

Hopp i havet med hoppekreps

CESSA RAUCH,
ANDERS HOBÆK
OG
TONE FALKENHAUG

Hoppekreps (Copepoda) inntar en nøkkelrolle i den marine næringskjeden, og har stor betydning som bindeledd mellom primærproduksjon og høyere trofiske nivåer. Til tross for dette er det fremdeles mange kunnskapshull knyttet til artsmangfold, taksonomi og utbredelse, spesielt om arter som lever like over eller nær bunnen (hyperbentos).

Det er gjort svært få undersøkelser av hyperbentiske copepoder siden de omfattende arbeidene til G.O. Sars i perioden 1860–1928. Dette skyldes delvis at hyperbentos er vanskelig tilgjengelig, og at vi må bruke mange forskjellige metoder for å samle dem. Det er også en stor mangel på taksonomisk kompetanse. I dette prosjektet (HYPCOP) har vi som mål å kartlegge hoppekreps i hyperbentiske marine habitater fra norske havområder, inkludert hyperbentos i grunne kystområder og dype fjorder. Samtidig som vi bygger opp en viktig samling i museet som fremtidige forskere kan jobbe videre med, bygger vi også opp ny taksonomisk kompetanse på copepoder i norske fagmiljøer.

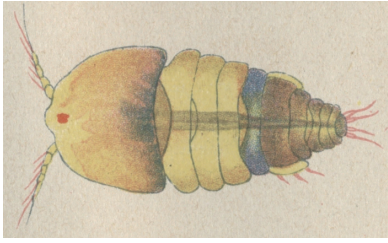
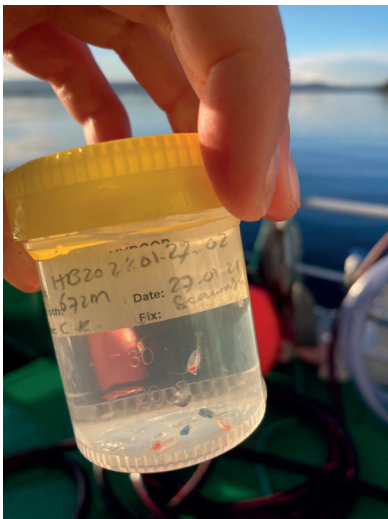


Fig. 1 | *Alteutha interrupta* av Brian, 1921. Bilde fra <https://www.marinespecies.org>.

Fig. 2 | Pelagiske copepoder (*Paraeuchaeta norvegica*) med blå eggsekk, fanget med planktonnett fra forskningsbåt Hans Brattstrøm. Bilde Cessa Rauch, UiB.



Copepoder i marine hyperbentiske habitater – HYP COP-prosjektet, en introduksjon

Hva er copepoder?

Copepoder er en vidt utbredt og tallrik gruppe krepsdyr. De viser et utrolig mangfold av former, tilpasset ulike typer miljøer. Frittlevende copepoder forekommer hovedsakelig i marine miljøer og ferskvannsmiljøer i bentiske, kystnære og planktoniske habitater, men finnes også i terrestriske og semi-terrestriske habitater.¹ Taksonomisk representerer Copepoda en klasse innenfor Multicrustacea² arrangert i 10 ordener. Det totale globale antallet aksepterte arter av copepoder er mer enn 14 000 arter,³ men det virkelige antallet arter kan være en størrelsesorden høyere.⁴ Copepoder er de viktigste sekundærprodusentene i norske havområder og bidrar til transport av energi og næringsstoffer i næringskjeden (gjennom sine roller som både byttedyr og rovdyr). Til tross for deres viktige økologiske roller er kunnskapen om copepodenes arts mangfold og taksonomi mangelfull. I Norge har det meste av forskningen fokusert på planktoniske copepoder. For eksempel fokuserer Havforskningsinstituttets overvåkning av marine hoppekreps i hovedsak på planktoniske calanoide copepoder i de øvre vannlag. Derfor har vi liten (eller ingen) kunnskap om arter som lever like over eller nær havbunnen. Vi vet at hyperbentiske copepoder har stor betydning som bindeledd mellom primærproduksjon og høyere trofiske nivåer, og at flere av disse artene i tillegg bidrar til karbonomsetningen mellom øvre vannlag og havbunnen. Likevel er det gjort svært få undersøkelser av hyperbentiske hoppekreps siden de omfattende arbeidene til G.O. Sars.⁵ For bedre forståelse av økologiske sammenhenger trenger vi kunnskap om arts mangfold, artenes utbredelse og deres funksjon i systemet. Det er derfor viktig at vi skaffer oss bedre kunnskap om mangfold, taksonomi og utbredelse av copepoder i disse hyperbentiske habitatene.⁶

