

## Transkription: Mikrochip blir forskarnas fönster till underjorden

Edith Hammer: "Ah, det är en liten lund här framför Ekologihuset. Här har vi grävt ner våra chip för tre månader sedan. "

Under våra fötter, i varje matsked jord, finns ett komplext ekosystem med bakterier, svampar, encelliga djur och växter. Och hur de lever kan ha betydelse för livet över hela jorden och för oss. Men vilka egenskaper har en enskild mikroorganism? Vilka utmaningar möter en bakterie? Vilka val gör en svamp i sin vardag? Till skillnad från däggdjur, blommor och träd kan vi sälan studera mikroorganismerna i sin naturliga miljö. Men i dagens Vetandets värld i Sveriges Radio P1 med mig Olof Pettersson så ska vi följa hur en mikrochip, som tidigare används i datorskrivare och graviditetstest nu har tagit steget in i forskningen om mikroorganismernas ekologi. Tekniken heter mikrofluidik och några forskare tror att den kan öppna ett nytt fönster till underjorden. För mikroorganismerna kan ge svar på stora frågor om klimatet och vår matjord.

Kristin Aleklett: "Lyfta lite på grenarna."

I Lund så träffar vi forskarna Edith Hammer och Kristin Aleklett som skrapar runt i jorden med en trädgårdsspade.

"Då kan man se de små svamptrådarna som liksom finns under marken. Här har de faktiskt vuxit på en gren. Här har de då försökt börja bryta ner materialet, både själva grenen och blad runt omkring."

Det är liksom vita, verkligen illvita trådar som bilden en tjock massa här på grenen.

Kristin Aleklett: "Lite som en matta."

Ja, vad gör de där?

Edith Hammer: "De bryter sig in i alla cellstrukturer och kastar ut enzymer, bryter ner saker och käkar upp dem."

Kristin Aleklett: "Så nu kan vi fortfarande se lövet, men nästa år kanske det inte finns något löv kvar. Vissa växer snabbare än andra. Det är någonting som vi har kunnat se inne i chipen."

Vi återkommer alldeles strax till chipen. Men först: Hela vår existens bygger på jorden. Vi odlar vår mat i den och återvinningen av näringsämnen sker i jorden. Dessutom så lagrar jorden stora mängder kol och är därför viktig för balansen av klimatet. Men för alla processer som händer i jorden på stor skala så finns det en grund i de allra minsta organismernas beteende. Jorden beskrivs ofta som ett av de mest komplexa och artrika ekosystemen på vår jord.

Edith Hammer: "Artrikedom hittar man på mikrometerskala. Så det finns typ förmodligen väldigt lika arter här jämfört med två meter bort, men om man tittar på mikrometerskala så kan det finnas väldigt många olika arter 100 mikrometer ifrån varandra."

Ja, orsaken till jordens mångfald är strukturen som från mikroorganismernas perspektiv bildar en enorm labyrinth där varje liten por mellan två jordpartiklar är en grotta. Maten är fläckvis utplacerad och ena stunden är det torka, men ett litet duggregn orskar en mikroskopisk tsunami som sköljer iväg organismerna. Det finns encelliga djur, bakterier och svampar. När organismerna famlar runt mellan hålrummen så kan de vara fyllda med vatten eller luft, med mat eller med ett gigantiskt rovdjur.

Kristin Aleklett: "Man tänker om man skulle jämföra det med till exempel en savann så har man ju liksom stora organismer... Maskarna är som elefanterna i marken och så har du små, pyttesmå arter,

massa olika sorters bakterier som... äh, då kanske det är mer någon liten fågel på savannen som sitter och pickar eller på en noshörning. För det som gör det svårt att förstå vad som händer i marken också är ju att vi inte kan se med våra blotta ögon. På savannen kan man gå ut och säga: 'Där sitter det en fågel på en noshörning.' Då kan man fundera på varför är det så, vad gör den där? I marken när vi tittar ner, då förstör vi ju nästan alltid systemet när vi gräver upp det. Så det är det vi försökte snarare att återskapa då små habitat som det kallas. Som att ha små ekosystem i chipet så vi kan följa vad som händer live. Se hur de växer in i de här okoloniserade savannerna i våra chip. Och se hur dem... Vad som händer."

