



Havforskningsinstituttet

Snøkrabbe på norsk sokkel i Barentshavet

Status og rådgivning for 2021

Bentiske ressurser og prosesser: Ann Merete Hjelset

Carsten Hvingel

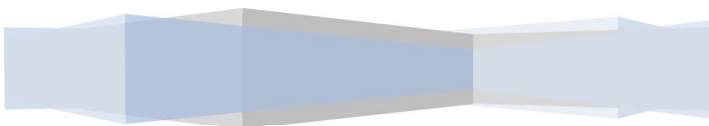
Hanna Elleringe Helle Danielsen

Jan H. Sundet

Fangst: Odd-Børre Humborstad

Terje Jørgensen

Svein Løkkeborg



November 2020

Rådgivning snøkrabbe

Havforskningsinstituttets råd for 2021

Fangstalternativ: Den totale fangsten i 2021 bør ikke overstige 6 500 tonn. Dette samsvarer med en estimert sannsynlighet på maksimalt 35% for at fiskeridødeligheten overskrider F_{msy} , og sikrer en lav risiko for at bestanden faller under B_{msy} ved utgangen av 2021. Alternative fangstalternativer med tilhørende framskrivninger og risikoberegninger er:

	Fangstalternativer for 2021 (tonn)					
	4 500	5 000	5 500	6 000	6 500	7 000
Sannsynlighet for bestand $< B_{lim}$	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
Sannsynlighet for bestand $< B_{msy}$	17 %	19 %	20 %	21 %	23 %	25 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet $> F_{msy}$	7 %	12 %	18 %	25 %	34 %	43 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet $> F_{lim}$	1 %	2 %	2 %	4 %	6 %	9 %
Endring bestand 2020 til 2021	-2 %	-4 %	-5 %	-9 %	-11 %	-15 %
Endring fiskeridødelighet 2020 til 2021	0 %	+6 %	+15 %	+22 %	+30 %	+38 %

For å sikre maksimalt og samtidig bærekraftig fiskeri på lang sikt, bør fiskeridødeligheten ikke ha mer enn 35% sannsynlighet for å overstige F_{msy} . Over tid bør bestanden ligge omkring B_{msy} for å sikre maksimalt langtidsutbytte og bidra til stabile og forutsigbare kvoter.

Kvotefleksibilitet: Overføring av kvote fra fremtidige kvoteår bør ikke være større enn at den totale fangsten for inneværende år ikke overstiger rådet om maksimal fangst.

Minstemål: Minstemål på 95 mm skallbredde for hannkrabber vil fortsatt sikre fangst av høy verdi og beskytte bestandens reproduksjonspotensiale.

Fredningsperiode: Stengning av snøkrabbefisket i perioden 1. juli til 30. september bør opprettholdes for å beskytte krabber som er i skallskifte.

Spøkelsesfiske: Krav om bruk av råtnetråd (ubehandlet bomullstråd) i teinene for å hindre spøkelsesfiske ved tap av redskap med tilhørende utilsiktet dødelighet og uakseptabel dyrevelferd.

Forvaltningsmål

Forvaltningsmålet for snøkrabbe på norsk kontinentalsokkel (ref. Nærings – og fiskeridepartementet) er en *bærekraftig høsting som gir grunnlag for verdiskaping for samfunnet, basert på kunnskapen om hvordan artene påvirker hverandre i økosystemet*. Dette skal oppnås gjennom å balansere delmålene: 1) maksimering av fangstutbyttet på lang sikt, og 2) minimering av risikoen for uønskede økosystemeffekter.

Område for kommersielt fiske

Det kommersielle fisket etter snøkrabbe foregår i et begrenset område på norsk sokkel. Utenfor dette området er tettheten av krabbe foreløpig for lav og ikke av interesse for fiskeriet. Bestandsrådgivningen for 2021 gjelder derfor kun for det avgrensede delområdet vist i Figur 1.

Grunnlaget for rådgivningen

Havforskningsinstituttet legger til grunn følgende betraktninger for å oppnå forvaltningsmålene:

Delmål 1. Et høyest mulig langsiktig fangstutbytte oppnås ved å optimalisere fangstmengde og fangstrater. Kompromisset mellom høyest mulig fangstmengde og fangstrate nås ved en beskatning hvor fiskeridødeligheten er litt under F_{msy} . Over tid samsvarer dette med en bestand nær B_{msy} . En bestand på dette nivået vil sikre en høy produksjon og samtidig fungere som buffer for variabel rekruttering, og fremme stabilitet i fisket.

Snøkrabbebestanden er relativt godt beskyttet mot en rekrutteringssvikt forårsaket av fisket (nedfisking av gytebestanden) så lenge størrelse ved kjønnsmodning hos hunnkrabber er betydelig lavere enn minstemålet på hannkrabben, og ved at bløtkrabber og eggbærende hunnkrabber settes ut igjen levende. Et fiske kun på store hanner vil derfor normalt sikre en tilstrekkelig produksjon av befruktete egg. Et relativt høyt minstemål gjør det mulig å beskatte krabben relativt hardt. Det vil si at en tar ut det meste av det som rekrutteres til den fangstbare bestanden hvert år. Risikoen med en slik strategi vil være et mer uforutsigbart fiske som vil variere med de store svingningene i rekrutteringen. En slik strategi er neppe ønskelig for sjømatindustrien selv om høy beskatning kan forsvares ut fra biologiske betraktninger. Et ønske om stabilitet og langsiktighet i fiskeriet krever derfor at den stående bestanden av snøkrabbe over minstemålet er såpass stor at den kan være en buffer mot variasjonene i rekrutteringen.

Basert på betraktningene ovenfor, er de kvalitative forvaltningsmålene omformulert til følgende målbare referanser:

- F_{msy} : Fiskeridødeligheten som gir maksimalt langtidsutbytte og bør maksimalt ha 50% sannsynlighet for å gå over F_{msy} . Normalt bør denne sannsynligheten være mindre enn 35%.
- B_{msy} : Den bestandsstørrelsen som gir maksimalt langtidsutbytte (MSY). Bestanden bør være på et nivå nær B_{msy} for å sikre maksimal produksjon og bidra til stabilitet i fiskeriet.
- *Minstemål*: Den størrelsen på snøkrabben som sikrer at bestandens reproduktive potensial ikke reduseres.
- *Fangstsesong*: Periode av året som maksimerer den økonomiske verdien per fanget hannkrabbe og beskytter den i skallskifte-perioden.

Delmål 2. Vi har generelt lite kunnskap om snøkrabbens effekter på økosystemet. Modelleringer indikerer liten effekt på andre kommersielle fiskeressurser, men den ser ut til å kunne påvirke bunnfaunaen. En reduksjon i mengde snøkrabbe er det derfor det eneste tiltaket for å minimere påvirkningen på bunnfaunaen. HI og andre jobber med å øke kunnskapsnivået om eventuelle økosystemeffekter.

Status 2020, sammendrag

Bestandsstørrelse

Bestanden av snøkrabbe har økt betydelig siden 2010. Biomassen av snøkrabbe større enn 95 mm skallbredde estimeres til å ligge rett over B_{msy} i 2020.

Fiskeridødelighet

Fiskeridødeligheten i 2020 er estimert å være under F_{msy} .

Fredningsperiode

En fredning i perioden med mye bløtkrabbe (skallskifte), vil redusere fangstrelatert dødelighet (håndtering av fangst), og en unngår fangst av krabbe med lav produktkvalitet. Det er ingen ny informasjon som tilsier en endring av fredningsperioden 1. juli til 30. september.

Spredning

Snøkrabben har spredd seg nord- og vestover i Barentshavet og finnes i 2020 trolig i alle egnede leveområder på norsk sokkel, men det er foreløpig vanskelig å forutse hvilke områder som vil oppnå fangstbare tettheter av snøkrabbe; det er avhengig av faktorer som habitat, dyp, temperatur og tilgjengelig mat.

Framtidsperspektiver

Snøkrabben er ny i Barentshavsøkosystemet, og bestanden vil sannsynligvis fortsette å vokse. Den pågående oppvarmingen av havområdene i Arktis vil imidlertid kunne påvirke utbredelsen av og rekrutteringen til snøkrabbebestanden i våre farvann.

