Økonomisk fiskeriforskning

Årgang 31 | Nr. 1-2021
Spesialutg. Snøkrabbe

I denne Spesialutgaven om snøkrabbe:

Snøkrabbe – et nytt norsk sjømateventyr?
Innledning av Gøril Voldnes

Evaluering av ulike agn til snøkrabbe i Barentshavet
Sten Ivar Siikavuopio, Odd Børre Humborstad, Gustav Martinsen Anette Hustad & Grete Lorentzen 1

Varmebehandling av snøkrabbecluster
Grete Lorentzen, Federico Lian, Gustav Martinsen & Sten Ivar Siikavoupio 6

Snøkrabben – en forvaltningsutfordring
Ingrid Kvalvik 13

En kvantitativ studie av lønnsomhet i det norske snøkrabbefisket
Egil Hogrenning og Edgar Henriksen 29

Lab scale sustainable extraction of components from snow crab (*Chionoecetes opilio*) co-products, and estimation of processing costs based on a small-scale demonstration plant (Biotep)
Diana Lindberg, Runar Gjerp Solstad, Jan-Arne Arnesen, Anita Kaupang Helmers & Ragnhild Dragøy 42

Et tidsskrift for ledelse, marked og forvaltning i sjømatnæringen

Økonomisk fiskeriforskning

Utgiver: Nofima AS

Redaktør: Geir Sogn-Grundvåg og Gøril Voldnes
Redaksjonssekretær: Heidi Katrine Trige

Redaksjonsråd:
Professor Kjell Grønhaug (NHH)
Professor Frank Asche (UiS)
Professor Håvard Hansen (UiS)
Professor Ragnar Tveterås (UiS)
Førsteamanuensis Dengjun Zhang (UiS)
Professor Svein Ottar Olsen (UiT)
Førsteamanuensis Bjørn-Petter Finstad (UiT)
Førsteamanuensis Signe A. Sønvinsen (UiT)
Forskningssjef Bent Dreyer (Nofima)
Forskningssjef Pirjo Honkanen (Nofima)

Postadresse: Nofima AS, Postboks 6122 Langnes, 9291 Tromsø
Telefon: 77 62 90 00
e-post: heidi.katrine.trige@nofima.no
https://okonomiskfiskeriforskning.no/

Abonnement:
Økonomisk kommer ut elektronisk, og publiseres artikkelvis gjennom året
Abonnementet er gratis.
Heidi Katrine Trige, tlf: 77 62 90 52/995 62 244
e-post: heidi.katrine.trige@nofima.no

ISSN online: 0803-6799

Nofima driver forskning og utvikling for akvakulturnæringen, fiskerinæringen og matindustrien.

Journalen har hovedfokus på samfunnsvitenskapelig forskning med vekt på marked, ledelse, økonomi og statsvitenskap.

Snøkrabbe – et nytt norsk sjømateventyr?

Gøril Voldnes

I dette spesialnummeret av Økonomisk fiskeriforskning kan vi presentere fem artikler fra prosjektet «SnowMap.» Hovedmålet med prosjektet har vært å fremskaffe forskningsbasert kunnskap om hvordan snøkrabben kan utnyttes best mulig. Prosjektet er finansiert av Norges Forskningsråd, hadde oppstart våren 2017 og ble avsluttet desember 2020. Denne innledningen gir en kort presentasjon av snøkrabbe og noen av resultatene fra prosjektet. I dette nummeret av Økonomisk Fiskeriforskning kan vi blant annet lese mer om spennende forskning på ulike typer agn i snøkrabbefiske, som er viktig for å få ned kostnadene i fisket (Siikavuopio *et al.,* 2021). Andre artikkel tar for seg ulike varmebehandlingsregimer for snøkrabbeclusterne for å se på muligheterne for å redusere energibruken, øke utbyttet, men samtidig unngå melanose (blå misfarging av krabbekjøttet) (Lorentzen *et al.,* 2021). I den tredje artikkelen får vi lese mer om forvaltningsutfordringene knyttet til en ny ressurs som snøkrabbe (Kvalvik, 2021). Den fjerde artikkelen omhandler lønnsomheten i det norske snøkrabbefisket, med fokus på utestengingen fra den russiske delen av smutthullet (Hogrenning & Henriksen, 2021). Den siste artikkelen viser interessant forskning på ekstrahering av verdifulle komponenter fra restråstoffet av snøkrabbe, inkludert økonomiske beregninger av slik ekstrahering i småskalaforsøk i demonstrasjonsanlegg (Lindberg *et al.,* 2021) Nedenfor gis en kort presentasjon av snøkrabbe og dens historie for Norge og et utdrag av resultater fra SnowMap prosjektet med referanser slik at det skal være enkelt å finne frem til studier man finner spesielt interessante.

Hva er snøkrabbe?

Snøkrabbe (*Chionoecetes opilio*) er en kuldekjær krabbeart med utbredelse i det nordvestlige Atlanterhavet, det nordlige Stillehavet og i de senere årene i Barentshavet. Fiske etter snøkrabber har foregått i Canada, Russland og Alaska siden 1930-tallet, mens et kommersielt fiske etter snøkrabber i Barentshavet ikke startet før i 2013. Snøkrabben ble første gang observert i Barentshavet i 1996 (Kuzmin *et al.,* 1999) og det er fremdeles usikkerhet knyttet til hvordan ressursen har kommet dit, tilført eller naturlig vandring (Hansen, 2016). Krabben har gradvis formert seg og utbredt seg i større områder av Barentshavet.

I begynnelsen var det åpent fiske, og båter fra Russland, EU og Norge fisket etter krabben. Hovedandelen krabbe befant seg i den delen av smutthullet som er underlagt russisk sokkeljurisdiksjon og alle fisket der. Etter at det ble stadfestet etter havrettskonvensjonens artikkel 77, nr. 4 at snøkrabbe er en sedentær art, som vil si at den er stedbunden, ble det stopp på det åpne fisket. Snøkrabben ble da underlagt russisk sokkeljurisdiksjon, og båtene fra EU ble kastet ut i 2016 og de fra Norge fra 1. januar 2017.

Etter at Norge og EU ble kastet ut fra den russiske delen av smutthullet gikk landingene av snøkrabbe kraftig ned. Den norske kvoten på 4000 tonn som ble fastsatt i juni 2017 ble ikke fisket i 2017 eller 2018 på grunn av lite tilgjengelig krabbe utenfor den russiske sonen, men i 2019 ble det fangstet totalt 4037 tonn (oversikt over norske snøkrabbelandinger siden 2015 se Tabell 1 nedenfor). I 2020 er det registrert åtte norske fartøy i aktivt fiske, hvor det hovedsakelig er snakk om ombordfrysing av kokte cluster (ben med skulder).

ISSN 1891-0998, Nofima AS
(cc) BY-SA

Tabell 1 Oversikt over norske snøkrabbelandinger fra 2015 til og med 2019 (Kilde: Norges Råfisklag)

Snøkrabbelandinger	2015		2016		2017		2018		2019	
	Tonn	Mill NOK	Tonn	Mill NOK	Tonn	Mill NOK	Tonn	Mill NOK	Tonn	Mill NOK
Norsk ombordproduksjon	3 329	121	5 003	180	3 014	150	2 805	165	4 038	264
Utenlandsk ombordproduksjon	11 081	299	3 299	102	2	6				
Norsk levende	153	3	290	28						
Utenlandsk levende	1 566	32	1 651	28						
Total	16 129	455	10 243	318	3 142	156	2 805	165	4 038	264

«SnowMap»

I forskningsprosjektet «SnowMap» har vi studert hvordan det norske snøkrabbefisket i Barentshavet kan utnyttes best mulig. Vi har fokusert på sentrale ledd i verdikjeden for det norske snøkrabbefisket; inkludert fangst, prosessering og marked, og studert krabbens egenskaper for levendelagring, dens velferdsindikatorer, restråstoffmuligheter, forvaltningsløsninger og lønnsomhet i flåten.

I arbeidet med å optimalisere **fangsten** har forskerne blant annet utforsket bruk av lys og ulike typer teiner i fisket. I en studie utført i Barentshavet fant forskerne at krabbefangstene kunne økes med opptil 12 prosent ved å montere lys på innsiden av teinene (Nguen *et al.,* 2019). Den økonomiske gevinsten her er imidlertid usikker på grunn av investeringskostnadene. I tillegg er det utført atferdsstudier av snøkrabben ved bruk av dagens koniske krabbeteiner som viser seg å være ineffektive (pers med. Humborstad, 2020). Kun en liten andel av krabben som ble tiltrukket teinene endte opp med å bli fanget, i tillegg til at utformingen fanget undermålskrabbe. En rekke ulike nye teinedesign ble testet, men resultatene viser at det fortsatt er behov for å utvikle teiner som er både effektive for snøkrabbefisket, samtidig som de skåner småkrabber. Effekten av ulike typer agn har også blitt forsket på. Agn utgjør en betydelig kostnad i krabbefisket. I dag brukes hovedsakelig akkar som er et effektivt, men dyrt agn. Seks ulike agntyper ble testet ut i fisket og innvoller av torsk viste seg å kunne fungere like bra som akkar i snøkrabbefisket (Siikavuopio *et al.,* 2020b). Dette er positive funn i forhold til økonomisk lønnsomhet fordi torskeavfall er rimeligere enn akkar, og bærekraft siden man kan utnytte restråstoff fra et annet fiskeri på en god måte.

Levendelagring av snøkrabber har også vært i fokus. Erfaringene fra kongekrabben, hvor lønnsomheten økte betraktelig ved eksport av levende krabbe, gjør at man ønsker å få til eksport også av levende snøkrabbe. I enkelte viktige krabbemarked, som for eksempel i Sør-Korea, er levende sjømat høyt etterspurt. Våre undersøkelser i prosjektet viser at snøkrabber er meget robuste og sosiale dyr. De kan levendelagres i minst to måneder i temperaturer rundt 1 til 5 °C, uten fôring, uten at det går utover muskelkvaliteten eller fører til økt dødelighet (Lorentzen *et al.,* 2020b). Utfordringen er imidlertid at det er lett å skade snøkrabben under fangsthåndtering og levendelagring, noe som er svært lite ønskelig ved salg da det reduserer prisene betraktelig. Snøkrabbe har de samme gode biologiske forutsetningene som kongekrabbe for å bli solgt levende i markeder hvor levende sjømat er foretrukket - hvis man finner den optimale måten å transportere krabben på. Her må det forskes videre på samme måte som det blir prøvet og feilet for kongekrabben før de lyktes med levende eksport av den. I dag sendes levende kongekrabbe fra Finnmark, helt til Sør-Korea, som igjen ofte er en transporthub, før krabben sendes videre til andre asiatiske land eller til og med til USA.

Under temaet **prosessering** var målet å undersøke hvordan kvaliteten påvirkes av koking, frysing, frysetid, tining, og lagring i kjølt tilstand (Lorentzen *et al.,* 2020a; b; 2019; 2018). Kokeregime (tid og temperatur), frysemetode (lake eller blast), fryselagringstid, og tinemetode (i vann eller i luft) har betydning for produktets (clusterets) holdbarhet, drypptap og grad av misfarging (bluing). Blå misfarging har kun estetisk betydning og det medfører ikke noen helsefare å spise slike produkter. Det

ISSN 0803-6799, Nofima AS
(cc) BY-SA

er i prosjektet utviklet en metode for å gradsbestemme den blå misfargingen objektivt (Lian *et al.,* 2018).

For å sikre en bærekraftig produksjon av snøkrabbe, har identifisering av produkter og teknologiske løsninger som kan bidra til verdiøkning av **restråstoffet** vært i fokus. Her har vi testet forskjellige prosesseringsalternativer for utvinning av protein, astaxanthin og kitin (i skallet) og man har arbeidet for å optimalisere en flertrinnsprosess ment for fullstendig utnyttelse av kommersielt interessante komponenter i restråstoffet (Lindberg *et al.,* 2021). Det er videre gjort beregninger av omkostninger til investeringer og drift (CAPEX/OPEX) og undersøkt mulige markeder for salg av ulike produkter Lindberg *et al.,* 2020).

Marked for snøkrabbe er også studert (Cordeiro & Voldnes, In review; Bertheussen *et al.,* 2020; Bertheussen & Nøstvold, In Press). Snøkrabbe er et nytt produkt for norske aktører og industriaktørene har foreløpig satset på eksport av frosne cluster til markeder hvor vi er i sterk konkurranse med veletablerte leverandører som Russland og Canada. USA og Japan var i 2019 de største markedene for norsk snøkrabbe. I USA fikk vi vite at norsk snøkrabbe ble valgt fordi den er billigst (Voldnes, 2017). Det er ikke en ønskelig posisjon. Sør-Korea er også et viktig marked for snøkrabbe. Koreanerne foretrekker i stor grad levende sjømat. Levende betyr ferskt. Russland har her en fordel med at de kan levere levende snøkrabbe med båt direkte til Sør-Korea. Det har vært gjort forsøk med eksport av levende snøkrabbe med fly fra Norge, men foreløpig har dødeligheten vært altfor høy. I 2019 ble det derfor eksportert 1109 tonn fryste snøkrabbecluster fra Norge. Mulighetene til å lykkes med eksport av levende snøkrabbe er tilstede med de gode biologiske betingelsene og robuste lagringsevnene til snøkrabben, men det gjenstår fortsatt arbeid med å lykkes med gode transportløsninger som sikrer velferden og overlevelsen bedre. Pionérene i norsk snøkrabbefiske har i tillegg tatt stor investeringsrisiko og dagens flåte har begrenset mulighet for nye investeringer for blant annet å få levende råstoff på land (Bertheussen & Nøstvold, In Press). Produksjon på land kunne ha bedret forutsetningene for produktutvikling og innovasjon, og for å ta best mulig vare på restråstoffet.

Kina vokser frem som et spennende marked for norsk snøkrabbe og vi har i den forbindelse sett nærmere på markedstilgangen for norsk sjømat. Kina er med sine 1,4 milliarder mennesker, en stadig bedret økonomi og stort forbruk av sjømat, et ettertraktet marked for norsk sjømateksport (Cordeiro & Voldnes, In review). Det er imidlertid ikke uten utfordringer å eksportere til et marked med store institusjonelle og kulturelle ulikheter sammenlignet med Norge. Kina sin boikott av norsk laks etter tildelingen av Nobels fredspris til den kinesiske menneskerettsforkjemperen Liu Xiaobo i 2010, viser at markedet er ustabilt. Situasjonen er fortsatt ikke hundre prosent normalisert. Ønsker man å satse på det kinesiske markedet er det svært viktig med forståelse for kinesisk kultur og langsiktig perspektiv hvor en knytter nære, langsiktige relasjoner (Voldnes & Elde, 2020).

God **forvaltning og lønnsomhet** i norsk snøkrabbefiske er en viktig forutsetning for å kunne ha snøkrabbe som en varig norsk ressurs. Da fisket etter snøkrabbe startet i Barentshavet hadde man veldig lite kunnskap om arten, både om bestanden og denne type fiske. Det var også folkerettslige uklarheter knyttet til hvem som har rett til å fiske og hvem som skal forvalte snøkrabben. Snøkrabben er som tidligere forklart en sedentær art og forvaltningen bestemmes dermed av eierskap til sokkelen. Hovedmengden snøkrabbe er i russisk del av smutthullet og er dermed under russisk sokkeljurisdiksjon. I prosjektet har vi studert hvordan myndighetene, i samspill med forskning, næring og berørte land, har bygd kunnskap og foretatt nødvendige avklaringer for å sikre en bærekraftig forvaltning av snøkrabbefisket (Kvalvik, 2020).

Den økonomiske prestasjonen til den norske snøkrabbeflåten er studert gjennom estimat for fangstraten (CPUE) (Hogrenning & Henriksen, 2020). Studien har sammenlignet fangstraten (CPUE) for fangst tatt før og etter utestengelsen fra russisk del av Smutthullet (januar 2017). Estimatene er benyttet i en modell som også inkluderer inntekts- og kostnadsdata som beskriver næringen, og analysen antyder at utestengelsen har hatt en tydelig negativ effekt på lønnsomheten til flåten (Hogrenning & Henriksen, 2020). Videre er mulighetsområdet for det fremtidige norske snøkrabbe-fisket og faktorer som kan påvirke flåtens lønnsomhet utforsket.

ISSN 0803-6799, Nofima AS
(cc) BY-SA

Fortsatt gjenstår mye nyttig og interessant forskning på denne nye arten for Norge. Vi har flere prosjekter på gang og har stor tro på at denne krabben vil kunne bli ei lønnsom næring for fremtiden. Denne utgaven av Økonomisk fiskeriforskning tar for seg et lite utdrag av spennende forskning som er gjort på ulike tema i verdikjeden for snøkrabbe.

God lesing!

Vitenskapelig publisering

Bertheussen, B., B.H. Nøstvold & I. Ruiken (2020). Fishing for an institution-based first-mover advantage: The Norwegian snow crab case. *Ocean and Coastal Management*, **194**, pp. 1–8. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2020.105274

Bertheussen, B.A & B.H. Nøstvold (In Press). Sustainability of a first-mover strategy in the emerging Norwegian snow crab industry. *Ocean & Coastal management*.

Cordeiro, C. & G. Voldnes (In review). Economic sociology and cultural embeddedness: The example of market-as-network and a shared seafood business environment between Norway and China, *Journal of East-West Business*.

Hansen, H.S.B. (2016). Three major challenges in managing nonnative sedentary Barents Sea snow crab (*Chionoecetes opilio*). *Mar. Policy,* **71**: pp. 38–43.

Hogrenning, E. & E. Henriksen (2021). En kvantitativ studie av lønnsomhet i det norske snøkrabbefisket. *Økonomisk Fiskeriforskning,* **31**:1-2021 Spesialutg. Snøkrabbe, pp. 29–41.

James, P., D. Izquierdo-Gómez & S.I. Siikavuopio (2019). Use of reflex indicators for measuring vitality and mortality of the snow crab (Chionoecetes opilio) in captivity. *Aquaculture Research*, **50**:4, pp. 1321–1328. DOI: 10.1111/are.14008

Kuzmin, S.A., S.M. Akhtarin & D.T. Menis (1999). The first finding of snow crab Chionoecetes opilio (Fabricius) (Decapoda: Majidae) in the Barents sea. *Can. Transl. Fish. Aquacult.Sci*., **5**: pp. 56–67.

Kvalvik, I. (2021). Snøkrabben – en forvaltningsutfordring. *Økonomisk Fiskeriforskning,* **31**:1-2021 Spesialutg. Snøkrabbe, pp. 13–28.

Lian, F., Måge, I., Lorentzen, G., Siikavuopio, S.I., Øverbø, K., Vang, B. and Lindberg, D., (2018). Exploring the effect of inhibitors, cooking and freezing on melanosis in snow crab (*Chionoecetes opilio*) clusters. *Food Control*, **92**, pp. 255–266. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.04.055

Lindberg, D., R.G. Solstad, J.-A. Arnesen, A.K. Helmers, I. Pleym & R. Dragøy (2021). Lab scale sustainable extraction of components from snow crab (Chionecetes opilio) co-products, and estimation of processing costs based on a small-scale demonstration plant (Biotep). *Økonomisk Fiskeriforskning,* **31**:1-2021 Spesialutg. Snøkrabbe, pp. 42–57.

Lorentzen, G., Lian, F., Martinsen, G. & Siikavuopio (2021). Varmebehandling av snøkrabbe cluster. *Økonomisk Fiskeriforskning,* 31:1-2021 Spesialutgave. Snøkrabbe, pp. 6-12.

Lorentzen, G., A. Hustad, F. Lian, A.E. Grip, E. Schrødter, T. Medeiros & S.I. Siikavuopio (2020a). Effect of freezing methods, frozen storage time, and thawing methods on the quality of mildly cooked snow crab (Chionoecetes opilio) clusters. *LWT*, **123**, pp. 109103. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109103

Lorentzen, G., F. Lian & S.I. Siikavuopio (2020b). Live holding of snow crab (Chionoecetes opilio) at 1 and 5 °C without feeding—Quality of processed clusters. *Food Control*, pp. 107–221. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107221

Lorentzen, G., F. Lian, A.A. Røhme, E. Johannessen, K.V. Grastveit, A.E. Grip & S.I. Siikavuopio (2019). Effect of freezing-thawing on weight loss, melanosis, and microbial growth in mildly cooked snow crab (Chionoecetes opilio) clusters. *LWT*, **108**, pp. 283–288. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.083

ISSN 0803-6799, Nofima AS

(cc) BY-SA

Lorentzen, G., G. Voldnes, R.D. Whitaker, I. Kvalvik, B. Vang, R.G. Solstad, M.R. Thomassen & S.I. Siikavuopio (2018). Current status of the red king crab (Paralithodes camtchaticus) and snow crab (Chionoecetes opilio) industries in Norway. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, **26**:1, pp. 42–54. https://doi.org/10.1080/23308249.2017.1335284

Nguyen, K.Q., O.B. Humborstad, S. Løkkeborg, P.D. Winger & S.M. Bayse (2019). Effect of light-emitting diodes (LEDs) on snow crab catch rates in the Barents Sea pot fishery. *ICES Journal of Marine Science*, **76**:6, pp. 1893–1901. https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz062

Nguyen, K.Q. & P.D. Winger (2019). A trap with light-emitting diode (LED) lights: Evaluating the effect of location and orientation of lights on the catch rate of snow crab (Chionoecetes opilio). *Aquaculture and Fisheries*, **4:**6, pp. 255–260. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2019.03.005

Nguyen, K.Q., S.M. Bayse, M. Donovan, P.D. Winger, S. Løkkeborg & O.B. Humborstad (2020). Increased catches of snow crab (Chionoecetes opilio) with luminescent-netting pots at long soak times. *Fisheries Research*, **230**, pp. 105685. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105685

Pers. med. Humborstad, O.-B. (2020). Havforskningsinstituttet.

Rotabakk, B.T., K. Heia, T.M. Rode, F. Lian & G. Lorentzen (2020). Developing a chromatic value for determining melanosis of high pressure processed snow crab (Chionoecetes opilio) clusters by digital imaging. *Food Control*, pp. 107223. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107223

Siikavuopio, S.I., R.D. Whitaker, B.S. Sæther, P. James, B.R. Olsen, T. Thesslund, A. Hustad & A. Mortensen (2017). First observations of temperature tolerances of adult male snow crab (Chionoecetes opilio) from the Barents Sea population and the effects on the fisheries strategy. *Marine Biology Research*, **13**:7, pp. 744–750. https://doi.org/10.1080/17451000.2017.1313989

Siikavuopio, S.I., G.S. Johansson, P. James & G. Lorentzen (2019). Effect of starvation on the survival, injury, and weight of adult snow crab, Chionoecetes opilio. *Aquaculture Research*, **50:**2, pp. 550–556. DOI: 10.1111/are.13926550

Siikavuopio, S.I., S. Bakke, B.S. Sæther, T. Thesslund & J.S. Christiansen (2019). Temperature selection and the final thermal preferendum of snow crab (Chionoecetes opilio, Decapoda) from the Barents Sea. *Polar Biology*, **42:**10, pp. 1911–1914. https://doi.org/10.1007/s00300-019-02530-3

Siikavuopio, S.I., O.B. Humborstad, G. Martinsen, A. Hustad & G. Lorentzen (2021). Evaluering av ulike agn til snøkrabbefiske i Barentshavet. *Økonomisk Fiskeriforskning,* **31**:1-2021 Spesialutg. Snøkrabbe, pp. 1–5.

Utdrag populærvitenskapelig publisering

Forfattere	Dato	Plattform	Sak	Lenke
2020				
Lorentzen,G., Siikavuopio, S., Johansen, A.-M.	Januar	Næringsnytte	Verdens fremste på krabbe	https://nofima.no/forskning/naringsnytte/verdens-fremste-pa-krabbe/
Lorentzen, G., Siikavuopio, S., Johansen, A.-M.	Januar	Creating value	World-leading crab research	https://nofima.no/en/forskning/naringsnytte/world-leading-crab-research/
Whitaker, R.	16. apr	iTromso.no	Forsker på bedre utnyttelse	https://www.itromso.no/pluss/eksklusiv/2020/04/16/Forsker-p%C3%A5-bedre-utnyttelse-21600614.ece
2019				
Siikavuopio, S., Lorentzen, G.	4. nov	Nofima.no	Verdens fremste på tverrfaglig krabbeforskning	https://nofima.no/nyhet/2019/11/verdens-fremste-pa-tverrfaglig-krabbeforskning/

ISSN 0803-6799, Nofima AS
(cc) BY-SA

Forfattere	Dato	Plattform	Sak	Lenke
2018				
Siikavuopio, S.	10. jan	Kystogfjord.no	«Egnet til levendelagring»	https://www.kystogfjord.no/nyheter/forsiden/Egnet-til-levendelagring
Siikavuopio, S.	28. jan	Fiskeribladet.no	«Snøkrabben kan gå 100 dager uten mat» -	https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=58154
Whitaker, R., Siikavuopio, S.	17. feb	Nordnorskdebatt.no	Den perfekte nye næringen for Svalbard	http://nordnorskdebatt.no/article/perfekte-nye-naeringen-svalbard
Gjerp-Solstad, R.	8. mars	forskning.no	«Prøving og feiling med snøkrabbens rødfarge»	https://forskning.no/blogg/fra-fjord-til-bord/proving-og-feiling-med-krabbens-skall
Voldnes, G.	5.juni	Reke- og Skalldyrskonferansen på Hell	Optimalisering av den nye norske ressursen – snøkrabba	
Siikvavuopio. S.	18.juni	NRK P1+	Snøkrabba, mulig ny næring for Svaldbard	https://radio.nrk.no/direkte/p1pluss#
Whitaker, R.	24. juli	Fiskeribladet	Forskere vil bidra til et mer lønnsomt snøkrabbefiske	https://fiskeribladet.no/tekfisk/nyheter/?artikkel=60921
Hogrenning, E., Kvalvik, I.	28. aug	Fiskeribladet	Lønnsomhet i snøkrabbefisket (debatt	https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=62057
Voldnes, G.	29. nov	Fiskeribladet	Tenk produktutvikling inntil vi løser hvordan vi skal frakte snøkrabbe levende	https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=63826
Voldnes, G.	5. des	Fiskeribladet	- Vi må knekke koden for levendefrakt av snøkrabbe	Papir
2017				
Siikavuopio, S.	10. april	Fiskeribladet	«Levendelagring vil styrke Banak»	Papir
Voldnes, G., Pleym, I.E.	29. april	Fiskeribladet.no	«Vi velger norsk snøkrabbe fordi den er billigst» - debatt/kronikk	https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=52676
Voldnes, G., Pleym, I.E.	3. mai	Fiskeribladet	«Vil vi være kjent som billigst?» - - debatt/kronikk	Papir
Voldnes, G., Pleym, I.E.	5. mai	Nofima.no	«Vi velger norsk snøkrabbe fordi den er billigst» - debatt/kronikk,	https://nofima.no/nyhet/2017/05/vi-velger-norsk-snokrabbe-fordi-den-er-billigst/
Lorentzen, G., Voldnes, G., Siikavuopio, S.	24. mai	Fiskeribladet	«Foredlingsindustri på krabbegir»	Papir (Grete L, Gøril V, Sten S)
Lorentzen, G., Voldnes, G., Siikavuopio, S.	25. mai	Fiskeribladet.no	«Foredlingsindustri på krabbegir»	https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=53265)
Whitaker, R., Lorentzen, G.	8. juni	Kapital	«Ny delikatesse i Barentshavet»	Papir (Ragnhild DW og Grete L)
Fylling-Jensen, Ø.	9. feb	Nordnorsk debatt	«Bestevenner av Arktis» - kronikk Øyvind F-J	http://nordnorskdebatt.no/article/bestevenner-arktis
Lorentzen, G.	19. juni	Nofima.no	«Samler all kunnskap om krabbe»	https://nofima.no/nyhet/2017/06/samler-all-kunnskap-om-krabbe
Fylling-Jensen, Ø. Whitaker, R.	20. juni	Fiskeribladet.no	«Blir snøkrabben Norges nye gullgruve?» - kronikk Øyvind F-J og Ragnhild DW	https://fiskeribladet.no/nyheter/?artikkel=53852&ref=rss
Voldnes,G.	29. aug	Seminar Ålesund Scandic Parken Hotel	Snøkrabbe - Norges nye gullgruve?	http://arenanorway.no/nyheter/nordea-presenterer-spennende-seminarrekke
Humborstad, O.-B.	30. okt	Havforskningsinstituttet	«Testar snøkrabbeteiner med lys»	http://www.imr.no/nyhetsarkiv/2017/oktober/testar_snokrabbeteiner_med_lys/nb-no

ISSN 0803-6799, Nofima AS
(cc) BY-SA

Evaluering av ulike agn til snøkrabbefiske i Barentshavet

Sten Ivar Siikavuopio[1], Odd Børre Humborstad[2], Gustav Martinsen[1], Anette Hustad[1] og Grete Lorentzen[1]

[1] Nofima, Muninbakken 9-13, Breivika, 9291 Tromsø (www.nofima.no)
[2] Havforskningsinstituttet, Nordnesgaten 50, 5005 Bergen

Sammendrag:
Akkar og sild er de vanligste agnene som blir brukt under snøkrabbefiske i Barentshavet i dag. Ut fra økonomiske og etiske betraktninger er det viktig å erstatte dagens agn med alternative restråstoffkilder som har liten alternativ bruk. Målet med prosjektet var derfor å teste ut alternative råstoffkilder som er billigere og mindre egnet til humant konsum. Forsøkene viser at det er mulig å få like god fangst ved bruk av innmat fra torsk som ved bruk av akkar, som regnes for å være det beste agnet til snøkrabbe i dag.

Abstract in English:
Squid and herring are the most common bait used during snow crab fishing in the Barents Sea today. Based on economic and ethical considerations, it is important find and replace this bait with alternative residual raw material sources with little alternative application. The experiments show that it is possible to get similar catch by use of offal from cod as by use of squid. Squid is considered the best bait in snow crab pots in Barents Sea.

Innledning

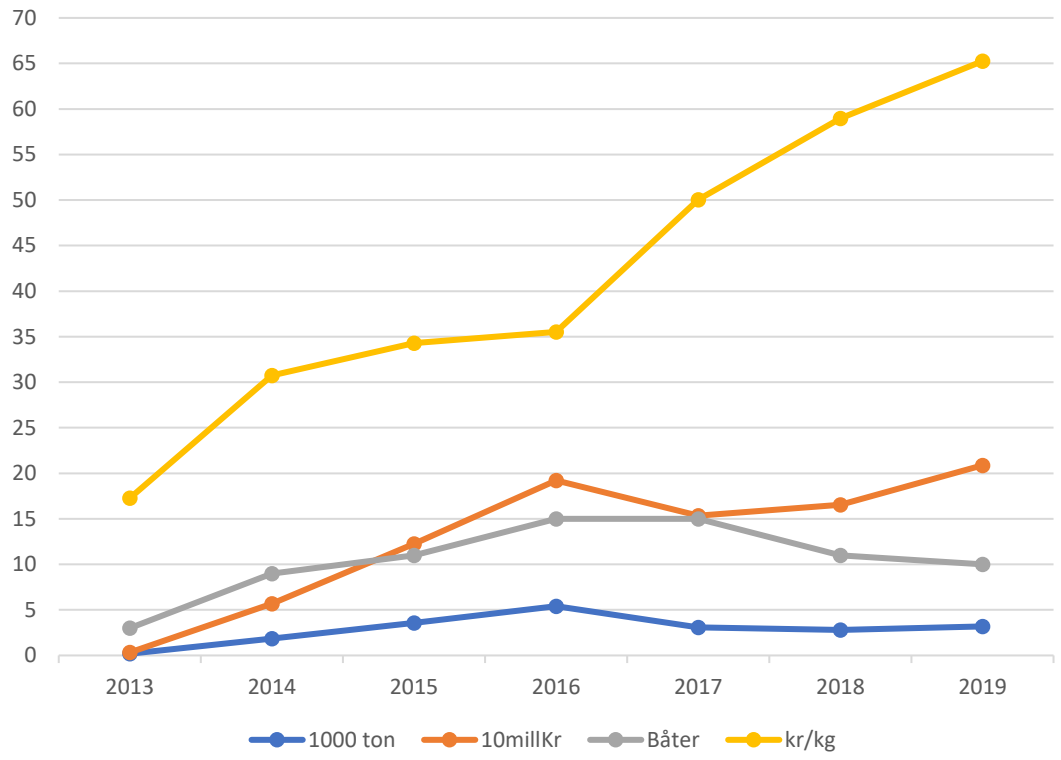
Snøkrabben (*Chionoecetes opilio*) ble første gang beskrevet av russiske forskere i Barentshavet ved Gåsebankene i 1996 (Kuzmin et al.,1999). Snøkrabbe er en kuldekjær art og har siden oppdagelsen spredt seg til det meste av det nordlige Barentshavet, inkludert Svalbard (Pavlov & Sundet, 2011). Hannen utgjør den kommersielle delen av bestanden og kan bli opptil 15 år gammel (maks skallbredde 16,5cm). Krabben vokser relativt sakte og det tar 8-9 år fra klekking til krabben er stor nok til kommersielt fiske. Snøkrabbe finnes på mellom 20 og 500 meters dyp på bløt- og eller sandholdig bunn innenfor et temperaturområde fra -1 til 5 °C i sitt naturlige utbredelsesområde (Hardy et al., 1994; 2000; Kuzmin et al, 1999). I Figur 1 gis en oversikt over utvikling i fangst, verdi, gjennomsnittspris og antall båter som har deltatt i snøkrabbefisket siden starten i 2013 og frem til 2019. I 2013 ble det fanget 200 tonn snøkrabbe, for så å øke til 5400 tonn i 2016. I 2017 ble fisket etter snøkrabbe kvoteregulert og den 24 mai 2018 ble snøkrabbe fredet i sommermånedene, i perioden 15 juni til og med 15 september. Antall båter som har deltatt har variert siden oppstart i 2013 med tre båter til 10 båter i 2019. Fangsten hadde i 2019 en førstehåndsverdi på rundt 200 millioner kr.

