

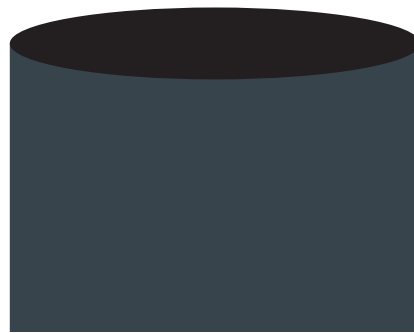
En minimal organism med enorm betydelse

Världens vanligaste syreproducerande organism är också den minsta. Därför förblev den oupptäckt fram till 1980-talet, trots att det finns tiotusentals av den i en droppe havsvatten, och trots att den beräknas utföra lika mycket fotosyntes som all odlad gröda på jorden. **Sallie Chisholm, USA, tilldelas Crafoordpriset i biovetenskaper 2019 för sin upptäckt av och forskning om cyanobakterien *Prochlorococcus*.**

Livet på jorden är beroende av fotosyntesen – gröna organismers förmåga att ta upp solenergi. Syret vi andas och energin i maten vi äter kommer från denna process. Ju djupare kunskap vi har om de växter och mikroorganismer som utför fotosyntes, desto bättre kan vi besvara de mest fundamentala frågorna om livet på jorden: hur det uppstod, hur dess ekosystem fungerar i dag och, inte minst, vad människans påverkan på miljö och atmosfär får för konsekvenser för jordens klimat och allt levande.

Prochlorococcus
0,6 mikrometer

Mänskligt hårstrå
ca 65 mikrometer



Det har länge varit känt att fotosyntesen till stor del utförs av osynliga mikroorganismer i havet. Men det dröjde ända till mitten av 1980-talet innan den allra vanligaste fotosyntetiserande arten upptäcktes: cyanobakterien *Prochlorococcus*. Det totala antalet av denna organism på jorden har beräknats till 3×10^{27} (3 000 000 000 000 000 000 000 000). Enligt vissa uppskattningar står arten ensam för lika mycket fotosyntes som alla odlade grödor på

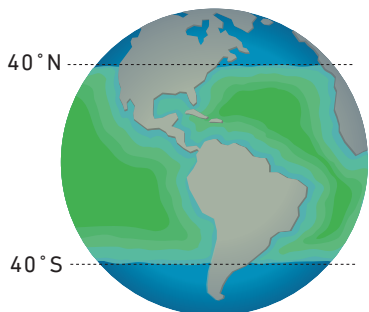
jorden tillsammans – något som ingen annan enskild art kommer i närheten av. Anledningen till att *Prochlorococcus* förblev oupptäckt så länge är att den lilla bakterien bara är omkring en halv mikrometer stor – betydligt mindre än andra syreproducerande organismer, inklusive andra cyanobakterier. *Prochlorococcus* är fortfarande den minsta fotosyntetiserande organism som någonsin upptäckts.

Upptäckten

Den amerikanska marinbiologen Sallie (Penny) Chisholm och hennes kollegor upptäckte *Prochlorococcus* under andra hälften av 1980-talet. Hennes forskargrupp vid Massachusetts Institute of Technology, MIT, hade fått idén att använda en flödescytometer för att studera mikroorganismer i havsvatten. Med detta instrument – som dittills mestadels använts inom medicinsk forskning – analyseras celler i en vätska genom att de, en i taget, leds förbi en laserstråle. Efter framgångar på land ville gruppen undersöka om de även kunde få den känsliga tekniken att fungera ombord på ett forskningsfartyg, så att analysen kunde göras direkt ute på havet medan alla mikroorganismer i vattnet fortfarande var vid liv.

Under de expeditioner i Atlanten och Stilla havet som gjordes med flödescytometer från 1985 och framåt noterade forskarna en återkommande, mycket svag signal i resultaten från instrumentet. Signalen tolkades först som tekniskt brus, men forskarna märkte så småningom att den varierade enligt vissa mönster, bland annat beroende på djup. Det kunde tyda på att den kom från något levande. Vidare studier bekräftade dessa misstankar. Man hade hittat en tidigare okänd fotosyntetiserande organism – mikroskopisk, men av enorm betydelse! Upptäckten publicerades i tidskriften Nature 1988.