Økosystemeffekter

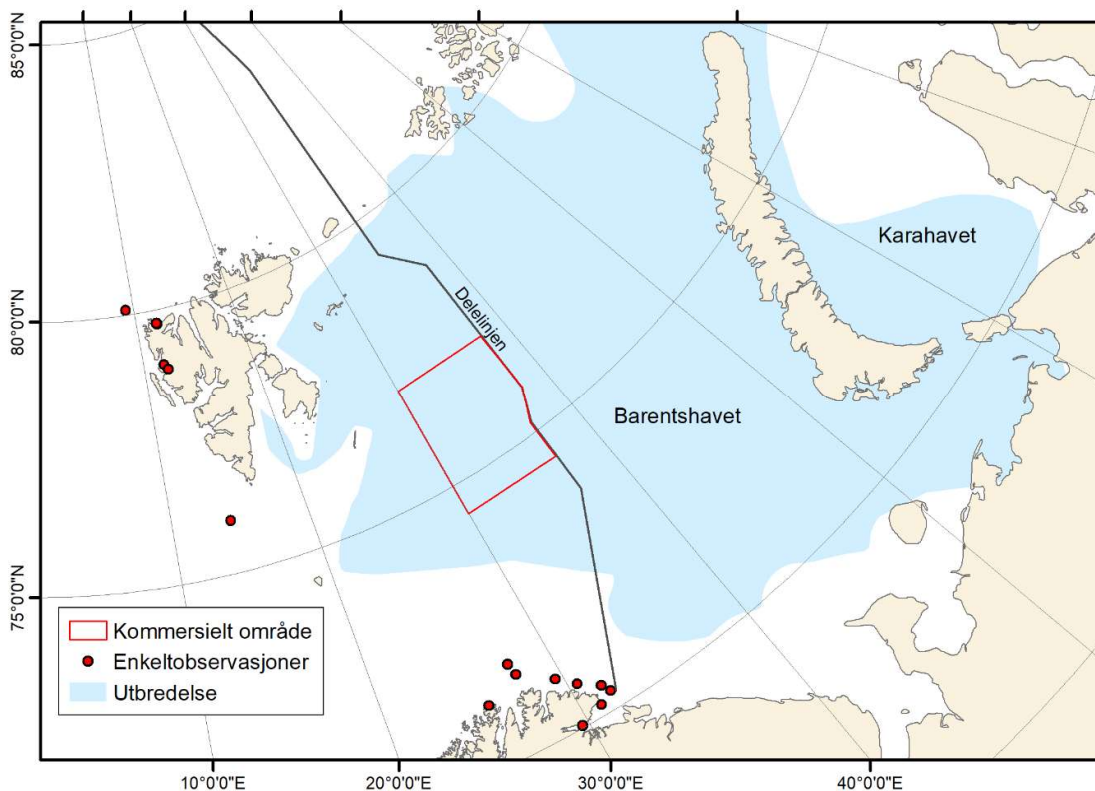
Biomassen av snøkrabbe har etter hvert blitt stor i Barentshavet og det er derfor rimelig å anta at krabben vil ha effekt både som predator på bunndyr og som byttedyr for fisk. Studier viser at snøkrabben spiser et variert utvalg organismer og den blir spist av torsk, hyse, gapeflyndre og kloskate. Vi har enkelte studier som indikerer at snøkrabben kan påvirke bunnfaunaen. Undersøkelser viser at snøkrabben også kan være bærer av ulike parasitter. Med dagens kunnskap er det lite som tilsier at fisket etter snøkrabben eller snøkrabben i seg selv vil ha negative effekter på andre fiskeressurser.

Opprinnelse

Snøkrabben ble første gang funnet på Gåsbanen sørøst i Barentshavet i 1996. Hovedhypotesen er at snøkrabben har spredd seg ved vandring vestover fra Tsjuktsjerhavet, nord for Beringstredet, langs nordkysten av Russland og inn i Barentshavet. Foreløpige genetiske analyser underbygger dette.

Bakgrunnen for rådgivningen

Snøkrabben er nå registrert over store deler av Barentshavet og Karahavet (Figur 1) og i området rundt Svalbard, men fortsatt befinner størstedelen av bestanden seg på russisk sokkel i Barentshavet. På norsk sokkel er tettheten av bestanden høyest i områdene rundt Sentralbanken, og det er her det kommersielle fisket foregår. Havforskningsinstituttet har gjennomført tokt for å kartlegge utbredelsen av snøkrabbe på norsk sokkel. Disse undersøkelsene sammen med enkeltfunn av snøkrabbe nordvest og sørvest av Spitsbergen viser at store deler av det potensielle leveområdet for snøkrabben er i ferd med å bli kolonisert, men tettheten av krabbe utenfor de områdene hvor det i dag drives fiske er for lave til at de er av kommersiell interesse. Det forventes at utbredelsen og tettheten av snøkrabbe vil fortsette å øke vestover og nordover.



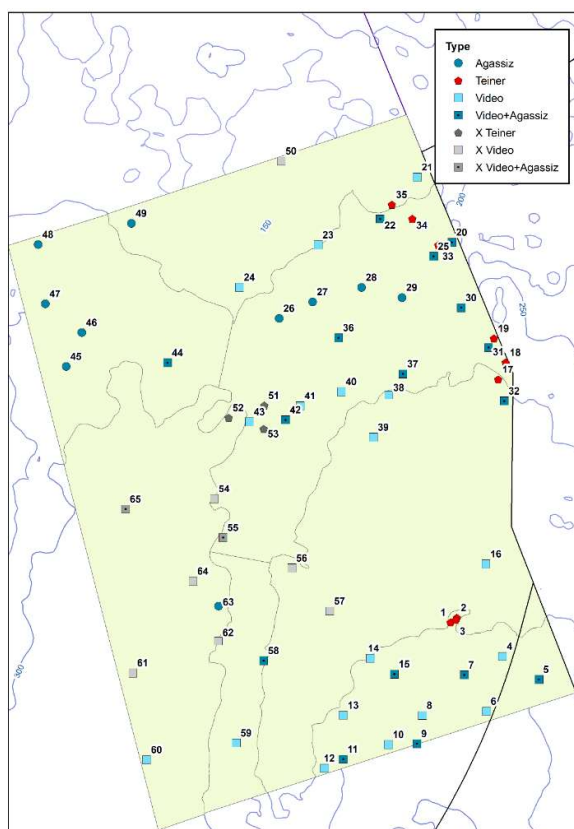
Figur 1: Status for sammenhengende utbredelse av snøkrabbe i Barentshavet og Karahavet, og enkeltobservasjoner gjort langs kysten av Troms og Finnmark og på vestkysten av Svalbard. Område for kommersielt fiske er markert på kartet.

Datagrunnlaget

Rådgivningen baseres på data fra det årlige norsk-russiske økosystemtoktet i Barentshavet, Havforskningsinstituttets snøkrabbetokt, fangstdagbøker og landingsdata fra fiskeriet, samt øvrig forskning på snøkrabbe i Barentshavet og andre havområder som er gjort av Havforskningsinstituttet eller andre institusjoner.

Årets snøkrabbetokt ble gjennomført i området der fisket etter snøkrabben foregår, i tidsrommet 25. juni – 9. juli 2020 (Figur 2 og Figur 3, høyre). Metodikken for overvåking av snøkrabbebestanden er under stadig utvikling. Det tas utgangspunkt i metodikk som er velprøvd i overvåkingen av

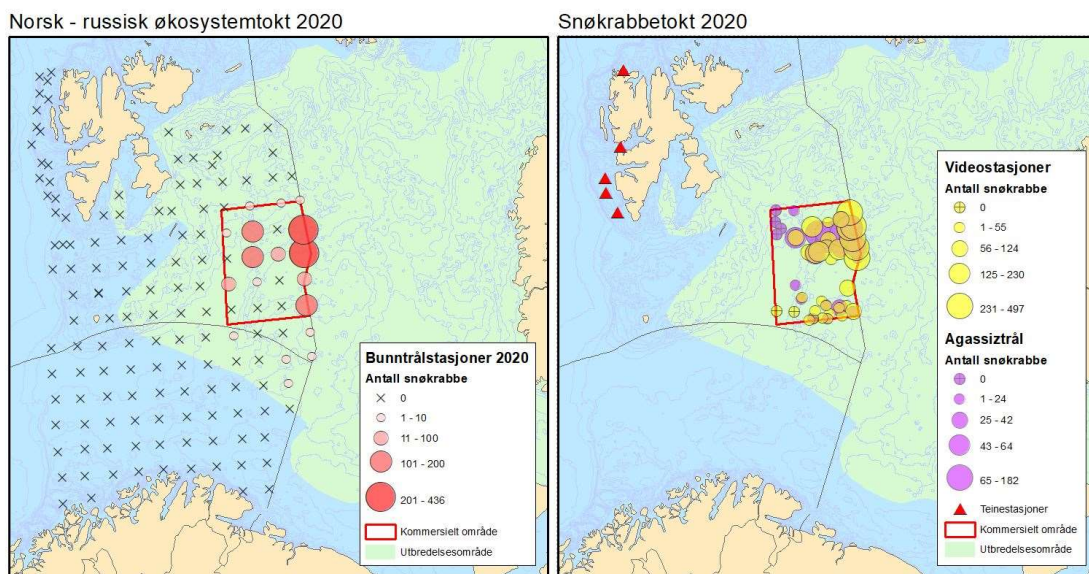
kongekrabbebestanden langs kysten av Troms og Finnmark. For å få en mest mulig helhetlig dekning av bestanden, ble det brukt både Agassiztrål, videoslede og teiner på toktet (Figur 2). Området som regnes som kommersielt område og som det gis kvoteråd for ble inndelt i områder basert på dyp. Videostasjonene ble fordelt ut tilfeldig innenfor områdene, med flest stasjoner i områdene rett sør og nord for Sentralbanken. Videosleden hadde direkte overføring til fartøyet, og vi kunne observere og telle antall snøkrabber i sanntid. Bunnsubstrat og andre observasjoner ble også notert. På cirka annenhver videostasjon ble det også gjort et hal med Agassiz-trålen. Dette ble i størst mulig grad kjørt i det samme sporet hvor det ble kjørt videoslede. Det ble ikke planlagt trålstasjoner i de grunneste områdene eller i områder hvor det er kjent at det er ugunstige bunnforhold for Agassiz, her valgte vi i istedenfor å bruke videosleden. Teinestasjonene ble lagt til områder hvor det ble antatt at man kunne gjøre gode fangster basert på data fra elektroniske fangstdagbøker fra fiskeriet. Selv om toktet foregikk samtidig med fisket, fikk vi god dekning i områdene sør og nord for Sentralbanken, mens vi måtte redusere antall stasjoner i ytterkanten av området.



Figur 2: Planlagte og gjennomførte stasjonene for snøkrabbetoktet i juni og juli 2020. Stasjonene er fordelt ut over det området det gis kvoteråd for. Stasjonene er markert med ulike symboler og farger i henhold til hvilke redskaper som ble brukt (se tegnforklaring i figur). Stasjoner som måtte kuttes ut vises i grått og er markert med X.