Hyperbentos?

Sonen rett over havbunn blir ofte referert til som hyperbentisk, nærbunns eller bentopelagisk. Disse habitatene inneholder arter fra nærbunnsmiljøet, planktoniske arter som vandrer vertikalt, og arter som vandrer opp fra bunnsedimentet.⁷ Den marine bunnlevende faunaen av copepoder har aldri blitt grundig kartlagt i Norge, og dette gjelder spesielt for copepoder knyttet til hyperbentiske habitater. I løpet av de siste 75 årene har svært få studier dokumentert copepoder fra hyperbentiske habitater, og spesielt harpacticoider har bare fått en overfladisk behandling. Dette representerer et betydelig gap i vår kunnskap om det biologiske mangfoldet



Fig. 3 | *Sapphirina stellata*. Bilde Havforskningsinstituttet.

og hindrer zoogeografiske analyser, inkludert identifisering av mulige fremmede arter, eller vurdering av truede arter.

Hvor mange arter?

Det er ikke gjort noen storskala kartlegging av hyperbentiske copepoder i Norge, og det er derfor usikkert hvor mange arter som bor i de hyperbentiske habitatene. Dette gjenspeiles av de svært varierende tallene gitt av ulike kilder: I en beretning

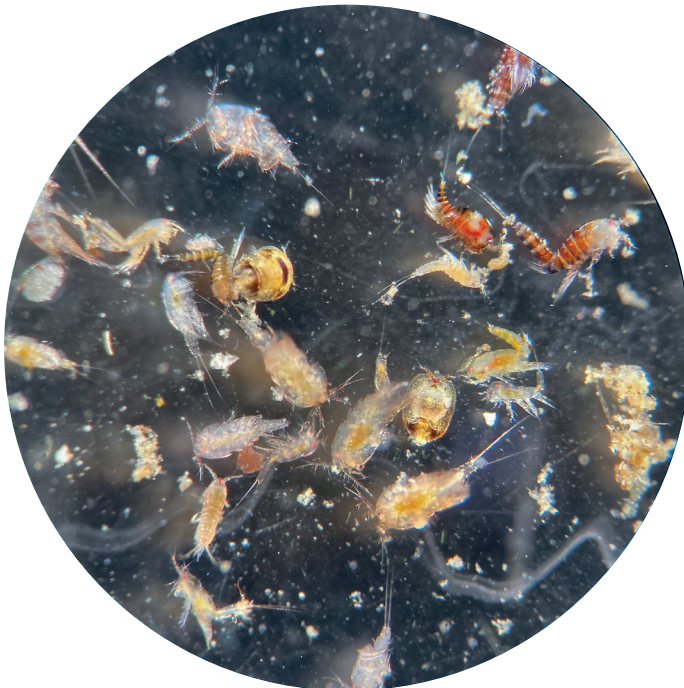


Fig. 4 | Mange forskjellige arter av hyperbentiske copepoder. Bilde Cessa Rauch, UiB.