Ja, forskarna här i Lund har grävt ner mikroochip i marken och låtit organismerna tränga in. Edith Hammer plockar fram ett chip som varit nedgrävt i månader och lägger det i en rund plastskål. Hon bryter bort jorden runt själva fönstret på mikrochipet och håller upp det mot solljuset.

Edith Hammer: "Om du tittar lite här mot... mot ljuset så ser du reflektioner på skuggor på strukturer som vi har byggt."

Det är ett litet rutsystem där inne.

Edith Hammer: "Precis och här har vi lite olika kanaler. De är kanske lite svåra att se."

Kristin Aleklett: "De små gångarna kan ju vara lika smala som hårstrån liksom. Så det du ser med blotta ögat kanske du inte ser att det är kanaler men när vi kommer in sen och tittar i mikroskåpet så kommer du se."

Så det är inte bara rutsystem utan i varje ruta finns det, en...

Kristin Aleklett: "Små, små gångar. "

... En liten labyrint.

Kristin Aleklett: "Precis."

Vi ska snart ta in de här mikrochipen från jorden och lägga dem under mikroskåp för att se vilka olika frågor forskarna hoppas kunna få svar på om det mörka ekosystemet under våra fötter. Men först så träffar vi Pelle Ohlsson, forskare vid Lunds tekniska högskola som ligger ett stenkast bort från Ekologihuset. Han säger att mikrofluidiken kom ur revolutionen med mikroelektroniken som alltså har gjort att datorer har krympt från att vara stora som ett helt rum till att rymmas i en ficka.

Pelle Ohlsson: "... Och då tänkte man: Kan man bygga ett helt labb på ett chip där man gör alla dem grejerna som man normalt gör i ett labb men automatiskt i ett litet chip?"

Ja, genom att bygga pyttesmå fyllda kanaler i ett chip så ändras vätskans fysik. Det finns till exempel ingen turbulens i kanalerna, så om man placerar en cell så stannar den kvar där och man kan kontrollera exakt hur vätskan och cellerna i den rör sig.

Det senaste decennierna så har tekniken som ofta kallas lab-on-a-chip vuxit kraftigt. Och idag så finns tekniken i allt från bläckstråleskrivare till graviditetstest. På sjukhus gör man ofta blodprov med mikrofluidik. Tillsammans så tar vi på oss skyddsdräkter, huvor, skor och plasthandskar och går in i labbet där mikrochipen tillverkas. Forskarna tillverkar ett mönster av kanaler och kammare som etsas in i en glasskiva. Och sedan sätter man på ett lock. Framför oss så står forskaren Andreas Lenshof med två studenter och han fläktar med händerna över en 500 grader varm kokplatta som dessutom har en spänning på 1 kilovolt.

Pelle Ohlsson: "En kilovolt är som fyra gånger så stark spänning som vi har i vägguttagen. Så det är fullt tillräckligt för att ha ihjäl någon och det är också då tillräckligt för att dra laddningar till den yta mellan de två bitarna man vill smälta ihop så att de dras till varandra och smälter ihop till ett material."

De chip som används i jorden är oftare i plast och då använder forskarna en plasmaugn istället för att smälta ihop bitarna, men principen är densamma. Tack vare att mikrofluidiktekniken har vuxit sig stor genom biomedicinen så finns det flera tidigare experient och verktyg som man nu kan ta med till ekologins värld.

Pelle Ohlsson: "Mycket av det man kollar på i biomedicinen påminner om det man hittar i marken. Hur en rot eller en svamphyf växer påminner mycket om hur blodkärl växer eller en nervbana växer. Grupper runt om i världen som har kommit på samma idéer: Vad händer om jag använder mikrofluidik och lab-on-a-chip-teknologi på ekologiområdet? Så det är en pågående revolution just nu, skulle jag säga."

Inom biomedicin har man till exempel odlat bakterier med mikrofluidik i jakt på ny antibiotika. Så liknande metoder kan användas för att hitta vad som kallas biologins mörka materia: den stora mängd bakterier i naturen som vi inte kan odla upp. Forskarna i Lund är en av flera grupper runt om i världen som de senaste åren har börjat använda mikrofluidiken för att förstå det mikroskopiska livet i naturen. I Zürich finns det ett labb som kanske har kommit längst på området, Stockerlaboratoriet.

Ben Lambert: "Hello. Can you hear me?"

Ben Lambert publicerade nyligen en artikel i *Nature Micro Biology* där han hade studerat bakteriers beteende i vatten med mikrofluidik.

