättningarna för den explosion av mångfald som jorden bevittnat. När alger och svampar fann varandra och bildade lavar, fick vi en ny grupp av organismer som spridit sig till de flesta områden på jorden. Några skorplavar dekorerar handslaget på högra bilden.

### *Ökenspridning i Afrika*

Svamparnas förmåga att genomväva och hålla samman jordpartiklar borde kunna användas i områden som drabbas av jorderosion. Om man bara kunde få rätt sorts växter med rätt sorts svampar att etablera sig så skulle erosionen nog kunna förhindras. Biståndsorganet Sida tyckte detta lät intressant och gav mig pengar för att göra en rekognoseringsresa till Tunisien, där öknen spridit sig i takt med att den skyddande barriären av akacieträd huggits ner. Jag packade väskan med provtagningsutrustning och behållare för att kunna föra hem jordprover för analys på laboratoriet i Lund. Sedan bar det iväg till flygplatsen.



**DEN NÄRINGSFATTIGA SANDEN.** Sandkornen på stranden kan lätt fångas av vinden och blåsa in över land. Bönderna i Skåne och Halland fick stora problem under mitten av 1500-talet när deras åkrar täcktes av den näringsfattiga sanden. En av anledningarna till den ökade sandflykten var att man började använda tång som gödselmedel till åkrarna. Växter som sandrör och strandråg (bilden) fick då sämre betingelser och hade svårare att hålla sanden på plats. Dessutom gjorde befolkningsökningen att betetrycket ökade på strandvegetationen. Problemen löstes först under 1800-talet då man planterade tall längs Skånes och Hallands kuster.

Mitt första möte med Afrika var en ung tunisier som satt bredvid mig på planet till Tunis. Han studerade på Chalmers i Göteborg och tyckte att Sverige var så rent och snyggt jämfört med Tunisien, där det ligger skräp överallt längs vägarna. Men han var också stolt över sitt land och ville bjuda hem mig till sin familj i Tunis. Han lovade mig att den couscous som hans mormor lagade var något helt annat än de förkokta grynnor man kunde köpa i svenska butiker. Tyvärr måste jag avböja eftersom jag skulle söderut till öknen. Jag berättade om mina svampar och hur jag hoppades att de skulle binda sanden och hjälpa växterna att hålla sig kvar under de hårda ökenvindarna. Vi skiljdes åt på flygplatsen efter varma omfamningar. I mitt inre försökte jag föreställa mig en svensk yngling som bjöd hem en främmande arab för att han skulle få smaka på sin mammas inlagda sill eller sin pappas hemkryddade snaps.

När jag passerat tullen möttes jag av Hafedh Nasr, norra Afrikas mest erfarna mykorrhizaforskare. Vi skulle samarbeta inom ett projekt om hur symbiotiska svampar skulle hindra jordflykt i savannskogarna som omger Sahara. Akacieträden som växer här är extremt torktåliga och deras rötter kan nå vattenreservoarer på fyrtio meters djup. Träden utgjorde tidigare en naturlig buffertzona som hindrade öknen att sprida sig, men idag har de flesta huggits ner för att ge foder åt djuren och bränsle åt den lokala befolkningen som ökat markant det senaste seklet. Många träd försvann också under andra världskriget när de allierade drabbade samman med tyska och italienska trupper under ökenkriget som utkämpades i norra Afrika. Skogarna har inte återhämtat sig sedan dess och finns bara kvar som spridda rester.





**EROSION ELLER ENFALD?** På Island har man stora problem med erosion. Det karga klimatet tillsammans med det intensiva fårarbetet gör att den skyddande vegetationen blir gles. Men på senare år har man infört en amerikansk lupin som sprider sig och gör att jorden blir bördigare eftersom den lever i symbios med bakterier som kan fånga luftens kväve. Mer kväve betyder mer växtbiomassa som förmultnar till mull när växterna dör. Erosionen hindras men den naturliga vegetationen blir utkonkurrerad. Här får man väga fördelarna med minskad erosion mot nackdelarna med minskad biologisk mångfald.

Det är inte bara runt Sahara som vinden kan förflytta sand när det skyddande växttäcket saknas. I början av 1900-talet blåste sanden från de skånska stränderna in över land och la sig över åkrarna och gjorde dem ofruktbara. Tallplanteringar längs kusterna vittnar än idag om hur detta problem fick sin lösning.

Historien är fylld av exempel på hur människor drivits på flykten då jorden blivit ofruktbar. John Steinbecks romaner *Vredens druvor* och *Öster om Eden* beskriver hur bönderna i den amerikanska Mellanvästern övergav sina gårdar och sökte sig till Kalifornien när jorden blåste bort under den svåra torkan på 1930-talet. Jordarna i dessa områden är speciellt känsliga för vindens påverkan och stora jordmoln, *dust bowls*, kunde förmörka himlen så långt bort som i New York vid den här tiden. Dessa jordar bildades i de torra områdena söder om iskanten under istidsperioderna. Jordmaterialet, den så kallade lössen, som är betydligt finare än sand, transporterades med vindens hjälp och avsattes i tjocka lösa lager som sedermera utvecklades till näringsrika lössjordar. Jordarna tål inte den exponering som plöjningen innebär eftersom aggregaten blir instabila och lätt kollapsar under regnets och vindens påverkan. Därför passar lössjordar bäst för odling av gräs där växttäckets aldrig bryts upp.

Många stora civilisationer med boskapsskötsel har utvecklats i stäpplandskap med lössjord, till exempel Djingis Khans välde i Mongoliet. I norra Kina är jordtypen vanlig och kan nå flera hundra meters djup. Erosionsskadorna blir omfattande när de odlas upp, ett problem som eskalerat på senare år på grund av den växande befolkningen och den förbättrade ekonomin i landet.



I en obruten gräsmark blir jordaggregaten mer och mer stabila eftersom de får ligga kvar ostörda i marken. Med tiden blir det syrefritt i de inre delarna när vidhäftade mineralpartiklar packas allt tätare på utsidan och förhindrar att syret tränger in. Nedbrytningen av det organiska materialet avstannar när mikroorganismerna får syrebrist och då stabiliseras aggregaten. Om jorden däremot rörs om ofta, som när bonden plöjer, så hinner de inte stabiliseras utan slås lättare sönder av regndroppar. Följs regnet dessutom av torka kan jordpartiklarna fångas av vinden och blåsa bort som i den amerikanska Mellanvästern. Bearbetningen av jorden gör också att svamphyferna i marken trasas sönder och får svårare att hålla ihop aggregaten.

All odling är således negativ ur jordstruktursynpunkt, men vissa odlingsmetoder är skonsammare än andra. Allra bäst är att inte plöja jorden alls utan bara täcka den med organisk substans, så kallad täckodling. Man kan också hålla jorden ständigt bevuxen genom att odla



grödor mellan rader av träd eller så in nya grödor mellan de äldre som snart ska skördas. Men ibland är det nödvändigt att bearbeta jorden för att fröna ska gro och plantorna etablera sig. Ogräsen frodas på marker som inte plöjs och måste ofta bekämpas med kemiska medel. Dessutom överlever många sjukdomsalstrande svampar på skörderester som ansamlas i oplöjda jordar.

I torra områden, som runt Sahara, är det extra viktigt att bevara den naturliga vegetation som trots allt finns. Jorden mellan de glesa plantorna är känslig för erosion och kan lätt fångas av vinden. När jag och Hafedh åkte söderut mot nationalparken Bou Hedma såg vi rester av den glesa savannskogen fortfarande stå kvar, där vilda strutsar och gaseller fått en frizon. Det har varit svårt att få nya trädplantor att etablera sig. Fröna drabbas av parasiter och plantorna dör ofta av torka om inte rötterna hinner ner till vattenreservoarerna under det första året. Under färden till nationalparken stannade vi för att få klartecken från den lokala myndigheten. Vi berättade om vårt projekt och jag skakade hand med kostymprydda tjänstemän till höger och vänster innan jag till slut kunde sjunka ner bekvämt i en fåtölj innanför den högste chefsens madrasserade dörr. Jag försökte tänka på Buddha medan det ställdes fram arabiskt kaffe och artighetsfraser utbyttes på både arabiska och franska. Några ord som *suédoise* och *champignon* kände jag igen, men efter några timmar började jag skruva på mig, otålig över att inte komma igång med projektet. Men då hade det blivit dags för lunch, och vi begav oss i samlad trupp till marknaden. Där köpslogs det i god arabisk stil innan det allra färskaste och möraste lammköttet kunde inhandlas, allt för att hedra den svenske gästen. Köttet levererades till en närbelägen restaurang, vars kock uppenbarligen inte hade några problem med att hans egna råvaror inte ansågs färska nog. Han blåste genast liv i glödbädden och började grilla köttet. Under tiden ställdes det fram fat med harissa, Tunisiens heta chili-röra, tillsammans med oliver, olja och bröd. Vi turades om att doppa brödet i harissan, och hettan mildrades något om man hällde på riktiga mängder olivolja. Efter en stund serverades köttet på ett stort fat, och vi åt med god aptit medan köttsaften droppade. Bordet fylldes av köttben, olivkärnor och brödsmlur. Vi avslutade med ett glas grönt mynta-te som pryddes av ett lager pinjenötter flytande på ytan. När det var dags att betala började

jag famla efter plånboken men fick direkt en skarp blick av Hafedh. En gäst som betalar för sig skulle vara en direkt skymf mot värden enligt arabisk sed.

Färden fortsatte genom södra Tunisien och det torra och karga landskapet avlöstes då och då av oasernas mörkgröna palmer och frodiga grönsaksodlingar. Jag nämnde något om söta klibbiga dadlar på julbordet hemma i Sverige, och Hafedh började språka med chauffören samtidigt som han satte på sig säkerhetsbältet. Bilen for iväg i en rasande fart medan signalhornet gick varmt och bilarna framför oss flyttade sig för att ge plats. Efter några minuters vansinnesfärd kom vi i fatt en liten lastbil som var fullastad med färska dadlar. Chauffören tutade och Hafedh gestikulerade för att få lastbilen att köra in på den smala vägrenen. Det lät för mig som om de grälade när Hafedh köpslog med lastbilschauffören om priset på ett knippe dadlar. Bilarna dundrade förbi och lastbilschauffören som inte var särskilt intresserad av att sälja dadlarna som han tydligen inte ens var ägare till, såg alltmer irriterad ut. Hafedh fick nöja sig med att knipsa av några strån med dadlar från lastbilsflaket på vägen tillbaka till vår bil för att hans gäst i alla fall skulle få känna smaken. Jag fick således stilla min nyfikenhet men bestämde mig samtidigt för att väga mina ord noga i fortsättningen. Det finns fog för talesättet att en god arab ger mat och husrum åt sin gäst i tre dagar innan det anses lämpligt att fråga i vilket ärende gästen reser.

När vi anlände till nationalparken i Bou Hedma sent på eftermiddagen möttes vi av ännu en välkomstkommitté. Nya händer skakades, kinder pussades och nya koppar med arabiskt kaffe serverades. Inombords kände jag hur min typiskt svenska otålighet blandades med känslor av uppskattning och värme. Tidsplanen för vår undersökning av svamparnas betydelse för att hindra ökenspridningen hade sedan länge spruckit. Vi hade tillbringat en hel dag i fält utan att mina fingrar hade fått den minsta kontakt med den tunisiska jorden. Till slut var vi i alla fall klara att ge oss iväg till området i öknen där Hafedh bedrev sina försök. Två turbanklädda beduiner tog plats på lastbilsflaket utrustade med spadar och hackor innan vi gav oss iväg på den gropiga vägen mellan akacieträden. Vid utkanten av den glesa skogen stannade vi. Här skulle vi undersöka om trädens rötter var koloniserade av mykorrhizasvampar och om deras tunna hyfer hade vuxit ut i jorden. Jag hoppade ut ur bilen, ivrig att genast börja gräva, men hörde samtidigt



**NÄR LUSTEN VAKNAR.** Att bedriva forskning i ett utvecklingsland skiljer sig mycket från att bedriva forskning i Sverige. Många personer blir ofrånkomligen involverade i projektet. En del arbetar som chaufförer eller hjälper till med provtagningen. Andra är tjänstemän på olika myndigheter som ska ge sitt tillstånd. I vissa länder följer observatörer med för att se till att ingen politisk agitation förekommer. Allting tar sin tid, men det är när man möter människor med andra perspektiv och upplever annorlunda miljöer som nya frågor väcks och lusten till forskningen får nytt liv.

Mykorrhizasvamparnas mycel hjälper till att binda ihop jordpartiklar till stabila aggregat så att erosionen hindras, och svamparna växer bättre när man blandar in kväverik kompost i jorden. Här tas ett av våra första prov för att undersöka mängden svamp i den tunisiska ökenjorden. Sedan dess har samarbetet mellan Lunds universitet och Tunisiens forskningsinstitut för jordbruk, vatten och skog ständigt utvecklats.

hur Hafedh ropade någonting om farliga skorpioner. Följaktligen fick jag ännu en gång ge mig till tåls, tills de båda beduinerna hade brutit upp jorden med sina hackor så att jag och Hafedh i lugn och ro kunde undersöka rötternas fördelning i marken. Omgärdade av kostymprydda tjänstemän av olika rang bestämde vi tillsammans var det allra första afrikanska jordprovet skulle tas. Andaktsfullt fyllde jag plastpåsen. I detta prov skulle svampbiomassan analyseras med avancerad apparatur hemma i Sverige. Jag skulle ta reda på om svamparna verkligen hade lyckats förbättra jordstrukturen.

Samarbetet mellan Lunds universitet och Tunisiens forskningsinstitut för jordbruk, vatten och skog är nu etablerat sedan många år, och vår kunskap om mykorrhizasvamparnas roll för att förbättra eroderad jord utvecklas ständigt. Våra inledande studier av akacieplantorna i Bou Hedma visade att de svampar som Hafedh tidigare ympat in i jorden inte hade någon större effekt, vare sig på plantornas överlevnad eller på jordens struktur. Svampen som han använt kom från Spanien och var inte anpassad till de förhållanden som råder i Tunisien. Senare försökte vi istället skapa bättre förutsättningar för de inhemska svampar som finns i den tunisiska jorden. De växer bättre om man blandar in





**SALTETS VÄGAR.** Vissa växter klarar av att växa i salta jordar genom att de bildar ämnen som kan hålla kvar vattnet i rötterna även när markvattnet är salt. En del utsöndrar överskottssalt i speciella körtlar på bladen. Detta skyddar dem dessutom från att bli betade av får och getter. På bilden ser man salt som kristalliserats till ett vitt pulver på markytan.

kompostmaterial i jorden, kväverikt material föredras framför kvävefattigt. Jorden blir mer aggregerad och låter regnvattnet lättare tränga ner. Vattnet stannar dessutom kvar längre tid i marken när det sugts upp av det organiska materialet.

En av slutsatserna av mitt första afrikanska projekt är att naturen själv oftast är bäst på att välja vilka arter som är lämpligast i en viss miljö. Det är nog lönlöst att söka efter en supersvamp som skulle kunna förhindra jorderosion i flera olika områden. Bättre då att skapa goda förutsättningar för de lokala svampar som finns på varje plats. Inte heller tror jag att lösningen ligger i att med avancerad teknik skapa nya genetiska varianter av effektivare organismer. Nej, det handlar helt enkelt om att sköta markerna på ett hållbart sätt.

### *Hur jorden påverkas av salt*

Ett annat stort globalt problem är de ständigt ökande arealerna av jordbruksmark som blivit obrukbar på grund av försaltning. När salt frigörs från berggrunden så ansamlas det i ytskiktet då vattnet rör sig uppåt för att avdunsta från markytan i områden med låg nederbörd. Resultatet blir saltkristaller på jordytan, speciellt om odlingarna bevattnas med salthaltigt grundvatten. Cato den äldre lär ha avslutat alla sina tal i den romerska senaten med orden ”för övrigt anser jag att Karthago bör förstöras”. Han ville bland annat sprida ut salt på åkarna för att omöjliggöra framtida odling. Romarna erövrade staden till slut men utnyttjade resurserna snarare än förstörde dem. Deras stora badanläggningar finns fortfarande kvar som ruiner. När jag själv vandrade runt i Karthago, som ligger norr om Tunis, fann jag det grönt och frodigt. Cato genomförde nog aldrig sitt försaltningsprojekt eller så sköljdes saltet bort av regnet.



I södra Tunisien regnar det betydligt mindre än i Karthago, och där finns många saltpåverkade jordar. Saltet har flera negativa effekter på jorden och på det som växer där. Natrium som ingår i vanligt koksalt förstör jordaggregaten, och jordar med mycket natrium och lite kalcium blir kompakta och näst intill omöjliga att växa i. Ofta hjälper det då att tillföra kalcium, gärna i form av gips, som förbättrar jordstrukturen och gör jorden luftigare.

Det finns inga växter som tål höga halter av natriumjoner i cellvätskan. De pumpas ut ur cellerna med speciella jonpumpar och vissa växter transporterar dem till delar av växten där de inte gör skada. Strandmållorna som växer på tångbankarna längs skånska stränder utsöndrar saltet i speciella körtlar på bladen. Jag brukar smaka på dem när jag vandrar längs stränderna vid Domsten i min barndomsbygd utanför Helsingborg. De är ganska goda i liten mängd men man kan förstå att den sortens växter inte duger till bete för får och getter, som är de vanligaste betesdjuren i Tunisien.



FATOU  
MAM  
NE ALISS  
GROUP

AL-AMIR  
EDWARH  
EDWARH  
P.O. BOX 107  
P.O. BOX 107

AL-AMIR  
EDWARH  
EDWARH

AL-AMIR  
EDWARH  
EDWARH

AL-AMIR  
EDWARH  
EDWARH

AL-AMIR  
EDWARH  
EDWARH



**TORKTÄLIGA BRUNNAR.** Baobabträden som förekommer söder om Sahara släpper sina blad under den torra perioden för att spara vatten. Deras märkliga utseende beror enligt legenden på att guden Thora inte gillade trädet och därför kastade ut det från paradiset trädgård. Det landade upp och ner men fortsatte att växa, dock med rötterna upp mot himlen istället för ner i marken. När regnet kommer kan baobabträden lagra tusentals liter vatten i stammen. Det är inte konstigt att dessa träd blivit så mytomspunna i olika afrikanska kulturer. På bilden vakar ett baobabträd över begravningsplatsen i byn Fadiout i Senegal.

Det är inte lätt för en växt att hitta tillräckligt med kaliumjoner i en jord där det finns massvis med snarlika natriumjoner. Därför får växter i salta jordar ofta kaliumbrist. Den höga salthalten i jorden gör också att vattnet vill diffundera ut ur rötterna för att jämna ut koncentrationsgradienten. Detta brukar kallas osmos och det är samma process som sker i våra njurar när vi återvinner vattnet och koncentrerar urinen innan den släpps ut ur kroppen. Växterna torkar alltså i salta jordar, trots att de har gott om vatten runt rötterna. Men salttoleranta växtsorter kan bilda substanser med hög osmotisk potential som hjälper till att hålla kvar vattnet i cellerna och därmed motverkar torkstressen. Detta är resurskrävande men gör att växterna kan växa i salta jordar. Det bedrivs ett omfattande förädlingsarbete för att få in dessa egenskaper hos olika grödor, både med traditionell växtförädlingsteknik och med modern genteknik.

I södra Tunisien bedriver min kollega Hafedh omfattande testodlingar av inhemska växtsorter och sorter som importerats från andra saltpåverkade områden i Nordafrika och Australien. Även här försöker vi tillsammans skapa ett gynnsamt förhållande för de symbiotiska svamparna, för att de ska underlätta för växterna. Den vanligaste grödan är salttolerant korn som används som djurfoder. Kunskaperna om de nya grödorna sprider sig och fler och fler vill prova på nymodigheterna. Det alltmer försämrade fisket i Medelhavet har till och med fått fiskare att överge sitt traditionella näringsfång och istället prova på livet som jordbrukare, och resultatet ser lovande ut. Framgången med att införa främmande växtslag för odling i salta jordar står i kontrast





till misslyckandet med att införa främmande svampar för att binda eroderad jord. Men detta är egentligen inte särskilt förvånande. Många organismer konkurrerar om utrymmet i jorden och vi har ingen kunskap om hur markerna ska skötas för att våra införda organismer ska gynnas. Dessutom vet vi inte mycket om hur olika arter skiljer sig åt när det gäller viktiga förmågor som till exempel att stabilisera jordaggregaten. För växterna däremot har vi väl utarbetade odlingsmetoder för att gynna de utvalda växtslagen. Vi vet hur marken ska bearbetas och ogräsen bekämpas. Tillförsel av kompost och annat organiskt material är speciellt gynnsamt i salta jordar eftersom växterna lättare kan tolerera saltet om mullhalten är hög. Mykorrhizasvamparna växer bättre när vi tillsätter kompost i våra experiment och därmed får växterna lättare att ta upp tillräckligt med mineralnäring.

Men jordbruk i salta områden är en ständig balansgång. Ett gräs som importerats från Pakistan växer bra i de salta jordarna men kräver



**UTTORKANDE VATTEN.** Kvinnan på bilden försörjer sig genom att sälja souvenirer till förbipasserande turister i området vid Lac Rose i Senegal. Avdunstningen är så hög på grund av den höga temperaturen att saltet blir kvar och ansamlas på botten av sjön, varpå lokalbefolkningen samlar upp det i båtar och skickar det vidare för raffinering. Det är svårt att odla i dessa områden. När jorden är saltmättad tränger vattnet lätt ut ur växternas rötter för att skillnaden i saltkoncentration mellan cellvätska och markvatten ska jämnas ut. Det är därför växterna torkar ut när de har saltmättat vatten runt rötterna.

mycket vatten. Tar man ut alltför mycket vatten från brunnarna så ökar risken för att havsvatten ska tränga in i vattenreservoarerna. Då förstörs odlingsbetingelserna för all överskådlig framtid.

*Jorden rasar ner  
från bergssluttningarna i Nepal*

I Tunisien eroderas jorden i första hand av vindens förödande kraft, men i det lilla bergslandet Nepal i Himalaya orsakas jorderosionen främst av kraftiga monsunregn som slår sönder jordaggregaten när det skyddande växttäcket saknas. En ökande befolkning som behöver alltmer odlingsbar mark och foder till djuren tär hårt på den naturliga vegetationen. Jag besökte en jordbruksbygd i Kathmandudalen tillsammans med nepalesiska kollegor, och Himalayas snöklädda toppar gnistrade vid horisonten när vi färdades genom dalen. Men det är byarna i de mellanhöga bergen som drabbas hårdast av jordskred under monsuntiden. När vi närmade oss huvudstaden Kathmandu via huvudvägen från Indien, stod all trafik plötsligt stilla till följd av att vägen hade spolats bort i ett jordskred. Arbetare jobbade febrilt med att få vägen i körbart skick. Jag tittade ut över lervällingen genom Mercedesens vindruta och utan att jag riktigt förstod vad som hände trampade chauffören plötsligt gaspedalen i botten. Den gamla bilen slirade okontrollerat ut i leran. Motorn tjöt och bilen gled först åt höger och sedan åt vänster innan den ofattbart nog lyckades nå fast mark på andra sidan skredet. Det var först när jag och mina nepale-



siska kollegor omtumlade rullade vidare mot huvudstaden som vi såg de utbrända bil- och bussvraken nere i dalen.

Bergssidorna är terrasserade för att hålla jorden på plats, men när alltför branta sluttningar tas i anspråk för odling kan inte jorden stå emot regnets förödande kraft. Resultatet blir jordskred. Den fruktbara jorden sköljs ner i floderna, och i värsta fall leder det till översvämningar på slätten nedanför bergen.

Den bästa jorden närmast byarna används för majsodling. Djurfoder och ved tas från områden längre bort. Åkrarna nära byn får gödsel från kreaturen, medan markerna i ytterområdena utarmas på näring. Växtligheten blir då allt glesare och även detta leder till att marken blir känslig för erosion. Näring hade kunnat tillföras i form av konstgödsel, men det har tredje världens bönder ofta inte råd med. Inte ens kreaturens gödsel återförs alltid till åkern eftersom den ibland används som bränsle när veden tryter.



**DEN SKYDDADE JORDEN.** Nepal är hårt drabbat av erosion genom de kraftiga monsunregn som sköljer bort jorden där man huggit ner skogen och odlat upp alltför branta områden. Men dessa terrasserade odlingar, som omger byn Kagbeni i nedre delen av provinsen Mustang, ligger i regnskugga. Här är risken för erosion betydligt mindre. Odlingarna bevattnas genom sinnrika bevattningskanaler från en flod högre upp i bergen. Byn fyllde tidigare en viktig funktion då saltkaravaner från Tibet passerade här på sin väg mot Indien. Numera är den ett populärt mål för vandrande turister. Grottorna i bergsväggen används fortfarande av buddhistiska munkar för meditation.

Jag och mina kollegor bjöds in av en familj i en av byarna. Bostaden bestod av saltorkade lerväggar med ett tak av torr halm. Djuren stod tjuvrade i ena halvan av huset medan husmor satt i den andra och lagade mat. Eldstaden var öppen och rummet rökigt. Röken impregnerade halmtaket och höll därmed ohyran borta. Det berättades att byborna hade fått spisar med skorstenar från en schweizisk biståndsgrupp, men problemet med insekterna i taken hade blivit så svårt att projektet fick avbrytas. En av döttrarna satt på jordgolvet och plockade majs-korn ur torra kolvar för att senare kunna mala dem till mjöl.

Ovanför byn växte gles tallskog som planterades under 1970-talet med biståndsmedel från Australien. Men det hade visat sig att den inte kom till nytta för lokalbefolkningen eftersom råvaran främst gått till sågtimmer och pappersmassa, vilket endast gett inkomster till staten. En del tallbarr användes som strö till djuren, men monsunregnen gjorde djupa sår i jorden mellan träden när det skyddande täcket av tallbarr tagits bort. Den inhemska skogen, som bara fanns kvar i spridda rester, bestod däremot av en mångfald användbara trädarter. Många gav bränsle, andra frukt eller traditionella mediciner. De inhemska skogarna var tätare än tallskogarna och undervegetationen mellan träden hjälpte till att stabilisera jorden. De flesta av de inhemska trädarterna kunde också nyttjas som lövfoder, och jorden mellan träden stannade kvar eftersom träden aldrig avverkades. Det finns träd som skördats på detta sätt i hundra år utan att lövskörden minskat. Jorderosionen skulle kunna minska betydligt i Nepal, om fler träd fanns tillgängliga för lövtäkt.



**LIVSVIKTIGA INFEKTIONER.** På bilden syns knölar som bildas när alens rötter koloniserar av bakterier som kan fånga luftens kväve. Trädet förser bakterierna med energi och får det svåråtkomliga kvävet i utbyte. Alar är snabba på att etablera sig och följer ofta i laviners fotspår. De är ofta först med att beskoga mark som rest sig ur havet då inlandsisens tyngd släppt sitt grepp. Erosionskänslig mark stabiliseras när alen etablerat sig.

### *Mer eller mindre lyckade biståndsprojekt*

Det är inte ovanligt att biståndsprojekt går snett därför att man begränsat sig till att upprätta kontakter på regeringsnivå istället för att gå direkt till den lokala befolkningen, så att dess behov kan komma i fokus. Men på senare tid har framgångsrikare skogsplanteringsprojekt bedrivits i Himalaya. Skogarna i Nepal ägs av staten men ibland har ansvaret för skötseln lagts på de lokala byarna i så kallade byskogsprojekt. Detta har resulterat i att mer användbara träddarter planterats och att plantorna sköts med stor omsorg.

Inom det EU-finansierade forskningsprogrammet Ecoslopes kom jag i kontakt med ett framgångsrikt byskogsprojekt som genomfördes av ett österrikiskt forskarteam i samarbete med bybor i Katmandudalen. I Ecoslopes samlas forskare från hela världen för att utbyta erfarenheter om hur olika växter kan användas för att restaurera jordskredsdrabbade områden. Tidigare samarbeten i Nepal hade misslyckats eftersom det varit svårt att engagera bybor under vår och sommar, då de var upptagna med sitt eget jordbruk. Forskarteamet ville istället försöka plantera trädplantor under vintern för att kunna engagera byborna i planteringsarbetet. De provade både inhemska och exotiska växtslag och kombinerade planteringen med bambukonstruktioner som skulle hålla jorden på plats och utgöra stöd för växterna. Bambu förekommer rikligt i Nepal och är en billig resurs. Buntar av bambustänger gjordes fast i marken med kraftiga pålar. Flera av växterna överlevde och många klarade även de kraftigaste monsunregnen.

De växtslag som lyckades bäst var en släkting till vår sälg (*Salix tetrasperma*) och en inhemsk al (*Alnus nepaliensis*). Alen är speciellt lämplig för detta ändamål eftersom den är anpassad till att etablera sig



på jungfrulig mark, det vill säga mark som nyligen exponerats för väder och vind. Det kan vara mark som exponeras efter ett jordskred eller ny mark som bildats där lava flutit fram under ett vulkanutbrott. I dessa marker är det ont om kväve, ett ämne som är en nödvändig beståndsdel i proteiner, som alla organismer behöver för att kunna leva. Kvävet finns inte i berggrunden men däremot i luften, som till 80 procent består av kväve. Problemet är bara att det krävs mycket energi för att binda luftens kväve i en form som växterna kan ta upp. Det är endast en grupp av bakterier som har lyckats med detta och det är just sådana bakterier som alen samarbetar med. Bakterierna bor i knölar på alarnas rötter och de kan bedriva den energikrävande kvävefixeringen genom de rikliga mängder av kolhydrater som alen förser dem med. Tillförseln av kväve gör marken bördigare och mullhalten ökar när kvävefixerande växter etablerat sig. Kvävetillskottet är ofta nödvändigt för att restaureringen ska lyckas eftersom kvävet försvinner när det översta jord-

lagret sköljts bort. Förutsättningarna för planteringarna förbättras också om man blandar in organiskt material i marken. Då gynnas mykorrhizasvamparna som hjälper träden med att ta upp andra ämnen ur marken. Följden blir ökad tillväxt och högre överlevnad hos plantorna. Förhoppningsvis kan planteringar av detta slag bli ett vanligare inslag i Nepals landskapbild i framtiden. Ett resultat av arbetet inom Ecoslopes är en databas med olika växters egenskaper och information om hur de kan användas för att stabilisera marken i olika erosionsdrabbade områden runt om i världen.

### *Ekologisk odling – ett hållbart jordbruk?*

Om vi ska utnyttja våra marker på ett hållbart sätt måste näringen cirkulera och återföras i samma utsträckning som den bortförs i form av skörd. Här kan kvävefixerande växter spela en nyckelroll eftersom de inte kräver någon extra tillförsel av kvävegödsel. Detta var välkänt redan för August Strindberg när han skrev Hemsöborna år 1887. I romanen försöker fastlänningen Carlsson, som kommit ut till madam Flods lantbruk på Hemsö, med varierande framgång förmedla sina kunskaper till hennes son Gusten:

Gusten förmenade, att skördar tagna år ut och in skulle suga ur jorden, vilken ju behövde vila, den också liksom människan, men Carlsson avgav en riktig, om ock något dimmig förklaring över huru klövergrödan gödde jorden i stället för att suga den, utom att den höll åkern fri från ogräs.

– Si, det hade man då aldrig hört talas om: grödor som gödde, menade Gusten, vilken ej kunde förstå Carlssons lärda utläggning om hur gräsväxterna tog sin mesta föda ”ur luften”.

Inom den ekologiska odlingen använder man inte bekämpningsmedel och inte konstgödsel. Näringen cirkuleras inom gården i görligaste mån, och det finns ofta djur med i kretsloppet som kan producera gödsel till odlingarna. Vallen består av en blandning av gräs och örter, och den är viktig eftersom den både ger foder till djuren och berikar jorden med kväve genom att man använder kvävefixerande växter, som exempelvis klöver. Flera hundra kilo kväve per hektar kan bindas i marken av klöver och andra ärtväxters rötter. I en stor undersökning i



**MER MED MINDRE.** När man undviker bekämpningsmedel och konstgödsel, som i det ekologiska lantbruket, kan markerna hysa en större biologisk mångfald. Vallmo och blåklint får vara kvar längs åkerkanten. Gräs och andra arter som gynnas av det lättillgängliga kvävet i konstgödsel blir i gengäld mindre dominerande.

Schweiz jämfördes miljökonsekvenserna av konventionell odling med ekologisk odling och resultaten var entydiga; efter tjugo år hade den ekologiska skapat bördigare jordar med bättre jordstruktur, högre mullhalt och större mångfald av växter och markdjur. Däremot var skördeutbytet i genomsnitt en femtedel lägre i den ekologiska odlingen. Allra sämst gick det för potatisen som drabbades hårt av bladmögel, vilket ledde till stora skördeförluster. Potatisbladmöglet orsakade svår hungersnöd på Irland under mitten av 1800-talet, och fortfarande har potatisförädlarna svårt att få fram resistent sorter. Sorter som tidigare var resistent blir idag allt oftare angripna.

När man bedriver ekologisk odling utnyttjar man resurserna på ett hållbart sätt, men utan konstgödsel skulle jordens befolkning vara betydligt mindre än idag. Flertalet beräkningar tyder på att jordens befolkning kommer att stabiliseras runt nio miljarder fram till 2050. För att kunna föda hela denna befolkning krävs det att vi använder alla våra tillgängliga medel för att öka matproduktionen på jorden.

Men ett alltför intensivt jordbruk leder till många problem. I väst importerar vi kraftfoder till våra djur från exempelvis Brasilien, där fodret produceras av sojabönor som odlas över enorma arealer. Eftersom sjukdomar sprider sig fort när en enda gröda odlas på detta sätt måste man bespruta fälten intensivt med pesticider. Man använder starka medel som sedan länge är förbjudna i Sverige. Lantarbetarna blir sjuka och jorden utarmas av ett alltför ensidigt utnyttjande. Men det finns hopp även i Brasilien eftersom den ekologiska odlingen har etablerat sig i de södra delarna av landet och metoderna sprider sig. Framförallt har det visat sig framgångsrikt att kombinera trädodling med odling av ettåriga grödor, ett odlingssystem som kallas trädjordbruk eller *agroforestry*. Då lämnas jorden aldrig bar och man kan skörda många olika produkter, vilket får till följd att sjukdomarna inte behöver







bekämpas lika intensivt eftersom de sprider sig mycket långsammare i odlingssystem med blandade grödor. Metoden att odla träd tillsammans med andra grödor har utvecklats allra längst inom permakulturen, som inte bara är ett sätt att odla utan även är en hel livsfilosofi. Den utvecklades i Australien under 1970-talet och har sedan dess spritt sig över världen.

I min ungdom arbetade jag som volontär på Skillebyholm gård utanför Järna i Sörmland. Här bedrevs utbildning i biodynamisk odling, och jag träffade många hängivna odlare från Europas alla hörn. Den biodynamiska odlingen skiljer sig en del från den ekologiska. Det anses ännu viktigare att kretsloppet sluts inom gården och därför ingår alltid djurhållning. Båda metoderna undviker konstgödsel och bekämpningsmedel, men den biodynamiska betonar dessutom vissa andliga element inom den antroposofiska livssynen. Den kosmiska strålningen anses vara en speciell livgivare till jorden och kraften från kosmos fångas in i de biodynamiska preparaten som tillverkas under alldeles speciella former. Jag var själv med och grävde upp kohorn fyllda med gödsel i fullmånens sken för att bereda preparat som skulle stimulera komposteringsprocessen. Man anser också att jorden emellanåt ska ligga bar och naken för att den kosmiska strålningen ska kunna verka, men för mig är växtligheten jordens hud som skyddar den mot regn och vind. Om man måste bearbeta jorden så bör man beså den så fort som möjligt eller täcka den med organisk substans. I nästa kapitel ska vi se att det tar lång tid för ny jord att bildas under naturliga förhållanden men att vi människor kan snabba på processen genom att tillföra organisk substans till områden som drabbats av jordskred eller ökenspridning. Erosionen i världen skulle kunna hejdas om man tillförde mer organiskt material till jorden så att mullhalten förbättrades.

## Hur bildas jord?

The flakes of inky thunderclouds  
Above the convex whiteness of the glacier.  
A lifeless river dressed in yellow till  
And sun rays, glistening like spears at daybreak,  
Pierce through the silent, silver sky  
“Awake, oh Earth, awake!” – I cry  
“Break free from this eternal coldness!

Transform your till and gravel into soil  
And let the frigid puddles of the tundra  
Be overgrown by reeds, green and unspoiled!”  
The Earth is silent, and the pearly slabs of glaciers  
Lie far beneath the icy sun, as in a trance.  
Indeed, no human measure ever  
Can wrap around this ancient, vast expanse.