om bunnlevende marine virvelløse dyr i norske farvann har Brattegard og Holthe^{8,9} listet opp 66 arter av hyperbentiske copepoder. Denne oversikten inkluderte imidlertid bare arter innenfor ordenen Calanoida, mens ordener som vanligvis dominerer i hyperbentiske habitater (Harpacticoida og Cyclopoida), ikke var inkludert. De hyperbentiske copepodene er en av de minst kjente gruppene i norske bunndyrhabitater. Ifølge Brattegard finnes det potensielt mer enn 400 arter av hyperbentiske harpacticoid copepoder i norske farvann. Selv om copepoder ofte blir sett på som taksonomisk velkjente, avslører omfattende analyser basert på DNA betydelig skjult mangfold og kryptiske arter innenfor klassen. Denne problemstillingen er spesielt relevant for vidt utbredte arter og/eller for arter med todelt utbredelsesområder.¹⁰ Spesielt copepodene som tilhører ordenen Harpacticoida, er en utfordrende taksonomisk gruppe ved at de har seksuell dimorfisme, størrelsesvariasjoner i ulike miljø- og livsstadier, samt potensiell kryptisme.^{11,12,13,14} Taksonomien er derfor ofte utfordrende, noe som gjør strekkoding og molekylært arbeid avgjørende for å forbedre vår forståelse av denne gruppen. Den molekylære tilnærmingen er et nyttig verktøy for artsavgrensning ved kryptisk artsdannelse og artskomplekser.

HYPCOP?

HYPCOP (HYPerbentiske COPEpoder) er et treårig prosjekt som ledes av Havforskningsinstituttet i samarbeid med Universitetsmuseet i Bergen og NIVA Bergen. HYPCOP har som mål å kartlegge hoppekreps i hyperbentiske marine habitater der faunaen er dårlig kjent. HYPCOP er finansiert av Artsdatabanken gjennom Artsprosjektet til kartlegging av dårlig kjente arter. Gjennom kartlegging og strekkoding

Fig. 5 | Ledelse fra Havforskningsinstituttet i samarbeid med Universitetsmuseet i Bergen og NIVA Bergen, fra venstre til høyre; Anders Hobæk (NIVA), Cessa Rauch (UiB) og Tone Falkenhaug (HI). Bilde Francisca Carvalho, UiB.



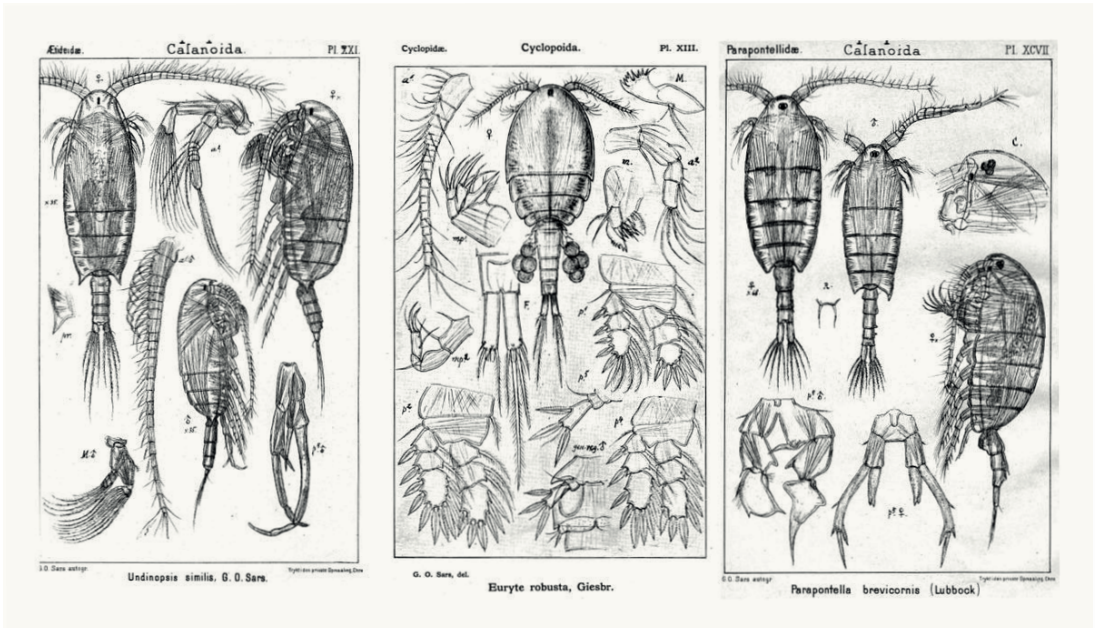
skal prosjektet HYP COP tette noen av kunnskapshullene for arter av hoppekreps i norske havområder. Ekspertene antar at om lag én av fire arter som finnes i Norge, ikke er oppdaget ennå. Vi forventer å finne nye arter for Norge, beskrive arter som er nye for vitenskapen, og gi ny informasjon om utbredelse av hoppekreps i Norge.

