DEN LEVENDE PERMAFROST

Af: Morten Schostag Nielsen, Toke Andreasen, Bo Elberling, Anders Priemé & Carsten Suhr Jacobsen

Permafrost er et ekstremt levested. I den øverste del af jorden svinger temperaturen voldsomt, og dybere nede er der frost året rundt. Samtidig har jorden et lavt indhold af næringsstoffer og lommer med meget højt saltindhold. Alligevel huser disse kolde jordsystemer et højt antal af bakterier. Op mod 10 millioner bakterier per gram jord trodser de barske livsbetingelser. Dette er på niveau med antallet af bakterier i en dansk landbrugsjord. Med de mange stressfaktorer skulle man tro, at permafrost indeholder en helt unik sammensætning af bakterier. Men ny forskning har vist, at den bakterielle sammensætning i permafrostens øverste lag minder om sammensætningen i jorde i varmere områder på jordkloden. Permafrostens aktivlag er ofte domineret af Acidobakterier, Actinobakterier, Proteobakterier og Verrucomicrobia. I den dybe permafrost dominerer Actinobakterier, Proteobakterier, Firmicutes og Bacteroidetes.

Fig. 1. Permafrostprøvetagning til mikrobielle undersøgelser.

Forekomsten af Actinobakterier er ikke overraskende, fordi denne gruppe af bakterier er kendt for at være tolerant overfor kulde, og derfor kan overleve de kolde og næringsfattige betingelser. Firmicutesbakterier benytter sig af et dvale-stadie, hvor de indkapsler sig selv, og de kan på den måde overleve op til flere tusind år selv i permafrost. Udover bakterier lever der også mange mikrosvampe og archaea i permafrosten. Mikrosvampe er vigtige i forbindelse med nedbrydning af svært-nedbrydelige kulstofforbindelser, mens bakterier sættes i forbindelse med nedbrydningen af let nedbrydeligt kulstof. Archaea er en gruppe af encellede mikroorganismer, der blandt andet er kendt for at kunne producere metangas.

Mikrobielle tilpasninger til et liv i den frosne jord

Grænserne for, hvor videnskaben finder liv, rykkes løbende til mere og mere ekstreme miljøer. Permafrost er ingen undtagelse. For eksempel blev bakterien *Planococcus halocryophilus* for nyligt isoleret fra permafrost og viste sig i stand til at vokse og dele sig ved -15 °C, (fig 2). Mikrobielt producerede gasser fra områder med permafrost i vintermånederne indikerer, at der foregår en mikrobiel aktivitet i frossen jord. Målinger har vist, at op mod 20% af den årlige metan-produktion kan foregå i vinterperioden. Mikroorganismer er således ikke kun i stand til at overleve de ekstreme forhold i permafrost, men er også i stand til at være aktive. I permafrosten dannes små lommer med høj salt-koncentration, som sænker frysepunktet betragteligt og gør, at disse lommer indeholder flydende vand. De vandholdige lommer formodes at være hot-spots for mikrobielt liv i permafrost. Mikroorganismer har mange forskellige tilpasninger til livet i den frosne jord. Nogle er i stand til at forøge cellemembranens gennemtrængelighed for derved at kunne vedligeholde aktivitet henover cellemembranen ved minusgrader. Derudover har mange kuldeaktive mikroorganismer specialdesignet deres enzymer til en lav temperatur og er ofte i stand til at producere antifryse-proteiner, som hæmmer dannelsen af iskrystaller i deres celle.

Mikroorganismer i permafrost – vigtige spillere for fremtidens klimaforandringer

Grundet den globale opvarmning forventes det, at store mængder permafrost vil tø. Derved vil store dele af permafrostens enorme lagre af organisk materiale i langt højere grad blive nedbrudt og omsat af mikroorganismer. Gennem mikroorganismernes nedbrydning og omsætning af det organiske materiale vil drivhusgasser som kuldioxid (CO_2), metan (CH_4) og lattergas