De årlige norsk-russiske økosystemtoktene bruker et fast stasjonsnett som dekker hele Barentshavet og gjennomføres i perioden august – oktober (Figur 3, venstre). Det tråles med pelagisk trål og bunntål, og det tas prøver av plankton. I rådgivningen på snøkrabbe brukes data fra bunntålen, mens prøver av plankton benyttes til å følge utbredelsen av snøkrabbelarver. Dekningen på økosystemtoktet begrenses noen år i de nordlige områdene og områdene rundt Svalbard av dravis. De siste årene har det vært noe variabel dekning på russisk sokkel, hovedsakelig på grunn av utfordringer med forskningsfartøyet som benyttes. I år er ikke toktet ferdig gjennomført på russisk sokkel, og vi viser

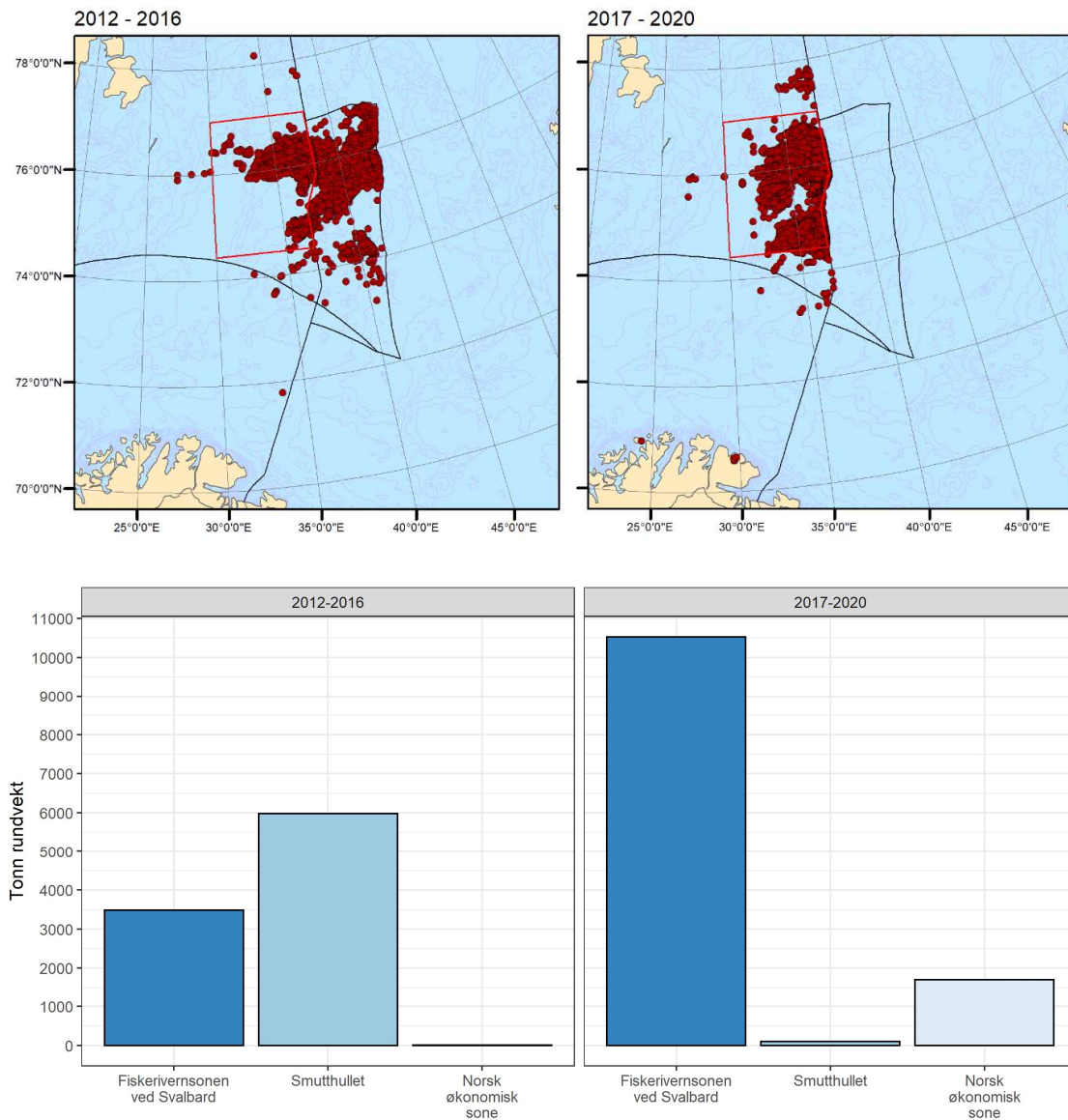
bare status for norsk sokkel. Årets økosystemtokt, som dekker store deler av norsk sokkel (Figur 3, venstre), viser ingen vesentlig endring i utbredelsen av snøkrabbe sammenliknet med tidligere år. Vi har erfart at dette toktet stort sett fanger snøkrabbe i områder med relativt høye tettheter.



Figur 3. Undersøkte stasjoner og fangst av snøkrabbe i Barentshavet på norsk sokkel fra de årlige norsk-russiske økosystemtoktet 2020 (venstre). Undersøkte stasjoner og fangst av snøkrabbe på norsk sokkel fra snøkrabbetokt 2020 (høyre). Område for kommersielt fiske er avmerket i kartene.

Fiskeri

Den første kommersielle fangsten av snøkrabbe ble landet i 2012. Fram til og med 2016 foregikk mye av fangsten på russisk sokkel i Smutthullet, men fra 1. januar 2017 ble russisk sokkel av Smutthullet stengt for andre fartøyer enn russiske. Etter 2017 har det norske fisket i all hovedsak foregått i et konsentrert område nord og sør for Sentralbanken i Fiskevernsonen ved Svalbard samt i norsk økonomisk sone og i norsk del av Smutthullet. Rapporterte fiskeriposisjoner fra norske snøkrabbefartøy i perioden 2012-2016, og fra 2017 til november 2020 viser at fiskefeltene ikke har endret seg vesentlig de fire siste årene etter at Smutthullet ble stengt for snøkrabbefiskeriet (Figur 4).



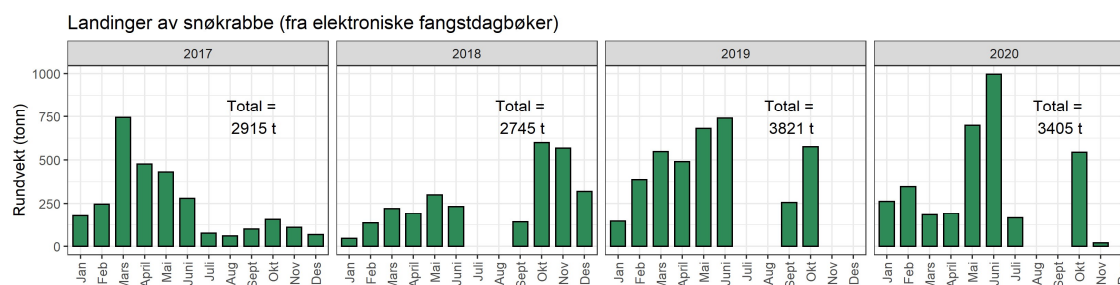
Figur 4. Fangstposisjoner fra det norske fiskeriet fordelt på to perioder, 2012 – 2016, 2017 – 2020 (øvre panel). Landinger i tonn fordelt på de tre mest brukte områdene i Barentshavet for de samme to periodene (nedre panel). Dataene er hentet fra Fiskeridirektoratets elektroniske fangstdagbøker, og kan inneholde feilføringer.

I 2017 ble det innført fangstbegrensninger (innføring av kvote og områdereguleringer) i det norske fisket (Tabell 1). Minstemålet var tidligere 100 mm skallbredde, men ble redusert til 95 mm skallbredde fra og med 10. juli 2020. Resten av årets kvote fiskes dermed med redusert minstemål. Siden 2018 har det vært innført en fredningsperiode i sommermånedene (Figur 5). I 2019 ble hele kvoten på 4 000 tonn fisket opp i løpet av oktober og data fra fangstdagbøkene viser at 3 405 tonn av årets kvote på 4 500 tonn er oppfisket per 11. november 2020.

Tabell 1. Anbefalte fangstalternativ for norsk kvote, fastsatte kvoter og fangster av snøkrabbe (tonn) i Barentshavet i perioden 2012 – 2020 fordelt på nasjoner.

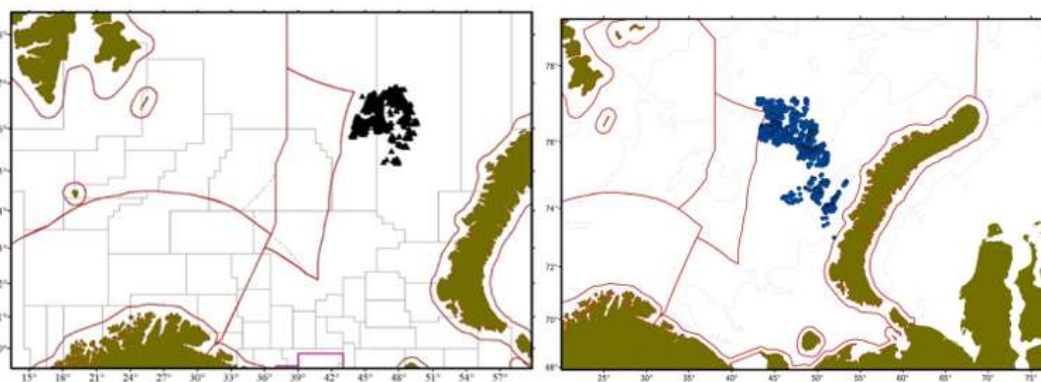
År	Fangstalternativ (tonn)	Fastsatte kvoter (tonn)		Landet (tonn)			Totalt landet (tonn)
	Norsk	Norsk	Russisk	Norge	Russland	EU-land	
2012		-	-	2	0	0	2
2013		-	-	189	62	0	251
2014		-	-	1 800	4 104	2 300	8 204
2015		-	1 100	3 482	8 895	5 763	18 140
2016		-	1 600	5 290	7 520	3 690	16 500
2017	3 600 – 4 500	4 000	7 840	3 153	7 780	2	10 847
2018	4 000 – 5 500	4 000	9 840	2 804	9 728	-	12 532
2019	3 500 – 5 000	4 000	9 840	4 038	9 840	-	13 878
2020	< 5 500	4 500	13 250	*3 405	**10 500		*13 905

* per 11. november 2020 **per 29.oktober 2020



Figur 5. Landinger av snøkrabbe i norsk del av Barentshavet basert på elektroniske fangstdata. Data fra oktober og november 2020 er ufullstendige. Vekten er estimert ombord og kan avvike fra de offisielle ladningstallene i Tabell 1.