Ingen norske hoppekreps uten Sars – viktige forskere fra fortiden

Blant de første som beskrev forekomsten av en spesialisert bentopelagisk copepod-fauna, var Sars⁵, etterfulgt av f.eks. Bradford¹⁵, Grice og Hulsemann¹⁶ og Grice¹⁷. Vår kunnskap om utbredelsen av krepssdyrarter i Norge er i stor grad basert på G.O. Sars' omfattende arbeid i perioden fra ca. 1860 til 1928. Ikke siden de omfattende arbeidene til G.O. Sars fra slutten av 1800-tallet til ca. 1920 er det gjennomført en kartlegging av hyperbentiske hoppekreps i Norge. Dette skyldes delvis at hyperbentos er vanskelig tilgjengelig, men fremfor alt en stor mangel på taksonomisk kompetanse. Fremdeles bruker vi de detaljerte verkene til G.O. Sars for å identifisere arter. Sars' primære forskningsfokus var på krepssdyr og deres systematikk, og han beskrev mange nye arter i løpet av sin karriere.

I årene 1962–1978 besøkte den polske forskeren Idzi Drzymcinski Bergen for å samle hyperbentiske copepoder fra Vestlandet. Han bygde opp en viktig samling av copepoder ved

Fig. 6 | Tegninger fra G.O. Sars; An Account of the Crustacea of Norway, 1919-21.



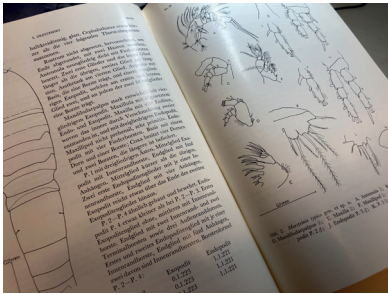
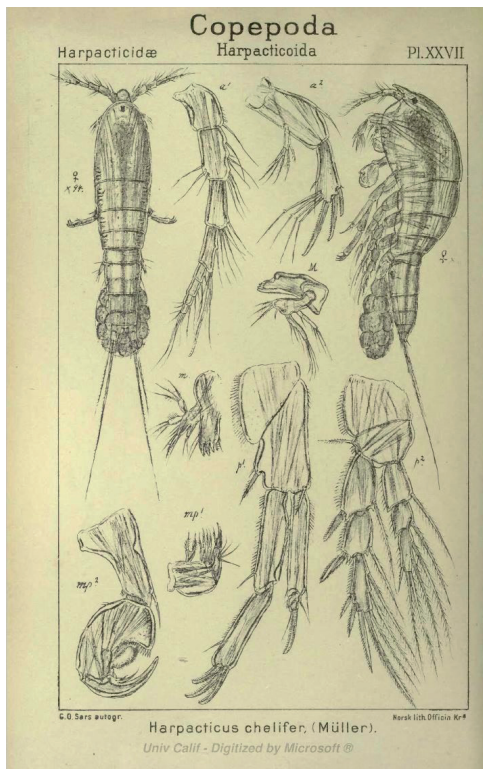


Fig. 7 | Drzycimskis nye arter av copepoder fra Bergen, Sarsia 1967-68.

Fig. 8 | *Harpacticus chelifer* fra G.O. Sars; An Account of the Crustacea of Norway, 1919-21.