Krabbene fangstes ved bruk av kjegleformede koniske teiner som egnes og settes i lenke på havbunnen. Teinene står normalt ute i fra noen dager til en uke før de trekkes og nytt agn erstatter gammelt agn. Som agn er det mest vanlig å bruke akkar og sild både i de norske og canadiske fiskeriene (Grant & Hiscock, 2009; Lorentzen et al., 2018).

Det er stor variasjon i mengden agn som de ulike båtene bruker per teine (fra 700 gram til 2 kg). I gjennomsnitt på de fartøyene vi har benyttet i forsøkene brukes det cirka 1,5 kg med agn per teine. Videre varierer antall teiner som det fiskes med fra 5 000 til 12 000 som er maks tillatte antall teiner per båt. I gjennomsnitt snues cirka 1200 teiner per døgn per båt, og agnbehovet til en båt som har 250 effektive fiskedøgn vil da utgjøre cirka 500 tonn per år. Med en

(cc) BY-SA
Nofima AS

gjennomsnittspris på cirka 30 kr/kg for akkar vil agnkostnadene komme opp i 15 millioner kr i året per båt. I tillegg til at akkar og sild er dyrt (10 kr/kg), er det også mulig å bruke denne ressursen som menneskemat. Ut fra etiske-, og økonomiske bærekraftsbetraktninger er det derfor viktig å erstatte dagens agn med råstoffkilder som er billigere og som har liten alternativ bruk. Hovedmålet med denne studien var derfor å vurdereulike billigere agnalternativer og utnyttelse av restråstoffkilder i fisket etter snøkrabbe.



Figur 1 Oversikt over fangstutvikling (1000 tonn), verdi av fangsten (10 mill.kr), gjennomsnittspris (kr/kg) og antall båter som har deltatt i snøkrabbefisket siden starten i 2013 frem til 2019 (Kilde: Norges Råfisklag)

Materiale og metode

Det ble gjennomført tre ulike agnforsøk i perioden februar 2017 til januar 2018. De to første forsøkene ble gjennomført i samarbeid rederiet Opilio AS og mannskapet på M/S Northeastern i Barentshavet under kommersielt snøkrabbefiske. Det tredje forsøket ble gjennomført i samarbeid med Tromsbas AS, det også under kommersielt fiske. Teinene ble egnet med cirka 1,5 kg agn per teine og ståtiden varierte fra 5 til 7 dager. Det ble benyttet 9 ulike typer agn; akkar (kontroll), hele blåskjell, innvoller av torsk, torskerogn, torskehoder, krill, sei, seirygg saltet og seirygg fersk. Det ble benyttet både agnpose og agnboks i teinene. For å få så like fangstforhold som mulig ble de ulike agntypene testet på samme lenke med cirka 20 teiner med lik type agn. Antall krabber fanget per teine (CPUE) ble registrert for de ulike typene agn. Til sammen ble det satt over 3 000 teiner med i de tre fangstforsøkene. Statistiske analyser ble utført med SYSTAT v. 12 (Systat Software, Inc., USA). Forskjeller mellom gruppene ble analysert ved bruk av variansanalyse, etter at dataene var kontrollert for normalfordeling ved bruk av Kolmogorov-Smirnov Lilliefors (Zar, 1996). Kruskal-Wallis analyser ble brukt for data som ikke var normal fordelte (Zar, 1996). Signifikante forskjeller ble akseptert når $P < 0,05$.

Resultater

Fangstforsøk I

I forsøk nummer en ble det benyttet seks ulike agn. Gjennomsnittlig fangst av snøkrabbe fordelt på de ulike agntypene er vist i Tabell 1. Tabellen viser at innmat av torsk og hel akkar oppnådde signifikant høyere fangstrate enn de andre agntypene med henholdsvis 3,7 og 3,5 krabber per teine per uke (CPUE). Akkar og innmat av torsk hadde ikke signifikant forskjellig fangstrate. Det ble ikke funnet signifikant forskjell i fangstraten mellom agn av sei, krill og torskerogn, som fanget omtrent halvparten så godt som akkar og sild. Signifikant dårligst fangst hadde blåskjell, hvor fangstraten var på 0,04 krabber per teine.

Tabell 1 Gjennomsnittlig fangst per teine per uke (CPUE) ved bruk av 6 ulike agnkilder basert på kommersiell fangst i februar 2017. Bokstavene bak CPUE verdiene viser hvilke verdier som er signifikant forskjellig fra hverandre (P < 0,05).

Agn type	Ståtid (dager)	CPUE	Antall teiner
Akkar	7	3,52a	44
Blåskjell	7	0,04c	26
Innmat torsk	7	3,72a	123
Krill	7	1,51b	151
Sei	7	1,74b	102
Torskerogn	7	1,33b	126
Totalsum			572

Fangstforsøk II

Gjennomsnittlig fangstrate i forsøk nummer to er oppsummert i Tabell 2. De tre agnene hadde signifikant forskjellig fangstrate. Som tabellen viser hadde akkar langt høyere fangstrate enn fersk og saltet seirygg med 5,2 krabber per teine (CPUE). Teiner med fersk seirygg hadde en gjennomsnittlig fangstrate på 1,3, som var signifikant høyere enn saltede seirygger med en fangstrate på 0,97 krabber per teine.

Tabell 2 Gjennomsnittlig fangst per teine per uke (CPUE) med bruk av tre ulike agntyper. Ulike bokstaver bak CPUE verdiene viser signifikante forskjeller.

Agn type	Ståtid (dager)	CPUE	Antall teiner
Akkar	7	5,16a	996
Seirygg fersk	7	1,31b	481
Seirygg salt	7	0,97c	469
Totalsum			1945

Fangstforsøk III

Resultatene fra det tredje fangstforsøket er presentert i Tabell 3. Også i dette forsøket fanget akkar signifikant best (2,72) sammenliknet med torskehodene som hadde en CPUE på 1,42.

Tabell 3 Gjennomsnittlig fangst per teine per uke (CPUE) ved bruk av 2 ulike agnkilder under kommersielt fiske januar 2018. Ulike bokstaver bak CPUE verdiene viser signifikante forskjeller.

Agn type	Ståtid (dager)	CPUE	Antall teiner
Akkar	5	2,72a	286
Torskehoder	5	1,42b	265
Totalsum			551

Diskusjon

Et godt agn til snøkrabbefiske er et agn som har lang holdbarhet og den rette biokjemiske sammensetning av tiltrekningsstoff (attraktanter) i seg. Lang holdbarhet er spesielt viktig da ståtiden på snøkrabbeteinene i Barentshavet normalt sett er på mellom 5 og 7 dager (Lorentzen et al., 2017). I tillegg legges det i dag stor vekt på at agnet skal være kostnadseffektivt og bærekraftig. Dages snøkrabbeagn som er akkar og sild er kostbart og kan i tillegg brukes direkte til humant konsum. Det er dermed hverken et kostandeffektivt eller bærekraftig agn (Lorentzen et.al., 2018). Målet med forsøket var derfor å finne alternative agnkilder som har en bedre økonomisk og bærekraftig profil og som finnes i et slikt kvantum at det kan erstatte akkar og sild. Av andre agnforsøk på snøkrabbefangst i Barentshavet kjenner vi kun til et forsøk hvor det ble testet spekk fra sel og hval (Araya-Schmidt et al., 2019). I disse forsøkene kom selspekk best ut med en fangstrate som var lik kontrollagnet som var akkar.

I våre forsøk ble det testet ut ni ulike agn til snøkrabbe i Barentshavet. Resultatene viser at det kun var innmat av torsk som hadde samme fangsteffektivitet som akkar. En utfordring med bruk av innmat av torsk er at råstoffet kan variere mye i kvalitet avhengig av hva torsken har spist, og biokjemisk sammensetting av tiltrekningsstoff (attraktanter) vil være avhengig av sesong og håndtering av råstoffet etter slakting. Vårt materiale besto av restråstoff fra torsk som hadde blitt fanget på høsten og som hadde stor lever og som hadde beitet på sild. Dette er viktig å ta med i betraktningen ved evaluering av alternative agnkilder.

Videre fanget sei, torskehoder og krill halvparten så godt som akkar. Til sammenligning er både sei og torskehoder regnet for å være noe av det beste agnet man kan få når man fisker kongekrabbe (pers. med Erling Haugan, Rantind A/S). Forsøk med akkar som agn til kongekrabbe har vært mislykket og brukes ikke av dagens kongekrabbefiskere (pers med Erling Haugan, Rantind A/S). Dette tyder på artsspesifikke forskjeller i preferanse mellom konge- og snøkrabbe. Det er også verd å merke seg at ferske seirygger hadde høyere CPUE en saltede rygger. Årsaken til dette kan være at lagring og salting gir en annen biokjemisk sammensetning eller at saltede seirygger kan være litt mer oksydert og harsk sammenliknet med ferskfrossen seirygg, og at dette gir seg utslag i forskjellige preferanse.

Det dårligste agnet var blåskjell som ikke fungerte i det hele tatt. Her skal det nevnes at antall observasjoner var lavt og det ble brukt hele blåskjell, som kan ha bidratt til redusert luktavgivelse og dermed lav fangstrate. Hele blåskjell har heller ikke vist seg å fungere som agn til kongekrabbe (pers. med Erling Haugan, Rantind A/S).

Konklusjon

Agnforsøkene rapportert her viser at det er mulig å oppnå like god fangst ved bruk av innvoller fra torsk som ved bruk av akkar, som regnes for å være det beste agnet til snøkrabbe i dag. Men mer systematiske forsøk for å avdekke mulige variasjoner i råstoffkvalitet på innvoller av torsk bør gjennomføres før dette tas i bruk. Forsøk med å kombinere innvoller av torsk med sildeavskjær bør også vurderes for å se om det gir økte fangster. Videre fanget de andre agnene som ble testet relativt likt, men kun halvparten så godt som akkar. Et unntak var blåskjell som ikke fungerte. I våre forsøk ble ikke ulike agnkilder benyttet i kombinasjon med hverandre eller testet sammen med en redusert mengde med akkar. For å få et enda mere bærekraftig fiskeri bør det utvikles et kunstig agn for å komme helt bort fra restråstoff.

Referanser

Araya-Schmidt T, Olsen L, Rindahl L, Larsen RB, Winger PD. 2019. Alternative bait trials in the Barents Sea snow crab fishery. PeerJ 7:e6874 https://doi.org/10.7717/peerj.6874.

Grant S.M. & Hiscock W. 2009. A bait comparison study in the Newfoundland and Labrador snow crabChionoecetes opilio fishery: does Atlantic herring stand a chance against squid? Centre for sustainable aquatic resources, Fisheries and Marine Institute of Memorial University of Newfoundland and Labrador, Canada. P-314, 56 p.

Hardy D., Munro J. & Dutil J.D. (1994). Temperature and salinity tolerance of the soft-shell and hard-shell male snow crab, Chionoecetes opilio. Aquaculture 122(2), 249-265.

Hardy D., Dutil J.D.,Godbout, G. & Munro J.(2000) Survival and condition of hard shell male adult snow crabs (Chionoecetes opilio) during fasting at different temperatures. Aquaculture 189, 259-275.

Kuzmin S.A., Akhtarin S.M. & Menins D.T. (1999). The first finding of snow crab Chionoecetes opilio (Fabricius), in the Barents Sea. Canadian translation of Fisheries and Aquatic Science, No. 5667. 5 pp.

Lorentzen G., Voldnes G., Whitaker R.D., Kvalvik I., Vang B., Solstad R.J., Thomassen M.R. & Siikavuopio S.I., (2018). Current status of red king crab (Paralithodes camtchaticus) and snow crab (Chionoecetes opilio) industry in Norway, Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 26(1), 42–54.

Pavlov V.A. & Sundet, J.H. (2011) Snow crab. The Barents Sea, ecosystem, resources, management. Tapir academic press. 168-171.

Zar, J.H. (1996). Biostatistical Analysis. 3rd edn. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 662 pp

Varmebehandling av snøkrabbecluster

Grete Lorentzen, Federico Lian, Gustav Martinsen & Sten Ivar Siikavuopio

Nofima AS, Muninbakken 9-13, Breivika, 9291 Tromsø (www.nofima.no)

Sammendrag:
Den spiselige delen, clusteret, det vil si kjøttet i legger og klør, varmebehandles etter at snøkrabben er slaktet. Industriell varmebehandling innebærer gjerne en temperatur på over 95 °C i opptil 20 minutter. Hovedårsaken til den lange varmebehandlingen er å inaktivere enzymet polyfenoloksidase (PPO). Inaktivering av enzymet er viktig for å unngå at produktet får en blå misfarging (melanose). Målet i dette studiet var å undersøke produktegenskapene ved en litt lavere varmebelastning, det vil si 430 s i vann ved 87 °C og 148 s i vann ved 96 °C. En lavere varmebelastning kan være fordelaktig fordi det innebærer et lavere energiforbruk, kortere prosesseringstid, og et høyere utbytte. Den lave varmebelastningen førte til at PPO-enzymet ikke ble inaktivert, noe som resulterte i en rask utvikling av melanose. Cluster som var varmebehandlet ved 96 °C i 148 s hadde imidlertid en forsinket utvikling av melanose sammenlignet med varmebehandlingen ved 87 °C i 430 s. Dette indikerer at en kort tid ved høye temperaturer kan være en fremtidig løsning, men at ytterligere forsøk med optimalisering er nødvendig for å finne ut om dette kan være en fremtidig metode for industriell koking.

Abstract in english:
The edible part of the crab, i.e., the meat located inside the legs and the claws, is exposed to heat treatment after the slaughtering of the crab. In the industry, the crab is heated at temperatures above 95 °C up to 20 min. in order to inactivate the enzyme polyphenoloxidase (PPO). Prevalence of active PPO involves a development of blue discoloration, i.e., melanosis, of the cooked product. The aim of this study was to explore the effect of a lower heat exposure; i.e., 430 s at 87 °C and 148 s at 96 °C. A lower heat exposure can be beneficial in terms of lower energy requirement, shorter cooking time, and a higher yield. The heating regimen tested did not inactivate the PPO, resulting in melanosis. However, clusters heat treated at 96 °C in 148 s showed prevalence of melanosis at a later stage compared to to heat treatment at 87 °C in 430 s. This indicate that heat treatment at a short time at an elevated temperature has a future potential. However, further experiments are required to optimize the time and temperature before concluding if this can be a applied industrially.

Innledning

Snøkrabben som i dag fangstes blir prosessert fortløpende ombord på fiskefartøyene ute på feltet. Tradisjonell prosessering starter med slakting. Ved slakting blir clustrene splittet fra huset. Et cluster består av leggbein og klo festet i en skulder, og det spiselige kjøttet finnes kun i disse delene. Splittingen skjer maskinelt. Deretter grupperes clustrene etter vekt, og cluster innen samme vektgruppe kokes ofte samtidig for å sikre en lik varmeeksponering. Før koking er det en fordel å fjerne mest mulig av hemolymfevæsken gjennom en såkalt utblødning. Hemolymfen er «blodet» til krabben, og gjenværende hemolymfevæske kan bidra til at krabben får en blå/svart misfarging, noe som ofte beskrives som blueing eller melanose (Figur 1).

Melanosen skyldes i hovedsak enzymet polyfenyloksidase (PPO), og dette enzymet finnes i hemolymfevæsken, overflatemembranen og i leddene (Sae-leaw, & Benjakul, 2019; Lian *et al.,* 2018). Cluster som har en mørk misfarge på leggbeinene eller i skulderleddet oppfattes gjerne som mindre sensorisk attraktive sammenlignet med cluster uten slik misfarging (Lian *et al.,* 2018). Misfargingen kan enten bare være på skallet, eller både på skallet og på selve muskelen. Uavhengig av hvor misfargen er lokalisert, er det ikke farlig å spise kjøttet fra slike cluster.

(cc) BY-SA
Nofima AS

Figur 1 Melanose i kokt cluster av snøkrabbe (Foto: A. Agersborg Røhme, Nofima).

I industrien varmebehandles ferdig utblødde cluster ved å senke de i ferskvann på cirka 100 °C. Tid for varmebehandling er på cirka 20 minutter. For å oppnå en kokt muskel er det tilstrekkelig at kjernetemperaturen i muskelen er mellom 72 og 78 °C (Lian, 2019). De internasjonale anbefalingene for spiseklar mat er varmebehandling i minimum 2 minutter ved 70 °C (CCFRA, 1996). Kokingen har også en annen og viktig funksjon, den bidrar til at enzymet som forårsaker melanose inaktiveres. For å oppnå dette må imidlertid kjernetemperaturen være mellom 85 og 90 °C i minst 30 minutter (Williams, Mamo, & Davidson, 2007). Ved en høyere kjernetemperatur kan krabbene imidlertid kokes i kortere tid for å inaktivere dette enzymet.

Etter koking, kjøles clustrene raskt ned, for eksempel i sjøvann. Temperaturen på sjøvannet vil variere med årstiden, da temperaturen er høyere på sommeren/høsten enn ellers i året. Etter avkjøling, fryses clustrene. Frysing kan skje ved å senke krabben i underkjølt mettet saltlake med en laketemperatur mellom -18 og -20 °C. Alternativt kan frysing foregå i en tunnelfryser (blast) hvor kald luft blåses direkte over produktet. Etter innfrysing kan clustrene glasseres. Dette skjer enten ved dusjing med ferskvann, eller ved at de dyppes i en beholder med ferskvann. Begge glasseringsmetodene gir en ishinne, og andelen glasseringsis kan utgjøre opp-til 20 % av den totale vekten. Uavhengig av frysemetode pakkes clustrene i esker av kartong med en innerplastpose. Kartonger med kokte frosne cluster av snøkrabbe merkes med en holdbarhet på 2 år forutsatt lagring ved minimum -18 °C.

I forhold til en industriell prosess for varmebehandling, har vi i dette forsøket undersøkt hvilken betydning en lavere varmeeksponering vil ha for vektendring, melanose, og mikrobiell vekst ved lagring på 4 °C. En lavere varmeeksponering medfører et lavere energiforbruk og en kortere prosesseringstid totalt sett. Det antas også at tapet av vannløselige smaksstoffer (primært aminosyrer) fra muskelen blir mindre. Aminosyrene bidrar til den unike krabbesmaken på produktet. Det antas også at utbyttet kan påvirkes både av koketid og temperatur. I dette forsøket har derfor målet vært å studere effekten av en litt lavere varmeeksponering sammenlignet med det som i dag praktiseres i industrien. Denne artikkelen viser i hovedsak et utdrag av resultater som tidligere er publisert (Lorentzen *et al.*, 2019).

Material og metode

I mars 2017, ble snøkrabbe fangstet i Barentshavet (75°30.372 N-33°14.957 E) på 230 til 350 meters dyp. For å få oversikt over temperaturprofilen ved industriell koking ombord, ble kjernetemperaturen i utvalgte cluster logget (modell 175H1, Testo Ltd., Hampshire, UK). De siste

fangstene av krabbe ble lagret levende om bord i tanker og fraktet til Forsøksstasjonen i Kårvika. Krabbene ble restituert i 7 døgn i sjøvann på 3 ˚C i 6 m^3 kar. Deretter ble krabbene plukket ut av karene og fraktet tørt i polystyrenkasser til Nofima i Tromsø. Etter ankomst Nofima, ble krabbene oppbevart ved 2–3 °C, og prosessert etter cirka 15 timer. Gjennomsnittsvekten på krabbene var 604 ± 164 g.

Krabbene ble slaktet ved å splitte (skille) clustrene fra huset. Deretter ble lymfevæsken i clustrene redusert ved å la de blø ut i kar med ferskvann. Deretter ble clustrene delt i fire grupper. Gruppe 1 ble kokt 430 s i vann ved 87 °C, og gruppe 2 ble kokt på samme måten, men med 5 % NaCl i kokevannet. Gruppe 3 ble kokt 148 s i vann ved 96 °C, mens gruppe 4 ble kokt som gruppe 3 men med 5 % NaCl i kokevannet. Felles for alle gruppene var at kjernetemperaturen i clusterets tykkeste leggbein var på 80,8 °C. Clustrene fra de fire gruppene ble lagret på 4 °C i klimaskap umiddelbart.

Koketap

Koketapet ble beregnet som prosent vektendring av clustrene a) etter utblødning, b) etter koking, og c) etter avkjøling og drenering i forhold til vekt av rå cluster rett etter splitting. Beregningene ble utført på minimum 15 parallelle cluster for hver av de fire gruppene.

Drypptap

Drypptap ved lagring på 4 °C ble beregnet som prosent vektendring i forhold til vekt rett etter avkjøling og drenering. For å oppnå like betingelser for drenering ble alle clustrene plassert vertikalt i plastposene, med skulderleddet vendt ned.

Melanose

Melanose ble vurdert i 6 cluster i løpet av de første 48 timene på 4 °C. Det ble tatt bilder av clustrene under standardiserte betingelser og fire trente dommere gjennomførte deretter en scoring ut ifra bildene basert på en 5-punkt skala (Lian *et al.,* 2018). Cluster med 3, 4, eller 5 poeng ble definert til å være sensorisk akseptable. Denne 3 poengs grenseverdien er i henhold til tilsvarende studier for andre matvarer som er utsatt for enzymatisk misfarging (López-Gálvez *et al.,* 2015).

Mikrobiologiske analyser

Mikrobiologiske analyser av det totale antall bakterier (TVC) og *Pseudomonas* spp. ble utført som tidligere beskrevet (Lorentzen *et al.,* 2014). Den største leggen fra tre utvalgte cluster fra hver av de fire gruppene ble analysert på dag 4, 5, 7, 9 og 12 ved 4 °C lagringen. De mikrobiologiske resultatene ble uttrykt som $\log_{10}$ CFU/g.

Saltanalyser

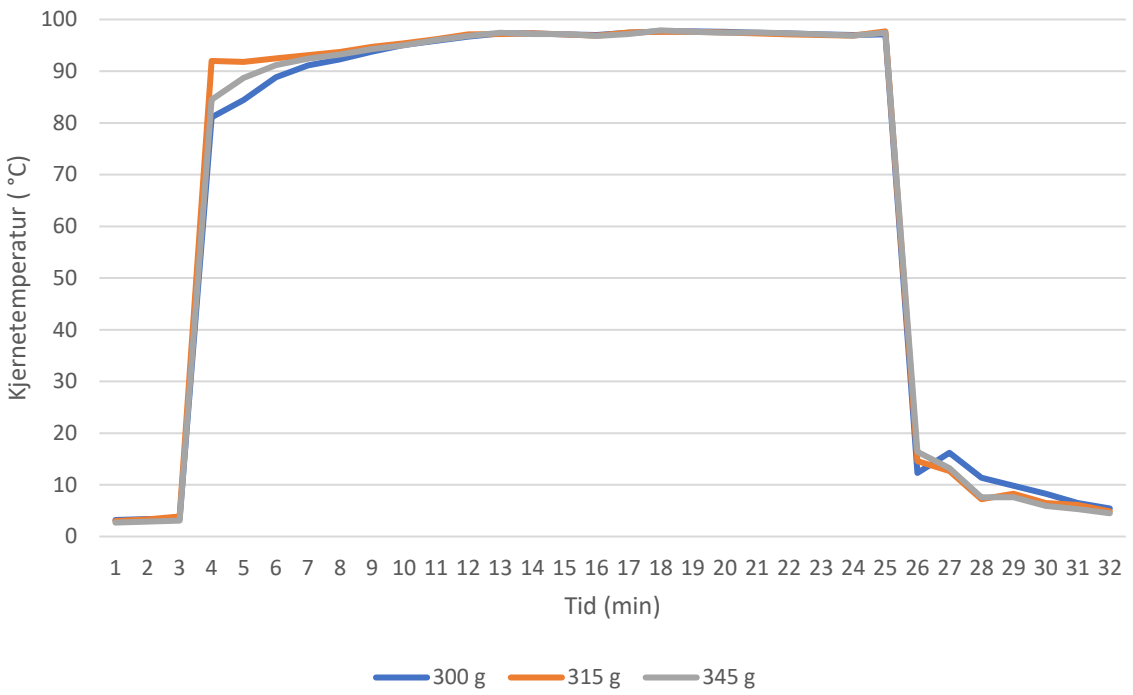
Saltinnholdet ble målt i muskelen fra ett leggbein i clusteret fra hver av de fire ulike gruppene. Analysen ble utført i henhold til standard prosedyre (AOAC, 1990).

Statistikk

Regresjonsanalyse, Scheffe's test, og Tukey's test på 5 % nivå ble utført for å avdekke eventuelle forskjeller mellom de fire ulike gruppene (SPSS windows version 25, SPSS Inc., Chicago, IL, USA). På grunn av et ulike antall prøver mellom de ulike gruppene, ble Scheffe's test anvendt for å finne eventuelle forskjeller i vektendring og drypptap, mellom de fire gruppene. Tukey's test ble utført for å finne eventuelle forskjeller i mikrobiologiske analyseresultater og melanose. I de tilfeller der antall bakterier var under deteksjonsnivået (< 1,7 log10 CFU/g), ble ikke Tukey's test utført.

Resultater og diskusjon

Temperaturprofilen på tre utvalgte cluster som gjennomgikk den industrielle kokingen og nedkjølingen er vist i figur 2.



Figur 2 *Temperaturprofil ved industriell koking og kjøling av snøkrabbecluster. Temperaturen er målt i kjernen i cluster på 300 (blå), 315 (oransje), og 345 (grå) g.*

I løpet av ett minutt hadde kjernetemperaturen steget fra cirka 3 °C til 81–92 °C etter at kurven med cluster ble overført til kokekaret. Etter 6 minutter hadde kjernetemperaturen nådd cirka 97 °C, og denne temperaturen vedvarte i cirka 13 minutter. Total tid i kokekaret var 21 minutter, og etter avsluttet kokeprosess, ble kurven med clustrene overført til sjøvann for avkjøling. I sjøvannet tok det cirka 7 minutter inntil kjernetemperaturen var redusert til cirka 5 °C. Selv med en vektvariasjon fra 300 til 345 g på de tre clustrene, fulgte de i stor grad samme temperaturprofil. Etter avkjøling ble clustrene frosset i frysetunell, glassert, pakket og lagret. Denne lange koketiden er primært for å inaktivere PPO-enzymet for å unngå melanose, f.eks. etter tining og kjølelagring. Selv om clustrene fra dette kokeforsøket ikke ble evaluert med hensyn på melanose i tint tilstand, antar vi likevel at dette ikke skjedde på grunn av den totale varmeeksponeringen.

I forsøkene med en lavere varmebelastning var det forskjeller i vektendring mellom de fire gruppene (Tabell 1).

Tabell 1 *Vektendring etter koking og drenering, og drypptap ved lagring på 4 °C (N=11).*

Temperatur kokevann (°C)/ Koketid (s)	5% (w/v) NaCl i kokevannet	Vektendring (%) etter koking og drenering	Dag 1	Dag 2	Dag 3	Dag 4	Dag 5
87/430	Ja	0,02 ± 0,85a	−2,19 ± 0,53a	−2,64 ± 0,58a	−2,84 ± 0,64a	−2,71 ± 1,41a	−3,65 ± 1,10a
	Nei	−1,14 ± 1,05b	−1,72 ± 0,78a	−2,30 ± 0,78a	−2,67 ± 0,91a	−2,35 ± 1,58a	−3,03 ± 1,08a
96/148	Ja	−0,53 ± 0,79ab	−2,21 ± 0,71a	−2,56 ± 0,81a	−2,71 ± 0,77a	−2,61 ± 0,97a	−3,00 ± 0,99a
	Nei	−0,54 ± 0,91ab	−1,57 ± 0,49a	−2,12 ± 0,60a	−2,38 ± 0,80a	−2,51 ± 0,78a	−2,72 ± 0,86a

Ulike bokstaver (a eller b) innen samme kolonne indikerer signifikant forskjell ($p < 0.05$).

Clustre i 87/430 gruppen kokt med salt viste en gjennomsnittlig vektøkning, mens de øvrige gruppene viste en gjennomsnittlig vektnedgang. I den påfølgende lagringen ved 4 °C viste 87/430-gruppen kokt med salt et større drypptap på dag 1 sammenlignet med cluster kokt uten salt. Det samme ble også observert for cluster i 96/148-gruppen.

Drypptap i de etterfølgende lagringsdøgnene viste ingen signifikante forskjeller mellom de fire gruppene ($p > 0{,}05$). Dette viser at saltets vannbindingseffekt i koketrinnet er kortvarig ved at det opphører i den påfølgende lagringsperioden på 4 °C.

Resultater for både vektendring og drypptap viser store standardavvik noe som indikerer store individuelle forskjeller mellom clustrene. Et høyt standardavvik på verdier for drypptap kan i tillegg forklares med at ikke alle clustrene var i en vertikal posisjon gjennom hele kjølelagringen. Varierende posisjoner gir mest sannsynlig ulike betingelser for å miste væske, det vil si drypptap ved lagring.

De første antydninger på melanose ble gjort allerede et par timer etter koking på clustrene fra alle fire gruppene. Misfargingen ble i hovedsak lokalisert på leddene i clusteret. Etter 6 timers lagring på 4 °C, var det ingen signifikant forskjell mellom de ulike gruppene ($p > 0{,}05$) (Tabell 2).

Etter 24 timers lagring ved 4 °C var det en signifikant større grad av melanose i clustrene fra 87/430-gruppen sammenlignet med 96/148-gruppen ($p < 0{,}05$). Dette viser at selv med den samme kjernetemperaturen på 80,8 °C er det en større inaktiveringseffekt av PPO ved 96/148 enn det er ved 87/430. Dette viser at kombinasjonen med en høyere vanntemperatur og kortere tid, er det mest gunstige for å redusere melanose. Resultatene viser at grad av melanose i langt større grad har sammenheng med total varmeeksponering på overflaten enn faktisk kjernetemperatur. Dette kan forklares med at enzymene som forårsaker melanose i stor grad er lokalisert til clusterets ledd og i muskelens overflatemembran (Gonçalves & de Oliveira, 2016). Disse delene vil raskt oppnå samme temperatur som i kokevannet, noe som igjen bidrar til redusert melanose.

Mikroorganismene som ble analysert var under deteksjonsnivået (< 1,7 $\log_{10}$ CFU/g) opp til dag 4 ved 4 °C (Tabell 3). For TVC var det ingen signifikante forskjeller mellom de ulike gruppene ved verken dag 7, 9, og 12. For *Pseudomonas* spp. var det et signifikant lavere nivå på dag 9 og 12 i gruppen 96/148 tilsatt salt ($p < 0{,}05$) sammenlignet med de øvrige gruppene.

Tabell 2 Visuell kvalitetsvurdering av melanose.

Temperatur i kokevannet (°C)/ Koketid (s)	5% (w/v) NaCl i kokevannet	Tid ved 4 °C (timer)	
		6	24
87/430	Ja	4,7 ± 0,5[a]	3,1 ± 0,9[a]
	Nei	4,5 ± 0,6[a]	3,1 ± 0,9[a]
96/148	Ja	4,8 ± 0,4[a]	4,5 ± 0,7[b]
	Nei	4,9 ± 0,3[a]	4,4 ± 0,7[b]

Ulike bokstaver (a eller b) innen samme kolonne indikerer signifikant forskjell ($p < 0.05$).

Tabell 3 Total antall bakterier (TVC) og Pseudomonas spp. for kokte cluster av snøkrabbe (N=3).