Sedan upptäckten av *Prochlorococcus* har Sallie Chisholm framgångsrikt ägnat en stor del av sitt forskarliv åt att studera denna cyanobakterie i detalj. Det stod tidigt klart att den skilde sig mycket från andra syreproducerande organismer – dels genom att vara så liten, dels genom sin extremt rikliga förekomst. Chisholms vidare forskning har ytterligare förstärkt bilden av *Prochlorococcus* som en både mycket udda och mycket betydelsefull art. I dag vet vi att den finns i alla världshav och är den helt dominerande fotosyntetiserande organismen i en stor del av jordens oceaner. Den dominerar i

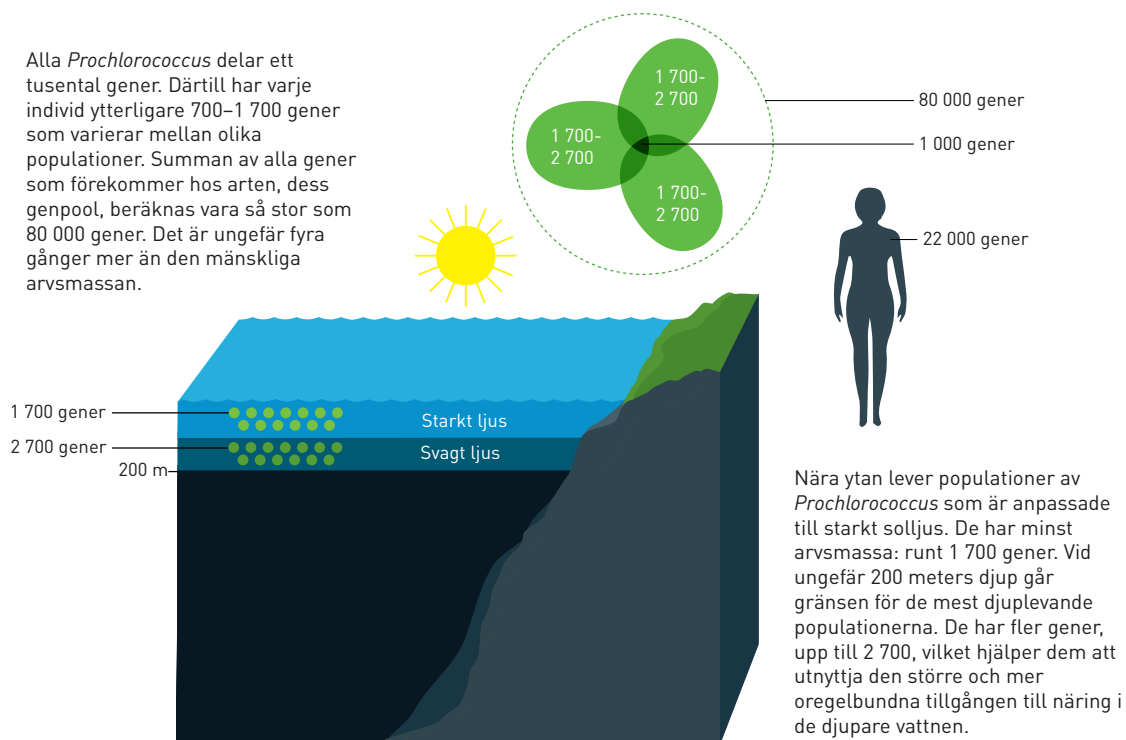


näringsfattigt och relativt varmt vatten – allt hav som är långt från kontinenterna och mellan latituderna 40°N och 40°S. I dessa enorma områden är det ont om större organismer, men de sjuder av mikroskopiskt liv – varje droppe i det övre skiktet av oceanen innehåller tiotusentals *Prochlorococcus*. Bakterien lever inte enbart vid ytan utan ned till ett par hundra meters djup, dit bara någon enstaka procent av solljuset når. På det djupet är ljuset för svagt för andra fotosyntetiserande organismer, men tillräckligt för *Prochlorococcus*.