Ben Lambert: "So we are trying to transition micro fluidics from mostly a lab based technique to things that we can take everywhere."

Ja, de vill studera hur bakterierna rör sig för att hitta till näring i sin naturliga miljö. Med mikrochipen så kunde de tillverka en kontrollerad labyrint där naturliga bakterier kunde simma in och leta efter mat utan att försöket förstörs av havets rörelser. Och studien kunde stödja hypotesen att även för en liten bakterie i havet så innebär livet att leta och simma efter mat. Ett annat viktigt resultat var att de kunde bygga chipet med en 3D-skrivare, så att experimentet kunde utföras av fler forskargrupper runt om i världen. Med den här tekniken kan forskarna börja göra kontrollerade studier av mikroorganismers beteende och jämföra med det som vi har vetat under århundraden av studier av stora djur och växter.

Ben Lambert: "Giraffes eating leaves from trees: When do they decide to leave that tree and move to a new one? And we see a lot of parallels of macro biology and micro biology and microbial ecology at this point, but the thing is that we really lacked the tools to actually study these processes until very recent."

Ja, nu kan vi jämföra klassiska teorier, från makroekologin som hur en giraff äter och varför den väljer att lämna ett ställe med mat för ett annat och använda det som nya verktyg till mikroekologin, säger han.

Det här är Vetandets värld i Sveriges Radio P1 som idag handlar om hur små, vätskefyllda chip kan fungera som ett fönster som låter oss se och göra experient på mikroorganismernas beteende. Vi hör forskaren Edith Hammer vid Lunds Universitet som studerar mikroorganismer i jorden.

Edith Hammer: "Extra häftigt i jorden är att den är väldigt strukturerad och det är något som vi då kan återskapa i chipen. Så det är inte bara att vi har ett bra system för att kunna fånga dem under mikroskopet men också att vi kan bygga dem en värld som det är mer lik den som de brukar leva i."

Kollegan Kristin Aleklett tar upp ett genomskinligt litet plastchip och lägger det under ett mikroskop. Chipet har legat nedgrävt i jorden i månader och det är fortfarande jord fastkletad på sidorna.

Edith Hammer: "Har legat i jorden och det sitter jord kvar på ingångarna, hela den här sida är öppen för kolonisering av olika organismer... Har koloniserats ganska mycket."

Genom mikroskopet syns kammare och kanaler i olika former. Här syns bakterier som små prickar. Vissa simmar snabbt runt i gångarna och andra klibbar fast mot väggarna. I en kanal så simmar ett encelligt djur och slår vilt omkring sig med två piskliknande flageller. Och svamparnas hyfer slingrar sig genom kanalerna, växer runt hinder och delar sig och runt dem samlas bakterier. Ett fenomen som forskarna kan observera i mikrochipet är *fungi highways*, svampmotorvägar. Eftersom bakterier inte kan ta sig igenom luftfyllda porer i jorden så kan de klättra upp på en svamphyf och använda den som en bro till nästa lämpliga, fuktiga boplatser.

Kristin Aleklett: "Vissa saker som är här kan ju vara döda bakterier, protister och annat också. Och när de dör så kan ju dem fortfarande bli mat till de som lever."

En av sakerna som forskarna här tittar på är hur olika mikroorganismer lyckas ta sig olika långt in i jorden. För de som kommer långt in blir inte uppätta av andra och lagras då en längre tid och bildar öar av organiskt material i jorden och det har betydelse för hur mycket koldioxid som kan lagras och hur mycket som bidrar till växthuseffekten. Här har alltså markens struktur stor betydelse, och doktoranden Carlos Arellano studerar hur naturliga jordbakterier växer in i mikrochip med olika struktur på kanalerna.

Carlos Arellano: "We are going to look at the chip that is trying to simulate different types of arrangement of the soil particles and then in the entrance of the chip I have put some parts of soil, so in a way all the micros milli bacteria and fungi started growing naturally inside the chip."

Jordens struktur påverkas av hur vi brukar den, till exempel erosion eller att man kör över den med tunga maskiner så kollapsar aggregaten som bygger upp den lukra jorden och pressas ihop. Då försvinner också livsutrymmet för många organismer och i chipen kan man se hur ekosystemen skiljer sig åt beroende på vilken struktur labyrinten har. Jag träffar professorn Håkan Wallander som är professor i markbiologi vid LU och en hängiven trädgårdsodlare.