Temperatur i kokevannet (°C)/ Koketid (s)	5% (w/v) NaCl i kokevannet	TVC / *Pseudomonas* spp. ($\log_{10}$ CFU/g)			
		Dag 5	Dag 7	Dag 9	Dag 12
87/430	Ja	3,7/ND	5,4[a]/4,7[a]	6,5[a]/5,1[a]	8,4[a]/7,4[a]
	Nei	ND/ND	4,6[a]/3,9[a]	5,8[a]/4,7[a]	7,8[a]/6,9[a]
96/148	Ja	3,7/ND	5,6[a]/4,0[a]	6,5[a]/4,4[b]	8,0[a]/6,5[b]
	Nei	4,0/ND	5,5[a]/4,2[a]	7,6[a]/5,8[a]	8,1[a]/8,6[a]

Ulike bokstaver (a eller b) innen samme kolonne indikerer signifikant forskjell ($p < 0{,}05$).

Avsluttende bemerkninger

Varmeeksponeringen som ble testet ut i dette forsøket var langt lavere sammenlignet med den industrielle kokeprosessen. Med en lavere varmeeksponering, ble PPO-enzymet ikke fullstendig inaktivert. Ved å studere melanoseutviklingen i clusterene i den påfølgende lagringen ved 4 °C, ble det klart at PPO-enzymet ga en rask melanoseutvikling. Utvikling av melanose var den klart mest begrensende holdbarhetsfaktoren.

Ved å sammenstille melanoseutviklingen mellom de ulike gruppene hadde clustrene i gruppen 87/430 en holdbarhet på mindre enn 24 timer, mens clustrene fra 96/148-gruppen fremdeles var sensorisk akseptable etter 24 timer. Siden melanose ikke ble målt etter 24 timer, er det uvisst hvor lenge clustrene var over 3-poengsgrensen for melanose.

I tidligere holdbarhetsstudier med kokte snøkrabbecluster har vi konkludert med en holdbarhet på 10 døgn ved lagring på 4 °C (Lorentzen *et al.,* 2016). Bakgrunnen for denne holdbarheten var avvikende lukt. Clustrene i dette forsøket ble imidlertid kokt til en kjernetemperatur på minst 91 °C i kloa, noe som innebærer at kjernetemperaturen i leggene var høyere enn 91 °C. Det vil si at enzymene som forårsaker melanose ble inaktivert, og melanose ble heller ikke observert i lagringsperioden.

Dersom lav varmeeksponering skal anvendes bør dette kombineres med emballasjeløsninger som reduserer tilgangen på oksygen. Dette kan for eksempel være MAP (modifisert atmosfære pakking), eller vakumpakking (Kimbuathong *et al.,* 2020; Mohan *et al.,* 2017). Fravær av oksygen reduserer risikoen for misfarging, da PPO-enzymet krever oksygen for å være aktivt.

En lavere varmeeksponering kan være fordelaktig ut ifra at det tar kortere tid å koke krabbene i tillegg til at det er energisparende. I noen europeiske land kokes for eksempel taskekrabbe ved en lavere temperatur. Disse produktene selges gjerne som høykvalitetsprodukter i Storbritannina, Irland og Frankrike til en høyere pris (Lian, 2019).

En industriell kokeprosess som tar opptil 21 minutter med over 97 °C i kjernetemperatur er en stor varmebelastning for produktet. Selv om det i dette forsøket ikke ble målt på verken, utbytte eller melanose i cluster fra denne varmebehandlingen i tint tilstand, anbefaler vi at det utføres kokeforsøk med en kortere tid i vann ved høy temperatur, og at effekten av dette måles.

Referanser

AOAC. (1990). Official methods for analysis (15th ed.). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists, 937.09.

CCFRA (Campden and Chorleywood Food Research Association). (1996). Code of practice for the manufacture of vacuum and modified atmosphere packaged chilled foods. Guideline No. 11. Chipping Campden, Gloucestershire, UK: CCFRA.

Gonçalves, A.A. & A.R.M de Oliveira (2016). Melanosis in crustaceans: A review. *LWT - Food Science and Technology*, **65**, pp. 791–799.

Kimbuathong, N., P. Leelaphiwat & N. Harnkarnsujarit (2020). Inhibition of melanosis and microbial growth in Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) using high CO_2 modified atmosphere packaging. *Food Chemistry*, **312**, 126114.

Lian, F. (2019). Hva har krabber til felles med frukt? Tilgjengelig på https://nofima.no/blogg/hva-har-krabber-til-felles-med-frukt/

Lian, F., I. Måge, G. Lorentzen, S.I. Siikavuopio, K. Øverbø, B. Vang & D. Lindberg (2018). Exploring the effect of inhibitors, cooking and freezing on melanosis in snow crab (*Chionoecetes opilio*) clusters. *Food Control*, **92**, pp. 255–266.

López-Gálvez, F., P. Ragaert, M.A. Haque, M. Eriksson, M.C. van Labeke & F. Devlieghere (2015). High oxygen atmospheres can induce russet spotting development in minimally processed iceberg lettuce. *Postharvest Biology and Technology*, **100**, pp. 168–175.

Lorentzen, G., F. Lian, A.A. Røhme, E. Johannessen, K.V. Grastveit, A. Eyser Grip & S.I. Siikavuopio (2019). Effect of freezing-thawing on weight loss, melanosis, and microbial growth in mildly cooked snow crab (*Chionoecetes opilio*) clusters. *LWT – Food Science and Technology*, **108**, pp. 283–288.

Lorentzen, G., B.T. Rotabakk, S.H. Olsen, A.V. Skuland & S.I. Siikavuopio (2016). Shelf life of snow crab clusters (*Chionoecetes opilio*) stored at 0 and 4 °C. *Food Control,* **59**, pp. 454–460.

Lorentzen, G., G. Voldnes, R.D. Whitaker, I. Kvalvik, B. Vang, R. G. Solstad, … & S.I. Siikavuopio (2018). Current Status of the Red King Crab (*Paralithodes camtchaticus*) and Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) Industries in Norway. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, **26:**1, pp. 42–54.

Lorentzen, G., A.V. Skuland, I. Sone, J.-O. Johansen & B.T. Rotabakk (2014). Determination of the shelf life of cluster of the red king crab (*Paralithodes camtschaticus*) during chilled storage. *Food Control*, **42**, pp. 207–213.

Mohan, C.O., C.N. Ravishankar & T.K. Srinivasa Gopal (2017). Effect of Vacuum Packaging and Sous Vide Processing on the Quality of Indian White Shrimp (*Fenneropenaeus indicus*) During Chilled Storage. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **26**:10, pp. 1280–1292.

Sae-leaw, T. & S. Benjakul (2019). Prevention of melanosis in crustaceans by plant polyphenols: A review. *Trends in Food Science & Technology,* **85**, pp. 1–9. doi:10.1016/j.tifs.2018.12.003

Williams, H.G., J. Mamo & G.W. Davidson (2007). Polyphenoloxidase and Its Thermal Deactivation in Western Rock Lobster (*Panulirus cygnus*) Processing. *Journal of Aquatic Food Product Technology*, **16**:1, pp. 87–102. doi:10.1300/j030v16n01_07

Snøkrabben – en forvaltningsutfordring

Ingrid Kvalvik

Nofima, Muninbakken 9-13, Breivik, 9291 Tromsø (www.nofima.no)

Sammendrag:
Snøkrabben (*Chionoecetes opilio*) er en ny art i Barentshavet, hvor kommersielt fiske startet i 2013. I dette arbeidet analyseres prosessen med å etablere det norske forvaltningsregimet for snøkrabbefisket i Barentshavet ved hjelp av begrepet forvaltbarhet. Ved fiskets oppstart var det veldig lite kunnskap om krabben og uklart hvem som skulle forvalte den og hvordan. Analysen viser hvordan et forvaltningsregime har blitt gradvis utviklet i tråd med nødvendige avklaringer, kunnskapsinnhenting og erfaring med fisket. I løpet av sju år har myndighetene arbeidet seg fra et uforvaltbart til et forvaltbart fiskeri.

Abstract in english:
The snow crab (*Chionoecetes opilio*) is a new species in the Barents Sea, where commercial fishing began in 2013. This work analyzes the process of establishing the Norwegian management regime for snow crab fishing in the Barents Sea using the concept of governability. At the start of the fishery, there was very little knowledge about the crab, and it was unclear who should manage it and how. The analysis shows how a management regime has been gradually developed in line with the necessary clarifications, knowledge acquisition and experience with the fishery. In seven years, the snow crab fishery in the Barents Sea has changed from an ungovernable to a governable resource.

Innledning

Hvordan blir en fornybar naturressurs mulig å forvalte, eller forvaltbar? Snøkrabben (*Conoecetes opilio*) er en ny art i norske farvann. Det første eksemplaret ble tatt på norsk side i Barentshavet i 2003. Kommersielt fiske startet imidlertid ikke før i 2013, da tre norske fartøy fisket 190 tonn i Smutthullet. Det var på det tidspunktet ikke fastsatt noen reguleringer av snøkrabbefisket. Kunnskapen om snøkrabbe, både om bestanden og denne typen fiske var veldig liten. Det var folkerettslige uklarheter knyttet til hvem som har rett til å fiske og hvem som skal forvalte snøkrabben. Oppstarten av fisket skapte et behov for å avklare disse forholdene. Både adgang til fisket og uttak av krabben måtte reguleres. Man trengte et forvaltningsregime. Men hvordan forvalte det ukjente? I dette arbeidet analyseres prosessen med å etablere det norske forvaltningsregimet for snøkrabbefisket i Barentshavet i lys av den usikkerheten og de uavklarte forholdene som fisket de første årene fant sted under.

I neste kapittel presenteres studiens analytiske tilnærming. Dette er etterfulgt av en gjennomgang av vitenskapelige, havrettslige og politiske uklarheter om den norske forvaltningen av snøkrabbefisket. Kapittel 4 gir en analyse av etableringen av den norske snøkrabbeforvaltningen. I kapittel 5 diskuteres prosessen med å skape snøkrabben som et forvaltningsobjekt, som avslutningsvis gir grunnlag for noen oppsummerende betraktninger rundt betingelsene for at en fornybar ressurs skal bli forvaltbar.

Forvaltningssystem, forvaltningsobjekt og forvaltbarhet

Forvaltning (governance) er et vidt og mangslungent begrep, men brukes generelt til å betegne hvordan noen styrer noe gjennom lover, normer, insentiver og makt (Rhodes, 1996). Norsk fiskeriforvaltning handler om hvordan myndighetene gjennom lover, regler, ulike samhandlingsformer styrer fiskerne for å sikre et bærekraftig fiskeri og ei lønnsom næring. Myndigheter blir ofte kritisert for ikke å forvalte

BY-SA
Nofima AS

fiskeriene godt nok, men Kooiman og kolleger (Kooiman *et al.,* 2005; Kooiman & Bavinck, 2013) argumenterer for at dette synet er for snevert. Heller enn utelukkende å tillegge mislykket eller manglende forvaltning til forvaltningssystemet må man også ta i betraktning fiskeriet, altså det som skal forvaltes. På bakgrunn av dette har de utviklet et rammeverk til å analysere i hvilken grad et fiskeri er forvaltbart (governable). Noe forenklet er deres utgangspunkt at forvaltning består av to enheter, de som styrer (the governance system) og det eller de som blir styrt – forvaltningsobjektet (the system-to-be-governed) og interaksjonen mellom dem. Overført til fiskerisektoren vil fiskeriforvaltning bestå av et forvaltningssystem (governing system) som regulerer menneskers (fiskeres) adferd for å ivareta bestander og tilhørende økosystem (social and natural system-to-be-governed). For det som skal forvaltes skiller man mellom to undergrupper, det naturlige økosystemet og det sosioøkonomiske systemet. Det naturlige systemet i en fiskerikontekst er det marine miljøet, planter, dyr/fisk og andre organismer i økosystemet og habitatene de lever i. Det sosioøkonomiske systemet består av direkte og indirekte høstere av ressursen. Aktørene kan ha felles, men like gjerne motstridende interesser, slik at aktiviteten deres kan lede til konkurranse, konflikt og i verste fall ressursforringelse (Jentoft & Chuenpagdee, 2013). Begrepet forvaltbarhet, eller governability, brukes til å betegne et systems evne til å forvalte slike komplekse sosiale og naturlige systemer (Kooiman & Bavinck, 2013), som et fiskeri er. Hvorvidt et fiskeri er forvaltbart avhenger av i hvilken grad man gjennom kunnskap og interaksjon med de og det som skal forvaltes klarer å designe forvaltningssystemet slik at de matcher de aktuelle utfordringene i forvaltningsobjektet (Chuenpagdee & Jentoft, 2009).

Song og kolleger (Song *et al.*, 2018) er kritiske til måten Kooiman og kolleger skiller mellom systemene, og peker på at begrensningene i forvaltbarheten ikke trenger være strukturelle, det vil si at det ikke trenger være forvaltningssystemets kapasitet som er utfordringen. De vektlegger i enda større grad betydningen av samspillet mellom de som styrer (governance system) og de som blir styrt (system-to-be-governed), hvor også forvaltningen konstitueres gjennom samhandlingen mellom dem (Song *et al.*, 2018; Johnsen, 2017). Det vil si at det ikke bare er avklaringen av hva som skal forvaltes og de tiltakene som iverksettes som påvirker hvorvidt man får en god forvaltning, men også hvordan det som forvaltes responderer på forvaltningssystemets intervensjoner. Et sentralt element er derfor at regjeringskunst (governmentality) er en av betingelsene for forvaltbarhet (Johnsen, 2017).

Rammeverket til Kooiman og kolleger er utviklet for å analysere fiskerier i områder med svak forvaltning og svake institusjoner, noe som kan forklare deres fokus på forvaltningssystemets kapasitet. I Barentshavet er forvaltningen en robust institusjon støttet av sterke stater, med en forvaltning basert på internasjonal lov, som anerkjennes også av land med motstridende interesser. Forvaltningskapasiteten er slik formidabel. I Barentshavet er det to kyststater, Norge og Russland, som gjennom havretten har suverenitet til å forvalte de levende marine ressursene i sine 200 nautiske mils økonomiske soner og på kontinentalsokkelen. I tillegg finnes et område, Smutthullet, som er åpent hav hvor også andre land (på visse betingelser) har rett til, og etter avtale får høste av fiskeressursene, men hvor de også plikter å samarbeide om forvaltning av fisket.

Den norske forvaltningen finner sted innenfor et velutviklet forvaltningssystem (governing sytem), hvor forskning og offentlige reguleringer, håndheving og kontroll, i tillegg til internasjonalt samarbeid om delte og felles bestander, utgjør hovedelementene. Reguleringene kan grovt deles i to typer; adgangskontroll og tekniske reguleringer. Adgangskontroll skal regulere fangstkapasiteten, og gir aktører tilgang til å fiske ut fra bestemte kriterier. De tekniske reguleringene, sammen med kvoter, gir bestemmelser om hvor mye og hvordan fisket skal utøves og legger begrensinger på redskapsbruk, hvilke områder og perioder det kan fiskes. Dette skal sikre et lønnsomt og langsiktig bærekraftig fiske. Vi har også forskningsinstitusjoner som leverer kunnskapen som legger grunnlaget for denne forvaltningen. Kunnskap om ressursen, dens størrelse, utbredelse, påvirkning på og av andre arter og så videre er sentral for å sikre en

god forvaltning. Til sammen vil en slik kartlegging gjøre snøkrabben til en ressurs som gjør det mulig for forvaltningsmyndighetene å håndtere den. Det er et system som er utviklet over lang tid, og som jevnlig justeres basert på endringer i bestandene, fiskeflåten og markedet. Gjennom faste møter mellom forskning, næring og forvaltningsmyndigheter, og mellom fiskerimyndighetene i land vi deler bestander med, fastsettes og endres reguleringene. Fiskeriforvaltningen finner slik sted innenfor et system av etablerte praksiser, aktører og rettigheter. Både det nasjonale og internasjonale forvaltningsrammeverket var slik på plass med en mengde forvaltningsverktøy da fisket etter snøkrabbe i Barentshavet startet.

Spørsmålet blir derfor hvordan et forvaltningsregime for en ny art blir konstruert i en slik kontekst. Ved oppstart av snøkrabbefisket i Barentshavet var det hverken klart hva som skulle forvaltes (system-to-be-governed) eller av hvem (hvilket governance system, nasjonalt, bilateralt eller multilateralt). Dette påvirket forvaltningssystemets mulighet til å forvalte snøkrabbefisket ved fiskets oppstart, tross stor forvaltningskapasitet. Prosessen som ble igangsatt for å gjøre fisket forvaltbart (governable) handlet om å konstruere forvaltingsobjektet. I vårt tilfelle er det altså ikke forvaltningskapasiteten som er utfordringen, men evnen til å definere krabben slik at den blir forvaltbar i tråd med Norges interesser.

Studien er basert på dokumentanalyser av relevante reguleringer, forskrifter og høringer, den offentlige kommunikasjonen mellom departement, direktorat og forskning gjennom tildelingsbrev og årsrapporter, samt vitenskapelige vurderinger og anbefalinger fra Havforskningsinstituttet, og fangststatistikk fra Råfisklaget. I tillegg er det gjennomført samtaler med relevante fagfolk i Nærings- og fiskeridepartementet, Fiskeridirektoratet, Råfisklaget og Havforskningsinstituttet i perioden 2017–2020. Samtalene ble brukt til å bekrefte forståelsen av dokumentene, samt å få informasjon om bakgrunnen for beslutningene og prosessen med å etablere forvaltningsregimet for snøkrabbefisket. I tillegg er vitenskapelige artikler og konferanseframlegg om snøkrabbens utbredelse og økosystemeffekter, samt nyhetssaker om snøkrabbefisket brukt som grunnlag for å illustrere ulike aspekter rundt etableringen av forvaltningsregimet. Til sammen gir dette materialet innsikt i prosessen rundt etableringen av snøkrabbeforvaltningen i Norge.

Vitenskapelig, politisk og rettslig uklarhet - hva og hvem skal forvaltes?

I Norge hadde man lite kunnskap om snøkrabben og liten erfaring med å forvalte krabbefiske på dypt vann langt til havs. I tillegg var det både rettslige og vitenskapelige uklarheter rundt snøkrabben som ville påvirke dens forvaltning. To store spørsmål var sentrale ved oppstarten av fisket; hvem skal få eller har retten til å høste av den nye ressursen og hvordan skal den forvaltes. Det første spørsmålet var knyttet til havrettslige og politiske avklaringer om retter og plikter etter havrettskonvensjonen og norsk fiskerilovgivning, samt politiske avveiinger. Det andre spørsmålet var knyttet til kunnskapen om ressursen. Man visste lite om krabben; hvor den kom fra, dens utbredelse og bestandsstørrelse og videre utbredelse, samt påvirkning på andre kommersielle og ikke kommersielle arter i økosystemet. Utfordringen myndighetene sto overfor var derfor å få etablert kunnskap som fjernet usikkerheten og gav grunnlag for å skape forvaltningsobjektet på en måte som gjør at vi kan bruke våre verktøyer på det. Hvordan snøkrabben ble definert ville avgjøre hvem som skulle forvalte, og slik hvilke verktøy som var tilgjengelig.

Hvor kommer den fra?

Det første funnet av snøkrabbe ble gjort av russerne øst i Barentshavet i 1996. Krabben fantes ellers i Beringhavet, på østkysten av Canada og langs vestkysten av Grønland. Forskerne var usikre på hvordan krabben kom til Barentshavet og slik hvor den kom fra. Hypotesene var at den enten ble innført som larver med ballastvann fra østkysten av Canada av russiske forsyningsfartøy (og da blir å regne som en fremmed art) eller at den har spredt seg langs nordkysten i Russland fra øst (og at arten slik naturlig har utviklet

sitt utbredelsesområde). Det var ventet at genetiske analyser ville gjøre det mulig å fastslå opphavet (Alvsvåg *et al.,* 2009; Sundet & Bakanev 2014; Anon., 2011). Konklusjonen ville påvirke handlingsrommet til norske myndigheter i forvaltningen av snøkrabben.

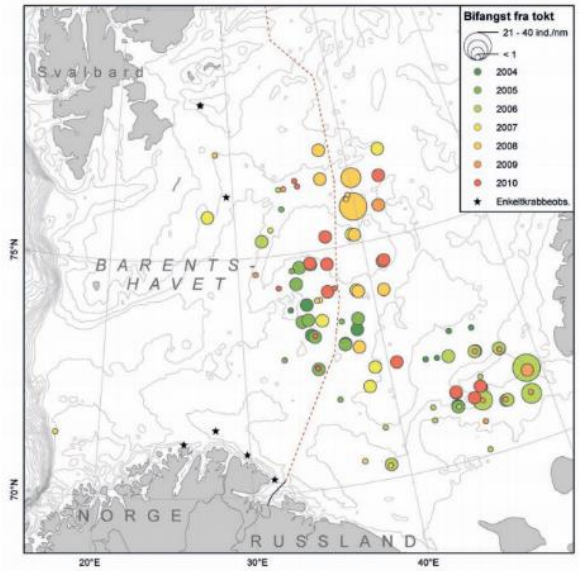
Ønsket eller uønsket?

Norge er gjennom konvensjonen om biologisk mangfold forpliktet til, "så langt det er mulig og hensiktsmessig, å forhindre innføring av, kontrollere eller utrydde fremmede arter som truer økosystemer, habitat eller arter" (Anon. 1992, Artikkel 8, § h). Hvorvidt snøkrabben skal betraktes som en fremmed og uønsket art og om den har negative effekter på andre arter i økosystemet i Barentshavet var uklart og slik også Norges forpliktelser. Et viktig premiss for den norske snøkrabbeforvaltningen er om krabben skal anses som en uønsket art som man burde utrydde eller i alle fall forsøke å begrense utbredelsen av, eller om den skal anses som en (ønsket) kommersiell art som skal forvaltes for å sikre et størst mulig og langsiktig utbytte. Den vitenskapelige avklaringen av hvordan snøkrabben kom til Barentshavet bestemmer slik hva den "er", som igjen avgjør hvilke intervensjoner som kan iverksettes. Kunnskapen setter premisset for hvordan den skal forvaltes.

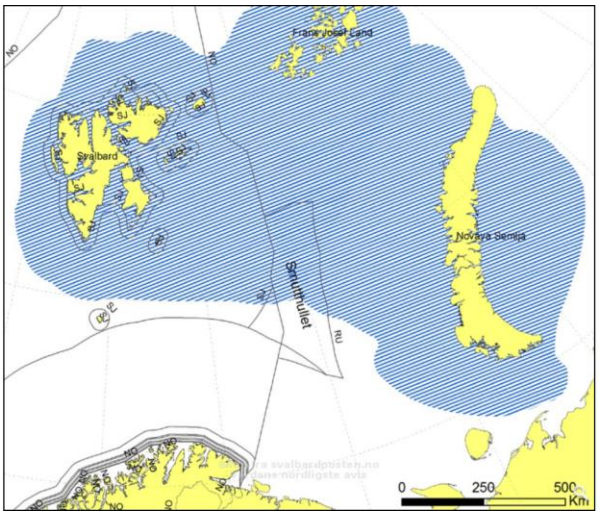
Ved snøkrabbefiskets oppstart hadde myndighetene ikke tatt stilling til hvordan den skulle forvaltes. På bakgrunn av manglende empiriske studier av effekten av snøkrabben i Barentshavet og etablert kunnskap om snøkrabben i andre havområder, ble den allerede i 2007 satt på Norsk svarteliste (Anon., 2007). Vedtaket var begrunnet i risikoen for negative effekter på biologisk mangfold. Det ble antatt at den i hovedsak ville påvirke bunndyrsamfunnene (Anon., 2011). Ut over svartelistingen og registrering av snøkrabber som ble tatt av fiske- eller forskningsfartøy, var det ikke fattet noen forvaltningsrelaterte beslutninger av snøkrabben før fisket startet i 2013.

Hvor stor er og blir bestanden og dens utbredelse?

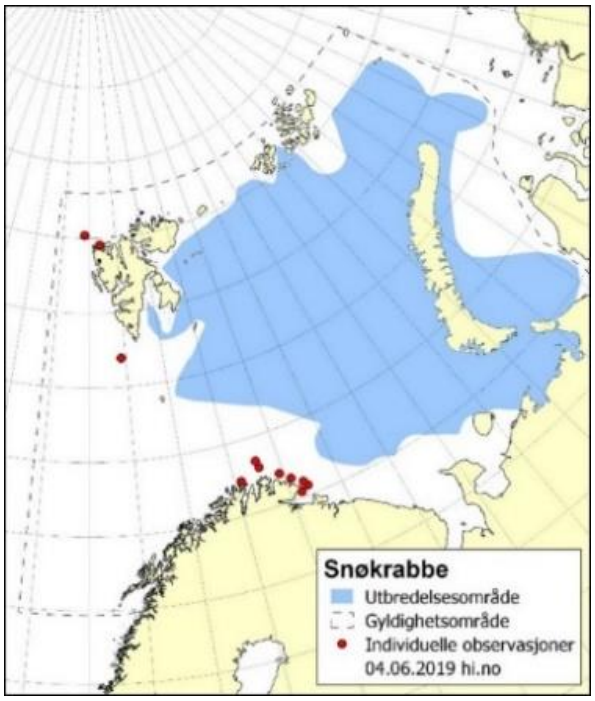
Selv om myndighetene hadde lite kunnskap om snøkrabben, visste man at snøkrabben holdt på å etablere seg i norske farvann. Ved oppdatering av forvaltningsplanen for det marine miljø i Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten hadde både fiskere og forskningsfartøy gjort jevnlige funn av snøkrabbe i store deler av Barentshavet (Figur 1) og det ble slått fast at bestanden vokser og utvider sitt utbredelsesområde (Anon., 2011). Basert på den historiske utviklingen av bestanden, artens temperaturpreferanser, foretrukket bunnsedimenttyper og dybde antok man at snøkrabbe ville få en mer nordlig utbredelse enn den kystnære kongekrabben og hovedsakelig etablere seg i Smutthullet og områdene rundt Svalbard (Figur 2). Figur 3 viser dagens utbredelse.



Figur 1 Bifangster av snøkrabbe gjort av fiskefartøyer (sort stjerne) og på Havforskningsinstituttets tokt (sirkler) i tidsrommet 2004–2010. Størrelsen på sirklene angir relativt antall krabber tatt i de enkelte posisjonene. (Kilde: Havforskningsinstituttet, Anon., 2011)



Figur 2 Forventet framtidig utbredelse av snøkrabbe i Barentshavet (Havforskningsinstituttet, 2015; Anon., 2015b)



Figur 3 Dagens utbredelse av snøkrabbe i Barentshavet (Havforskningsinstituttet, 2019) https://www.Havforskningsinstituttet.no/Havforskningsinstituttet/temasider/arter/snokrabbe

Mine, dine eller våre krabber?

Snøkrabbens utbredelse vil ikke bare påvirke hvor snøkrabben kan fiskes. Resultatet av kartleggingen vil også legge premiss for forvaltningen, da den er bestemmende for hvilke rettigheter (og plikter) ulike stater har. I utgangspunktet kan kyststatene forvalte fiskeressursene i sine eksklusive økonomiske soner. Det første norske fisket etter snøkrabbe i 2013 fant som nevnt sted i Smutthullet i Barentshavet. Smutthullet er havområdet som ligger utenfor Norge og Russlands eksklusive økonomiske soner og er internasjonalt farvann. Men Havrettskonvensjonens artikkel 77 gir også kyststatene rett til å forvalte ressurser på kontinentalsokkelen selv om denne strekker seg ut over 200 nautiske mil. Snøkrabbefisket foregår i et område der størstedelen er russisk sokkel, mens et mindre område lengst vest er norsk sokkel (området vest for den stiplede streken i Figur 4). Dette har påvirkning på hvem som har rett til å forvalte, og fiske, krabben.

Figur 4 Norges maritime grenser i Barentshavet (Kilde: Meld. St. 7 (2011–2012) Nordområdene)

Det avgjørende spørsmålet er om snøkrabben er å regne som en fisk eller som en sedentær art. Sedentære eller bunnarter er organismer som på det stadium de kan utnyttes, enten er ubevegelige eller ute av stand til å bevege seg uten å være i konstant fysisk kontakt med havbunnen (Anon., 1982, artikkel 77). Dette er et biologisk spørsmål, men i forvaltningsøyemed er det den havrettslige statusen som er avgjørende. Som en sedentær art vil den falle under Havrettskonvensjonens artikkel 77 og skal forvaltes under sokkelbestemmelsen. Det vil da

være kyststaten som forvalter krabben, i hele dens utbredelse på statens kontinentalsokkel og "ingen kan drive slik virksomhet uten kyststatens uttrykkelige samtykke" (ibid.). Som en ikke-sedentær art skal den forvaltes som en fisk, slik at krabben når den befinner seg utenfor statenes jurisdiksjon, normalt 200 nautiske mil fra kysten, skal forvaltes i fellesskap (ibid., artikkel 118). Hvis snøkrabben skal forvaltes som en fisk skal fisket i Smutthullet forvaltes bilateralt mellom Norge og Russland eller gjennom den nordøstatlantiske fiskerikommisjon (NEAFC), hvor fem kyststater (Norge, Russland, EU, Island og Danmark på vegne av Grønland og Færøyene) samarbeider om forvaltningen av bestander som vandrer ut i internasjonalt farvann i nordøst Atlanteren. Hvis forskningsmiljøet definerte krabben som sedentær vil kyststatene Norge og Russland ha både rett til å fiske og plikt til å forvalte snøkrabben i Barentshavet. Tredjeland (i praksis EU) vil ikke ha noen rett til å fiske på krabben. Det var slik klare politiske og økonomiske interesser som ville påvirkes av denne beslutningen.

Krabbens status var ikke avklart da fisket startet i 2013. De norske fartøyene fisket i Smutthullet på det som er russisk sokkel. Det framsto som norske og europeiske fiskere, som også startet fiske etter snøkrabben, betraktet snøkrabben som en (uregulert) fisk. Russiske myndigheter reagerte heller ikke på dette og russiske fartøy startet snøkrabbefiske i samme område i 2014.

I tillegg til spørsmålet om fisket i Smutthullet, ville også spørsmålet om retten til å fiske i Svalbardsona på et tidspunkt bli aktualisert. Retten til å fiske i Fiskervernsona rund Svalbard er omstridt. Kjernen i uenigheten er Svalbardtraktaten fra 1920 som gir Norge suverenitet og slik retten til å regulere ressursene på Svalbard. Forvaltningen skal imidlertid skje etter et likebehandlingsprinsipp, fordi alle lands borgere har lik rett til fiske og fangst. Norge framholder at denne bestemmelsen bare gjelder for fastlands-Svalbard og i territorialfarvannet, som er ordlyden i traktaten. De fleste andre stater mener imidlertid traktaten må tolkes dithen at den også gjelder for sonen utenfor, det vil si at de har lik rett til å fiske i Svalbardsonen som norske fartøy. Stridens kjerne er om man skal tolke traktaten bokstavelig (havet utenfor territorialgrensa var i 1920 internasjonalt farvann, eksklusive økonomiske soner ble først etablert på slutten av 1970-tallet) eller om man skal tolke likebehandlingsprinsippet slik at alle lands borgere fikk rett til å fiske i Svalbardsonen da denne ble etablert i 1978 (for en detaljert redegjørelse av denne problemstillingen, se f.eks. Churchill og Ulfstein 1992 og Pedersen 2006). Samme problemstilling reises om kontinentalsokkelen. Norge hevder at kontinentalsokkelen rundt Svalbard er en naturlig forlengelse av den norske kontinentalsokkelen, og at ressursene her (tidligere hovedsakelig petroleum) vil tilhøre Norge og ikke falle inn under Svalbardtraktatens bestemmelser (Henriksen, 2019). Også dette standpunktet er omstridt, og andre land argumenterer for at sokkelen rundt Svalbard utgår fra Svalbard og slik gjelder også likebehandlingsprinsippet her. Et framtidig snøkrabbefiske i Svalbardsona vil derfor finne sted innenfor et etablert problemkompleks, hvor Norge har klare interesser og strategier for suverenitetshevdelse og også etablerte fiskeriforvaltningspraksiser i forhold til tredjeland.

I denne situasjonen startet fisket etter snøkrabbe i Barentshavet. Fisket var uregulert, det var ikke klart hvem eller hvordan den skulle forvaltes. Det var ikke gjort forvaltbart.

Et forvaltningsobjekt blir til

Forvaltbarhet brukes, som redegjort for tidligere, til å uttrykke hvor godt forvaltningssystemet avklarer forvaltningsobjektet og i hvilken grad fiskerne lar seg styre (Song *et al.,* 2018; Johnsen, 2017). Nedenfor gjennomgås sentrale hendelser i prosessen med å etablere et forvaltningsregime for snøkrabben, hvor både havrettslige, politiske og biologisk forhold som måtte avklares for at fisket kunne bli forvaltbart.