N. ZAGORSKAYA

### *De allra första jordarna*

Vi kan bara spekulera i hur de allra första jordarna bildades på vår planet, men det finns några ledtrådar som vi ska följa. Redan Paracelsus, en forskare och alkemist som levde i Schweiz på 1500-talet, gjorde intressanta observationer av pappersliknande fragment som han fann under sina vandringar i bergen. När han la dessa i vatten svällde de upp till en slemmig geléaktig massa. Inne i massan fanns en komplex mikrobiell värld med en struktur som man senare har liknat vid mänskliga städer. Under vattenytan skyddar det geléaktiga materialet invånarna från att sköljas bort av vattenströmmar, ungefär som vi sitter skyddade



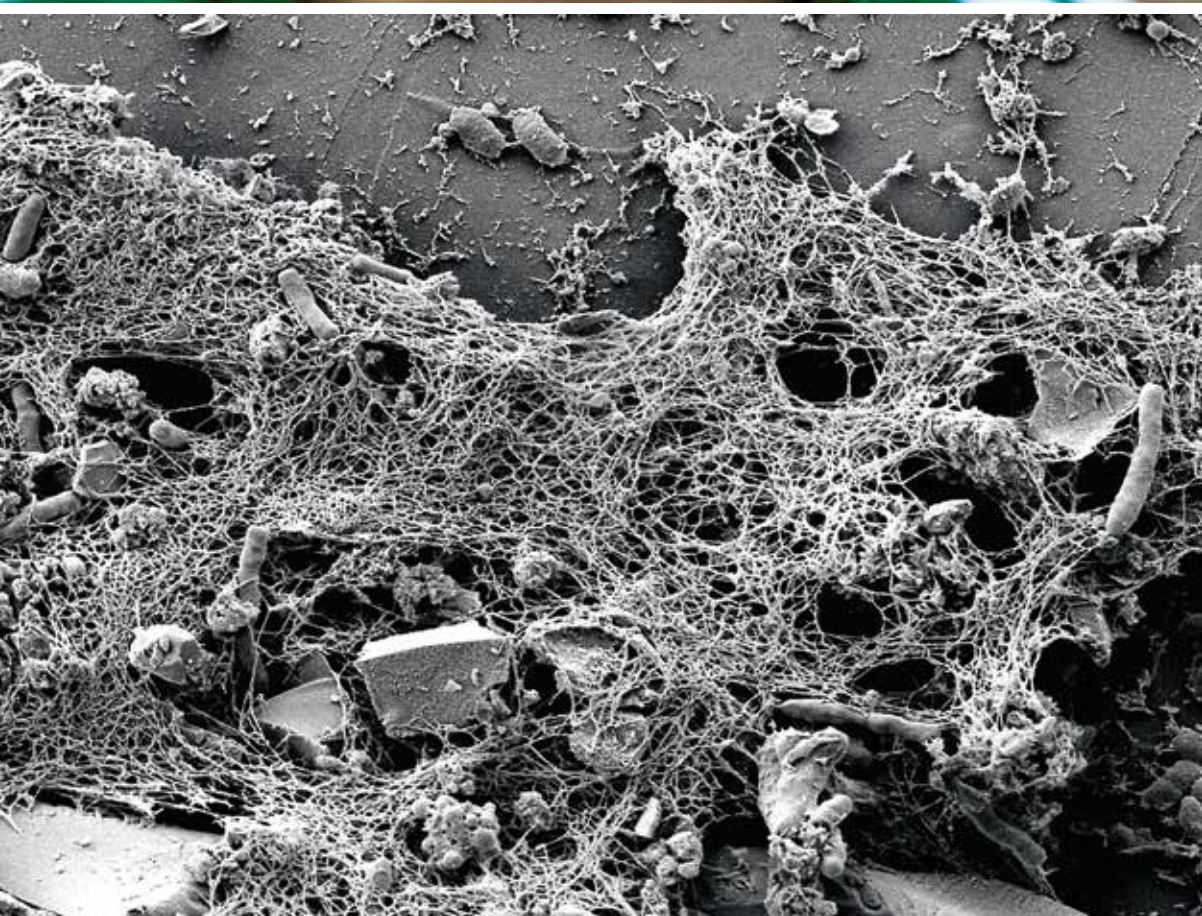
**DE FÖRSTA JORDARNA.** Även om vi borstar tänderna morgon och kväll, så kommer bakterierna hela tiden tillbaka och bildar nya beläggningar. Munhålan är en gynnsam miljö, med regelbunden näringstillförsel och lagom temperatur, och tänderna ett lämpligt material att fästa sig vid. När bakterierna fäst sig bildar de ett skyddande material som de bäddas in i. Hela denna anordning kallas för biofilm. Sådana förekommer också på växternas rötter och på olika partiklar i jorden där näringstillgången är god. De allra första jordarna, det vill säga innan växter och lavar fanns, bildades genom att biofilmsmaterialet så småningom ansamlades i jorden och blev till mull.



**SUPERGEGGA.** Bakterierna i en biofilm bildar ett geléaktigt material som skyddar kolonin från störningar utifrån. I till exempel våra lungor kan antibiotika ha svårt att nå fram till bakterier i en biofilm, vilket kan leda till svårbekämpade infektioner. Det är svårt att observera en biofilm som den verkligen ser ut. I ett elektronmikroskop torkar gelématerialet ihop till ett spagettiliknande nätverk. På bilden ser man hur stavformade bakterier ligger inbäddade i materialet.

i våra hus när det stormar. Materialet isolerar också och motverkar alltför stora temperaturskiftningar, precis som isoleringen i våra hus. Mikroorganismerna rör sig i speciella stråk i massan som fungerar som vägar, och avskrädesprodukter transporteras ut i kanaler som fungerar på samma sätt som städernas avloppssystem. Det märkliga är att mikroorganismerna i dessa samhällen kan kommunicera med varandra. Varje bakterie sänder ut en signalsubstans och det är först när koncentrationen av denna har blivit tillräckligt hög som de börjar sin produktion av gelémateriäl.

En viktig grupp av organismer i dessa gelévärldar, eller biofilmer som vi kallar dem idag, är de blågröna bakterierna. Paracelsus döpte dem till *Nostoc* eftersom det slem som de producerade påminde honom om det slem som rann ur hans näsa när han var förkyld (efter engelskans *nose*). *Nostoc* har samma förmåga att binda luftens kväve till proteiner som bakterierna i ärt- och alväxternas rötter men kan dessutom, precis som växterna, bedriva fotosyntes och bilda kolhydrater med hjälp av







**PRAKTFULLA LEVNADSKONSTNÄRER.** Att växa på sten innebär stora påfrestningar. Temperaturen varierar kraftigt mellan dag och natt. Man måste kunna uthärda långa perioder av torka, och solens UV-strålar kan skada cellerna. Men är man anpassad till en sådan miljö får man ofta vara i fred och blir inte utkonkurrerad av andra arter. Vissa svamparter bildar vattenavstötande ämnen som gör att uttorkningen minimeras. De utsöndrar även syror som fräter sönder stenen så att de kan tränga in med sina hyfer och få skydd. Svarta jästsvampar har levt på detta sätt sedan urminnes tider, men den typ slog sig samman med alger för 400 miljoner år sedan och bildade lavar nådde större framgång. Lavana har spritt sig till de flesta miljöer och visar upp en mångfald i färg och form. Här bildar praktlaven distinkta och välavgränsade områden på en gravsten vid stavkyrkan i Vågå i Norge.

solens ljus och luftens koldioxid. I Sydafrika och Australien har man hittat spår av biofilmer som är över tre miljarder år gamla, de äldsta spåren av liv som har upptäckts på jorden.

Biofilmer bildas gärna på stenar som ligger under vatten. Vi har nog alla känt hur glatta stenarna kan vara när vi badar eller när vi ska ta oss över ett strömmande vattendrag. Det är lätt att tänka sig att fragment av dessa biofilmer torkar ihop vid lågvatten och lossnar från stenarna för att med vindens hjälp föras längre uppåt land. Men det krävdes andra egenskaper hos invånarna i biofilmsstäderna för att de skulle klara sig som landlevande former. Svampar har en överlägsen förmåga att tåla uttorkning, och många bildar olika pigment som skyddar mot solens UV-strålning. Svamparnas förmåga att bilda skyddande ämnen, som kan lägga sig som en fernissa över vävnaden, kom sannolikt att bli avgörande för den allra första jordmånsbildningen. Idag vet vi att de flesta ytor som exponeras mot atmosfären är täckta av landlevande biofilmer. Vissa är osynliga för blotta ögat medan andra bildar vacker patina på gamla stenhus.



### *En vandring på Kreta ger nya insikter*

Jag fick förmånen att studera några av dessa svampars unika förmågor under en sommarvandring på Kreta. Södra sidan av ön är så bergig att det inte finns några vägar längs kusten. Istället får man vandra eller åka båt. Går man västerut från den lilla byn Sougia, som ligger rakt söder om den venetianska staden Chania på norra sidan, så kommer man strax efter hamnen in i en lummig ravin. Här blommar oleandern i rosa och olivträden ger välbehövlig skugga. Ravinens branta väggar befolkas av duvor och pilfinkar som har byggt sina bon i håligheter i bergväggen. Denna miljö är nog ganska lik de husfasader i människornas städer som dessa fåglar gärna befolkar idag. Efter någon kilometers vandring i botten på ravinen kan man ta vänster genom en pinjeskog. Man kommer upp på en bergsrygg och får utsikt över det blå Medelhavet. Vegetationen är taggig och doften av timjan slår emot en medan stenskvätorna visar sina vita kalsonger när de flyger från sten till sten. Efter en kort vandring i solen får man en magnifik utsikt över nästa lilla vik som ligger inbäddad i grönska i dalen nedanför. Här ligger lämningarna efter staden Lissos som var ett kommersiellt centrum under romartiden. Ruiner efter romerska boningshus och lagringsbyggnader ligger på rad i dalen, och det finns lämningar efter ett antikt tempel. De allra finaste statyerna har flyttats till museet i Chania, men överallt hittar man marmorbitar som kanske utgjort någon del av en kolonn. Det känns som att vara på skattjakt i en oupptäckt antik värld. Man kan inte riktigt förstå att området inte är inhägnat och försett med informationstavlor. Men det är underbart att få upptäcka på egen hand och låta fantasin flöda.

Små svarta prickar dekorerade de marmorbitar som jag hittade. Det svarta är ett slags jästliknande svamp som borrar sig in i stenen. Det man ser motsvaras närmast av toppen på ett isberg, för det mesta av svampen finns inuti i stenen. Tvättar man bort det som finns på ytan så växer ny svamp ut från stenens inre. Jästsvamparna är överlevnadskonstnärer av stora mått. De klarar av att leva både under extrema temperaturfluktuationer och under långvarig torka. De förekommer i de hetaste öknarna och på de kallaste platserna på jorden. Svarta pigment skyddar dem mot solens strålning, och de partiklar som transporteras med vinden och fastnar på den svarta ytan utgör deras enda näringskälla. Dessa svarta jästsvampar är extremt skickliga på att hus-

hålla med knappa resurser, och de kan utveckla stora krafter för att tränga in mellan mineralkornen i stenen där de skapar hålrum som är mindre utsatta för uttorkning och strålning. De anses vara föregångare till lavarna som framgångsrikt etablerat sig i de flesta miljöer på jorden. Lavar är en symbios mellan en svamp och en alg. Svampens skyddande hölje gör det möjligt för algen att bedriva fotosyntes under de torra förhållanden som råder på öppna stenytor och andra miljöer där lavar växer. När vår planet var ung kan man tänka sig att stenmaterialet vittrade sönder genom svamparnas mekaniska kraft, och tillsammans med organiskt material, i form av död svamp och algvävnad, utgjorde detta basen för planeten jordens första jord. Även idag finns det jordar som bildas på detta sätt, det vill säga helt utan att växter är inblandade. Antarktis öknar är så kalla att inga växter klarar sig. Jordbildningen baseras på blågröna bakterier, svampar, frilevande alger och lavar som växer på ytorna och några millimeter in i stenarna som sakta vittrar sönder och blandas med döda mikroorganismer till en primitiv jord. Men det finns andra ställen än Antarktis där man kan studera hur jord bildas. Följ med mig till några av dem.

### *Jordmänsbildning vid en glaciärkant*

När man flyger in över nordvästra USA, för att landa i Seattle, får man en fantastisk vy över Mount Hood som ligger mitt i Kaskadbergen. Bergskedjan som sträcker sig i nord-sydlig riktning är fortfarande vulkaniskt aktiv, och det är mindre än trettio år sedan toppen av Mount Saint Helens sprängdes bort i ett våldsamt vulkanutbrott som totalt ödelade skogarna i närheten. Man har funnit aska från detta utbrott så långt söderut som i Costa Rica, där man har studerat jordbildning högt upp i regnskogens tak. Blad och annat material som ansamlats i grenklykor bildar med tiden en organisk jord där plantor kan slå rot. Några centimeter ner i en sådan jordpacke fann man ett distinkt lager av aska som kunde härledas till vulkanutbrottet.

På flygplatsen i Seattle möts jag av amerikanska kollegor som ska ledsaga mig till Lyman Lake, en sjö som ligger på 1 800 meters höjd, nära nationalparken Glacier Peak Wilderness. Området är orört och vilt. För att ta oss dit måste vi åka flera timmar med bil och ytterligare en bra stund med båt innan vi når utgångspunkten för vandringsleden.



Sjön har bildats av smältvatten från en glaciär som idag ligger två kilometer därifrån men som tidigare låg mycket närmare. Glaciären har dragit sig tillbaka med mellan åtta och tolv meter varje år de senaste hundra åren, och nu har ett kilometerlångt område frilagts. Här kan vi studera vad som händer med jungfrulig mark som tidigare inte varit exponerad för vädrets makter. Hur påverkas den av regnvattnet som sipprar ner? Vilka växter etablerar sig, och vad händer i marken när växtligheten får fäste? Turligt nog finns det fotografisk dokumentation av området, och vi vet exakt var iskanten legat under olika tidpunkter de senaste hundra åren.

På väg upp mot sjön vandrar vi genom tät lövskog som så småningom övergår i en glesare skog med ädelgran. Gul varglav växer på grenarna och trädens långsmala toppar får mig att tänka på den typiska fonden för Kalle Ankas vildmarksutflykter med Knattarna. När vi närmar oss glaciären glesnar skogen ytterligare och blåbärsrisen växer sig



**TREVANDE STEG MOT NYA JORDAR.** När en glaciär smälter och drar sig tillbaka, frigörs en osorterad blandning av finare och grövre jordpartiklar, allt från lera till stenar. Denna blandning kallas morän. När vådrets makter börjar verka, samtidigt som växterna slår rot, omvandlas moränen sakta till en jordmån. Det finns gott om fosfor och kalium i den framsmälta moränen, men kväve saknas i stenmaterialet. Växterna måste komma åt detta livsviktiga ämne på annat sätt. Den gula växten i förgrunden – käringtand – lever i symbios med bakterier som kan fånga luftens kväve. Kvävehalten i marken byggs upp när dessa växter förmultnar och då underlättas etableringen av andra växter.

högre och högre. Här finns blåbär av olika sorter, inte bara de lågväxande jag är van vid hemifrån. Och goda är de också, inte så fadda som de odlade amerikanska bär som man ibland kan köpa i Sverige.

Det drar en kall vind från glaciären när vi närmar oss. Alldeles framme vid kanten porlar det grumsiga smältvattnet fram ur isen, och många små rännilar bildar en bäck som fortsätter ner mot sjön.

Isen maler sönder underliggande grus och sten när den sakta glider nerför sluttningen. Trots att ismassan hela tiden rör sig framåt, kan iskanten ändå dra sig tillbaka om avsmältningen är ihållande. Glaciären minskar i storlek under sommaren, och är minskningen större än den sträcka som glaciären hunnit röra sig under året så kommer iskanten att dra sig tillbaka. Slutar glaciären att röra sig så blir den istället en dödis. Det söndermalda stenmaterialet som smälter fram ur glaciären blir jordarten som så småningom kommer att ligga till grund för själva jordmånen. Jordmånen är den övre delen av marken som påverkas av organismer och klimat. Så fort vegetationen etablerat sig kommer jordmånsbildningen igång. Jordarten kan vara antingen osorterad, som de moränavlagringar som avsätts framför glaciären, eller också sorterad i finare fraktioner som följer med bäckvattnet ner till sjön. På botten av sjön avsätts dessa som lera eller sand, och när sjön en gång torkar ut bildas det leriga och sandiga jordmåner ur dessa jordarter.

Nära glaciärkanten ligger stenarna löst staplade och det är lätt att tappa balansen när man kliver på dem. Men något tiotal meter bakom kanten



ligger de stadigare. När vattnet fryser på vintern lossnar grus och sandpartiklar, och på våren följer de med regnvattnet och rinner in under stenarna och stabiliserar dem. Detta är början till en jordmånsbildning. Små spridda förekomster av halvgräs som tåg och starr etablerar sig ungefär trettio meter från iskanten. De ser inte mycket ut för världen, men när de dör hjälper de till att bygga upp organiskt material i marken som gör det möjligt för lågvuxna videsorter att etablera sig ännu lite längre bort från kanten. Den organiska halten byggs sakta men säkert upp i marken.

Men det är först när blåbär och andra risväxter börjat växa här tillsammans med barrträd, efter ungefär åttio år, som jordmånsbildningen tar ordentlig fart. Den låga temperaturen gör att nedbrytningen går långsamt. Dessutom innehåller barr och blåbärsblad svårnedbrytbara delar som gör att dött organiskt material ansamlas på markytan. Lösta organiska föreningar sipprar ner i marken med regnvattnet och på-



**TRÄDENS ÅTERKOMST.** Glaciären på bilden har dragit sig tillbaka med i genomsnitt tio meter per år de senaste hundra åren. Olika växter har etablerat sig efter hand: lavar, mossor, halvgräs, små videbuskar, och efter åttio år har jordmånsbildningen nått så långt att granarna som syns i förgrunden har kunnat slå rot. Det är fascinerande att tänka sig att hela Norden har genomgått denna process.

verkar mineralpartiklar så att joner löses ut. Vissa joner tas upp av växterna, medan andra fastnar längre ner i markprofilen eller lakas ur till grundvattnet. Jorden delar med tiden upp sig i ett övre vittrat skikt och ett nedre anrikat skikt. Men skiktningen kan motverkas om dagmaskar etablerar sig i marken. De blandar om i jordprofilen genom sitt grävande. Vid Lyman Lake kan man studera jordmånsbildningen under de första hundra åren efter att moränen smält fram ur glaciären. Vill man studera hur processen fortgår under längre tid finns det många andra ställen att bege sig till.

### *Podsolering och jordmånsbildning i Sverige*

I likhet med processen vid Lyman Lake, smälte inlandsisen bort från Skandinavien för cirka tio tusen år sedan. Den lämnade i huvudsak efter sig ett osorterat material i form av morän, som är den dominerande jordarten i vårt land. Isen tryckte ner jordytan, och sedan tyngden försvunnit har landet mycket långsamt rest sig för att återta sin tidigare form. Idag stiger det med en centimeter per år i norra Sverige, och precis som vid glaciären vid Lyman Lake kan vi med ett naturligt tidsexperiment studera hur jordmånsbildningen fortskrider, denna gång under skandinaviska förhållanden.

Utrustad med spade och jordprovtagare begav jag mig till Åkerbäck, som ligger nära högsta kustlinjen i Västerbottens inland. Klapperstensfält i närheten avslöjar att strandkanten låg här för åtta tusen år sedan. Granskogen växer hög och frodig och har antagligen dominerat dessa områden de senaste tre tusen åren, allt sedan den vandrade in i vårt land norrifrån. När jag försökte driva ner min jordprovtagare i marken





**EN POSTGLACIAL PROFIL.** Podsol är den vanligaste jordmånen i vårt land. Den bildas när barrskog får växa på sur berggrund som granit. Dessutom krävs riklig nederbörd. Den sura berggrunden tillsammans med sur förna från barrträden gör att nedbrytningen går långsamt. Då ansamlas organiskt material på markytan. Syror från det organiska lagret följer med regnet och gör att lättvittrade mineraler i det översta jordlagret löses upp. En blekjord bildas då den gråvita kvartsen ensam blir kvar. Järn och aluminium från blekjorden sipprar ner och bildar roströda oxider i lagret nedanför, det blir rostjorden. Nedanför rostjorden har den ursprungliga moränen ännu inte påverkats.

för att få upp en jordpropp, så det klonk var jag än satte ner den. Den steniga marken gjorde det klart för mig varför det mesta av Norrlands inland är skogsbygd snarare än jordbruksbygd. Till slut kunde jag och min kollega med spadens hjälp gräva en grop djup nog för att studera de olika skikten i marken. Ovanför mineraljorden, som huvudsakligen består av moränmaterial som isen lämnat efter sig, hade det ansamlats ett tio centimeter tjockt lager av organiskt material. Överst låg de nyfallna barren och bladen inbäddade i blåbärsris och mossa, medan materialet närmast mineraljorden hade brutits ner till en svart smetig massa utan igenkännbara delar av barr eller blad. Den övre delen av mineraljorden var gråvit till färgen medan jorden längre ner var rödaktig.

Sönderdelningen av mineralerna i jorden påskyndas då rötter och markorganismer avger koldioxid som löser sig till kolsyra i markvätskan. Dessutom försurar de marken ytterligare när de utsöndrar positivt laddade vätejoner i utbyte mot kalium, magnesium och andra positivt laddade joner som de behöver för sin tillväxt. När de mest lättvittrade mineralerna försvunnit blir den kvarvarande jorden blekt och kallas då blekjord. I Åkerbäck hade blekjordsbildningen nått tjugo centimeter ner i marken. Nedanför fanns det rödaktiga skikt som kallas rostjord. Det röda kommer från järn och aluminium som lösts ut från blekjorden och fällt ut i skiktet under. Lösta syror från det organiska lagret har sipprat ner i marken och hjälpt till med transporten neråt i jordprofilen.







**LYSANDE JORD.** Jorden får sin röda färg av järn- och aluminiumoxider. Dessa färgpigment, som kallas ockra, har använts av människor runt om i världen sedan urminnes tider. Aboriginerna i Australien använder det fortfarande för att färga sina ansikten och till sina traditionella barkmålningar. Under 1800-talet utvann man mycket ockra för att färga textilier, bland annat runt den sydfranska byn Roussillion, där husens varma färgtoner än idag vittnar om denna epok. Numera är byn ett berömt turistmål och man kan vandra runt i de gamla dagbrotten och njuta av solens lek med färgen i jord och grönska. Ockran har även färgat våra svenska stugor. Falu rödfärg produceras av järnoxid som blev över när man utvann koppar ur malmen från Falun.

Jordmånen som beskrivits här är vanlig i våra barrskogar och kallas podsol. För att den ska utvecklas krävs att berggrunden är sur så att nedbrytningen av det organiska materialet går långsamt. Dessutom måste det regna mycket, så att den övre delen av jorden kan urlakas och den nedre anrikas.

Podsolbildningen gynnas av barrträdens sura förna, och de allra kraftigast utvecklade podsolorna finns på Nya Zeeland, där kauriträdet växer på sur mark i nederbördsrika områden. Trädet faller sin bark i stora sjok, och den stora ansamlingen av sur barkförna gör att podsolbildningen blir extra kraftig rakt under träden, medan den blir mindre uttalad mellan träden. Resultatet blir äggkopsliknande former av blekjord under markytan.

Tiden är en viktig faktor när det gäller jordmånsbildning. Vid besöket i Åkerbäck rörde vi oss mot kusten och såg hur både blek- och rostjordsskiktet minskade i tjocklek i groparna vi grävde. När vi endast var några hundra meter från strandlinjen, började det bli svårt att urskilja något blekjordsskikt överhuvudtaget. Alldeles nära strandkanten fanns en bård av alskog som med sina kvävefixerande bakterier i rötterna hade hjälpt till att bygga upp kväveförrådet i marken och gjort det möjligt för granarna att etablera sig.



**EN FICKA I TIDEN.** När man vandrar genom en granskog nära Gjøvik i Norge kan man stöta på denna glänta som saknar växtlighet på grund av markens höga blyhalt. Området upptäcktes av norska geologer som utnyttjade förändringar i vegetationen för att hitta nya mineralfyndigheter. Nere i marken finns en malmåder av blyglans som kanske kommer att brytas i framtiden. Vi använder området för att studera hur växtligheten påverkar jordmånsbildningen genom att jämföra jorden i skogen med den som finns i gläntan.

### *Växterna snabbar på jordmånsbildningen*

Man kan undra vad som händer med jordmånsbildningen om inte växterna etablerar sig. I en sluttning kommer regnet att skölja bort jorden men är det någorlunda plant så rinner det ner i marken. En blekjord skulle antagligen kunna utvecklas eftersom koldioxiden i atmosfären löser sig i regnvattnet och gör det surt, men det skulle nog ta lång tid.

Det finns ett område nära Gjøvik i Norge där jag brukar ta en paus när jag är på väg till sommarstugan i norska fjällen. Alldeles i närheten av Kastad, mitt i granskogen, öppnar sig en glänta där jorden ligger bar och ingenting växer på marken. I kanterna av området finns spridda förekomster av gräs och i ett smalt band före storskogen växer lågvuxna, stressade granar. Detta område är starkt förorenat av bly som sipprar fram ur en naturlig källa. Blyhalten i det övre marklagret är tusen gånger högre än normalt och inga växter kan klara sig. Blyförekomsten är helt naturlig och har ingenting med mänsklig aktivitet att göra. Någonstans där nere i marken finns en malmkropp av mineralet blyglans, och över den ett metertjockt lager av morän som inlandsisen släppt ifrån sig. Det intressanta är att här kan man studera vilken betydelse växterna har för jordmånsbildningen, eftersom de har haft tio tusen år på sig att påverka jorden medan jorden på den öppna ytan aldrig har varit bevuxen. Blekjordsbildning förekommer alltid där granar vuxit och då har också det lättvittrade mineralet apatit försvunnit från det översta jordlagret. Apatit är en viktig fosforkälla för träden, och svamparna som bildar symbios med trädens rötter är bra på att utnyttja den. En del av apatiten försvinner även genom regnets inverkan





**MELLAN ISARNA.** Det snöar mycket vid Frans Josefs glaciär på Nya Zeeland, tre till fem meter om året i smält form. Moränen som smälter fram påverkas av den höga nederbörden, så vittringsprocesserna går fortare här än vid många andra glaciärer. Den fosfor som finns i mineraljorden löses sakta ut och transporteras bort av regnvattnet. På bilden syns mossor som etablerat sig nära glaciärkanten och längre ner i dalen växer en högvuxen regnskog. Men i moränmaterial ännu längre bort från glaciären är halten fosfor i jorden så låg att regnskogen ersatts av lågvuxen buskvegetation.

på den öppna ytan. Men våra beräkningar tyder på att vittringen går hundra gånger fortare när granarna är på plats. Det är tydligt att vegetationen har stor betydelse för jordmånsbildningen och inte så konstigt att jordarna på Antarktis, där ju vegetationen saknas, är tunna och utvecklade.

### *Naturens egna jordarkiv*

Vill man studera hur jordmåner utvecklas under längre tid kan man åka till Frans Josefs glaciär på Nya Zeeland. Glaciären ligger på Sydön i Westland National Park mitt i Sydalperna. Det snöar mycket här, tre till fem meter i smält form per år, och snömassorna har gjort att en del av glaciären når nästan till havet där klimatet är betydligt mildare. Strax nedanför glaciärkanten växer tempererad regnskog i skarp kontrast till ismassorna. Glaciären har avsatt avlagringar i den trånga dalgången mot havet. Sedan istiden har den dragit sig tillbaka åtskilliga kilometer. Det unika med Frans Josef är att vissa avlagringar har daterats till den förra mellanistidsperioden, ungefär 120 000 år tillbaka i tiden. Detta har gjort det möjligt för forskarna att studera jordmånsbildning över betydligt längre tidsperioder än vad man kan göra i områden med glaciärer som minskar i storlek.

Jordmånen förändras hela tiden. Det finns inget slutstadium där man kan säga att jorden är ”färdig”. Förloppet kan snarare beskrivas med en uppbyggnadsfas som med tiden övergår i en utarmningsfas. Men alltihop börjar om från början igen när det kommer en ny istid. Då skrapar isen bort den gamla vittrade jorden och jordmånsbildningen tar fart i



moränen som avsätts när isen smälter. Kvävefixerande växter brukar etablera sig under uppbyggnadsfasen, och de bygger upp kväveförrådet i marken. Fosforinnehållet, å andra sidan, är högt under uppbyggnadsfasen men minskar sedan kontinuerligt. När jorden blir sur genom rötternas inverkan så löses fosfor ut ur mineralerna. Tas den inte upp av växterna så kan den sköljas ut av regnet och förloras från marken. Fosfor kan också fastna på aluminium- och järnnytor i jorden och blir då svår att få fatt på. Med tiden blir det brist vilket leder till att vegetationen blir alltmer anpassad till att kunna hushålla med fosfor. Växterna under detta stadium behåller bladen längre och kan klara sig med lägre näringsinnehåll. Men växtkraften blir lidande eftersom fotosynthesen blir mindre effektiv. Växtligheten blir också glesare, tidigare högvuxen skog kan övergå i gles buskvegetation. Nederbörden styr hur fort detta sker. Vid Frans Josef-glaciären har det tagit ungefär 12 000 år innan marken förlorat så mycket fosfor att växterna börjat växa sämre.



**URÅLDRIGT FRAMGÅNGSRECEPT.** Under dinosauriernas tid dominerades växtligheten av nakenfröiga växter som ginkgo, kottepalmer och senare även barrträd. Nyckeln till kottepalmens framgång var att den förenade sig med cyanobakterier som kan fånga luftens kväve och göra det tillgängligt för palmen. Idag finns denna typ av symbios hos vissa lavar men den är ovanlig bland växterna. Ett exempel är växtsläktet *Gunnera* (bilden), som tillhör våra tidigaste blomväxter (gömfröiga växter) och som fanns under dinosauriernas tid. Senare under evolutionen har ärtväxter, alträd och en del andra växter utvecklat samarbete med andra typer av kvävefångande bakterier.

Då har barrträd blivit allt vanligare, och efter 120 000 år domineras området av en artfattig men stresstålig buskvegetation. Men det finns andra områden där man studerat jordmånsbildning över ännu längre tidsperioder. Ett exempel är lavaflöden på Hawaii som spänner över tidsintervall på flera miljoner år. Där kan övergången från kväve- till fosforbrist ta mycket längre tid – flera hundra tusen år, eftersom det regnar betydligt mindre.

### *De första växterna behövde svampar*

Fosforbristen var avgörande även när växterna en gång utvecklades från att bara vara vattenlevande till att också bli landlevande. De allra första växterna växte i strandkanten och hade inga egentliga rötter utan ganska grova jordstammar eller rhizom. I vattnet förekommer fosfor i löst form och kan lätt tas upp av växterna som lever där, men i marken binds det hårt och blir otillgängligt. De växter som lyckades ta upp tillräckliga mängder fosfor i denna ogästvänliga miljö fick en konkurrensfördel och kunde öka sin tillväxt och fortlevnadsförmåga. Här hade de stor hjälp av svampar. Till att börja med infekterade svampen växten för att komma åt dess kolhydrater, men när svampen upplevde fosforbrist inne i växtvävnaden tog den upp fosfor från marken runt omkring, och en del av denna kunde komma växten till godo. De svampar som inte tog död på växterna hade en fördel, eftersom de fick kontinuerlig tillgång





på kolhydrater. Om de samtidigt transporterade fosfor till växten så säkerställdes en stabil produktion av kolhydrater, eftersom fotosyntesen är beroende av en kontinuerlig fosfortillförsel. Det var så mykorrhizasymbiosen utvecklades, ett av världens mest framgångsrika samarbeten. Den förekommer hos mellan 80 och 90 procent av dagens växter. Evolutionen av landlevande växter hade knappast varit möjlig om de inte funnit svampar att samarbeta med i urtidens vattensamlingar.

Förutsättningarna för jordmånsbildning förändrades väsentligt när de landlevande växterna utvecklades för ungefär 400 miljoner år sedan. Växterna producerade mängder med biomassa som med tiden byggde upp jordens organiska substans, vittringen av mineraljorden ökade och jordmånsbildningen påskyndades.

Idag tar det lång tid att utveckla en ny jordmån i områden där ytjorden eroderat bort, alltför lång tid för att vi ska hinna återskapa jordar i den takt som vi förstör dem idag. Bästa sättet att påskynda processen är att plantera kvävefixerande växter som bygger upp både kol- och kvävemängden i marken. Med tiden kommer andra växter att etablera sig och den organiska substansen i marken att öka, och då får vi en stabil jord som inte är så känslig för erosion. I nästa kapitel ska vi se hur markens egenskaper påverkar vad som växer i den. Även hur vi sköter våra marker har betydelse för vilka växter som trivs.

# Blomsterprakt och näringsbrist

I sommarens mitt var blomman sig själv,  
hennes vingslag var sommar.  
Från grodd till frö var hon på flykt  
med röda vallmoringar

HARRY MARTINSON

## *Blomsterrika marker i Sarek och på det öländska alvaret*

När man vandrar i Sareks nationalpark tittar man ut över vidder som inramas av majestätiska berg med namn som Akka, Sarvatjåkkå och Pierikpakte. Men oftast under vandringen är blicken riktad neråt för att finna lämpliga platser för fötterna. Med näsan mot marken ser man hur vegetationen ändras. Ibland kan en växt som fjällsippan plötsligt dyka upp då man vandrat i timmar över en till synes likartad hed. Är detta ett resultat av slumpen, att ett frö råkat gro, eller betyder det att jorden på något sätt är annorlunda?

Det finns många faktorer som påverkar växternas utbredning. Klimatets inverkan på Sareks fjällhedas är uppenbar, men också renarnas bete hjälper till att forma växtsamhällen. När fjällsippan dyker upp skulle man kunna tänka sig att det finns något i jorden som saknats på andra ställen och som fjällsippan vill ha. Men de flesta växter har ungefär samma behov av näringsämnen, och det är osannolikt att just fjällsippan behöver något som andra växter klarar sig utan. Däremot kan tillgången på olika näringsämnen i jorden variera och växterna ha anpassat sig till detta på olika sätt. Antagligen har något i marken blivit



**NÖDEN – UPPFINNINGARNAS MODER.** Fosfor är ett livsnödvändigt ämne för växterna. Det binder hårt till kalk och blir svårtillgängligt i kalkrika jordar. Växterna har anpassat sig på olika sätt för att komma åt hårt bundet fosfor och kalkrika marker är ofta artrika. Det kan man uppleva på vissa ställen i Sareks nationalpark i Norrbotten och på det öländska alvaret som ligger på kalkrik berggrund.

annorlunda så att fjällsippan kan hävda sig bättre i konkurrensen med andra växter. Men missuppfattningen att olika växter har olika näringsbehov är väl utbredd. Det räcker med att gå in i en växtbutik och se på det enorma utbud som finns när det gäller olika gödselmedel. Citronerna ska ha sin speciella näring, grönsakerna en annan och gräsmattan en tredje blandning. Mycket av denna variation har som enda syfte att få oss att köpa fler produkter.

Tillsammans med de erfarna Sarekvandrarna Johan och Joakim steg jag, tidigt i augusti, av bussen vid Sourva kraftverksfördämning, nära Stora Sjöfallets nationalpark norr om Sarek. Här delade vi upp den gemensamma packningen. Jag fick lotten att bära det fyra kilo tunga tremannatältet, Johan den ultralätta köksutrustningen och Joakim sin gedigna erfarenhet av Sarekvandringar, kanske det tyngsta bagaget av de tre. Efter två dagars vandring anlände vi till Pielavalta, högplatån mitt i Sarek, där vi etablerade vårt basläger. Det var min tur att laga kvällsmat, och jag plockade fram ett färskt ägg till mina vänners stora förundran. Bland alla gram-jagande Sarekvandrare var jag kanske den första som hade burit ett färskt ägg genom halva nationalparken. Jag skulle göra linsbiffar och behövde ägget för att steka dem frasiga i olivolja. Den torkade majsen och de gröna linserna fick dra lite i varmt vatten innan jag blandade i potatismospulvret och ägget. Sedan formade jag tunna platta biffar, fräste dem i olivoljan och vi åt med god aptit.

Nästa dag skulle vi besöka magnesitbrottet på norra sidan av Ähpar, på branten ner mot sjön Vuoineluobbalah. Under andra världskriget bröts här fem hundra ton magnesit som användes för att tillverka eldfast tegel till stålverkens ugnar. Brottet övergavs redan efter ett halvår då flygplanet som transporterade ut den brutna stenen råkade ut för





**FLUGFÄLLAN.** Växter som lever i extremt kvävefattiga miljöer måste ha speciella anpassningar för att klara sig. På fjälltätörtens klubbiga blad har några insekter fastnat, de löses sakta upp av växtens enzymer och ger ett välbehövligt kvävetillskott. Ett annat exempel på en köttätande växt är sileshår som växer på myrar.

ett haveri. Ett haveri som kanske räddade Sarek från förödande exploatering.

Mitt intresse för magnesitbrottet väcktes av Claes Grundsten som har beskrivit området i sina böcker. Området är Sareks mest intressanta ur botanisk synpunkt. Magnesit är ett ovanligt mineral som består av magnesiumkarbonat. Det påminner mycket om kalcit som består av kalciumkarbonat. Kalcit och magnesit påverkar markförhållandena på sinsemellan liknande sätt. Markvattnet blir basiskt när karbonat löser sig i vatten eftersom det binder vätejoner som annars försurar markvattnet.

På väg mot magnesitbrottet passerade vi över det låga passet vid Pierikvaras och lämnade samtidigt Pielavalta. Utsikten dominerades nu av det molninsvepta Slugga, berget som ser likadant ut från alla håll. Lite längre bort fick vi syn på malmkroppen som lyste vit mot horisonten. När brytningen inleddes måste den skyddande vegetationen ha skalats av. Än idag ligger den vita bergsknallen blottad för väder och vind. Vi fann en gammal stensåg och några utsågade block som fortfarande låg uppstaplade vid sjökanten, vittnesmål om en svunnen epok.

