



AKTIV FORVALTNING AV MARINE RESSURSER – LOKALT TILPASSET FORVALTNING: LINDESNES

Effekter på hummer i Klippeskjær bevaringsområde

Tittel (norsk og engelsk):

Aktiv forvaltning av marine ressurser – lokalt tilpasset forvaltning: LINDESNES

Active management of marine resources - Lindesnes

Undertittel (norsk og engelsk):

Effekter på hummer i Klippeskjær bevaringsområde

Effects on lobster in Klippeskjær MPA

Rapportserie:

Rapport fra havforskningen

ISSN:1893-4536

År - Nr.:

2019-12

Dato:

05.03.2019

Forfatter(e):

Sigurd Heiberg Espeland, Alf Ring Kleiven, Hanne Sannæs (HI) og Portia Joy Nillos Kleiven

Godkjent av: Forskningsdirektør(er): Geir Lasse Taranger og Karin Kroon
Boxaspen Programleder(e): Jan Atle Knutsen

Distribusjon:

Åpen

Prosjektnr:

81389

Oppdragsgiver(e):

Lindesnes Kommune

Program:

Kystøkosystemer

Forskningsgruppe(r):

Fiskeridynamikk

Populasjonsgenetikk

Antall sider:

32

Sammendrag (norsk):

Havforskningsinstituttet har siden 2011 gjennomført prøvofiske etter hummer i Klippeskjær bevaringsområde for å undersøke effekter av hummerfredningen som ble innført i 2013. I perioden frem til 2015 har fangsten av hummer i bevaringsområde vært på nivå med kontrollområder i andre deler av Lindesnes, men har etter økt. Fangstene er nå tydelig høyere i bevaringsområdet. Gjennomsnittslengden på hummer i bevaringsområdet har økt i forhold til kontrollområdene. Med bakgrunn i økning i tetthet av hummer og økning i størrelsen på hummeren antar vi at eggproduksjonene pr areal nå er 2.5 til 3 ganger så høy i bevaringsområdet som i kontrollområdene, der den tidligere lå på samme nivå.

Vi har beregnet område fra 100m inne i bevaringsområdet til 100m utenfor sørgrensen til å være et utviklingsområde eller «spill-over» område. Det vil si at hummeren som lever inne i denne delen av bevaringsområde kan bevege seg ut og bli fisket, samtidig som hummer som lever utenfor vil kunne oppleve noe beskyttelse gjennom at de i sin normale aktivitet er delvis inne i bevaringsområde.

Vi har estimert vekst hos merket hummer og anslår at hannhummer i denne undersøkelsen skifter skall 0.89 ganger årlig med en vekst på 25.4 mm. Hunnhummerne skifter skall 0.65 ganger årlig og vokser 21.5 mm årlig.

Med bakgrunn i observasjoner fra Klippeskjær bevaringsområde vil vi anta at en videre fredning kan føre til fortsatt positiv utvikling i hummerbestanden på Klippeskjær som etter hvert vil kunne bidra positivt til hummerbestanden i øvrige områder i Lindesnes kommune.

Sammendrag (engelsk):

The lobster population at Klippeskjær marine protected area (MPA) have been monitored since 2011 as a part of the project "Active management of marine resources". The MPA was implemented in 2013, and includes a ban on all stationary gear, thus protecting lobsters. The catch of lobsters pr. trap (CPUE) have increased and by 2019 is significantly higher in the protected area than in the control areas. The mean length, measured as total length of lobsters, have also increased. We estimate that the relative potential egg production pr area has increased from equal in the MPA and control areas, to be 2.5 to 3 times higher in the MPA due to increased densities of lobsters and increased total length.

We have estimated a "spill over zone" that stretch from approximately 100 m inside the southern border of the MPA to 100 m outside where lobsters are partly protected and may venture out of the MPA as part of their daily activity.

We estimated growth of tagged male lobsters in this study to molt 0.89 times a year with an average increase of 25.4 mm while females molted on average 0.65 times a year with an average increase of 21.5 mm yearly.