Manglende kunnskap og mål for forvaltningen

For å etablere et forvaltningsregime for snøkrabben trengte man kunnskap. Kunnskap om en bestand bygger generelt på en kombinasjon av vitenskapelige forskningstokt og fangst-

statistikk, samt informasjon fra fiskefartøyene. Dette var noe man hadde veldig lite av om snøkrabben i Barentshavet i 2013. Myndighetene hadde derfor ikke et kunnskapsgrunnlag for å regulere snøkrabbefisket da det startet. Heller ikke adgangskontroll var innført. I 2013 og 2014 fangstet både norske og andre lands fartøy snøkrabbe i Smutthullet. I 2013 ble det landet henholdsvis 189 og 500 tonn, og i 2014 1881 og 2440 tonn i Norge. Det første året var det tre norske og ett utenlandsk fartøy som deltok, mens det i 2014 var ni norske og seks utenlandske fartøy. Den raske økningen, både i størrelsen på landingene og antallet fartøy viste tydelig behovet for å få på plass en regulering.

Norge er forpliktet gjennom internasjonale avtaler til å forvalte ut fra den beste tilgjengelige fagkunnskapen. Havforskningsinstituttet er hovedleverandør av vitenskapelig kunnskap til forvaltningsmyndighetene. De sentrale fiskeriforvaltningsmyndighetene som fastsetter regler for adgangsregler og tekniske reguleringer er Nærings- og fiskeridepartementet (NFD) og Fiskeridirektoratet. Hvert år finner det sted et såkalt reguleringsmøte mellom forskning, næring og forvaltningsmyndigheter. Næringen representeres ved fiskernes og industriens interesseorganisasjoner og salgslag. På reguleringsmøtet i juni 2013, det året det norske snøkrabbefisket startet, tok Fiskeridirektoratet initiativ til en diskusjon om "hva vi vil med nye arter som etablerer seg i norske farvann" (Anon. 2013a:165). Direktoratet framhevet at dette må besluttes før forvaltningstiltak kan utvikles. Fastsetting av forvaltningsmål for en art konkretiserer hva vi ønsker med ressursene, og de forvaltningstiltakene som foreslås skal reflektere denne målsettingen. Diskusjonen gjaldt ikke bare snøkrabbe, men også Stillehavsøsters, kongekrabbe og amerikansk hummer. Mens Stillehavsøsters og amerikansk hummer hadde forvaltningsmål 5 (det vil si mål om desimering), var kongekrabbe og snøkrabbe gitt forvaltningsmål 0 (det vil si uavklart eller ikke entydig) (ibid.). Kongekrabben har fått dette målet fordi man har et todelt regime, både et desimeringsregime og et ordinært kommersielt forvaltningsregime. Snøkrabben fikk forvaltningsmål 0 fordi det var uavklart og man enda ikke hadde tatt stilling. En grunn til det var at man ikke hadde det nødvendige vitenskapelige grunnlaget for å ta en beslutning.

Oppgaver knyttet til snøkrabbe ble første gang lagt inn i tildelingsbrevet til Havforskningsinstituttet for 2014 (Anon., 2013b). Her ber departementet om at snøkrabbens spredning og utbredelse skal kartlegges og overvåkes. Instituttet rapporterte i sin årsrapport for 2014 at de foretar registreringer av den invaderende arten, som fortsatt hovedsakelig befinner seg i russisk sone (Anon., 2014b). Det var enda ikke gjennomført noen egne snøkrabbetokt med utstyr som var tilpasset fangst av snøkrabben. Havforskningsinstituttet brukte data fra trålfangstene i økosystemtoktet og rapporteringer fra fiskere om fangst av snøkrabbe. I de neste årene fortsetter arbeidet med å lære mer om snøkrabben, kartlegge krabbens utbredelse og spredning, hvor den kom fra og hvordan den påvirker økosystemet i Barentshavet. Dette arbeidet skal gi kunnskap om bestanden og økosystemeffekter, altså bidra til å forstå det biologiske systemet som skal forvaltes (the natural system-to-be-governed) og slik gi det nødvendige vitenskapelige grunnlaget for de forvaltningstiltak som innføres.

Den første reguleringen

I påvente av mer kunnskap om bestanden starter departementet arbeidet med å regulere hvem som skal få tilgang til å fiske snøkrabbe, altså å definere hvem som skal styres (the social system-to-be-governed). Dette foregår både nasjonalt og internasjonalt.

I oktober 2014 la Nærings- og fiskeridepartementet fram et forslag om "et generelt forbud mot fangst av snøkrabbe i hele det norske jurisdiksjonsområdet, inkludert Svalbardsonen". Forbudet skal gjelde inntil en mer helhetlig forvaltningsplan for snøkrabben er etablert (Anon., 2014d). Det ble i høringsbrevet pekt på at det til nå ikke var noen begrensinger på fisket etter snøkrabbe i norske områder og at norske fartøy derfor kan fangste snøkrabbe uten mengdebegrensning i den norske økonomiske sonen, i Svalbardsonen og i internasjonalt farvann (Smutthullet), men at norske fartøy ikke har adgang til å fangste snøkrabbe i russisk sone. Man visste at snøkrabbetettheten var lav i den

norske delen av Barentshavet, men at den forventes å spre seg nord og vestover i Svalbardsonen. Man tok også utgangspunkt i at krabben mest sannsynlig har innvandret til Barentshavet "ved egen hjelp" fra øst (usikkerheten rundt dette ble presisert). Departementet legger til grunn at det, gitt bestandens raske utbredelse, vil være "urealistisk og dermed lite hensiktsmessig å ha utryddelse som et forvaltningsmål …. Frem til vi har opparbeidet en bredere kunnskapsplattform vurderer NFD det som hensiktsmessig å forvalte også denne bestanden etter prinsippet om bærekraftig høsting" (Anon., 2014d). Det ble pekt på at databehovet er stort og at forvaltningen "må baseres på realitetene og det kunnskapsgrunnlaget som foreligger til enhver tid". Siden departementet har som mål å øke kunnskapen om spredningen i norske havområder og dens betydning for andre arter i økosystemet og fangstrapportering inngår som et viktig bidrag, ønsket man at det ikke ble lagt "unødige restriksjoner på fisket". Fortsatt fangst av snøkrabbe vurderes slik som en sentral del av arbeidet med å opparbeide seg mer kunnskap om forvaltningsobjektet, det vil si om snøkrabben og fiskeriaktiviteten. Forslaget fra departementet er derfor at det skal gis unntak fra forbudet. "Det åpnes for å gi dispensasjon fra forbudet som vil sikre at det i mellomtiden fortsatt kan høstes snøkrabbe, samtidig som forvaltningen gjennom dette fisket får innhentet nødvendig informasjon og datamateriale for det videre arbeidet med forvaltningsplanen". Dette vil si at norske fartøy som allerede fisket måtte søke direktoratet om dispensasjon og man åpnet opp for nye aktører. Dispensasjonen gis midlertidig fram til arbeidet med forvaltningsplanen er fullført. Dispensasjonene skal heller ikke legge føringer for fremtidig forvaltning (Anon., 2014d).

Forskriften ble vedtatt i desember og trådte i kraft januar 2015 (Anon., 2015h). Vilkårene for dispensasjon kom i februar samme år og slo fast at dispensasjon kan gis til fartøy som er tildelt ervervstillatelse etter deltakerloven. Det vil si at bare norske fartøy kan få adgang. Ut over dette ble det ikke fastsatt noen reguleringer, som kvote eller tekniske reguleringer, foruten at vilkår for dispensasjonen kan innebære at fartøy som fangster snøkrabbe kan pålegges ekstra rapporteringskrav, for eksempel prøvetaking til Havforskningsinstituttet, og må tillate observatører fra Havforskningsinstituttet og Fiskeridirektoratet (ibid.). Hensikten med dette var som kjent å kunne samle kunnskap som igjen gir grunnlag for en framtidig forvaltning. Dette var et første skritt i å gjøre snøkrabbefisket forvaltbart. Med reguleringen hadde man oppnådd to ting. Norge tar med dette ansvar for forvaltningen av snøkrabben i norske farvann og man stenger tilgangen for utenlandske fartøy. I tillegg legger man det første grunnlaget for å regulere tilgangen for norske fartøy til å fiske snøkrabbe, man avklarer hvem som skal styres (the social system-to-be-governed).

Felles eller delt forvaltning?

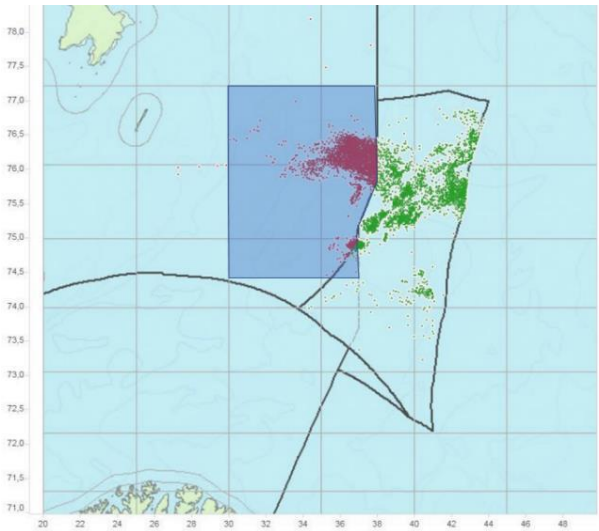
Parallelt med utarbeidelsen av nasjonale reguleringer for snøkrabbefisket, pågikk det en internasjonal prosess for å avklare spørsmål om jurisdiksjon og slik hvilken form forvaltningen skal ha, det vil si å avklare forvaltningssystemet (the governance system). Skal det skje nasjonalt hvor Norge og Russland forvalter krabben i hver sin sone; bilateralt mellom Norge og Russland; eller multilateralt gjennom NEAFC?

Det norske forbudet gjaldt alle fartøy, både norske og utenlandske, i alle norske farvann (territorialfarvannet, inkludert Svalbards, i den økonomiske sonen og i Fiskevernsonen rundt Svalbard), samt i internasjonalt farvann for norske fartøy. Forbudet mot fangst er formulert som om snøkrabben forvaltes som en fisk og slik følger bestemmelsene om fiskeriforvaltning. Det gir kyststaten rett til å forvalte alt fiske innenfor den økonomiske sonen, samt egne fartøy i internasjonalt farvann. Norge etablerte slik sin rett som kyststat til snøkrabben, men uten å gå inn på spørsmålet om andre lands rettigheter i internasjonalt farvann. Denne tilnærmingen tilsier likevel at fisket i Smutthullet skal forvaltes i samarbeid med andre stater som har reelle fiskeriinteresser i snøkrabbefisket, fordi Smutthullet er internasjonalt farvann.

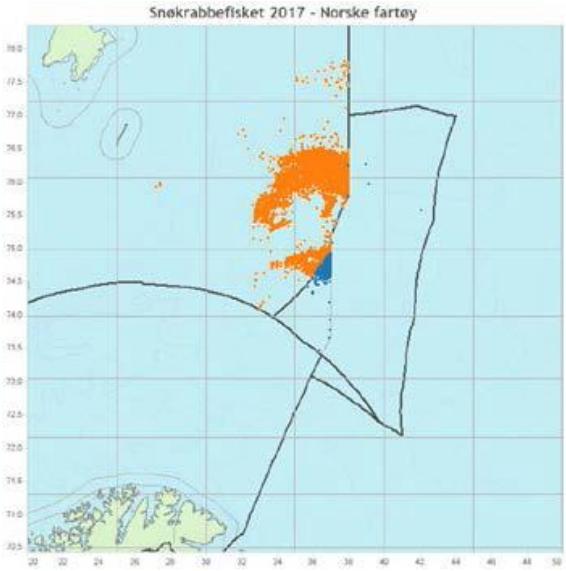
Sommeren 2015 kommer Norge og Russland fram til at snøkrabben er en sedentær art og at den derfor skal forvaltes etter sokkeljurisdiksjonen (Anon., 2015d). Hele sokkelen i Barentshavet er som nevnt underlagt nasjonal juris-

diksjon, i motsetning til havsøylen der Smutthullet er internasjonalt farvann. Denne vurderingen tilsier at snøkrabben er en nasjonal ressurs og at fisket etter snøkrabbe i Smutthullet er underlagt nasjonal jurisdiksjon. Den skal derfor forvaltes av kyststatene Norge og Russland, heller enn multilateralt. Dette ble gjentatt i Stortingsmeldingen om Norges fiskeriavtaler for 2016 (Anon., 2016a), hvor det ble presisert at selv om fisket finner sted i NEAFCs reguleringsområde (i Smutthullet) er fisket underlagt sokkelstatenes nasjonale jurisdiksjon når det gjelder snøkrabbe. Dette var i tråd med praksisen i Canada. Det ble likevel pekt på behovet for å foreta en vurdering av NEAFC–regelverkets betydning for snøkrabbefangstene. Sett fra Norges, og Russlands, side var likevel spørsmålet om hvilket nivå snøkrabben skulle forvaltes (multilateralt, bilateralt eller nasjonalt) og hvem som hadde rett til å regulere og fangste krabbe nå avklart. Som en følge av dette ble den norske forskriften i desember 2015 endret. Forbudet gjelder nå fangst på norsk kontinentalsokkel og ikke i den økonomiske sonen, og det er forbudt for norske fartøy å fiske på andre lands kontinentalsokkel heller enn i internasjonalt farvann. Norge og Russland var også enige om en delt forvaltning (Anon., 2015i). Forvaltningssystemet var slik definert, Norge skal forvalte fisket etter snøkrabbe på norsk kontinentalsokkel, mens Russland skal forvalte fisket på sin sokkel.

Norge og Russland hadde gitt hverandre tilgang til å fiske snøkrabbe på hverandres sokkel utenfor 200 nm, det vil si i Smutthullet (Anon. 2015i). Etter beslutningen om å betrakte snøkrabben som en sedentær art, opphevet man fra russiske side denne tilgangen, gjeldende fra januar 2017 for norske fartøy (Anon. 2016b). For andre lands fartøy gjaldt forbudet allerede fra sommeren 2016, mens norske fartøy altså fikk fiske i området ut året. Som tilsvar foretar Norge tilsvarende endring i sin forskrift (Anon. 2017h). Utelukkingen fra russisk sokkel innebar en drastisk begrensning i tilgangen til snøkrabbe for norske fiskere, som nå var henvist til å fiske på norsk sokkel lenger vest, hvor tettheten av krabben var mye mindre. Fangstene til de norske fartøyene gikk dramatisk ned etter dette. Fra å lande 5 400 tonn som hovedsakelig var fisket på russisk sokkel i 2016, landet norske fartøy 3 100 tonn i 2017. Se Figur 5 og Figur 6 for illustrasjon av endringen i fangstaktivitet. I det norsk-russiske fiskerisamarbeidet var det en intensjon om å drøfte en videreføring av den gjensidige tilgangen til å fiske snøkrabbe i hverandres soner i Smutthullet når "nødvendige reguleringer er på plass" (Anon., 2016b), men i tråd med utviklingen av en snøkrabberegulering på russisk side ble det etter hvert slått fast at utenlandske fartøy, inkludert norske, ikke har adgang til å fiske snøkrabbe på russisk kontinentalsokkel (Anon. 2017f; 2018e; 2019e). Dette gir en ytterligere avklaring av forvaltningsobjektet, norsk krabbefiske skal bare finne sted, og kontrolleres, på norsk sokkel. Man kan slik si at Norge både tjente og tapte på en slik definering av snøkrabben. Som en sedentær art fikk Norge enerett til å fiske snøkrabbe på norsk sokkel, på fastlandssokkelen, i Smutthullområdet og i Svalbardsonen (slik Norge tolker Svalbardtraktaten). Samtidig mistet Norge retten til å fiske på russisk sokkel i Smutthullet. Forskriften måtte også endres i tråd med dette.



Figur 5 Fangstposisjoner fra norske fartøy som har fangstet snøkrabbe 2013–2016 på norsk kontinentalsokkel (rødt) og på russisk kontinentalsokkel (grønt). Delen av sokkelen som defineres som "fiskbart område" er markert med mørk blå farge. (Kartdata fra FDIR). (Anon., 2017a)



Figur 6 Fangstposisjoner norske fartøy i 2017 (Anon., 2017b).

Både fra norsk og russisk side har man nå vedtatt regler som ikke gir tilgang for tredjelands fartøy til å fiske snøkrabbe på kontinentalsokkelen i Barentshavet. Partene er enige om at tredjeland som ønsker å drive fiske på snøkrabben trenger et uttrykkelig samtykke fra kyststaten. Dette ble fra Norges side understreket i Fiskeriavtalene for 2018 (Anon. 2018c) og gjentatt i 2019 (Anon. 2019d) med henvisning til havrettens bestemmelser, og må tolkes som en del av myndighetenes definering av forvaltningsobjektet i forhold til andre lands interesser i fisket – ingen andre enn de to kyststatene har rett til å fiske på snøkrabben. Dette ble bestridt fra EU som for 2017 tildelte 20 lisenser til fartøy fra EU til å fiske etter snøkrabbe i internasjonalt farvann i Barentshavet ut fra tolkning at snøkrabben ikke er en sedentær art og derfor skal forvaltes som en fisk. Dette resulterte i oppbringelse av fartøy fra norsk kystvakt og rettslige avgjørelser. Dommene stadfester, fra et norsk ståsted, norske myndigheters havrettslige fortolkning og praksis, altså forvaltningssystemets avgrensing og myndighet (for mer informasjon om dette se for eksempel Dahl og Johansen 2017 og Henriksen 2019). Sakene er ikke prøvd for en internasjonal domstol.

Kunnskapsbygging og tekniske reguleringer

Samtidig som Havforskningsinstituttet arbeider med å få mer kunnskap om snøkrabben, får Fiskeridirektoratet i oppdrag å bidra til å utarbeide en forvaltningsplan for snøkrabbe (Anon., 2014c; Anon., 2015g). Havforskningsinstituttet skal bidra med den nødvendige vitenskapelige kunnskapen til direktoratet (Anon., 2015b). Den begrensede kunnskapen Havforskningsinstituttet så langt har ervervet om snøkrabben gjør det imidlertid vanskelig for direktoratet å innføre reguleringer basert på vitenskapelige kriterier. For eksempel bygger reguleringer om adgangsbegrensning på kunnskap om en bestands bæreevne, noe man enda ikke hadde om snøkrabben i Barentshavet. Forvaltningssystemet hadde ikke nok kunnskap om forvaltningsobjektet. Forvaltningsmålene for snøkrabben er heller ikke avklart. Direktoratet har slik hverken det politiske eller vitenskapelige grunnlaget for å utvikle en forvaltningsplan. De første tekniske reguleringene ble likevel innført i 2015. Her settes krav til redskap, røkting og minstemål; det er kun lov å fiske snøkrabbe med teiner, teinene må røktes hver uke og minstemål på krabben er 100 mm skallbredde (Anon., 2015j). Dette er tilsvarende reguleringer som i det russiske fisket, hvor minstemålet ikke var biologisk begrunnet for å ivareta framtidig rekruttering, men basert på markedskrav om krabber av en viss størrelse (2017a).

Havforskningsinstituttet fortsatte arbeidet med å erverve seg mer kunnskap om snøkrabben og kartlegger snøkrabbeutbredelsen gjennom økosystemtoktet. Det ble også startet planlegging av et eget snøkrabbetokt med teiner på norsk sokkel som ville gi bedre data. Dette ble gjennomført sommeren 2018. I februar 2017 leverte Havforskningsinstituttet den aller første biologiske rådgivningen for snøkrabbe (Anon. 2017a). Her presenteres kunnskapsstauts og arbeidet instituttet så langt har gjort på snøkrabbe. Departementet hadde nå avgjort at snøkrabben skal forvaltes med mål om bærekraftig høsting. Forvaltningen skal derfor rettes mot å gi verdiskapning for samfunnet gjennom å bidra til a) maksimering av fangstutbytte på lang sikt, og b) minimere risikoen for

uønskede økosystemeffekter. Basert på dette foretar instituttet beregninger, under stor usikkerhet, av hvordan man kan nå målene innenfor det som er blitt definert som eksisterende fangstområde (blå boks i Figur 5). Man har ikke grunnlag for å gjøre beregninger for hele den norske forvaltningssonen. Størstedelen av bestanden finnes fortsatt i russisk forvaltningssone og krabben har enda ikke kolonisert seg eller oppnådd en tetthet som gjør det kommersielt interessant å høste i hele det norske området. Bestandsrådgivningen gjelder derfor for det som anses som fangstbart område. Basert på rådgivingen settes en kvote på 4000 tonn (Anon., 2017i). Dette var en totalkvote. Det ble ikke foretatt noen fordeling på fartøy. I tillegg anbefales det stenging og/eller overvåking av fiske i sommermånedene for å unngå fiske i skallskiftingsperioden.

Den biologiske rådgivningen og kvotefastsettelsen var "det første steget i retning av en helhetlig forvaltningsplan". Havforskningsinstituttet leverer nå årlige rådgivninger og nye kvoter settes hvert år. Kvoten ble holdt på 4000 tonn både for 2018 og 2019 (Anon., 2017j; Anon., 2018h). På grunn av den lave krabbetettheten på norsk sokkel ble ikke hele kvoten fisket hverken i 2017 eller 2018. Dette skjedde først i 2019, da fisket ble stoppet 30. oktober (Anon., 2019f). Det blir også innført mer detaljerte reguleringer med bakgrunn i erfaring med fisket og de vitenskapelige vurderingene fra Havforskningsinstituttet, som for hvert år får mer kunnskap om forvaltningsobjektet. Det blir satt et tak på 12 000 teiner per fartøy. Teinene skal røktes minst én gang hver tredje uke. Denne var tidligere satt til en uke, men regelen ble ikke håndhevet fordi det ifølge fartøyene ikke er praktisk mulig (Anon., 2018i). Det settes videre krav til at det enkelte fartøy må røkte sine egne teiner. Lagring av teiner i sjøen blir ikke tillat (Anon., 2018k). Disse reguleringene skal bidra til et mer ordnet fiskeri. Det har til tider vært tett med teiner i sjøen og man ønsker å redusere konflikter mellom fartøyene, både krabbefiskere imellom og med rekefiskere. I tillegg arbeides det med å innføre periodevis stenging av fisket, som foreslått av Havforskningsinstituttet. Snøkrabben vokser ved å skifte skall. I denne perioden er skallet mykt og sårbart for ytre påkjenninger. Det er også lite kjøtt i krabben i denne perioden. Den økonomiske verdien er da liten. Det er derfor et ønske om å stenge fisket i den viktigste skallskiftingsperioden. Målet er å redusere unødvendig fiskeri- og håndteringsdødlighet samt tap i verdi av krabben. Det er imidlertid usikkerhet knyttet til dette. Både forskningsresultater og fangstrapporter viser store variasjoner i skallskifteperioden fra år til år og geografiske variasjoner (Anon., 2017a; 2017b; 2018a). I utgangspunktet foreslo departementet å stenge fisket i perioden 1. juni til 30. september. Kort frist til ikrafttredelse, kombinert med sterke argumenter fra næringen om stor variasjon i skallskifteperioden førte til at stengingen ble endret til meldeplikt og særskilt rapportering av innblanding av bløtkrabbe i fangst etter snøkrabbe i perioden 1. juni til 30. september. I tillegg ble det satt et krav om maksimum 20 % innblanding av bløtkrabbe. (Bløtkrabbe er krabbe som nylig har skiftet skall). Når dette skjer, skal fisket stoppes og fartøyet skifte fangstfelt (Anon., 2017i). Først i mai 2018 ble det innført stenging, i perioden 15. juni til 15. september. Grensen på maksimal innblanding av bløtkrabbe ble opprettholdt og rapportering av bløtkrabbe skal gjelde hele året. (Anon., 2018d; 2018i). Endringene er begrunnet i nåværende kunnskapsnivå og erfaringene i fisket hittil (2018i). Disse reguleringene viser at økt kunnskap om snøkrabben og erfaring med fisket har ført til mer detaljerte og velbegrunnede regleringer av snøkrabbefisket. Forvaltningssystemet har ervervet kunnskap om både snøkrabben og snøkrabbefisket – om både det naturlige og sosiale systemet som skal forvaltes - og slik er det blitt mer forvaltbart.

Samme år trekker Havforskningsinstituttet den slutning at krabben mest sannsynlig har spredt seg ved å vandre fra Chucki-havet nord for Beringstredet inn i Barentshavet. Dette er basert på genetiske analyser. Snøkrabben er altså ikke innført, men har spredt seg naturlig til Barentshavet fra øst (Anon., 2018a). Den ble allerede i 2014 ansett som umulig å utrydde (2014d). Den første biologiske rådgivningen og kvotefastsettelsen i 2017 var basert på målet om en bærekraftig høsting. Påfølgende undersøkelser viser også at snøkrabben har liten negativ effekt på bunnfaunaen men at den kan

bidra til økt biomasse av torsk og annen fisk, både direkte som mat for fisken og gjennom å virvle opp annet biologisk materiale fra bunnen (Anon., 2019c). Myndighetens regulering av den nye arten for å sikre en bærekraftig høsting kan derfor opprettholdes. På Fiskeridirektoratets reguleringsmøte i juni ble forvaltningsmålet i bestandstabellen endret fra 0 (uavklart) til 2 (høyt og om mulig stabilt langtidsutbytte) (Anon., 2019a).

Snøkrabben inngår i den ordinære forvaltningen

Det siste steget i etablering av et forvaltningsregime for snøkrabbefisket fant sted i mars 2019 da man gikk bort fra ordningen med dispensasjon fra forbud mot fiske og innførte en ordinær tillatelsesordning etter den såkalte konsesjonsforskriften (Anon., 2019g). Vilkårene for å få tillatelse er omtrent de samme som for å få dispensasjon. Tillatelsen gis for et år av gangen (i motsetning til dispensasjonen som ikke var tidsavgrenset). Direktoratet sendte forslaget på høring i februar 2018. Her ble det presisert at endringen ikke gjaldt en lukking av fiskeriet, men en innføring av en åpen tillatelsesgruppe. Samtidig presiseres at tildeling av snøkrabbetillatelser ikke vil stenge for at departementet senere kan lukke fisket og at tildelt snøkrabbetillatelse ikke i seg selv gir noen rettigheter med tanke på tilgang til lukket gruppe (2018j). Regjeringen kalte dette en "opprydding" i regelverket for fangst av snøkrabbe, hvor "fangst av snøkrabbe tilpasses til det tradisjonelle regelverket om deltakelse i fiske og fangst". Alle fartøy med dispensasjon måtte dermed søke om tillatelse. Over 50 fartøy hadde nå fått dispensasjon, men det var langt færre som drev aktivt snøkrabbefiske (rundt 10 de siste årene, men bare en håndfull leverer fangster av noe størrelse).

Det kommersielle fisket pågår nå på åttende året og tillatt fangstkvote har vært fastsatt siden 2017 (Anon., 2018g). For 2020 ble kvota etter råd fra Havforskningsinstituttet økt til 4 500 tonn (Anon. 2019b). Snøkrabbeforvaltningen er innlemmet som en del av den ordinære fiskeriforvaltningen; ordinære tillatelser tildeles, det er fastsatt en kvote og innført tekniske reguleringer, forvaltningsmålene er satt og jurisdiksjonen er klar. Per dags dato, er det bare spørsmålet om fartøykvoter som ikke er "løst". Snøkrabben har altså blitt forvaltbar.

Hvordan ble snøkrabben forvaltbar?

I løpet av 6–7 år gikk snøkrabben i Barentshavet fra å være en ukjent og uregulert art til å bli en velregulert ressurs. Den ble gjort forvaltbar. Snøkrabben ble forvaltbar ved at den (forvaltningsobjektet) ble definert på en måte som gjorde at vi kunne anvende våre etablerte forvaltningsverktøy. Prosessen var ikke likefrem og enkel. For å gjøre den forvaltbar ble forskning, forvaltning og også domstoler mobilisert. Prosessen karakteriseres av kunnskapsutvikling gjennom forskning, innspill og tilbakemelding fra næringen, og politiske og juridiske prosesser mellom stater med både sammenfallende og motstridende interesser.

Snøkrabbeforvaltningen ble slik konstituert i et samspill mellom aktører som forvalter og de som blir forvaltet.

Kooiman og kolleger opererer med et tydelig skille mellom forvaltningssystemet og systemet som forvaltes, hvor et forvaltningssystems evne til å designe en forvaltning som matcher utfordringene i forvaltningsobjektet analyseres. Et kritisk punkt er kapasitet, og utgangspunktet for studiene har ofte vært fiskerier i områder med liten forvaltningskapasitet og mangel på etablerte institusjoner og praksiser. I Norge og for fisket i Barentshavet er forvaltningskapasiteten stor. Norge (og Russland) har både teknisk kapasitet, juridisk rammeverk og erfaring med enbestandsforvaltning av både fisk og skalldyr. Fisket etter snøkrabbe i Barentshavet startet derfor i et område med sterke institusjoner og lange forvaltningstradisjoner, både nasjonalt og internasjonalt. Spørsmålet som reises er hvordan en forvaltning blir etablert i en slik kontekst med stor forvaltningskapasitet.

Før norske myndigheter kunne ta i bruk de etablerte forvaltningsverktøyene på snøkrabben, måtte vi kjenne noen egenskaper ved den som kunne gi grunnlag for å iverksette bestemte reguleringer. Uklarheten om krabbens

opprinnelse og dens karakteristika måtte avklares ved at den ble tilegnet noen egenskaper. Avklaringen av hva som skulle forvaltes bestemte også hvem som skulle forvalte snøkrabben, det definerte forvaltningsnivået; nasjonalt, bilateralt eller regionalt. Hvis den ble klassifisert som en sedentær art ville den bli omfattet av bestemte institusjoner, var den ikke det, ville den knyttes til andre institusjoner. Å gjøre snøkrabben forvaltbar handlet derfor ikke om bygging av et forvaltingssystem, men om arbeidet med å tilskrive krabben egenskaper som gjorde at den kunne forvaltes i henhold til norske interesser. Snøkrabben ble norsk (og russisk) eiendom gjennom mobilisering av forvaltningskunstens redskaper, som forskning (beskrivelse, telling, måling, kartfesting), lovgiving (fiske- og fangstforskrifter, tekniske regler), samspillet med fiskerne, politiske prosesser (suverenitetshevdelse og dialog og forhandling med andre lands myndigheter) og strafferettslige prosesser (arrest, tiltale og domfellelser i norske domstoler). Heller enn å vise hvordan et forvaltningssystem skapes, viser studien hvordan interaksjonen mellom forvaltningssystemet og de som forvaltes er gjensidig konstituerende i en prosess hvor forhold mer avklares gjennom etablerte praksiser mellom forvaltning, forskning og fiskere (nasjonalt og internasjonalt). Dette samsvarer med Song og kollegers argument om at forvaltningen konstrueres når samhandling mellom de som forvalter og de som blir forvaltet fører til enighet om forvaltningsobjektets egenskaper og hvilke virkemidler som kan brukes. Det er et eksempel på hvordan forvaltningskunsten utøves (governmentality). Det var nettopp det at det var etablerte institusjoner på plass som gjorde det mulig å utøve myndighet som definerte snøkrabben slik at både norske og utenlandske fiskere ble styrbare. Studien viser slik hvordan sterke institusjoner opererer i et velfungerende system med etablerte samhandlingspraksiser mellom forvaltningssystemet og de som skal forvaltes, og at snøkrabbeforvaltningen ble utviklet gjennom en prosess for å tilskrive krabben visse egenskaper. Etableringen av snøkrabbeforvaltningen i Barentshavet illustrerer derfor betydningen av legitimiteten til forvaltningssystemet som er etablert gjennom samhandling mellom forskning og forvaltning, forvaltning og næring og mellom norske og andre lands myndigheter. Forvaltningskapasitet kan slik forstås som en selvforsterkende faktor, hvor utøvelsen av forvaltningskunst reetablerer praksiser på nye fiskerier.

Referanser

Alvsvåg, J, A.-L. Agnalt & K.E. Jørstad (2009). Evidence for a permanent establishment of the snow crab (Conoecetes opilio) in the Barents Sea. *Biological Invasions*, **11**, pp. 587–595, http://dx.doi.org/10.1007/s10530–008–9273–7.

Anon. (1982). De forente nasjoners havrettskonvensjon. 10-12-1982. https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/1982-12-10-1/*#*

Anon. (1992). Konvensjonen om biologisk mangfold. https://lovdata.no/dokument/TRAKTAT/traktat/1992-06-05-1

Anon. (2007). Norsk svarteliste 2007. Økologiske risikovurderinger av fremmede arter. Artsdatabanken, Norge.