Vegetationen längs småbäckarna nedanför malmkroppen skilde sig vid första anblicken inte nämnvärt från den vi hittills hade upplevt på fjällhedarna. Joakim var besviken, han hade hoppats kunna lägga ytterligare en dimension till sitt mångfasetterade Sarekbagage, med hjälp av mig som kunnig botanist. Men det behövdes noggrannare studier än en hastig anblick för att avslöja platsens hemligheter. Jag la av mig packningen i riset och började krypa runt på alla fyra. Många växter hade redan blommat över vid denna tid men jag fann några knottriga grenar som växte tätt tryckta mot marken. Bladen var läderartade och den aromatiska doften avslöjade den lapska alprosen, en av våra två



vilda Rhododendronarter. Snart hittade jag både fjällarnika, fjällklocka och kantjung, som alla är beroende av kalkrik mark. Joakim blev mer och mer imponerad och höjdpunkten nåddes när vi fann ett exemplar av fjälltätört som tillhör de köttätande växterna. De utnyttjar insekter som näringskälla. Egenskapen har utvecklats i kvävefattiga miljöer för att dessa växter ska få ett komplement till det jorden förmår att ge. Fjälltätörten är en lågvuxen växt med klibbiga blad där små insekter fastnar och långsamt löses upp av växtens matspjälkningsenzymer. Det sägs att man kan tillverka långfil med denna växt, om man gnider in en träskål med bladen och håller på mjölk.

Ibland behövs det skarpa ögon för att upptäcka naturens guldkorn. Men ju mer man förstår av samspelet mellan jorden och växterna, desto mer uppskattar man de små förändringar som sker och som oftast är osynliga för lekmannen.

Jag lärde mig mycket om trädgårdsodling under en sommar på Capellagårdens skola i Lilla Vickleby på Öland. Medan jag gick och påtade i jorden brukade skolans hantverkselever gå ut på alvaret och måla akvarell. Färgväxlingarna i deras målningar fick mig att tänka på ljuset som Claes Grundsten fångade i sina bilder från Sarek. Ljungpiparens entoniga visslande kunde höras på båda ställena medan ängshöken bara fanns på alvaret. Men den fick mig att tänka på fjällabbens lekfulla flykt på Pielavalta, när den svepte förbi med sina långa smala vingar.

På det öländska alvaret är blomsterprakten än mer uttalad än runt magnesitbrottet i Sarek. Alvaret vilar på ren kalkberggrund och vegetationen präglas av den rika kalkförekomsten. På försommaren kan man njuta av ett överflöd av orkidéer. Adam och Eva följs av johannesnycklar och krutbrännare.

För en forskare i växtekologi är det inte alldeles självklart att kalla ölandssolvändan eller brudbrödet för kalkgynnade arter, trots att de bara växer på kalkrika marker. För egentligen är det inte kalken de vill åt. Kalken gör att fosfor blir svårtillgängligt i marken eftersom kalciumjoner bildar svårlösliga föreningar med fosfatjoner. Kalkskyende växter som skräppa och ärenpris får snabbt fosforbrist om deras frön råkar gro i kalkrik jord, medan alvarväxterna har anpassat sig för att komma åt fosfor även när tillgången på sådan är låg. I områden där det sura regnet lakar ur kalken ur det översta jordlagret kan skräppan däremot slå rot.

Då ställer den ofta till problem eftersom den lätt kan invadera sådana områden och konkurrera ut alvarväxterna. Många kalkrika sandstäppsområden i östra Skåne har förstörts på detta sätt, men det finns hopp, för nu har man börjat gräva bort det översta jordlagret, eller blandat om så att kalkhaltig jord kommit upp i ytan. Då återskapar man lämpliga förhållanden för den kalkgynnade floran.

### *Fosforbrist och mykorrhiza kan förklara blomsterprakten*

Den stora artrikedomen på alvaret och runt magnesitbrottet i Sarek har sin förklaring i att det finns många sätt för växter att anpassa sig till den låga fosfortillgången. En del utsöndrar syror från rötterna som frigör fosfatjoner i jorden. Många bildar symbios med mykorrhizasvampar som hjälper till med fosforupptaget mot att de får kolhydrater som växterna bildar genom sin fotosyntes. Dessutom trivs parasiter som utnyttjar andra växters anpassningar för att få tag på fosfor. Fosforbristen gör också att inga växter kan växa särskilt fort, och då finns det plats för fler livsformer än i en näringsrik miljö där ett fåtal snabbväxande arter kan skugga ut de andra.

De flesta av våra växter i Skandinavien har vandrat in söderifrån, från kalkrika områden i Mellaneuropa. Dessa växter har haft lång tid på sig att dela upp sig i olika arter genom evolutionen. Sura jordar är ovanliga i Mellaneuropa och därför har det inte utvecklats lika många surmarksväxter hos oss. I Australien är förhållandet det omvända. Här är kalkrika jordar ovanliga och därför har kalkrika jordar färre arter än kalkfattiga. Men även jordarna i Australiens artrika områden har fosforbrist. Höga halter av aluminium och järn binder fosfaten. Många av växterna här bildar speciella rötter med massor av rothår som utsöndrar citronsyra. Syran löser upp aluminium- och järnfosfater i jorden, vilket gör fosfor tillgänglig. Denna strategi har inte utvecklats i samma utsträckning hos växterna i Europas kalkrika jordar eftersom den försurande effekten missgynnar mykorrhizasvamparna som är viktigare för fosforupptaget här.

Mykorrhizasymbiosen upptäcktes på 1930-talet i citrusodlingar i Florida. Man hade framgångsrikt bekämpat en skadesvamp som angrep rötterna men lyckades ändå inte få plantorna att växa, om man inte







**FOSFORNS BEFRIARE.** När starr och andra halvgräs får fosforbrist kan de bilda dessa fantastiska ansamlingar av rothår på rötterna. Här produceras organiska syror som sänker pH och löser ut svår-tillgänglig fosfor ur marken. Strukturerna bildas bara i extremt fosforfattiga jordar och förekommer inte alls i näringsrik åker-jord. Men om vi med växtförädling kunde få dessa växter att bilda rothår även under näringsrikare förhållanden så skulle vi kanske kunna frigöra fosfor som ligger bunden i åkerjorden genom årtal av gödsling. Det skulle kunna bli en värdefull resurs nu när våra fosforreserver håller på att slut.



**KONKURRENSKRAFTIGT GRÄS.** Gräs har ett finförgrenat rotsystem som påminner om det mycel som mykorrhizasvampar bildar. Det stora flertalet växtarter har mindre utvecklade rotsystem och är mer beroende av samarbetet med svamparna för att klara närings-upptaget. Gödslar man en näringsfattig mark kommer gräsen att gynnas och växa till sig, medan de mykorrhizaberoende arterna kommer att missgynnas. En blomsterrik äng kan snabbt förbytas i artfattig gräsmark.

tillförde stora mängder fosfor. När man undersökte citrusrötter upp-täckte man svampstrukturer i vilda släktingar som saknades hos de odlade plantorna. Misstanken väcktes att denna svamp gynnade fos-forupptaget, och den visade sig vara riktig. När man blandade in lite jord från de vilda släktingarna, och svampen åter kunde kolonisera, så växte de odlade plantorna åter som innan. Sedan dess ser man alltid till att citrusrötterna är väl koloniserade av mykorrhizasvampar.

Forskare i Holland har undersökt vilken betydelse mykorrhizasvam-parna har för växtsammansättningen på olika platser. Deras experi-ment visar att om man steriliserar jord från en blomsterrik äng, fyller den i krukor och sår in frön från ängsblommorna, så kommer det inte att finnas många likheter mellan växterna i krukorna och växterna på ängen. I krukorna kommer några få grässorter att växa sig stora medan de flesta blomväxter lyser med sin frånvaro. Om man däremot blandar in lite sporer av mykorrhizasvampar i jordblandningen blir resultatet helt annorlunda, och mycket mer likt det man ser på ängen. Många



**SVAMPBEROENDE BLOMSTERPRAKT.** Om man ska plantera rhododendron, eller andra ljungväxter, i sin trädgård är det bäst att ersätta den vanliga jorden med grovriven okalkad torv. Dessa växter trivs i sur jord och bildar symbios med ljungmykorrhizasvampar, som är experter på att frigöra kväverika aminosyror från torv och annat organiskt material. Ogräs vill ha lättillgängligt kväve och blir sällan något problem i denna typ av planteringar.

blomväxter har grova rötter och är beroende av svamparna för att ta upp fosfor. Om svampen inte är närvarande blir de utkonkurrerade av gräs med mer finförgrenade rotsystem som kan ta upp fosfor utan svampens hjälp.

Det är inte bara mykorrhizasvampar som påverkar sammansättningen av växter. Andra svampar i marken kan infektera somliga rötter och de kan ta kål på växterna om angreppen blir kraftiga. Sällsynta växter är ofta känsliga för denna typ av angrepp. De blir sällsynta därför att de hela tiden måste flytta runt till nya områden för att inte angreppen ska bli för kraftiga. De vanligare växterna har ofta utvecklat ett bättre försvar och kan stå kvar på samma plats. Men vissa känsliga växter kan stå kvar och ändå undvika angrepp om de väljer en växtplats som hela tiden utsätts för störning. Marramgräset, exempelvis, växer i sanddynen som hela tiden omformas med vindens hjälp. Rötterna är känsliga för svampangrepp, men växten täcks med jämna mellanrum av sand, och då kan nya rötter växa ut medan de gamla dör av angreppen. Om sanddynerna stabiliseras och sanden hålls på plats, klarar sig marramgräset inte särskilt länge utan stryker med av angreppen.

### *Vissa växter trivs i sura marker*

En del växter trivs i sura jordar. Vi som odlar amerikanska blåbär vet att man måste blanda in mycket ogödslad torv i jorden annars bleknar plantorna och får näringsbrist. Framförallt järnbrist är vanligt hos blåbär. Järnets löslighet ökar i sura jordar, och många växter får brist när pH-värdet stiger. Men andra har anpassat sig genom att skicka ut speciella molekyler i jorden, som plockar upp bundna järnjoner och gör dem tillgängliga. Blir det riktigt surt i marken så ökar halten av giftiga



aluminiumjoner som kan skada rötterna, men surmarksväxterna klarar sig eftersom de utsöndrar ämnen som binder aluminiumjonerna och skyddar rötterna.

Ljungväxterna dominerar på tundran längst upp i norr. Även risväxter som kråkbär, blåbär och mjölon tillhör denna grupp. Tundrajorden är sur och näringsfattig men växterna är väl anpassade till dessa förhållanden. De bildar tunna hårrötter som genomväver det översta organiska lagret av jorden. Cellerna i hårrötterna är fulla av svamphyfer som bildar en annan typ av mykorrhiza än den som bildas hos örter och gräs. Ljungväxternas mykorrhizasvampar utsöndrar enzymer som frigör både kväve och fosfor från komplexa organiska föreningar i jorden.

För några år sedan deltog jag i ett experiment i Abisko där vi tillförde radioaktiv koldioxid till tundraväxter som inneslutits under ett antal plasthuvor. Koldioxiden togs upp av växterna via fotosyntesen, och med radioaktivitetens hjälp kunde vi följa kolets väg ner i marken.

Jag gav en av mina studenter i uppgift att plocka ut hårrötter ur jorden för att kunna studera hur mycket kol som hamnade i svampvävnaden som fyllde cellerna. Det visade sig vara en näst intill omöjlig uppgift, proverna var helt genomvävda av trådtunna rötter som var ytterst svåra att separera från själva jorden. Men efter åtskilliga timmar vid mikroskopet hade hon med pincettens hjälp lyckats få fram tillräckliga mängder. En betydande del av växtens fotosyntesprodukter utnyttjades av svampen under större delen av växtsäsongen.

### *Artrika blomstermarker under människans hävd*

Det är inte bara det geologiska underlaget eller förekomsten av svampar i marken som påverkar vilka växter som trivs. Hur vi människor sköter markerna har också stor betydelse. Traditionellt skötta ängs- och hagmarker är artrika men inte så lätta att skapa hemma i villatrdgården, trots alla ängsfröblandningar som man kan köpa på plantskolorna. Näringshalten är ofta för hög och det är inte lätt att tvätta bort näringen från jorden. Min far sådde frön på sin torpartomt i norra Skåne, och även om fröna grodde så dröjde det inte länge förrän gräset hade tagit över och konkurrerat ut ängsblommorna. När han nu under flera år slagit ängen med lie och fört bort växtmaterialet, börjar resultatet sakta men säkert att likna en äng. Att föra bort näring från jorden är ett tålmodsprövande arbete, medan man förstör en blomsterrik äng på nolltid genom att gödsla.

På Hörjelgården på Österlen finns det kvar rester från det gamla kulturlandskapet. Gårdens marker var tidigare igenvuxna men har på senare tid restaurerats för att man ska kunna visa hur markerna sköttes på 1700-talet. På gården tar man emot skolklasser, och eleverna får lära sig hur man levde och försörjde sig på den tiden. Ängen är en gräsmark som man slår med lie. Höet ger man till djuren på vintern.

När höskallran ljöd på ängen var det dags att slå. Växtens frukter hade då torkat tillräckligt mycket för att ge ifrån sig det skallrande ljudet. Då var också höet lagom torrt för vinterförvaringen. 1700-talsbönderna hade inga fläktar att torka sitt hö med. Allting man använde kom från landskapet runt gården. På ängen växte den vilda floran. De blomväxter som hann med att sätta frö innan ängen slogs fick vara med

även nästa år, medan de mer senblommande arterna fick slå ner sina bopålar på andra platser.

Den stora utmaningen för 1700-talsbonden var att inte utarma bördigheten i jordarna. Ängsmarkerna gav vinterfoder till kreaturen och gödseln som producerades användes till åkern. Då återförde man näringsämnen som kväve och fosfor till jorden och talesättet ”ängen är åkerns moder” fick sin mening. Ängsmarkerna däremot blev mer och mer utarmade. Men typiska ängsväxter är experter på att hushålla med näring. De växer långsamt och har små blad som inte kostar mycket att producera. Många arter kunde samsas om utrymmet när ingen växte sig stor och kraftig, och idag kan vi njuta av ängens rika blomsterprakt på marker som hävdats av människan under lång tid.

Näringskrävande arter som nässlor och bredbladiga gräs bildade kraftiga rötter och stora blad när de växte på komposthögarna eller runt latrinerna, men på ängen klarade de sig inte. Näringsrika platser var ovanliga i det gamla kulturlandskapet, och de flesta växtarterna var anpassade till näringsfattiga förhållanden. Men idag har de näringskrävande arterna ökat i antal i takt med att kvävehalten i jordarna höjts, en effekt av de föroreningar vi släpper ut.

Den stora omvälvningen skedde när människan började använda konstgödsel under första halvan av 1900-talet. Tidigare var det bara de kvävefixerande bakterierna som kunde omvandla luftens kväve till aminosyror och proteiner. Men människan lärde sig att binda luftkväve genom Haber-Bosch-processen. Denna metod betraktas som en av mänsklighetens största framgångar och renderade dess båda uppfinnare, Fritz Haber och Carl Bosch, Nobelpriset i kemi 1918 respektive 1931. Kvävet blandades med fosfor från fosfatgruvor i Nordafrika och tillsammans gjorde konstgödslet att skördarna kunde mångdubblas och utarmade jordar åter kunde bli bördiga. Men egentligen var det inte Haber och Bosch som var först med att göra konstgödsel utan Kristian Birkeland. Denne fantastiske norrman som mest är känd för upptäckten av norrskenets hemligheter var också en stor visionär när det gällde att hitta pengar till sin forskning. Bland de mer spektakulära uppfinningarna som han konstruerade var en elektromagnetisk kanon, vars räckvidd skulle vida överstiga dåtida haubitsar, och dessutom var den helt tyst hävdade han. Men när den skulle demonstreras på universitetets bankettsal i Oslo år 1903 utbröt ett helvetiskt vrål när han tryckte





**KONSTGÖDSLAD ALGBLOMNING.** Under det senaste århundradet har tillgången på kväve ökat i den industrialiserade delen av världen. Kväveoxider bildas vid förbränning, till exempel bilkörning, och ammoniakgas avdunstar från djurstallar och gödselhögar. Gräset växer bättre på blomväxternas bekostnad när detta kväve når marken. På trädstammar och husfasader, eller som här på staketstolpar, gynnas alger och bildar ljusgröna beläggningar som nästan är självlysande.

på strömbrytaren. En stor ljusbåge sköt ut mot publiken och folket flydde i panik. Men Birkeland blev exalterad och tyckte att det var det mest dramatiska ögonblicket i sitt liv. Han lär senare ha hävdad: ”med den projektilen sköt jag ner mina aktier från ett värde på tre hundra kronor till noll, fast den träffade mitt i prick.” Han kom nämligen då underfund med att luftens kväve reagerade med syre under den stora energimängd som frigjordes av ljusblixten. Det var välkänt redan på den tiden att nitrat bildades på detta sätt när blixten slog ner, och Birkeland insåg att hans kanon kunde utvecklas till en ugn för tillverkning av konstgödsel. Men det krävdes enorma mängder energi och han inledde ett samarbete med en industrimagnat som köpt upp ett av Norges största vattenfall, Rjukanfallet, för att bygga ett vattenkraftverk. Under ett års produktion lyckades de tillsammans få ihop ett par kilo gödselmedel, men det räckte inte långt och inte heller ugnen blev någon kommersiell succé. Det var först när Habers och Boschs effektiva metod utvecklades som konstgödselproduktionen kom igång i industriell skala.

För den artrika ängsfloras del var införandet av konstgödsel en katastrof. När de blomsterrika ängarna gödslades försvann blomväxterna och de bredbladiga gräsen tog över. En stor del av kvävet läcker ut i vattendragen och hamnar till slut i haven där det kan göra stor skada. Förhöjda kväve- och fosforhalter gör att alger växer ohämmat med algblooming som följd. Övergödningen betraktas idag som ett av de riktigt stora miljöproblemen, jämförbart med både den pågående klimatförändringen och förlusten av alla de arter som dör ut när vi människor utnyttjar jordens resurser allt effektivare.







**MULENS MARKER.** Djurens bete och tramp formar växtsamhällen. Gräs klarar sig bra trots att det betas eftersom mulen inte når ner till bladanlagen som sitter vid basen av plantan. Smörblomman bildar ämnen som korna inte tål och är också vanlig i betade marker. Betet gynnar även småvuxna arter som annars skulle hamna i skuggan av högvuxna gräs. Vissa arter trivs i den störda jorden där korna trampat medan andra växer ostörda i ett törnigt snår dit mulen inte når.



**STÄNDIGT VAKANDE TÖRNE.** Akacietrådets blad är begärlig föda för betande djur i Afrika, till exempel vilda gaseller, får och getter. För att inte bli för hårt betade har träden bildat kraftiga tornar på de grenar som kan nås av djuren, men längre upp i trädkronan behöver de inte slösa sina resurser på dessa dyra konstruktioner.

På hagmarken är det djurens bete som formar växtsamhället, och då är det viktigt för växterna att ha sina tillväxtanlag så långt nere att mulen inte når dem. Tistlarna bildar istället taggar för att undvika att bli betade, och en del arter kan slå rot inne i ett taggigt björnbärssnår för att till slut växa upp och bli ståtliga träd eller yviga buskar. Andra arter bildar gifter för att djuren ska undvika dem. Det är därför som smörblommorna får stå orörda och smycka våra hagar även när korna betar. Som tur är förstörs giftet när blommorna torkar, så de gör ingen skada om de kommer med i höet. I hagen finns det olika mikromiljöer som ger plats för många arter. Någon kanske trivs nära en sten som samlar solvärme under dagen medan en annan trivs i en fuktig svacka.

Utmarken på Hörjelgården har aldrig varit uppodlad eller gödslad utan den har fungerat som en allmänning där djuren fått beta. Här är det artrikt med upp till fyrtio arter på en kvadratmeterstor yta. Det finns många sorters gräs varav flera ovanliga som stagg, knägräs och darrgräs, men även blomväxter som blåsuga och olika sorters orkidéer. Denna typ av ögödslad mark har minskat drastiskt sedan 1700-talet. Idag finns den bara kvar i spridda rester och dessa marker vill vi gärna bevara. Men även om vi inrättar naturreservat och förbjuder gödsling så är de ändå hotade av människans framfart. Kväve faller ner med regnet då biltrafikens avgaser tvättas ut ur luften och runt våra djur-



**ENSAMLEVANDE BIN.** Intill min tomt i Torna Hällestad breder kaninlandet ut sig. På mornar och kvällar spelar solljuset i det torra gräset och får det nästan att se ut som om det fattat eld. Kommunens personal kommer regelbundet dit med sina stora maskiner och rör om i marken för att gynna mångfalden av vilda bin, som trivs i solexponerad sand. Marken bränns även då och då för att minska utbredningen av knylhavre. Denna morgon gnistrar rimfrostens i resterna av det brända gräset.

Det är inte alla bin som bildar kolonier, en del lever ensamma. Den öppna sanden på kaninlandet skapar goda förutsättningar för dessa solitära bin, vilka gräver sina bohålor i sanden. Här tittar en hona av sälgsandbi ut från sin håla. Området är skyddat för att de hotade bina ska få en fristad.

stallar av dunstar ammoniak som kan orsaka stora kvävenedfall, speciellt längs de dominerande vindriktningarna från gårdarna.

### *Hur barnens lek kan hjälpa blommor och bin*

Decennier av varsam skötsel har skapat artrika jordbruksmarker som naturvårdare kämpar för att bevara idag. Men även människors rovdrift på landskapet kan skapa marker som fått en skyddsvärd fauna och flora. Utanför min tomt i Torna Hällestad ligger ett stort sandfält som vi brukar kalla kaninlandet. Under ljusa sommarnätter smyger jag dit, genom hålet i tallhäcken, och njuter av det blommande nattljusets magiska sken. Denna smörgula blomma slokar lite ledset på dagarna, men lyser på nätterna med en fluorescerande lyster för att locka till sig nattflygande insekter. Tidigare sträckte sig en rullstensås över fältet och uppe på höjden låg Svenshögs gård inbäddad i lummig grönska. På slutningen ner mot Tornavallen bredde potatisfälten ut sig, men nu är dessa ett minne blott. Jorden schaktades bort och gruset i åsen grävdes ut och användes för att bygga ut det skånska vägnätet under 1950- och 60-talen. Själva gården eldades upp under en stor brandövning, men inga protester hördes från byborna trots att idyllen på åsen byttes ut mot ett stort gapande hål i marken. När grustaget så småningom över-



gavs kunde torktåliga växtarter etablera sig i den sandiga marken, och naturen återtog sakta men säkert sitt förlorade land. Förutom nattljus växer här nu hedblomster, blåeld, gul fetknopp och stora bestånd av blå monke.

Området invaderades av kaniner och fick på så sätt sitt namn. Gran-nens tax utvecklade en speciell teknik att vid obemärkta tillfällen tvinga upp ytterdörren för att kunna ge sig ut och jaga på kaninlandet. Även byborna utnyttjade överflödet. Det berättas om burar i trädgårdarna, gillrade med morötter och med ett snöre in till husen. När sju, åtta kaniner hade lockats in, drog man i snöret. Hade man tur fanns en eller två kvar i buren, men det räckte lagom till en gryta. På 1970-talet kom kaninpesten och tog död på de flesta kaninerna, som nu är sällsynta på fältet. Men naturvårdarna vill ha dem tillbaka. De betar ner knylhavret som sprider sig på fältet när kvävehalten i jorden blir för hög. Knylhavret konkurrerar ut lågväxande hedblomster och fetknopp, och det behövs många kaniner för att hålla det i schack. Kaninerna kan bara hålla den nere så länge den är späd. När den blir för kraftig så hjälper det bara att bränna av gräset. Bränningen gör att en del kväve går upp i rök och sedan kan kaninerna beta av de nya skotten. En annan metod som provats är att odla råg som sedan skördas för att föra bort näringen från marken.

Blåmonken och fetknoppen är populära nektar- och pollenkällor för kaninlandets många insektsarter, och kombinationen av en rik flora och sandblottad mark gör kaninlandet till en av landets bästa lokaler för vilda bin av den typ som gräver sina bohålor i jorden. Här finns fyrtiofem olika arter, och flera av dessa är utrotningshotade och visar minskande antal både i Sverige och i Europa.

Mitt på kaninlandet finns en grund grop i sanden där jag brukar slå mig ner på mina nattliga promenader. Längdhoppsgropen kallade vi den när barnen var små, och vi sprang över fältet och slog nya rekord i takt med att barnen växte. Gropen skapades på 1970-talet när grannens barn lekte här med spadar och hinkar och grävde ut sin alldeles egna sandlåda eller sandö som de kallade den. Nu är sandön en av de allra bästa lokalerna för de sällsynta bin som gjort kaninlandet så berömt i entomologiska kretsar. Lös sand som rasar nerför kanterna skapar perfekta förutsättningar för de grävande binas jordhålor. Med barnens ö som förebild har kommunen med grävmaskinens hjälp vänt om sanden

och skapat nya sandöar jämt spridda över fältet för att säkerställa vildbinas fortsatta grävande. Kanske är det barnens förtjänst att bina trivs så bra på kaninlandet och att kommunen nu satsar mycket pengar för att hindra att fältet växer igen.

### *Även naturen själv kan förgifta marken*

Ibland kan vegetationen ändra sig abrupt beroende på lokala förändringar i markens kemi. Tungmetaller förekommer naturligt i vissa jordar och precis som för oss människor är de giftiga för många växter om de förekommer i för höga koncentrationer. Men vissa växter har anpassat sig till dessa förhållanden.

På många håll i världen använder man växtkartering för att upptäcka nya mineralfyndigheter. Den blypåverkade ytan i Kastad i Norge, där jag brukar pausa på vägen till sommarstugan, hittades av geotekniker som studerade förändringar av växtsamhällen med hjälp av satellitbilder. Fjällnejlika har använts som indikator för kopparförekomst och gett namn åt viscaria-malmen i Kiruna.

Fjällarv är en annan liten blomma som är vanlig på torr grusmark i fjällen. Den förekommer både i områden med och utan serpentin i marken. Serpentin är ett ovanligt mineral som bildas under speciella förutsättningar vid själva bergskedjeveckningen. Det ger upphov till näringsfattiga jordar som innehåller höga halter av tungmetaller som nickel, krom och kobolt. Dessa ämnen gör att många arter inte klarar av att växa, men fjällarven har utvecklat speciellt anpassade populationer som tål tungmetallerna. Runt om i världen finns det andra liknande exempel på hur växtsammansättningen ändras där det finns inslag av serpentinjordar. I Oregon i USA kan man se hur skogar med Douglasgran övergår i tallskog då tallarna bättre klarar serpentinjordens tungmetaller.

Serpentinjordar är rika på magnesium men fattiga på kalium, vilket ofta skapar kaliumbrist hos växter på serpentinjordar. Magnesium brukar det finnas tillräckligt av i de flesta jordar men ibland kan serpentinjordarnas höga magnesiumhalt bli livsavgörande för växtligheten. När granskogarna dog i dåvarande Tjeckoslovakien under 1970- och 80-talen trodde en del forskare att samma öde skulle drabba svenska skogar. Lyckligtvis fick de fel. Dödsorsaken berodde dels på frätskador



**METALLER SOM VÄGER TUNGT.** Trätrissan på bilden kommer från en gran som vuxit mycket långsamt eftersom den stått på serpentenberggrund. På tjugofem år ökade stamdiametern med 2 centimeter, medan en annan gran i närheten, som stod på amfibolitberggrund, växte lika mycket på fyra år. Jordar på serpentenberggrund har höga halter av tungmetaller men låga halter av kalium, som är det ämne näst kväve som växterna behöver mest av.

från svaveldioxid som frigjordes vid förbränning av svavelhaltig olja och kol under denna tid. Men svaveldioxiden löste sig också till svavelsyra när det regnade, med försurade sjöar och marker över hela Europa som följd. Det sura regnet trängde bort näringsämnen som kalcium, kalium och magnesium från det översta jordlagret och mycket av näringen försvann ut i grundvattnet. Många granar i Tjeckoslovakien fick brist på magnesium, en livsnödvändig beståndsdel i klorofyllet som växterna behöver för att fånga ljuset i fotosyntesen. När jag besökte landet i slutet på 1980-talet såg jag vidsträckta områden med döda skogar på vindexponerade bergsområden nära tyska gränsen. Men på de magnesiumrika serpentinjordarna hade granarna klarat sig mycket bättre. I Sverige är vi lyckligt lottade eftersom det blåser in en hel del magnesium från haven som omger vårt land. Vi drabbades inte heller lika hårt av svavelutsläpp som Tjeckoslovakien, där enorma mängder svavelhaltigt brunkol förbrändes under denna tid.

En del växter kan ansamlar stora mängder tungmetaller i speciella strukturer där de inte gör skada, och dessa växter kan användas för att rena marken. Ett exempel är vår svenska sälgen som ansamlar kadmium. Det finns mycket kadmium i våra marker som härstammar från föroreningar i konstgödsel. Sälgen kan med fördel användas i anslutning till reningsverken eftersom den kan växa fort om den får del av näringen från avloppsvattnet. Den skördade biomassan kan ersätta fossila bränslen, men det är viktigt att askan tas om hand och deponeras på rätt sätt, annars kommer tungmetallerna ut i naturen igen.

Arsenik är en dödligt giftig tungmetall och ett av det starkaste cancerogena ämnen som vi känner till. Det förekommer naturligt i vissa berggrunder och har förgiftat många brunnar i Indien och Bangladesh.





Kanske kan dessa problem mildras med hjälp av en kinesisk ormbunke, som kan ansamla arsenik i bladen. Den har visserligen stora krav på odlingsplatsen och växer bara där det är milt och fuktigt, men med hjälp av dagens genteknik försöker man överföra egenskaperna till andra växtarter. Speciellt lämpade är växter med stora rotsystem som kan rena mycket jord när de växer genom marken.

Men det finns mycket annat än växtrötter i jorden. Jorden är fylld av allehanda kryp och det är här den största biologiska mångfalden finns. Detta ska vi utforska i nästa kapitel.

## Livet i jorden

Maskarna blandar det hela väl samman,  
likt en trädgårdsmästare som tillreder  
fin jord för sina utsökta växter.

CHARLES DARWIN

### *Mångfalden i jorden*

Det myllrar av liv i jorden. Ett enda gram jord kan innehålla flera hundra meter svamphyfer och över tio miljarder bakterier. Dessutom innehåller jorden massor av småkryp; framförallt mikroskopiska maskar som nematoder och encelliga varelser som amöbor och protozoer. Det finns också större djur som hoppstjärtar och kvalster, skalbaggar och tusenfotingar, men de är mycket färre till antalet.

Man kan undra hur många organismer ett barn får i sig när det stoppar sina jordiga fingrar i munnen. Åtskilliga miljarder sannolikt, men inte brukar barn bli sjuka av att äta jord. De flesta av småkrypen är ofarliga även om det finns en del jordbakterier som kan vara riktigt elaka. När man konserverar grönsaker måste man vara noga med att tvätta bort all jord så att inte några *Clostridium*-bakterier följer med. Om inte konserven hettas upp tillräckligt länge kan dessa bakterier börja växa i den syrefria miljön och bildar då ett nervgift som orsakar den livshotande sjukdomen botulism. Men i jorden förekommer de i alltför låg mängd för att vara farliga och oftast är det helt ofarligt för barnet att få lite jord i sig. Det är förresten inte bara barn som äter jord. Inom vissa kulturer äter man jord av medicinska skäl. Och det kanske inte är helt uppåt väggarna, för modern forskning har visat att vissa växtgifter oskadliggörs om de blandas med lerhaltig jord. Det är välkänt



**NATURENS STORA SKAFFERI.** Vad är det som får människor från vitt skilda kulturer att äta jord? Är det brist på kalk eller zink som får gravida kvinnor i Afrika att stoppa i sig lerhaltig jord? Eller är det för att lera ska oskadliggöra gifter i magen och mildra diarrésjukdomar? Det finns mycket som tyder på att viss sorts mat blir nyttigare om man äter den tillsammans med lerhaltig jord. Ekollon, till exempel, har varit svårt att använda som människoföda på grund av den höga tanninhalten. Men både indianer i Kalifornien och ursprungsbefolkningen på Sardinien blandade ekollonmjöl med lera som oskadliggjorde tanninerna så att brödet de bakade blev ätbart. I västvärlden har vi använt lera som medicin. Det mest sålda preparatet mot diarré i USA – kaopectate – innehöll ursprungligen den aktiva substansen kaolin, som är ett slags lera.

att potatisplantan är giftig, men att knölna vi äter saknar giftet om de får ligga mörkt så att de inte blir gröna. Men hos den ursprungliga potatisen i Sydamerika var även knölna giftiga, och det sägs att indianerna la dem i lervälling innan de åt dem för att giftet skulle fastna på lerpartiklarna. Gravida kvinnor i vissa afrikanska stammar äter jord för att få i sig kalcium som behövs för bröstmjölken. Denna vana är speciellt utbredd hos folkslag som inte håller djur som de kan mjölka. Även bland vilda djur finns det många arter som äter jord, dels för att få i sig salt och andra mineraler, dels för att bli av med gifter i de växter de äter.

Man har länge vetat att jorden är en viktig reservoar för biologisk mångfald, men den har varit svår att studera eftersom de flesta av organismerna är små och oansenliga. Man brukar mäta den biologiska aktiviteten i jorden genom att analysera den mängd koldioxid som markorganismerna producerar via sin andning. Mikroskopiska svampar och bakterier står för huvudparten, de bildar tio gånger mer koldioxid än alla djuren tillsammans.

Jag hörde en gång en föreläsning av en jordmikrobiolog som målade upp följande bild för publiken: Tänk er att ni är en fågelskådare och de fåglar ni hittills har sett är höna, gås, undulat och anka. Sedan tar någon med er till en regnskog i tropikerna och visar er den mångfald av fåglar som finns där. Ni skulle bli hänförda över alla papegojor i skimrande färger och kolibrier som svirrar från blomma till blomma. På samma





**UNDER- OCH OVANJORDISK MÅNGFALD.** Om man pratar om stor biologisk mångfald så tänker nog många av oss på regnskogen i Amazonas. Tusentals trädarter, hundratals fågelarter och ett oräkneligt antal arter av insekter. Bara på ett enda regnskogsblad kan det finnas ett myller av lavar, alger och allehanda småkryp. Den skandinaviska barrskogen är däremot artfattig, med få växter, djur och svampar ovan mark. Någon insprängd björk syns bland granarna, lingon och väggmossa dominerar på marken. Men det är här, i den mullrika jorden, som den största biologiska mångfalden finns, även om vi ännu inte lyckats identifiera mer än ett fåtal av alla arter.

Nya molekylärbiologiska metoder möjliggör en bättre inblick i och förståelse för denna mångfald. Jordmikrobiologerna har därmed fått verktyg att studera de mest dominerande arterna i jorden, inte bara de som går att odla i en petriskål. I granskogen på bilden finns det ungefär hundra arter av mykorrhizasvampar. Soppar och kremlor syns som svampar på hösten men lever mångåriga liv som mycel nere i marken. Flera andra arter bildar aldrig några ovanjordiska fruktkroppar.

sätt känner vi jordmikrobiologer oss idag. Tidigare kunde vi bara studera de arter som går att odla i en petriskål, det vill säga några enstaka procent av de svampar och bakterier som finns i jorden. Med dagens metoder kan vi extrahera dna direkt från jordprover och dela upp dna-sekvenserna i fragment. Sedan kan arterna i provet identifieras. Ofta får vi fram unika dna-sekvenser från arter som aldrig tidigare beskrivits.

Ta arkéerna till exempel. De liknar vanliga bakterier. Tidigare fann man dem bara i extrema miljöer som salta sjöar, heta källor eller i kornas magar där de omvandlar koldioxid till metan. Numera har man konstaterat att de är vanliga i de flesta jordar, och man har till och med klassificerat dem i ett eget rike vid sidan av vanliga bakterier och eukaryoter (organismer med cellkärna). Framtiden kommer säkert att visa att de är mycket betydelsefullare än någon av oss kunnat ana.

Jag hade nog blivit influerad av detta föredrag när jag själv blev inbjuden att föreläsa på Kungliga Vetenskapsakademien i Stockholm. Ämnet var biologisk mångfald i den svenska granskogen, och framför mig satt







**FINTRÄDIGA LIVLINOR.** Svampmycelet från granrötterna sprider ut sig i marken. Många soppar bildar vitt mycel som det på bilden, men det gula mycelet tillhör en svamp som aldrig bildar fruktkroppar. Ett granbarr syns för jämförelses skull i övre delen av bilden och nere till höger kan en granrot urskiljas.

Karljohanssvampen på nedre bilden bildar mykorrhiza med både löv och barrträd. Man känner igen den på det vita ådernätet på foten. Hittar man maskfria exemplar är den bland våra bästa matsvampar.

en samling celebra personer bekvämt nedsjunkna i Beijersalens fåtöljer. Jag började med att visa bilder från regnskogen i Amazonas, en välkänd miljö med hundratals fågelarter och tusentals insektsarter. Men så uppmanade jag publiken att sätta på sig ett par specialglasögon för nu skulle vi göra en resa ner i jorden. Vi skulle bekanta oss med en helt annan mångfald, som varit fördold för de flesta av oss. En och annan akademiledamot skärpte blicken när jag visade bilder på regnskogens tunna jordlager. Direkt under de nedfallna löven fanns trädens finrötter, och under dem låg den röda vittrade jorden – fattig och i det närmaste steril. Löven var genomvuxna av nedbrytarsvampar som tillsammans med bakterier omsatte bladen och gjorde näringen tillgänglig för träden. Men det tunna jordlagret gav inte plats för särskilt många arter.