Håkan Wallander: "Jag är väldigt intresserad av det där, både forskningsmässigt men även privat. Jag har den känslan av att odla någonting i en rik jord... Det är väldigt speciellt."

Men vad kan vi egentligen lära oss av vad en enskild liten bakterie eller svamp sysslar med jämfört med att studera de stora processerna? Till skillnad från gruppen som jobbar med mikrofluidik så tittar Håkan Wallander på processer som tar lång tid. Nyligen har han varit på den nybildade ön Surtsey utanför Island som bildades ur en vulkan för 50 år sedan. Det är en plats dit bara forskare får komma och på Surtsey så kan forskarna följa bildningen av ny jord.

Håkan Wallander: "Det är väldigt magiskt att vara där för man lite känslan av livets uppkomst på något vis. Här är det bara lava och ingenting annat och så ser man hur växterna har etablerat sig och klättrar upp på ön och sprider sig och så där, utan att människan är där och påverkar."

Håkan Wallander håller med om att de nya metoderna med mikrofluidik ger ett nytt verktyg för att studera livet på mikroskala. Men svårigheten är att skala upp resultaten och dra slutsatser om stora

processer, men det är ungefär samma problem som hans fält har fast tvärtom. De som tittar på stora processer har svårt att se mekanismerna bakom.

Håkan Wallander: "I själva verket ligger det kanske på mikrometerskala, vissa ämnen finns där och sen en mikrometer ifrån finns något annat. Och svampar och bakterier rör sig i den här miljön på den här lilla skalan. Och studera rätt grundforskning, hur det ser ut och beskriva det, det tror jag... Det kommer massor med kunskap som vi kommer få nytta av där, och det är ju också... Jag kanske kommer hålla på med mina saker och Edith och hennes grupp kommer hålla på med andra saker, men tillsammans kanske vi kommer komma framåt, men det finns inte en väg som leder till all kunskap utan det måste vara flera vägar man går."

Andra experiment som pågår är att se om svamparnas hyfer klarar av att leta sig igenom olika typer av gånger och vad som händer när de hittar utplacerade droppar med näring.

Edith Hammer: "Här ser vi att det är fullt, fullt med hyfer, det bara kryllar. Medan annars när det bara är luft så växer de mycket glesare, men de samlar krafter och växer för fullt när de då hittar näring."

På en annan platta så syns en tjock massa av bleka rötter som helt växer över ett mikrochip. Det är genmodifierade morötter, men det som studeras är den mykorrhizasvamp som lever i symbios med rötterna.

Edith Hammer: "Dessa mykorrhizasvampar är för dumma för att ta upp sockret från en näringslösning själva, så de måste alltid matas av en växt."

Gruppen i Lund säger att de är först i världen med att odla mykorrhiza i ett mikrochip.

Edith Hammer: "Ingen har publicerat det än, inte vi heller. Vi håller på att skriva ihop något.

Vilka resultat har ni fått? Vad är det som har känts: 'wow, nu är vi något på spåren'?

Edith Hammer: "Nu måste jag fundera vad vi får berätta som inte har publicerat än, för vi håller på att skriva ihop en massa saker. Att vi har lyckats verkligen bygga ett chip som blir en del av jorden, det tycker jag egentligen är nästan roligast. Att koloniserar både av organismerna men också av vatten och partiklar som går in där och verkligen blir en del av jorden, det är något som är jätteroligt"

Hur kan du vara så säker på att det verkligen är så att de här upplever det som en del av jorden?

Edith Hammer: "Visst är det fortfarande väldigt artificiellt, alltså det är ju kemiskt helt och hållet annorlunda än vad markpartiklar är. Det är något projekt som vi vill ta upp i framtiden ganska snart att kolla artrikedomen och kolla molekylärt vilka organismer som kommer i jämfört med vad som finns runt omkring, men ändå så ser vi att vi har redan en väldigt stor artrikedomen och att chipen tas emot av många organismer i alla fall."

Och med de orden så lämnar jag Ekologihuset i Lund och Vetandets värld här i Sveriges Radio P1 med mig Olof Pettersson är slut. Men vad det nya fönstret mot mikroorganismernas värld kan leda till, det vet vi inte. Men om inte annat så ger det oss i alla fall en ny inblick i en värld som vi sällan tidigare har sett och livet som kryllar under våra fötter.