Anon. (2011). Meld. St. 10 (2010–2011) Oppdatering av forvaltningsplanen for det marine miljø i Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten. Miljødepartementet, mars 2011.

Anon. (2013a). Referat fra reguleringsmøtet 5. Juni 2013. Fiskeridirektoratet, Bergen. https://fdir.brage.unit.no/fdir-xmlui/bitstream/handle/11250/217090/refReg_jun_2013.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Anon. (2013b). Statsbudsjettet 2014 - tildelingsbrev til Havforskningsinstituttet. Kyst og fiskeridepartementet, 20. desember 2013. https://nsd.no/polsys/data/filer/tildelingsbrev/2014_Havforskningsinstituttet.pdf

Anon. (2014a). Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. FOR-2014-12-19-1836. Nærings og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2014-12-19-1836

Anon. (2014b). Årsrapport 2014 fra Havforskningsinstituttet. https://www.Havforskningsinstituttet.no/resources/publikasjoner/arsmeldinger/2015/2014_arsrapport_Havforskningsinstituttet.pdf

Anon. (2014c). Statsbudsjettet 2015 – tildelingsbrev (til fdir). Nærings og fiskeridepartementet 19 desember 2014. https://www.regjeringen.no/contentassets/ab7b70cc80924f038a26a89417d0eb66/tildelingsbrev2015_fdir.pdf

Anon. (2014d). Høring – forvaltning av snøkrabbe. Nærings og fiskeridepartementet. 28. 10.2014

Anon. (2015a). Meld. St. 17 (2014-2015) Evaluering av forvaltningen av kongekrabbe. Nærings og fiskeridepartementet, Oslo.

Anon. (2015b). Meld. St. 20 (2014–2015) Oppdatering av forvaltningsplanen for Barentshavet og havområdene utenfor Lofoten med oppdatert beregning av iskanten. Klima og miljødepartementet, Norge.

Anon. (2015c). Meld. St. 15 (2014–2015) Melding til Stortinget Noregs fiskeriavtalar for 2015 og fisket etter avtalane i 2013 og 2014. Nærings- og fiskeridepartementet 20. mars 2015.

Anon. (2015ad). Protokoll for den 45. Sesjon i den blandete norsk-russiske fiskerikommisjon. https://www.jointfish.com/content/download/496/6327/file/45-norsk.pdf

Anon. (2015be). Statsbudsjettet 2015 – Tildelingsbrev (til Havforskningsinstituttet). Nærings og fiskeridepartementet, 18.12.2014. https://www.regjeringen.no/contentassets/ab7b70cc80924f038a26a89417d0eb66/tildelingsbrev2015_Havforskningsinstituttet.pdf

Anon. (2015f). Årsrapporten fra Havforskningsinstituttet - Kunnskap og råd for rike og rene hav- og kystområder. https://www.regjeringen.no/contentassets/ab7b70cc80924f038a26a89417d0eb66/2016/arsrapporter-2015/arsrapport-2015-Havforskningsinstituttet.pdf

Anon. (2015g). Statsbudsjettet 2016: Tildelingsbrev til Fiskeridirektoratet. Nærings og fiskeridepartementet 17. desember 2015. https://www.regjeringen.no/contentassets/ab7b70cc80924f038a26a89417d0eb66/2016/fiskeridirektoratet-2016.pdf

Anon. (2015h). Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. FOR-2015-02-19-137. Nærings og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2015-02-19-137?clickOrigin=dSF/forskrift/2014-12-19-1836||p2||fn0

Anon. (2015i). Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. FOR-2015-12-22-1833. Nærings og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2015-12-22-1833?clickOrigin=dSF/forskrift/2014-12-19-1836||p1||fn0

Anon. (2015j). Forskrift om endring i forskrift om utøvelse av fisket i sjøen, FOR-2015-02-23-152, Nærings- og fiskeridepartementet, https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2015-02-23-152?clickOrigin=dSF/forskrift/2004-12-22-1878||c5||p28||fn0

Anon. (2016a) Meld. St. 20 (2015–2016). Noregs fiskeriavtalar for 2016 og fisket etter avtalane i 2014 og 2015. Nærings og fiskeridepartementet, mars 2016.

Anon. (2016b). Protokoll for den 46. Sesjon i den blandete norsk-russiske fiskerikommisjon, oktober 2016 https://www.regjeringen.no/contentassets/5758084de2564891b7a2f1ac1c6feb57/protokoll-fra-den-46.sesjon-i-den-blandete-norsk-russiske-fiskerikommisjon.pdf

Anon. (2016c) Årsrapport 2016 fra Havforskingsinstituttet. Kunnskap og råd for rike og rene hav- og kystområder. https://www.Havforskningsinstituttet.no/resources/publikasjoner/arsmeldinger/2016/arsmelding_2016.pdf

Anon. (2017a). Snøkrabbe i norsk forvaltningssone. Biologisk rådgivning 2017. Havforskningsinstituttet, februar 2017.

Anon. (2017b). Snøkrabbe i norsk forvaltningssone. Biologisk rådgivning 2018. Havforskningsinstituttet, november 2017.

(Anon 2017c). Status for miljøet i Barentshavet og ytre påvirkning – rapport fra Overvåkingsgruppen 2017. Fisken og havet, særnummer 1b–2017. https://www.Havforskningsinstituttet.no/resources/BH_2017.pdf

(Anon. 2017d). Meld. St. 28 (2016 –2017) Melding til Stortinget Noregs fiskeriavtalar for 2017 og fisket etter avtalane i 2015 og 2016. Nærings- og fiskeridepartementet 31. mars 2017.

Anon. (2017f). Protokoll for den 47. Sesjon i den blandete norsk-russiske fiskerikommisjon, https://www.regjeringen.no/contentassets/d6f0d27133f24512b9414d20b7936dfc/protokoll-47.-sesjon_nr.pdf

Anon. (2017g). Årsrapporten fra Havforskningsinstituttet - Kunnskap og råd for rike og rene hav- og kystområder. https://www.regjeringen.no/contentassets/76a9cd4d079d415dbd6d7faa0ebae0e9/arsmelding-Havforskningsinstituttet.pdf

Anon. (2017h) Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. FOR-2017-01-04-7, Nærings og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2017-01-04-7?clickOrigin=dSF/forskrift/2014-12-19-1836||p2||fn0

Anon. (2017i) Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. FOR-2017-07-05-1140, Nærings og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2017-07-05-1140?clickOrigin=dSF/forskrift/2014-12-19-1836||p4||fn0

Anon. (2017j) Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. FOR-2017-12-18-2203, Nærings og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2017-12-18-2203?clickOrigin=dSF/forskrift/2014-12-19-1836||p3||fn0

Anon. (2017c). Status for miljøet i Barentshavet og ytre påvirkning – rapport fra Overvåkingsgruppen 2017. Fisken og havet, særnummer 1b–2017. https://www.Havforskningsinstituttet.no/resources/BH_2017.pdf

Anon. (2018a). Snøkrabbe på norsk sokkel i Barentshavet. Bestandsvurdering og kovterådgivning 2019. Havforskningsinstituttet, november 2018.

Anon. (2018b). Statsbudsjettet 2019 – Tildelingsbrev til Havforskningsinstituttet. Nærings og fiskeridepartementet, xx.12.2014. https://www.regjeringen.no/globalassets/departementene/nfd/tildelingsbrev-arsrapporter-oppdragsbrev/2018/tildelingsbrev-Havforskningsinstituttet-2019.pdf

Anon. (2018c). Meld. St. 9 (2017-2018) Noregs fiskeriavtalar for 2018 og fisket etter avtalane i 2016 og 2017, Nærings og fiskeridepartementet, mars 2018.

Anon. (2018d) Forskrift om endring i forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. FOR-2018-05-24-761. Nærings- og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2018-05-24-761

Anon. (2018e). Protokoll for den 48. Sesjon i den blandete norsk-russiske fiskerikommisjon. https://www.regjeringen.no/contentassets/cb939423ea10498aac59dc3f7ac0dcd8/signert-protokoll-48.-sesjon--norsk-versjon.pdf

Anon. (2018f). Statsbudsjettet 2019: Tildelingsbrev til Fiskeridirektoratet, Nærings og fiskeridepartementet 18. desember 2018. https://www.regjeringen.no/globalassets/departementene/nfd/tildelingsbrev-arsrapporter-oppdragsbrev/2018/tildelingsbrev-fiskeridirekoratet-2019.pdf

Anon. (2018g). Fiskeridirektoratet Årsrapport 2018, Livet i havet - vårt felles ansvar. https://www.regjeringen.no/globalassets/departementene/nfd/tildelingsbrev-arsrapporter-oppdragsbrev/2018/fiskeridirektoratet-arsrapport-2018.pdf

Anon. (2018h). Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. FOR-2018-12-17-2045, Nærings og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2018-12-17-2045?clickOrigin=dSF/forskrift/2014-12-19-1836||p3||fn0

Anon. (2018i). Høring – forslag til endring av forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. Nærings og fiskeridepartementet, 28.02.2018. https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/horing-snokrabbe/id2592200/

Anon. (2018j). Høring - åpen tillatelsesgruppe i fangst etter snøkrabbe. Fiskeridirektoratet, 2.2.2018. file:///C:/Users/ingrid.kvalvik/Downloads/konsesjonsordning-snoekrabbe%20(3).pdf

Anon. (2018k). Forskrift om endring i forskrift om utøvelse av fisket i sjøen, FOR-2018-05-24-760, Nærings- og fiskeridepartementet, 24.05.2018, https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2018-05-24-760?clickOrigin=dSF/forskrift/2004-12-22-1878||c5||p33||fn0

Anon. (2019a). Saksdokumenter til reguleringsmøtet 6. Juni 2019. Fiskeridirektoratet. file:///C:/Users/ingrid.kvalvik/Downloads/Samleperm-reguleringsmote-vaar-2019-saksdok%20(4).pdf

Anon. (2019b). Forskrift om endring i forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe. FOR-2019-12-11-1710. Nærings- og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2019-12-11-1710?clickOrigin=dSF/forskrift/2014-12-19-1836||p3||fn0

Anon. (2019c). Snøkrabbe på norsk sokkel i Barentshavet. Bestandsvurdering og kovterådgivning 2020. Havforskningsinstituttet, november 2019.

Anon. (2019d). Meld. St. 15 (2018 –2019) Melding til Stortinget Noregs fiskeriavtalar for 2019 og fisket etter avtalane i 2017 og 2018. Nærings og fiskeridepartementet, mars 2019.

Anon (2019e). Protokoll for den 49. Sesjon i den blandete norsk-russiske fiskerikommisjon. https://www.regjeringen.no/contentassets/93db78e58049466fa8b7ac70e51661f1/samledokument-protokoll.pdf

Anon. (2019f). Forskrift om stopp av fangst av snøkrabbe i 2019. FOR-2019-10-15-1373. Nærings- og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2019-10-15-1373

Anon. (2019g). Forskrift om endring i forskrift om spesielle tillatelser til å drive enkelte former for fiske og fangst (konsesjonsforskriften) mv. FOR-2019-03-22-276. Nærings og fiskeridepartementet. https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2019-03-22-276

Anon. (2020a). Statsbudsjetett 2020 - tildelingsbrev for Havforskningsinstituttet. Nærings- og fiskeridepartementet, 16.12.2019.

Anon. (2020b). (Gjeldende) Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe, FOR-2014-12-19-1836, Nærings- og fiskeridepartementet https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-12-19-1836

Churchill, R. & G. Ulfstein (1992). Maritime management in disputed areas. The case of the Barents sea. London; Routledge.

Dahl, I. & E. Johansen (2017). The Norwegian snow crab regime and foreign vessels – a commentary on the Juras Vilkas decision of the Øst-Finnmark District Court

https://site.uit.no/nclos/2017/03/29/the-norwegian-snow-crab-regime-and-foreign-vessels-a-commentary-on-the-juras-vilkas-decision-of-the-ost-finnmark-district-court/

Falk-Petersen, J., & C.W. Armstrong (2013). To have one's cake and eat it too. Managing the alien invasive red king crab. *Marine Resource Economics*, **28**:1, pp. 65–81.

Henriksen, T. (2019). The Senator case – a new turn in Norway's dealings with foreign vessels operating in the waters off Svalbard. http://site.uit.no/jclos/files/2019/02/JCLOS-BLOG_28.2.2019_The-Senator-Case.pdf

Hvingel, C., C. Hansen & H. Sundet (2015). Snøkrabbe – the good, bad and ugly. Økonomisk potensial & økosystem effekter. In: Snow Crab Conference in Tromsø, Norway, 7 May. Norway: Institute of Marine Research.

Jentoft, S. & J.P. Johnsen (2015). The dynamics of small-scale fisheries in Norway: From adaptamentality to governability. In *Interactive governance for small scale fisheries. Global reflections*, ed. S. Jentoft & R. Chuenpagdee, pp. 705–723. Cham: Springer International Publising .

Jentoft, S. & R. Chuenpagdee. (2013). Concerns and problems in Fisheries and Aquaculture – Exploring governability. In *Governability in Fishereis and Aquaculture: Theory and Applications.* M. Bavinck, R. Chuenpagdee, S. Jentoft & J. Kooiman (red.) Chapter 3, pp. 33–44. Mare Publication series 7, Springer.

Johnsen, J.P. (2017). Creating political space at sea: governmentalisation and governmentality in Norwegian fisheries. *Maritime Studies,* **16**:18, pp. 1–24.

Kooiman, J., M. Bavinck, S. Jentoft & R. Pulling (red.) (2005). *Fish for life: Interactive governance for fisheries*. Amsterdam: Amsterdam University Press.

Kooiman, J. & M. Bavinck (2013). Theorizing Governability – the interactive governance perspective. In *Governability in Fishereis and Aquaculture: Theory and Applications.* M. Bavinck, R. Chuenpagdee, S. Jentoft & J. Kooiman (red.) Chapter 2, pp. 9–32. Mare Publication series 7, Springer.

Oug, E., S.K.J. Cochrane, J.H. Sundet, K. Norling & H.C. Nilsson (2011). Effects of the invasive red king crab (Paralithodescamtschaticus) on soft-bottom fauna in Varangerfjorden, Northern Norway. *Mar. Biodivers.*, **41**, pp. 467–479, http://dx.doi.org/10.1007/s12526–010–0068–6.

Oug, E., J.H. Sundet & S.K.J. Cochrane. (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

Pedersen, T. (2006). The Svalbard Continental Shelf Controversy: 2 Legal Disputes and Political Rivalries. *Ocean Development & International Law*, **37**, pp. 1–20.

Rhodes, R.A.W. (1996). The new governance: governing without government. *Political Studies*, **44**, pp. 652–667.

Song, A.M., J.P. Johnsen & T.H Morrison (2018). Reconstructing governability: How fisheries are made governable. *Fish and Fisheries,* **19**, pp. 277–289.

Sundet, J.H. & S. Bakanev (2014). Snow crab (CHavforskningsinstituttetonoecetes opilio) – a new invasive crab species becoming an important player in the Barents Sea ecosystem. ICES CM 2014/F:04

Sundet, J.H., & A.H. Hoel (2016). The Norwegian management of an introduced species: The Arctic red king crab fishery. *Marine Policy*, **72**, pp. 278–284.

En kvantitativ studie av lønnsomhet i det norske snøkrabbefisket

Egil Hogrenning og Edgar Henriksen

Nofima, Muninbakken 9-13, Breivika, 9291 Tromsø (www.nofima.no)

Sammendrag:
I denne artikkelen studerer vi lønnsomheten til den norske snøkrabbeflåten. Inntil 2017 hadde flåten adgang til de antatt attraktive fangstområdene på den russiske delen av kontinentalsokkelen i Smutthullet. Russland bestemte deretter at den norske flåten ikke fikk adgang til disse områdene. Vi estimerer CPUE for tiden før og etter utestengelsen for å undersøke effekten av denne forvaltningsendringen. Sammen med inntekt - og kostnadsdata for flåten, antyder estimatene at forvaltningsendringen har hatt en betydelig negativ økonomisk effekt. Videre analyserer vi realistiske fremtidsscenarioer for snøkrabbefisket, og i lys av scenarioene identifiserer vi faktorer som kan påvirke den fremtidige lønnsomheten til flåten.

Abstract in english:
This article discusses the profitability of the Norwegian snow crab fleet. Until 2017 the fleet was allowed to fish in the Russian part of the Continental Shelf in Smutthullet, at grounds believed to be the most attractive ones. However, from 2017 Russia denied Norwegian vessels to fish in this area. We calculate estimates of CPUE for the time before and after the exclusion to investigate the effect of this change in management. Supplementing these estimates with data describing the revenue and cost structure of the fleet, our findings suggests that the exclusion has had a substantial negative effect on the fleet's economic performance. Further, we put forward and analyze what is in our opinion, realistic scenarios for the future of the Norwegian snow crab fishery and identify factors that may affect the future profitability of the fleet.

Introduksjon

Snøkrabben er en ny art i Barentshavet, og ble første gang observert i 1996. De første kommersielle fangstene ble landet i 2013, og i de påfølgende årene bygget det seg opp et betydelig fiskeri, hovedsakelig lokalisert på den russiske delen av kontinentalsokkelen i Smutthullet. Smutthullet er internasjonalt farvann, der kontinentalsokkelen er delt i to geografiske områder, et tilhørende Norge og et tilhørende Russland. Fisket etter snøkrabbe foregår med teiner, og fartøy fra Norge, Russland og EU-land har deltatt i fisket.

Norske fartøy leverte i rekordåret 2016 fangster på 5406 tonn snøkrabbe med en førstehåndsverdi på 191 millioner NOK (Fiskeridirektoratet, 2018; Tabell 1 og 2). I startfasen av fisket ble arten forvaltet på grunnlag av fiskerisoner. I 2015 ble snøkrabben definert som en sedentær art[i] og dermed omfattet av lovgivingen for kontinentalsokkelen (Nærings- og fiskeridepartementet, 2015). Ifølge denne er det opp til kyststatene, Norge og Russland, å bestemme hvordan de ønsker å forvalte snøkrabben på sine kontinentalsokler. Etter en periode med gjensidig enighet om tilgang til å fiske snøkrabbe på hverandres kontinentalsokler, bestemte Russland seg for å endre sin strategi. Med virkning fra 2017 av, besluttet Russland å ikke tillate norske fartøy å fiske snøkrabbe på den russiske delen av kontinentalsokkelen i Smutthullet. De antatt beste fangstområdene ligger i dette området. Etter dette har det norske fisket foregått på norsk kontinentalsokkel (se Figur 1) (Havforskningsinstituttet, 2018).

Endringen i forvaltningen antas å ha fått store konsekvenser for det norske snøkrabbefisket. Mange redere har investert tungt for å kunne delta i fisket, og fangstinntektene er

(cc) BY-SA
Nofima AS

trolig påvirket av forvaltningsendringen. Studerer man regnskapstallene til flåten i Tabell 6e (Fiskeridirektoratet, 2019a, s. 57) ser man at fartøyene som deltar i snøkrabbefisket i gjennomsnitt har hatt negativt driftsresultat. Dette indikerer at den norske flåten møter betydelige økonomiske utfordringer i snøkrabbefisket.

I denne studien anvender vi bioøkonomisk teori for å undersøke de økonomiske konsekvensene den norske snøkrabbeflåten er påført ved å ikke lenger ha tilgang til den russiske delen av sokkelen i Smutthullet. Deretter analyserer og diskuterer vi økonomiske effekter av det vi mener er realistiske fremtidsscenarioer for det norske snøkrabbefisket. Ettersom det norske fisket etter snøkrabbe er relativt nytt er datamaterialet som beskriver fisket begrenset og tidsseriene relativt korte.

Markante forskjeller i fangstrater mellom ulike områder indikerer at populasjonen er heterogent fordelt over sitt utbredelsesområde. Sanchirico & Wilen (1999) presenterer en bioøkonomisk modell som inkorporerer en romlig dimensjon som ofte oversees i bioøkonomiske modeller. Forfatterne begrunner modellen med at det er vanlig å anse populasjoner som uniformt fordelt over sitt utbredelsesområde, og ved å utelate den romlige dimensjonen ignorerer man også hvordan fiskeflåten tilpasser seg denne heterogeniteten. De ser på fiskefartøyene som profittsøkende, og på grunn av dette vil fartøyene fiske i områder som antas å gi høyest profittmulighet. Det finnes også empiriske observasjoner som støtter Sanchirico & Wilen sin teoretiske modell. Caddy (1975) studerte kamskjellfiske på Georges Bank over en lengre tidsperiode, og finner at noen områder av banken står for brorparten av fangsten. Caddy knytter denne fangstfordelingen opp mot artens rekrutteringsområder, og påpeker at fiskeflåten tilsynelatende er dyktig i å lokalisere og drive fiske på områder som har stor biomasse. Funnene i disse studiene kan benyttes til å forklare hvorfor vi har observert en konsentrasjon i fisket etter snøkrabbe på den russiske delen av Smutthullet. Profittsøkende fartøyer fisker i områder de antar har høyest tetthet av snøkrabbe. Tettheten av snøkrabbe i et område avhenger av dybde, temperatur og tilgang til mat (Havforskningsinstituttet, 2019).

Catch per unit effort[ii] (CPUE) blir ofte benyttet som et indirekte mål på populasjonstetthet. Vi forutsetter at CPUE er proporsjonal med bestanden det fiskes på i henhold til Schaefer (1957). Dette betyr at forskjeller i biomassetetthet vil reflekteres i CPUE, og at en sammenligning av CPUE-estimater mellom områder vil indikere om noen fangstområder er bedre enn andre. For et fartøy er CPUE et mål på hvor mye fangst fartøyet får per innsats. Gitt konstant pris og konstante innsatskostnader er en høyere CPUE å foretrekke, siden det gir en større fortjeneste. Ved å sammenligne CPUE for fangst tatt før og etter utestengelsen får man et mål på effekten forvaltningsendringen har hatt for flåtens CPUE. For å studere effekten som utestengelsen har hatt på lønnsomheten bruker vi CPUE-estimatene i en bioøkonomisk modell som også inkluderer inntekts- og kostnadsstrukturen for flåten.

I snøkrabbefisket råder det stor usikkerhet knyttet til langsiktig lønnsomhet. Snøkrabben er fortsatt i ekspansjon i Barentshavet og det antas en fremtidig spredning av snøkrabbe nord- og vestover i Barentshavet (Havforskningsinstituttet, 2019). Dette kan føre til at nye områder på norsk kontinentalsokkel oppnår en krabbetetthet av kommersiell interesse i fremtiden. Det er også stor usikkerhet knyttet til fremtidig forvaltning av fisket. Både fra norsk og russisk side er det uttrykt intensjoner om å diskutere adgang til hverandres deler av kontinentalsokkelen, uten at det har ført til konkrete tiltak hittil (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019). Fartøy som ønsker å delta i det norske snøkrabbefisket må søke om tillatelse fra Fiskeridirektoratet. Det er satt en totalkvote for fisket, uten at denne er fordelt på individuelle kvoter til deltagerne. Fravær av individuelle kvoter er kjent for å kunne føre til en situasjon der deltagerne konkurrerer om totalkvoten, en situasjon omtalt som *kappfiske* som ikke er samfunnsøkonomisk optimal (Clark, 2010) . Det er derfor sannsynlig å forvente endringer i forvaltningen på dette punktet.

Forskningsspørsmålene vi ønsker å undersøke i denne studien kan formuleres på følgende måte:

1) Hvilke økonomiske konsekvenser er den norske flåten påført som følge av Russlands beslutning om å ekskludere norske fartøy fra å fiske snøkrabbe på den russiske kontinentalsokkelen i Smutthullet?
2) Hva kreves for å oppnå et lønnsomt norsk snøkrabbefiske? Under dette punktet analyserer vi tre realistiske fremtidsscenarioer for dette fisket:
   - En videreføring av det nåværende russisk-norske forvaltningsregimet med uendret CPUE
   - Krabben sprer seg videre nord- og vestover norsk kontinentalsokkel, under et uendret forvaltningsregimet.
   - Lovendringer i dagens forvaltningsregime.

Vi analyserer hva som kreves for å oppnå et lønnsomt norsk snøkrabbefiske under disse omstendighetene. Beslutningen om å bli med eller gå ut av et fiske kan sees i sammenheng med lønnsomheten til fartøyene som er involvert i fisket (Smith, 1969). Scenarioene vil dermed gi oss en indikasjon på hvordan fisket kan utvikle seg.

Datagrunnlag og metode

Datamaterialet

I dette studiet har vi gjort bruk av data fra to ulike kilder, elektronisk fangst- og aktivitetsdata (ERS) og Fiskeridirektoratet sin lønnsomhetsundersøkelse for fiskeflåten. Tidsperioden i datasettene er henholdsvis for årene 2016–2017 og for året 2017. ERS er innsamlet av Fiskeridirektoratet og alle fartøy over 15 meter er pålagt å rapportere denne informasjonen (Fiskeridirektoratet, 2019b). Datamaterialet inkluderer dermed hele populasjonen av norske snøkrabbefartøy. Observasjonene omfatter hver fiskeoperasjon[iii] fartøyene har utøvd i perioden. Dette datamaterialet beskriver dermed fiskeaktiviteten til fartøyene som er involvert i snøkrabbefisket.

Fra lønnsomhetsundersøkelsen bruker vi regnskapsdata på fartøynivå for å kunne beskrive fangstinntekter og fangstkostnader. Dette datamaterialet inneholder ikke data for alle norske fartøy som deltok i snøkrabbefiske, men for et utvalg av disse basert på visse kriterier som for eksempel at fartøyet har oppnådd en viss fangstinntekt i året som undersøkelsen gjelder for (Fiskeridirektoratet, 2019a). Vi har benyttet gjennomsnittsdata for å definere et gjennomsnittsfartøy. Dette fartøyet er identisk med gjennomsnittsfartøyet slik det fremstår i lønnsomhetsundersøkelsen i Tabell G 22 (Fiskeridirektoratet, 2019a, s. 96). Dette gjennomsnittsfartøyet er beregnet ut fra et utvalg bestående av kun 5 fartøy og aktiviteten til hvert enkelt fartøy i utvalget har dermed stor påvirkning på de kalkulerte verdiene som beskriver dette fartøyet. Dette forholdet, samt at fisket er nytt og under utvikling, innebærer at det er betydelig usikkerhet forbundet med modeller basert på datamaterialet.

Metode

Den kortsiktige fangsten *h* i et fiske antas å kunne formuleres som en funksjon av en konstant tilgjengelighetskoeffisient, *q*, fiskeinnsatsen *E* og bestandens biomasse *X* (Schaefer, 1957):

$$h = q \cdot E \cdot X \qquad (1)$$

I ligning (2) formulerer vi CPUE gjeldende for det geografiske området *s* ved en omskrivning av fangstfunksjonen (1). Vi ser at *CPUE* er proporsjonal med biomassen *X*, hvor proporsjonalitetsfaktoren er *q*. Konstanten *q* kan tolkes som sannsynligheten for at et individ av populasjonen i område *s* blir fisket.

$$CPUE_s = \frac{h_s}{E_s} = \mathrm{qX}_s \qquad (2)$$

For å kunne svare på våre forskningsspørsmål er vi avhengige av å operasjonalisere et uttrykk for CPUE. Til dette formålet har vi benyttet data på fiskeoperasjoner fra Elektronisk fangst – og aktivitetsdata (ERS).

For hver fiskeoperasjon er variablene *fangst* som mål på oppnådd fangst i kg (rundvekt), *innsats* som mål på antall teiner benyttet og *varighet* som mål på teinenes ståtid målt i minutter oppgitt. Fiskeoperasjonen er i tillegg knyttet til et geografisk område. Studerer vi datamaterialet finner vi at noen observasjoner ikke er fullstendige. I noen tilfeller (ca. 2 %) er det ikke opplyst hvor mange teiner som har blitt benyttet i fiskeoperasjonen. I slike tilfeller blir antall teiner erstattet med gjennomsnittsverdien av antall teiner som fartøyet har operert med over perioden. I noen tilfeller er varigheten av fiskeoperasjonen oppgitt til å være usannsynlig lav, i noen tilfeller lik 0 minutter. Andelen fangstoperasjoner som har oppgitt en varighet som ikke er forenelig med hvordan vi anser at fisket utføres i praksis, utgjør rundt 10 % av alle observasjonene, og er ulikt fordelt mellom fartøyene. Dette kan indikere at det har forekommet en ulik praksis mellom fartøyene i forhold til hvordan de måler ståtiden, noe som skaper usikkerhet knyttet til tolkningen av denne informasjonen. En ulik praksis antar vi kan forklares med at fisket var nytt i tidsperioden som observasjonene gjelder for. Dette gjør at det er vanskelig å definere et godt mål for CPUE som tar høyde for varigheten en teine fisker, for eksempel fangst per time per teine, som vi i utgangspunktet hadde ønsket. Vi har derfor valgt å utelate tidsaspektet og definerer CPUE som fangst per teine.

$$CPUE = \frac{Fangst}{Antall\ teiner} \qquad (3)$$

Vi vil undersøke om den forventede CPUE-verdien som snøkrabbefartøyene opplever er lavere etter utestengelsen fra den russiske delen av Smutthullet. Vi sammenligner dermed CPUE mellom 2016 og 2017 på grunn av at utestengelsen fant sted ved årsskiftet 2016–2017. For flåten representerer denne utestengelsen en innskrenkning av de tilgjengelige fiskeområdene. Vi mener derfor at det kun er hensiktsmessig å undersøke om utestengelsen har hatt en negativ effekt på CPUE. Dette gjør at vi har valgt en ensidig parvis t-test for å undersøke om forventningsverdien for CPUE er lavere i 2017 enn i 2016. En konsekvens av metodevalget er at vi ikke vil kunne påvise et eventuelt høyere forventet CPUE i 2017 enn i 2016. Vi formulerer dermed følgende hypotese:

H_0 Det er ikke forskjell i fangstrater (CPUE) mellom 2016 og 2017[iv].

H_1 Fangstraten (CPUE) er større i 2016 enn i 2017[v].

I denne testen ser vi på differansen som hvert fartøy opplever i CPUE mellom de to årene. Det gir mulighet for å kontrollere for eventuell heterogenitet i flåten som gjør at fartøyene kan oppnå ulik CPUE. Et eksempel på en slik heterogenitet kan være at fartøyene har forskjellige fangststrategier, for eksempel knyttet til bruk av agn. For hvert fartøy har vi derfor kalkulert en årlig CPUE etter ligning (3) basert på årlig aggregerte verdier for fangstmengde og antall teiner. Siden t-testen undersøker endringer i CPUE mellom årene, er vi avhengige av at fartøyene deltar i fisket begge årene, noe som ikke er tilfelle for alle fartøyene i datamaterialet. I datamaterialet registrerer vi fangster fra 14 og 16 unike fartøy i henholdsvis 2016 og 2017, men bare 10 av disse fartøyene er aktive begge årene. Disse 10 fartøyene utgjør dermed vårt utvalg i den parede t-testen. For å utøve en paret t-test er det en forutsetning at fordelingen av differansen av de parvise observasjonene av CPUE er normalfordelt. Dette ble testet ved hjelp av en Skewness Kurtosis test. Med 5 % signifikansnivå kan vi ikke forkaste hypotesen om at fordelingen er normalfordelt.

For å undersøke effekten CPUE har på lønnsomhet må vi inkludere CPUE estimatene i en sammenheng som beskriver lønnsomheten i næringen. Profitten i år *t* er differansen mellom inntekten fra fiskeoperasjonene gitt ved produktet av enhetsprisen *p* og fangstmengde *h* og enhetskostnaden *c* forbudet med å produsere innsatsnivået *E* i år *t*.

$$Profitt_t = p_t \cdot h_t - c_t \cdot E_t \qquad (4)$$

Ved å anvende ligning 1, kan vi skrive profittligningen som:

$$Profitt_t = p_t \cdot q \cdot E_t \cdot X_t - c_t \cdot E_t \qquad (5)$$

For å kunne se CPUE i relasjon til profitt skriver vi om ligning (5) ved hjelp av ligning (2).

$$Profitt = (p_t \cdot CPUE_t - c_t)E_t \qquad (6)$$

Ligning (6) viser sammenhengen mellom CPUE og profitt. For å knytte den teoretiske fremstillingen til snøkrabbefisket benytter vi data fra lønnsomhetsundersøkelsen. Regnskapspostene som beskriver kostnadsstrukturen i 2017 vil være identisk med gjennomsnittfartøyet som er presentert i Tabell G 22 (Fiskeridirektoratet, 2019a). I tillegg benytter vi data på fiskeoperasjoner fra Elektronisk fangst – og aktivitetsdata som er basert på det samme utvalget av fartøy for det samme året. Dette materialet benytter vi for å kalkulere gjennomsnittsfartøyet sin årlige bruk av teiner, E_t. Denne verdien er gjennomsnittet av det totale antall teiner hvert fartøy i utvalget benyttet i løpet av året. Det er så langt ikke etablert en tariff[vi] i snøkrabbefisket, så avlønning av mannskapet blir bestemt på fartøynivå, hvor noen benytter lottbasert avlønning, andre fastlønn eller en kombinasjon av begge deler. I denne studien har vi antatt at mannskapets avlønning kun er avhengig av driftsnivået og ikke fangstnivået. Kostnaden per teine c_t har vi beregnet som summen av fartøyets driftskostnader inklusive avskrivninger dividert på E_t. Prisen p_t som fartøyet mottar for sin fangst er satt til den gjennomsnittlige kiloprisen som snøkrabbefartøyene oppnådde, slik den er oppgitt i lønnsomhetsundersøkelsen. Denne verdien er også presentert i Tabell G 22 (Fiskeridirektoratet, 2019a). Av ligning (6) ser vi at profitten per teine er $p_t \cdot CPUE - c_t$.