Det russiske fiskeriet har foregått på russisk sokkel øst for Smutthullet etter at dette ble stengt for fiske i 2017 (Figur 6). Høyere kvoter og større landinger de siste 4 årene reflekterer større mengder fangstbar snøkrabbe i russisk sone (Tabell 1).

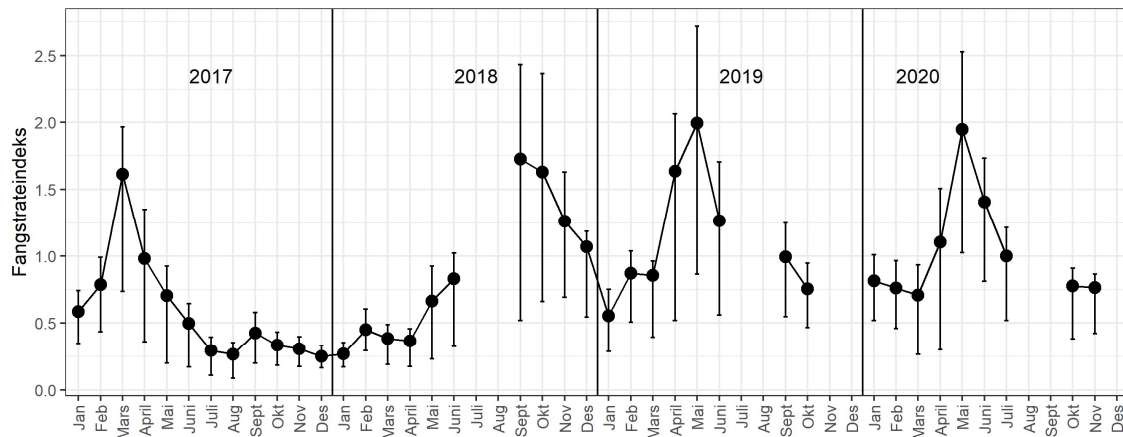


Figur 6. Fangstposisjoner fra det russiske snøkrabbefiskeriet for 2018 (venstre) og 2020 (høyre).

Fangstrater i fiskeriet på norsk sokkel

Fiskerne fører elektroniske fangstdata, og fra og med mai 2015 ble de også pålagt å rapportere innsats (antall teiner per lenke). I gjennomsnitt fisker hver båt med 200 teiner per lenke. Dataene fra fangstdata gir oss mulighet til å beregne en fangstrateindeks som viser gjennomsnittlig fangst per teine per måned skalert til gjennomsnittlig fangst per teine for hele perioden. Etter at adgangen til Smutthullet ble stengt (januar 2017), gikk fangstrateindeksen gradvis ned, med unntak av en økning i mars 2017, og ble værende på et lavere nivå til våren 2018 (Figur 7). Etter at fisket var stengt sommeren

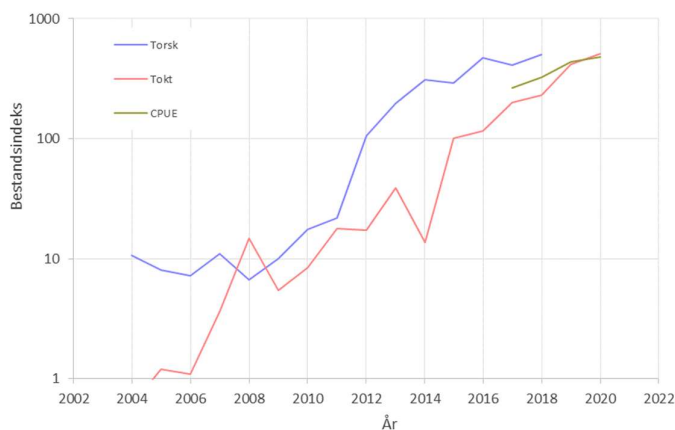
2018, fikk vi en økning i fangstrateindeksen med en nedgang i løpet av vinteren. Fangstratene tok seg opp igjen i løpet av våren 2019 med en topp i mai. Fisket i 2020 har fulgt noe av det samme mønsteret som i 2019. Vintersesongene kan være preget av en del is som gjør det er vanskelig å komme til de beste fangstområdene. En forklaring på økning i fangstrateindeksen, er at når isen trekker seg tilbake, øker fangstrateindeksen igjen. Lave verdier for oktober og november kan skyldes etterslep av innrapporterte data og manglende levering. Det forventes at kvoten for 2020 blir fisket opp i løpet av året. Per 2020 har 42 norske båter tillatelse til å fiske snøkrabbe, men det er bare 11 fartøy som har vært i aktivitet per november i år.



Figur 7. Fangstrateindeks beregnet fra elektroniske fangstdagbøker. Indeksen er gjennomsnittlig fangst per teine per måned skalert til gjennomsnittlig fangst per teine for hele perioden 2017 til november 2020. Data fra oktober og november 2020 kan være ufullstendige.

Bestandsvurdering

Årets bestandstaksering er basert på data fra de årlige norsk-russiske økosystemtoktene, fangstdata fra fisket (Tabell 1), eksisterende kunnskap i fra bestandene ved Canadas østkyst og det østre Beringhavet og data fra snøkrabbetoktet. Analyser av Barentshavtorskens konsum av snøkrabbe er benyttet som et tilleggsmål for bestandsutviklingen og fangstrate fra elektroniske fangstdagbøker (Figur 8).

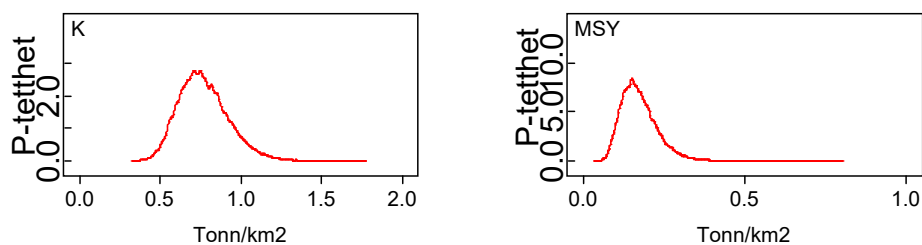


Figur 8. Biomasse-indeks basert på data fra det norsk-russiske økosystemtoktet i Barentshavet (2004-2020), analyser av mengde snøkrabbe funnet i torskemager (2004-2018) og fangstrater (CPUE) fra elektroniske fangstdagbøker (2017-2020).

Beregningsmetodikk

Det totale arealet for området som omfattes av bestandsberegningene (Figur 1) er 50 000 km² og det meste kan anses å være egnet snøkrabbehabitat (dybde mellom 100-500 m; bunntemperatur -1 til 4 °C). Med disse avgrensninger er habitatstørrelsen estimert til 45 000 km² og modell-parameterne er derfor skalert til dette areal.

Bestandsindeksene (Figur 8) kalibreres i en matematisk modell som brukes til å beskrive bestandsutviklingen, lage prognoser og risikoanalyser. Modellen antar en logistisk populasjonsvekst og er en såkalt Bayesiansk modell som i tillegg til bestands- og landingsdata, kan bruke annen relevant informasjon (Hvingel and Kingsley 2006). Disse legges inn som en sannsynlighetsfordeling for de aktuelle variabler (såkalte «priors») som for eksempel bærekapasitet (K) og maksimalt utbytte (MSY) (Figur 9). Jo mindre data vi har desto mer vil disse priorene drive modellen.



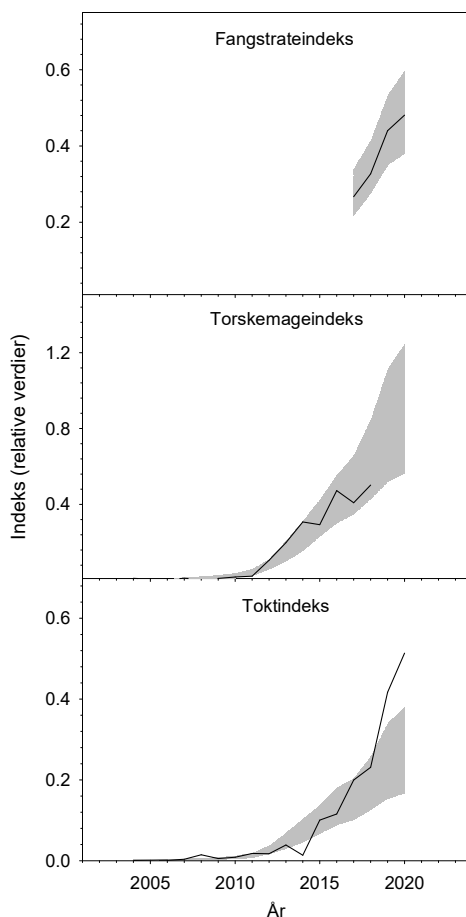
Figur 9. Inndata til modell: Priors angitt med sannsynlighetstetthet (P-tetthet) for bærekapasitet (K) og maksimalt utbytte (MSY), basert på estimater for snøkrabbestanden i Canada.