Sen förflyttade vi oss till en svensk granskog med blåbärsris som täckte marken tillsammans med mjuk väggmossa. Några björkar och aspar var insprängda mellan granarna, men här fanns inte många sorters träd om man jämför med de tusentals arter som finns på en enda hektar i Amazonas. Men granskogens tjocka jordlager hyser en mångfald av svampar och bakterier som saknar motstycke i regnskogens fattiga jord. Om man försiktigt lyfter upp jordlagret som legat och vilat mot ett stenblock, så kan man se ett komplicerat nätverk av rötter och svamphyfer. Hyferna tillhör mykorrhizasvamparna som bildar symbios med träden. De förlänger trädens rötter och gör att kontaktytan med jorden mångdubblas. Vatten och mineralnäring tas upp och transporteras in i rötterna där svampen får kolhydrater i utbyte. Symbiosen är en annan typ av mykorrhiza än den som utvecklades hos de första landväxterna och som beskrevs i kapitlet ”Hur bildas jord?” Trädens





**ANDRUM.** Det råder inget tvivel om att vi blir friskare om vi regelbundet får vistas i skogen. Det kanske är något med ljuset som strilar genom lövverket som gör oss lugna och harmoniska inombords. Det kan ha varit detta som Antonio Gaudí hade i sinnet när han ritade Sagrada Familia i Barcelona. Pelarna som håller upp kyrkan förgrenar sig likt träd, och ljuset som strålar in genom fönster i taket får en att känna som vore man inne i en skog.

mykorrhizasvampar tillhör en mycket artrikare grupp. De flesta svampar vi ser när vi promenerar i skogen bildar mykorrhiza med träden – riskor, soppar och kremlor för att nämna några vanliga grupper. Vissa arter är knutna till enskilda trädslag, som björksopp och aspsopp, medan andra, som kantarellen, kan bilda mykorrhiza med flera olika sorters träd. En enda skog kan härbärgera hundratals olika arter.

Totalt på vår planet finns det flera tusen svamparter som bildar mykorrhiza med växter, men vissa av småkrypen i jorden är ännu artrikare. Över trettio tusen arter av nematoder och över sextio tusen arter av encelliga djur har beskrivits, men det verkliga antalet är antagligen mycket större. En av pionjärerna inom nematodforskningen skrev redan 1914 att om man tog bort allt utom nematoderna så skulle ekosystemen ändå vara fullt igenkännbara. Strukturen av berg, dalar och växtsamhällen skulle kunna urskiljas, eftersom djuren finns i princip överallt och i stor mängd. En kvadratmeter stor jordplätt kan innehålla tio miljoner nematoder.

Efter föredraget på Vetenskapsakademien gick jag ut i Bergianska trädgården som ligger alldeles intill. Ett av dess växthus, Victoriahuset med sin hundraåriga glaskupol, innesluter en liten del av tropikerna. Jag funderade på om budskapet nått fram: En enda spade skogsjord innehåller fler arter av mikrober än det finns växt- och djurarter i hela den tropiska regnskogen.

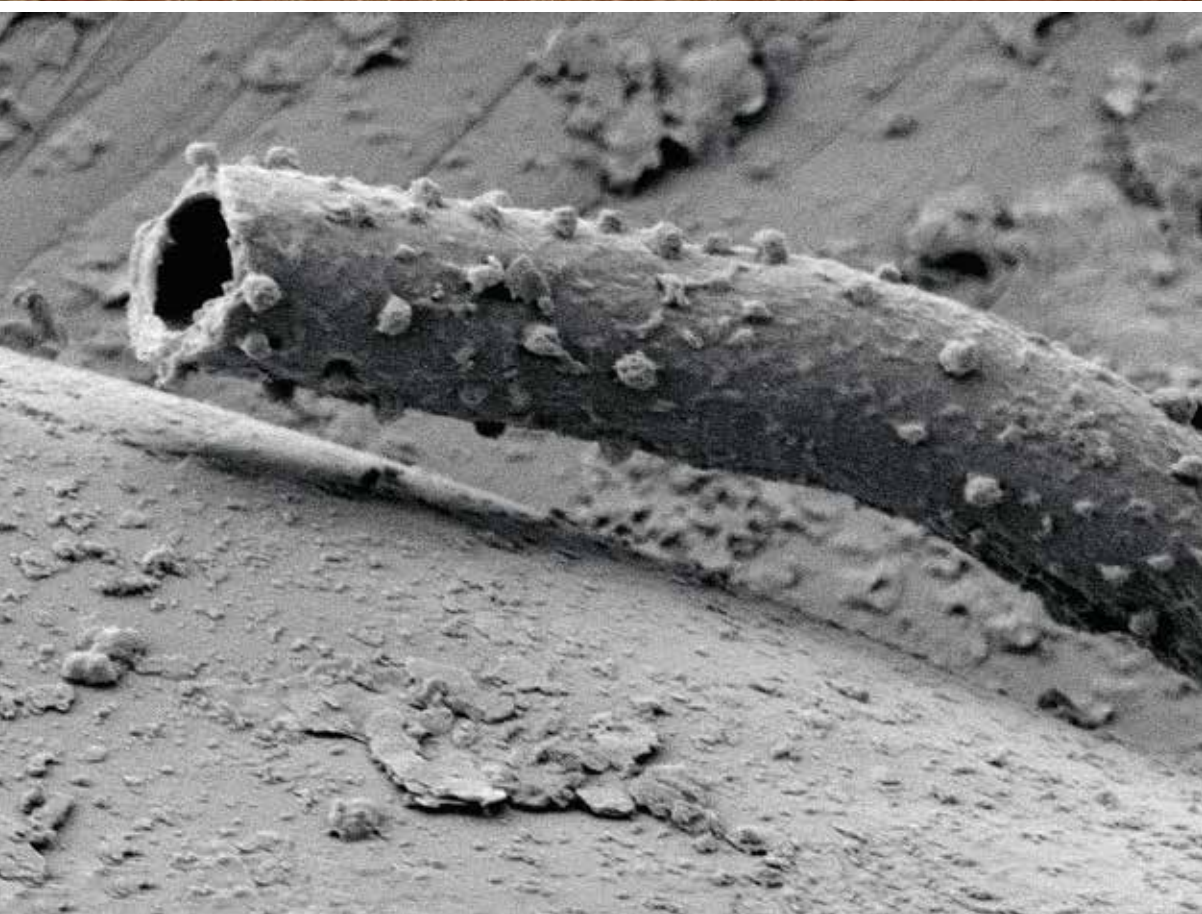
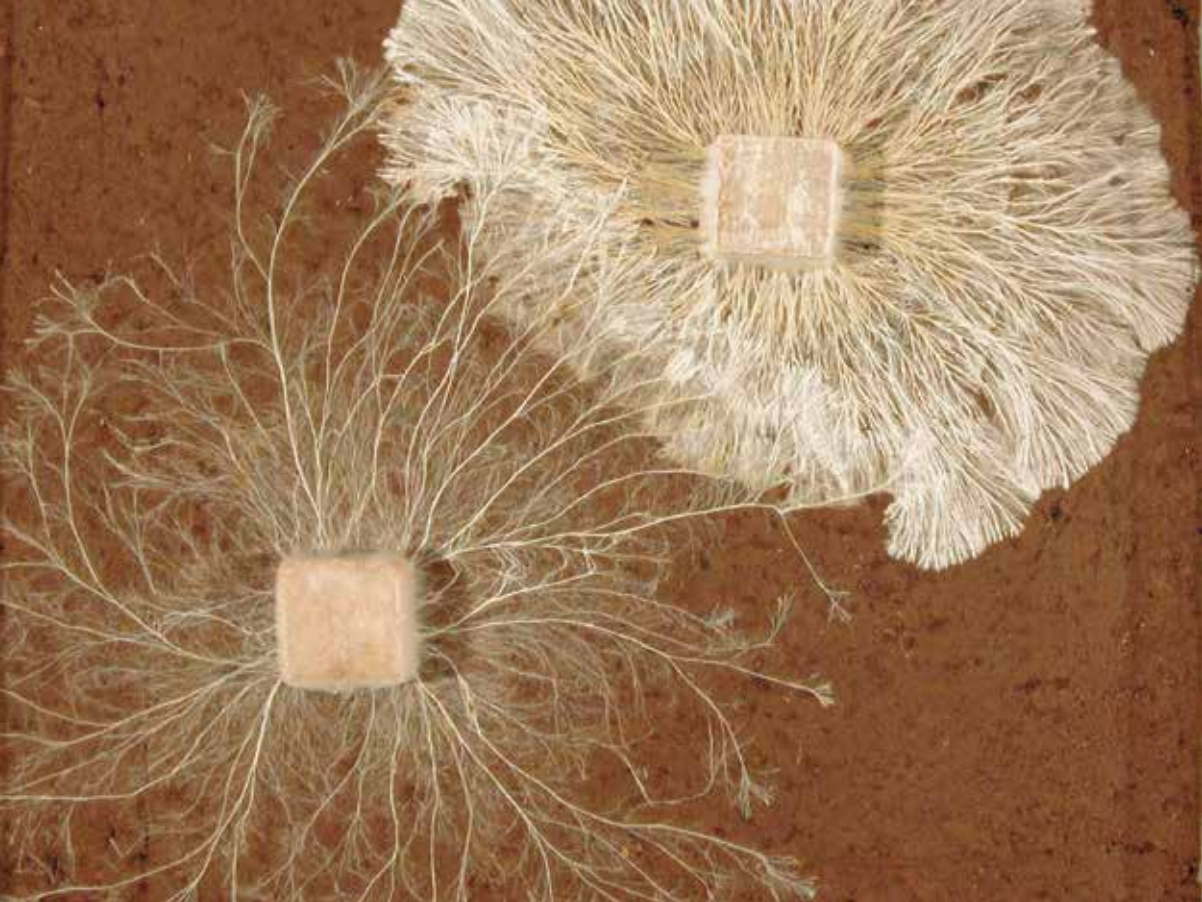
### *Livets väv i jorden*

En fråga som jordforskare länge brottats med är hur alla dessa livsformer interagerar med varandra. Vem äter vem? I en skog eller på en savann är det ganska lätt att identifiera vilka som är växtätare och vilka



som är rovdjur. Växterna blir mat till gasellen på savannen eller till en bladätande larv i skogen. Dessa blir i sin tur mat för rovdjur som lejon eller insektsätande fåglar. Ibland finns det ytterligare steg i kedjan, och småfågeln blir mat åt rovfåglar. Men hur ser dessa födokedjor egentligen ut i jorden?

En startpunkt är den organiska substans som utsöndras från växternas rötter. En del av denna fungerar som smörjmedel när rötterna växer genom jorden. Mykorrhizasvamparna tar hand om en del, men hos många växter föder dessa substanser också en rik flora av bakterier runt rötterna. Rotbakterierna frossar i ett överflöd av kolhydrater. De kan föroka sig hundra gånger fortare än bakterier som lever någon millimeter från rotytan där det råder brist på lättillgänglig energi. Naturligtvis blir det fest även för bakterieätarna, som encelliga amöbor, protozoer och nematoder, och växterna får nytta av dem eftersom en del





**VÄLORGANISERADE NÄRINGSLETARE.** Svamparna på bilden bryter ner vedklossar för att komma åt energi. Ved innehåller nästan inget kväve och därför växer svamparna ut med sitt mycel från klossarna för att hämta kvävet på annat håll. Förmågan att hämta energi och kväve på olika platser och sedan transportera runt resurserna inom mycelet gör dem överlägsna bakterier när näringen är ojämnt fördelad i marken.

Svamphyfer (nedre bilden) är inte fyllda med vätska utan till största delen ihåliga. Cellvätskan ligger som en tunn film längs väggen. Det är bara i spetsarna, där hyferna är mest aktiva, som cellerna är helt vätskefyllda. Många svamphyfer är knottriga på ytan. Det kan vara kristaller bildade av restprodukter från mineraler som svampen löst upp för att komma åt näringsämnen som fosfor och kalium. En annan möjlighet är att kristallerna bildats för att skydda hyferna från att bli uppätta.

av kvävet i bakterierna frigörs när de konsumerats av bakterieätarna. En del bakterier bildar ämnen som stimulerar rotbildningen och småkrypen tycks undvika att äta av dem. Då blir det fler rötter vilket alla tjänar på. Även bladlössen kan bli talrikare när markdjuren gör att plantorna växer bättre. Växterna blir en länk mellan organismerna i den under- och ovanjordiska världen. Samspelet mellan dessa världar visar sig alltmer komplext ju mer forskarna fördjupar sig i detta område.

En annan startpunkt för födokedjan i jorden är det organiska material som tillförs via döda blad och rötter eller insekter och andra organismer som dör i jorden. Svampar och bakterier blir snabbt verksamma när något har dött. Bakterier växer fort och gynnas när det är gott om näring och när materialet blandas om av daggmaskar och andra grävande djur. Svamparna däremot vill ha lugn och ro, de är mer anpassade till näringsfattiga förhållanden. Deras fina nätverk av svamphyferna trasas sönder genom maskarnas grävande. Om nätverket istället får breda ut sig över stora områden kan kolhydrater tas upp på ett ställe och kväve på ett annat. Svamparna är inte lika beroende som bakterierna av att alla resurser finns på samma plats.

Vissa svampar har utvecklat en enorm kapacitet att fördela sina resurser över stora ytor. Sjuka hus orsakas ofta av mögelsvampar som



**UPPFINNINGSRIKA MIKRODJUR.** Amöbor är encelliga organismer, tiotusentals kan finnas i en tesked jord. Vissa har skal, som på den övre bilden, andra har ingen speciell form utan bildar armliknande utskott som kan fånga in bakterier, deras huvudsakliga föda. På bilden i mitten förflyttar sig en sådan inuti en por och gör kroppen smal när poren blir trång. Amöban syns i vitt och porutrymmet i blått. Det finns en speciell grupp amöbor som likt vampyrer borrar sig in i svamphyfer och suger ut cellvätskan. De har till och med fått *Vampyrellids* som latinskt gruppnamn.

De vanligaste flercelliga markdjuren i jorden är nematoderna, ett slags millimeterstora maskar. Tillsammans med amöborna påskyndar de näringsomsättningen när de äter bakterier och svamphyfer. Några kan orsaka sjukdomar, en del hos växter, andra hos djur. Den växtparasitiska nematoden på bilden längst ner punkterar växtceller med sin stilett och suger sedan i sig innehållet.

växer i fuktigt trä, men husägarens verkliga skräck är hussvampen. Den kan angripa torrt virke om den har tillgång till vatten från den fuktiga marken utanför. Vattnet kan transporteras i svampvävnad som växer i tjocka buntar längs stenväggen till husets träkonstruktion som då kan angripas av svampen. Många svampar i jorden arbetar likadant men i mindre skala. Deras förmåga att ta sig förbi torra fickor i marken genom att transportera vatten på detta sätt gör att de kan genomväva jordsubstratet i sin jakt på näring.

Jorden utgör en så variabel miljö att det finns plats för många arter att leva där. Om man föreställer sig en växande rot så frodas småkrypen runt själva spetsen där det utsöndras mycket kolhydrater. Förutsättningarna ändrar sig när roten blir äldre, och andra arter etablerar sig i takt med att roten växer. Det råder också olika förhållanden beroende på var i jordprofilen man befinner sig. Överst i granskogsjorden ligger den nyfallna förnan som innehåller mycket kol men lite kväve. Den angrips av nedbrytarsvampar som behöver kolet för att bygga upp sin biomassa. När materialet bryts ner så frigörs koldioxid, och när kolet försvinner så ökar kvävehalten. Mykorrhizasvamparna blir verksamma lite längre ner i marken när kvävehalten blivit tillräckligt hög. Kvävet är trädens viktigaste näringsämne, och dessa svampar tar upp det från





**SPEKTAKULÄRA SMÅKRYP.** Kvalster är tillsammans med hoppstjärtar de vanligaste leddjuren i jorden. I förstoring ser de ut som märkliga forntidsdjur. Hoppstjärten (överst till vänster i bilden) har fått sitt namn av den långa hoppgaffel som sitter på undersidan, och som kan få djuren att ta långa språng upp i luften när de blir hotade. Kvalster är bland de artrikaste djurgrupperna i jorden. Vissa är rovdjur; det gula kvalstret med de stora frambenen fångar bland annat hoppstjärtar. Många arter äter svampmycel medan andra lever av dött organiskt material. De små gula kvalstren som klamrat sig fast på den stora skalbaggs-larvens ben är så kallade liftspecialister. Observera att bilderna inte har samma skala.

humusen och byter det mot kolhydrater som trädet bildat genom sin fotosyntes. Ännu längre ner i jorden finns andra svampar som tar upp fosfor och andra mineralnäringsämnen som frigörs när olika mineraler vittrar. Även syretillgång och fuktighet påverkar sammansättningen av olika arter. En del trivs i de luftiga gångar som maskarna lämnar efter sig eller som blir kvar när en rot ruttnat bort, andra föredrar de fuktigare delarna av jorden.

Tillgången på kväve har stor betydelse för mångfalden av svampar i marken. Vissa mykorrhizasvampar tar upp kväve i form av aminosyror medan andra väntar tills ammonium och nitrat frigjorts via det arbete som nedbrytarsvampar och bakterier utför. En kvävefattig skog härbärgerar många arter med olika enzymsystem för att frigöra kväve från humusen. I kväverika skogar blir dessa snarare en onödig kostnad, och de fåtaliga mykorrhizasvampar som växer här satsar istället på snabb tillväxt. Vi som vill hitta gula kantareller under våra höstpromenader gillar inte när kvävehalten blir för hög, för kantarellerna minskar i kväverika områden i hela Europa. Störst är minskningen i Holland där kvävenedfallet är speciellt högt beroende på de många djurbesättningsarna. Kväverik ammoniak avdunstar från gödsel och faller ner i omgivningarna runt gårdarna.

Det finns många småkryp i jorden som äter av bakterier och svamphyfer och dessa blir i sin tur mat åt andra djur i jorden som rovkvalster och skalbaggar. Födokedjorna i jorden vävs samman till en födoväv, och





vissa djurgrupper, som daggmaskar och termiter, är speciellt betydelsefulla eftersom de blandar om och ändrar infrastrukturen i jorden. De äter direkt av det döda materialet och låter mikroorganismerna arbeta i sina tarmar. Nedbrytningen går fortare när materialet finfördelas, och bakterierna kan leva i en skyddad värld samtidigt som maskarna får nytta av näringen som bakterierna frigör.

### *Daggmaskar på en gräsplan i Tomelilla*

Jag träffar ofta på daggmaskar när jag gräver i mina odlingsbäddar, men ibland stöter jag på dessa djur i helt oväntade situationer, som när jag gick en danskurs på Tomelilla folkhögskola.

– Ni måste gunga med kroppen upp och ner hela tiden i takt med musiken, sa Max Somah på gräsplanen utanför skolan. Max är från Guinea i Västafrika och undervisar i afrikansk dans. Efter ett tag började jag förstå vad han menade och så småningom kom jag in i musiken. Mina fotsteg och armrörelser kom i takt med trumslagen och det stela styltandet övergick i något mjukt pulserande. Trumslagen gick rakt in i magen och förmedlades ut i armar och ben.

Plötsligt halkade jag till och kände något kallt klibbigt under foten, en mosad daggmask. Runt omkring mig började andra dansare också halka. Jag försökte rädda maskarna genom att kasta dem långt bort från dansarnas fötter så att de kunde krypa ner i jorden där de hörde hemma. Det slog mig att alla dundrande dansfötter fick daggmaskarna att tro att regnet öste ner. Om markens porer och håligheter fylls med vatten måste de krypa upp till ytan för att undgå drunkningsdöden. Förvåningen blev nog stor när de möttes av stekande sol och människofötter.

Daggmaskarna betraktar vi gärna som våra vänner eftersom de är så viktiga för markens bördighet. Vi blir glada när vi ser en daggmask när vi gräver i trädgårdslandet, men ledsna om vi råkat dela en mitt itu. Daggmaskarna blandar om jorden och gör den lucker. I Kina betraktas de som jordens änglar, och Aristoteles i antikens Grekland liknade dem vid tarmar eftersom jorden passerar genom dem när de gräver sig fram i marken. Charles Darwin, som blivit mest känd för sin evolutionsteori, ägnade mycket tid åt att studera daggmaskarna. Redan 1837 observerade han att mörk jord, som lagts ut för att göda åkrarna, återfanns ett par



**KONCENTRATIONER KRING RESURSERNA.** Detta är en bild av jorden tagen från rymden som visar var det finns belysning nattetid. Nilen med sina bördiga flodbäddar syns likt en rot i norra Afrika, och alla städer ser ut som lysande prickar. De svarta delarna är hav och öknar som är mer eller mindre tomma på mänsklig aktivitet. Men det skulle också kunna vara en bild av den biologiska aktiviteten i jorden. Livet i marken, liksom människor, koncentreras till områden där det finns mycket resurser. Ett blad som fallit ner kan ge lättillgänglig näring och föda snabbväxande bakterier och svampar. Växternas rötter läcker ut socker och här blir aktiviteten hundrafalt högre än bara någon millimeter från rotytan. Mörka områden kan vara svårvittrade mineralkorn eller områden med gammalt organiskt material som är uttömt på lättillgängliga näringsämnen.

centimeter ner i marken redan efter några år. Han menade att detta skett genom maskarnas trägna arbete, men hans slutsatser kom att ifrågasättas av framförallt franska kollegor. Darwin fortsatte sina studier av maskarna, speciellt under den senare tiden av sitt liv, och år 1881, sex månader före sin död, publicerade han sitt verk om dagmaskarna och deras betydelse för jordmånsbildningen. Denna bok blev en försäljningssuccé på sin tid, lika populär som hans bok om arternas ursprung. En anledning till att boken blev så populär var att Darwin drog slutsatsen att maskarna var intelligenta varelser. En slutsats som gick stick i stäv med den gängse uppfattningen. Maskarna ansågs enbart vara slemmiga, äckliga kryp som gjorde skada genom att äta upp frön och förstöra jorden för odlaren. I handböcker från denna tid fanns beskrivningar av hur man skulle driva ut dem ur marken genom att slå ner pålar och skaka dem så att maskarna kröp upp. Man uppmanades att gå ut på nätterna med en lykta och plocka maskar och oskadliggöra dem på samma sätt som vi gör idag med mördarsniglar, eller spanska skogssniglar som de egentligen heter.

Darwin konstaterade att maskarna var aktiva på natten och studerade hur de drog ner löv och annat material i sina gångar. Hans slutsatser om deras intelligens baserades på observationen att de drog ner bladen med den spetsiga sidan först. Dagens beteendevetare kanske inte skulle





hålla med Darwin om att detta är ett tecken på intelligens, men nog är det fascinerande att maskarna på detta sätt kan underlätta sitt arbete. Darwin hade också flera olika teorier om varför de drog ner blad i marken. Bland annat tänkte han sig att de behövde täta gångarna för att slippa drag. Han hade nog de fuktiga och dragiga engelska husen i tankarna.

Darwin intresserade sig också för hur maskarna reagerade på olika stimuli. Han ställde krukor med maskar i vardagsrummet medan hans fru Emma spelade stycken av Chopin på pianot. Maskarna reagerade inte på ljudet, men när han ställde krukorna ovanpå pianot fick vibrationerna dem att krypa ner i jorden. Jag tänker tillbaka på gräsplanen i Tomelilla och minns hur vibrationerna från den afrikanska trumman fortplantades i magen. Kanske kände maskarna av samma vibrationer som jag när rytmerna överfördes till den skånska myllan.

Maskarnas omblandning av jorden underlättar nedbrytningen av det organiska materialet och näringsämnen som växterna behöver frigöra fortare. Det kan ta hundra år för daggmaskarna på gräsplanen i Tomelilla att äta sig igenom hela matjordlagret, och under detta arbete producerar de upp till hundra ton daggmaskexkrementer per hektar i form av ringlande högar som man kan se deponerade på markytan. Det låter mycket men det är ändå ingenting mot vad maskarna kan göra i de mest produktiva jordarna vi har på jordklotet. Jordarna i Nilens floddalar innehåller massor av daggmaskar, och man har räknat ut att de tillsammans äter sig igenom 2 500 ton jord per år och hektar. Daggmaskhögar består av en blandning av organiskt material, mineraljord och slem som kommer från maskarnas tarmar och från de slembildande bakterierna som härbärgeras där. Darwin beskriver hur mineralpartiklarna likt kvarnstenar maler sönder det organiska materialet. Bakterierna inne i masken bryter ner cellulosan och andra föreningar i materialet som maskarna tuggar i sig. Maskarna lever på den näring som frigörs och bakterierna får en perfekt livsmiljö som är lagom fuktig och rik på mat.

Maskarnas grävande bidrar också till att öka luftigheten i jorden. Regnvattnet kan finna sin väg genom deras gångar och behöver inte stanna kvar på ytan där det kan få förödande konsekvenser för jordstrukturen. Ibland tar sig växternas rötter igenom jord som packats hårt

av tunga jordbruksmaskiner via maskarnas gångar. I mina förhöjda odlingsbäddar på villatomten är jag extra noga med att hålla jorden lucker och luftig för att skapa perfekta förutsättningar för mina grönsaker. Näringsrik kompostjord med gott om daggmask är nedgrävd till dubbelt spaddjup. Nåde den som trampar i mina odlingsbäddar. Ett fotavtryck skulle ofelbart packa ihop jorden och försämra markstrukturen. Det går inte att återskapa daggmaskarnas fina arbete vare sig med spade eller grep.

I naturliga ekosystem förekommer daggmaskar främst i näringsrika lövskogsjordar med ett neutralt pH-värde. De drar med sig bladen som fallit från träden och tuggar i sig dem nere i jorden. Då bildas inte något tjockt lager av organiskt material på markytan som man ofta kan se i barrskogar, men också i näringsfattiga lövskogar. I daggmaskrika lövskogar är markvegetationen riklig och kan bestå av näringskrävande arter som skogsbingel, kirskaål och gulsippor. Näringsfattiga lövskogar saknar ofta markvegetation, istället kan ett tjockt lager döda löv ansamlas på markytan. Den långsamma nedbrytningen beror delvis på att daggmaskarna saknas i dessa skogar.

*Daggmaskarna:  
hjältar i Europa, marodörer i Minnesota*

I de gamla svenskbygderna i Minnesota i USA finns inga daggmaskar, eller fanns inga skulle man kanske säga. Daggmaskar infördes till Minnesota på något för oss okänt sätt, antagligen via införda växter under förra seklet eller så var det Karl-Oskar som tog med sig några från Sverige för att de skulle hjälpa honom med jordbearbetningen. De införda daggmaskarna i Minnesota har fått en förödande effekt på skogsekosystemen och förvandlats från Dr Jekyll till Mr Hyde. De drar ner blad i jorden på samma sätt som hemma i Sverige, men i Minnesota blir foljden en kal och kompakt jord som är ogästvänlig för både markdjur och växter. Här har lövskogarna normalt ett tjockt täcke av organiskt material som hålls luftigt av grävande skalbaggar, tusenfotingar och små gnagare som bökar runt. Men när daggmaskarna drar ner det organiska materialet i mineraljorden så försvinner livsrummet för alla dessa djur, och växterna som är anpassade till att leva i ett löst





**INVADERANDE MASKAR.** Daggmaskar är ett slags ingenjörer i ekosystemen. Deras verksamhet får stora strukturella konsekvenser. Näringen cirkulerar fortare och primärproduktionen blir högre när maskarna blandar om materialet i jorden. Men om inte ekosystemet är anpassat för denna verksamhet kan konsekvenserna bli förödande. Fältvegetationen försvinner nästan helt i norra USA:s lövskogar (nedre bilden) när europeiska daggmaskar invaderat jorden. Den övre bilden visar normal skog utan maskar.

luftigt humustäcke klarar inte av att växa direkt i den hårda mineraljorden. Den biologiska mångfalden utarmas och skogarna förlorar sitt rekreativvärde. Det är märkligt att daggmaskarna kan bidra till en rik markflora i Sverige medan effekten blir den omvända i Minnesota. Men allt beror på växternas anpassningar, och de beror i sin tur på förutsättningarna som varit dominerande i det aktuella området. När förändringar sker i miljön, leder det ofta till att artrikedomen minskar, speciellt om miljön varit relativt oförändrad under lång tid, som i en tropisk regnskog.

### *Termiter som ingenjörer*

Daggmaskar betraktas ofta som jordens ingenjörer eftersom de möblerar om så mycket med sitt grävande. I tropikerna fyller termiterna en liknande funktion när de transporterar in stora mängder organiskt material i sina boningar. Termiter lever nästan uteslutande på trä och man kan fundera över hur de kan klara sig på en resurs som nästan bara består av kol, syre och väte. Rovdjur äter byten som består av ungefär samma byggstenar som de själva, och det är lätt att förstå att de kan bygga sin egen kropp av sådan föda. Men hur får termiterna i sig tillräckligt med kväve och var tar allt detta överskott av kol vägen när födan omvandlas till djurbiomassa? Svaret ligger i att termiter, precis som alla andra växtätare, lever i symbios med mikroorganismer som lever i deras matsmältningsapparat.

På en konferens i Halifax i östra Kanada fick jag demonstrerat för mig hur man kan studera dessa mikroorganismer. Man kan dissekera en termit genom att klippa av huvudet med en pincett och sedan dra





**DEN PERFEKTA TEMPERATUREN.** Termiter är mästare på att bygga katedralliknande byggnadskonstruktioner med avancerade ventilationssystem. Och det kan behövas på de heta afrikanska savannerna och i Australiens bushland. En del termiter odlar svamp på organiskt material som de transporterar hem och bevarar i gångar under jorden. Svampen trivs inte om temperaturen blir för hög och den varma luften ventileras ut genom skorstensliknande kanaler som mynnar i toppen på boningen.

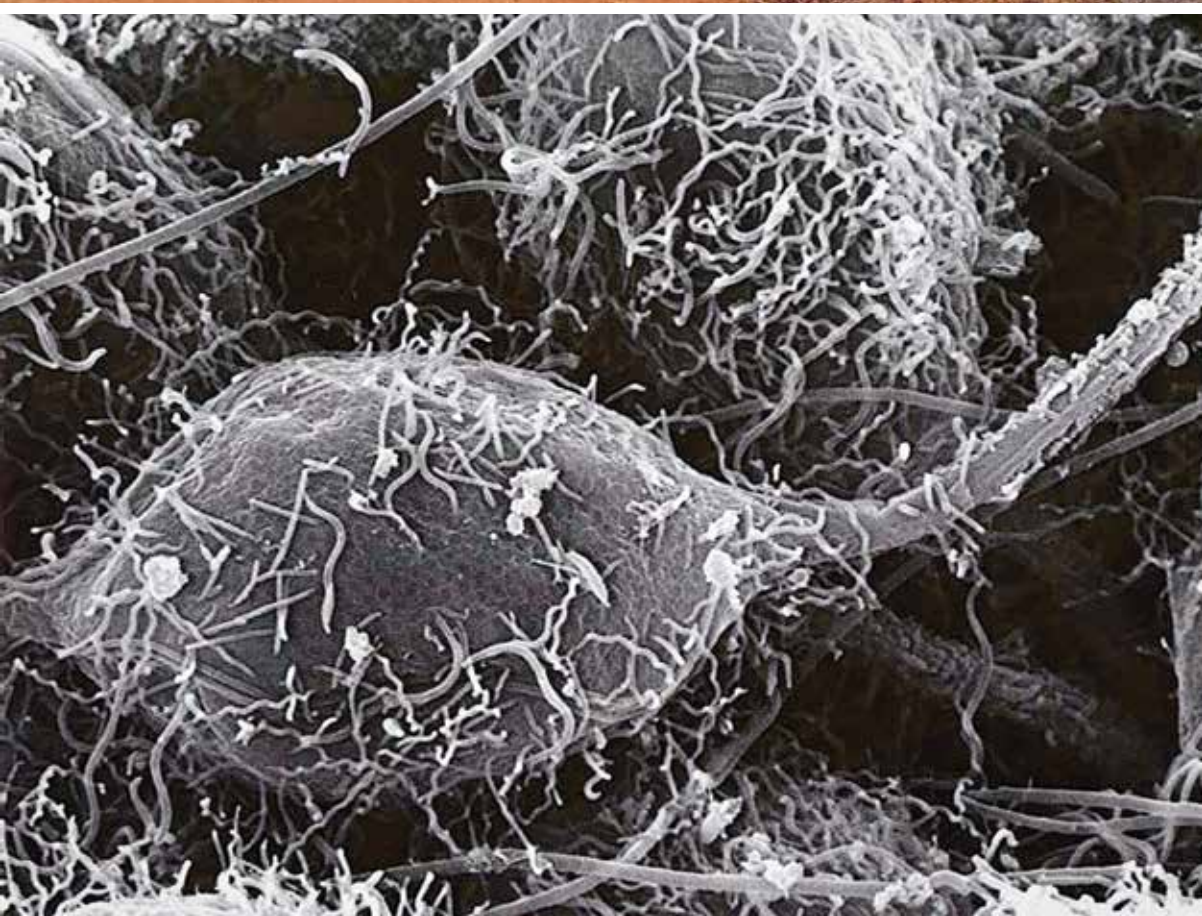


**ÖVERFLÖDETS TRYGGA FAMN.** Termiternas tarmsystem är fyllda av spiralformade bakterier (spiroketer) och encelliga ciliater. Dessa mikrober bryter ner veden så att termiterna kan leva på nedbrytningsprodukterna. I gengäld får mikroberna mat i överflöd och hålls skyddade från rovdjur. På bilden ser man mikroskopiska spiroketer som slingrar sig kring de gigantiska ciliaterna. Dessa kan vara upp till en tiondels millimeter stora.

ut tarmen med en nål. Därefter trycker man sönder tarmen i en droppe vatten och lägger över ett täckglas och placerar preparatet i ett mikroskop. Man kommer då att se ett gyttor av små kryp i alla möjliga former som simmar kors och tvärs i vattenfilmen mellan objekt- och täckglas. Långa spiraler slingrar sig som korkskruvar genom vätskan, medan andra ovalformade varelser rör sig framåt med hjälp av små roterande hår.

Korkskruvarna är spiroketer, vissa arter kan bli en tiondels millimeter långa, vilket är nästan hundra gånger längre än de flesta andra bakterier. Spiroketerna lever av att jäsa kolhydrater som spjälkats från träfibrerna i den syrefria miljön i tarmen. En del arter orsakar sjukdomar hos oss människor, som borrelia som sprids via fästingar.

De ovala varelserna är ciliater, encelliga djur som lever av samma kolhydrater som spiroketerna. Ciliaterna har dessutom metanbildande arkéer i sig som lever av att göra metangas av den koldioxid och vätgas som bildas under jäsningen. På så vis undviker de att gaserna ansamlas i cellerna. Överskottet av kol, syre och väte i växtfödan avgår alltså till atmosfären i form av koldioxid och metan, och eftersom termiterna äter så mycket trä får de i sig tillräckligt med kväve.







**ANDRA GÖR JOBBET.** Termiterna har tillgång till en unik födokälla – ved – genom sitt samarbete med mikrober. Detta är något som Australiens aboriginer drar nytta av när de tillverkar sitt traditionella musikinstrument – didjeridun. Instrumentet består av en eukalyptusstam som termiterna urholkat genom sitt gnagande.

Bakterier och ciliater har stora fördelar av att bilda denna symbios eftersom de får leva i en perfekt skyddad värld, där de hela tiden får maten serverad. De behöver aldrig vara rädda för att bli uppätta av rovdjur. Termiterna å sin sida slipper att konkurrera med andra arter om födan eftersom de är ensamma om att kunna äta trä.

Termiter finns vitt spridda i tropiska och subtropiska områden. I Serengeti National Park i Tanzania, känd av många som åkt på safari bland lejon och giraffer, står ståtliga termitstackar jämnt spridda över savannen. Termiterna gräver gångar djupt ner i marken och drar in trärester och annat organiskt material i stackarna när de samlar föda till samhällets medlemmar. Det man ser ovanför marken är bara toppen på ett isberg. I vissa savannområden tar termiterna hand om en fjärdedel av alla blad som faller ner på marken. Termitstackarna blir komposter i landskapet där termiterna blandar om i jorden, precis som daggmaskarna. Kompostmaterialet får betydelse för hur vegetationen breder ut sig, och man kan se frodiga öar av vegetation som etablerat sig på övergivna termitstackar.

### *Termiternas kulturella bidrag till mänskligheten*

I Australien har termiterna del i landets musikliv genom att med sitt gnagande urholka eukalyptusstammar av vilka aboriginerna tillverkar ett musikinstrument som kommit att kallas didjeridu i västvärlden. Didjeridun består av ett långt rör. Musikutövarens vibrerande läppar ger en mörk brummande ton, vars klang varieras genom förändringar i munhålans läge och genom att ibland röstljud läggs på. Det lämpar sig bra till att härma olika djurs läten och med andningens hjälp kan man också spela rytmiskt. Mitt intresse för didjeridun väcktes under ett besök i Kakadu National Park i Northern Territory i Australien. Vart man än riktade blicken såg man glesa bestånd av eukalyptusstam-

mar. Knackade man på dem så lät de ihåliga och många passade säkert utmärkt för didjeridutillverkning. Mellan eukalyptusstammarna reste sig termiternas manshöga boningar, byggda av hårt packad röd jord blandad med osmältbara rester i termiternas avföring. Under träden växte ingenting. Träden bildar nämligen ett gift i bladen som hindrar frön från att gro, och rötterna utsöndrar ämnen som hämmar andra växter. Giftet är också muskelavslappnande och sänker både blodtrycket och kroppstemperaturen. Koalan som lever på eukalyptusblad får i sig mycket av detta gift. Det är därför den är så långsam när den klättrar runt i träden och betar av bladen. Men koalan slipper parasiter som löss och fästingar eftersom de skyr giftet som ansamlas i koalans skinn.