Basert på ligning (6), heretter omtalt som profittligningen, gjør vi en scenarioanalyse der vi evaluerer hvordan en endring i pris, kostnad per teine og CPUE påvirker fartøyets profitt. Ved å evaluere ligningen for forskjellige verdier, måler vi hvordan profitten til et fiktivt gjennomsnittsfartøy reagerer på disse endringene og antar at dette fartøyets prestasjon er beskrivende for flåtens prestasjon. Vi vil benytte profittligningen i diskusjonene rundt de økonomiske effektene av de tre fremtidsscenarioene vi har presentert.

Resultater og diskusjon

I dette kapittelet presenterer vi både resultater og diskusjon. Vi gransker effekten på fangst per innsatsenhet (CPUE) forbundet med forvaltningsendringen. Deretter undersøker vi de økonomiske konsekvensene av denne endringen og vi diskuterer økonomiske framtidsutsikter i tråd med scenarioene presentert i introduksjonsdelen.

Fangsteffekt av utestengelsen

En paret t-test ble, som nevnt ovenfor, utført for å undersøke om forventningsverdien til CPUE var lavere i 2017 (etter endring av forvaltningsregime) enn for fangst tatt i 2016 (før endring av forvaltningsregime). I vår hypotesetest har vi benyttet et signifikansnivå på 5 %. I 2017 var gjennomsnittlig CPUE lik 1,37 (SD = 0,98), signifikant lavere enn i 2016, hvor gjennomsnittlig CPUE var 2,76 (SD = 2,06)[vii]. Dette betyr at fartøyene har en statistisk signifikant lavere CPUE etter at de mistet tilgangen til russisk kontinentalsokkel i Smutthullet. I 2017 var CPUE for den norske snøkrabbeflåten halvert sammenliknet med året før. Funnet antyder at tapt tilgang til fangstområdene i russisk sone i Smutthullet har hatt en negativ påvirkning på oppnådd CPUE.

For å sammenligne CPUE estimatene fra t-testen med hele fartøypopulasjonen, har vi lagt ved Tabell 1 som beskriver fangststatistikk kalkulert på bakgrunn av fangstoperasjonene til alle fartøyene, gruppert etter fangstsone og fangstår. Tabell 1 viser forskjellige CPUE verdier enn den parede t-test viser for de to årene. For det første skyldes dette at Tabell 1 er beregnet på grunnlag av alle fangster, mens verdiene fra t-testen er beregnet fra fangstene til utvalget av fartøy som deltok i fisket begge årene. For det andre er gjennomsnittsverdiene som kommer frem ved t-testen kalkulert på bakgrunn av hvert enkelt fartøy sin CPUE. Disse verdiene er vektet like mye uavhengig av antall fangstoperasjoner fartøyet utøvde, mens CPUE verdiene i Tabell 1 viser de årlige aggregerte verdiene. I den videre diskusjonen i dette avsnittet vil vi diskutere resultatene av t-testen i lys av observasjonene i Tabell 1. Dette gir en mer helhetlig forståelse av effekten av utestengelsen fra Smutthullet.

Tabell 1 Beskrivende statistikk – Alle fartøy. Fangstår er året fiskeoperasjonene foregikk, Fangstsone viser hvor fangstene ble tatt. Rundvekt angir total fangst av snøkrabbe målt i tonn, Innsats viser antall teiner brukt. CPUE er kalkulert som Rundvekt per Innsats. Varighet viser den gjennomsnittlige ståtiden til en teine.

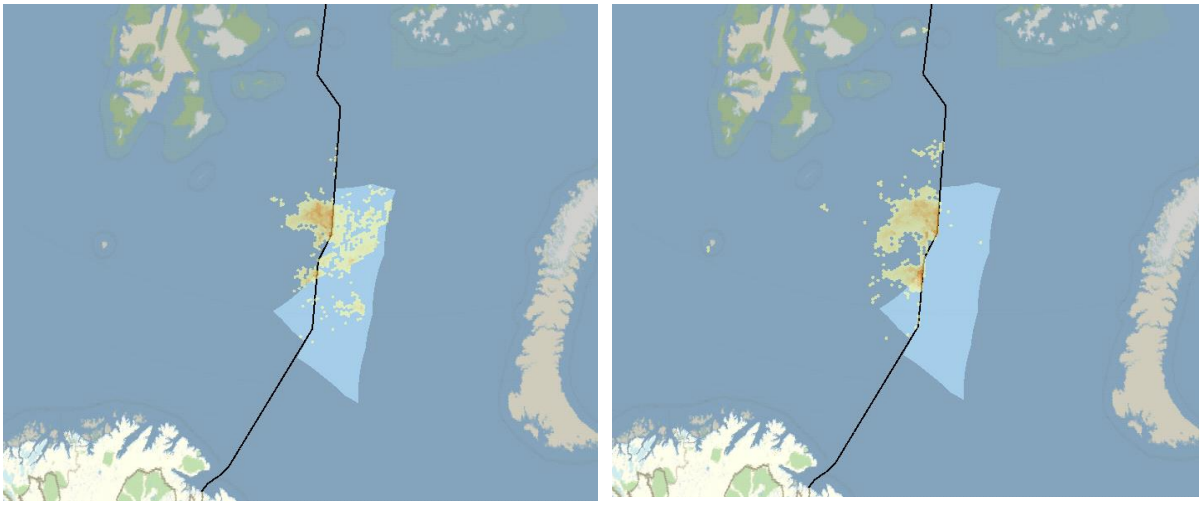
Fangstår	Fangstsone	Rundvekt (tonn)	Innsats[d] (teiner)	CPUE (kg/teine)	Varighet (min)
2016	SMUTTHULLET [a]	2 140,51	331 151,09	6,46	3 124,08
2016	NORSK [b]	2 481,91	826 341,61	3,00	11 677,45
2016	SMUTTHULLET [a] og NORSK [b]	4 622,42	1 157 492,71	3,99	7 400,76
2017	NORSK [c]	2 876,04	159 0019,2	1,81	8 315,22

[a] Fangster som er tatt i Smutthullet, i all hovedsak på Russisk sokkel

[b] Fangster på norsk kontinentalsokkel utenfor Smutthullet

[c] Fangster på norsk kontinentalsokkel

[d] Grunnet at manglende observasjoner er erstattet med gjennomsnittsverdier, summeres teinene opp til desimaltall her.



Figur 1 Kart som viser fordelingen av fangstområder i Barentshavet i 2016 (til venstre) og 2017 (til høyre) for norske fartøy. Det lyseblå området viser Smutthullet. Den svarte linjen viser avgrensningslinjen mellom norsk og russisk kontinentalsokkel. Vi ser at avgrensningslinjen deler kontinentalsokkelen i Smutthullet i to områder, et tilhørende Russland og et tilhørende Norge. Punkter i gulnyanser viser fangstaktivitet. Illustrasjonene av fangstaktiviteten er basert på datamaterialet fra elektronisk fangst – og aktivitetsdata og fremstilt ved hjelp av programvaren Matematica.

En overraskende observasjon fra Tabell 1 er at det ble fanget mer snøkrabbe av norske fartøy utenfor Smutthullet enn i Smutthullet i 2016 - på et tidspunkt hvor fartøyene fortsatt hadde adgang til den russiske delen av kontinentalsokkelen. Dette tyder på at det fantes gode fangstområder også utenfor Smutthullet i 2016. Figur 1 viser den geografiske fordelingen av fangstområdene for de to årene. Sammenligner man derimot CPUE for de to områdene i 2016, ser man at CPUE for fangst tatt i Smutthullet er over dobbelt så stor som for fangst tatt utenfor Smutthullet. Om vi antar at fangstkostnadene er uavhengig av fangstområde, står denne observasjonen i motstrid til teorien til Sanchirico & Wilen (1999) og Caddy (1975) hva angår en distribusjon av fartøy som følger fangstpotensial, siden mye fangst er tatt på mindre attraktive fangstområder. Et berettiget spørsmål å stille er om vi her observerer en opptreden som ikke er i samsvar med hva økonomisk rasjonalitet tilsier. Tar man hensyn til at dette er et nytt fiskeri, kan Allen & McGlade (1986) sin teori forklare denne observasjonen. Forfatterne ser på

sammensetningen av fiskefartøy, og definerer to ekstremer. På den ene siden har vi fartøy som er risikoaverse, og dermed kun fisker på områder som gitt den informasjonen som fartøyet besitter, vil gi høyest fangst. Motsatsen er fartøy som er risikovillige, og dermed er villige til å utforske nye områder i forhåpning om at disse uutforskede områdene vil kunne bringe dem gode fangster. Allen & McGlade (1986) sin teori kan dermed forklare hvorfor vi observerte dette valget av fiskefelt. En annen forklaring kan vi finne ved å ta hensyn til at det ikke nødvendigvis er utelukkende CPUE som er viktig når flåten velger hvor det skal fiskes. I 2016 var det mange fartøy fra Norge, Russland og EU som fisket snøkrabbe i Smutthullet. Teinene var dermed plassert tett i de mest attraktive fangstområdene. Dette indikerer at valget kan ha vært påvirket av risiko forbundet med å ikke få tilgang til de beste områdene i Smutthullet i konkurranse med andre fartøy, og potensielle kostnader grunnet tap eller skade på redskap som følge av den store fiskeaktiviteten i området. Siden mye av fangsten i 2016 er tatt utenfor Smutthullet, betyr dette at Smutthullets fangstattraktivitet ikke kommer fullstendig frem i estimatene i t-testen, gitt at fangstdistribusjonen til utvalget av fartøy i t-testen er representativt for observasjonene i Tabell 1 som gjelder for alle fartøy.

Kolonnen *Varighet* viser at det er vesentlige ulikheter i gjennomsnittlig ståtid mellom fangstår og fangstområde. Gjennomsnittlig ståtid i Smutthullet var mindre enn 1/3 av gjennomsnittlig ståtid for områder utenfor Smutthullet i 2016. Dette tyder på at når CPUE ikke inkluderer ståtiden til teinene, underestimeres fangstattraktiviteten i Smutthullet relativt til områder utenfor. Effekten av utestengelsen kan derfor være underestimert. Observasjonen indikerer også at flåten opererer med forskjellige fangstrategier i sonene i forhold til hvor lenge en teine blir stående å fiske. Dette kan tyde på at tiden en teine blir stående kan være avhengig av fangstpotensialet i området det fiskes. Forventninger om høy CPUE fører til kortere ståtid. I metodedelen påpekte vi usikkerhet rundt hvordan fartøyene måler ståtiden, vi kan derfor ikke utelukke at ulikhetene i ståtiden mellom områdene kun skyldes dette.

En siste observasjon fra Tabell 1 er at CPUE for fangster tatt på norsk kontinentalsokkel er lavere i 2017 enn i 2016. Det har vært diskutert om det har forekommet lokalt overfiske i denne perioden (Havforskningsinstituttet, 2017). Sammenligningen av CPUE kan tyde på at det har vært en nedgang i den fangstbare populasjonen i områdene fra 2016 til 2017, og at det har blitt drevet overfiske på norsk kontinentalsokkel. Dersom man antar at den samme tendensen også fant sted på russisk sokkel i Smutthullet, så vil CPUE i dette området også være lavere i 2017 enn i 2016. En nedadgående trend vil i så fall være med på å overestimere effekten av utestengelsen. Gitt en tilstrekkelig nedgang i den fangstbare populasjonen på den russiske delen av kontinentalsokkelen i Smutthullet fra 2016 til 2017, er det mulig at CPUE i disse områdene i 2017 ikke er høyere enn hva flåten opplevde på norsk kontinentalsokkel i 2017. Dette vil eventuelt bety at utestengelsen ikke har hatt en effekt på CPUE som flåten opplevde i 2017. Fravær av observasjoner fra norske fartøy på russisk del av Smutthullet i 2017 gjør at det ikke kan anslås sammenlignbar CPUE innenfor og utenfor området i 2017.

I lys av observasjonene vi har gjort i dette delkapitlet er det tydelig at ståtiden bør inkluderes i CPUE-estimatet når datamaterialet tillater dette. I tillegg vil en modell som kontrollerer for både fartøy- og fangstsonekarakteristika trolig være bedre egnet for å studere endringer i CPUE mellom årene. I t-testen benyttet vi verdier for CPUE som var gruppert etter år og fartøy. Vi har vurdert fremgangsmåten med å benytte aggregerte verdier som egnet for å undersøke vår problemstilling, men modeller som benytter de individuelle observasjonene for CPUE vil i høyere grad utnytte informasjonen i datamaterialet og bør derfor vurderes.

Økonomisk effekt av utestengelsen

I dette kapittelet har vi frem til nå studert effekten av utestengelsen på flåtens fangstrater (CPUE) målt i fangst per teine. Vi finner en statistisk signifikant lavere CPUE etter utestengelsen. For å studere den økonomiske effekten må man se CPUE i sammenheng med andre elementer som påvirker lønnsomheten; pris for

krabben og kostnaden forbundet med fiskeaktiviteten.

I den økonomiske analysen er det nødvendig å ta hensyn til at datamaterialet vi har tilgjengelig på lønnsomhetsdata er for et utvalg av fartøy som er med i lønnsomhetsundersøkelsen. Vi har derfor kalkulert verdier basert på fangstaktiviteten til dette utvalget. Disse verdiene er presentert i Tabell 2.

Tabell 2 viser at fartøyene i 2017 totalt fisket 1774 tonn med snøkrabbe med en CPUE på 1,79. Det er 5 fartøy med i fartøyutvalget som fisket i gjennomsnitt 355 tonn snøkrabbe hver med i gjennomsnitt 198452 teiner. Fartøyene fikk 50 kr per kilo for fangsten, og vi har beregnet kostnaden per teine til 193 kroner. Sammenligner vi observasjonene fra Tabell 2 med observasjonene for år 2017 i Tabell 1, ser vi at verdiene i de overlappende kolonnene (Rundvekt, Innsats og CPUE) er forskjellige. F.eks. finner vi et CPUE i Tabell 1 på 1,81, mens tilsvarende i Tabell 2 er 1,79. Grunnen til dette er at vi i Tabell 2 kun inkluderer fangst fra fartøyene i lønnsomhetsundersøkelsen, mens Tabell 1 er beregnet med basis i alle fartøy som deltok i fisket. En sammenligning av disse to gjennomsnittsverdiene indikerer at CPUE fartøyene i utvalget oppnådde ikke skiller seg vesentlig fra CPUE som hele fartøymassen oppnådde.

Ved å bruke profittligningen og verdier for CPUE, pris, kostnad per teine og Innsats per fartøy har vi gitt et anslag for den økonomiske prestasjonen til flåten. Resultatet er presentert i Tabell 3, hvor vi også presenterer en scenarioanalyse for verdiene. Kolonnen *Scenario* benevner hvilket sensitivitetsscenario som analyseres og kolonnen *Profitt* viser scenarioets profitt.

Scenario Base viser den profitten fartøyet oppnår ved å evaluere profittligningen på verdiene for CPUE, pris, kostnad per teine og Innsats per fartøy som er oppgitt i Tabell 2. Base beskriver dermed modellens beregning av den økonomiske prestasjonen i 2017. Vi ser at fartøyet går med et underskudd på i overkant av 20 millioner. Funnet indikerer at fartøyene i snøkrabbefisket er i en krevende økonomisk situasjon, og at vesentlig bedre økonomiske resultater trolig vil være nødvendig for at fartøyene blir værende i fisket. De resterende scenarioene kan ses på som en endring i base-caset, hvor tomme celler indikerer at verdiene er uendret fra base-caset.

Tabell 2 Beskrivende statistikk – Utvalg av fartøy basert på Lønnsomhetsundersøkelsen. Rundvekt er total fangst målt i tonn. Innsats er antall teiner benyttet. CPUE er kalkulert som rundvekt/teine. Antall Fartøy viser antall fartøy i utvalget. Rundvekt per fartøy og Innsats per fartøy viser henholdsvis gjennomsnittlig rundvekt fartøyene fisket og gjennomsnittlig antall teiner benyttet. Pris og Kostnad per teine viser henholdsvis den gjennomsnittlige prisen fartøyene oppnådde og den estimerte kostnaden per teine.

Fangst-år	Fangst-sone	Rundvekt (tonn)	Innsats (teiner)	CPUE (kg/teine)	Antall fartøy	Rundvekt per fartøy (tonn)	Innsats per fartøy (teiner)	Pris (kr/kg)	Kostnad per teine
2017	Norsk	1 774	992 261	1,79	5	355	198 452	50	193

Tabell 3 Terskelverdier og scenarioanalyse for CPUE, pris og kostnad per teine.

Scenario	Pris (kr/kg)	CPUE (kg/teine)	Kostnad per teine (kr/teine)	Teiner	Profitt (kr)
Base	50	1,79	193	198 452	-20 539 782
TCPUE		3.86			0
SCPUE_2016		3,99			1 289 938
SCPUE_2016S		6.46			25 798 760
Tp	108				0
Tc			90		0

Tabellelementer uten verdi indikerer at verdiene for Scenario *Base* er nyttet.

Scenario TCPUE viser hvilket CPUE-nivå som vil være tilstrekkelig for at gjennomsnittsfartøyet skal drive i balanse (0 profitt) og det fremkommer at en CPUE på 3,86 vil være tilstrekkelig, et CPUE-nivå som er over dobbelt så høyt som flåten hadde i 2017. Det er interessant å sammenligne dette scenarioet med scenario SCPUE_2016. I scenario SCPUE_2016 bruker vi estimatet på CPUE fra 2016 fra Tabell 1 (som er kalkulert med basis i all fangst fra både norsk og russisk sokkel). Med CPUE i 2017 som i 2016 ville gjennomsnittsfartøyet fått et overskudd i 2017 på i overkant av 1 million. I scenario SCPUE_2016_S bruker vi estimatet på CPUE fra 2016 fra Tabell 1 for fangst kun tatt i Smutthullet. Vi finner at gjennomsnittsfartøyet kunne ha oppnådd en profitt på i overkant av 25 millioner i 2017 med en slik CPUE. Disse anslagene indikerer at utestengelsen fra områdene med høyest fangstrate har hatt en markant negativ effekt på flåten sin lønnsomhet. Noen fartøy er derimot trolig mer påvirket enn andre siden mye fangst også ble tatt utenfor Smutthullet i 2016. Det er imidlertid viktig å ta med i betraktningen som tidligere nevnt, at det kan ha forekommet et overfiske i tiden før utestengelsen. Dersom dette er tilfelle betyr det at et CPUE-nivå sammenfallende med scenarioet SCPUE2016 og SCPUE_2016S ikke vil være bærekraftig over en lengre tidshorisont og at den negative effekten på lønnsomheten som følge av at norske snøkrabbefartøy ikke har tilgang til russisk sokkel vil være overestimert.

I scenario Tp evaluerer vi base-caset med en terskelverdi for pris som gjør at gjennomsnittsfartøyet driver i balanse. Vår modell indikerer at en pris over 108 kr per kilo vil være tilstrekkelig for at flåten går i overskudd. Dette er i så fall mer enn en dobling av den faktiske prisen som flåten oppnådde i 2017. I scenario Tc evaluerer vi base-caset med en terskelverdi for kostnad per teine som gjør at gjennomsnittsfartøyet driver i balanse. Vi finner at en kostnad på under 90 kr per teine vil være tilstrekkelig for at flåten går i overskudd. Gitt 2017 priser vil et kostnadsnivå som er under 50 % av den kalkulerte kostnaden i base-caset være nødvendig for at flåten oppnår overskudd.

I Base-caset fant vi at fartøyet går med et underskudd på i overkant av 20 millioner i 2017. Denne beregningen er ikke så ulik driftsresultatet for 2017 presentert i Tabell G 22 (Fiskeridirektoratet, 2019a), men vår modell viser imidlertid en noe høyere negativ profitt. Dette betyr at vår modell ikke produserer et profittestimat som er helt i samsvar med den observerte verdien. Dette kan være grunnet begrensningene i datamaterialet som gjør at vi har gjort noen nødvendige forenklinger. En forenkling er at vi har gjort alle kostnadene variable og avhengige av driftsnivået. Faste kostnader er gjort variable ved å bruke den årlige avskrivningskostnaden av fartøyet. Dette gjør at kostnadene undervurderes ved lav fiskeinnsats og overvurderes ved høy. I mangel på tariffavtaler for flåten har vi antatt at avlønningen er proporsjonal med driftsnivået og uavhengig av fangstnivået. I forhold til regulær lottavlønning betyr dette en undervurdering av arbeidsgodtgjørelsen ved høy CPUE, og en overvurdering ved lav CPUE. Vi mener at med de begrensinger og usikkerheter som er gjort rede for, er vårt anslag det best tilgjengelige. I tillegg indikerer våre funn at fartøyene opererer med forskjellig ståtid avhengig at antatt fangstpotensial. Dette kan påvirke kostnaden forbundet med fiskeaktiviteten, men er ikke noe vår kostnadsstruktur tar høyde for. Vår modell benytter verdier som representerer et gjennomsnittsfartøy, men i realiteten er fartøyene ulike både i forhold til kostnadsstruktur og fangstmønster. Elementene som er nevnt i dette avsnittet kan føre til at et profittestimat for et gitt scenario avviker fra den faktiske profitten som er sammenfallende med scenarioet.

Økonomiske framtidsutsikter

I den resterende delen av artikkelen vil fokuset være på hvordan flåten sin lønnsomhet kan forbedres i lys av resultatene. I de neste tre delkapitlene vil vi diskutere tre fremtidsscenarioer som vi anser å kunne påvirke flåtens lønnsomhet.

En videreføring av det nåværende russisk-norske forvaltningsregimet med uendret CPUE

I dette scenarioet antar vi at det nåværende russisk-norske forvaltningsregimet blir videreført, samtidig som en fremtidig utbredelse av krabben ikke fører til at det oppstår nye fangstområder av kommersiell interesse. I dette scenarioet anser vi at CPUE-nivået som flåten oppnådde i 2017 vil være det bærekraftige nivået, og at en forbedring i lønnsomheten følgelig må være en konsekvens av enten økt pris per kg eller reduserte kostnader per fangstinnsats.

Våre funn i scenarioanalysen viser at et prisnivå på over 108 kroner per kilo skaper overskudd for gjennomsnittsfartøyet. Hovedsakelig blir snøkrabben foredlet ombord og hovedproduktet fra denne prosessen er fryst cluster[viii], mens restråstoffet i høy grad ikke omsettes (Lorentzen *et al.,* 2017). Det finnes dermed et potensial i å utnytte biproduktet fra denne foredlingsprosessen til kommersielle formål som kan gjøre at fartøyene øker inntektene. Et annet alternativ er å endre hovedproduktet. Levende krabbe har historisk sett oppnådd en høyere kilopris i markedet enn fryst cluster, men denne produktformen fører også med seg utfordringer. Det er kvalitetsutfordringer med levendelagring av snøkrabbe i prosessen frem til den når sluttmarkedet (Lorentzen *et al.,* 2017). En endring i produktform og/eller en bedre utnyttelse av restråstoffet kan bidra til at fartøyene oppnår en høyere kilopris, men hvorvidt dette vil bidra til økt lønnsomhet er avhengig av kostnadene som en endret strategi medfører. Våre funn i scenarioanalysen for kostnad per teine viser at et kostnadsnivå under 90 kroner per teine gir overskudd for gjennomsnittsfartøyet. Fiske etter snøkrabbe er nytt for mange av aktørene, og de fleste har dermed en begrenset erfaring med fisket. Det er trolig at fisket er preget av en viss prøving og feiling i fangstoperasjonene. Denne prosessen kan føre med seg innovasjoner som kan gjøre at kostnaden forbundet med fangstaktiviteten blir redusert på sikt. Akkar blir i dag primært benyttet som agn, men det jobbes med å fremstille et mer kostnadseffektivt agn, og det har blitt forsøkt å nytte restråstoff med begrenset alternativ anvendelse. Siikavuopio *et al.,* (2018) brukte innmat fra torsk som agn, og fant at man kan oppnå like god fangst som med bruk av akkar. Agn utgjør en stor kostnadspost i regnskapet og dermed har innovasjoner på dette feltet potensielt en stor effekt på kostnaden forbundet med fiskeaktiviteten.

Krabben sprer seg videre nord- og vestover norsk kontinentalsokkel, under et uendret forvaltningsregime

I dette scenarioet er observasjonene fra forrige scenario fortsatt gjeldende, men en videre utbredelse av snøkrabben nord – og vestover gir også en mulighet for at det oppstår nye fangstområder med høyere CPUE enn hva flåten oppnår med nåværende utbredelse. Det er funnet at store deler av norsk sokkel egner seg som habitat for snøkrabber (Havforskningsinstituttet, 2020). Disse områdene er i ferd med å bli kolonisert, men om fangstområdene vil være profitable er fortsatt usikkert (Havforskningsinstituttet, 2019). Vi beregnet at dersom gjennomsnittsfartøyet hadde hatt en CPUE i 2017 som var i samsvar med hva flåten opplevde i Smutthullet i 2016, ville fartøyet snudd et underskudd på over 20 millioner til et overskudd på 25 millioner. I vår modell har CPUE dermed en stor effekt på lønnsomhet, noe som indikerer et potensial for store forbedringer i lønnsomheten under forutsetning av at det oppstår nye fangstområder som gir fangstrater i samme størrelsesorden som flåten opplevde i Smutthullet.

Endringer i dagens forvaltningsregime

En endring i dagens forvaltningsregime kan skje på bilateralt nivå mellom Norge og Russland, eller i det norske forvaltningsregimet.

På bilateralt nivå kan en avtaleendring føre til at norske og russiske fartøy får gjensidig tilgang til å fiske på hverandres kontinentalsokler. En tilgang til russiske områder vil dermed føre til at flåten igjen får tilgang til de attraktive fangstområdene i Smutthullet. Våre funn tilsier at den norske kontinentalsokkelen per i dag er preget av mindre lukrative fangstområder enn hva som finnes på den russiske delen. Om man utlukkende vurderer den relative attraktiviteten til

fangstområdene på norsk – og russisk sokkel, kan en avtale om gjensidig tilgang virke usannsynlig. Derimot er det trolig andre faktorer som kan påvirke dette, som for eksempel tradisjon for samarbeid. Norge og Russland samarbeider i dag om forvaltning av flere fellesbestander i Barentshavet (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019).

Norske fartøy som ønsker å delta i fisket etter snøkrabbe må søke Fiskeridirektoratet om tillatelse til å bli med i fisket etter snøkrabbe (Konsesjonsforskriften, 2006 § 1-2 og § 6-1). Med en slik tillatelse kan et fartøy delta i fisket etter en totalkvote (Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe 2014,§ 3). Gitt at totalkvoten ikke er satt for høyt sikrer den totalbestanden mot overfiske. En slik forvaltning legger derimot ikke nødvendigvis til rette for en optimal økonomisk utnyttelse av ressursen. I en situasjon med totalkvoter uten begrensinger på fartøynivå, ligger det til rette for et *kappfiske*, herunder fare for lokalt overfiske. Et kjennetegn på et slikt fiske er at det fører til en høyere fangstintensitet i en kortere periode i fiskesesongen enn hva som er i samsvar med det som minimerer fartøyets kostnader (Clark, 2010). Grunnen til dette er at fartøyene investerer for å kunne konkurrere om å sikre seg en størst mulig andel av den tilgjengelige totalkvoten. Dette resulterer i at kostnadene forbundet med å ta en viss andel av totalkvoten kan bli høyere enn det mest kostnadseffektive nivået. En slik situasjon er ikke samfunnsøkonomisk optimal ettersom det sløses med ressursens potensielle avkasting og innsatsfaktorene er ineffektivt allokert (Ward *et al.,* 2004). Havressursloven er styrende for forvaltningen av marine ressurser, og en målsetting er at ressurser skal forvaltes på en måte som skaper samfunnsøkonomisk lønnsomhet (Havressursloven, 2008 § 1). De nevnte effektene av et kappfiske står i strid med denne målsettingen og kan dermed fremprovosere forvaltningsendringer i fisket som legger bedre til rette for samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Eierrettigheter til fartøykvoter innenfor totalkvoten er ofte sett på som et alternativ for å unngå kappfiske. Med en slik forvaltning kan hvert fartøy fokusere på å fiske sin årlige forutbestemte kvote på en profittmaksimerende måte fremfor å måtte konkurrere med andre fartøy om andeler av totalkvoten (Wilen, 2000). Ved å studere fisket i British Columbia etter kveite finner Casey *et al.* (1995) at sesongprofilen i landinger endret seg fra få markante topper ved åpninger i fisket til en lengre og jevnere fordelt profil etter at fisket endret seg fra et kappfiske til et fiske med fartøykvoter. I tillegg finner de også at førstehåndsprisen for fisken er markant høyere etter innføringen av fartøykvoter. Forfatterne setter dette i sammenheng med at store deler av fisken som tidligere ble solgt fryst nå ble solgt fersk, til nye markedsmuligheter som ble gjort mulig via den nye landingsprofilen. Endringer i kvotesystemet kan dermed gi en positiv effekt på prisen fartøyene oppnår og redusere fartøyenes kostnader i fisket.

I snøkrabbefisket finnes det i dag en betydelig høyere andel fartøy som har tillatelse til å fiske enn fartøy som faktisk fisker. En aktørs avgjørelse om å delta i et fiske eller ikke, kan ses i sammenheng med lønnsomheten til de allerede deltagende fartøyene (Smith, 1969). Man kan dermed forvente at flere av disse fartøyene vil involvere seg i fisket dersom de forventer at aktiviteten fra fisket vil gi høyere avkastning enn hva fartøyene kan få ved alternative aktiviteter, eller at fartøyene strategisk posisjonerer seg i forhold til et antatt framtidig nytt rettighetsregime (Bertheussen *et al.,* 2020). Bertheussen *et al.* (2020) diskuterer om norske rederier posisjonerer seg for å oppnå gratis og potensielt verdifulle rettigheter i et framtidig lukket snøkrabbefiske ved å vise til historisk aktivitet i fisket. Dette kan føre til at fartøyene blir med/værende i fisket til tross for dårlig lønnsomhet.

Totalkvoten var på 4000 tonn i årene 2017 til 2019, men studerer vi fangststatistikken presentert i tabellen *Rundvekt (tonn) fordelt på art* (Fiskeridirektoratet, 2020) ble totalkvoten ikke tatt i hverken 2017 eller 2018. Dette betyr at totalkvoten ikke har vært en begrensning på fartøyenes samlede fangstmengde. Dette indikerer at den dårlige lønnsomheten i fisket har hindret et kappfiske i å utvikle seg. I 2019 ble totalkvoten derimot tatt, dette kan være grunnet en større bestandstetthet i fangstområdene og dermed en forbedret fangstøkonomi. Man kan anta at kostnaden per teine kan øke dersom et kappfiske oppstår i fremtiden.

Konklusjon

Ved å sammenligne fangstrater (CPUE) fra perioden før og etter norske snøkrabbefartøy ble nektet å fiske på den russisk kontinentalsokkel i Smutthullet, finner vi at fangstraten har blitt signifikant lavere etter utestengelsen. Funnet antyder at utestengelsen fra den russiske kontinentalsokkelen i Smutthullet har hatt en negativ påvirkning på flåtens CPUE. Men ettersom vi ikke vet hvilket CPUE fartøyene ville oppnådd om de hadde hatt tilgang til å fiske i disse områdene i 2017, kan vi ikke trekke slutningen at utestengelsen har hatt en negativ påvirkning.

Ser vi CPUE estimatene i lys av inntekts- og kostnadsdata indikerer våre resultat at utestengelsen har snudd et overskudd til et kraftig underskudd. Datamaterialet har vært begrenset, noe som har gjort at enkle analyser har blitt utført. Vi har estimert CPUE uten å inkludere ståtiden og betraktet kostnadene som variable og kun avhengige av driftsnivået. Det er derfor knyttet stor usikkerhet til estimatene av både CPUE og kostnad. Dette kan ha påvirket profitt-estimatene.