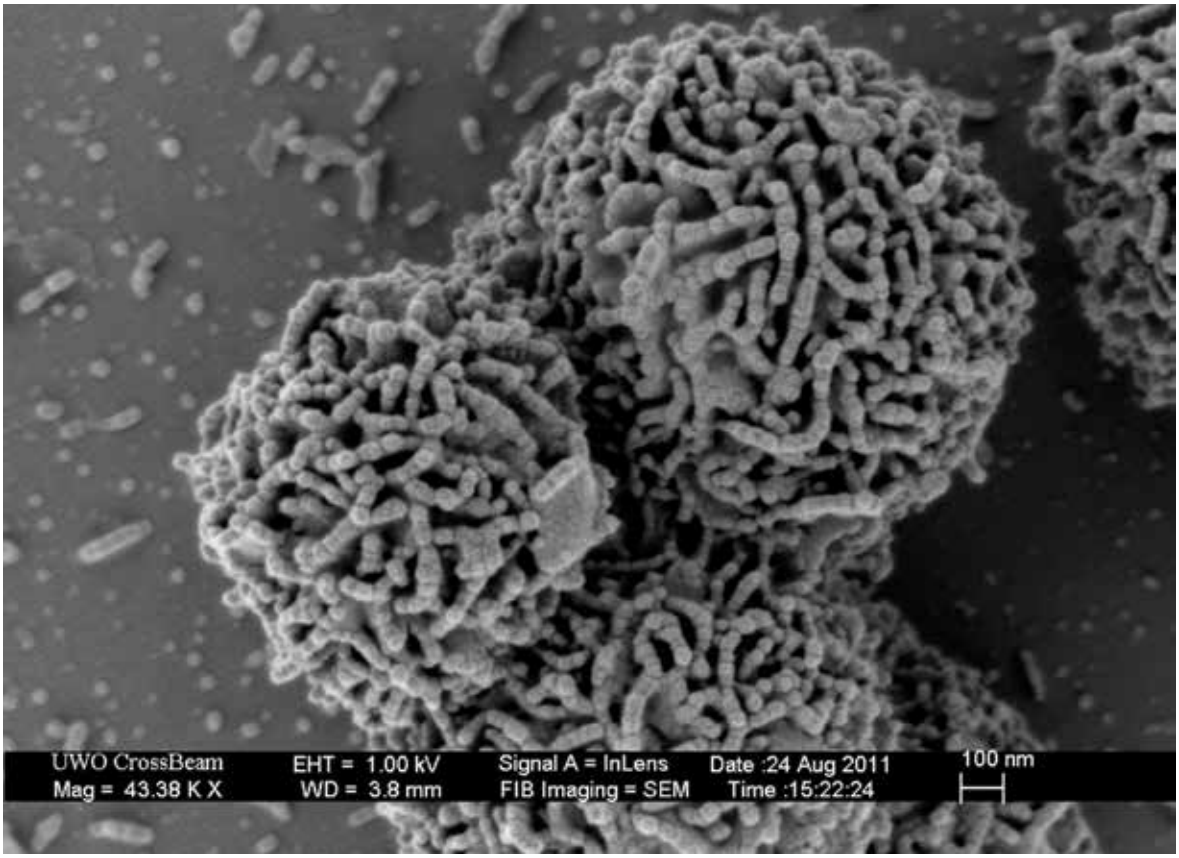

Fig. 2. Her ses bakterien Planococcus halocryophilus, der er i stand til at vokse ved -15 °C. Denne bakterie ændrer sin overflade fra glat til nubret, når den lever ved meget lave temperaturer. Billedet er trykt med tilladelse af Nadia Mykytczuk og Lyle White.

(N_2O) blive produceret og frigivet til atmosfæren, hvor de kan bidrage til en øget drivhuseffekt og dermed til en højere global temperatur. Derved kan mikroorganismer i permafrost blive en helt afgørende spiller for det fremtidige drivhusgasbudget. Videnskabelige undersøgelser har vist, at det mikrobielle samfund i permafrost hurtigt ændres ved optøning, samtidig med at der sker en høj produktion af metangas. Dette indikerer, at en forøget optøning af permafrost kan udløse en øget produktion af metangas.

> ” GRÆNSERNE FOR, HVOR VIDENSKABEN FINDER LIV, RYKKES LØBENDE TIL MERE EKSTREME MILJØER. ”

Ikke alle mikroorganismer kan klare den hårde vinter

For bedre at forstå mikroorganismernes indflydelse på nedbrydningen af den store organiske pulje i permafrost har vi i CENPERM undersøgt, om den mikrobielle sammensætning i permafrostens aktivlag ændrer sig hen over en sæson. Vi udtog en borekerne af permafrost en gang om måneden igennem et helt år i Adventdalen på Svalbard. I disse kerner undersøgte vi den aktive del af mikroorganismerne i de øverste 25 centimeter af permafrosten. En interessant observation ved dette studie var, at den mikrobielle sammensætning ændrede sig markant fra oktober til november, og herefter nærmest var identisk fra november og frem til april, hvilket indikerer, at ikke alle mikroorganismerne kan vedligeholde en aktivitet hen over vinteren. Vi observerede, at den relative mængde af Proteobakterier steg fra juni til oktober, hvorefter denne gruppe blev reduceret drastisk i november måned. Det interessante ved denne observation er, at disse bakterier er kendt for at kunne vokse hurtigt, når tilgængelig næring er til stede, hvilket kan forklare stigningen hen over sommeren, hvor jorden tør, og næringsstoffer frigives. Det drastiske fald i november kan skyldes, at visse bakterier i denne gruppe ikke kan klare fryse-tø cyklussen, når jorden begynder at fryse igen.