Modellen beregner bestandsstørrelser i *relative*- i stedet for *absolutte* verdier. MSY (maksimalt bærekraftig langtidsutbytte) anvendes som referansepunkt. I det følgende angis både bestandsstørrelse og fiskeridødelighet på en relativ skala hvor verdien 1 svarer til henholdsvis den biomassen og fiskeridødelighet som korresponderer til MSY.

Referansepunkter som benyttes i beskrivelsen av bestandsstatus og beskatningsgrad:

- MSY = Maksimalt langtidsutbytte/maksimal produksjon.
- B_{msy} = Bestandsstørrelse (biomasse) som gir MSY. I modellen er denne en relativ verdi lik 1.
- Bærekapasiteten = den maksimale bestandsstørrelsen som økosystemet kan opprettholde uten et fiskeri. I modellen er denne en relativ verdi lik 2.
- $B_{lim} = 0,3B_{msy}$ (føre var grenseverdi for bestandsstørrelse, vanligvis en grense for stenging eller kraftig reduksjon av fisket).
- F_{msy} = Fiskeridødelighet (beskatningsgrad) som gir MSY, det vil si den beskatningen som driver bestanden mot B_{msy} .
- $F_{lim} = 1.7F_{msy}$ er den fiskeridødelighet som driver bestanden mot B_{lim} ($0.3B_{msy}$).

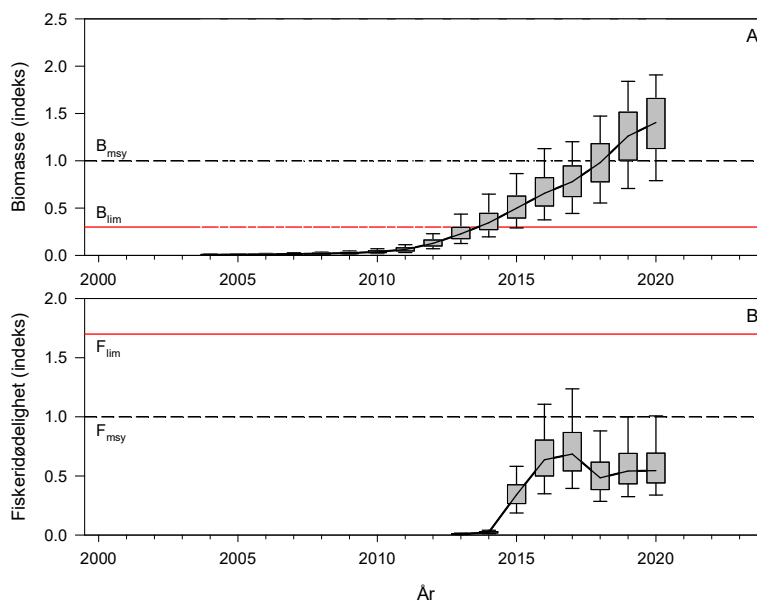
Modellen er i stand til å foreta en rimelig god simulering av dataene (Figur 10). Modellens kapasitet til å gjengi den historiske utviklingen i snøkrabbebestanden gir grunn til å tro at den også kan benyttes til å lage framskrivinger, i alle fall over et kortere tidsperspektiv. En kvalitetsikring av modellens evne til å lage gode framskrivinger kan kun gjøres når en har lengre data-tidsserier.



Figur 10. Observerte indeksverdier (sort linje) og 80% konfidensintervall (grått område) av modellens tilsvarende estimat.

Bestandsutvikling, fiskeridødelighet og framskrivninger

Etter en periode på cirka 15 år etter første funn av snøkrabben i Barentshavet, økte bestandsindeksen raskt (Figur 11 A). Denne økningen har foregått også etter at fisket tok seg opp siden 2012 (Figur 11 B). Det er overveiende sannsynlig at bestanden (B) i 2020 er over B_{msy} (15% sannsynlighet for at $B < B_{msy}$ (Tabell 2)). Fiskeridødeligheten er lavere enn F_{msy} , og det er bare 5% sannsynlighet for at F er over F_{msy} (Tabell 2).



Figur 11. Utvikling i relativ bestandsstørrelse (A) og fiskeridødelighet (B) for snøkrabbe (skallbredde ≥ 95 mm) i kvoteregulert område på norsk sokkel. Stiplede sorte horisontale linjer angir henholdsvis biomassen (B_{msy}) og fiskeridødeligheten (F_{msy}) som gir maksimalt langtidsutbytte. Heltrukken røde linjer angir grenseverdiene for bestandsstørrelse (B_{lim}) og fiskeridødeligheten (F_{lim}). Vertikale linjer viser 95 % konfidensintervall, mens vertikale søyler viser interkvartiler (25 – 75 percentilen).

Tabell 2. Bestandsstatus for snøkrabbe i kvoteregulert område på norsk sokkel 2019-2020 (for beskrivelse av referansepunkter, se teksten). Risikoen er gitt som beregnede sannsynligheter i prosent.

Status	2019	2020*
Sannsynlighet for bestand $< B_{lim}$	0.0 %	0.0 %
Sannsynlighet for bestand $< B_{msy}$	24.4 %	15.2 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet $> F_{msy}$	5.0 %	5.2 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet $> F_{lim}$	0.1 %	0.1 %
Bestandsstørrelse (B/B_{msy}), median	1.26	1.41
Fiskeridødelighet (F/F_{msy}),	0.54	0.55

*Estimert fangst = 4500 tonn

Framskrivning

Framskrivninger og fangstalternativer for 2021 ble analysert (Tabell 3). For å oppfylle de definerte forvaltningskriteriene (risikoen for at fiskeridødeligheten overskrider F_{msy} må maksimalt være 35% og bestanden være nær B_{msy}) kan fangstene i 2021 maksimalt være 6 500 tonn. Vår anbefaling er derfor at fangstene på norsk sokkel for 2021 ikke overstiger 6 500 tonn (Tabell 3).

Tabell 3. Fangstalternativer for snøkrabbe i kvoteregulert område for 2021. Risikoer forbundet med fangstalternativene og er angitt som sannsynligheter i prosent.

	Fangstalternativer for 2021 (tonn)					
	4 500	5 000	5 500	6 000	6 500	7 000
Sannsynlighet for bestand < B_{lim}	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%	<1%
Sannsynlighet for bestand < B_{msy}	17 %	19 %	20 %	21 %	23 %	25 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet > F_{msy}	7 %	12 %	18 %	25 %	34 %	43 %
Sannsynlighet for fiskeridødelighet > F_{lim}	1 %	2 %	2 %	4 %	6 %	9 %
Endring bestand 2020 til 2021	-2 %	-4 %	-5 %	-9 %	-11 %	-15 %
Endring fiskeridødelighet 2020 til 2021	0 %	+6 %	+15 %	+22 %	+30 %	+38 %

På lengre sikt forventes det at spredningen av snøkrabbe videre vestover og nordover i Barentshavet fortsetter. I løpet av det siste året har det ikke blitt rapportert om nye enkeltfunn av snøkrabbe utenfor de områdene den er funnet tidligere. Norsk Polarinstitutt er i tildelingsbrev for henholdsvis 2019 og 2020 bedt om å samarbeide med Havforskningsinstituttet for å gjennomføre kartlegging av snøkrabbe på Svalbard. I forbindelse med et haneskjelltokt i juni 2020 ble det satt ut 5 lenker med snøkrabbeteiner for å lete etter snøkrabbe på vestkysten av Spitsbergen (Figur 3, høyre). Det ble ikke gjort fangst av snøkrabbe på disse stasjonene, men ved neste mulighet bør dette området undersøkes nærmere og da bør også de store fjordene på vestsiden og nordsiden av Spitsbergen undersøkes.

Tilgang på mat ser ikke ut til å være en begrensende faktor for snøkrabbens utbredelse siden de spiser en veldig variert diett. Endringer i bunntemperaturen kan ha størst effekt på den videre utbredelsen av bestanden, siden de forskjellige livsstadiene har forskjellige temperaturpreferanser. De yngste livsstadiene foretrekker kaldt vann, men når de blir kjønnsmodne oppsøker de litt høyere temperaturer. Bunntemperaturer målt på toktet med Kristine Bonnevie sommeren 2020 viste negative temperaturer i alle områder det ble fanget snøkrabbe. På snøkrabbetokt gjennomført sommeren 2019, ble det tatt 22 planktonhov-trekk, primært langs delelinjen mellom Norge og Russland. Det ble funnet og verifisert snøkrabbelarver (stadium 1) på 20 av stasjonene. Dette betyr at det hadde foregått eller foregikk klekking av larver mens toktet gikk (Hjelset et al. in prep). Larvedrift vil være med å spre snøkrabbebestanden, dersom larvene transporteres til områder med egnet habitat.

Det er i dag vanskelig å lage langtidsprognoser for det avgrensede området for bestandstakseringen. En generell framskrivning av forventet fangstutvikling i hele Barentshavet, gitt et bærekraftig fiskeri, indikerer en jevn økning i takt med at snøkrabben sprer seg lengre inn i norsk sokkel og at tettheten øker.

Kunnskapsstatus og snøkrabbens biologi i Barentshavet

Effekter og overvåkning av snøkrabben

De store mengdene snøkrabbe som nå finnes i Barentshavet tilsier at krabben har en betydelig rolle i økosystemet, både som predator på andre bunndyr og som byttedyr både i larvestadiet og i bunnlevende stadier. Snøkrabben påvirker trolig de ulike delene og artene i økosystemet ulikt, men det er gjort få studier av dette.