Universitetsmuseet i Bergen og ga ut to publikasjoner med funn av Harpacticoida fra 1967¹⁸ og 1968¹⁹. Han beskrev også fem nye arter av Harpacticoida fra Vestlandet, med prøvetakingssteder nær Bergen. Nå, et halvt århundre senere, ønsker vi å besøke disse prøvetakingsstedene på nytt for å se om vi finner de samme artene. Drzycimski tok prøver på forskjellige steder rundt Korsfjorden, Bjørnefjorden og Raunefjorden. De fleste av disse var dype sand- og gjørmebunner, fra rundt 300 til rundt 700 m. Arter som han hadde funnet der, beskrev han som *Marsteinia typica*, *Pseudotachidius vikingus*, *Marsteinia similis*, *Leptopsyllus elongatus*, *Dorsiceratus octocornis* og *Heterolaophonte norvegica*. Disse har alle typiske små kroppsstørrelser på rundt 400–800 μm og er svært lite iøynefallende og vanskelig å finne med det blotte øye.

Uten disse forskerne fra fortiden ville vi ikke hatt kunnskap å bygge vår kompetanse på. Hver forsker bidro til vår nåværende studie av hyperbentiske copepoder, men uten tvil er den store vinneren her G.O. Sars. Tegningene til G.O. Sars er til stor hjelp, og hans unike 100 år gamle illustrasjoner regnes fremdeles som en av de internasjonalt fremste for artsbestemmelse av denne utfordrende dyregruppen. Kort sagt: Uten disse forskere fra fortiden, som Sars, hadde det vært en større utfordring å studere hyperbentiske copepoder i Norge.



Metoder for å studere hoppende hoppekreps – feller, levende prøver og mye tålmodighet

HYPCOP innhenter materiale fra norske havområder, fra Skagerrak i sør, til Finnmark i nord. Vi samler inn materiale fra makroalger og hyperbentos i grunne kystområder og dype fjorder. For å samle inn copepoder bruker vi en rekke metoder, fra snorkling til plankton-nett og lysfeller. Lysfeller er en enkel og passiv metode for å fange planktoniske organismer som tiltrekkes av lys.²⁰ For innsamling av hyperbentiske copepoder benytter vi lysfeller laget av en transparent flaske eller bøtte (1–5 l) med flere åpninger på sidene, og en planktonduk i bunnen (90–200 µm). Som lyskilde brukes hvitt ledlys eller gul lysstav (Illumiglow). En av de store fordelene med lysfeller er at innsamlingen er skånsom mot copepodene og fanger arter som vanligvis unngår aktive redskaper slik som planktonhåv. Lysfeller kan dessuten benyttes nær bunn, på store dyp eller inne i algebelter, som ofte er vanskelig tilgjengelig for andre redskaper. Metoden er imidlertid selektiv, og samler særlig arter som tiltrekkes av lys (fototaksis). Valg av lyskilde (bølgelengde) kan dessuten innvirke på selektiviteten.²¹ For større dybder og bunnprøver av god kvalitet vil R.P.-sleden være en av den viktigste metodene.

R.P. hva?

R.P.-sleden er et epibentisk innsamlingsredskap. Det betyr at den tar prøver av de epibentiske dyrene (dyrene som lever like på toppen av havbunnen). Et flertall av disse er ofte små krepsdyr. «R.P.» i navnet står for Rothlisberg og Pearcy, som oppfant sleden. De trengte å samle juvenile arter av pandalide reker som lever på havbunnen. Disse dyrene er veldig små, så et planktonnett er nødvendig for å samle dem; en «normal» trål ville ikke klart dette. De trengte et planktonnett som kunne dras over bunnen uten å skade nettet eller prøvene, og som heller ikke ved et uhell ville ta prøver av vannsøylen (pelagisk); og så ble R.P.-sleden født. Denne sleden er i stand til å gå dypere enn 150 m, og ta prøver fra prøver av 500 m² bunnareal. Den kan også åpnes og lukkes på kommando, noe som var en nyhet i forhold til de andre sledene som ble brukt på den tiden (1977). Pulken består av en sledeliggende ramme av stål som inneholder en boks som har festet et planktonnett med en maskevidde på maksimalt 1 mm i toppen og med en åpnings- og lukkeanordning. Sleden er tung, ca. 150 kg, og stiller dermed krav til størrelsen på fartøyene som skal betjene den. Den trekkes bak skipet i sakte fart for å sikre at dyrene ikke blir skadet, og for å sikre at den ikke blir for full av sediment som virvles opp.