Aboriginisk musik är präglad av naturen. Med didjeridun härmar aboriginerna ljuden från fåglar och andra djur, och i sina danser härmar de djurens beteende. Jag har tillbringat många fina stunder med min australiensiska didjeridu då jag spelat tillsammans med klockgrodorna vid Skogshusets enefälad i Fyledalen eller med de åtliga grodorna i Björkenskaldsdammen i Torna Hällestad. När didjeriduns djupa ton lägger sig över dammen blir grodorna eggade och grodhannarna svarar direkt. Grodhonor föredrar stora hannar som kväker med mörk ton, eftersom det ökar chansen att rommen ska utvecklas till livskraftig avkomma. Jag blev grodkung där i sommarnatten när grodhonorna kom så nära att det kändes som om de klättrade upp längs benen på mig.

## Näringens cirkulation

Komposten – detta sensuella rike, där stinkande avfall förädlas till doftande mylla, som tjänar våra växande vänner.

LARS KRANTZ

Det är inte helt lätt att förstå varför organiskt material ansamlas i vissa jordar medan det på andra ställen försvinner fort. I en undersökning om hur barn uppfattar nedbrytningsprocessen fick lågstadielever frågan om vad som händer med löven som faller om hösten. De flesta hade en mer eller mindre tydlig bild av att löven på något sätt finfördelas och omvandlas till jord. Tillförseln av ny jord varje höst fick en del elever att dra den logiska slutsatsen att jordlagret ökade och därmed borde hela planeten växa i storlek. Eleverna hade inte nått insikten att en del av materialet under nedbrytningen övergår i en annan fas, det vill säga att organiskt material övergår i koldioxid som avges till atmosfären i gasform, medan mineralämnena löses ut i markvätskan och tas upp i växterna. På samma sätt tänker nog många av oss inte på att sopor som förbränns i en ugn inte försvinner till en liten rest av aska utan att det mesta av materialet övergår i koldioxid och andra gaser som avges till atmosfären. Men i viss mån hade de elever rätt som drog slutsatsen att mängden jord borde öka. På vissa ställen ansamlas jord, om än långsamt, och kan bilda tjocka lager om den lämnas ostörd.

### *Min hushållskompost*

I en kompost kan nedbrytningen gå fort, speciellt i början när materialet är färskt. Två tredjedelar av materialets vikt kan försvinna i form





**ÅTERVINNARNA SOVER SÄLLAN.** Man skulle kunna tro att all nedbrytning stannar av på vintern, men svampar och bakterier kan fortsätta sin verksamhet under snön när temperaturen håller sig kring nollstrecket. Även om nedbrytningen går långsamt när det är kallt så upphör den sällan helt, och det är ingen risk att det ska bli för torrt under snön. Men om marken blir vattenmättad så att syret trängs bort, går nedbrytningen mycket långsammare. Det är därför mossar kan ha torvlager som är flera meter tjocka.

av koldioxid under de första veckorna när svampar och bakterier är som mest aktiva. Men ibland är det svårt att få balans i kompostbehållaren. Blir det för blött luktar komposten surt och när man ska krasa ut material från luckan i botten på behållaren är det kladdigt och dåligt nedbrutet. När jag tömt hinken med matrester i komposten brukar jag lägga ett tjockt lager kutterspån i botten innan jag bär tillbaka den till köket. Det torra kutterspån hjälper eftersom det suger upp en del av överskottsvattnet.

Egentligen är de täta behållare man köper för att kompostera hushållsavfall inte helt lämpliga eftersom det ofta uppstår brist på luft och överskott på vatten. Om man ställer kompostbehållaren lite upphöjt, till exempel på en lastpall, kan lakvattnet rinna ut om det finns dräneringshål i botten. Jag brukar samla upp det, späda med färskt vatten och använda till mina tomatplantor. Helst ska man röra om i komposten då och då för att blanda in luft, och en del behållare är konstruerade så att de kan snurras runt för att underlätta luftningen.

När man komposterar kvävefattigt material som halm och grenar så kan det bli svårt att få igång nedbrytningsprocessen. Mikroorganismerna behöver kväve för att växa, och nedbrytningen avstannar om svampar och bakterier får brist på det. Men hushållskomposter med mycket matrester kan bli för kväverika, och då sänker kutterspån kvävehalten eftersom det innehåller mycket mer kol än kväve. Blir det för mycket kväve i behållaren kan det rinna ut i form av nitrat eller lämna behållaren som ammoniak eller lustgas som bildas av olika bakterier. Detta ställer till med skada eftersom lustgasen bidrar till växthuseffekten och ammoniak och nitrat leder till övergödning av omgivningen. Dessutom förloras ju viktig växtnäring och själva finessen med





**TORRA VAROR.** Nedbrytningen kan inte ske om materialet blir så torrt att bakterier och svampar får vattenbrist. Detta har vi utnyttjat sedan urminnes tider för att kunna långtidslagra mat. Majskolvorna hänger på tork i solen i den nepalesiska byn så att fröna senare kan malas till mjöl. Men ofta är det svårt att hålla matvarorna tillräckligt torra för att inte mögelsvampar och bakterier ska kunna växa. En stor del av världens samlade skörd blir förstörd på grund av dåliga lagringsutrymmen.

komposteringen uteblir. Bättre då att gräva ner köksavfallet direkt i grönsakslandet så att kväveöverskottet kan tas upp av växtligheten. Det finns en borr som utvecklats speciellt för detta ändamål. Mannen som utvecklat den, Börje Gustavsson, är också en hejare på att odla pumpa. Han tillhör den svenska eliten. Pumpor är krävande växter, de behöver lucker jord, värme och massor av näring och vatten för att frukterna ska bli stora. Det nedgrävda köksavfallet ger mycket näring, och jorden blir lucker av den organiska substansen. Dessutom bildas värme när avfallet bryts ner. Börje vann svenska mästerskapet i pumpaodling som gick av stapeln på Solberga gård under den öländska skördefesten år 2003. Hans pumpa vägde 454 kilo och på sin hemsida avslöjar han en av sina hemligheter som kan ha bidragit till segern: en urinseparerande toalett. Jag har provat borren i min egen pumpabädd – men inte blir pumporna lika stora som Börjes. Jag måste nog också börja gödsla med urin om jag ska nå de verkliga höjderna i pumpaodlingens värld.

Mina allra bästa komposter la jag som elev på Capellagårdens skola för gestaltande arbete på Öland. Jag gick trädgårdskursen och fick lära mig att blanda i lagom mängd gödsel från hönsgården för att tillföra kväve, ris från fjolårets hallonland för att lufta materialet, ogräs som ännu inte gått i frö och matrester från skolans kök. Hela komposthögen isolerades med ett tjockt lager halm, och jag satte ett plaströr i mitten för att förbättra syresättningen. Hög temperatur och god syretillgång är viktiga faktorer för att främja nedbrytningen. Det såg bra ut med rök från skorstenen tidigt på morgonen när jag gick till hönshuset för att plocka frukostäggen till skolans elever.





**AKTIV LERA.** Tiputinifloden leder djupt in i regnskogen i Ecuador, och vattenståndet i floden kan variera elva meter. När flodbankarna exponeras samlas papegojor för att slicka i sig lera på speciellt utvalda ställen. Leran fungerar som aktivt kol. Den binder och oskadliggör gifter som finns i de frön som papegojorna äter.

Det som händer när man lägger en välbalanserad kompost är att man skapar perfekta förutsättningar för bakterier att växa till. När de växer kan de värma upp komposthögen till över 70 grader. Vid så höga temperaturer dör de flesta parasiter och ogräsfrön, och man undviker många problem när man använder kompostmaterialet i sina odlingsbäddar. Värmefasen brukar nå en topp efter en vecka. De följande veckorna sjunker temperaturen och svampar bli alltmer verksamma i nedbrytningen. Olika sorters bläcksvampar ger sig på det svårnedbrytbara ligninet när temperaturen sjunkit till 35–40 grader. Bläcksvamparna går också till attack mot andra svampar för att få ha kompostmaterialet för sig själva. Vanlig champinjon kan växa bra när temperaturen sjunkit under 30 grader, men det är sällan man ser champinjoner på sin komposthög eftersom champinjonmycelet angrips av bläcksvampar som redan etablerat sig. Champinjonmycelet får aldrig någon chans att bilda fruktkroppar. Vill man odla champinjon får man därför pastörisera materialet och sedan ympa in mycel. Det är så champinjonodlarna gör.

### *Vid Tiputinifloden i Amazonas*

Det är inte bara i komposten som svamparna får sitt lystmäte. De frodas även i den tropiska regnskogen. Jag åkte till Amazonas i östra Ecuador med en grupp forskare som alla arbetade med organismer som lever i någon form av symbios. Några arbetade med lavar, som är en symbios mellan alger och svampar, jag själv med mykorrhiza, som är en symbios mellan svampar och växter. Andra arbetade med symbiosen mellan termiter och deras tarmflora som vi sett gör det möjligt för termiterna att leva på trä.

Våra vandringar i regnskogen leddes av Meyer, en spanskättling som arbetade som guide på en forskningsstation som ligger på norra sidan om Tiputinifloden i de inre delarna av Ecuador, nära peruanska grän-



sen. På södra sidan ligger nationalparken Yasuni, en av de platser på jorden som har störst biologisk mångfald. I alla fall om man håller sig till de arter som finns ovan jord. Här finns över 1 500 trädarter, 520 fågelarter och ett oräkneligt antal arter av insekter. Yasuniparken är också hem för huaoranifolket, en isolerad indianstam vars språk inte är besläktat med något annat känt språk. Meyer kände deras seder och bruk, och de hade lärt honom mycket om regnskogens hemligheter. Det var inte mycket som undgick hans skarpa blick under våra vandringar i skogen.

Under vår första vandring försökte Meyer få oss att smyga fram. Han försökte få oss att lyssna. Han försökte få oss att känna doften av ett djungelsvin som alldeles nyligen korsat stigen. Djuren flydde när de fick vittring av oss, men ibland kunde Meyer känna deras doft innan vår doft nådde dem. Apflockarna var inte lika skygga utan drog orädda förbi uppe bland trädkronorna, och färggranna papegojor skrek med





**BARSKRAPAD.** När man tittar upp i krontaket i regnskogen ser man många insektsnagda blad. Växterna har utvecklat olika strategier för att hantera detta. En del bildar gifter för att minska gnaget, andra satsar sina resurser på att bilda många blad. Då har de råd med att några äts upp.



**TÖRSTIGA VÄKTARE.** En del växter samarbetar med myror för att skydda sina blad. Myrorna attackerar alla potentiella inkräktare och får betalt i form av en energirik vätska från speciella körtlar på bladen.

hesa skrik när de flög över oss. Regnskogen slöt sig om oss och för det mesta var vi inbäddade i en varm fuktig famn av tät vegetation. Men ibland glesnade växtligheten. Marken blev bitvis helt bar och jag fantiserade om samlingsplatser där regnskogens folk höll rådslag och markvegetationen hölls borta av deras trampande fötter. På en öppen plats vi stannade vid växte några smala träd, och Meyer visade att trädens kvistar hade förtjockningar i ändarna. När han skar av en gren och öppnade den med sin kniv kom det ut ett myller av myror.

Han frågade om någon ville smaka, och när ingen av oss vågade stack han själv ner tungan i kvisten tills den blev alldeles svartprickig av myror. Han sög i sig av myrornas syrliga saft medan hans ansikte sprack upp i ett pillemariskt leende.

”Citronmyror”, sa han, ”de smakar gott. Indianerna kallar dem djävulens trädgårdsarbetare. Deras syra håller undan ogräset runt träden och som tack för hjälpen får de bo i trädets kvistar.”

Efter någon sekunds tvekan sträckte vi fram våra händer. Våra läppar och tungor vandrade längs armar och armbågar för att få in myrorna i munnen. Nu ville plötsligt alla känna citronsmaken. Alla ville höra Meyer berätta om regnskogens växter och kryp och om indianernas tusenåriga kunskaper om regnskogens hemligheter. När Meyer plockade upp en nedfallen frukt från marken och visade hur dess blåa saft kunde användas för att färglägga huden, ville vi alla få våra armar och händer dekorerade med indianska målningar.



**KRETSLOPPSARBETARNA.** Nedbrytarsvampar är snabbt på plats och växer ut med sina mycel för att bryta ner blad som vissnat. Här (översta bilden) har det vuxit ut mycel från en tunn kvist. Men det finns också svampsporer på ytan som är redo att gro när bladet dör. Dessutom växer vissa svampar inne i de levande bladen utan att skada växten. Dessa svampar är först på plats när bladet dör.

Många olika sorters svampar är med och bryter ner blad i regnskogen. Här (bilden i mitten) är det en så kallad kärnsvamp – en släkting till stubbhornet som växer på döda stubbar i Sverige – som skjuter upp sina spetsiga fruktkroppar för att kunna sprida sina sporer.

Detta tunna blad (nedersta bilden) innehåller tillräckligt mycket energi för att svampen ska kunna bilda en skog av knappålslika fruktkroppar. Sporerna sprids till nya blad och svampen kan leva vidare. Samtidigt fortskrider kretsloppet av kol och näring.

### *I regnskogen är nedbrytningen så snabb att jord knappt hinner bildas*

En solstråle tränger igenom lövverket ovanför oss. Bladen är håliga som schweizerostar av insektslarvers gnagande. Deras exkrementer faller till marken och bryts snabbt ner av svampar och bakterier. Blad som inte äts upp faller så småningom ner från krontaket tillsammans med kvistar, blomställningar och olika sorters frukter. Det är aldrig helt tyst, man hör alltid något falla. Alla blad når inte marken utan en del fastnar i grenklykor och förmultnar till jord högt ovanför markytan. I sådana små jordsamlingar gror frön till plantor som tillbringar hela sina liv däruppe utan att komma i kontakt med jorden på marken nedanför. Längs stigen ligger ofta tomma skal eller gnagda frukter som vittnar om apornas framfart, och marken är täckt av ett tunt lager av blad i olika bruna nyanser. Tar man upp några blad från marken slår en mustig svampdoft emot en. Bladen hinner aldrig ansamlas i någon större mängd eftersom de bryts ner på några veckor i den varma och fuktiga miljön, och vi såg aldrig något lager av organisk substans som ansamlats på markytan. Under bladen ligger en tät filt av trädens finaste rötter som är koloniserade av mykorrhizasvampar. Dessa fångar upp närings-









**EN OKÄND SKÖNHET.** Regnskogen innehåller många arter som ännu inte är kända för vetenskapen. Den märkliga strukturen till höger i bild har jag ännu inte hittat någon förklaring till, trots att jag rådfrågat flera experter inom tropisk mykologi. Antagligen är det ett slags vegetativt förökningsorgan som kan ligga kvar på marken och vänta på att nytt material ska falla ner.



**MOT NYA MÅL.** Ved bryts ner snabbt i regnskogen, eftersom den konstanta fuktigheten och värmen ger perfekta förhållanden för nedbrytande svampar. I våra nordliga naturskogar kan kullfallna stammar ligga kvar i flera sekler, men i regnskogen försvinner de på några år. På bilden ser man hur en vedsvamp skjuter upp sina fruktkroppar likt knottriga svarta fingrar ur en stam i regnskogen. Vi har en liknande art i Sverige som heter tjockhorn.

ämnen som frigörs när bladen bryts ner. Under rotfilten ligger den röda jorden mager och oförmögen att på egen hand ge näring åt växterna. Den ständiga tillförseln av blad och annan förna är alltså nödvändig för att regnskogen ska kunna växa. Huggs regnskogen ner försvinner näringen med det bortförda organiska materialet eller sköljs bort när mykorrhizasvamparnas fina nät av svamphyfer inte längre kan suga upp näringen. Om man försöker odla sådan mark uteblir skördarna efter några år. Marken behöver lång tid på sig för att näringshalten ska återhämta sig.

Under andra dagens vandring i regnskogen såg jag ett palmblad som hängde likt en smutsgrå trasa över en lian. Bladet var gråvitt och täckt av svampmycel. Det vittrade sönder i små tunna fjäll som seglade ner mot marken när jag tog i det. I kanten av bladet växte små vita svampar, och svampens hyfer hade redan sugit ut vad den kunnat ur bladet och bildade nu sporer för att söka sig till nya material att bryta ner. Samma typ av palmblad använder indianerna till att fläta väskor att bära sina fåtaliga ägodelar i när de flyttar runt som nomader i skogen. Nu hade palmbladet nästan lösts upp i sina beståndsdelar trots att det inte ens nått marken på sin färd genom grenverket.



**SVAMPMAT PÅ TILLVÄXT.** När man färdas längs Tiputinifloden reser sig regnskogen som en grön vägg på båda sidor om floden. Apor och färggranna fåglar besöker gärna Kapokträdet – skogens högsta träd – som breder ut sin krona över omgivande vegetation.

Nedbrytarsvampar fanns överallt i skogen. Ljuvliga klasar av små bruna fruktkroppar med glesa skivor sammanbundna av bruna trådar låg samlade vid en av de enorma plankrötter som stadgade regnskogens största träd, kapokträdet. Svamparna tillhörde släktet *Marasmius*, och mina tankar gick till granskogarna hemma i Sverige vars barrmatta kan vara helt täckt av pyttesmå barrbrokskivlingar från samma släkte. Lyfter man upp en av svamparna så följer ett barr med, som svampen är i full färd med att bryta ner. Men hemma i Sverige går nedbrytningen långsamt. Efter tio år kan en tredjedel av barrens massa finnas kvar som en onedbruten rest. En rest som inte försvinner hur länge man än väntar.

### *Stilla nätter faller jätteträd i djungeln*

Tredje natten i regnskogen väcktes jag av ett väldigt brak. Ett av skogens kapokträd föll, trots att natten var helt stilla. Det första brakets följdes av flera mindre när intilliggande träd följde med i fallet. Gläntor som öppnas i skogen ger plats för nya mer ljuskrävande arter, och mångfalden i regnskogen gynnas av de störningar som sker när träd faller. Senare såg jag resterna av ett kapokträd som fallit långt tidigare. Den gläntan hade slutit sig, och det enda som fanns kvar av trädet var en mossbevuxen rest av plankroten som hade stadgat trädet. Jag anade var stammen måste ha legat men kunde inte ens hitta några rester av ruttan ved när jag letade i marken. Allt hade brutits ner och försvunnit. På andra ställen såg jag hål ner i marken, likt spår efter grova stolpar som någon jätte hade ryckt upp. Meyer förklarade att det är vad som blir kvar när ett träd har dött och ruttnat bort. Hela stubben med rötter och allt bryts ner och försvinner, och den omgivande marken förmår inte jämna ut och fylla igen hålet där trädet en gång stått. Vilken skillnad mot hemma i Sverige där stubbarna står kvar länge och till slut omvandlas till små mossbevuxna kullar. I norra Sverige kan tallarnas kåda konservera stubbarna i hundratals år.



Jag kommer att tänka på bockstensmannen på Varbergs museum; mannen från medeltiden som mördades och begrovs i en torvmosse med pålar slagna genom kroppen för att han inte skulle kunna "gå igen", alltså spöka. Ännu idag är pålarna intakta, efter över åtta hundra år i torvmossen, medan regnskogens nyligen döda träd redan har försvunnit och endast lämnat hål kvar i marken. Det är tillgängligheten på syre som avgör nedbrytningens förlopp. I mossen är det ständigt blött och syret förmår inte tränga ner. Samma sak sker i komposten om det blir för blött. De bakterier som finns i syrefria miljöer arbetar långsamt och svampar trivs inte alls. I mossen är det dessutom surt. Då går nedbrytningen ännu långsammare, och det organiska materialet bevaras på samma sätt som surkålen i sin glasburk.



### *Spjutsporer – huaoranispjut*

Dagen efter det stora braket i regnskogen upptäckte Meyer en orange svampklubba som växte ut från en gammal murken trädstam. Försiktigt hackade han med kniven och blottlade en stor fet insekt som var täckt av svampmycel och hade stora klubbformiga fruktkroppar som sträckte sig ut från insektskroppen. Den hade angripits av en svamp ur släktet *Cordyceps* som är helt specialiserad på att bryta ner insektskadaver. Svampen bildar en hel arsenal av enzymer som hjälper till att bryta ner det hårda insektsskalet. Men kanske än mer intressant är att den lär besitta kraftfulla medicinska egenskaper och länge har använts inom traditionell kinesisk medicin. Nu har även forskare i västerlandet börjat intressera sig för de substanser som denna och andra *Cordyceps*-svampar bildar.

När vi var tillbaka på forskningsstationen la vi hela insektskadavret med fruktkroppar och allt under mikroskopet på laboratoriet. När det

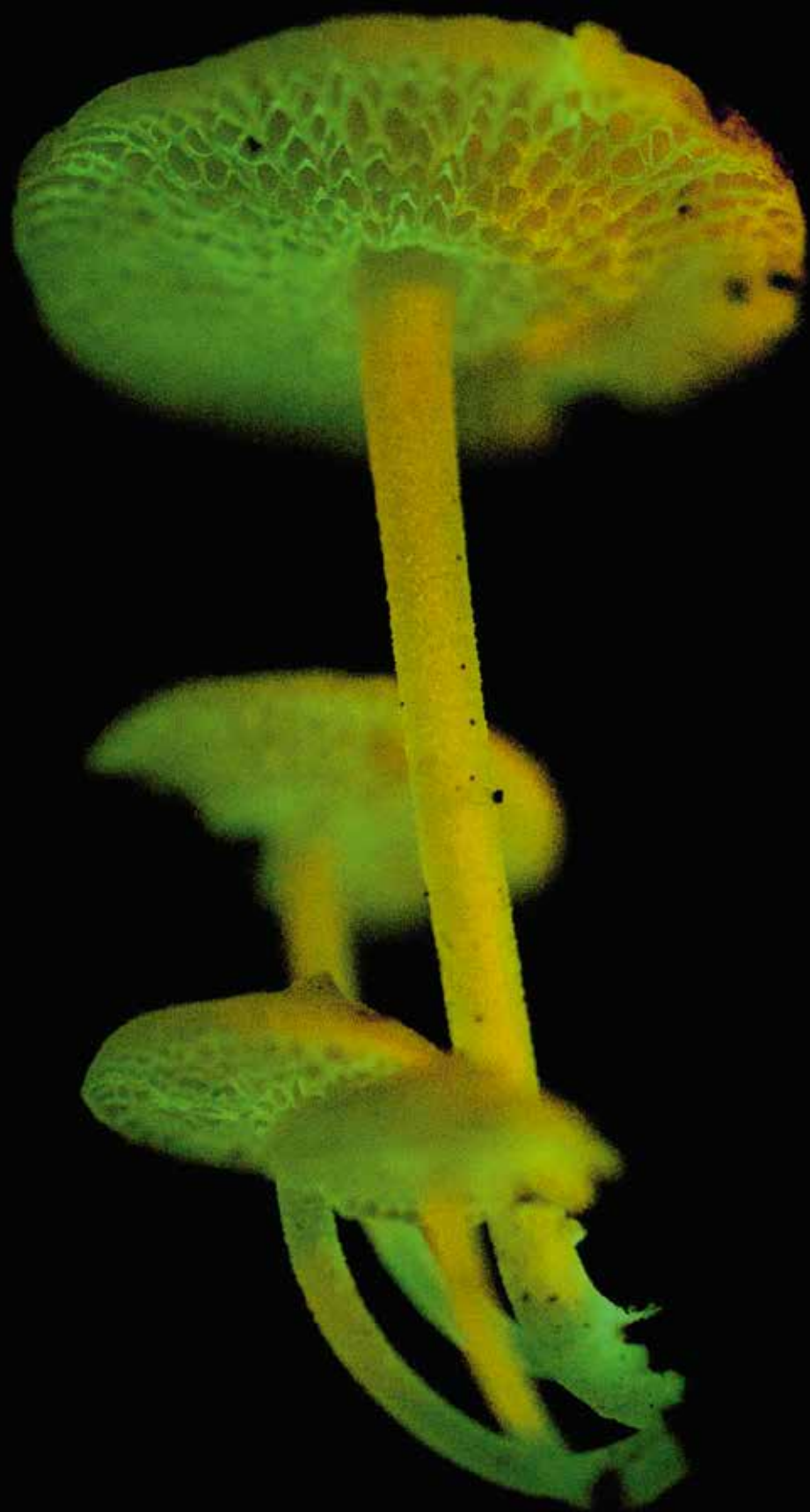


**POTENTA SPJUT.** Larvklubbtor som växer ut från murkna trädstammar avslöjar var insekter ligger begravda. Insekterna kan bära på svampinfektionen länge men dör till slut, och då bildar svampen de ståtliga svampklubborna för att sprida sporer vidare till nya insekter. På bilden hackar vår guide i regnskogen försiktigt fram den döda insekten med sin kniv.

efter en stund värmts upp av mikroskopets lampa såg vi att långa vassa sporer sköts ut likt spjut från klubborna. De seglade genom luften på jakt efter nya offer. Försvagade insekter som träffas av dessa sporer blir ofta infekterade och kan sedan bära på svampinfektionen under en lång tid innan de till slut stryker med. Det sägs att dessa angripna insekter ger sig ut på långa vandringar för att komma bort från sina artfränder och därmed undvika att också de blir infekterade.

Spjutsporerna fick mig att tänka på huaorani, indianfolket som lever i skogen utanför stationen. De har aldrig blivit erövrade, vare sig av inkafolket eller av de spanska conquistadorerna och inte ens av något av de övriga större indianfolken i Amazonas. De är berömda för sina starka spjut som är tillverkade av skogens hårdaste trä och som sägs kunna döda femton människor utan att brytas av. Huaoranifolket har krigiska traditioner som de första missionärerna som besökte dem bittert fick erfara. Idag är deras värsta fiender den internationella oljeindustrin som etablerar sig längre och längre in i deras jaktmarker. Även från forskningsstationen kunde vi om morgnarna höra det avlägsna ljudet från oljebolagens generatorer.

På morgnarna vid Tiputinifloden brukade jag blicka ut över Yasuniparken som ligger på andra sidan vattnet. Vrålapporna anmälde sin närvaro med sitt märkliga vinande ljud medan morgondimmorna skingrades över floden. Jag undrade ofta hur långt in bakom den gröna väggen indianerna befann sig. Trots att de levde i närheten hade de inte haft mycket kontakt med personalen på stationen, men när stationen invigdes visade de sin uppskattning genom att skänka dem en tam gråvingad trumpetfågel. Hon fick namnet Lucy och kom varje lunch till matsalen för att få sin skål med ris och frukt. Vi brukade turas om att klia henne på huvudet när hon ätit färdigt, och hennes närvaro till-





**SJÄLVLYSANDE SVAMPAR.** Redan Aristoteles observerade att vissa svampar sänder ut ett mystiskt grönt ljus om natten. Men än idag är man osäker på orsaken till detta. Kanske är de fluorescerande ämnena en biprodukt som bildas när svamparna bryter ner ved. Men de kan också vara ett sätt att locka till sig nattflygande insekter som hjälper till att sprida sporer. En annan möjlighet som föreslagits är att ljuset lockar till sig rovdjur som äter upp mygglarver och andra småkryp i fruktkropparna. Ljuset som sänds ut är svagt men kan fångas fint i kameran om man använder lång slutartid.

sammans med huaoranisputen som hängde på matsalens vägg uppmanade oss att kämpa mot oljebolagen för att bevara regnskogen. Ju fler forskare som kommer hit och gör detta område känt för forskarvärlden, desto större chans att oljebolagen hindras i sin exploatering.

Moi, en av huaoranis talesmän, skrev brev till USA:s president och bjöd honom att besöka hans folk i regnskogen. Han ville att presidenten skulle förklara varför oljebolagen förstörde deras land och varför missionärerna ville civilisera dem. De ville fortsätta att leva som de alltid gjort – i harmoni med jaguarens ande. Han tog sig ända till Washington D.C. för att överlämna brevet. Det tog honom två veckor att ta sig dit, men grinden vid Vita huset förblev stängd.

Jaguaren är Amazonas mest mytomspunna djur. Det är få förunnat att ha sett den, men det råder inget tvivel om att det finns gott om jaguarer i omgivningarna runt stationen. De vandrade samma stigar som vi. Nio jaguarer hade identifierats med hjälp av automatiska kameror som var utplacerade runt stationen, och kanske var det tur att vi aldrig träffade på dem.

### *Dyngbaggarna och dyngsvamparna – viktiga aktörer på nedbrytningens scen*

Ibland såg vi avtryck efter olika sorters djur i leran på stigarna runt stationen, men vi hittade aldrig deras spillning trots att vi letade speciellt efter den. Vi ville nämligen se dyngbaggarna, regnskogens berömda latrintömmare, när de rullar iväg spillningskulorna och gräver ner dem i sina hålor. Baggen med den största kulan blir den mest





**LÖNSAM DRIFTIGHET.** I svenska skogar stöter man ofta på spillning från älg eller rådjur, men det är sällan man får syn på djurspillning i regnskogen. Dyngan är en viktig resurs och det finns ett femtiotal olika arter dyngbaggars vars hannar slåss om att rulla bollar av spillningen. När bollarna är färdigrullade utför baggarerna en karakteristisk dans för att registrera omgivningen. Sedan rullas bollarna iväg och göms undan så att inga andra hannar kommer åt dem. Stöter de på hinder under färden utför de dansen på nytt för att lokalisera sig och säkerställa att de hela tiden rör sig bort ifrån spillningshögen.

attraktiva för honorna. Spillningen är en viktig resurs i regnskogen, och många slåss om att vara först på plats.

En kväll när vi hade varit drygt en vecka i Amazonas satt jag bekvämt tillbakalutad på stationens bibliotek och läste i *Tropical nature* av Adrian Forsyth och Ken Miyata. Där stod det att människans spillning är den mest attraktiva i regnskogen. Jag behövde inte läsa mycket mer innan det blev uppenbart hur mina studier av dyngbaggarna skulle fortsätta. Jag behövde en överskådlig plats inte alltför nära stigen men inte heller för långt in med tanke på alla giftiga spindlar och ormar. Den kanske största risken var att jag skulle irritera en kongamyra när jag satte mig på huk. Meyer hade fått ett bett i armen och hade ont i flera dagar, men smärtan kunde nog sitta i betydligt längre om bettet föll på mer vitala delar. Men allt gick bra och jag lyckades producera en anseilig hög som kunde observeras med kikaren på bekvämt avstånd. Tillbaka på verandan fortsatte jag min läsning och konstaterade att jag kunde förvänta mig en snabb kolonisering av flugor som direkt skulle börja lägga ägg men att det kunde dröja flera timmar innan de första dyngbaggarna var på plats. Hade jag tur kunde noshornsbaggar lockas dit och utöva hårda duster med sina horn i kamp om att få lägga sina ägg under spillningen. Deras larver lever på fluglarverna som kläcks i spillningen ovanför. Jag hade således ett skådespel att se fram emot men valde att ännu inte avslöja något för de andra forskarna i gruppen. Efter en timme gjorde jag mitt första besök, och nog hade flugorna hittat dit. Feta spyflugor med stora ögon glufsade i sig med sina sugsnablar. En fluga med lång neonfärgad kropp lyste som ett smycke mitt på högen, men ännu hade inga dyngbaggars hittat dit.



Nästa besök efter ytterligare en timme gav inget nytt, och när den enda nya observationen efter fyra timmars väntan var några rejäla kackerlackor började jag känna mig tacksam att jag inte hade avslöjat mitt experiment för de andra i gruppen.

Mörkret faller snabbt i regnskogen, och man hinner knappt tänka att det är skymning förrän det blir helt svart. Jag bestämde mig för att göra ett sista besök vid spillningshögen och gav mig ut i skogen med ficklampa. I mörkret hörde jag grodhannar ropa för att locka till sig honor. De satt och väntade högt uppe i krontaket vid bromeliornas vattenfyllda bladrossetter. I detta uppsamlade regnvatten kan grodhornorna lägga sin rom. Grodynglen som utvecklats till nya grodor klättrar vidare i grenvalvet för att hitta sina egna bassänger.

Nere på marken lyste fläckar med fluorescerande ljus omkring mig när jag släckte ficklampan. Jag kom att tänka på gammeldags strömbrytare som sände ut liknande ljus för att man skulle hitta dem i mörkret.



**EXPLOSIVA STÄNGLAR.** På spillning från växtätare växer ofta slungmögel – *Pilobolus* – som har behållare med sporer som vänder sig mot solljuset. Sporerna skjuts iväg med en hastighet av tjugofem meter per sekund. Accelerationen är högre än hos en gevärskula. Hamnar sporer på ett gräsblad kan de så småningom få följa med ner i magen på en häst. Efter passagen genom mag- och tarmkanalen gror de direkt i den nyfallna dyngan.

Jag famlade med handen för att försöka ta reda på vad det var, försiktigt för att fingrarna inte skulle reta upp en kongamyra eller, ännu värre, en giftig spindel. Tidigare på dagen hade Meyer pekat ut en spindel vars bitt kunde döda en människa inom tre minuter. Till slut fick jag tag på något och när jag tände lampan såg jag att det var ett blad. I själva verket är det svampmycelet inne i bladet som fluorescerar. Man kan undra varför denna svamp har utvecklat förmåga att lysa i mörkret på regnskogens golv. Jag tror inte att någon vet.

Framme vid observationsplatsen riktade jag lampstrålen mot min egenproducerade hög och nu hade det äntligen hänt något. Dyngbaggarna var i full färd med att forma runda bollar av min smet. När bollarna var färdiga vände de buksidan mot och lät de bakre fötterna vila mitt på bollen medan fram- och mellanfötterna vilade mot marken. Sedan började de sparka med bakbenen som ekorren i sitt hjul och bollen kom snabbt i rullning. Dyngbollar rullade iväg till höger och vänster, och efter någon meters färd över grenar och blad började baggarna gräva ner sina bollar och förbereda för honornas entré. Ju fler bollar och ju större bollar en hane lyckas lägga beslag på, desto större chans att han får befrukta äggen som honan lägger i bollen. Honorna stannar kvar och sköter om sina bollar. Hon vrider på dem med jämna mellanrum för att det inte ska börja växa mögel på dem. Hannen däremot ger sig av i sökandet efter nya spillningshögar så fort honan har gjort sitt val. Enligt *Tropical nature* har man hittat över femtio arter dyngbaggar i människospillning i djungeln, och jag fick nog bara se en bråkdel i min hög. När jag morgonen därpå skulle visa mitt experiment för de andra i gruppen fanns inte minsta spår efter mina aktiviteter. Men jag kan tänka mig att dyngbaggarna runt stationen levde gott de



närmaste dagarna. Själv kände jag mig nöjd med att ha bidragit med värdefulla resurser till djungeln. Min närvaro hade varit uppskattad.

Även biologen och författaren Fredrik Sjöberg har intresserat sig för dyngbaggar. I essäsamlingen *Den utbrände kronofogden som fann lyckan* beskriver han, med ett belysande exempel från Australien, hur viktiga dyngbaggar är för nedbrytningen av dyngan. Då européerna anlände förde de med sig nötboskap som släppte sina talrika komockor över vidsträckta beteslandskap. De inhemska dyngbaggar föredrog den inhemska dyngan, och koskiten låg kvar och blev istället grogrund för blodsugande insekters larver. Stora landarealer blev odugliga som betesmark, och under mitten av 1900-talet importerades dyngbaggar från Europa och Afrika för att lösa problemet. Allt tyder på att man lyckades. Återigen förrättar baggar sitt viktiga värv så att näringen som bundits upp kan cirkulera och ge växtkraft åt betesgräset över de australiska vidderna.

Det kan utspela sig många intressanta biologiska fenomen i dynga. När jag undervisade på en distanskurs i mikrobiologisk ekologi hade jag på prov lagt in en hemlaboration där jag uppmanade studenterna att studera de svampar som etablerar sig på en rykande färsk klump av hästgödsel. Klumpen skulle läggas i en sluten genomskinlig behållare med fuktiga pappershanddukar i botten. Studenterna gjorde dagliga observationer, beskrev alla svampfynd och dokumenterade förloppet med fotografier. Efter några veckor fick jag en utförlig rapport med bilder på sporbildande *Pilobolus* som täckte hela gödselklumpen. *Pilobolus* är en fascinerande svamp som lever på den allra mest lättillgängliga näringen. Dess strategi är att vara först på plats och växa fort. Hästen får i sig sporsamlingar som fastnat på gräsbladen och sporerne gror direkt efter att de passerat genom mag- och tarmkanalen. *Pilobolus* har sin fest de allra första dagarna efter att gödselklumpen lämnat hästen och sedan tar andra svampar över. De arter som kommer efter får nöja sig med det som *Pilobolus* lämnat, i första hand cellulosa-fibrer och slutligen det svårnedbrytbara ligninet. Men då har *Pilobolus* redan bildat nya sporsamlingar med runda bollar av sammanpackade sporer i toppen. Sporbollen vänder sig mot ljuset och skjuts iväg som en kanonkula när sporerne har mognat. Faktum är att accelerationen när dessa sporsamlingar skjuts iväg är bland de högsta som uppmätts i naturen och sporerne kan nå en hastighet av tjugofem meter i sekunden. I bästa fall landar de på ett nytt gräsblad och väntar där på att ätas upp av en häst eller något annat gräsätande djur. Svampens förmåga att röra sig mot ljuset har inspirerat en dansensemble i USA att utveckla en alldeles speciell form av modern dans. Söker man efter *Pilobolus* på Youtube kan man få se dans med inspiration från svamparnas värld.