I en studie av Bakanev (2016) ble snøkrabbe funnet i temperaturintervallet $-1,9$ til $9,3$ °C, og de høyeste tetthetene ble funnet i temperaturintervallet mellom $-1,5$ og $3,0$ °C. Dette indikerer at temperatur vil være viktig for videre utbredelse av snøkrabben til sørlige og vestlige deler av Barentshavet (ICES 2018). Studier av Holt et al. (2019 og 2020) viser en økning av snøkrabbe i dietten til torsk de senere årene, og at denne økningen henger sammen med at snøkrabben har økt i utbredelse. Endring i utbredelse av torsk kan komme til å begrense videre spredning av snøkrabbe dersom leveområdene overlapper mye i tid og rom, som en effekt av klimaendringer (ICES 2018, 2019; Holt et al. 2020).

Med dagens kunnskap er det lite som tilsier at snøkrabben vil ha betydelige negative effekter på andre fiskeresurser i Barentshavet. Mageanalyser viser at snøkrabben spiser et variert utvalg organismer hvor gruppene muslinger og børstemark ser ut til å dominere (Sundet et al. 2020, Zakharov et al. 2020). Russiske undersøkelser viser at beiting fra snøkrabbe har ført til en nedgang av andre bunndyr i områder hvor krabben har vært tallrik, i første rekke i de østlige områdene i russisk del av Barentshavet (Jørgensen 2017). En nyere undersøkelse fra norsk sokkel viser endringer i artssammensetning og funksjon hos bunndyr i et område der det er en høy tetthet av snøkrabbe (Michelsen et al. 2020). Effekten av en sammenliknbar art, kongekrabben, viser at i bunndyrsamfunn hvor voksne individer av kongekrabbe beiter ser man endringer både i total biomasse og artssammensetning. I områder med omfattende beiting er det funnet et skifte fra (større) langsomt voksende flerbørstemark til (mindre) mer hurtigvoksende arter. Både artsrikdommen og biomassen av byttedyrsamfunnet er redusert (Oug et al. 2011, 2017). Snøkrabbens effekter på bunndyrsamfunn vil være et sentralt tema i det videre arbeidet med overvåkning av snøkrabben i økosystemet.

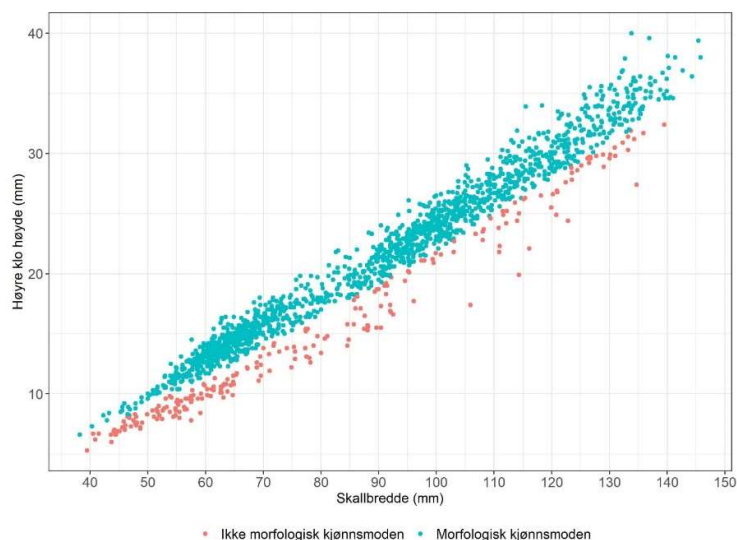
Havforskningsinstituttet har nylig gjennomført en studie som undersøker om snøkrabbe fører til økt smitte av en blodparasitt hos torsk i Barentshavet. Dette arbeidet viser at snøkrabben fungerer som en vert for de iglene som er bærer av blodparasitten, og at det er høyere infeksjon i torsk som er fanget i høytetthetsområder for snøkrabbe enn utenfor (Nunkoo et al. submitted).

Fisket etter snøkrabbe foregår med teiner, og selve teinefisket har liten påvirkning på økosystemet utover problemene knyttet til tapt bruk og spøkelsesfiske. Det ser også ut til å være lite eller ingen bifangst av andre arter ved bruk av teiner.

Skallskifte og vekst hos snøkrabbe

Snøkrabben vokser stegvis gjennom flere skallskifter fra de pelagiske larvestadiene til fullvokste, kjønnsmodne individer. Snøkrabben slutter å vokse ved kjønnsmodning. Når krabben gjennomfører det siste skallskiftet og blir kjønnsmodne skjer det en morfologisk endring hos begge kjønn. Hos hannene vil klørne øke i størrelse i forhold til skallet. Det kan være vanskelig å se med det blotte øyet at hannen har blitt morfologisk kjønnsmoden, derfor er det viktig å måle skallbredde og klo for å avdekke dette. Hunnene endrer formen på abdomen slik at den er i stand til å holde på de befruktede eggene. Hanner er generelt større enn hunnene når kjønnsmodning og det siste skallskiftet skjer. Størrelsen på kjønnsmodne snøkrabber i Barentshavet varierer likevel mellom 40 mm og 160 mm skallbredde for hanner (Figur 12), og 38 og 100 mm for hunner (Danielsen et al. 2019). Det antas at det

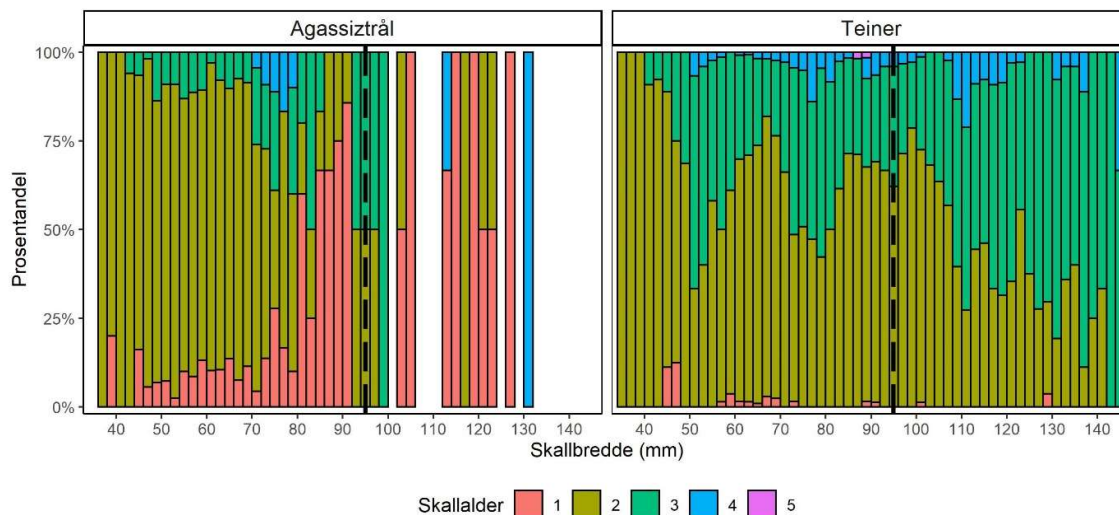
kan ta 8 til 10 år for en hannkrabbe å nå fangstbar størrelse (over minstemål). Etter at de har gjennomført det siste skallskiftet lever de maksimalt 5 til 8 år (Fonseca et al. 2008).



Figur 12. Forholdet mellom skallbredde og klo høyde som viser om snøkrabben er kjønnsmoden. Spennet for kjønnsmodne og umodne hannkrabber overlapper mye. Data fra årets snøkrabbetokt.

Etter skallskiftet har krabben i en periode mykere skall og lavere kjøttfylde, og er sårbare for ytre påkjenninger som håndtering i fisket. Disse krabbene kalles bløtkrabbe. De større krabbene skifter normalt skall en gang i året, mens de mindre snøkrabbene skifter skall opptil to ganger i året. De minste krabbene er ikke interessant for fisket og de går sjeldent i teinene. Det er mye som tyder på at skallskifteperioden for større snøkrabbe foregår på våren og forsommeren i Barentshavet. På Havforskningsinstituttets snøkrabbetokt i juni og juli, observerte vi krabber som nylig har skiftet skall (Figur 13), og vi har ved hjelp av videosleden observert flere områder der det lå tomme skall på bunnen, noe som tyder på at det har skjedd skallskifte nylig. Variasjoner i temperatur kan påvirke oppstarten på skallskifteperioden.

Havforskningsinstituttet bruker en skala for skallalder som et omtrentlig mål på hvor lang tid som har gått siden skallskifte. For hver krabbe registrerer vi en skallalder ved bruk av en subjektiv skala fra 1 til 5 basert på utseende og kvaliteten på skallet. Rett etter skallskiftet vil det nye skallet være svært mykt og læraktig, og krabben er slapp i kroppen og ute av fasong dersom de er ute av vannet. Dette er skallalder 1 og denne tilstanden varer kun en kort tid, innen 72 timer begynner skallet å hardne og i løpet av en to ukers periode er skallet relativt hardt. I perioden rett etter skallskiftet er krabben rolig og vil ikke gå i teiner. Slike krabber ble observert på snøkrabbetoktet både sommeren 2019 og 2020. I overgangen til skallalder 2, vil krabben fortsatt de ha et veldig tynt og skjørt skall og musklene fyller ikke ut hele skallet. Prosessen med å herde skallet og bygge kjøttfylde som fyller ut hele skallet kan ta inntil 9 måneder etter skallskiftet. Når krabben oppnår skallalder 3 (omtrent 9 måneder etter skallskifte), vil den ha et hardt og lyst skall ofte med litt begroing av andre organismer. Det er disse krabbene som har høyest fyllingsgrad og størst økonomisk verdi i fisket. Skallalder 4 og 5 er gamle krabber som begynner å nærme seg slutten av levetiden og er ikke av kommersiell interesse. I disse krabbene vil også kjøttfylde etter hvert reduseres. Det er vanskelig å skille mellom de ulike skallaldrene i denne skalaen, spesielt mellom sent i skallalder 2 og tidlig i skallalder 3.