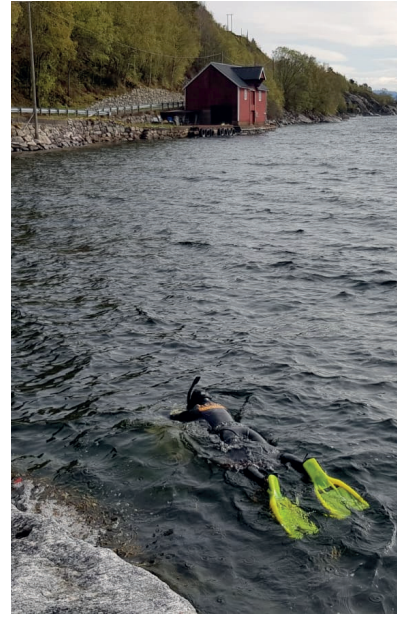


Fig. 9 | Snorkling er en av flere metoder for å samle copepoder. Bilde Francisca Carvalho, UiB.



Fig. 10 | Et godt eksempel på en hjemmelaget lysfelle.

Bilde Tone Falkenhaus, HI.

Fig. 12 | R.P. slede klar til utsetning, ombord i forskningsbåten Hans Brattstrøm. Bilde Cessa Rauch, UiB.



Fig. 11 | *Echinolaophonte cf. horrida*, en av mange arter som vi har samlet ved å trekke planktonhåv langs bunnen på grunt vann. Bilde Anders Hobæk, NIVA.



Etter innsamling filtreres prøvene ved dekantering. Dekantering betyr å skille dyrene fra væsken ved å vaske dem i en stor bøtte, filtrere væsken gjennom et filter og samle dyrene. Alt dette må gjøres med forsiktighet, da dyrene ofte er veldig små og skjøre. Etter innsamling er den mest tidseffektive og beste bevaringen for prøvene å fikserer dem umiddelbart med etanol. Slik forhindrer en at de blir dårlige når de transporteres tilbake til museet. Men vi prøver også å beholde noen ikke-fikserte dyr, da vi også ønsker å fotografere dem levende. Dette fordi flere av de morfologiske trekkene, som for eksempel farger, forsvinner ved fiksering. Hver enkelt hoppekreps skal bestemmes til art, og sendes deretter til DNA-strekkoding. På denne måten får hvert enkelt individ en artsbestemmelse koblet til en unik DNA-strekkode. Artsbestemmelsen er et utfordrende arbeid, og krever en møysommelig dissekering av hoppekrepsene. Form på munddelene og benpar er kjennetegnet som brukes ved artsbestemmelse.