Genetiska studier

Sallie Chisholms forskning om *Prochlorococcus* har fortsatt att vara ledande och är så än i dag – inte minst för att hon sett potentialen i nya forskningstekniker. Hon använde tidigt nya genetiska verktyg för att läsa av och jämföra hela arvsmassan hos olika populationer hos *Prochlorococcus*.

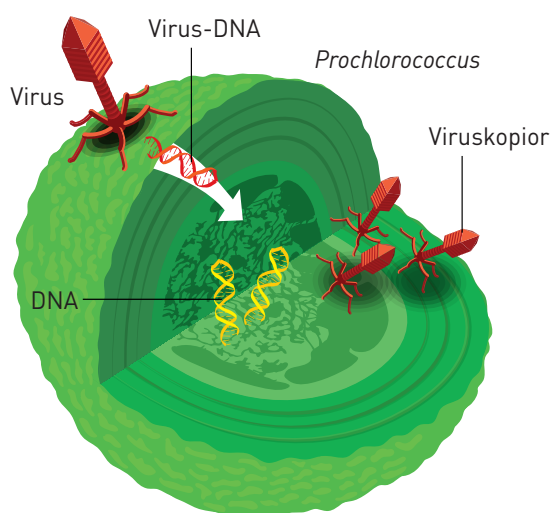
De genetiska analyserna visar att bakterien har väldigt få gener – och samtidigt oerhört många. Hela DNA:t hos en enskild *Prochlorococcus* kan omfatta så lite som 1 700 gener, vilket är minst av alla kända fotosyntetiserande organismer. Men totalt beräknas arten ha omkring 80 000 gener i sin genpool – fyra gånger mer än vad människan har. Ett tusental av generna är gemensamma för alla individer, de övriga är anpassningar till olika livsmiljöer och förekommer bara i vissa populationer. Särskilt stor är den genetiska skillnaden mellan populationer som är nära ytan, anpassade till starkt ljus, och populationer som är specialiserade på att ta upp extremt svagt ljus på stort djup. Den stora genetiska variationen är förklaringen till att *Prochlorococcus* kan trivas under många olika ljus-, värme- och näringsförhållanden och därmed dominera stora delar av världshaven.



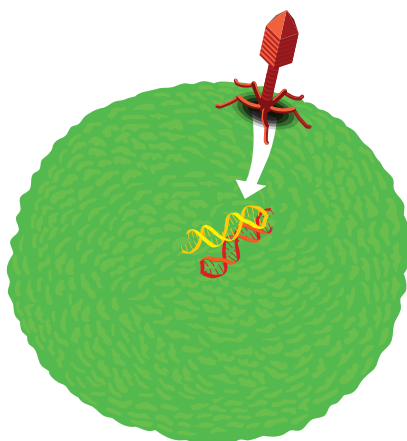
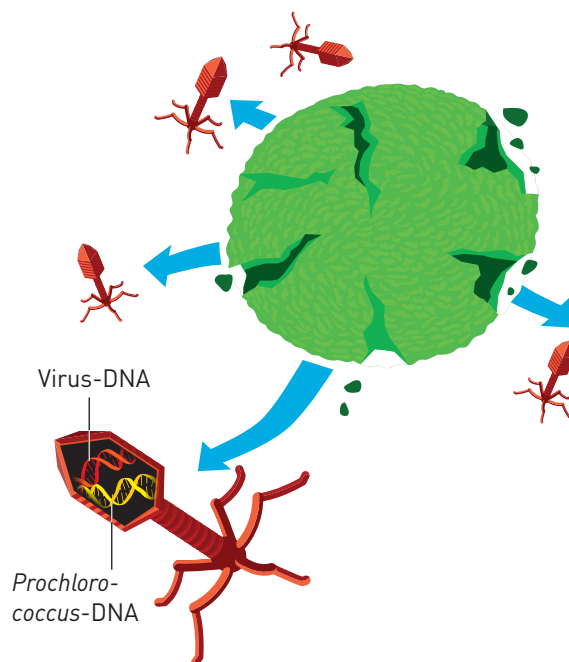
Chisholms forskning har hjälpt oss att förstå dynamiken i *Prochlorococcus* genpool – hur genetiska anpassningar sprids, och hur olika populationer varierar i tid och rum enligt återkommande mönster. Virus som lever på *Prochlorococcus* är en del i detta. De kan bära på gener från bakterien och tycks spela en viktig roll för genspridning och evolution hos sin värd. Detta gäller inte minst gener som är kopplade till fotosyntesen.