*Den låga temperaturen i Skandinavien  
gör att tjocka humuslager kan byggas upp*

Barr och blad som inte bryts ner helt och hållet kan ansamlas till mäktiga jordlager. Detta kan ske om temperaturen är så låg att de blad och grenar som faller till marken på hösten inte hinner brytas ner innan nästa års grenar och blad faller. Detta fick jag uppleva på nära håll under en resa genom Norrlands inland.

Toppen av berget Akkeli ligger mitt emellan de långsmala sjöarna Uddjaure och Hornavan nära Arjeplog. Härifrån blickar man ut över ett myller av öar i olika storlekar och former. När jag sveper över ölandskapet med kikaren ser jag att de flesta är skogsklädda och i mångt och mycket opåverkade av människans framfart. Det har helt enkelt inte varit lönsamt för skogsbolagen att avverka och transportera virket till sågverk och massaindustri. På andra sidan sjön breder kalhyggen och ungskogspanteringar ut sig och vittnar om storskalig skogsskötsel. Öarna blir små reservat där naturen får utvecklas utan människans inverkan. Men alla öar är inte orörda. Jag ser faluröda stugor omgivna av ljust gröna gräsmattor. Det ljusgröna avlöses av intensivt lila, där rallarrosen har fått fäste. Denna ståtliga växt möter mig överallt i Norrland, och även om den är vanlig också i Sydsverige blir den aldrig lika dominerande som i norr. Jag föreställer mig att den slog följe med rallarna när järnvägen drogs genom inlandet men frågar mig samtidigt var den fanns innan människan slog ner sina bopålar i dessa trakter.

Tillsammans med professor David Wardle och hans kollegor vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå hjälpte jag till att lasta motorbåten full med provtagningsutrustning när vi skulle besöka några av öarna. Jordborrar och insektshåvar, burkar att samla småkryp i och karteringsrutor för att kartlägga vegetationen. Öarna har studerats under lång tid. Det började med att en jägmästare på 1930-talet noterade att vissa av de mindre öarna hade jordlager som var mycket tjockare än jordlager från liknande skogar på fastlandet. Över en meter jord hade ansamlats direkt på stenskravlet som utgjorde det geologiska underlaget på öarna. Jordlagret reste sig så högt att backsvalor kunde utnyttja slänten ner mot strandkanten till att bygga sina bon i den lösa torvlika jorden. Jägmästaren skrev om sina observationer i Sveriges Skogsvårdsförbunds tidskrift, och detta uppmärksammades långt senare av vegetationsekologer på universitetet. Nu har David fortsatt studierna, och han åker ut till öarna för att ta prover varje sommar tillsammans med forskare från hela världen.

Den första ön vi kom till var mellanstor och dominerades av björkar med inslag av tall och gran. Marken var täckt av lingon, blåbär och kråkbär. Lingonet var vanligast men bären var ännu inte mogna. I godan ro slog jag mig ner vid strandkanten och såg hur jordborrar drevs



ner i marken medan insektshåven svepte i björkriset. Efter några minuter var jag täckt av myror och reste mig tvärt för att borsta bort dessa ettriga varelser. Michael Olsson med insektshåven skrattade gott och förklarade att han kallar denna ö för myrön. Han har fångat över tjugo tusen myror i sina fallfällor här, jämfört med bara några hundra på de andra öarna.

– Vad beror det på? undrade jag, men Michael hade inget säkert svar. Han har varken hittat något samband mellan myror och vegetation eller mellan myror och östorlek. Däremot har han observerat att bladlössen är vanligare på myrön medan spindlarna är sällsyntare. Myror är kända för att mjölka den söta honungsdaggen som lössen utsöndrar när de suger växtsaft. Överallt såg jag myror på väg uppför björkarnas stammar och vidare ut mot bladen för att slicka i sig växtsaften från lössen. Andra var på väg ner, fullastade med honungsdagg för att mata myrorna som var kvar i stacken. Som tack för hjälpen skyddar myrorna



**I VÄNTAN PÅ BRANDEN.** Sannolikheten för att blixten ska slå ner och orsaka skogsbrand är mycket mindre på små än på stora öar. Detta förhållande använder forskare till att studera hur brandfrekvensen påverkar processer i jorden på öar av olika storlek i sjöarna Uddjaure och Hornavan i Norrbotten. På stora öar, liksom i vanlig skogsjord, är humuslagret bara några centimeter tjockt, medan det på de små öarna kan bli metertjockt.

lössten från att bli uppätta. De ger sig på spindlarna och dödar dem så att lössten inte ska fastna i deras nät.

Vi åkte vidare till nästa ö som var betydligt större. Här dominerade tallar medan marken var täckt av blåbärsris som dignade av bär. Jag frossade medan forskarna spred ut sig över ön för att ta sina prover. Skogen växte bra här och man skulle nog kunna tänka sig att en skogsbonde skulle finna det värt att ta ner några träd och flotta över dem till fastlandet. Lyckligtvis har så ej skett och studierna av hur öarna utvecklas utan mänsklig påverkan kan fortsätta. Det finns ett tydligt samband mellan storleken på öarna och tillväxten hos träden. Det växer bäst på de stora öarna och sämst på de små. De minsta öarna domineras av granar i trädskiktet och kråkbär på marken. Både granbarr och kråkbärsblad bryts ner långsamt, och det är här som jordlagret når mäktiga djup, eftersom det tillförs större mängder döda rötter och blad än vad som hinner brytas ner. Detta fortgår så länge ingen störning sker, och en årlig ökning av jordlagret med 2 millimeter sedan istiden resulterar i en mäktighet av drygt en och en halv meter på de minsta öarna.

Men störningar har skett i dessa områden även innan människorna var på plats. En kraftig skogsbrand bränner bort det översta jordlagret, och spår av bränder kan ses på flera av de gamla tallarna, speciellt på de stora öarna. Sannolikheten är mycket större att en blixtnär slår ner på en stor ö, och därför finns det ett tydligt samband mellan östorlek och brandhistorik. Stora öar brinner i snitt var 500:e år, och eftersom tallarna är anpassade till brand så kommer de att dominera på dessa öar. Tallarnas tjocka bark skyddar mot elden och många träd överlever. Tallfröna gror gärna i askan och plantorna växer bra eftersom näringen som varit bunden i humusen frigjorts genom branden. Blåbärsriset gynnas också eftersom det växer fortare än lingon och kråkbär när





**TAR TILLFÄLLET I AKT.** Mjölkkörten är egentligen en skogsväxt med lättspridda dunförsedda frön som kan överleva länge i marken. Den etablerar sig snabbt när det skett en störning. Innan människan började påverka skogslandskapet fanns den mest på brandfält, som här i Muddus nationalpark där svartbrända tallstammar vittnar om den stora brand som drabbade parken 2006. Numera är den vanlig på hyggen och längs vägrenar. Den fick sitt andra namn – rallarros – av att den följde i rallarnas spår när järnvägen drogs fram.

näringsstillgången är hög. På mindre öar brinner det sällan (i snitt var 3 000:e år), och tallarna ersätts med tiden av granar. Samtidigt blir lingon och kråkbär vanligare i fältskiktet eftersom de kan hushålla bättre med näringen när den blir knapp. Detta leder till att humusen med tiden ansamlas i det översta jordlagret eftersom granbarr och kråkbärsblad bryts ner långsammare än tallbarr och blåbärsblad.

Näringen i askan utnyttjas snabbt av vegetationen som spirar efter branden, men träkolet som inte förbränts blir kvar i tusentals år. Åldern på träkolet kan bestämmas genom kol-14-metoden. Genom att undersöka spår av bränder på gamla träd och sikta fram träkol från jordprofilerna har man kunnat kartlägga brandhistoriken på öarna. Kolet som blir kvar efter branden påverkar många processer i marken. Ämnen som hämmar den mikrobiella aktiviteten kan bindas upp av kolet och på så vis stimulera näringsomsättningen. Träkol har en stor aktiv yta där näringsämnen kan fästa och därmed hindras från att läcka ut med regnvattnet. Det är därför vi kan använda träkolets förmåga att binda olika ämnen när vi drabbas av matförgiftning. En påse aktivt kol löses upp i vatten och giftämnena fastnar på kolpartiklarna när vi dricker brygden. Sedan försvinner de ut den naturliga vägen utan att göra skada.

Jag såg många spår efter bränder på gammeltallar som överlevt. Men det var först när jag kom till Muddus nationalpark trettio mil norr om öarna som jag fick se hur det kan se ut när branden dragit fram. Södra delen av nationalparken ligger på stenig mark och domineras av tallskog som brunnit regelbundet vart 200:e–300:e år. Skogen är trolsk med stora mossbevuxna stenblock, vridna stammar och grenar behängda



med lavar. Marken är mjuk av blåbärsris och lingon. Men på ett ställe öppnade sig ett skrämmande landskap med svartbrända stammar och nakna stenblock. Här hade elden dragit fram två år tidigare. Efter den första anblicken av ödeläggelse började jag se det som spirade i askan. Blåbärsris sköt upp sina skott och gröna lavar bredde ut sig på fuktigare partier av marken. Men den ståligaste växten var utan tvekan rallarosen som blommade i full prakt mellan svartbrända stammar. Den är anpassad till eldens framfart och gror snabbt när marken blivit bar och konkurrensen från risvegetationen upphört. Det var här den levde innan människan befolkade Norrland, men nu har den fått hjälp att sprida sig och behöver inte längre vänta på skogsbrändernas hundraåriga cykler.

### *Svensk täckodling härmar regnskogen*

Allting bryts till slut ner och övergår i gasform och mineralämnen. Ibland är förutsättningarna dåliga och det kan ta lite längre tid, som i en torvmosse där gamla mosslik konserveras i hundratals år i den syrefria miljön. Allra fortast går det i regnskogen där blad och grenar bryts ner så fort att det aldrig hinner ansamlas någon mull i marken. Den magra jorden i regnskogen i kombination med den yppiga växtligheten får mig att tänka på täckodlingens fader Nils Åkerstedt, som i sina böcker hävdar att det går att odla allt i näringsfattig sand om man bara lägger på ett tjockt lager med gräsklipp. Gräsklippet har en perfekt balans mellan kol och kväve, materialet är finfördelat, och på samma sätt som i regnskogen går nedbrytningen så fort att växternas näringsbehov tillfredsställs. Egentligen är gräsklippet ännu bättre än regnskogsförnan eftersom det är färskt och all näring finns kvar, medan träden i själva verket drar tillbaka en del av näringen när bladen vissnar. Är det torrt kan man behöva vattna gräsklippet på samma sätt som man ibland måste vattna komposten för att nedbrytningen inte ska avstanna under sommartorkan. Jag har sett Nils bilder och kallar honom numera "gräs-guden". Maffiga grönsaker och mångblommiga rosor – till och med rhododendron som annars bara trivs i sur torvjord – växer magnifikt i Nils sandbäddar. Han berättade för mig hur allt började en gång för över trettio år sedan, när han anlade ett växthus i sina hemtrakter utanför Sundsvall. Han grundade med ett tjockt lager sand som dränering. Jorden som han hade beställt hade inte kommit när det var dags att plantera så han satte plantorna direkt i sanden. För att de inte skulle torka ut la han på ett lager gräsklipp i väntan på jorden. När den kom såg han att plantorna redan hade skjutit i höjden och sedan dess har han aldrig köpt en enda säck jord från plantskolan utan odlar allt i gräsklipp och sand. Jag undrar om han någonsin varit i regnskogen – kanske var han indian i ett tidigare liv.

# Biologisk krigföring

Bättre en mördarsnigel i saxen  
än fyrahundra ägg i rabatten!

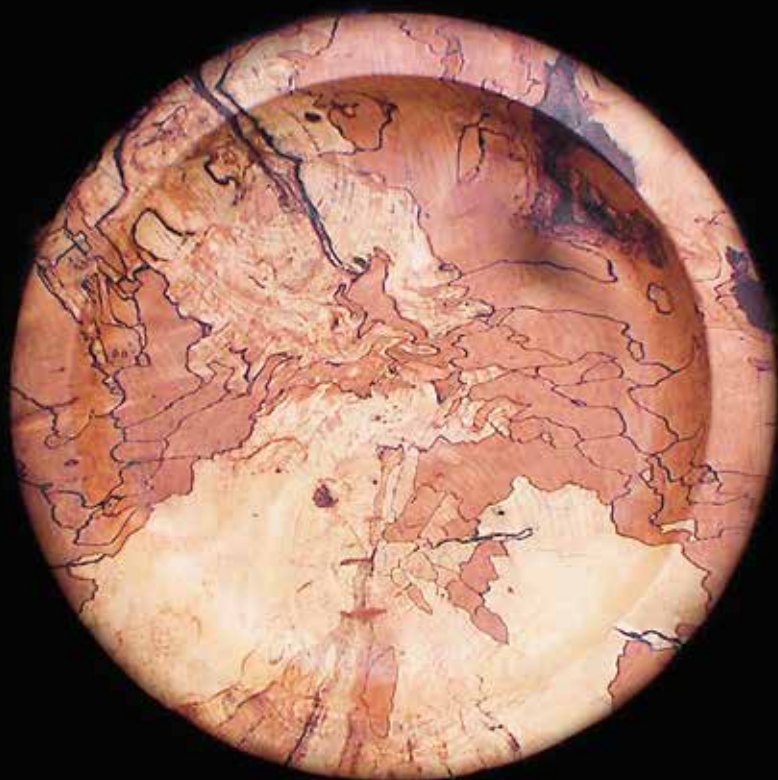
NILS NYBERG

Det är trångt i jorden. Ofta råder det fullt krig mellan olika organismer i kampen om utrymmet. En del mikroorganismer bildar antibiotika för att hindra andra arter från att bli för närgångna. Ibland kan vi utnyttja jordorganismernas förmåga att bekämpa varandra till nyttigheter för oss själva.

## *Hur jordens organismer kan hjälpa oss*

De flesta har hört om hur Alexander Fleming på 1930-talet upptäckte penicillinet när han glömde kvar en petriskål med gula sår bakterier i sitt odlingsskåp. En spor av penselmögel hade tagit sig in och bakterierna dog runt mögelkolonin som växte ut. Efter Flemings död lyckades man isolera den aktiva substansen penicillin, som sedan dess använts flitigt för att bekämpa infektioner.

Men det finns många andra jordorganismer som vi människor utnyttjar för att producera mediciner. Jorddoften som man känner när det regnat efter en långvarig torka kommer från speciella bakterier, aktinomyceter, som växer i långa trådar och påminner om svamphyfer. När jorden torkar bildar de sporer som innehåller ett ämne, geosmin, som ger den karakteristiska jorddoften. När det regnar skickar de upp sina sporer i luften och våra näsor fylls med jorddoft. Dessa bakterier kan bilda många olika sorters antibiotika. Behandlingen av tuberkulos,





**KRIGSKONSTER.** Så fort det finns tillgång på energi och näring blir det strid om utrymmet mellan olika arter. Det gäller att kunna försvara sitt territorium. När olika svampar möts i ett stycke trä, som träfatet på bilden, utsöndras giftiga fenoliska ämnen som bildar svarta linjer i veden. Varje individ blir ett eget land, som på en karta.



**GRUNDLURADE IMMUNFÖRSVAR.** Larvklubbpor, svampar som infekterar insekter, bildar många aktiva ämnen och har länge använts inom traditionell kinesisk medicin. Till exempel anses larvklubban *Cordyceps sinensis* kunna bota cancer, och den lär även fungera som afrodisiakum. Så kallas den också för Himalayas Viagra. Samlandet av dess fruktkroppar har blivit ett sätt att överleva för många tibetaner. När svamparna når den kinesiska marknaden är de värda mer än sin vikt i guld.

Det krävs skarpa ögon för att upptäcka den lilla klubban som sticker upp ur marken och avslöjar larven som infekterats. Larvklubban *Cordyceps sinensis* på bilden är en släkting till den svamp som gett oss läkemedlet ciklosporin, som gjort det möjligt för oss att transplantera organ mellan människor. Ciklosporin motverkar kroppens förmåga att stöta bort främmande vävnad. Ciklosporin-svampen *Tylopocladium inflatum* växer som parasit på skalbaggar.

som härjade i Sverige under 1800-talet och första halvan av 1900-talet, revolutionerades när streptomycinet upptäcktes på 1940-talet. Det bildas av aktinomyceter ur släktet *Streptomyces*, och sedan dess har man upptäckt flera andra antibiotika från andra arter ur samma släkte.

Inte bara bakterier utan även jordsvampar har varit medicinskt värdefulla för oss människor. På läkemedelsbolaget Sandoz i Basel blev de anställda på 1970-talet anmodade att ta med sig jordprover när de åkte hem från sina semesterresor. Ett sådant jordprov från Hardangervidda i Norge kom att få avgörande betydelse för människor som får nya organ transplanterade. En svamp vid namn *Tylopocladium inflatum* isolerades, varpå den bildade ett ämne som visade sig kunna hämma andra svampar. Effekten var dock alltför begränsad för att få någon praktisk betydelse, men turligt nog kom substansen ändå att undersökas med avseende på andra egenskaper. Man upptäckte då att immunförsvaret



hämmades om man gav det till möss samtidigt som de injicerades med röda blodkroppar från ett får. Därmed hade man upptäckt cyklospori-  
net som motverkar kroppens avstötning av främmande vävnad. Trans-  
plantationskirurgin revolutionerades efter denna upptäckt, och idag  
lever många njursjuka med nya njurar och personer med cystisk fibros  
med nya lungor, kanske enkom för att ett antal plastpåsar delades ut  
till de anställda på läkemedelsbolaget Sandoz i Schweiz.

Det är märkligt med *Tolypocladium*. Av någon anledning tål den bly  
väldigt bra. I vanlig skogsjord är den ovanlig, men i den norska jorden  
i Kastad som är naturligt förorenad av bly, är *Tolypocladium* den vanli-  
gaste svampen i marken. Den är släkt med *Cordyceps*, svampsläktet som  
attackerar insekter. Svampar inom denna grupp är speciellt bra på att  
tåla tungmetaller, och kanske borde läkemedelsbolagen ägna mer tid  
åt att leta efter nya arter i tungmetallförorenade områden i sin jakt på  
nya mediciner.



**MAGISKA KEMIKALIER.** Växter och svampar bildar en uppsjö av substanser för att försvara sig mot olika angrepp. Många av dessa har människor sedan urminnes tider använt som medicin. På Eden Project i Cornwall har nutida schamaner från Peru gjort målningar av sina viktigaste medicinalväxter på en av väggarna i det jätteväxthus som innesluter en hel regnskog. Turister och skolklasser vallfärdar hit långväga ifrån för att lära sig om regnskogen och människorna som bor där. Växten på bilden heter chiric sanango och växer i Amazonas.

### *Människorna har mycket att lära av svampodlande myror*

Det är inte bara vi människor som använder antibiotika. När jag var i regnskogen i Ecuador fick jag se ett långt led av bladskärarmyror som klättrade nerför stammen på ett träd. Myrorna hade skurit ut lagom stora bladbitar med sina kraftiga käkar och bar ner lasten till boningen som låg under jord. Deras bon kan breda ut sig över stora områden och nå flera meter ner under markytan. Speciella arbetare i myrsamhället samlar in bladen från träden och bär dem till boet där det finns andra som tuggar sönder dem. Bladmattan används som substrat för en svamp som lever i symbios med myrorna. Myrorna äter av svampvävnaden, och svampen skulle inte klara sig om den inte blev minutiöst ompysslad av myrorna. Svampskötarmyror är pyttesmå, och de vandrar runt i odlingen och slickar hyferna rena från smuts. De bär dessutom på en samling bakterier av släktet *Streptomyces* på sin undersida, och dessa bildar ett antibiotikum som myrorna sprider ut i odlingen för att hålla oönskade gäster borta. Uppenbarligen har metoden varit framgångsrik, för myrorna har odlat samma svamp i miljontals år. Visserligen utvecklar de oönskade mikroberna med tiden motståndskraft mot antibiotikumet men nya varianter uppkommer ständigt och myrorna tycks hela tiden ligga steget före i kapplöpningen. Vi människor har nog en del att lära av dessa myror. Antibiotikaresistens är ju ett växande problem i vårt samhälle.

Myrorna kan flytta tonvis med bladmassa och gör ofta stor skada i tropiska odlingsområden. Tunna blad med mycket sockernehåll är mest attraktiva, och när spaningsmyrorna fått korn på dessa utsöndrar







**VILLKORSLÖST SAMARBETE.** Bladskärarmyror skär skickligt ut bladbitar, lagom stora för att kunna transporteras till boet som är beläget under marken. Där tuggas bladen sönder till en massa som en speciell svamp växer på. Myrorna lever sedan av svampens mycel. Båda parter är helt beroende av detta samliv, som existerat i över femtio miljoner år. Det är tänkvärt att myrorna lyckats med detta under så lång tid utan att få de problem som människor på kort tid skaffat sig i sina odlingar.

Bladskärarmyornas svampträdgård sköts om minutiöst. Myrorna slickar hyferna rena och tar bort svampsporer och annat skräp som kan infektera kolonin. Dessutom bär de med sig bakterier som producerar antibiotika som myrorna sprider för att hindra icke önskvärd bakterietillväxt. Den färska bladmassan läggs högst upp i odlingen, och det vita svampmycelet växer uppåt efterhand. Mycelet skördas i de nedre delarna och utgör myrornas enda föda.



**SKÖRDEDAGS I KÖKSTRÄDGÅRDEN.** Den vedväxande svampen shiitake har odlats i mer än tusen år i östra Asien. Den går bra att odla i stockar av lövträd, helst ek eller bok, även i Sverige. Men det är viktigt att de är nyfällade, annars kan andra svampar hinna först och etablera sig i veden. Då blir det svårt för shiitakemycelet att hävda sig. Man ympar stocken genom att slå in träpluggar med svampmycel i förborrade hål.

de ett luktämne för att locka till sig arbetarmyror som kan bära hem bladen. Myrornas sociala samhällsstruktur med noga reglerad arbetsfördelning har visat sig vara en mycket lyckad strategi. Precis som vi människor har de etablerat sig i de flesta miljöer, och speciellt framgångsrika har de blivit i tropikerna. De kan utgöra en tredjedel av den totala djurbiomassan i en regnskog trots att de bara utgör några få procent av det totala antalet arter.

Precis som bladskärarmyror har jag också intresserat mig för svampodling. Jag har länge närt en dröm om att anlägga en svampträdgård hemma på villatomten i Torna Hällestad. Svampodling är det perfekta komplementet till trädgårdsodling, eftersom de mörka hörnen av trädgården, där växterna inte trivs, är de bästa platserna för svamp.



**NATURLIG FIENDETILLVERKNING.** Biologisk kontroll innebär att man bekämpar skadegörare med hjälp av deras naturliga fiender istället för att använda giftiga kemikalier. Nyckelpigor äter stora mängder bladlöss och kan under goda betingelser hålla luspopulationen i schack. Men biologisk kontroll är också en svår balansakt. Införandet av paddor till Australien för att bekämpa skalbaggar som åt av sockerrörens rötter är bara ett exempel där det gått snett. Men i begränsade utrymmen, som i ett växthus, brukar det gå bättre. Vita flygare på tomater bekämpas framgångsrikt med parasitsteklar, och spinnkvalster kan man bekämpa med rovkvalster.

Dessutom kan man använda det överblivna svampsubstratet till jordförbättring. För att komma igång beställde jag mycel av ostronskivling och shiitake från en firma med det lockande namnet Fungi perfecti i Washington i USA. Mycelet kom på posten i form av inympade träpluggar som skulle slås in i förborrade stockar av ek- eller bokstammar. Jag följde instruktionerna noga och efter ett år slog det ut fina shiitakesvampar och ostronskivlingar ur stockarna. Nu har det gått några fler år och stockarna verkar ha gjort sitt, för det kommer inga fler svampar och drömmen har tillfälligtvis lagts på is. För att få jordförbättringsmedel åker jag numera till den lokala svampodlaren utanför byn och skyfflar upp förbrukad champinjonkompost i säckar och använder i mina odlingsbäddar.

### *Biologisk kontroll*

Det pågår en ständig kamp om utrymme i jorden, och många av jordens organismer bildar substanser för att försvåra etableringen av konkurrerande arter. Vissa av dessa kan vi använda som mediciner, som penicillin och streptomycin. Men det finns också möjligheter att hitta naturliga fiender i jorden som kan hålla ohyran borta från våra odlingar. Sådan biologisk kontroll, istället för kemisk kontroll, har länge eftersträvats inom jordbruk och trädgårdsskötsel, men det visar sig att det inte alltid är så enkelt.



Tomaterna i mitt växthus växte sig stora och friska de första åren, men sedan blev de tanigare och tanigare, trots att jag gödslade dem med både hushållskompost och höns gödsel. När jag drog upp plantorna hittade jag små kulformade cystor på rötterna som innehöll massor av ägg. Det var cystnematoder som sugit musten ur mina tomater. Dessa små mikroskopiska rundmaskar ansamlas i jorden när man odlar tomater år efter år, och att byta växtslag skulle kunna vara en lösning på problemet. Jag ville förstås ha tomater i mitt växthus varje år så en annan möjlighet vore att byta ut jorden.

Nu finns det ytterligare en möjlighet att bli av med nematoder. Kanske kunde jag bespara min rygg besväret att gräva ut all jorden ur växthuset. Vissa jordar innehåller organismer som ger sig på nematoder, och man har länge forskat på möjligheten att använda dessa för biologisk kontroll. Jag har själv en gång spelat rollen som nematod på ett disputationsspej i Lund där dessa organismer skulle avhandlas. Jag var



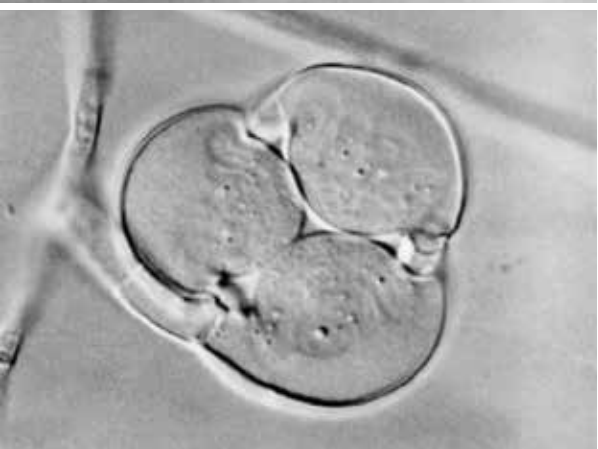
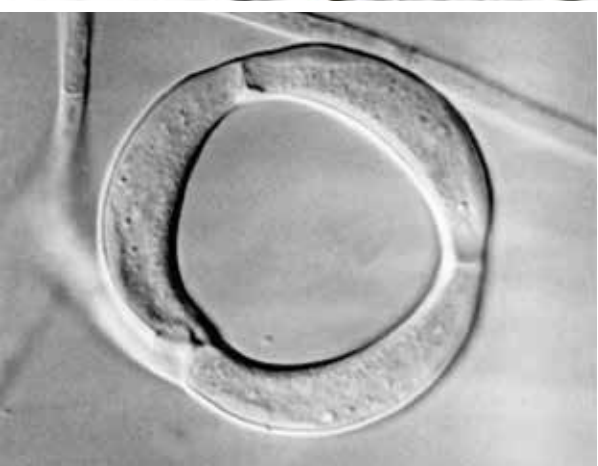
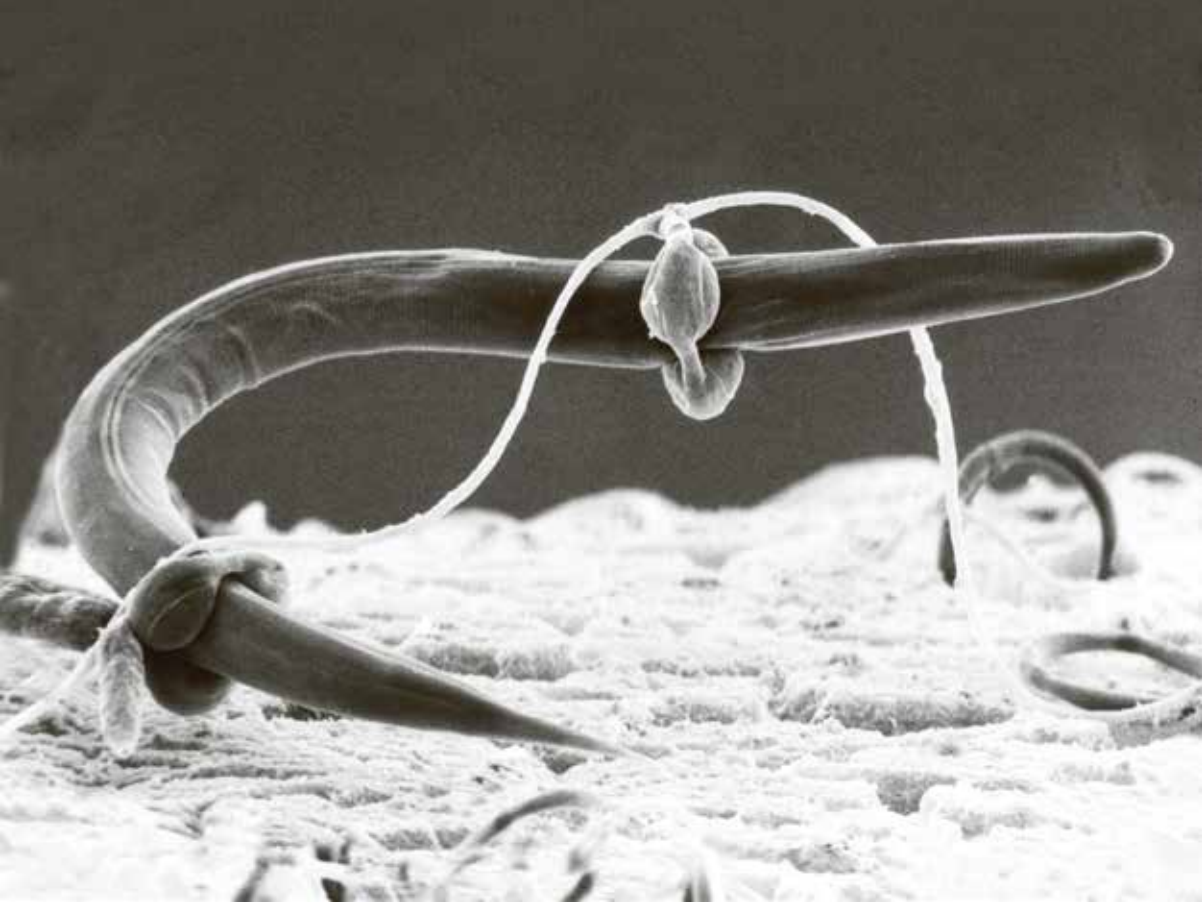
**SVAMPARNAS DUBBELLIV.** Det finns en grupp svampar i marken som specialiserat sig på att fånga nematoder med hjälp av sinnrika konstruktioner. De är svampvärldens motsvarighet till de köttätande växterna. Nematoden på bilden har precis simmat in genom två snaror som svampen kan dra åt. Sedan kan den växa in med sina hyfer och bryta ner det kväverika nematod innehålllet.

Bildsekvensen visar hur snaran fungerar. När svampen registrerat att nematoden simmat in, sväller cellerna upp och ... nematoden sitter ohjälpligt fast.

klädd i vita långkalsonger, åtsmitande underställströja och en vit nylonstrumpa träd över huvudet. Med armarna tätt mot kroppen gestaltade jag den millimeterstora rundmaskens ringlande rörelser tills disputanden fångade in mig genom att trä en badring över mitt huvud. Disputationen handlade om nematodfångande svampar. Dessa svampar bildar klibbiga nätverk eller andra fångstorgan i jorden för att fånga nematoder. Badringen fick representera snaran som svampen kan dra åt om nematoden simmar in. Nematoden sitter sedan fast som i ett skruvstäd medan svampen penetrerar den och fyller innanmätet med näringsupptagande hyfer.

Frågan jag ställde mig var om jag kunde slippa byta ut jorden i mitt växthus ifall jag istället ympade in nematodfångande svampar. Jag pratade med professor Birgit Nordbring Hertz som vikt större delen av sitt liv åt att studera dessa svampar. Hon berättade att tanken på biologisk kontroll alltid funnits i bakhuvudet, men hennes livslånga fascination grundade sig snarare på svamparnas dubbelliv än på deras eventuella nytta i odlingar. Antingen lever de på att bryta ner organiskt material i jorden på samma sätt som många andra svampar, eller också bildar de sinnrika konstruktioner för att fånga nematoder och lever sedan på näringen från dem. Vad som egentligen styr växlingen mellan livsformerna var frågan som varit Birgits drivkraft under forskarkarriären.

Svaret på Birgits fråga kan nog hjälpa mig att få svar på min egen fråga: Är det värt att satsa på nematodfångande svampar eller är det bättre att bita i det sura äpplet och skyffla ut jorden ur växthuset?





**TAMMÄNNISKA.** Växtparasitiska nematoder kan orsaka stora problem för vissa grödor, speciellt i tropikerna, och man har länge försökt få de nematodfångande svamparna att fungera som biologisk kontroll. Men ännu har man inte varit särskilt framgångsrik. Det är svårt att få svamparna att bilda sina sinnrika konstruktioner, eftersom det redan finns tillräckligt med kväve i marken. Samma sak gäller för vår egen tamkatt. Den kan leva gott på maten som husse ställer fram och behöver inte fånga möss för att överleva. Både nematodfångande svampar och katter följer sina egna vägar, och de sammanfaller inte alltid med våra.

Mycket tyder på att nematodfångandet är en anpassning till kärva tider. När det är ont om kväve i marken utnyttjar svamparna nematoder som kvävekälla, på samma sätt som sileshår fångar insekter på kvävefattiga myrar eller fjälltätörten på fuktiga marker i Sarek. Nu är det inte troligt att det råder kärva tider i mitt växthus. Här finns gott om kväve från höns gödsel och hushållskompost så jag tvivlar på att svamparna ska kunna rädda min rygg.

Men det finns andra områden där nematodfångarna har lyckats bättre. Våra idisslande kor och får blir ofta infekterade av nematoder, och vi människor kan få problem med spolmask eller trikiner, även om det är mindre vanligt. När en ko blir infekterad så hamnar nematodäggen så småningom i komockan. Där kläcks nya nematoder som kryper ut i gräset och väntar på att bli uppättna av en ko. Inne i kon utvecklas de till vuxna individer som kan lägga nya ägg. Och så går det runt och runt tills korna har fått i sig så mycket nematoder att de blir ordentligt sjuka. Men om man ger sporer av nematodfångande svampar till kon, så kommer de att passera genom magarna och slutligen gro i komockan. Där fångar de nematoder på löpande band, massförökningen avstannar och korna håller sig mycket friskare. Än så länge har metoden inte slagit igenom kommersiellt, men förespråkarna menar att det bara återstår en del tekniska svårigheter att lösa. Läkemedelsföretagen som producerar djurmedicinen är dock inte lika positiva, de vill hellre tillverka en rent kemisk produkt som är lättare att hantera. Ett preparat som består av en levande svamp måste hållas vitalt för att vara effektivt. Men det finns stora problem med de kemiska preparaten



som används för att bekämpa nematoder. Djuren utvecklar resistens och preparaten blir mer och mer verkningslösa. Boskap som betar i stora flockar kan drabbas hårt av nematoder, speciellt om de betar länge på samma ställen. I sådana områden skulle svampmedicinen kunna göra stor nytta. Även på ekologiska gårdar, där man inte vill använda kemikalier, borde den kunna bli användbar. Förhoppningsvis blir medicinen en viktig del av den framtida behandlingen av nematodsjuka kor och får.

Biologisk kontroll är inte lätt. När jag besökte Queensland i Australien brukade jag studera resultatet av krabbornas nattliga arbete under mina morgonpromenader. Stranden var dekorerad med regelbundna mönstret av pyttesmå håligheter och små högar av sand över kvadratmeterstora områden. Mönstren förstördes under dagarna av människors trampande, men återbildades varje natt. Nyfikenheten drev mig till att



med egna ögon studera skaparna av dessa konstverk. Med hjälp av ficklampan banade jag mig väg i den subtropiska natten, men redan vid gräsmarken före stranden stötte jag på oväntade hinder. Hela marken var täckt av paddor. Varje steg blev en balansgång för att undvika att trampa på dem. I vanliga fall gillar jag paddor, men denna massförekomst blev närmast skrämmande, som fåglarna i Hitchcocks film med samma namn. Australiensarna själva hatar dessa paddor. De går ut med golfklubbarna och tränar svingen. Paddor mördas när bilar vinglar från den ena sidan av vägen till den andra, utan att förarna är alkoholpåverkade.

Paddhatet bottnar i ett misslyckat försök till biologisk kontroll. Paddorna importerades från Sydamerika för att bekämpa skalbaggar som gjorde skada i sockerrörspantagerna, men i Australien fanns det så mycket annat som föll paddorna bättre i smaken. Nog kan jag förstå dem, för inte väljer jag svenska köttbullar om jag åker på semester till Grekland, även om det skyltas med denna läckerhet överallt i charterparadisens svenskvarter. Mycket hellre väljer jag souvlaki eller varför inte ”octopus from the grill”. Hur kan man tro att man kan förutsäga vad en padda vill äta om man flyttar den till andra sidan jordklotet?