Figur 13. Figuren viser prosentvis fordeling av skallalder på hannkrabber fanget på snøkrabbetoktet 2020. Figuren til venstre viser fordeling av skallalder i trålfanget krabbe og figuren til høyre viser fordeling av skallalder hos krabber fanget i teiner. Nytt minstemål for snøkrabbe på norsk sokkel markert med stiplet linje.

Fordeling av skallalder hos snøkrabber fanget i teiner skiller seg fra de som fanges med trål (Figur 13). Agassiz-trålen fanger flere bløtkrabber fordi dette er et aktivt redskap og krabbene unnslipper ikke. Det er også observert skallalder 1 blant de krabbene som er tatt med teiner, og det er også en stor andel krabber med nytt skall som går i teinene, særlig over minstemålet. Gitt tiden på året for toktet og observasjoner gjort fra videosleden, kan det tyde på at snøkrabber som er i skallskifte eller like før et skallskifte, forholder seg mer i ro. Observasjoner av gytepar på video kan også tyde på dette. Dette er med å underbygge at skallskifte perioden hos snøkrabbe sannsynligvis foregår i perioden fra og med juni.

Fredningsperiode

Registreringer fra fisket i juli og august 2017 viste til tider høy innblanding av bløtkrabbe, og at bløtkrabbeandelen kan variere fra et område til et annet på fangstfeltet. Bløte krabber er ikke kommersielt interessante og blir derfor kastet ut dersom de tas i fiskeriet. Det er kjent at håndtering av bløte krabber kan medføre skader. Et annet potensielt problem med å fiske på krabbe som nylig har skiftet skall og har lav kjøttfylde er at disse kan ha en lavere vekt i forhold til størrelsen, noe som kan medføre en høyere beskatning i antall individer side kvoten er i tonn. Krabbe som er fanget kort tid etter skallskiftet vil kunne anses som av dårligere kvalitet hos kjøper på grunn av en lavere kjøttfylde. En undersøkelse av Solstad et al. (under utarbeidelse) viste at snøkrabben hadde høyest kjøttfylde i perioden fra februar til april, noe som stemmer overens med hypotesen om at de fleste krabbene av fangstbare størrelse skifter skall på forsommeren og trenger inntil 9 måneder for å oppnå høy kjøttfyllingsgrad. Et virkemiddel for å beskytte krabben i og like etter skallskifte som blir benyttet både Alaska og Canada er en fredningsperiode for snøkrabben i forbindelse med skallskifte. En slik fredning har også vært brukt i norsk del av Barentshavet de siste årene. Videreføring av en fredningsperiode på 3-4 måneder med stengt fiskeri på sommeren, vil beskytte snøkrabben i en sårbar periode og kvaliteten/kjøttfylden vil øke utover høsten. Gitt usikkerheten rundt skallskifteperiode bør en fredningsperiode opprettholdes i Barentshavet i henhold til føre-var prinsippet i perioden 1. juli – 30. september.

Minstemål

Minstemålet for fangst av snøkrabbe er knyttet til to forhold: 1) sikre reproduksjonspotensialet og 2) unngå et overfiske. Reproduksjonspotensialet sikres ved at det er tilstrekkelig mange kjønnsmodne hunn- og hannkrabber igjen i bestanden etter fisket. Derfor settes gjerne minstemålet noe større enn det som er den gjennomsnittlige kjønnsmodningsstørrelsen. Dersom beskatningsgraden er liten, kan minstemålet settes lavt. Ved høyere beskatningsgrad bør minstemålet settes tilsvarende høyere for å sikre at det finnes et tilstrekkelig antall kjønnsmodne hannkrabber under minstemålet. I Canada og Alaska er minstemålet for fangst av krabbe henholdsvis 95 og 78 mm. Disse minstemålene er primært satt ut fra markedsriterier, og dette ser ut til å fungere godt også i forhold til rekruttering. Det er foreløpig ikke noen tegn til redusert eggmengde hos hunnkrabber i disse bestandene, noe som kunne indikere en mangel på kjønnsmodne hanner. Til og med i områder hvor beskatningen på hannkrabber har vært særdeles høy, finner man bare hunnkrabber med mye egg.

Reduksjonen i minstemål fra 100 til 95 mm skallbredde er begrunnet i markedskrav om en viss størrelse på krabben og har ingen biologisk referanse. Ettersom en stor andel av hannkrabbene i Barentshavet blir kjønnsmodne ved mindre størrelser, mener vi det vil ha liten biologisk betydning å redusere minstemålet til 95 mm skallbredde, men det bør overvåkes hvorvidt dette reduserer reproduksjonspotensialet i bestanden. Svært få hunnkrabber blir 95 mm i skallbredde slik at gytebestanden av hunner vil i høy grad være beskyttet også ved redusert minstemål.

Opprinnelse

Snøkrabben ble første gang funnet på Gåsbanen sørøst i Barentshavet i 1996. Det er to hypoteser for hvordan snøkrabben har spredd seg til Barentshavet; 1) innvandring fra øst, og 2) innførsel via ballastvann. Basert på de genetiske studiene som er gjort på krabben i Barentshavet er det ingenting som tyder på at det har skjedd en innførsel via ballastvann (Dahle m. fl., manuskript).

Fiskeriteknologiske vurderinger for fisket etter snøkrabbe

Snøkrabben i Barentshavet fiskes i all hovedsak med koniske teiner med inngang på toppen. Norske fiskefartøy kan fiske med inntil 9 000 teiner per fartøy, og teinene skal røktes minst en gang hver tredje uke. Teinene blir oftest satt i lenker på 200 eller 400 stykker, og avstanden mellom enkeltteiner er typisk 25 meter.

Spøkelsesfiske

Tapte teiner har potensiale til å fortsette å fiske (også etter at agnet er borte), såkalt spøkelsesfiske. Dersom fangede krabber ikke klarer å rømme, vil de etter en stund dø (Hébert et al. 2001). Det er ikke gjennomført undersøkelser av redskapstap i Barentshavet, og omfanget er derfor ukjent. Det er imidlertid hentet opp 1 200 snøkrabbeteiner på Fiskeridirektoratets opprydningstokt i 2019 og 2 400 snøkrabbeteiner i 2020, noe som indikerer at problemet er omfattende. Årsakene til redskapstap kan være flere, for eksempel kutting av overflatevak (blåser/bøyer) fra fartøypropeller eller is, nedsetting fra andre tilstøtende teinelenker, fastheking på bunn og redskapskonflikter med trålere. Tapt redskap fører også til forsøpling og kan videre føre til nye tap ettersom nytt bruk blir satt i samme område og heker. Fiskeridirektoratet foretok i 2018 en opprensning av 8 600 snøkrabbeteiner (81 lenker) som hadde stått i 1,5 år (Langedal og Kalvenes 2018), der også HI deltok for å samle fangstdata (Humborstad m. fl., in. prep.). Alle lenkene hadde fangst. Samlet fangst ble estimert til 15 000 individer, men det var stor variasjon i antall teiner med fangst per lenke og antall krabber per teine mellom lenkene. Hele 97% av fangsten i teinene var levende. Disse resultatene gir et viktig innblikk i potensialet for spøkelsesfiske for tapte snøkrabbeteiner, selv etter at de har stått lang tid i havet. Tilsvarende studier

fra andre områder viser at selvegning og skjult beskatning kan være en utfordring i snøkrabbefisket (Hébert et al. 2001).

Den beste løsningen for å unngå spøkelsesfiske vil være å unngå tap av redskap i utgangspunktet og å finne effektive metoder for rask gjenfinning i tilfelle tap. Dette har i andre fiskerier vist seg å være krevende, og i flere tilfeller er man avhengige av egne opprenskningstokt der man går på tapsposisjoner for å sokne opp redskapen. Slike tokt utføres i dag både for snøkrabbe-, garn- og kongekrabbefiskeriene i regi av Fiskeridirektoratet, men disse toktene er veldig kostbare. Det er derfor viktig å forhindre at teiner tapes i utgangspunktet og at teiner som mistes opphører å fiske og slipper ut fangsten. I 2019 ble det testet en prototype bøye som skal forhindre tap av teinelenker på grunn av drivis som sliter av ilene, en av hovedårsakene til tap av snøkrabbeteiner. Arbeidet med videreutvikling av bøyen pågår og en akustisk utløser er blitt implementert i bøyen slik at bøyen kan løses ut på cirka 30 meters dybde. Forsøk med denne ble utført på tokt i 2020 med varierende resultat. Konstruksjonen av bøyen demper de akustiske signalene for mye til at bøyen utløses hver gang. Det vil bli gjort justeringer for å bedre mottak av akustiske signaler slik at konseptet blir mer robust.