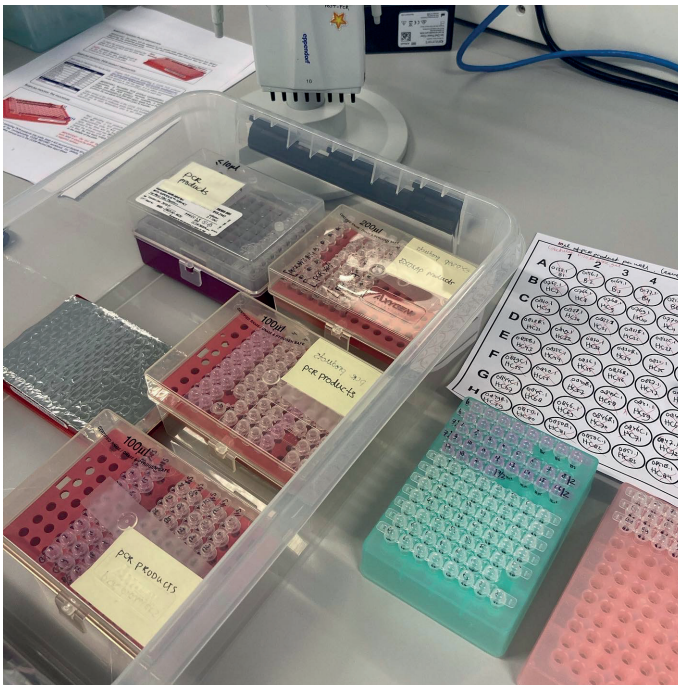
Hoppekrepssamling for alltid

– Museumssamlingens betydning for fremtidig forskning

Vi bygger et DNA-referansebibliotek

I vår tid har vi et svært nyttig verktøy som G.O. Sars ikke hadde tilgang til: DNA-strekkoding. Ved hjelp av DNA-analyser kan vi identifisere flere arter enn før. DNA-strekkoding kan også avdekke nye arter for Norge, og kan brukes for å skille såkalte «kryptiske arter», som ser helt like ut morfologisk. Men det er et stort men. For å bruke DNA til artsbestemmelse må vi bygge et referansebibliotek der hver DNA-strekkode er koblet til en art (altså en verifisert morfologisk artsbestemmelse). Et av målene til artsprosjektet HYPCOP er å bygge et pålitelig DNA-referansebibliotek for copepoder, som kan benyttes ved fremtidige økologiske studier. I samarbeid med NorBOL (Norwegian Barcode of Life) blir alle arter som samles inn gjennom artsprosjektet, DNA-strekkodet og lagt inn i referansebiblioteket. En forutsetning for et godt referansebibliotek er en morfologisk artsbestemmelse. Dette krever god taksonomisk kompetanse. En av de største utfordringene ved kartlegging av arter og oppbygging av et DNA-referansebibliotek er mangelen på taksonomer som kan bestemme artene. Det er et stort behov for å øke den taksonomiske kompetansen i Norge. I tillegg til å kartlegge artsmangfoldet har derfor prosjektet som

Fig. 13 | I vår tid har vi et svært nyttig verktøy som G.O.Sars ikke hadde tilgang til: DNA-strekkoding. Bilde Cessa Rauch, UiB.



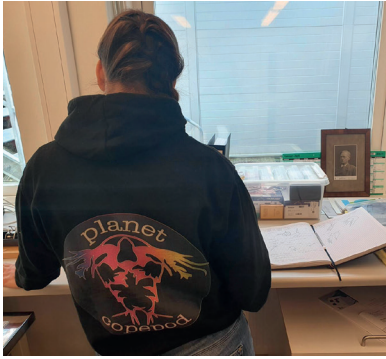


Fig. 13 | Vi føler at G.O. Sars ser oss over skulderen. Følg oss på sosiale medier: @planetcopepod. Bilde Tone Falkenhaus, HI.

mål å bygge opp ny taksonomisk kompetanse på hoppekreps i norske fagmiljøer. Gjennom workshops, kurs og studentprosjekter skal HYP-COP sikre kunnskapsoverføring mellom internasjonale eksperter og norske studenter og forskere. Dette prosjektet vil gi ny kunnskap om artsmangfoldet i Norge, og det er store muligheter for at vi finner nye arter. Det hyperbentiske habitatet er utvilsomt et av de «ukjente» leveområdene i Norge. Det er veldig spennende å utforske denne «hvite flekken» på Norges biomangfold-kart. Prosjektet har dessuten et snev av historisk sus over seg, i og med at de hyperbentiske hoppekrepsene ikke er kartlagt på 100 år. Vi føler at G.O. Sars ser oss over skulderen, og vi gleder oss til å løfte hans unike arbeid opp i lyset.