Det stora gisslet för oss trädgårdsodlare i Sverige är mördarsniglarna, eller spansk skogssnigel som är deras rätta namn. Hemma i Torna Hällestad brukar en man ses gående längs det gamla järnvägsspåret med ett saltkar i handen. Ibland böjer han sig ner och saltar ihjäl ännu en snigel. Sist jag träffade honom var han uppe i tretusenfemhundra-trettiofyra stycken. Mördarsniglarna upptäcktes i Sverige 1975 och har på senare tid spritt sig med rasande fart. De har rykte om sig att äta det mesta som kommer i deras väg, inklusive sina artfränder, men egentligen mördar de inte utan äter bara av redan döda sniglar. Man skulle kunna kalla dem kadaverkannibaler.

Men kanske kan vi bekämpa sniglarna med biologisk kontroll. Ett nytt medel, Nemaslug, har börjat marknadsföras, och nematoderna i preparatet lär ta död på 90 procent av mördarsniglarna inom loppet av fyra veckor. Men jag tror vi får lära oss att leva med sniglarna med eller utan nematoder. Vem vet vad nematoderna ger sig på när mördarsniglarna tar slut – om de nu tar slut. Nematoderna är kanske inte alls intresserade av mördarsniglar – egentligen.

## En fråga om smak

Chardonnay-druvan är framförallt ett verktyg för att extrahera smak ur jorden.

FRANSKT TALESÄTT

### *Terroir – finns vinets smak i jorden?*

Jordens organismer kan ge oss mediciner och hjälpa oss att bekämpa olika sorters ohyra men många menar också att jordens egenskaper påverkar smak och hälsoegenskaper hos våra livsmedel. Jag besökte Kalifornien en sommar för att delta i de amerikanska ekologernas årliga kongress. Över fem tusen ekologer var närvarande och föreläsningar gavs i tjugo parallella sessioner. Under en paus slank jag ut och gick in på en vinhandel i närheten för att inventera utbudet av viner från Napa Valley. Jag hade precis läst boken *The winemaker's dance* av Jonathan Swinchatt och David G. Howell och var helt uppslukad av det franska begreppet *terroir* som refererar till hur jorden och lokalklimatet växelverkar med druvsorten och vinmakarens insatser för att bestämma kvaliteten på ett vin. I boken talas det om vinstocken som ett verktyg, med vilket man kan extrahera smak ur jorden. Författarna fördjupar sig i de speciella markförhållandena i Napa Valley och diskuterar huruvida vinerna får en speciell karaktär från själva jorden. I butiken läste jag följande text på baksidan av en flaska ur Hess Collection från Mount Veeder i Napa Valley: ”The combination of altitude, thin volcanic soil and scarcity of water provides unparalleled flavor and intensity.” (Kombinationen av hög höjd, tunn vulkanisk jord och brist på vatten ger en smak och intensitet som saknar motstycke.) Detta vin hade tillverkats av Cabernet Sauvignon, samma druva som ger de allra bästa vinerna i Bordeaux. Som jämförelse valde jag ett vin från Stags Leap längre ner





**SMÅK UR JORDEN?** Vinets kvalitet beror till stor del på druvornas odlingsplats. Vinkännare pratar om ett områdes *terroir*. Detta franska begrepp ligger till grund för kvalitetsbeteckningen *Appellation d'Origine Contrôlée* (AOC) som garanterar att ett vin kommer från en viss region. För att få vindruvor som ger ett bra vin bör jorden inte vara för näringsrik och vattentillgången bör vara begränsad. Stark solinstrålning är också viktigt om man ska producera ett vin med hög kvalitet. Men huruvida själva jorden sätter smak på vinet råder det delade meningar om.

i dalen, ett vin tillverkat av den lite ovanligare druvan Petit Syrah som ger ett vin med mörkröd färg. Det var ett vin från Stags Leap som vann första pris under den legendariska vinprovningen 1976 i Paris då ett amerikanskt vin för första gången vann över de bästa franska vinerna och gjorde Napa Valley känt över hela världen.

Hemma i Lund fick jag möjlighet att fördjupa mig mer i ämnet *terroir*, då jag deltog i en provning av alsaceviner på Grand Hotel. Jag fick lära mig att kalkrik mark ger mer syra i vinet. Det lät rimligt i mina öron, eftersom jag visste att många växter producerar citron- och oxalsyra för att lösgöra fosfor och järn som ligger hårt bundna i den kalkrika jorden. Vinerna i Alsace är kända för sin mineralton. Den franske vinmakaren Jean-Michel Deiss är övertygad om att växtplatsen är helt avgörande för hur vinet kommer att smaka. Enligt honom är den till och med viktigare än druvsorten. På vinprovningen blev vi rekommenderade att låta alsacevinet sila mellan tänderna och experterna hävdade att detta var som att äta sten.

Jean-Michel planterar sina vinstockar tätare än andra odlare för att rötterna ska växa på djupet och sätta prägel på vinet. Han menar att mineralerna som rötterna tar upp, ibland så djupt som sjuttio meter ner i marken, ger hans viner den alldeles unika karaktären. Han har många anhängare och hans viner räknas till de allra bästa i Alsace.

När man fördjupar sig i litteratur om vinets kemi står det klart att vinstocken producerar en mängd substanser i blad och frukt när den utsätts för stress. UV-strålning skadar vävnaden och då bildas antioxidanter i form av pigment som skyddar mot strålningen. Dessa ämnen



**SKAPANDE EVOLUTION.** Växter är biokemiska fabriker. Bladen är fulla av klorofyll som fångar ljuset i fotosyntesen, men de innehåller också många andra pigment. De röda antocyaninerna, som vi ser på höstlöven när klorofyllet brutits ner, skyddar cellerna mot solens UV-strålar. När växter drabbas av angrepp bildar de försvarssubstanser. Då försöker skadegörarna kringgå dessa, varpå växterna utvecklar nya försvarssubstanser, och så vidare i en ständigt pågående kapprustning. Lönnlövet på bilden har drabbats av löntjärfläck.



**FÖRÄDLANDE RÖTA.** Druvorna på bilden har infekterats med gråmögel. Angreppet kan vara förödande i vinodlingar, men när man ska producera viner som sauternes och tokajer är det välkommet och kallas då ädelröta. Dessa viner blir söta och aromrika eftersom sockerhalten i druvorna koncentreras när druvorna skruppnar ihop. Men de blir också dyra, druvorna måste handplockas vid exakt rätt tillfälle. Det mest exklusiva vinet i denna kategori är Château d'Yquem som betingar ett pris på flera tusen kronor för en enda flaska.

påverkar smaken, och de lär också vara nyttiga eftersom de sägs skydda även vår vävnad mot olika sorters stress. Men området är kontroversiellt. Flera stora undersökningar har inte kunnat påvisa någon effekt av antioxidanter på en rad olika sjukdomar som exempelvis cancer och diabetes.

Men det finns flera andra ämnen som vinplantan producerar som också sägs ha effekter på vår hälsa. Resveratrol är ett ämne som bildas i vindruvsskalen för att motverka svamp- och bakterieangrepp. Substansen har fått stor uppmärksamhet inom den medicinska forskningen. Flera studier visar förlängd livslängd hos enklare livsformer som jäst, och det finns indikationer på att energiomsättningen i cellerna blir effektivare. Det är välkänt att måttlig kolhydratsvält kan försena åldrandet av celler, och det verkar som om resveratrol påverkar cellerna på ett liknande sätt. Laboratoriemöss orkade springa längre tid i sina ekorhjul och de blev inte lika feta om de fick tillskott av resveratrol i sin kost. Det har även spekulerats i att resveratrol kan vara förklaringen





**DEN SVENSKA JORDENS FRUKTER.** I Sverige har det börjat dyka upp fler och fler vingårdar på senare tid, och numera kan man köpa svensktillverkade viner på Systembolaget. Det finns flera sorters druvor som passar för svenska förhållanden. På bilden syns ny-skördade Nero, en söt aromrik druva som kan användas både som ätdruva och för att producera vin.

till den franska paradoxen, det vill säga att fransmän sällan drabbas av hjärt- och kärlsjukdomar, trots att de äter mycket fett.

Växter bildar många olika substanser för att skydda sig mot att bli uppätta. Men efterhand lyckas insekterna bemästra försvarssubstanserna, och genom evolutionens försorg kommer växterna hela tiden att utveckla nya. Kapplöpningen resulterar i en enormt komplex växtbiokemi vilket vinmakaren kan utnyttja för att skapa komplexitet i sina viner. Druvornas skal och kärnor innehåller tanniner. Den strävhet man känner när man dricker rött vin orsakas av att tanninerna binder till proteiner i gommen. När vinet mognat har tanninerna slagit ihop sig till längre molekyler och upplevs då som mjukare eftersom de inte når in i de minsta håligheter i munhålan. Tanninernas bindning till proteinerna gör dem svårsmälta för insekter och andra som vill äta upp växten. Det är fiffigt ordnat, för halten i druvskalen är som högst när druvorna blivit stora men kärnorna ännu inte mognat, och då vill djuren inte äta av dem. Men när sockerhalten ökar och tanninhalten minskar medan druvorna mognar, då blir de attraktiva för fåglar som hjälper till att sprida vindruvskärnorna. Vinodlaren kan påverka halten av de smakaktiva ämnena genom att klippa bort blad som skuggar druvorna så att de utsätts för mer UV-strålning och genom att skörda druvorna vid rätt tillfälle.

Odlingsbetingelserna spelar också stor roll för hur vinet utvecklas. För mycket kväve i marken och god tillgång på vatten gör att vinstocken bildar mycket blad men färre druvor. Många odlare hävdar att en begränsad vattentillgång under mognaden är nödvändig för att druvorna ska utveckla god kvalitet. Bären blir då mindre och de tanninrika skalen tjockare. Vinet vinner ofta i kvalitet vid ett lägre skördeuttag, medan det kan bli vattnigt och karaktärslöst om produktionen varit för hög på grund av god vatten- och näringstillgång. En väl-dränerad mark



med hög solinstrålning ger bäst kvalitet. Utifrån dessa kriterier borde vinet från Hess Collection ligga bra till. Den tunna jorden ger nödvändig vattenbrist och den starka solstrålningen pigmentrika druvor. Kanske är Jean-Michel Deiss fina viner i Alsace en effekt av att vinstockarna varit mer stressade än vinstockar på andra gårdar. Produktionen på hans marker är betydligt lägre än genomsnittet i Alsace, antagligen ett resultat av kärvare förhållanden i hans odlingar.

Höstmörkret hade lagt sig över Torna Hällestad och vad kunde då vara bättre än att lysa upp tillvaron med koncentrerad kalifornisk sol. Det hade blivit dags att plocka fram de amerikanska vinerna, och jag bjöd mina vänner på en vinprovning med temat terroir. Dyrgriparna kompletterades med ett kaliforniskt blandvin av god kvalitet. Varje gäst fick tre glas med tre olika sorters vin och ett blankt papper att skriva ner sina intryck på. Första vinet var mörkrött med anstrykning åt blått. Alla



var eniga om att vinet kändes fylligt i munnen och hade stor kropp. Det hade bra bitt i tanninerna och en lång god eftersmak, ett gott balanseerat blandvin från Robert Mondavis ägor i Kalifornien, inköpt på det svenska Systembolaget. Nästa vin var dyrgripen från Stags Leap. Det var mörkt i färgen, nästan svart som bläck. Det fyllde hela gommen med smak av mörka bär som blåbär och björnbär, medan tanninerna var rundare och hade mindre bitt än hos det första vinet. Ett gott vin men inte exceptionellt på något sätt var det samlade omdömet. När det sista vinet fyllde våra gommor förändrades de koncentrerade ansiktena runt bordet. Ögon spärrades upp i förvåning. Vad var det här? Vinet liksom exploderade i munnen och smaksensationerna avlöste varandra som ett fyrverkeri på en OS-invigning. Jag kände hur jublet steg i min kropp och hörde snart hur jag mässade inför församlingen:

– Känner ni karaktären av den tunna vulkaniska jorden? Känner ni intensiteten i solen som stekt dessa bergssluttningar på Mount Veeder i Napa Valley? Känner ni hur smaken i druvorna har koncentrerats och utvecklat en intensitet som får de bästa franska vinerna att blekna?

Mina gäster nickade instämmande.

### *Hur man får smak på sina tomater*

Som naturforskare får man uppleva många exotiska miljöer på resor runt om i världen. Kaliforniens solstekta landskap står i bjärt kontrast till Sveriges kylslagna grönska. Men resorna blir också ett sätt att se sin hemmiljö i nytt ljus och att lära sig uppskatta det man annars tar för givet. För mig finns det inget som går upp mot att vandra på Kullaberg i Skåne, längs klipporna till Ransviks havsbad från hamnen i Mölle. Doften av ramslök i den snåriga ekskogen och utsikten över Kattegatts blåa hav ger många känslor av nostalgi som bara barndomens smult-ronställen kan uppbringa. På väg söderut efter en sådan vandring passerade jag genom nordvästra Skånes tomatdistrikt och stannade med bilen vid ett av växthusen för att köpa lite färdkost. Jag möttes av ett hav av tomater utställda till försäljning. Röda och gula, päronformade och ovala, gröna och svartlila, och en gul sort som var formad precis som en citron. Jag har ofta funderat över om tomater måste odlas i jord för att bli riktigt goda, och nu såg jag en möjlighet att prova mig igenom ett rikt sortiment, odlat i helt jordfri stenull.

En dam stod och sorterade tomater i lådor och jag frågade henne om hon hade några goda sorter att rekommendera.

– Alla är goda, sa hon. Vilken man tycker bäst om beror helt på vilken smak man har.

– Men kan de verkligen bli riktigt goda om man odlar dem utan jord? frågade jag.

– Jorden spelar ingen roll för smaken, hävdade hon bestämt. Det viktigaste är att man har rätt gödning.

En yngre kvinna kom förbi och ställde ner en trave lådor med ny-plockade tomater från växthuset, och jag kunde inte låta bli att även fråga henne om hon hade några tips på hur man får sina tomater extra goda.

Hon började genast prata om solen.

– De måste få tillräckligt med solljus, annars blir de inte söta.

– Men gödningen, är inte den viktig? frågade jag.

– Inte för smaken, men den är viktig för att plantorna ska växa bra.

– Vem har sagt att gödningen inte är viktig? sa den äldre damen irriterat, och de båda fortsatte att gnabbas medan jag drog mig lite undan och plockade vidare bland tomaterna för att välja ut en lämplig blandning.

En stund senare kom den äldre damen fram till mig och tyckte att jag skulle prata med Kent, föreståndaren på stället. Han visste hur man skulle få smak på tomaterna. Hon pekade bort mot en truck som precis var på väg ut ur lokalen. Jag rusade efter, kastade mig ut genom dörren och hann precis fånga förarens uppmärksamhet innan trucken försvann ur synhåll. Kent tittade lite förvånat på mig och frågade om det hänt något.

– Nej då, sa jag, jag bara undrar hur man gör för att odla goda tomater. Jag pratade med en dam inne i affären och hon sa att jag skulle ropa på dig.

Kent la huvudet lite på sned och såg roat på mig. Men han visade sig mer än villig att diskutera tomatodling. Vi gick in i hallen och hittade ett lugnt hörn där vi kunde fördjupa oss i ämnet. Kent menade att plantorna bör torkstressas under mognaden för att smaken ska utvecklas. Men det är svårt att styra så att produktionen inte blir lidande. Salthalten i näringsbevattningen får inte bli för låg för då blir toma-





**DEN SKÖRA SMAKEN.** Mjukskaliga tomater är ofta smakrika men inte så lätta att transportera och odlas därför inte kommersiellt. Det är sällan man får tag på sådana sorter i våra livsmedelsaffärer. Men när man odlar egna tomater har man helt andra valmöjligheter. Flera av sorterna i skålen kommer från frön som köpts av Åke Truedsson. Han förökar och håller liv i hundratals olika tomatersorter och säljer frön till alla som går med i hans tomatklubb.

terna vattniga. Jag kom att tänka på de salta jordarna i Tunisien. Hafedh, min kompanjon, har alltid påstått att tomaterna som växer där blir exceptionellt goda. Kanske ett resultat av att plantorna utsätts för fysiologisk uttorkning. Men enligt Kent är det allra viktigaste att tomaterna får mogna ordentligt på plantan. Vissa av kunderna vill ha tomater som kan lagras men då måste man plocka dem innan de mognat och då får de aldrig den rätta smaken. De kunderna får helt enkelt handla av någon annan för sådana tomater ville han inte producera. Jag tackade för samtalet och gick ut för att betala mina tomater. Damen plockade runt lite bland min samling och bytte ut några som såg lite skabbiga ut, sedan la hon i några extra innan hon med ett underfundigt leende önskade mig lycka till med odlingen.

På vägen hem i bilen testade jag mig igenom sortimentet. De flesta var goda, mycket godare än de tomater jag brukar köpa i affären. Den allra godaste var en liten oval sort som heter 'Santa', men var den lika god som mina egna tomater som vuxit i den Torna Hällestadiska myllan? När jag kom hem till mitt eget växthus skördade jag ett jätteexemplar av 'Black Russian' som visade sig väga närmare ett halvt kilo. Den räckte ensam till kvällsmatens sallad, och när jag skar genom det tunna skalet kände jag den söta tomatdoften fylla näsans alla håligheter. En tunn klyfta fick fylla gommen med sötma, lagom balanserad med den där speciella tomataromen som biter så lekfullt i gomtaket. Inte kunde de stenullsodlade tomaterna mäta sig med denna. Det kanske beror på jorden, eller på att jag slarvat med bevattningen, eller också är 'Black Russian' med sitt tunna skal en extra god sort som inte lämpar sig för kommersiell odling.

Mitt samlade intryck från dessa utsvävningar i vinets och tomaternas värld är att växternas kemi är oerhört komplex. Odlaren och vinmakaren kan skapa nya smaksensationer i sina produkter genom att manipulera odlingsförhållandena. Smaken kommer nog inte från jorden i sig, men det verkar uppenbart att dess förmåga att leverera vatten och näring påverkar både smak och kvalitet. Hemodlade tomater är helt enkelt godare för att de fått mindre mängd kvävegödsel och lite mer oregelbunden vattning. Mycket tyder på att växterna behöver utsättas för lagom mycket stress för att de bästa egenskaperna ska utvecklas. Jag tror att smaklösa tomater odlas under alltför optimala betingelser och att de smakrikaste sorterna inte lämpar sig för kommersiell odling eftersom de ofta är tunnskaliga.

## Jorden och klimatet

För en människa som älskar naturen, som tycker om växter och djur och som finner lycka i att odla, är inga problem olösliga.

HENNING E. SEGERROS

### *Hur torvjordar kan bidra till klimatförändringar*

De allra godaste morötter jag har smakat kommer från Mossagården utanför Veberöd i Skåne. Saftigt krispiga och med fin nötaktig smak. De är ekologiskt odlade i den sandiga jorden som numera omger gården. Tidigare låg här en mosse, därav namnet Mossagården. Mossen dikades ut och när man odlade i den torvartade jorden så försvann den sakta men säkert och idag är den helt borta. Odlingen sker numera i sanden som fanns under torven. När syret kom ner i marken efter dikningen och jorden rörde om vid odlingen påskyndades nedbrytningen. Kolet i torven avgick som koldioxid till atmosfären. Precis som när vi eldar olja för att värma våra hus så bidrog alltså torvjordsodlingen till att koldioxidhalten i atmosfären steg. Men nu när torven är borta leder inte morotsodlingen på Mossagården till förhöjda koldioxidhalter, och inte heller till ett varmare klimat.

Idag odlas morötter fortfarande på torvjord i Närke, och odlingen gör att närmare åtta ton kol per hektar förloras från marken varje år. Odling av rotfrukter kräver mycket jordbearbetning, vilket leder till snabbare nedbrytning av torven. Med dagens kunskap är det knappast försvarbart att bedriva torvjordsodling på detta sätt. Ett betydligt bättre alternativ vore att odla röfflen, ett gräs som växer bra på fuktig mark. Då skulle man inte behöva dränera och kolet skulle stanna kvar i



marken. Effekten blir dubbelt positiv eftersom rörfen är en utmärkt energigröda som kan ersätta olja och kol.

I Indonesien odlas oljepalmer på utdikade torvmarker som tidigare varit bevuxna av skog. Palmoljan används till att göra ”miljövänlig diesel” som vi i västvärlden kan använda för att minska våra egna koldioxidutsläpp. Men på grund av utsläppen vid tillverkningen kommer vi att ytterligare höja koldioxidhalten i atmosfären om vi kör våra bilar på sådan diesel istället för diesel tillverkad av fossil olja. Det händer också att torven börjar brinna när den torkat ut och då avges ännu mer koldioxid. Av världens alla länder är det bara USA och Kina som släpper ut mer koldioxid än Indonesien. Förhoppningsvis kommer framtidens biodrivmedel att vara certifierade så att det inte blir möjligt att tillverka dem på detta sätt.

Större delen av Finland befinner sig också på torvmark, men här har man i högre grad lyckats behålla kolet i marken trots att många av



**OFRIVILLIGA MILJÖBOVAR.** En stor del av den kommersiella odlingen av morötter sker i torvjord, trots att stora mängder koldioxid avgår till atmosfären när torven förmultnar. Morotsodling kräver mycket omrörning av jorden och då skyndar man på nedbrytningen. Då är det bättre att odla morötter i sandig jord som inte avger mycket koldioxid. På torvjorden kan man istället odla gräs eller andra grödor som inte kräver att jorden bearbetas.

markerna har odlats upp. Från min ungdom minns jag Väinö Linnas skildringar i boken *Upp trälar* om hur nybyggarna fick kämpa när mossarna dikades ut. Idag odlas det skog på de flesta av torvmarkerna, och även om nedbrytningen av torven påskyndas av utdikningen råder det balans mellan in- och utflöde av kol i dessa marker. Den mängd kolhydrater som de finska träden transporterar ner till rötterna motsvaras av den mängd kol som försvinner när torven bryts ner. Skillnaden mot Indonesien är stor. I tropikerna bryts torven ner mycket fortare, och oljepalmerna behöver inte transportera ner lika mycket kolhydrater till rötterna eftersom näringen frigörs lättare här.

### *I Abisko följer forskarna kolets väg från torv till atmosfär*

Det mesta av markkolet finns i norr där den långsammare nedbrytningen gör att mer av det döda växtmaterialet ansamlas i marken. På Stordalens myrmark utanför Abisko i norra Lappland har man studerat kolflödet mellan mark och atmosfär i över femtio år. När jag besökte myren sommaren 2008 så var det uppenbart att stora förändringar höll på att ske. Myren är kuperad och består av vattenfyllda partier varvade med palsar, som är torvkullar med en permanent frusen iskärna. Med ett varmare klimat tinar permafrosten, och palsarna kollapsar. Svarta sprickor öppnar sig som ingångar ner till underjorden. När palsarna sjunker ihop övergår de i blötpartier och mängden metangas som avgår från myren ökar när palsarna försvinner. Metan är en tjugo gånger kraftigare växthusgas än koldioxid, och den bildas av bakterieliknande arkéer i den syrefria miljön djupare ner i myren. När gasen når ytan av palsarna finns där andra, syreberoende bakterier som oxiderar







**LÄCKANDE JORDAR.** Hjortron och kråkbärsbevuxna palsar pryder Stordalens myrmark nära Abisko forskningsstation i Norrbotten. Palsarna är upphöjda torvkullar med en permanent frusen iskärna. På de blötare partierna växer gräs, halvgräs och ängsull.

Vår tids allt varmare klimat har medfört att palsarnas iskärna tinar. Torven spricker upp, som på den nedre bilden, och då ökar nedbrytningen, varpå mer koldioxid avgår till atmosfären. Även metangas som ansamlats i marken läcker ut och förstärker växthuseffekten. I takt med att klimatet blir varmare kommer mer och mer metan att läcka ut från stora områden med permafrost i norra Sibirien.

metanet till koldioxid. Om metanet däremot stiger upp i de blöta partierna går det rakt upp i atmosfären. Större andel blöta partier betyder alltså större metanavgivning och därmed förstärkt växthuseffekt.

### *Kolflödet från marken* – klimatforskarnas stora frågetecken

Det finns mycket kol bundet i det översta jordlagret. Om man lägger samman all ovanjordisk växtbiomassa på vår planet, så innehåller den bara hälften så mycket kol som det som finns bundet i jorden. Detta kol sätter myror i huvudet på forskarna. Vad kommer att hända med det när temperaturen stiger och fördelningen av nederbörd förändras över jordklotet? Ökad temperatur borde leda till att nedbrytningen ökar eftersom mikrobiologiska processer går fortare. Då skulle ännu mer koldioxid hamna i atmosfären och temperaturen skulle öka ytterligare, en ond spiral med andra ord. Å andra sidan kan en ökad temperatur leda till bättre skogstillväxt och till att mer döda blad och rötter ansamlas i marken. I så fall skulle kolmängden i marken öka och mer koldioxid bindas in från atmosfären. Uppvärmningseffekten skulle mildras.

Det hela är komplicerat. Jorden består av en massa substanser med olika egenskaper. Nedbrytningen av vissa gynnas av högre temperatur, medan andra inte påverkas på samma sätt. Ju komplexare föreningar, desto mindre verkar nedbrytningen påverkas av temperaturen. Substanser kan också skyddas från nedbrytning genom att de ligger inbäddade



SOIL SURFACE

1908



68  
cm



1938



49  
cm



1964



37  
cm



1984

TODAY



**MARKEN SOM FÖRVANN.** Under 1800-talet blev dränering och uppodling av torvmarker ett framgångsrikt sätt att öka matproduktionen för Sveriges växande befolkning. Men markytan sjunker snabbt när torvmarken dräneras och odlas upp. Torvlagret sjunker mekaniskt ihop men dessutom bryts det organiska materialet ned som en följd av den ökade syretillgången. På Bälinge mosse norr om Uppsala har markytan på sina håll sjunkit nästan två meter sedan början av förra seklet då mossen dränerades, vilket motsvarar ett par tusen ton kol per hektar. I hela Sverige har närmare tre miljoner hektar våtmark torrlagts för att användas för skogs- och jordbruksproduktion.

i stabila jordaggregat som inte nås av nedbrytarnas enzymer. Syrehalten i aggregaten är dessutom låg, vilket ytterligare försvårar nedbrytningen. Vi har fortfarande långt kvar innan vi kan beskriva jordens alla delar och hur de påverkas av ett förändrat klimat. Modeller som beskriver in- och utflöde av kol från marken är viktiga beståndsdelar i de stora klimatmodeller som forskarna utvecklar för att förutsäga hur klimatet kommer att förändras i framtiden. Men i dessa modeller räknar man med samma effekt av temperatur på nedbrytningen av alla substanser i jorden. Forskarna är medvetna om att detta inte stämmer med verkligheten men saknar kunskapen som behövs för att göra modellerna exaktare.

Nedbrytningen av markkolet påverkas inte bara av temperaturen. Förändringar i nederbörden kan få stora konsekvenser för flödet av kol mellan mark och atmosfär. Jordar i områden med medelhavsklimat kommer sannolikt att bli ännu torrare i framtiden och då kan nedbrytningen stanna av. Mindre mängder koldioxid kommer då att avges från dessa jordar. Å andra sidan kan nedbrytningen i fuktigare områden accelerera om nederbördsmängden minskar eller om de torkar ut på grund av högre temperatur. Med mindre vattenmängder kan syret tränga ner djupare i dessa marker och påskynda nedbrytningen. På nordliga delar av jordklotet förväntas nederbördsmängden istället öka och detta borde leda till ökade mängder kol i marken. Ytterligare regn skulle göra dessa, redan våta jordar, ännu syrefattigare, vilket skulle hämma nedbrytningen.



**TILLVÄXT MED PRECISION.** Kommer skogen att växa snabbare när koldioxidhalten i atmosfären ökar? Om det sker skulle klimatförändringarna tillfälligt bromsas upp eftersom mer koldioxid från atmosfären skulle bindas upp i träden. Nära trädgränsen i Alperna undersöker man hur träden påverkas av ökad koldioxidhalt. Med den känsliga skruven på bilden kan trädens tillväxt noga följas. Försöket har pågått sedan 2001 men ännu har inte tillväxten ökat; antagligen är det någon annan faktor än koldioxid som begränsar tillväxten här.

Svårigheterna med att göra tillförlitliga modeller av klimatets påverkan på det globala flödet av kol mellan mark och atmosfär är uppenbara. Men det finns ett antal empiriska undersökningar där man följt förändringar i olika markers kolmängd under de senaste decennierna. I Sverige har mängden markkol ökat med en tredjedel, eller med tre miljoner ton per år, sedan 1926. Denna mängd kol motsvarar nästan hälften av Sveriges sammanlagda utsläpp av koldioxid under motsvarande period. Anledningen till ökningen är främst att biomassan av skog har ökat i motsvarande grad under perioden. Mer skogsbiomassa betyder mer döda blad och rötter som ansamlas i marken och bygger på kollagret. Ökningen har varit störst i södra Sverige där också mängden skog ökat mest.

I Storbritannien däremot har jordarna förlorat tretton miljoner ton kol till atmosfären de senaste tjugofem åren. Denna mängd motsvarar ungefär en tiondel av Storbritanniens totala koldioxidutsläpp under samma period och är ungefär lika stor som den samlade minskningen av koldioxidutsläpp som skett genom besparingar och effektiviseringar i samhället under samma tidsperiod. Det är framförallt torvjordarna i Storbritannien som förlorar kol. Största anledningen är sannolikt att de torkar ut på ytan på grund av det varmare klimatet, varpå nedbrytningshastigheten ökat när luften fått tillträde.

En uttorkad markyta kan också leda till att organismerna i marken ändrar sitt beteende. I sura marker brukar småringmaskar ersätta daggmaskar. Småringmaskar är centimeterstora vita maskar som också gräver runt i jorden, men de håller sig till det allra översta jordlagret



och blandar inte om jorden på samma sätt som daggmaskar. Om man skär ut en liten kub av torv och lägger dit några av dessa maskar så kommer den inom några dagar att se ut som en schweizerost, genom de gångar maskarna gräver kors och tvärs i torven.

Vid ett experiment i England värmdes markytan upp med tre grader, vilket resulterade i att vattnet färgades brunt i bäckarna som avvattnade området. Småringmaskarna, som var den dominanta djurgruppen, grävde sig djupare ner när den uppvärmda jorden torkade ut på ytan, varpå djupare markskikt blev genomgrävda och syresättningen påskyndade nedbrytningen. Den snabbare nedbrytningen ledde till att en del av markens organiska substans blev vattenlöslig. Den kunde då följa med vattnet som sipprade neråt i marken och hamnade till slut i bäckvattnet som färgades brunt. Brunfärgningen av dricksvattnet har ökat både i Sverige och i England under senare år, kanske delvis på grund av maskarnas förändrade beteende. Men det finns även andra





**VIKTIGA KÄNSELPRÖT.** Runt om i Europa bygger man upp ett nätverk av master för att bättre kunna beräkna utbytet av växthusgaser mellan mark och atmosfär. Olika länders bidrag till växthuseffekten kommer att beräknas, och man kommer att kunna jämföra bidraget från fossila bränslen med bidrag från andra mänskliga aktiviteter såsom jordbruk och transporter. Det krävs noggranna mätdata när man med avancerade datormodeller ska beräkna koldioxidbalanser i stora områden som länder och kontinenter.

förklaringar till det bruna dricksvattnet. Industrialiseringen under 1900-talet innebar stora utsläpp av svaveldioxid, som löste sig i regnvattnet till svavelsyra, med sura regn och markförsurning som följd. När marken blev surare blev vattnet i bäckar och sjöar klarare eftersom de ämnen som gjorde vattnet brunt fälldes ut vid låga pH. Men nu när försurningen minskat så återfår markvattnet sin normala bruna färg.

Det är svårt att rena det bruna vattnet. Om det kloreras kan det bildas cancerogena ämnen som inte är lämpliga att ha i dricksvatten.

### *Uthållig användning av gödselmedel*

Skogsmark innehåller mycket mer kol än åkermark, och en övergång till att odla mer skog skulle öka inbindningen av koldioxid från atmosfären. I en global skala skulle detta naturligtvis få oönskade konsekvenser eftersom åkermarken behövs för matproduktion. Däremot diskuteras det i vilken grad man bör gödsla skogar för att binda mer kol. Gödningen gör att mer biomassa produceras och en del av denna hamnar i jorden. Dessutom kan en del av biomassan användas till biobränsle som kan ersätta fossila bränslen. Det organiska materialet i marken bryts ner långsammare när man gödslar och därmed stannar kolet kvar längre tid i marken. Allt låter bra ur klimatsynpunkt men det finns också nackdelar. När jag skulle ta mina jordprover i en sådan gödslad ungskog fick jag gång på gång ögonen piskade av välgödda vassa granbarr. Mångfalden av växter och svampar minskar i dessa täta skogar, och här får man väga den positiva effekten på klimatet mot den negativa effekten på den biologiska mångfalden.





Det är också tveksamt om vi har råd att använda konstgödsel för att gödsla skogen i framtiden. Kvävegödseln kräver mycket energi att producera och det kommer snart att bli brist på fosfor. Tillgångarna från Nordafrikas fosfatgruvor beräknas ta slut om 50–130 år. Redan nu går fosforpriset i höjden med rasande fart. Det ökade med 700 procent på bara 14 månader mellan 2007 och 2008. Framtidens jordbruk kommer att få stora problem när fosfor tar slut. Vi måste alltså utveckla mer fosforeffektiva sätt att bruka jorden om vi ska kunna föda jordens befolkning i framtiden.

Men det utvecklas ständigt nya metoder. Man kan driva kvävegödselbrukerna med biobränsle och på så vis minska användningen av fossila bränslen. I Minnesota håller man på att bygga en fabrik som drivs med vindkraft. Den kommer inte att producera mer än en bråkdel av den mängd som produceras i en oljedriven fabrik men när oljan tar slut kanske detta blir ett vanligare sätt att producera kvävegödsel.



**FÖREDÖMLIGT FORDON.** I framtiden kan vi inte slösa med våra resurser på samma sätt som vi gjort hittills. Fosfor är ett bra exempel – det behövs som gödselmedel i jordbruket, men fyndigheterna på jorden kommer snart att ta slut. Samtidigt släpper vi ifrån oss massor av fosfor via vår urin. Endast en liten del av detta återvinns i reningsverken. Kan man återvinna Coca-Cola-burkar som på bilden borde vi väl också kunna återanvända fosfor i vår urin.

Redan idag finns det tekniker för att utvinna fosfor och andra näringsämnen ur avloppsslam men frågan är om det kommer att räcka. Eller uttryckt något annorlunda: Till hur många kommer det att räcka?

Kanske kommer användningen av mykorrhizasvampar att öka i framtiden. I dagens jordbruk missgynnas de av höga fosfortillsatser som tillförs jorden via konstgödsel. Svamphyferna i marken trasas dessutom sönder när bonden rör om i jorden, och de plöjningsfria odlingsystemen är de bästa för mykorrhizasvamparna. Den ekologiska odlingen kräver mycket mekanisk ogräsbekämpning som missgynnar mykorrhizan, men å andra sidan är fosforhalten i jorden låg och de ekologiska grödorna har ofta bättre utvecklad mykorrhiza än de konventionellt odlade. Försök i Kanada har visat att veteskörden kan öka med 6 procent och linsskörden med 26 procent om man ympar in mykorrhiza på åkrarna trots att man samtidigt minskar fosfortillsatsen med en tredjedel. Att det gick så mycket bättre för linserna än för vetet har en rimlig förklaring. Vetet är ett gräs med finförgrenat rotsystem som klarar sig ganska bra utan svampens hjälp. Ärtväxter som linser har mycket grövre rötter och blir då mer beroende av svampen för att ta upp tillräckligt med fosfor. Det finns beräkningar som visar att mykorrhizasvampar kan bilda tunna hyfer av flera hundra meters längd i ett enda gram jord!

Men mykorrhizan kan ju inte skapa ny fosfor, så vi måste lära oss att hushålla bättre med den fosfor som vi använder i samhället. Idag försvinner mycket ut i Östersjön, där den orsakar giftig algblomning. Bönder i Sydostasien har länge använt mänskliga fekalier och urin som gödselmedel i sina jordbruk, och denna resurs har vi inte råd att avvara i våra framtida odlingsystem. Om fosfor ska avskiljas i reningsverken

eller redan i toalettstolarna får framtiden utvisa. Fosforinnehållet i urin från en människa räcker till att producera minst hälften av den mat som en människa sätter i sig. Dessutom innehåller urin både kväve och kalium som växterna också behöver. Kanske kommer vi trots allt att ha tillräckligt med fosfor för vår matproduktion i framtiden, men då måste vi nog ändra våra levnadsvanor.

### *Finns lösningen i regnskogen?*

Något av det sämsta man kan göra ur klimatsynpunkt är att hugga ner tropisk regnskog och ersätta den med någon annan gröda, som till exempel sojabönor eller betesvall. Även om man ersätter med bioenergigrödor som sockerrör eller oljepalmer är det en mycket dålig affär ur klimatsynpunkt. Regnskogen innehåller enorma mängder kol som förr eller senare bryts ner till koldioxid om man hugger ner skogen.

Jorden i regnskogen är näringsfattig och har en begränsad förmåga att hålla kvar näringsämnen som kalium, magnesium och kalcium vilka förekommer som positivt laddade joner. Det är ont om ytor på markpartiklarna där dessa kan fastna. Ett näringsämne som fosfor binds å andra sidan alltför hårt och bildar svårösliga järn- och aluminiumföreningar. Växterna i regnskogen är bra på att ta upp fosfor direkt när den frigörs vid nedbrytningen av förnan, men om den sipprar ner i den järn- och aluminiumrika mineraljorden, så blir den snabbt otillgänglig.