Virus bidrar i evolutionen

1 Virus som infekterar *Prochlorococcus* tycks spela en viktig roll i cyanobakteriens evolution genom att virus transporterar gener mellan olika populationer. På bilden ser vi hur en viruspartikel infekterar en cell genom att spruta in DNA som tar över aktiviteten i cellen. Cyanobakterien förvandlas till en virusfabrik.



2 När viruset förökat sig dör cyanobakterien och spricker så att viruskopiorna sprids. Förutom egen arvs massa kan viruset få med sig DNA från *Prochlorococcus*-gener som kan föras vidare till nästa individ som viruset infekterar.



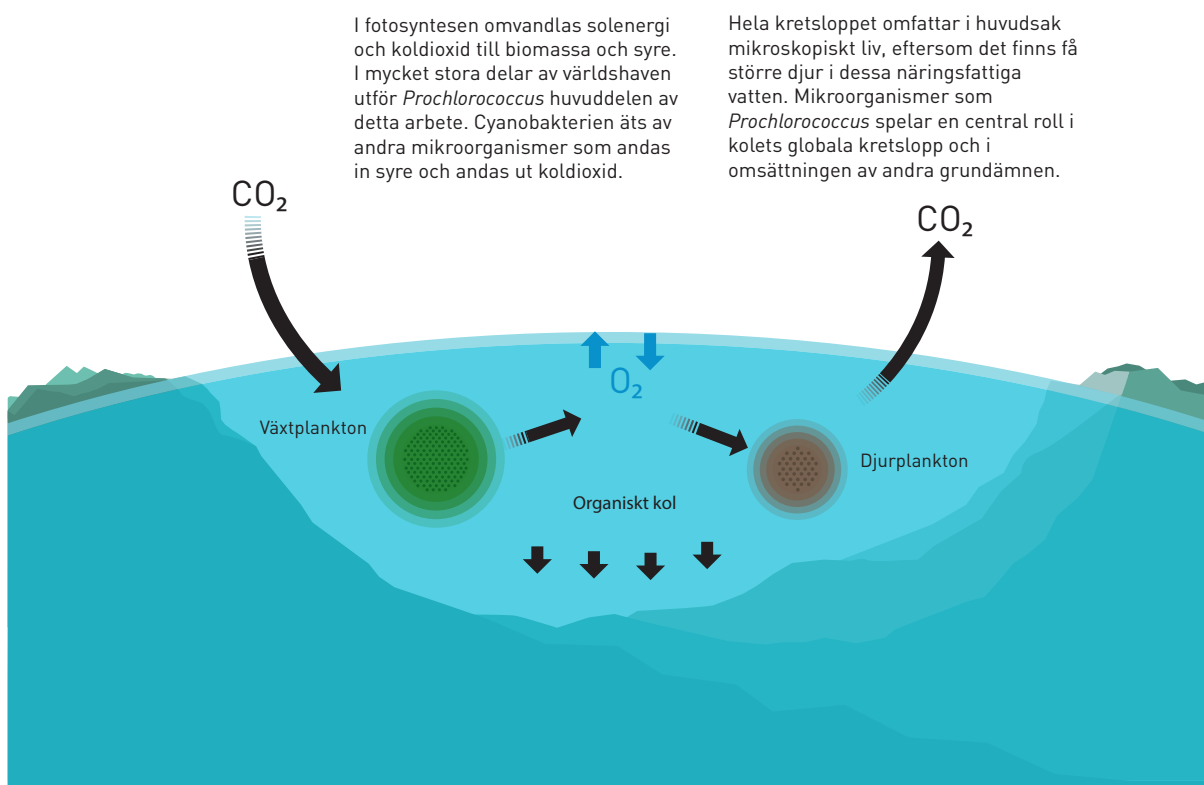
3 En infekterad *Prochlorococcus* kan ibland överleva virusattacken. Om viruset haft med sig en *Prochlorococcus*-gen kan denna inlemmas i cyanobakteriens eget DNA. Eftersom miljarder *Prochlorococcus* infekteras varje dag sker sådana sällsynta genöverföringar hela tiden. Någon enstaka gång handlar det om en värdefull gen som ger en evolutionär fördel. Så bidrar viruset till cyanobakteriens genspridning och evolution.