Vi finner at lønnsomheten på kort sikt først og fremst kan forbedres ved høyere fangstrater (økt CPUE) og selvsagt også ved høyere pris og lavere kostnader. Vi har kalkulert verdier som indikerer hvilket nivå disse må ligge på for at driften skal gå i balanse. Videre har vi pekt på hva som kan gjøre at lønnsomheten bedrer seg. Vi finner at den nåværende forvaltningen kan være til hinder for endringer som påvirker lønnsomheten positivt, siden den tilrettelegger for et kappfiske gitt en tilstrekkelig fangstøkonomi. Avslutningsvis identifiserer vi forvaltningsendringer som kan hindre ett slikt fiske fra å oppstå.

Referanser

Allen, P.M. & J.M. McGlade (1986). Dynamics of discovery and exploitation: the case of the Scotian Shelf groundfish fisheries. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences,* **43**:6, pp. 1187–1200.

Bertheussen, B.A., B.H. Nøstvold, & I. Ruiken (2020). Fishing for an institution-based first-mover advantage: The Norwegian snow crab case. *Ocean & Coastal Management*, **194**, 105274.

Caddy, J. (1975). Spatial model for an exploited shellfish population, and its application to the Georges Bank scallop fishery. *Journal of the Fisheries Board of Canada,* **32**:8, pp. 1305–1328.

Casey, K.E., C.M. Dewees, B.R. Turris & J.E. Wilen (1995). The effects of individual vessel quotas in the British Columbia halibut fishery. *Marine Resource Economics*, **10**:3, pp. 211–230.

Clark, C.W. (2010). *Mathematical bioeconomics: the mathematics of conservation*, **91**, John Wiley & Sons.

Fiskeridirektoratet (2018). Økonomiske og biologiske nøkkeltal frå dei norske fiskeria. Hentet fra https://www.fiskeridir.no/content/download/25034/361204/version/7/file/nokkeltall-2018.pdf

Fiskeridirektoratet (2019a). Lønnsomhetsundersøkelse for fiskefartøy. Hentet fra https://www.fiskeridir.no/content/download/24580/338497/version/10/file/rapport-lonnsomhet-2017.pdf

Fiskeridirektoratet (2019b). Rapportering på havet. Hentet fra https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Rapportering-paa-havet

Fiskeridirektoratet (2020). Rundvekt (tonn) fordelt på art. Hentet fra https://www.fiskeridir.no/Yrkesfiske/Tall-og-analyse/Fangst-og-kvoter/Fangst/Fangst-fordelt-paa-art

Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe (2014). Forskrift om forbud mot fangst av snøkrabbe (FOR-2014-12-19-1836). Hentet fra:https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2014-12-19-1836

Havforskningsinstituttet (2017). Snøkrabbe i norsk forvaltningssone. Hentet fra http://www.imr.no/nyhetsarkiv/2017/april/har_gjeve_det_forste_snokrabberadet/les_heile_radet/radgivning_snokrabbe_2017_final.pdf/nb-no

Havforskningsinstituttet (2018). Snøkrabbe på norsk sokkel i Barentshavet. Hentet fra https://www.imr.no/resources/images/Radgivning-snokrabbe_2019_versjon_final_mf.pdf

Havforskningsinstituttet (2019). Snøkrabbe på norsk sokkel i Barentshavet Hentet fra https://www.hi.no/resources/Snokrabbe-pa-norsk-sokkel-i-Barentshavet-Bestandsvurdering-og-kvoteradgivning-2020.pdf

Havforskningsinstituttet (2020). Tema: Snøkrabbe. Hentet fra https://www.hi.no/hi/temasider/arter/snokrabbe

Havressursloven (2008). Lov om forvaltning av viltlevande marine ressursar (LOV-2008-06-06-37) Hentet Fra:https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-06-37

Konsesjonsforskriften (2006). Forskrift om spesielle tillatelser til å drive enkelte former for fiske og fangst (FOR-2006-10-13-1157). Hentet Fra:https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-10-13-1157

Lorentzen, G., G. Voldnes, R.D. Whitaker, I. Kvalvik, B. Vang, R.G. Solstad, . . . & S.I. Siikavuopio (2017). Current Status of the Red King Crab (Paralithodes camtchaticus) and Snow Crab (Chionoecetes opilio) Industries in Norway. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture*, pp. 1–13. Hentet Fra:10.1080/23308249.2017.1335284

Nærings- og fiskeridepartementet (2015). Protokoll for den 45. sesjon i den blandete norsk-russiske fiskerikommisjon. Hentet fra https://www.regjeringen.no/contentassets/29188fd766734f7984c5220e8c2b2973/protokoll-45--sesjon.pdf

Nærings- og fiskeridepartementet (2019). Protokoll for den 49. sesjon i den blandete norsk-russiske fiskerikommisjon. Regjeringen Hentet fra https://www.regjeringen.no/contentassets/93db78e58049466fa8b7ac70e51661f1/samledokument-protokoll.pdf

Sanchirico, J.N., & J.E. Wilen (1999). Bioeconomics of spatial exploitation in a patchy environment. *Journal of Environmental Economics and Management*, **37**:2, pp. 129–150.

Schaefer, M.B. (1957). Some considerations of population dynamics and economics in relation to the management of the commercial marine fisheries. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, **14**:5, pp. 669–681.

Siikavuopio, S.I., G. Martinsen, A. Hustad, S. Løkkeborg & O.B. Humborstad (2018). Uttesting av agn til snøkrabbe (Chinoecetes opilio). Rapport 14/2018, Nofima, Tromsø.

Smith, V.L. (1969). On models of commercial fishing. *Journal of Political Economy*, **77**:2, pp. 181–198.

Ward, J., J.E. Kirkley, S. Pascoe & R. Metzner (2004). Measuring and assessing capacity in fisheries: basic concepts and management options: *FAO Fisheries Technical Paper.* No. 433/1. Rome, FAO, p.40.

Wilen, J.E. (2000). Renewable resource economists and policy: what differences have we made? *Journal of Environmental Economics and Management*, **39**:3, pp. 306–327.

Sluttnoter

[i] Sedentære arter sitter fast på havbunnen (som muslinger), eller må ha stadig kontakt med havbunnen for å kunne bevege seg.

[ii] Fangst per innsatsenhet (fangstrate)

[iii] En fiskeoperasjon er lenke med et antall teiner som er satt på havbunnen over en tidsperiode.

[iv] H_0 Differansen i forventningsverdien for CPUE for de parvise observasjonene i 2016 og 2017 er lik 0 ($CPUE_{2016} = CPUE_{2017}$)

[v] H_1 Differansen i forventningsverdien for CPUE for de parvise observasjonene i 2016 og 2017 er større enn 0 ($CPUE_{2016} > CPUE_{2017}$)

[vi] Mannskaps- og båteierseksjonen i Norges Fiskarlag har inngått et sett av tariffavtaler avhengig av fiskeri og mannskapsstørrelse som regulerer hvordan kostnader foreles og andel av korrigerte fangstinntekter (Delingsfangst) som tilfaller fisker.

[vii] vilkår; $t(10) = 2,29$, $p = 0,023$

[viii] skulder, fire bein og ei klo

Lab scale sustainable extraction of components from snow crab (*Chionoecetes opilio)* co-products, and estimation of processing costs based on a small-scale demonstration plant (Biotep)

Diana Lindberg, Runar Gjerp Solstad, Jan Arne Arnesen,
Anita Kaupang Helmers & Ragnhild Dragøy Whitaker

Nofima AS - Norwegian Institute of Food, Fisheries and Aquaculture Research, Muninbakken 9-13, NO-9019 Tromsø, Norway (www.nofima.no)

Abstract:
An evaluation of value-creation starting from snow crab (*Chionoecetes opilio*) side streams into various products, utilizing different processing regimes, has been performed. A maximum recovery of 43.7% protein and 37.4 g/kg oil were achieved using proteolysis on shells with entrails. From empty shells, 23.8 mg/kg recovery of carotenoids was achieved, and approximately 100 g/kg of chitin was recovered. The developed processes were evaluated for scalability and avenues for industrial production in order to evaluate commercial opportunities, as well as illustrate the use of demonstration plants in the commercialization phase.

Sammendrag på norsk:
Ved bruk av forskjellige prosesseringsmåter ble en evaluering av verdiøkningspotensialet av snøkrabbe (Chionoecetes opilio) sidestrømmer utført. Flere produkter er blitt produsert. Basert på hydrolyse av skall med innvoller ble et maksimalt utbytte på 43,7 % protein og 37,4 g/kg fett fra råstoffet oppnådd. Studiet viser videre at prosessering av skall muliggjør en utvinning av 23,8 mg/kg av karotenoider og cirka 100 g/kg kitin. For å vurdere kommersielt potensiale er prosessene som er utviklet blitt evaluert for oppskaleringspotensiale og måter for industriell produksjon. I tillegg ble muligheter for å benytte eksisterende demonstreringsanlegg i kommersialiseringsfasen vurdert.

Introduction

Snow crabs are an abundant and commercially important species in Bering Sea, East Canada, and West Greenland (Lorentzen, 2018). Snow crab fisheries have been rapidly increasing in Norway since 2013. The landings in Norway increased rapidly with a peak in 2016 with a total landing of about 11 000 tons before these numbers sharply declined in 2017 (SSB Norway, 2020). The decline was due to most of the Barents Sea loop hole being closed for Norwegian fishing vessels, and the national quota was set at 4000 tons (Nærings- og fiskeridepartementet, 2019) In 2019, the quota was again set to 4000 tons while in 2020, the quota was increased to 4500 tons (Hjelset, 2019).

Many investments have been made in order to catch, process, and introduce the Norwegian snow crab to the domestic and international market (Lorentzen, 2018). To make the fisheries as profitable as possible, it is important to maximize the value of all the biomass that is caught. When processing snow crabs into the conventional product, i.e. processed clusters (Lorentzen, 2020), much of the biomass can be lost as waste. This biomass is the body of the crab, which is often discarded when the crab is taken on board at sea, after the legs and claws are separated from the body, cooked and then frozen. As the fisheries is conducted far from shore, the crab is commonly processed directly on the fishing vessel, as keeping the crabs alive and in good quality back to land for processing is complicated due to snow crab behaviour and environmental requirements (Lian, 2018;

BY-SA
Nofima AS

Siikavuopio, 2019). If the catches are done closer to shore, the crabs can be brought live to shore or exported live to selected markets (Lorentzen, 2018). The main reasons this waste biomass is discarded is that there are no established processes to collect and handle the bodies, and processes designed to recover high value products from the entire biomass are not established. In addition, the markets for products derived from co-products from snow crab are not established (Lorentzen, 2018).

From a commercial perspective, the component groups of interest in crustacean shell co-products are proteins (including enzymes), carotenoids, lipids, and chitin. Various studies have been published aiming at investigating extraction and characterization of these components from snow crab co- and by-products. These studies has been aimed at characterising these components extracted from both soft and hard snow crab carapace, without hepatopancreas and haemolymph (Shahidi & Synowiecki, 1991), snow crab carapace with hepatopancreas and haemolymph (Beaulieu, 2009), and snow crab shells only (Asunción Lage-Yusty, 2011). Studies has also been aimed at investigating amino acid and protein quality of snow crabs and its co-products (Vilasoa-Martínez, 2007), characterization and extraction of proteolytic enzymes (Souchet & Laplante, 2011), and bioactive peptides extracted from the snow crab co-products (Beaulieu, 2010; Alain Doyen, 2011; A. Doyen, 2012; El Menif, 2019). In general, two kinds of biomasses have hence been investigated, carapaces with or without intestines. The most industrially accessible co-product is the carapaces without intestines. This is because in the industrial process of removing the clusters, the remainder crab carapace is separated from the clusters in a process using excess water such that the content is commonly washed out, resulting in an available biomass mostly consisting of shells with little contents. One can argue that this co-product the most relevant for chitin and carotenoid extraction as the relative concentration of chitin and carotenoids, being bound in the carapace structure, would be higher in a co-product consisting of crab carapace only.

Several protocols for extraction of astaxanthin involves the use of toxic solvents (Honda, 2019), such as acetone, a highly flammable organic solvent. However, in the Shahidi & Synowiecki study, an interesting extraction protocol based on use of the then inexpensive cod oil was utilized, and a concomitant maximum 74% yield in extraction of carotenoids was achieved (Shahidi & Synowiecki, 1991). This could provide a more sustainable process from the viewpoint of removing the need for use of highly flammable organic solvents. Since then, the price for cod oil has increased, but evaluation of more inexpensive oils could be of interest as a sustainable alternative in carotenoid extraction.

Extraction protocols for chitin extraction from crustacean shells involves at least a demineralisation and a deproteinisation step, which can be used in any which order, and many times also a bleaching step. It is preferable to perform the extraction in a way as to utilize the other components in the shells at the same time (Synowiecki & Al-Khateeb, 2003). A deproteinisation aimed at extracting valuable proteins before chitin extraction performed by use of strong alkaline solutions, as performed by Shahidi & Synowiecki (Shahidi & Synowiecki, 1991), can lead to racemization of L-amino acids to undesired D-amino acids and partly destroys amino acids such as arginine, tyrosine, lysine, cysteine and threonine (Kristinsson & Rasco, 2000). Beaulieu and co-workers investigated the chitin yield after hydrolysis, but rather as a starting point for chitin extraction than performing a full extraction including demineralisation and deproteinisation.

On the other hand, the use a co-product based on carapace with both haemolymph and hepatopancreas intact allows for extraction of both a protein and an oil fraction, as well as the use of the hepatopancreas endogenous proteases for hydrolysis (Eisen, 1973; Klimova, 1990; Souchet & Laplante, 2011). Indeed, Beaulieu and co-workers performed enzymatic protein hydrolysis with a commercial protease in pilot scale to extract and characterize the protein, ash, oil, and mineral fraction starting from filled carapace (Beaulieu, 2009). However, the activity of the endogenous proteases in this process were not investigated. This could be interesting

from a commercial perspective, as commercial proteases often are considered as one of the important economic variables in enzymatic protein hydrolysis-based processes (Aspevik, 2017). In this context, the aim of this study was to evaluate if use of the two classes of snow crab biomass now considered as waste can be utilised in production of valuable products for one or more plausible markets. Several processes aimed at recovery of single components has been performed. The protocols were aimed at either improving, provide a more sustainable alternative to, and/or reduce the cost of processes as described in earlier publications. Focus was placed on using green chemistry and simple processes, meaning that harsh solvent and solvent that require explosion proofing in processing plants were avoided. These restrictions were made to enable the products to be cleaner and facilitate implementation in existing production plants, including the demonstration plant Biotep. Based on yield, process time required to perform these processes to isolate the different products, calculations aiming at estimations on processing costs in a demonstration phase through use of an accessible demonstration plant, Biotep, has been performed. Lastly, evaluations on if the products could be processed in large scale and if there could be a market for such products has been conducted.

Materials & Methods

The experimental animal

In September 2016, male snow crabs were harvested using snow crab pots in the Barents Sea and transported live to the Aquaculture Research Station in Tromsø, Norway and immediately placed in 6 m^3 tanks of seawater. After a week, the crabs were transported in a dry state, in polystyrene boxes covered with gel ice from the Research Station to Nofima in Tromsø, live stored at 4 ˚C over night, and slaughtered the day after.

Co-products

For the protein and oil extraction from full snow crab carapaces, including haemolymph and hepatopancreas, the average snow crab size was approximately 740 g. Co-products from 41 animals were comminuted in a UM12 grinder (Stephan Machinery GmbH, Hameln, Germany), aliquoted and flushed with N_2, whereafter the single packages were frozen at -20 ˚C until the day of experiment.

For carotenoid extraction and the trial combining protein hydrolysis and chitin extraction, snow crabs were caught in the Barents Sea in October 2018 and transported on land. Crab shell without viscera were collected directly after slaughter, frozen at -20 ˚C, transported to Tromsø and stored at the same temperature until further use. Approximately 45 kg of frozen crab shells were thawed overnight and comminuted in a meat mincer (Kilia). Crushed shells were further homogenized in a Waring blender. After grinding, the shells were aliquoted into smaller packages and stored at -20 ˚C until the day of experiment.

Protein and oil extraction by enzymatic protein hydrolysis

In both protein and oil as well as chitin extraction, hydrolysis was performed in a Symphony 7100 system (Distek, North Brunswick, NJ). In the protein and oil extraction, 450 g of ground snow crab co-products from full shells were mixed with an equal amount of water. After reaching a temperature of 50 ˚C, 0.5% (w/w) of protease was added. The following proteases were used: Endocut 01 (Tailorzyme, Herlev, Denmark), and Protamex (Novozymes, Bagsvær, Denmark). After running the hydrolysis for 120 min, the reaction mixture was heated to 90 ˚C for protease inactivation and the reaction mixture was then kept at this temperature for 10 min. In the next step, the insoluble shell fractions were separated from the liquid phase with a commercial sieve. The liquid was further centrifuged (Jouan KR4i, VWR, Norway) at 7000 x g for 20 min, resulting in three fractions: water, fat, and sediment. The water phase was stored frozen at -20 ˚C for further analysis.

The snow crab material for enzymatic protein hydrolysis was analysed for water using an internal method at TosLab (Tromsø, Norway), Kjeldahl protein content according to NMKL 6 (NMKL, 2003) and ash content using ISO 5984:2002. The full snow crab co-product was analysed for amino acid composition based on the method ISO 13903:2005, as stated by Commission Regulation EC 152/2009.

Carotenoid extraction

Four different oils with different fatty acid composition, namely soybean, palm, olive, and cod liver were used for carotenoid extraction. Olive oil, palm oil and soybean oil were purchased from Sigma Aldrich whereas cod liver oil was bought at a local pharmacy. The differences in fatty acid composition of saturated, mono-unsaturated fatty acids (MUFA) and poly-unsaturated fatty acids (PUFA) are found in Table 1 (source Matvaretabellen.no, Norwegian food safety Authority, 2020).

Table 1 The distribution of fatty acids in the oils used for carotenoid extraction, grouped by saturation of fatty acids. The values are collected from Matvaretabellen.no, curated by the Norwegian Food Safety Authority.

	Olive oil g/100g	Soy-bean oil g/100g	Cod liver oil g/100g	Palm oil g/100g
Satu-rated	14	14	15	48
MUFAs	74	23	46	37
PUFAs	7	58	35	10

The extraction was performed in the Symphony 7100 system described in “Protein and oil extraction”. Two different carotenoid extraction procedures were tried: use of 1:1 oil:carapace (w/w), and use of three extractions with 1:3 oil:carapace (w/w), all rounds with a duration of 30 min, at 60 ˚C. Since three extractions meant a higher level of energy applied (3×30 min), the former extraction procedure (1:1) was performed once with the same amount of time spent under heating as the latter experiment (1:3), but without removing and adding oil between experiments. Reference value extractions were carried out using acetone instead of oil with dried carapace, using the dried equivalent of the wet weight of carapace, at the same ratios, as for oil extractions.

The method used for establishing the amount of free astaxanthin and astaxanthin esters in snow crab shells, oils, and acetone extracts are the in-house validated methods A23 and A101, respectively, performed at the accredited commercial analysis lab Biolab (Bergen, Norway).

Chitin extraction from shells after enzymatic protein hydrolysis

The same material used for astaxanthin extraction was also used for chitin extraction. The enzymatic protein hydrolysis was performed using the same equipment and methodology as described in ”Protein and oil extraction by enzymatic protein hydrolysis”. However, the amount of water and snow crab shells used in this subtrial were 400 g (w/w), the temperature during hydrolysis was 60 ˚C using a stirring rate of 100 rpm. 0.75% (w/w) Alcalase 2.4 L was added at t=0, and after 30 min, the same amount of Flavourzyme was added. Both enzymes were produced at Novozymes (Bagsværd, Denmark). The reaction was run for 60 min, before being terminated using the same protocol as earlier described. After inactivation, a separation of hydrolysate and remaining crab shells was performed. The crab shell remains were washed using 200 ml water and stored at 2 ˚C until chitin extraction.

Washed shells from two identical enzymatic protein hydrolysis treatment were pooled for isolation of chitin. The isolation of chitin was performed in two steps, either by first performing a deproteinization, or first performing a demineralization. Deproteinization was performed as described earlier (Gildberg & Stenberg, 2001), but with small changes to shorten the process. The protocols are presented in Table 2. 180 g shell was used in each treatment. For each step during the protocols, solids were separated from solvents by a sieve.

Table 2 Protocols used for chitin extraction.

Demineralization/de-proteinization protocol	deproteinization/de-mineralization protocol
3 x 500 ml 1.25 M HCl at room temperature, 30 min	1 x 250 ml 50% NaOH, 60 ˚C, 30 min.
Wash: 500 ml water for 30 minutes	1x 210 ml 50% NaOH, 50 ˚C, 30 min.
1 x 250 ml 50% NaOH, 60 ˚C, 30 min.	Wash: 500 ml water, 30 min.
1x 210 ml 50% NaOH, 50 ˚C, 30 min.	3 x 500 ml 1,25 M HCl, RT, 30 min
Final wash: 5 x 500 ml water, RT, 30 min.	

The chitin yield was calculated by the equation: (w dry chitin/w shells) x 100%. Ash content was determined by gravimetry on the remains of a determined mass after heating at 540 ˚C for 24 hours.

Estimation of production costs for the various components if produced at Biotep

Nofima owns and operate a demonstration plant, Biotep. This plant has been operational since 2014 and has been used to process a large variety of biomasses, including various shellfish and biomass from snow crab.

The demonstration plant can be rented on an hourly basis, and commonly productions are performed renting the plant for one week. In the calculations, established prices for Biotep and the expected throughput in this demonstration plant together with the yield obtained on a laboratory scale were used to estimate how much it would cost to produce one kilo of the different isolated products. The expected throughput from productions at Biotep are not published in scientific reports, but the cost structure and throughput estimates are available on the web (Biotep, 2020). At Biotep, the plant is rented at 2800 NOK per hour, in addition, the producing entity covers the variable costs, including steam and electricity which is the largest expenditure of variable costs. An average work week with continuous production is 104 hours including rigging of the production and cleaning post-production (Biotep, 2020). Steam and electricity usage depend on the temperature employed during processing, as well as how much drying is required. Some products are dried to a powder while other products are dried to a semi-dry product (Vega-Mercado, 2001). The dried powder takes longer time and requires more energy to produce but is commonly cheaper to transport and store than the semi-dried compounds. Some products like oils are kept and shipped in liquid form. The format of the finished product will depend on the further use and must be evaluated for each product (Petrova, 2018).

Based on the capacity at Biotep, the estimated throughput was 500 Kg per hour. This amount is based on an average of comparable productions and is the throughput that is used when estimating production costs. These estimates are performed when a production contract is signed with Biotep (Biotep, 2020). Other production plants will have different throughput capacity and cost structures, and this will affect the production cost (Frishammar, 2015; Hellsmark, 2016). The estimated throughput for Biotep was used in these investigations because it enables the usage of established rental costs at Biotep, having the right infrastructure in place to process the biomass. Based on empirical numbers at Biotep, out of one work week (104 hours) 6 hours are estimated with no productivity for preparation and cleaning, which results in a theoretical maximal throughput of 49 tons per week.

Experience shows that throughput per week varies between 20 to 46 tons, however, in the processes described here, the estimates at the low end is set to 30 tons biomass in per week and at the high end to be the maximal throughput of 46 tons per week (personal communication with production team at Biotep). The variable costs for products that are evaporated or dried are set to 60 000 NOK per week, and to be about 20 000 NOK per week with no drying and little heating (personal communication with production team at Biotep). Thus, the total price for one week of production is 104*2800 NOK = 291 200 NOK per week, plus variable costs. The cost per kilo product is then dependent on biomass throughput on one week (between 30 and 46 tons) and the output of product, for example the percent output of proteins. This forms the basis for the kilo prices given in the results section.

Results and discussion

Protein and oil recovery from full snow crab shells

A trial to investigate use of endogenous and three exogenous proteases for hydrolysis on snow crab shells containing haemolymph and hepatopancreas was performed.

Raw material characteristics

The amount of protein, fat, and ash in the raw material, given in g/100 g of both wet and dry weight is presented in Table 3. Earlier protein values reported on co-products from snow crabs as determined by Kjeldahl method, i.e. %Nitrogen x 6.25, are 17.79% (dry weight) after KOH hydrolysis on empty soft shell snow crab carapace (Shahidi & Synowiecki, 1991), 33.0% on empty shells (Vilasoa-Martínez, 2007) and 42.9% (dry weight) in filled snow crab shells (Beaulieu, 2009). The latter raw material mostly resembles the co-product in this study, although the fat content of the snow crab shells was reported to be 14.8% instead of the current co-product containing 25% of fat on a dry weight basis. As noted in the Beaulieu article, the actual proximate distribution will vary with small changes within the biomass from experiment to experiment.

The hydrolysis products

The percentage of protein and ash of the hydrolysates are given in Table 4. As seen, there were no differences in protein amount in the hydrolysates, all reaching values over 60%. However, the ash content of the dried hydrolysates differed more, with the hydrolysates resulting from endogenous proteases resulting in the lowest levels. Endocut-01 hydrolysis resulted in the highest overall ash content, and a relatively low protein yield. Earlier work on the protease resulting in the highest yield, Protamex, on hydrolysis of snow crab shells reported on hydrolysates containing 57.7% proteins, 20.8% ash, and 11.1% lipids (Beaulieu, 2009). It is reasonable to expect the lipid content of the hydrolysates in the present study to be approximately the same as the sum of protein and ash contents were equal to that seen in the Beulieu study (Beaulieu, 2009).

As seen in Table 4, results suggest that the best overall protein recovery was seen after Protamex digestion, resulting in a 47% protein recovery from the proteins in the start material. After hydrolysis, the sediment and oil fraction were separated from the water-phase and the weight recovery of the oil was noted. The isolated protein and oil fraction recovery given in g/kg of snow crab co-products after hydrolysis and oil separation are given in Figure 2.

Table 3 The percentage of nutritional compounds within the snow crab shell raw material

	g/100 g (wet weight)	g/100 g(dry weight)
Protein (Kjeldahl N x 6.25)	9.4	40
Fat	6.0	25
Water	76	-
Ash	6.1	29

Table 4 The percent protein and ash in the hydrolysates, as well as protein yield given as g/100 g protein in the start material, and g/100 g material

	Endogenous	Protamex	Flavourzyme	Endocut-01
Protein in hydrolysates (g/100 g)*	62 ± 3	63 ± 0	62 ± 0.7	62 ± 0
Ash in hydrolysates (g/100 g)*	15 ± 3	18 ± 6	18 ± 0.7	21 ± 4
Protein recovery from start material (g/100 g protein)	39 ± 7	47 ± 1	43 ± 4	39 ± 1

*Results are mean values of two replicates ± SD.

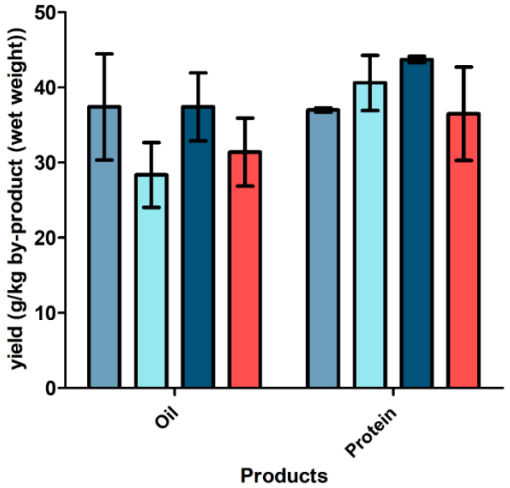


Figure 1 *The yield of protein and oil in g per kg full snow crab shells (wet weight) after hydrolysis. In blue, light blue, dark blue and red staples, are products after hydrolysis using Endocut, Flavourzyme, Protamex, and endogenous proteases, respectively. Results are mean values of duplicate analyses ± SD.*

Although the best protein recovery seem to result from the Protamex reaction, the large errors resulting from hydrolysis using only endogenous proteases, or use of Flavourzyme suggest that for being able to conclude on the best protease, further trials need to be conducted. In the work by Beulieu (Beaulieu, 2009), the protein recovery resulting from hydrolysis of full snow crab shells using 0.1% Protamex was 51%, in a hydrolysis reaction were a temperature of 40 ˚C was used. The protein recovery after the current study was lower, 47%, using five times the Protamex concentration (0.5% (w/w)) at a temperature of 50 ˚C. One explanation for the difference in protein recovery could be the fact that there was raw material variation between the different trials. Beaulieu reports on 42.9 ± 4% proteins and the presence of small amounts of left-over meat (Beaulieu, 2009) , while the protein content of the current study material was 40% based on a material sans left-over meat. Protamex is stated to have an optimum temperature at 60 ˚C, and based on use of both a higher concentration and running the reaction at a temperature closer to the optimum temperature in the current study, the higher yield resulting from the Beulieu study is still surprising. One additional explanation might be the contribution of the endogenous proteases. From the current study, it is clear that the endogenous proteases contribute significantly to the protein recovery. Proteases from hepatopancreas of cold-adapted crabs such as snow crab but also red king crab, could be expected to have an optimum temperature closer to the 40 ˚C used in the Beaulieu study. As an example, a study by Semanova and co-workers (Semenova, 2008) on red king crab hepatopancreatic proteases, showed that at one isozyme of the king crab serine proteases had an optimum temperature range between 38 ˚C–40 ˚C. If that is true also for snow crab proteases remains to be investigated, but if verified, implies that process optimization by use of endogenous only might result in acceptable protein recoveries without the addition of oftentimes costly commercial proteases.

Carotenoid extraction

In the present investigation, snow crab carapace without fill was prepared for carotenoid extraction, as these showed it to contain the highest relative amounts of carotenoids of all parts of the snow crab co-products (Shahidi & Synowiecki, 1991). Further, the extraction was performed without pre-treatment to avoids decomposition of carotenoids (Shahidi & Synowiecki, 1991). One well-recognized method to extract astaxanthin and its derivates in the carotenoid family is by acetone extraction (Gimeno, 2007), and this was used as the standard method. In this study, both the more expensive cod liver oil and three different and inexpensive plant oils with varying fatty acid profiles (Table 1) were used, namely olive, palm, and soybean oil. Two alternative extraction protocols were investigated, aiming at comparing if a 1:1 ratio (oil:shell) extraction at 60 ˚C, 30 min, was equally effective as a 3 times 1:3 ratio (oil:shell) extraction using the same temperature and time. The latter 1:3 ratio protocol involved the use of comparatively more energy than the 1:1 ratio protocol, with the crab shells being warmed three times to 60 ˚C. Therefore, a test where a 1:1 ratio of olive oil:shell was heated three times to 60 ˚C, 30 min, with a cooling period in between was performed. The results are presented in Figure 3, A-B.

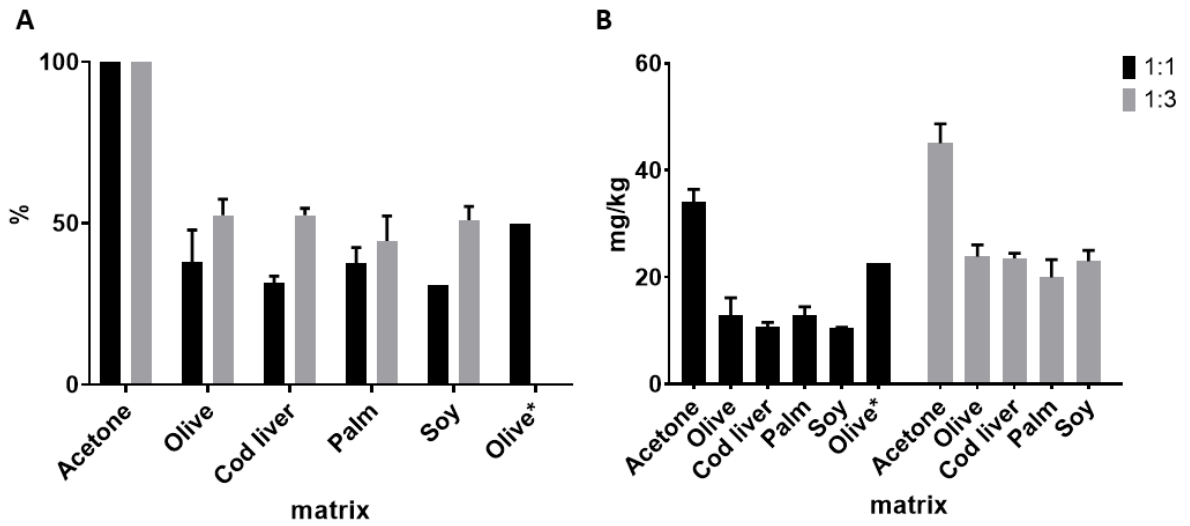


Figure 2 *Results from 1:1 and 3x 1:3 (oil:shell) extractions of carotenoids from empty snow crab shells performed at 60 ˚C, 30 min. In A, given as percent compared to acetone (100%), and in B, the resulting amounts of carotenoids extracted, given in mg/kg crab shell (wet weight). The olive staple with an asterix (*) was the resulting values of the 1:1 (olive oil:shell) samples, heated 3 times to 50 oC, 30 min, with a cooling period in between. Results are mean values of duplicate analyses ± SD.*

Using two methods of analysis, one giving the amount of free astaxanthin, and one resulting in the sum of astaxanthin esters, it was established that the amount free astaxanthin in all cases were less than 10% of the sum of astaxanthin esters extracted from the crab shells. Among astaxanthin esters, the sum of diesters were in all cases higher than the sum of mono-esters.