Based on the observations from Klippeskjær MPA we assume the positive effects to continue unless the area is reopened for fishery. We expect that Klippeskjær MPA may have positive effects on the lobster populations in the surrounding area.

Innhold

1	Introduksjon	5
1.1	Bakgrunn	5
1.2	Forventede effekter	5
2	Lindesnes bevaringsområde for hummer	7
2.1	Kort om området	7
2.2	Innsamling av data i områdene	7
3	Resultater av innsamling av data i Lindesnes	11
3.1	Fangstdata (fangst pr teine)	11
3.2	Størrelsesdata	12
3.3	Resultater fra egne gjenfangster	16
3.3.1	<i>Bevegelse</i>	17
3.4	Hjemmeområde og kjerneområde	19
3.5	Vekst	26
3.6	Oppsummering	28
4	Anbefalinger for bevaringsområdet for hummer i Lindesnes	30
5	Referanser	31

1 - Introduksjon

1.1 - Bakgrunn

Gjennom prosjektet "Biologiske verdier i sjø i Tvedestrand kommune" ble det i 2002 utarbeidet en oversikt over marine verdier i en typisk kystkommune på Skagerrakkysten. Senere ble arbeidet satt i gang i alle kystkommunene i Agder, og er nå blitt modell for kystkommuner landet rundt. Prosjektet viste at selv om kystnaturen under regionens blå flater biologisk sett er svært mangfoldig, er den også sårbar. Prosjektet viste også at befolkningens kunnskap om naturressursene og kulturarven i landsdelen er betydelig, og at motivasjonen for å ta vare på "arvesølvet" er dypt forankret både hos innbyggere og i det lokale forvaltningsapparatet langs hele Sørlandskysten. Ved å ta utgangspunkt i den brede interessen og kunnskapen som finnes i lokalsamfunnene om marine naturverdier, har man i dette prosjektet å utvikle et verktøy som kan bidra til en aktiv, bærekraftig og fremtidsrettet forvaltning av kystområdene. Et bredt spekter av interessegrupper og forvaltere er også trukket inn i prosessen. Prosjektet er gjennomført i to Agder-kommuner: Tvedestrand kommune der en har gjennomført en sonering for hele kommunen, mens Lindesnes kommune der en kun innførte et bevaringsområde. Styringsgruppen for prosjektet ble ledet av Aust-Agder fylkeskommune med medlemmer fra Fiskeridirektoratet, Fylkesmannen i Vest-Agder, Havforskningsinstituttet samt Tvedestrand og Lindesnes kommuner.

Aktiv forvaltning har tidligere evaluert bevaringsområder for torsk og hummer i Tvedestrand kommune (Espeland m. fl. 2016).