Samspel med andra arter

Med åren har *Prochlorococcus* samspel med omgivningen och bakteriens betydelse i ekosystem, biosfär och evolution blivit ett viktigt tema i Chisholms forskning. Nämnade studier av interaktionen mellan bakterien och virus är central del i detta. Hon har även visat att bakterien byter viktiga tjänster med andra mikroorganismer i havet, i synnerhet med nedbrytande bakterier. Dels producerar de olika typer av näring åt varandra, dels drar *Prochlorococcus* nytta av andra bakteriers skydd mot syreradikaler.

Chisholm intresserar sig också för den centrala betydelse som cyanobakterier haft i livets utveckling på jorden. Fotosyntesen är en förutsättning för så gott som allt liv – dels genom att producera syre till atmosfären, dels genom att skapa de energirika kolbaserade molekyler som alla organismer är uppbyggda av. Det var just cyanobakterier som för ett par miljarder år sedan började producera syre som restprodukt vid fotosyntes, vilket skapade förutsättningar för nya typer av liv att utvecklas. Chisholm menar att studier av den nutida cyanobakterien *Prochlorococcus* och hur den utvecklas i samspel med sin omgivning kan hjälpa oss att förstå denna tidiga och avgörande period i utvecklingen av livet på jorden.

Forskningen om *Prochlorococcus* är också mycket relevant i ett framåtblickande perspektiv, för vår förståelse av hur haven och deras ekosystem förändras på grund av mänsklig påverkan och global uppvärmning.



LÄNKAR OCH LÄSTIPS

Mer information om årets pris finns på Kungl. Vetenskapsakademiens webbplats, www.kva.se/crafoordpriset och www.crafoordprize.se

Populärvetenskaplig föreläsning

Chisholm: *"The tiny creature that secretly powers the planet"*, TED Talks 2018
www.ted.com/talks/penny_chisholm_the_tiny_creature_that_secretly_powers_the_planet#t-985683

Barnböcker (på engelska):

Penny Chisholm (text) & Molly Bang (ill): *"The Sunlight Series"* – en serie populärvetenskapliga faktaböcker, den senaste utgiven 2017.

Vetenskaplig artikel

Chisholm et al: *"Prochlorococcus: the structure and function of collective diversity"*, *Nature Reviews Microbiology*, januari 2015.
www.nature.com/articles/nrmicro3378

Kungl. Vetenskapsakademien har beslutat utdela Crafoordpriset i biovetenskaper 2019

till

SALLIE W. CHISHOLM

Massachusetts Institute of Technology, MIT, Cambridge, USA

"för upptäckten och banbrytande studier av jordens vanligaste fotosyntetiserande organism, Prochlorococcus".

Född 1947 i Marquette, USA. Fil.dr 1974 vid University at Albany, State University of New York, USA.

Institute Professor vid Massachusetts Institute of Technology, MIT, Cambridge, USA.

Sakkunniga: Jarone Pinhassi, Lars Tranvik och Ove Eriksson, ledamöter av Kungl. Vetenskapsakademien

Text: Anders Nilsson, Parabel Media

Illustrationer: Johan Jarnestad/Infographics.se

Redaktör: Fredrik All, Kungl. Vetenskapsakademien

©Kungl. Vetenskapsakademien