NOTER

- Reid, J.W. (1986). Some usually overlooked cryptic copepod habitats. *Syllogeus* 58: 594–598.
- Regier, J.C., Schultz, J.W., Zwick, A., Hussey, A., Ball, B., Wetzer, R., Martin, J.W. & Cunningham, C.W. (2010). Arthropod relationships revealed by phylogenomic analysis of nuclear protein-coding sequences. *Nature* 463: 1079–1083.
- Boxshall, G.A. & Halsey, S.H. (2004). *An Introduction to Copepod Diversity*. The Ray Society, London.
- Seifried S., Hwang J.S., Ho J.S., Shih C.T. (2004). The importance of a phylogenetic system for the study of deep-sea harpacticoid diversity. *Zool. Studies*, 43: 435–445 Contemporary studies on Copepoda.
- Sars, G. O. (1911). *An Account of the Crustacea of Norway*. Volume V. Copepoda Harpacticoida. Bergen Museum, Bergen & Christiania. 449 pp. + 284 plates. Sars, G.O. (1919–21). *An Account of the Crustacea of Norway*. Vol. VII. Copepoda. Supplement. Bergen Museum, Bergen & Christiania. 121 pp. + 76 plates.
- Matthews, J.B.L. (1964). On the biology of some bottom-living copepods (Aetideidae and Phaenidae) from western Norway. *Sarsia* 16: 1–46.
- Mauchline, J. & Gordon, J.D.M. (1991). Oceanic pelagic prey of benthopelagic fish in the Benthic boundary layer of a marginal oceanic region. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 74: 109–115.
- Brattegard, T. & Holthe, T. (1997). Distribution of marine, benthic macro-organisms in Norway. Research Report for DN Nr. 1997-1. Directorate for Nature Management. 409 s.
- Brattegard, T. (2011). Endringer i norsk marin bunnfauna 1997–2010. DN-utredning 8-2011. Direktoratet for naturforvaltning.
- McManus, G.B & Katz, L.A. (2009). Molecular and morphological methods for identifying plankton: what makes a successful marriage? *J. Plankton Res.* 31: 1119–1129.
- Falck, C.L. & Bowman, T.E. (1994). Commensal life, sexual dimorphism, and handedness in the canuellid harpacticoid *Parasunaristes chelicerata* (Por & Marcus, 1972). *Hydrobiologia*, 292: 455–459.
- Hirst, A.G. & Kiørboe, T. (2014). Macroevolutionary patterns of sexual size dimorphism in copepods. *Proceedings. Biological sciences*, 281: 20140739–20140739.
- Menzel, L. (2011). First descriptions of copepodid stages, sexual dimorphism and intraspecific variability of Mesocletores Sars, 1909 (Copepoda, Harpacticoida, Argestidae), including the description of a new species with broad abyssal distribution. *ZooKeys*, 39–80.
- Sewell, R.B.S. (1940). Copepoda, Harpacticoida, John Murray expedition, 1933–34: Scientific reports.
- Bradford-Grieve, J.M. (2003). A new species of benthopelagic calanoid copepod of the genus *Bradydium* Giesbrecht, 1897 (Calanoida: Aetideidae) from New Zealand. *N.Z. J. Mar. Freshwat. Res.* 37: 95–103.
- Grice, G.D. & Hulsemann, K. (1970). New species of bottom-living calanoid copepods collected in deep water by the DSRV Alvin. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology, Harvard University* 139(4): 185–227.
- Grice, G.D. (1972). The existence of a bottom-living calanoid copepod fauna in deep water with descriptions of five new species. *Crustaceana* 23: 219–242.
- Drzycimski, I. (1967). Zrveci neue Harpacticoida (Copepoda) aus dem Westnorwegischen Kdstengebiet. *Sarsia* 30(1): 75–82.
- Drzycimski, I. (1968). Drei neue Harpacticoida aus westnorwegen. *Sarsia* 36(1): 55–64.
- McLeod, L. & Costello, M. (2018). Light traps for sampling marine biodiversity. *Helgoland Marine Research*. 71. 10.1186/s10152-017-0483-1.
- Hovda, J.H. & Fosshagen, A. (2003). Hyperbenthic calanoids and *Thespesiosyllus paradoxus* (Sars) collected with a light trap in western Norway, *Sarsia: North Atlantic Marine Science*, 88. (1): 89–94, DOI: 10.1080/00364820308467.

Cessa Rauch,
Anders Hobæk,
Tone Falkenhaus