1.2 - Forventede effekter

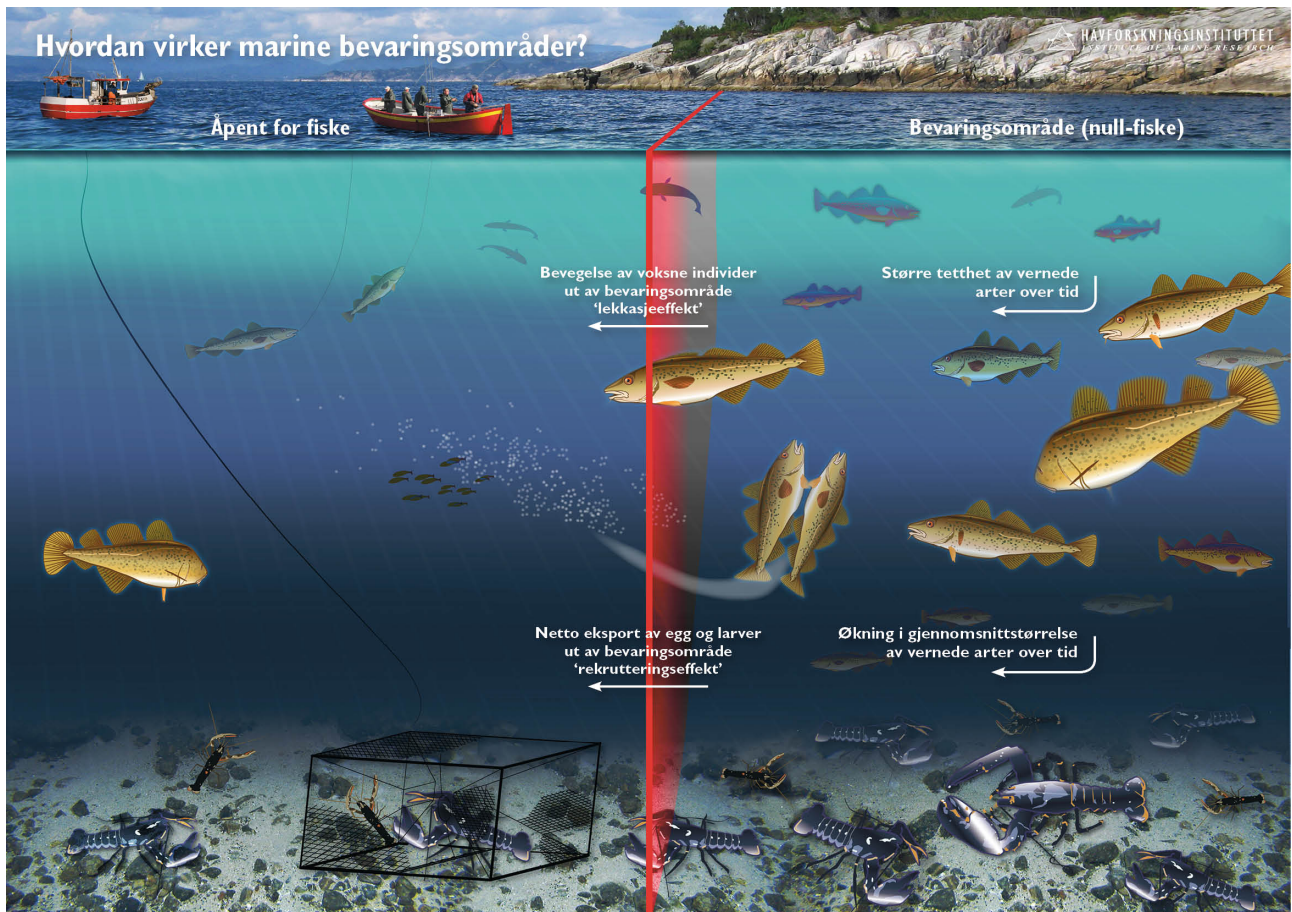
Med bakgrunn i den antatt høye fiskedødeligheten for hummer, er det ventet at et fravær av fiske vil føre til høyere overlevelse av voksne individer hos disse artene. En økt overlevelse ventes å føre til at flere hummere får tid til å vokse seg større. En målbar effekt vil være at størrelsen på hummer går opp, både gjennomsnittsstørrelsen og størrelsen på de største individene.

Siden rekrutteringen kan antas å være den samme, venter vi etter hvert at antall individer blir flere relativt sett til andre områder, mens flere overlever som følge av lavere fiskedødelighet. Når vi antar at fangbarheten er den samme, forventer vi derfor at mengden hummer vi fanger innenfor bevaringsområdene vil øke. Utover å ha en bevarende effekt på det genetiske mangfoldet hos hummer, ønsker vi også å undersøke om bevaringsområder kan ha en effekt på mengden man kan fiske på utsiden av disse områdene. En økning av individer inne i bevaringsområdene kan forsyne de omkringliggende områdene på to måter (Figur 1):

1) Store individer kan bevege seg ut av bevaringsområdet og slik bli tilgjengelig for fangst (lekkasjeeffekt eller "spillover-effekt").

2) Store individer inne i bevaringsområdet kan produsere flere rekrutter som driver ut i de omkringliggende områdene (rekrutteringseffekt).