The maximum sum of astaxanthin esters extracted in the current study was achieved using the reference acetone method, yielding a recovery of 45 mg/kg snow crab co-product using the 1:3 protocol. When comparing the extraction yield in mg/kg resulting from the two protocols, the 1:3 extraction protocol clearly resulted in higher overall yields for both oils and acetone. There was no clearly preferred oil for extraction based on the current study results, however, results indicate that the palm oil was least efficient and olive oil most efficient. Interestingly, the 3 x 1:1 protocol investigated on the olive oil, marked with an asterix in Figure 3 (A and B), resulted in approximately the same yield as the 1:3 protocol. This indicates that a more easily facilitated heating of oil:crab shells in 3x 1:1 extraction might be as efficient as the 1:3 extraction protocol.

This study resulted in a relatively lower sum of free astaxanthin relative to the total amount of carotenoids extracted, as compared to the extracted amounts of free astaxanthin in the Shahidi & Synowiecki study, namely 21% in hard shell and 31% in soft shell. The lower values seen in the current study could be a result of astaxanthin degradation due to oxidative reactions during extraction and freezing, or due to reactions with oxidative species within plant and marine oils themselves. The same distribution of a relatively higher sum of diesters to monoesters, however, was also observed in the mentioned study (Shahidi & Synowiecki, 1991). The obtainable yield of carotenoids is likely affected by the amount of carotenoids in the shells, in turn dependent on feed and season (Daly, 2013). This makes absolute comparisons harder, but higher yields of carotenoids than achieved in the current study are likely to be obtained by process-related factors, such as use of more oil, higher temperature, and longer mixing time (Sachindra & Mahendrakar, 2005). Use of a 2:1 protocol (oil:snow crab shell co-product) at 60 ˚C resulted in 74% carotenoid extraction (Shahidi & Synowiecki, 1991). When it comes to finding the most suitable oil, several studies have been conducted aiming at finding the most suitable oil for astaxanthin extraction of carotenoids from other crustaceans than snow crab, and many have concluded that vegetable oils are preferable to marine oils. A study including different marine oils (herring, menhaden, sal-

mon) and vegetable oils for recovery of carotenoids from crawfish by-products concluded that soybean oil resulted in the highest carotenoid recovery (Chen & Meyers, 1984). However, the plant oil resulting in the highest yield vary. Studies on extraction of carotenoids from shrimp by-products using seven different plant oils, including soybean oil, shows that it is sunflower oil that yields the highest recovery of 26.3 mg/kg shrimp by-product using a 2:1 ratio of oil/by-product (Sachindra & Mahendrakar, 2005). The current results indicate no clear preference in choice of oil, as both cod liver as well as soybean and olive oil resulted in almost the same yields. Clearly, as seen from the other studies mentioned that also performed a screening of several oils for carotenoid extraction, the factors contributing to the most successful oil in extraction are complex and warrant further investigations. On the other hand, having the choice of several oils with approximately the same yield allows for product optimisation for different markets interested in different oils. Also, when it comes to process optimisation and the use of for example higher oil-to-by-product ratios, longer extraction time, and higher temperatures, this will come at the expense of concomitantly higher production costs.

Chitin/chitosan extraction

Chitin extraction was performed on the solid phase of snow crab shells after enzymatic protein hydrolysis using a combination of Alcalase and Flavourzyme. After protein hydrolysis, 67.5% (dry weight) of the shell fraction remained. The remains were pooled and subjected to chitin extraction. To investigate if the order of demineralisation and deproteinisation mattered in respect of yield and ash content, an important quality parameter, extraction using either of these two options was performed. The processing is likely to deacetylate parts of the chitin into chitosan, but no attempts has been made to investigate the distribution of the two components in the product. The yield of dried chitin/chitosan product extracted from crab shells was 10.5% of the total wet weight for demineralisation first, and 10.6% for deproteinisation first. This correspond to ca 100 g chitin-derived product extracted per kg snow crab shell. The ash content was 0.87% for demineralisation first, and 0.11% for deproteinisation first. Based on the dry weight of the shells, the weight yield of the chitin-derived product was 25.1% or 26.9% for demineralisation or deproteinisation first, respectively.

Earlier studies have reported on different amounts of chitin in the snow crab shell material. Working with full snow crab shells, Beaulieu and co-workers (Beaulieu, 2009) reported a chitin content of 16% of the total dry weight. Shahidi & Synowiecki determined chitin content in empty snow crab shells, concomitantly reporting on a higher percentage of 26.6% in the dried shell material (Shahidi & Synowiecki, 1991). Based on the latter amount, also based on use of empty shells, the results from the current study indicates that most of the chitin from the snow crab shells were extracted using either protocol. However, it is important to note that the chitin percentage in crustacean shells vary over the year (Lian, 2021; Rødde, 2008), which means that the current recovery estimate from the start chitin amount could be overestimated. There are numerous protocols published on how to extract chitin from crustaceans (Arbia, 2013; Hamed, 2016; Synowiecki & Al-Khateeb, 2003). The purpose of the current study was to use a simple method for extraction of a crude product, rendering the basis for recovery estimates which can be used for estimations on the economics in production at an existing processing plant. It was also important to utilise a process enabling extraction of valuables from a previous step, in this case protein hydrolysis. An estimated recovery of close to 100%, based on the Shahidi & Synowiecki chitin content in snow crab shells indicates both methods performing adequately. However, the higher ash amount of the protocol involving demineralisation first suggests that a protocol involving a deproteinisation first is preferable. To be able to draw further conclusions on product quality and hence market possibilities however, deeper studies on product characteristics linked to processing e.g. degree of deacetylation, molecular weight, as well as for example colour must be performed (Arbia, 2013). To investigate the feasibility of extraction of chitin, protein, and astaxanthin from

snow crab shells in a step-wise process, further and deeper studies are underway.

Estimation of processing costs and the use of demonstration plants in an early commercialisation phase

Many articles indicate the potential usage of crab shell for value creation (Beaulieu, 2009; Su, 2019; Tremblay, 2020), however in order to proceed in this work there is a need to evaluate whether the products can be made at scale in a cost effective way, and whether there is any market interest, it would be valuable to test production and estimate some production costs for industry in Norway. To evaluate the processing costs of the side streams from snow crab estimates, previous processes performed at Biotep have been used, described in materials and methods. The cost structure for Biotep is based on a non-profit operation of the demonstration plant. At Biotep, similarly to many demonstration plants, the infrastructure is flexible and thus designed to be adaptable to many processes. This is beneficial in the testing of processes as it allows for scaling of many different productions in a demonstration phase, however, it also leads to a larger biomass loss than in processing plants that are designed to run very specific processes (Frishammar, 2015; Hellsmark, 2016; Nordqvist & Frishammar, 2019; Whitaker, 2021).

However, using a demonstration plant will allow the producers to test the process, and evaluate the kind of infrastructure that should be used in the processing of various biomasses, and it allows for testing of a prototype of a product in the market. The prototype testing in the market allows for both evaluating market entry as well as getting B2B and B2C feedback in order to optimize the product. This kind of prototype testing in the market will allow for investigation of the type of customers that can be targeted, labelling or communication around the product, as well as the willingness to pay for the customers in the targeted market.

Initial investigations of proteins and isolation of proteins in crab shells including the intestines were performed. While this is not the form the shells are commonly collected at the plants, the contents of proteins and oils from the empty shells are very low, and in order to create value from these constituents, the shells with contents was evaluated to be more likely to have a commercial potential. Collecting the contents would typically require a form of sieve or grating and containers that could collect intestines in the slaughter process. The possibilities for value creation from collecting and processing the shells and side streams must be evaluated together with the possible marketable products. Protein products from snow crab can for example be introduced as a healthy ingredient in products or as a marine protein nutraceutical. The largest addition to the market from marine proteinaceous sources in later years are marine collagen preparations from marine sources, but marine proteins that are not pure collagen has also attracted interest in many fields, including sports nutrition (Mjøs, 2019). One specific example of this in Norway, is a product made from salmon hydrolysate (Framroze, 2016) which is produced by both Hofseth Biocare and Biomega in Norway. Marine proteins can be used towards both food and feed applications, with the nutraceuticals and cosmeceutical markets being markets with high paying customers (Pleym, 2019; Svorken & Pleym, 2019). Another segment in the high end of the market are bioactive compounds, where the market is in rapid growth (Coherent market insight, 2020; Daliri, 2018). For bioactive peptide products, a demonstrated bioactivity that is approved by a regulatory body, which in the EU would be recommended EFSA and approved by the commission would likely attract a much higher price. However, the developmental costs and market entry strategy carries a significant cost and work efforts (Altintzoglou, 2021; Calado, 2018; Whitaker, 2021). Bioactive claims are relevant for functional food, functional beverages, nutraceuticals, animal nutrition and personal care products. For all functional protein products, the market drivers has been indicated, including an increased awareness of nutrition in an aging population and a population with increased health focus (Coherent market insight, 2020). In addition, an increased awareness for sustainable food sources and reduction of food waste can be seen among consumers (Altintzoglou, 2021), Thus products from biomass that

is commonly wasted can be attractive based on being sustainable. The sales prices for marine proteins vary greatly based on product, but in personal communication with industry and food producers, the authors have experienced that a bulk protein product sold as an ingredient to human consumption is more likely to net between 100-300 NOK per kilo depending on product. If the protein is used as ingredient for petfood, the price is likely between 25 and 40 NOK per kilo. Therefore these are indicative numbers, and the price obtained from a marine product is likely to be better estimated if a prototype product can be presented to producers and producers are allowed to evaluate possibilities for the protein to be incorporated in a specific product. This is possible when using a demonstration plant, and thus the Biotep estimates have been included in this study.

The extraction of protein has not been performed in industrial scale, but we used the cost estimates described in Material and Methods which is based on the experience from operation of the Biotep plant, average production throughput at this plant, established production costs at the this plant, and knowledge that the demonstration plant has the appropriate infrastructure to scale and produce the different products (Biotep, 2020). With the production capacity described in material and methods, the price per kilo at Biotep is estimated to be between 167 NOK per kilo and 255 NOK per kilo. As mention above, these are only production costs and do not include other parts of the supply chain, including collection, transportation, further refining and sales/distribution of the product (Hobbs, 2002). When planning a production, these estimates indicate that the margins can be small if the production were to be run at that volume in a demonstration plant on a regular basis. A thorough evaluation of possible market entry and sales channels must be made before embarking on production. Ideally a test production at scale will give valuable input to the commercial potential, then the producer needs to evaluate how much the process can be optimized, if other products can be included, and how much production costs can be reduced or if sales income can be increased. The role of a demonstration plant is to test the technology and the product in a market, and help the industry move past the demonstration phase (Fletcher & Bourne, 2012; Frishammar, 2015; Hellsmark, 2016; Nordqvist & Frishammar, 2019).

Production costs can be reduced by optimizing the process, but also through isolating more than one product in the same production. With regards to process optimization, this can be achieved by reducing time, temperature and/or increasing yield. It can be seen from Beaulieu et al that a shorter hydrolysis time at lower temperature than used in the current study (40 ˚C versus 50 ˚C) with Protamex resulted in a higher yield (Beaulieu, 2009). As discussed above this can possibly be attributed to an increasing activity of the endogenous enzymes at the lower temperature, as Protamex is expected to have very low activity at that temperature. One challenge with autolysis (breakdown using endogenous enzymes) is that it is a less controlled process as the activity and levels of endogenous enzyme vary with feeding status, weight, age etc of the snow crab (Hardy, 2000).

Another way of increasing the value of the side streams is by isolating more than one product during the process. It can be seen from the results that in addition to proteins, the hydrolysis process results in oil from the crab intestines and a small portion from the shells. This oil fraction is generated at the same time as the protein product and is thus co-isolated. By also valorising this fraction, the commercial potential of the production is increased. A large variety of omega 3 arctic marine products are available on the market, commonly sold in 250-500 mL bottles (Marketsandmarkets, 2019) with a large price range. From Norwegian websites an average of about 1000 NOK per litre was observed. With a density of about 0.9 kg per litre, the price per Kg oil is estimated at 1100 NOK. The composition of marine omega-3 oils on the market is similar to oil from snow crab, with just under 20% of the oil being EPA and DHA fatty acids in the oil (Beaulieu, 2009). By accounting for the oil yield using the hydrolysis process, an estimated 36 Kg oil can be expected from each ton of processed wet biomass. Using the same estimated processing amounts as for the proteins, the cost per Kg of oil is estimated to be between

200 and 315 NOK per litre at Biotep. It is expected that this oil will need to be processed further in order to remove any pollutants and heavy metals, however with the expected sales prices, there is room for value creation from collection of the proteinaceous and the oil phase from processing of snow crab side streams in the same production. Thus, from a hydrolysis process and a one week of production, the result can be a protein and oil prototype product that can be tested in the market. As the fisheries is expected to increase in the next several years, the production volume of side stream can also increase, and the costs can go down. But in an initial phase, the costs at the demonstration plant Biotep and possible market prices can be an attractive commercial avenue (Frishammar, 2015; Hellsmark, 2016; Nordqvist & Frishammar, 2019; Whitaker, 2021).

Another possible value creation that has been evaluated is using empty shells, where the contents are rinsed off in the slaughter process as described earlier, which is the way they commonly arise in processing facilities. Another already mentioned possibility is to use the shell left over after hydrolysis, where the protein contents are hydrolysed away as described, which makes it suitable for chitin and astaxanthin isolation from these biomasses.

Chitin was extracted from the crab side streams as described above. Chitin has a wide variety of applications in the market, from ingredients in food and feed stuffs, to cosmetics, medical devices, biodegradable and antibacterial packaging and agricultural causes (Heide, 2020). The prices vary greatly depending on molecular mass, degree of acetylation, crystalline structure, colour and purity (Arbia, 2013). Deep characterization of these properties will assist in determining a more likely market price, however that is beyond the scope of the initial investigations of commercial application of the side streams. The current study results show that about 10% of the total mass of the crab shells can be recovered. Prices for chitin products range from 140–400 NOK per Kg for the very low range to 1200 NOK per gram (Heide, 2020; Arbia, 2013). Using the throughput estimates at Biotep as described above, the cost per kilo of production chitin at Biotep is between 300 and 1000 NOK per kilo, highly varying depending on how much shells are being put through in one week of production and the time consumed. The processes are initial and cost estimates are only indicative. If crab shells should be used for chitin production, a thorough characterization of the product as well as commitment from the market for a verified volume above the total costs including production, logistics and sales. However, with a high throughput, there is a potential for value creation from the chitin. The large differences between low and high throughput is due to the large percent composition of chitin in the biomass.

In addition to isolation of chitin, various oils were employed to extract carotenoids from the shells. The highest amount of astaxanthin that was isolated was about 25 mg/kg. The astaxanthin is dissolved in the oil, thus this can be a product being sold as it is directly, as an enriched oil. Shiahidi & Synowiecki suggested that fish oils with carotenoid pigments to have the added advantage of offering feeds rich in omega-3 fatty acids (Shahidi & Synowiecki, 1991). It can also be used it as any oil with antioxidants to feed (Chen & Meyers, 1982). With the latter, however, in order to get the real value from the astaxanthin, further processing and clean-up will be required, thus a processing price is difficult to estimate at the Biotep. The carotenoids can also be used in high end marine oil with sustainable marine antioxidants, replacing synthetic antioxidants (Olatunde & Benjakul, 2020). The prices for astaxanthin range significantly depending on purity from as high as 6000 NOK per gram to about 1000 NOK per Kilo (Heide, 2020). From a week of production at Biotep, the extraction of on average 25 mg astaxanthin per kilo crab shell has the potential to yield over a kilo of pure astaxanthin, with the cost per gram being about 280 NOK per gram on the high end of throughput as can be expected in this type of method where no drying is applied. Astaxanthin has been more successfully extracted from crustacean side streams using supercritical carbon dioxide (Ahmadkelayeh & Hawboldt, 2020). As described below, this can be a more relevant and sustainable technique in the future.

Conclusion

The aim of this study was to evaluate whether the biomass that is now waste from the snow crab industries can be used for production of valuable products in one or more plausible markets. The evaluation was based on use of protocols aimed at recovery of single components. Focus was placed on using green chemistry and simple processes, implementable at the small industrial scale demonstration plant, Biotep. The practical production in demonstration scale was estimated using empirical numbers from previous productions at Biotep of comparable biomasses and the pricing structure at Biotep. The authors concluded that proteins and oil from intact crab housing could be extracted in scalable processes with processing costs that could result in a profitable product. In addition, astaxanthin and chitin could be isolated from empty crab shells, however the processes needs optimization before being scaled. Processes should be well demonstrated in smaller scale before the cost of demonstration production is invested in. In addition, the prototype resulting from a demonstration production should be well tested in market.

Further work

Although optimisation work on extraction of protein, oil, carotenoids, and chitin could result in higher yields and lower production costs, and in the case of proteins, more refined products, the highest potential could lay in being able to extract more than one component at the time. In addition, as mentioned, supercritical carbon dioxide has been identified as a more sustainable future technique for lipid soluble components, including carotenoids. These techniques will be further evaluated in new equipment being installed in accessible laboratories and is intended to be installed for larger scale productions.

In addition to the process development, other important elements also need to be investigated to get a good basis for the commercial use of side streams from snow crab. To mention a few, these include knowledge about competitors activities, the status and activities in other snow crab fishing nations, identification of competitors in the end-market and their activities, and how these ingredients can meet the needs and demands of the end-customer/user. In addition, in production of new products, one must identify how the candidate products can be differentiated from similar ingredients already present in the market.

Acknowledgements

Financial support from the Research Council of Norway “SnowMap” (no. 267763), through RFFNORD “SnøRest” (no. 248229), and internal financing from Nofima through the project “Peptek” is greatly acknowledged.

References

Ahmadkelayeh, S., & K. Hawboldt (2020). Extraction of lipids and astaxanthin from crustacean by-products: A review on supercritical CO2 extraction. *Trends in Food Science & Technology,* **103**, pp. 94–108.

Altintzoglou, T., P. Honkanen & R.D. Whitaker (2021). Influence of the involvement in food waste reduction on attitudes towards sustainable products containing seafood by-products. In review In N. AS (Ed.). *Journal of cleaner production*. (Accepted 2020-12-08).

Arbia, W., L. Arbia, L. Adour & A. Amrane (2013). Chitin Extraction from Crustacean Shells Using Biological Methods – A Review. *Food Technology & Biotechnology,* **51:**1, pp. 12–25.

Aspevik, T., Å. Oterhals, S.B. Rønning, T. Altintzoglou, S.G. Wubshet, A. Gildberg, N.K. Afseth, R.D. Whitaker & D. Lindberg (2017). Valorization of Proteins from Co- and By-Products from the Fish and Meat Industry. *Topics in Current Chemistry,* **375**:3, p. 53.

Asunción Lage-Yusty, M., M. Vilasoa-Martínez, S. Álvarez-Pérez & J. López-Hernández (2011). Chemical composition of snow crab shells (Chionoecetes opilio) Composición química del caparazón del cangrejo de las nieves (Chionoecetes opilio). *CyTA - Journal of Food,* **9**:4, pp. 265–270.

Beaulieu, L., J. Thibodeau, P. Bryl & M.E. Carbonneau (2009). Characterization of enzymatic hydrolyzed snow crab (Chionoecetes opilio) by-product fractions: a source of high-valued biomolecules. *Bioresour Technol,* **100:** 13, pp. 3332–3342.

Beaulieu, L., J. Thibodeau, M. Desbiens, R. Saint-Louis, C. Zatylny-Gaudin & S. Thibault (2010). Evidence of Antibacterial Activities in Peptide Fractions Originating from Snow Crab (Chionoecetes opilio) By-Products. *Probiotics Antimicrob Proteins,* **2**:3, pp. 197–209.

Coherent market insight (2020). BIOACTIVE PROTEIN & PEPTIDES MARKET Global Industry Insights, Trends, Outlook, and Opportunity Analysis, 2020–2027. Available at: https://www.coherentmarketinsights.com (Accessed: 5 December 2020).

Biotep (2020). www.biotep.no

Calado, R., M. Costa Leal, H. Gaspar, S. Santos, A. Marques, M.L. Nunes & H. Vieira (2018). *How to Succeed in Marketing Marine Natural Products for Nutraceutical, Pharmaceutical and Cosmeceutical Markets*. Cham, Switzerland: Springer

Chen, H.-M. & S. Meyers (1984). A rapid quantitative determination of astaxanthin pigment concentrate in oil extraction. *JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society,* **61**, pp. 1045–1047.

Chen, H.-M. & S.P. Meyers (1982). Extraction of Astaxanthin Plgment from Crawfish Waste Using a Soy Oil Process. *Journal of Food Science,* **47**:3, pp. 892–896.

Daliri, E.B.-M., B.H. Lee & D.H. Oh (2018). Current trends and perspectives of bioactive peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* **58**:13, pp. 2273–2284.

Daly, B., J.S. Swingle & G.L. Eckert (2013). Dietary astaxanthin supplementation for hatchery-cultured red king crab, Paralithodes camtschaticus, juveniles. *Aquaculture Nutrition,* **19**:3, pp. 312–320.

Doyen, A., L. Beaulieu, L. Saucier, Y. Pouliot & L. Bazinet (2011). Demonstration of in vitro anticancer properties of peptide fractions from a snow crab by-products hydrolysate after separation by electrodialysis with ultrafiltration membranes. *Separation and Purification Technology,* **78**:3, pp. 321–329.

Doyen, A., L. Saucier, L., Beaulieu, Y. Pouliot & L. Bazinet (2012). Electroseparation of an antibacterial peptide fraction from snow crab by-products hydrolysate by electrodialysis with ultrafiltration membranes. *Food Chem,* **132:**3, pp. 1177–1184.

Eisen, A.Z., K.O. Henderson, J.J. Jeffrey & R.A. Bradshaw (1973). Collagenolytic protease from the hepatopancreas of the fiddler crab, Uca pugilator. Purification and properties. *Biochemistry,* **12:**9, pp. 1814–1822.

El Menif, E., C. Offret, S. Labrie & L. Beaulieu (2019). Identification of Peptides Implicated in Antibacterial Activity of Snow Crab Hepatopancreas Hydrolysates by a Bioassay-Guided Fractionation Approach Combined with Mass Spectrometry. *Probiotics and Antimicrobial Proteins,* **11**:3, pp. 1023–1033.

Pleym, I.E., M. Svorken & B. Vang (2019). Verdifulle rester. Muligheter for norsk marint restråstoff. Report 9/2019, Nofima, Tromsø, p. 26).

Fletcher, A.C., & P.E. Bourne (2012). Ten Simple Rules To Commercialize Scientific Research. *PLOS Computational Biology,* **8**:9, e1002712.

Framroze, B., S. Vekariya & D. Swaroop (2016). A Placebo-Controlled, Randomized Study on the Impact of Dietary Salmon Protein Hydrolysate Supplementation on Body Mass Index in Overweight Human Subjects. *Journal of Obesity & Weight Loss Therapy,* **06**.

Frishammar, J., P. Söderholm, K. Bäckström, H. Hellsmark & H. Ylinenpää (2015). The role of pilot and demonstration plants in technological development: synthesis and directions for future research. *Technology Analysis & Strategic Management,* **27:**1, pp. 1–18.

Gildberg, A. & E. Stenberg (2001). A new process for advanced utilisation of shrimp waste. *Process Biochemistry,* **36**:8, pp. 809–812.

Gimeno, M., J.Y. Ramírez-Hernández, C. Mártinez-Ibarra, N. Pacheco, R. García-Arrazola, E. Bárzana & K. Shirai (2007). One-Solvent Extraction of Astaxanthin from Lactic Acid Fermented Shrimp Wastes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* **55**:25, pp. 10345–10350.

Hamed, I., F. Ozogul & J. Regenstein (2016). Industrial applications of crustacean by-products (chitin, chitosan, and chitooligosaccharides): A review. *Trends in Food Science & Technology,* **48**, pp. 40–50.

Hardy, D., J.-D. Dutil, G. Godbout & J. Munro (2000). Survival and condition of hard shell male adult snow crabs (Chionoecetes opilio) during fasting at different temperatures. *Aquaculture,* **189:**3, pp. 259–275.

Heide, M., T. Altintzoglou & R.D. Whitaker (2020). The market for marine ingredients for food and agricultural Application - Coldwater prawn (Pandalus boralis), Blue mussels (Mytilus edulis) and Brown crab (Cancer pagurus). Report 32/2020, Nofima, Tromsø, p. 9.

Hellsmark, H., J. Frishammar, P. Söderholm & H. Ylinenpää (2016). The role of pilot and demonstration plants in technology development and innovation policy. *Research Policy,* **45**:9, pp. 1743–1761.

Hjelset, A.M., C. Hvingel, H.E.H. Danielsen, J.H. Sundet, O.-B. Humborstad, T. Jørgensen & S. Løkkeborg (2019). Snøkrabbe på norsk sokkel i Barentshavet - Bestandsvurdering og kvoterådgivning 2020. Available at: (Accessed: 5 December 2020) https://www.hi.no/resources/Snokrabbe-pa-norsk-sokkel-i-Barentshavet-Bestandsvurdering-og-kvoteradgivning-2020.pdf (Accessed: 5 December 2020) In Havforskningsinstituttet (Ed.).

Hobbs, J.E. (2002). Evolving Supply Chains in the Nutraceuticals and Functional Foods Industry. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie,* **50**:4, pp. 559–568.

Honda, M., H. Kageyama, T. Hibino, Y. Zhang, W. Diono, H. Kanda, R. Yamaguchi, R. Takemura T. Fukaya & M. Goto (2019). Improved Carotenoid Processing with Sustainable Solvents Utilizing Z-Isomerization-Induced Alteration in Physicochemical Properties: A Review and Future Directions. *Molecules,* **24:**11.

Klimova, O.A., S.I. Borukhov, N.I. Solovyeva, T.O. Balaevskaya & A. Strongin (1990). The isolation and properties of collagenolytic proteases from crab hepatopancreas. *Biochemical and biophysical research communications,* **166**:3, pp. 1411–1420.

Lian, F., I. Måge, G. Lorentzen, S.I. Siikavuopio, K. Øverbø, B. Vang & D. Lindberg (2018). Exploring the effect of inhibitors, cooking and freezing on melanosis in snow crab (Chionoecetes opilio) clusters. *Food Control,* **92**, pp. 255–266.

Lian, F., S.I. Siikavuopio, A. Hustad, T. Thesslund, S.-K. Lindberg & G. Lorentzen (2021). Comparative quality evaluation of processed clusters obtained from red king crab (Paralithodes camtschaticus) typical of spring and autumn harvests in the Barents Sea. In. Submitted to *Food Control*.

Lorentzen, G., F. Lian & S.I. Siikavuopio (2020). Live holding of snow crab (Chionoecetes opilio) at 1 and 5 °C without feeding — Quality of processed clusters. *Food Control,* **114**, 107221.

Lorentzen, G., G. Voldnes, R.D. Whitaker, I. Kvalvik, B. Vang, R.G. Solstad, M.R. Thomassen & S.I. Siikavuopio (2018). Current Status of the Red King Crab (Paralithodes camtchaticus) and Snow Crab (Chionoecetes opilio) Industries in Norway. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture,* **26**:1, pp. 42–54.

Marketsandmarkets. (2019). Omega-3 Market by Type (DHA, EPA, and ALA), Application (Dietary Supplements, Functional Foods & Beverages, Pharmaceuticals, Infant Formula, and Pet Food & Feed), Source (Marine and Plant), and Region - Global Forecasts to 2025.

Mjøs, I., E. Thorsen, T. Hausken, E. Lied, R.M. Nilsen, I. Brønstad, E. Edvardsen & B. Frisk (2019). The effect of low dose marine protein hydrolysates on short-term recovery after high intensity performance cycling: a double-blinded crossover study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition,* **16:**1, p. 48.

NMKL. (2003). Nitrogen, Determination of foods and feed according to Kjeldahl. NMKL method no 6, 4th Ed. In: *Nordic Committee on Food Analysis*, Oslo.

Nordqvist, S. & J. Frishammar (2019). Knowledge types to progress the development of sustainable technologies: a case study of Swedish demonstration plants. *International Entrepreneurship and Management Journal,* **15**:1, pp. 75–95.

Norwegian Food Safety Authority (2020). Matvaretabellen.no, access date 2020-11-18

Nærings- og fiskeridepartementet (2019). "Snøkrabbe-kvoten øker i 2020", Regjeringen.no.

Olatunde, O.O., & S. Benjakul (2020). Antioxidants from Crustaceans: A Panacea for Lipid Oxidation in Marine-Based Foods. *Food Reviews International*, pp. 1-31.

Petrova, I., I. Tolstorebrov & T.M. Eikevik (2018). Production of fish protein hydrolysates step by step: technological aspects, equipment used, major energy costs and methods of their minimizing. *International Aquatic Research,* **10**:3, pp. 223–241.

Rødde, R., A. Einbu & K. Varum (2008). A seasonal study of the chemical composition and chitin quality of shrimp shells obtained from northern shrimp (Pandalus borealis). *Carbohydrate Polymers,* **71**, pp. 388–393.

Sachindra, N.M. & N.S. Mahendrakar (2005). Process optimization for extraction of carotenoids from shrimp waste with vegetable oils. *Bioresource Technology,* **96**:10, pp. 1195–1200.

Semenova, S.A., G.N. Rudenskaya, L.V. Lyutova & O.A. Nikitina (2008). Isolation and properties of collagenolytic serine proteinase isoenzyme from king crab Paralithodes camtschatica. *Biochemistry (Moscow),* **73**:10, pp. 1125–1133.

Shahidi, F. & J. Synowiecki (1991). Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab (Chionoecetes opilio) and shrimp (Pandalus borealis) processing discards. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* **39:**8, pp. 1527–1532.

Siikavuopio, S.I., G.S. Johansson, P. James & G. Lorentzen (2019). Effect of starvation on the survival, injury, and weight of adult snow crab, Chionoecetes opilio. *Aquaculture Research,* **50**:2, pp. 550–556.

Souchet, N. & S. Laplante (2011). Recovery and characterization of a serine collagenolytic extract from snow crab (Chionoecetes opilio) by-products. *Appl Biochem Biotechnol,* **163**:6, pp. 765–779.

SSB Norway (2020). "12846: Fangst, etter fangstart og nasjonalitet på fiskefartøyet 2014 – 2019". In. ssb.no.

Su, W., S. Yu, D. Wu, M. Xia, Z. Wen, Z. Yao, J. Tang & W. Wu (2019). A critical review of cast-off crab shell recycling from the perspective of functional and versatile biomaterials. *Environmental Science and Pollution Research,* **26:**31, pp. 31581–31591.

Svorken, M. & I. E. Pleym (2019). Waste not, want not - an analysis of the marine ingredients industry in Northern Norway. In *KBBN - Konjunkturbarometeret for Nord-Norge*. https://www.kbnn.no/.

Synowiecki, J. & N.A. Al-Khateeb (2003). Production, Properties, and Some New Applications of Chitin and Its Derivatives. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition,* **43**:2, pp. 145–171.

Tremblay, A., R. Corcuff, C. Goulet, S.B. Godefroy, A. Doyen & L. Beaulieu (2020). Valorization of snow crab (Chionoecetes opilio) cooking effluents for food applications. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* **100**:1, pp. 384–393.

Vega-Mercado, H., M. Marcela Góngora-Nieto & G.V. Barbosa-Cánovas (2001). Advances in dehydration of foods. *Journal of Food Engineering,* **49**:4, pp. 271–289.

Vilasoa-Martínez, M., J. López-Hernández & M.A. Lage-Yusty (2007). Protein and amino acid contents in the crab, Chionoecetes opilio. *Food Chemistry,* **103**:4, pp. 1330–1336.

Whitaker, R.D., T. Altintzoglou, K. Lian & E.N. Fernandez (2021). Marine Bioactive Peptides in Supplements and Functional Foods – A Commercial Perspective. *Current Pharmaceutical Design,* **26**, pp. 1–12.