Det interessante er nu bl.a. at undersøge, hvad gruppen af vinteraktive mikroorganismer er i stand til at lave, og hvor stor deres aktivitet er. Dette er nogle af de spørgsmål, som CENPERM vil forsøge at svare på i den nærmeste fremtid.

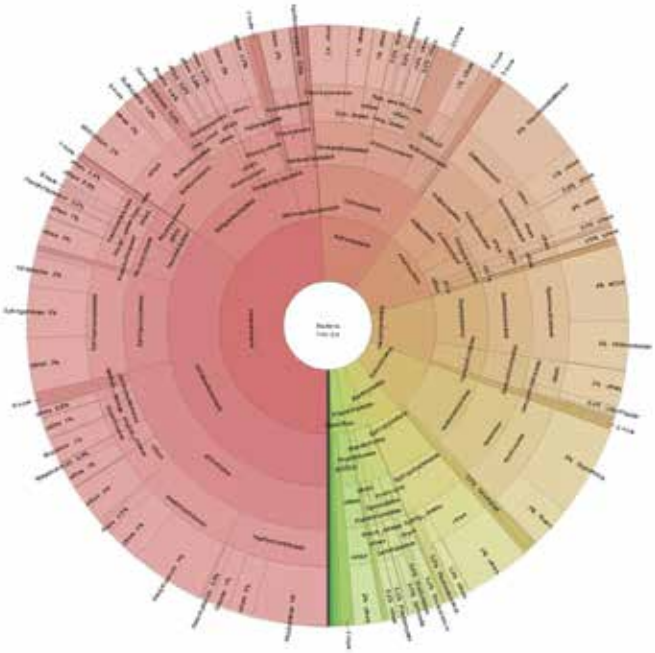

Fig. 3 Her ses et udsnit af den bakterielle sammensætning i én permafrost kerne fra Adventdalen, Svalbard. Det illustrerer den høje bakterielle diversitet i permafrosten.

Kilder:

Chu, H., Fierer, N., Lauber, C. L., Caporaso, J. G., Knight, R., & Grogan, P. (2010). Soil bacterial diversity in the Arctic is not fundamentally different from that found in other biomes. Environmental Microbiology 12, 2998-3006.

Mackelprang, R., Waldrop, M. P., DeAngelis, K. M., David, M. M., Chavarria, K. L., Blazewicz, S. J., Rubin, E. M. & Jansson, J. K. (2011). Metagenomic analysis of a permafrost microbial community reveals a rapid response to thaw. Nature 480, 368-371.

Mykytczuk, N. C., Foote, S. J., Omelon, C. R., Southam, G., Greer, C. W., & Whyte, L. G. (2013). Bacterial growth at– 15° C; molecular insights from the permafrost bacterium Planococcus halocryophilus Or1. The ISME journal 7, 1211-1226.

Tveit, A., Schwacke, R., Svenning, M. M., & Urich, T. (2013). Organic carbon transformations in high-Arctic peat soils: key functions and microorganisms. The ISME Journal 7, 299-311.

Temaer til undervisningen:

For eksempel til gruppearbejde i 7.-9. kl. og på stx.

- Hvordan overlever mikroorganismer i permafrosten?
- Hvad er forskellen på mikrobiel aktivitet og mikrobiel vækst?
- Hvorfor er mikroorganismer vigtige for drivhusgasbudgettet?

Artiklen er skrevet af:

Morten Schostag Nielsen
Cand.scient., videnskabelig assistent, CENPERM, Geokemisk afdeling, GEUS.

Toke Andreasen
Cand.scient. i biologi, CENPERM, Biologisk Institut, Københavns Universitet.

Bo Elberling
Professor og centerleder, Center for Permafrost (CENPERM), Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet.

Anders Priemé
Professor, Center for Permafrost (CENPERM), Biologisk Institut, Københavns Universitet.

Carsten Suhr Jacobsen
Professor, Center for Permafrost (CENPERM), Geokemisk afdeling, GEUS