Den siste effekten er avhengig av at bevaringsområdene får tid til å bygge opp en mengde store individer, og at avkommet vokser seg så stort at de kommer inn i fangstene. Denne rekrutteringseffekten vil ikke kunne observeres innenfor tidsrammen vi har jobbet i Lindesnes. Mulige dokumenterbare effekter vil være av den første typen der man kan fange flere store individer og sekundært dokumentere en utvandring av store individer fra områdene.

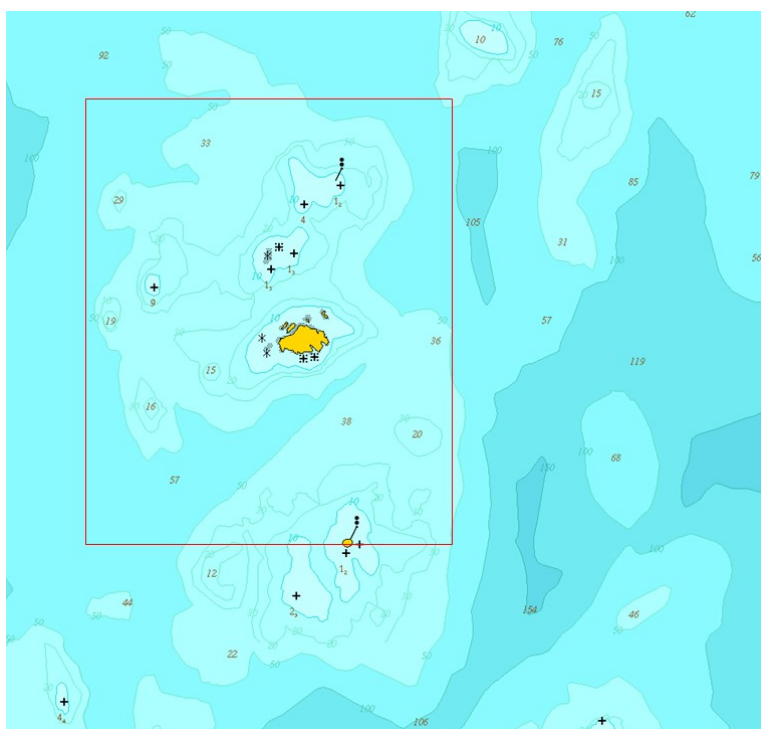


Figur 1: Dokumenterte og forventede effekter av marine bevaringsområder: Oppbygning av høyere bestandstetthet (1) og økt gjennomsnittstørrelse (2) inne i bevaringsområder, sammenlignet med områder utenfor, er demonstrert for hummer og kysttorsk i Skagerrak. Det er ventet at økt tetthet av vernede arter vil resultere i lekkasjeeffekt (3) eller "spillover-effekt" (når voksne individer beveger seg ut av bevaringsområdet). Kombinasjonen av høyere tetthet og økt gjennomsnittstørrelse (1 + 2) kan skape et økt reproduksjonspotensial (flere og større foreldre) i forhold til tilgrensende områder, som igjen kan resultere i netto eksport av egg, larver og/eller juvenile ut av bevaringsområder (4). Illustrasjon: Harald Tørresen.