For å hindre at redskap som likevel går tapt ikke skal fortsette å fiske i lang tid etter de ble mistet, kan det monteres løsninger der rømmingshull aktiveres etter en viss tid i sjøen. Bruk av nedbrytbar tråd (råtnetråd) for å lisse sammen åpninger i notlinet i teineveggen eller holde på plass luker er en enkel og effektiv metode som er påbudt i flere teinefiskerier i Nord-Amerika og i det norske fisket etter hummer og taskekrabbe (fritidsfisket). Høyeste tillatte tråddiameter varierer mellom fiskerier. I det norske hummerfisket, som er et sesongfiskeri med en varighet på 2-3 måneder, er høyeste tillatte tråddiameter 3 mm. I det kanadiske snøkrabbefisket er det påbudt å bruke en råtnetråd med en diameter på maksimalt 4 mm. I Canada er snøkrabbefisket et sesongfiskeri med en varighet på 2-4 måneder, mens det norske fisket har varighet opp mot 9 måneder. Utover et kortere forsøk med en varighet på tre måneder, har Havforskningsinstituttet ikke gjort målinger av levetid for råtnetråd i det norske snøkrabbefisket. Det er gjort målinger av nedbrytningshastighet for samme tråd som benyttes i det kanadiske fisket. Disse målingene ble foretatt på kysten av Finnmark og viste at tråden var nedbrutt etter rundt 6 måneder i sjøen. Kanadiske forsøk har vist tilsvarende nedbrytningshastighet også ved temperaturer under 0°C (Winger et al. 2015). Disse målingene tar imidlertid ikke høyde for gnagslitasje på tråd fra håndtering og krabber. Praktisk levetid vil derfor antas å være kortere enn 6 måneder. Ved bruk av 4 mm bomullstråd vil det følgelig være nødvendig med minst ett trådsifte i løpet av fiskesesongen i det norske fisket. Bruk av tynnere tråd forventes å kreve ytterligere trådsifter. Fordi det i snøkrabbefisket benyttes et stort antall teiner per fartøy, vil dette være en arbeidskrevende prosess. Samtidig vil potensiell tid for spøkelsesfiske ved redskapstap være relativt lang ved bruk av en 4mm tråd. Et alternativ det arbeides med er en kassettløsning med panel av råtnetråd. Dette tillater raskt skifte, samtidig som det kan brukes tynnere tråd, som igjen gir kortere spøkelsesfisketid ved redskapstap. Kassettløsningen må videreutvikles og testes i kommersielt fiske.

Det anbefales å videreføre arbeidet med teknologiutvikling for å forhindre tap i utgangspunktet og for å hindre utilsiktet dødelighet, dårlig dyrevelferd og skjult beskatning i tilfelle redskapstap.

Andre forskningsbehov

Det er i dag ikke noen krav til teineutforming, rømningsveier eller minste maskevidde i snøkrabbeteiner. All hunnkrabbe, undermålskrabbe og bløtkrabbe skal settes ut igjen, men det er ikke gjort undersøkelser av overlevelse eller skadefrekvens ved ombordsortering og påfølgende gjenutsetting. Det er ønskelig at utsortering i størst mulig grad skjer på fiskedypet ved bruk av masker eller fluktåpninger tilpasset minstemålet for krabben. I 2019 ble det gjennomført en undersøkelse av seleksjon i teiner ved bruk av runde fluktåpninger på 100 og 115 mm diameter. Begge fluktåpningene førte til stor reduksjon i fangstene, også av krabbe over minstemål. Fluktåpningen på 100 mm var heller ikke effektiv i å sortere ut undermålskrabbe. En alternativ metode er å benytte spalter og utnytte forholdet mellom skallbredde som angir minstemål og skallhøyde (Broadhurst m. fl., 2018). I 2020 ble

det gjennomført en undersøkelse med spalter montert i standard teiner, men som for sirkulære fluktåpninger førte også spaltene til reduksjon i fangst over minstemål, men det var nå lavere andel undermålskrabbe.

Det anbefales videre å utarbeide prosedyrer for skånsom gjenutsetting av undermålskrabber slik at disse i størst mulig grad overlever gjenutsettingen.

Studier av fangsteffektivitet viser at teiner med inngang på toppen er lite effektive. I 2019 ble det gjennomført forsøk med samme type koniske teiner, men med liten maskevidde. Disse teinene førte til vesentlig høyere fangstrater av overmålskrabbe, men også mye undermålskrabbe. I 2020 ble det montert spalter i de småmaskede teinene. Dette resulterte i betydelig merfangst av overmålskrabbe i forhold til standardteiner, mens andelen undermålskrabbe var omtrent på samme nivå. Arbeid som kan føre til effektivitetsøkning vil kunne redusere nødvendig teineantall og dermed ha positive virkninger på miljø og agnforbruk, og anbefales gjennomført.

Referanser

- Bakanev S.V. 2016. The snow crab stock assessment methods. Stock dynamics. In: Snow crabs *Chionoecetes opilio* in the Barents and Kara Seas (eds by K.M. Sokolov, Pavlov V.A., Strelkova N.A. et al.). Murmansk: PINRO press: 158-166. (In Russian).
- Broadhurst, MK., Millar, RB., Hughes, B. 2018. Utility of multiple escape gaps in Australian *Scylla serrata* traps. Fisheries research, 204, 88-94.
- Danielsen HEH., Hjelset AM., Bluhm BA., Hvingel C., Agnalt A-L. 2019. A first fecundity study of the female snow crab *Chionoecetes opilio* Fabricius, 1788 (Decapoda: Brachyura: Oregoniidae) of the newly established population in the Barents Sea. Journal of Crustacean Biology doi:10.1093/jcbiol/ruz039
- Dahle, G., Sainte-Marie, B., Hardy, SH., Farestveit, E., Agnalt, A.L. Snow crab in the Barents Sea – introduction by ballast water or invasion from the East? (manuscript)
- Eriksen, E.; Benzik, A.N., Dolgov, A.V., Skjoldal, H.R., Vihtakari, M.J., Johannesen, E., Prokhorova, T.; Keulder-Stenevik, F.J., Prokopchuk, I., Strand, E. Diet and trophic structure of fishes in the Barents Sea: the Norwegian-Russian program “Year of stomachs” 2015 - establishing a baseline
- Fonseca DB., Sainte-Marie B., Hazel F. 2008. Longevity and change in shell condition of adult male snow crab *Chionoecetes opilio* inferred from dactyl wear and mark-recapture data. Transactions of the American Fisheries Society 137:1029-1043 doi:10.1577/t07-079.1
- Hébert, M., Miron, G., Moriyasu, M., Vienneau, R., DeGrâce, P. 2001. Efficiency and ghost fishing of snow crab (*Chionoecetes opilio*) traps in the Gulf of St. Lawrence. Fisheries Research, 52, 143-153. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00259-9](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00259-9)
- Hjelset, AM, Danielsen, HEH, Westgaard, J-I, Agnalt, A-L. 2020. Taxonomic and genetic confirmed findings of snow crab (*Chionoecetes opilio*) larvae in the Barents Sea (in prep).
- Holt RE, Bogstad B, Durant JM, Dolgov AV, Ottersen G 2019. Barents Sea cod (*Gadus morhua*) diet composition: long-term interannual, seasonal, and ontogenetic patterns. ICES Journal of Marine Science 76:1641-1652 doi:10.1093/icesjms/fsz082
- Holt RE, Hvingel, C., Agnalt, A-L, Dolgov A.V, Hjelset AM, Bogstad, B. (2020) Snow crab (*Chionoecetes opilio*), a new food item for North-East Arctic cod (*Gadus morhua*) in the Barents Sea? ICES Journal of Marine Science (in press)
- Humborstad, OB., Eliassen Krøger, L. Hjelset, A.M., Løkkeborg, S., Siikavuopio, S., Wiech, M. (in prep). Catches in abandoned snow crab pots in the Barents Sea.
- Hvingel, C., Kingsley, M.C.S. 2006. A framework to model shrimp (*Pandalus borealis*) stock dynamics and quantify risk associated with alternative management options, using Bayesian methods. ICES Journal of Marine Science 63:68–82.



ICES, 2018. Report of the Arctic Fisheries Working Group (AFWG), 18–24 April 2018, Ispra, Italy. ICES CM 2018/ACOM:06. 534 pp.

ICES, 2019. The Working Group on the Integrated Assessments of the Barents Sea (WGIBAR). ICES Scientific Reports. 1:42. 157 pp. <http://doi.org/10.17895/ices.pub.5536>.

Michelsen, HK., Cochrane, S., Borgersen, G, Oug, E., Fredriksen, R., Renaud, P.E., Coll, M. Structural and functional effects of the invasive snow crab on benthic ecosystems in the Barents Sea. Poster, Norsk Havforskerforening 2020

Nunkoo, I, Hemmingsen, W., McKenzie, K., Karlsbakk, E., Arneberg, P. 2020. The Barents Sea snow crab (*Chionoecetes opilio*) invasion and *Trypanosoma murmanense* infections in cod (*Gadus morhua*). Submitted

Jørgensen, LL. 2017. Vurdering av sårbare bunnhabitater i det nordlige Barentshavet; trålfangete bunndyr fra det årlige øko-toktet. Rapport fra Havforskningen 19-2017.

Langedal, G. og Kalvenes, O. 2018. Oppreinsking gjenstående snøkrabbeteiner. Rapport fra Fiskeridirektoratet.

Oug, E., Cochrane, S., Sundet, J.H., Norling, K. & Nilsson, H.C. 2011. Effects of the invasive red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) on soft bottom fauna in the Varangerfjorden, northern Norway. Mar Biodiv. 41: 467-479. DOI 10.1007/s12526-010-0068-6

Oug, E., Sundet, JH., Cochrane, SKJ. 2017. Structural and functional changes of soft-bottom ecosystems in northern fjords invaded by the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*). Journal of Marine Systems, 2017. Doi: 10.1016/j.jmarsys.2017.07.005

Sundet, JH., Tranang, CA., Nilssen, EM., Jenssen, M. (in prep). Stomach content of the snow crab (*Chionoecetes opilio*) from the Barents Sea.

Winger, PD., Legge, G., Batten, C. and Bishop, G. 2015. Evaluating potential biodegradable twines for use in the snow crab fishery off Newfoundland and Labrador. Fisheries research, 161, pp.21-23. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2014.06.007>

Zakharov, DV., Manushin, IE., Nosova, TB., Strelkova, NA., Pavlov, VA. 2020. Diet of snow crab in the Barents Sea and macrozoobenthic communities in its area of distribution. ICES Journal of Marine Science doi:10.1093/icesjms/fsaa132