När jag var djupt inne i regnskogen i östra Ecuador fick jag höra talas om *Terra preta*, den svarta jorden. Amazonas var befolkat av flera miljoner indianer ända in på 1500-talet då de första västerlänningarna anlände. Spanjoren Francisco de Orellana rapporterade om utbredda städer och välutvecklade jordbruk längs Amazonfloden när han färdades här vid denna tid. Men indianerna drabbades av västerlänningarnas sjukdomar och bara en bråkdel överlevde. Deras samhällen förföll och övergavs. Men de lämnade kvar en svart jord som är bland de mest produktiva som vi känner till idag. Antagligen bedrev indianerna ett slags modifierat svedjebbruk där man var noga med att inte elda upp all biomassa utan istället täckte brandhärden med jord och löv för att begränsa syretillgången. Resultatet blev att träkol, eller biokol som är ett

mer generellt begrepp på förkolnad biomassa, ansamlades i marken. Principen är densamma som för Bergslagens kolmilor där man täckte uppstaplat virke med jord och torv när man producerade träkol. Träkolet behövdes för järnframställningen som bedrivits här sedan medeltiden.

Många av oss känner till att leriga och mullrika jordar är näringsrika medan sandjordar är magra. Både lerpartiklar och mullämnen har en stor yta som näringsämnen kan bindas till medan det mesta av näringen rinner rakt igenom sanden. Om man kunde breda ut den totala ytan hos varje partikel i en tesked lera skulle den täcka en tennisbana, medan ytan hos en tesked sand bara skulle täcka ett pingisbord. Biokolet fungerar på samma sätt som leran. I förstoring påminner det om en luftig tvättsvamp med stor yta som kan binda till sig näring. Men hålrummen gör också att jorden blir luftig och lucker och kan hålla mer vatten. Risken för att lerjorden ska bli vattensjuk minskar och sandjordar torkar inte ut så lätt om man blandar in biokol.

Under de tusentals år som indianerna befolkade områdena längs Amazonfloden ansamlades matrester som fisk- och köttben, men även fekalier och urin, i marken. Växtnäringsämnen som fosfor, kväve och kalium från dessa material fastnade på biokolet och resultatet blev en näringsrik jord med mycket fosfor som odlats under tusentals år. Förmodligen tillförde indianerna kontinuerligt näring till jorden genom sitt avfall. Vanlig regnskogsjord har som vi sett ingen näringshållande förmåga. Nästan all näring finns bunden i växtligheten. När löv och kvistar faller till marken bryts de ner fort och den frigjorda näringen tas upp direkt av växterna. Det är därför det är så förödande att hugga ner regnskogen. När träden tas bort så för man även bort det mesta av näringen. Det brukar gå att odla majs under ett par år men sedan är jorden utarmad och behöver tjugo till trettio år på sig för att återhämta sig. Men den svarta jorden är annorlunda. Näringen som tillförs hålls kvar och dessa jordar odlas fortfarande utan att man ser några tillväxtminskningar.

Det finns planer på att tillföra träkol till marken i stor skala som ett led i att minska framtida klimatförändringar. Koldioxid i atmosfären skulle då bindas in i biomassa som sedan förbränns till träkol under

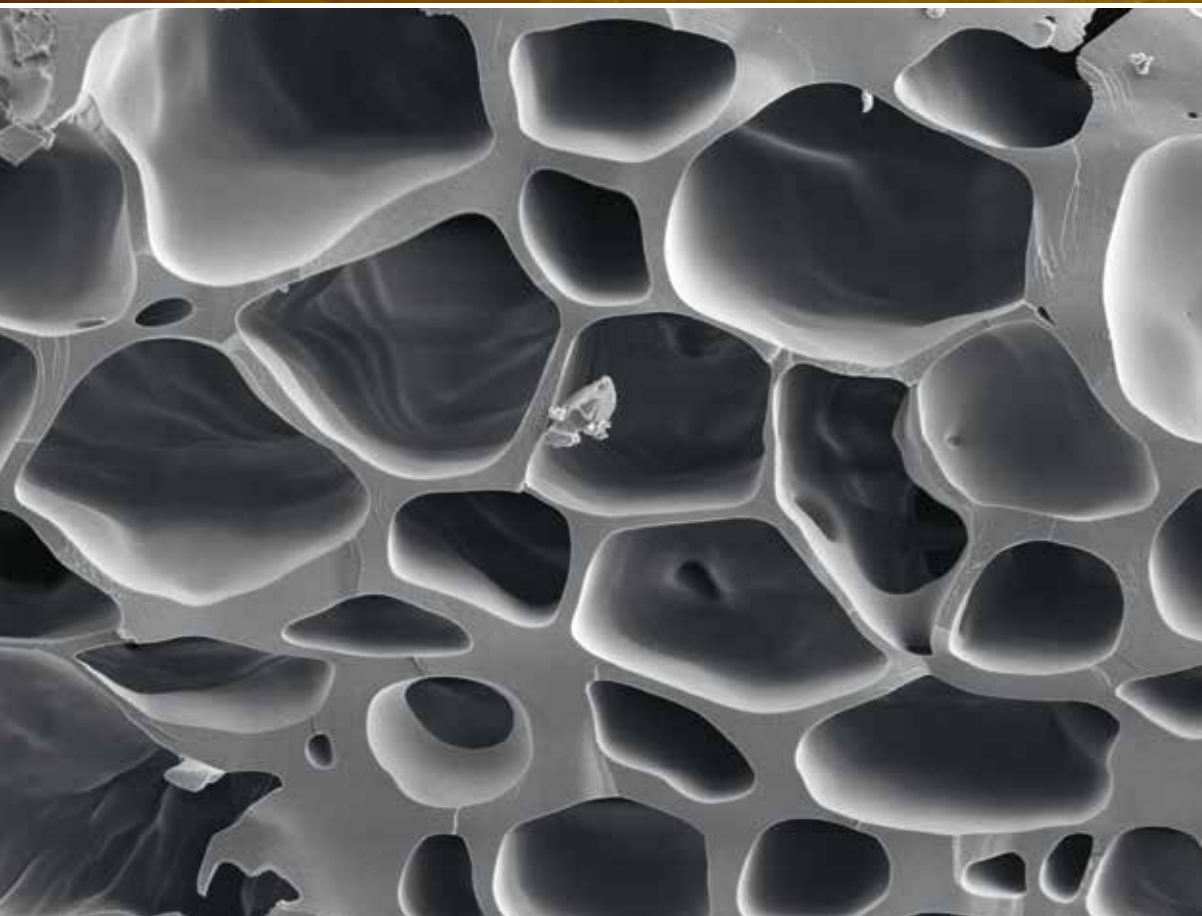


**DEN KÄNSLIGA JORDEN.** I vissa delar av Amazonas finns den svarta jorden, *terra preta*, vilken täcker områden stora som Storbritannien. Den bildades genom indianernas modifierade svedjebbruk och genom att de tillförde matavfall och spillning till jorden under tusentals år. Jorden har en god närings- och vattenhållande förmåga och går utmärkt att odla i. Bilden visar ett stycke vanlig regnskog vars jord inte så som *terra preta*-jordarna blivit berikad med träkol. Denna jord blir fort utarmad om den odlas upp.

Om man tittar på träkol i stark förstoring ser man att det är ihåligt och påminner om en tvättsvamp. Mullfattiga jordar kan förbättras avsevärt om man tillför träkol eftersom vatten kan lagras i håligheterna och näring fästa på ytorna. Störst effekt får man i tropiska jordar och om man laddar kolet med näring innan man lägger ut det i jorden.

begränsad syretillgång. Tekniken är enkel och borde kunna användas i stor skala i tredje världen, både som ett led i att öka jordens fruktbarhet och för att minska mängden koldioxid i atmosfären. Detta skulle också kunna innebära välbehövlige inkomster för utvecklingsländer genom att de då skulle kunna delta i den globala handeln med utsläppsrättigheter för koldioxid. Rika länder skulle kunna betala fattiga utvecklingsländer för att de långsiktigt binder in kol i sina jordar. På så vis skulle fattiga länder kunna förbättra sina jordar, öka sin matproduktion och samtidigt få betalt.

Det bedrivs en del försök med att på detta sätt förbättra odlingsjorden i tropiska områden. Under en konferens i skidparadiset Davos i Schweiz stötte jag på en indisk forskare som undersökte effekterna av att sprida ut träkol i sydindiska jordbruksjordar. En speciell sorts brännare med begränsad syretillförsel hade utvecklats för ändamålet. Byborna laddade den med grenar, kvistar och annan överbliven biomassa när de lagade mat och de förkolnade resterna spreds på åkrarna som jordförbättringsmedel. Jag blev förstås väldigt intresserad och fick kontaktuppgifter till en av projektledarna: David Friese-Greene. Väl hemma i Lund skickade jag e-post till honom och fick beskrivningar av bananodlingar i södra Indien där skörden hade ökat med 30 procent efter att







**VÅRDEN AV DEN TUNNA REMSAN.** Maldivernas högsta ö når 1,8 meter över havet. Det är inte konstigt att människorna här är måna om att världens länder ska komma överens om att minska utsläppen av växthusgaser. Men man måste också föregå med gott exempel. Inom föreningen Permaculture Maldives tillverkar man biokol av de vedartade delarna av överbliven biomassa. Resten komposteras eller används som täckmaterial i odlingarna.

biokol hade grävts ner i samband med planteringen. Men det gäller att ladda kolet med urin eller annan näring innan man tillför den till jorden. Jag tror att de urinseparerande toaletterna kommer att bli viktiga i framtiden. E-postmeddelandet avslutades med en kryptisk förfrågan om jag kände Folke Günther, utan närmare beskrivning. Det behövdes lite efterforskningar men snart förstod jag att även denne Folke arbetade med biokol. Vidare framgick det att han var svensk, och faktum var att han faktiskt bodde i Lund. På sin hemsida visar han hur man hittar till hans bostad och bilderna avslöjade att jag hade cyklat förbi hans hus på morgonen på vägen till jobbet. Jag mejlade – och svaret kom nästan direkt. Han höll på att utveckla en ny biokolbrännare och skulle testa den till helgen; jag var välkommen att vara med.

Helgen anlände och jag var jag på plats när Folke satte fyr i sin brännare. En liten samling biokolsentusiaster hade samlats i hans klimatsmarta trädgård där grönsakerna frodades. Koldioxid från atmosfären långtidslagrades i jorden genom ständiga tillsatser av biokol från brännaren. Under kolningen bildades pyrolysgaser och när de antändes ställde han en wok ovanför lågan och började woka grönsaker och kött. När elden falnat var brännaren fylld med biokol som han kunde sprida ut i sin trädgård. Grönsakerna växte bättre och en del av kolet som annars hade återgått till atmosfären i form av koldioxid blev istället långtidslagrat i jorden. Det blev en trevlig kväll, och vi pratade om hur regnskogens folk skulle hjälpa oss att vårda den tunna remsa av jord som återstår för oss att leva på.



## Epilog

Jorden är viktig för oss på många olika sätt. I denna bok har jag lyft fram några av dem som intresserat mig, både som forskare och som privatperson. Själva skrivandet har nog varit mer ett sökande efter vad som gjort forskande roligt än ett försök att beskriva jorden ur ett helhetsperspektiv. En av drivkrafterna har varit att hitta naturliga experiment där jordbildnings- och nedbrytningsprocesser kan studeras över längre tidsperioder. Till sommaren åker jag till Surtsey, ön som föddes ur Atlantens djup söder om Island för femtio år sedan. Här har fauna och flora fått utvecklas utan nämnvärd mänsklig påverkan, och ön är idealisk om man vill följa den betydelse växter och svampar har för jordbildningen. Ända sedan den första plantan etablerade sig har forskarna följt växternas utbredning vid årliga besök, vilket gett unika möjligheter att studera hur förändringar i jorden är kopplade till den mångfald av mykorrhizasvampar som lever i symbios med växt-rötterna.

Ett tema i boken har varit att synliggöra den enorma biologiska mångfald som finns i jorden. Ur denna bank av organismer har vi hämtat många nyttigheter som mediciner och biologiska medel för att bekämpa parasiter och skadedjur. Men mångfalden måste också få existera för sin egen skull.

Jag har försökt täcka in flera olika ämnesområden i boken, men det är nog hur vi väljer att bruka jorden som kommer att få störst betydelse för vår framtid. Inte bara ur matproduktionssynpunkt utan även i visuellt hänseende. Hur kommer vårt landskap att se ut i framtiden? Blomsterprakten som är knuten till jordbrukslandskapet försvinner om vi gödslar för mycket, och ska vi ha en chans att begränsa klimat-

förändringarna måste vi se till att kolmängden i jorden ökar och inte, som idag, minskar.

Det är lätt att bli uppgiven när politikerna misslyckas i sina klimatförhandlingar och mer och mer odlingsbar jord förstörs genom erosion och försaltning. Men även om det är svårt att sja om framtiden tycker jag mig kunna se en positiv utveckling. Många ungdomar engagerar sig för ett hållbarare samhälle, och odlingssystem som permakultur och stadsodling får allt fler utövare. Förhoppningsvis kommer vi att klura ut hemligheten med den svarta jorden i Amazonas och använda kunskapen till att göra jordarna i tredje världen mer bördiga.

Jag tror att vi kommer att få se en övergång till fler perenna grödor. Med en sådan utveckling skulle erosionsproblemen minska och mängden kol i marken öka, vilket skulle sänka koldioxidhalterna i atmosfären och bromsa klimatförändringarna. Mycket tyder dessutom på att perenna odlingar kan göras mer salttoleranta. Då skulle vi kunna ta mer mark i anspråk för odling. För bönderna finns det många fördelar med perenna grödor: Marken behöver inte bearbetas lika ofta, vilket innebär mindre dieselätgång och mindre risk för jordpackning och erosion. Användningen av konstgödsel och pesticider skulle också minska, vilket både bonden och miljön skulle må bra av. Och kanske bäst av allt, mykorrhizasvamparna i marken skulle gynnas när både markbearbetningen och tillförseln av gödsel och pesticider minskar.

Inom permakulturen har man länge värnat om perenna lösningar för odlingssystem i mindre skala. Idag görs även framgångsrika försök med perenna varianter av våra vanligaste sädeslag för odling i större skala. Men för att inte våra odlingssystem ska bli alltför känsliga bör vi utgå från lokala sorter när nya perenna sorter tas fram. En mångfald av sorter med hög genetisk variation ger större tolerans mot förändringar i miljön, vilket till exempel minskar risken för att sjukdomar ska sprida sig. Idag försvinner lokala sorter med alarmerande hastighet. Det är en kulturskatt som går förlorad. Storskalig odling av genmodifierade grödor har i vissa delar av världen helt ersatt lokala sorter, och man får allt större problem med att hålla dessa odlingar fria från ogräs och skadedjur.

Det krävs mycket av politikerna om den negativa klimatutvecklingen ska kunna vändas. Deras arbete försvåras dessutom av korta mandatsperioder. Men man kan alltid börja med sig själv. Vi som inte är politiker

behöver inte oroa oss för att inte bli omvalda, och det kan göra stor skillnad om många väljer miljövänliga alternativ. När efterfrågan på miljövänliga varor ökar kommer företagen att följa efter och förändra sitt utbud.

Jag blev inspirerad när jag besökte tvåtusenkvadratmeterträdgården i Järna utanför Södertälje. Det är så stor yta vi har per person om vi delar upp jordens odlingsbara mark mellan alla invånare. Trädgårdsmästarens målsättning var att odla all mat hon behövde på denna plätt. Andelen som användes till djurfoder räckte till köttdiet en dag i veckan, och visst hade världen mått bättre om fler av oss minskade sin köttkonsumtion eftersom kött kräver mycket mer resurser än vegetarisk mat. Järnaträdgården är ett ypperligt sätt att visa hur begränsade jordens resurser är och hur man kan göras medveten om detta och ändra sin livsföring. Trädgården besöks ofta av skolklasser och väcker många frågor och funderingar hos barnen. Men när jag frågade ägaren om hon använde sin egen urin som gödselmedel passerade jag tydligen en gräns. Det bjöd emot att använda den på de egna bladgrönsakerna, och om man åt medicin kunde det finnas rester kvar som kom ut i jorden. Men blandar man en del urin med tio delar vatten så får man en ypperlig näringslösning som innehåller en lagom blandning av precis de näringsämnen som växterna behöver. Enligt min mening har vi inte råd att slösa bort denna resurs. Idag tar vi i bästa fall bort näringsämnena på reningsverken så de inte rinner ut i åar och hav. Men en mycket större andel måste återföras till den odlade marken om vi ska lyckas föda jordens växande befolkning, speciellt nu när fosfor börjar ta slut i gruvorna.

Vi måste ha höga ambitioner om vi ska klara av att lösa miljöproblemen vi har framför oss. Men för mig är det också viktigt att hitta en väg som ger en inre tillfredsställelse. Jag tror att många människor skulle må bra av en djupare kontakt med det levande och det som växer. I boken *Between Earth and Sky – our intimate connections to trees* (2008) beskriver Nalini Nadkarni sin forskning om livet i trädskronorna och sitt engagemang för världens skogar. På plattformar byggda i grenverket sammanför hon människor med vitt skilda bakgrunder: konstnärer med forskare, inuiter som lever norr om trädens utbredningsgränser med blinda som upplever träden med andra sinnen än vi andra. När dessa människor kommer samman och delar med sig av sina upplevelser

föds nya tankar och nya insikter; känslor av samhörighet och respekt sprider sig som ringar över vattnet. Själva finner jag den djupaste harmonin när jag befinner mig i kronan hos ett olivträd utanför Chianni i Toscana. Ljudet av oliver som rasslar ner på nätet och Volterra som glimmar som en juvel i söder.

Torna Hällestad 5 april 2014

*Håkan Wallander*

THINK LIKE A TREE

Soak up the sun  
Affirm life's magic  
Be graceful in the wind  
Stand tall after a storm  
Feel refreshed after it rains  
Grow strong without notice  
Be prepared for each season  
Provide shelter to strangers  
Hang tough through a cold spell  
Emerge renewed at the first sign of spring  
Stay deeply rooted while reaching for the sky  
Be still long enough to hear your own leaves rustling.

*Karen Shragg*

## Ordlista

- AGGREGAT** Jordpartiklar som hålls ihop av slem som bildas av mikroorganismer eller växter. En bra aggregatstruktur i jorden innebär att luft och vatten kan transporteras så att organismerna i jorden har goda livsförutsättningar.
- AMMONIUM** Kemisk förening som består av kväve och väte ( $\text{NH}_4^+$ ). Denna förekommer som en positivt laddad jon i marken och kan tas upp av växterna.
- BIOFILM** Ett tunt skikt av mikroorganismer som ofta utvecklas på olika ytor, speciellt om det är fuktigt och näringsrikt. I avloppssystemen växer dessa biofilmer på insidan av rören, och plack på våra tänder är också ett slags biofilmer.
- BIOKOL** Förkolnad biomassa. Kan framställas av ved (och blir då träkol) men även av andra organiska restprodukter. Biokol är ett luftigt material med stor specifik yta som förbättrar den närings- och vattenhållande förmågan när det blandas in i jorden.
- BIOMASSA** Den sammanlagda vikten av levande organismer inom ett visst område. Största delen utgörs oftast av växter, till exempel träden i en skog.
- BRUNJORD** Jordmån som utvecklas på näringsrika bergarter. Innehåller ofta dagmaskar som blandar om jordskikten. Oftast bevuxen med lövskog.
- ENZYM** Ämne som katalyserar kemiska reaktioner i levande organismer. Svampar och bakterier använder enzymer för att påskynda reaktioner som hjälper till att bryta ner organiskt material i marken.
- EROSION** Borttransport av jordpartiklar genom vindens och vattnets verkan. Man skiljer ofta mellan naturlig erosion och av människan påverkad erosion.
- FOSFOR** Grundämne som alla levande varelser behöver, bland annat för att bilda DNA och cellmembraner. Vi gödslar våra åkrar med fosfor men överskottet kan rinna ut i haven och orsaka algblomning. Fosforfyndigheterna som används till gödsel beräknas ta slut om 50–130 år.
- HABER-BOSCH-PROCESSEN** Kemisk process för industriell framställning av ammoniak ur kväve och väte. Ammoniaken kan sedan användas till att producera konstgödsel. Processen är mycket energikrävande. Dess båda upptäckare Fritz Haber och Carl Bosch belönades med Nobelpriset i kemi för sin upptäckt.

- HAGMARK** Inhägnad gräsmark där djuren kunde beta och där man inte skördade vegetationen för att ha till utfodring på vintern.
- HYF** Svampar är uppbyggda av trådtunna hyfer som bara är någon tusendels millimeter breda. Hyferna förgrenar sig till täta nätverk som kallas mycel.
- HÖGSTA KUSTLINJEN** Den högsta nivå som Östersjön nått sedan istiden. Under denna nivå har mycket av det finare materialet i jorden, till exempel leran, svallats ur och avlagrats i lägre områden i landskapet.
- JORDART** Naturligt bildade avlagringar av mineral och bergartspartiklar. Delas ofta in efter kornstorlekssammansättning, till exempel leriga eller sandiga jordarter.
- JORDMÅN** Den översta delen av jordhorisonten som har påverkats av klimat och organismer.
- KVÄVE** Grundämne som ingår i alla aminosyror som bygger upp de livsnödvändiga proteinerna. Kväve är det mineralnäringsämne som växter behöver mest av.
- KVÄVEFIXERANDE BAKTERIER** Bakterier som kan binda luftens kväve i en form som kan utnyttjas av andra levande organismer, till exempel ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) som kan tas upp av växter och användas för att bilda aminosyror och proteiner som alla organismer behöver för att kunna leva.
- KVÄVEFIXERANDE VÄXTER** Växter som bildar symbios med kvävefixerande organismer och därmed får direkt tillgång till det åtråvärda kvävet. Växterna förser bakterierna med kolhydrater eftersom det behövs mycket energi till kvävefixeringen.
- KÖTTÄTANDE VÄXTER** Växter som fångar insekter med listigt konstruerade fällor, till exempel klibbiga blad där de fastnar, eller fallfällor där insekterna glider ner och sedan inte kan komma upp. Insekterna löses upp av växternas enzymer och används som kvävekälla av växterna.
- LÖSSJORD** Löss är ett vindavlagrat finkornigt sediment som ligger till grund för de näringsrika lössjordar som utvecklats bland annat i östra Europa och i västra Kina. Dessa bildades framförallt under istiden då de vegetationslösa markerna framför iskanten var extra utsatta för vinderosion.
- MORÅN** Ett osorterat material som avsätts av inlandsisen. Det består av både finare partiklar som lera och mo och grövre fraktioner som sand, grus och sten.
- MYKORRHIZA** Symbios mellan växter och svampar. Svamparna tar upp mineralnäring från marken som överförs till växten, i utbyte får svampen kolhydrater från växten.
- MÄRGEL** Kalkrik lera som tidigare grävdes upp och användes för att kalka våra åkrar. Än idag finns vattenfyllda mörgelgravar i odlingslandskapet som vittnar om tidigare täktverksamhet.
- NEMATOD** Mikroskopisk mask som är vanligt förekommande i jorden. Många

- lever på att äta bakterier och svamphyfer, andra arter kan infektera djur och orsaka allvarliga sjukdomar.
- NITRAT** Kemisk förening som består av kväve och syre ( $\text{NO}_3^-$ ). Denna förekommer som en negativt laddad jon som kan tas upp av växterna.
- OSMOS** Transport av lösningsmedel (till exempel vatten) mellan två utrymmen som är åtskilda av ett membran. Om koncentrationen av lösta ämnen skiljer sig så kommer lösningsmedlet att röra sig mot det utrymme som har lägst koncentration. Strävan är att utjämna koncentrationsgradienten.
- PERMAKULTUR** Ett sätt att utforma samhällen och jordbrukssystem så att de inte utarmar jordens resurser. Begreppet myntades av Bill Mollison i Australien i början av 1970-talet och är en sammanskrivning av engelskans *permanent* och *agriculture*. Senare utökades betydelsen till att också omfatta *permanent culture*.
- PH-VÄRDE** Ett mått på hur sur eller basisk en lösning är. En vattenlösning med pH 7 är neutral medan lägre värde indikerar surare vatten och högre värde mer basiskt vatten.
- PODSOL** Jordmån som kan utvecklas på sur berggrund (till exempel granit). Organiskt material ansamlas på markytan eftersom mikroorganismer arbetar långsamt i den sura miljön. Jordprofilen delas med tiden upp i en urlakad övre del (blekjord) och i en anrikad nedre del (rostjord) där aluminium och järn fälls ut. Det krävs hög nederbörd för att podsoler ska utvecklas. Ovanlig jordart globalt sett men vanligt förekommande i Skandinavien.
- PROTOZO** Encellig organism som är vanligt förekommande i jorden. Det finns massor av olika arter av protozoer, flera av dem lever på att äta bakterier i marken.
- SERPENTIN** Ett mineral som innehåller mycket magnesium men även tungmetaller som nickel och kobolt. Endast speciellt tåliga växtarter klarar av att växa i jord som utvecklats på platser med serpentin i berggrunden.
- SOLITÄRA BIN** Bin som lever ensamma i små hålor i marken, till skillnad från sociala bin som bildar stora samhällen.
- TORV** Jordart som bildas av växtrester som är dåligt nedbrutna på grund av låg syretillförsel.
- TUNGMETALL** Metall med hög densitet. Flera av dessa är giftiga, till exempel bly, men vissa är livsnödvändiga för många organismer, till exempel zink. Zink behövs i små mängder men blir giftigt vid höga koncentrationer.
- UTMARK** Gemensam mark i det gamla jordbrukslandskapet där djuren kunde beta.
- ÄNG** En gräsmark där man skördar vegetationen för att ge den som foder till boskap. Djuren fick aldrig gå och beta på ängen innan den hade skördats.

# Litteraturtips

## DEN LIVSVIKTIGA JORDEN

- Brady, N.C. & Weil, W.R. (2008): *The nature and properties of soils*. Prentice Hall.  
– En utmärkt lärobok om jord; både erosionsproblem och försaltning tas upp.
- Hyams, E. (1952): *Soil and civilization*. Thames and Hudson. – Ett klassiskt verk om sambanden mellan mänskliga civilisationer och jordens egenskaper.
- Lundberg, J. & Moberg, F. (2009): *Ekologiskt i Brasilien. Deltagardriven certifiering och lokal handel för ett hållbart lantbruk*. Naturskyddsföreningen. – Beskrivning av lyckade projekt med ekologisk odling och permakultur i Brasilien. Rapporten kan laddas ner från Naturskyddsföreningens hemsida.
- Mann, C.C. (2008): *Our good earth. The future rest of the soil beneath our feet. National Geographic*, september 2008. – En populärvetenskaplig artikel om hur vi förstör jorden men också om hur vi kan bevara den.
- Mollison, B. (1991): *Introduction to permaculture*. Tagari. – Mannen som utvecklade permakulturen, ett nytt sätt att leva.
- Mäder, P., m.fl. (2002): Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, vol. 296:1694–1697. – En vetenskaplig undersökning om hur ekologisk och biodynamisk odling påverkar jorden.
- Ritz, K. & Young, I. (2004): Interactions between soil structure and fungi. *The Mycologist*, vol. 18:52–59. – En populärvetenskaplig artikel om svamparnas betydelse för markstrukturen.

## HUR BILDAS JORD?

- Brady, N.C. & Weil, R.R. (2008): *The nature and properties of soils*. Prentice Hall.  
– En lärobok om jord. Jordmänsbildning tas upp i detalj.
- Gorbushina, A. (2007): Minireview, life on the rocks. *Environmental Microbiology*, 9:1613–1631. – En vetenskaplig artikel om det mikrobiella livet i sten.
- Lambers, H., m.fl. (2008): Plant nutrient acquisition strategies change with soil age. *Trends in Ecology and Evolution*, 23:95–103. – En vetenskaplig artikel om hur växternas anpassningar ändras när jordarna blir äldre.



Smith, S. & Read, D. (2009): *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. – Den mest omfattande bok som skrivits om mykorrhizasvampar. Evolutionen av jordens första växter tas upp i detalj.

#### BLOMSTERPRAKT OCH NÄRINGSBRIST

Billqvist, M. (red.) (2002): *Det skånska kulturlandskapet*. Naturskyddsföreningen i Skåne. – En bok om hur det skånska landskapet har utvecklats och om hur floran anpassat sig.

Grundsten, C. (2000): *Sarek och Kebnekaise: där ljuset skiftar*. Fernström Publishing. – En vacker fotobok om Sarek med förklarande texter om historia och natur.

van der Heijden, M., m.fl. (1998): Mycorrhizal fungal diversity determines plant diversity, ecosystem variability and production. *Nature*, 396:69–72. – En vetenskaplig artikel om mykorrhizasvamparnas betydelse för mångfalden av växter på kalkrika alpängar.

Jago, L. (2002): *Norrskenet. Berättelsen om Kristian Birkeland – ett bortglömt geni*. Albert Bonniers förlag. – Denna bok får ingen missa, ett helt fantastiskt levnadsöde hos en stor visionär.

Peterson, L.R., m.fl. (2004): *Mycorrhizas. Anatomy and cell biology*. NRC Research Press. – Många fina bilder och informativ text om mykorrhizasvampar.

Rockström, J., m.fl. (2010): A safe operating space for humanity. *Nature*, 461: 472–474. – En genomgång av mänsklighetens största miljöproblem, skriven av gräddan av världens miljöforskare.

Sörensson, M. (1999): *Insektsinventering av Kaninlandet*. Lunds kommun. – Lunds kommuns insektsinventering av Kaninlandet med utförliga beskrivningar av området.

#### LIVET I JORDEN

Baskin, Y. (2005): *Under ground. How creatures of mud and dirt shape our world*. Island Press, Shearwater Books. – En populärvetenskaplig bok om hur småkrypen i jorden formar vår värld.

Darwin, C. (1881): *The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits*. John Murray. – Darwins epokgörande bok om daggmaskarna.

Dexter Dyer, B. (2003): *A field guide to bacteria*. Cornell University Press. – Något så ovanligt som en fälthandbok om bakteriernas värld. Här finns mycket information om bakterier i termiternas tarmar, Betsey Dexter Dyers favoritämne.

Marshall, J. (2007): War of the worms. *New Scientist*, 3 March. – En populärvetenskaplig artikel om maskinvasionen i Minnesota.

- Smith, S. & Read, D. (2009): *Mycorrhizal symbiosis*. Academic Press. – I denna omfattande bok tas även skogsträdens mykorrhizasvampar upp i detalj.
- Young Sera, L. (2011): *Craving earth*. Columbia University Press. – Här finns all historia och alla teorier om varför människor i olika kulturer äter jord. En fantastisk bok av en forskare med ett stort mått av vetgirighet.

#### NÄRINGENS CIRKULATION

- Alm, G., m.fl. (1997): *Kompostboken*. LT. – Det finns mycket skrivet om komposter. Här är en bok som går lite på djupet.
- Forsyth, A. & Miyata, K. (2004). *Tropical nature*. Natural History. – En lättsam bok om regnskogens biologi med många fascinerande exempel.
- Hellén, G. (1992): *Grundskoleelevers förståelse av ekologiska processer*. Almqvist & Wiksell International. – En doktorsavhandling i pedagogik med fokus på skolelevers lärande.
- Kane, J. (1996): *Savages*. Vintage Books. – En gripande bok om regnskogsindianerna och deras kamp mot oljeindustrin i Ecuador.
- Sjöberg, F. (2008): *Den utbrände kronofogden som fann lyckan*. Nya Doxa. – En underbar essäsamling av en stor författare och biolog.
- Wardle, D.A., m.fl. (2003): Long term effects of wildfire on ecosystem properties across an island gradient. *Science*, 9 May, vol. 300: 972–975. – En vetenskaplig artikel om öarna i Hornavan.
- Åkerstedt, N. (2002): *Boken om marktäckning och om odling i sand*. Natur och Trädgård. – Nils Åkerstedts epokgörande bok om täckodling.

#### BIOLOGISK KRIGFÖRING

- Hopwood, D.A. (2007): *Streptomyces in Nature and Medicine, the Antibiotic Makers*. Oxford University Press. – En vetenskapligt djuplodande bok för den som verkligen vill fördjupa sig i bakteriesläktet *Streptomyces*, som gett oss så många mediciner.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. (2009): *The superorganism*. W.W Norton & Company Inc. – En fantastisk bok om myror och hur deras samhällen är organiserade med exempel från bladskärrmyror.
- Nordbring Hertz, B. (2004): Morphogenesis in the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora*. An extensive plasticity of infection structures. *Mycologist*, 18:125–134. – En vetenskaplig artikel med Birgits fina bilder på nematodfångande svampar.
- Sandskär, B. (red.) (2002): *Biologisk bekämpning av skadedjur*. Jordbruksverket. – En systematisk sammanställning över organismer som används i biologisk kontroll med adresser till företag som säljer preparat.

#### EN FRÅGA OM SMAK

- Swinchatt, J. & Howell, D.G. (2004): *The winemaker's dance. Exploring terroir in the Napa Valley*. University of California Press. – En bok om terroir med utgångspunkt från den dramatiska geologin i Napa Valley, Kalifornien.
- Truedsson, Å. (2007): *Odla tomater*. Natur & Kultur. – Sveriges meste tomatodlare delar med sig av sina erfarenheter.

#### JORDEN OCH KLIMATET

- Christensen, T.R. & Johansson, T. (2007): Stordalen mire – a historic scientific site. *Sustainability*, 2. – En populärvetenskaplig artikel om Stordalens försöksområde.
- Novotny, E.H., m.fl. (2006): The "Terra Preta" phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88:37–41. – En vetenskaplig artikel om indianernas fruktbara jord i Amazonas.

## Tack

Det har varit en utmaning, men också väldigt stimulerande, att skriva för en bredare läsekrets än den vetenskapligt skolade som jag är van vid. Många har haft synpunkter på både text och bildmaterial och jag är oerhört tacksam för dessa bidrag. Merparten av boken skrevs under de två åren jag studerade vid Lunds universitets författarskola och främst vill jag tacka Lisa Christensen, Lena Ekberg, Lotta Möller och Anette Nilsson som varit mina viktigaste bollplank. Även Stefan Casta och Martin Ringh har bidragit med värdefulla tankar och intryck. Flera av mina universitetskollegor har bidragit med idéer och kommentarer, och här vill jag framhålla Anders Dahlberg, Erland Bååth, Pål Axel Olsson, Edith Hammer, Birgit Nordbring-Hertz, Tryggve Persson och Ulrika Rosengren. Även många andra, utanför min yrkeskategori, har bidragit med synpunkter på texten, till exempel Helen Hasslöf, Jesper Bristulf, Britt-Marie Lidesten, Emelie Hansson och Erik Valeur. Det är fantastiskt med alla människor runt om i världen som delat med sig av sina bilder. Dessa personer finns listade i bildförteckningen nedan. Jag vill rikta ett stort tack till Johan Laserna som gjort ett fantastiskt arbete med formgivningen av boken och även till förlagsredaktör Susanne Sellergren som hjälpt till att göra texten smidigare. Jag vill också tacka min fru Inger Valeur, inte bara för hennes stöd utan också för värdefulla kommentarer och diskussioner om texten och bilderna i boken. Slutligen vill jag tacka Stiftelsen Anna och Gunnar Vidfelts fond för biologisk forskning, Kungliga Fysiografiska Sällskapet i Lund samt Kungliga Skogs- och Lantbruksakademien som bidragit med ekonomiskt stöd till bokens tryckning.

## Bildrättigheter

Fotografer med sidangivelse till fotografi: Zsuzsanna Balogh-Brunstad 45 (nedre), 98 (nedre), 101 (övre), George Barron 157 (övre), Alexander Berg 134, Kerstin Berglund 178, Lynne Body 98 (övre), 148 (övre), Karina Clemmensen 142, Dolph Cooke 189 (nedre), Michael Dolan 113 (nedre), Magnus Ellström 137, Henrik de Fine Licht 152 (båda övre), Ari Friedman 127 (mellanbilden), 189 (övre), Örjan Fritz 35, Paul Gardner 113 (övre), Mark Garrett 190, Reiner Giesler 54, Julie Gomez 37, Edith Hammer 27, 29, 80 (nedre), Ari Jumpponen 52, Jule Kallestad 110, Johan Laserna omslagsbilder, 1, 2, 6, 18 (högra), 45 (övre), 46, 66 (övre), 80 (övre), 87, 118, 121, 155, 159, 184, Jonathan Leake 18 (vänstra), Stefan Lindberg 94 (nedre), 97 (vänstra), Hanny van Megen 101 (nedre), NASA 106–107, Birgit Nordbring Hertz 157 (nedre), Pål Axel Olsson 40–41, Wilfred Otten 16 (övre), Paul Perault 23, Public domain 56 (övre), Sarah Richardson 61, Karl Ritz 101 (mellan), Rothamsted Research Ltd 14, Stefan Salmonsson 75, Michael Shane 72 (övre), Fred Stevens 139, Mikael Sörensson 83 (nedre), Suzanne Urpecz 165 (nedre), Inger Valeur 10, 93 (övre), 123, 124 (övre), 127 (övre o nedre), 128, 131, 132, 162, 174, Håkan Wallander 16 (nedre), 21, 30, 32, 50, 56 (nedre), 59, 63, 67 (nedre), 72 (nedre), 78, 83 (övre), 93 (nedre), 94 (övre), 97 (högra), 145, 150, 167, 170, 176, 181, 182, Lars Wallin 114, David Walter 103, Kari Whitley 165 (övre), Daniel Winkler 148 (båda nedre), Tomas Utsi 69, Sera Young 91, Douglas Zook 123 (nedre).