2 - Lindesnes bevaringsområde for hummer

2.1 - Kort om området

Bevaringsområde for hummer i Lindesnes (Figur 2) er lokalisert omtrent 1.5 nm (nautiske mil) fra Båly havn og omtrent 05. nm øst for Lindesneslandet. Bevaringsområde omfatter store Klippeskjær og flere grunne områder nord og sør for denne holmen. Den sørlige grensen for bevaringsområde går over et grunt område som ligger rundt Klippeskjærsteinen. De øvrige grensene går gjennom områder som for det meste er dypere enn 50m. Det er antatt at hummer foretrekker grunnere vann mellom 10m og 40m men at de kan bevege seg både grunnere og dypere ned mot 50-60m (Moland m.fl 2011). Den nordligste halvdel av bevaringsområdet nord for og rundt store klippeskjær kan sees på som kjernen av bevaringsområdet. Her vil hummeren oppleve størst reduksjon i fiske siden den antagelig ikke vil bevege seg ut i områder der fiske er tillat. Hummeren som lever rundt Klippeskjærsteinen vil kunne bevege seg ut av bevaringsområdet uten å krysse dype områder. Langs den sørlige grensen vil det da kunne skje en utveksling mellom bevaringsområde og områder tillat for fiske. Dette område vil kunne betraktes som et «spill-over» område. Kjerneområde henger sammen med den sørlige delen gjennom en noe dypere korridor med dybder på 20-30 m. Det kan derfor være en viss utveksling mellom «kjerneområde» og det sørlige område ved Klippeskjærsteinen.



Figur 2: Bevaringsområdet med Store Klippeskjær sentralt og med grunne områder i Nordlige deler av bevaringsområdet. Klippeskjærsteinen er staken som står i sørgrensen for bevaringsområde. Den lyseste blåfargen markerer områder grunnere enn 10m. Dybder mellom 10 og 50m er markert med samme lyseblå farge. Områder dypere enn 50m er mørkere blå.

2.2 - Innsamling av data i områdene

Hummerbestanden er dokumentert vha. et randomisert teinefiske. Teinenes mål og oppbygning er tilsvarende det som brukes i øvrige bevaringsområder. Det har vært et mål for prosjektet å gjennomføre en ukes forsøksfiske hvert år med 50 teiner som trekkes daglig. Siden været også kan påvirke fangbarheten og dermed

også mengden fangst av hummer i teinene, har det vært et mål om å trekke teiner både innenfor og utenfor bevaringsområde hver dag. På den måten vil ikke en dag med god fangst påvirke tallene for antall hummer inne i bevaringsområdene i forhold til utenfor.

Områdene som er undersøkt i Lindesnes er varierende i grad eksponert. De innerste områdene rundt Båly og nord for Imsa er sjelden særlig påvirket av dårlig vær. De ytre områdene rundt Klippeskjær og sørover er ofte mer utsatt for vind og bølger. Dette har i noe grad påvirket hvor det har vært mulig å sette og trekke teiner, slik at i enkelte dager har innsatsen i ytre eksponerte områder vært noe lavere enn i indre områder. Enkelte år har det vært dager med så dårlig vær at trekking i de ytre områdene har vært umulig. Det er likevel bare to dager der vi ikke fikk trukket teiner i bevaringsområdet og dette representerer 78 teinetrekk av totalt 1349.

Aktuelt område for fiske ble valgt ut basert på dybde (10-30 m) og helningsgrad ($> 8^\circ$). Deretter ble det gjort et tilfeldig utvalg av fiskelokaliteter innenfor studieområdet. Disse områdene omfattet arealer både innenfor og utenfor bevaringsområdet. Ved oppstart av prosjektet var det ikke konkretisert hvor bevaringsområdet skulle ligge og forsøksfiske det første året ble gjennomført i et forholdsvis omfattende område. Etter hvert ble området redusert i størrelse for å få en bedre geografisk oppløsning. Det ble også etterstrebet å sette halvparten av teinen i ytre områder, og halvparten i indre områder, uten at halvparten av teinene nødvendigvis ble satt i bevaringsområdet.

Nevnte forhold har gjort at vår innsats ikke har vært konstant i alle områder alle år. Ulike områder vil ha noe ulik fiskeintensitet, og noen områder er fisket så lite at de ikke vil gi relevante data. Her følger en gjennomgang av de ulike områdene, tall i parentes er relatert til Figur 3.

Klippeskjær bevaringsområde **(1)** er undersøkt med høy tetthet av teiner i stort sett alle år. Tettheten var noe lavere første året. De nordlige delene av bevaringsområdet er antatt å ha god beskyttelse av hummer mot fiske utenfor bevaringsområdet. Den sørlige delen er antatt at kan ha noe utveksling med fiskede områder utenfor bevaringsområde.

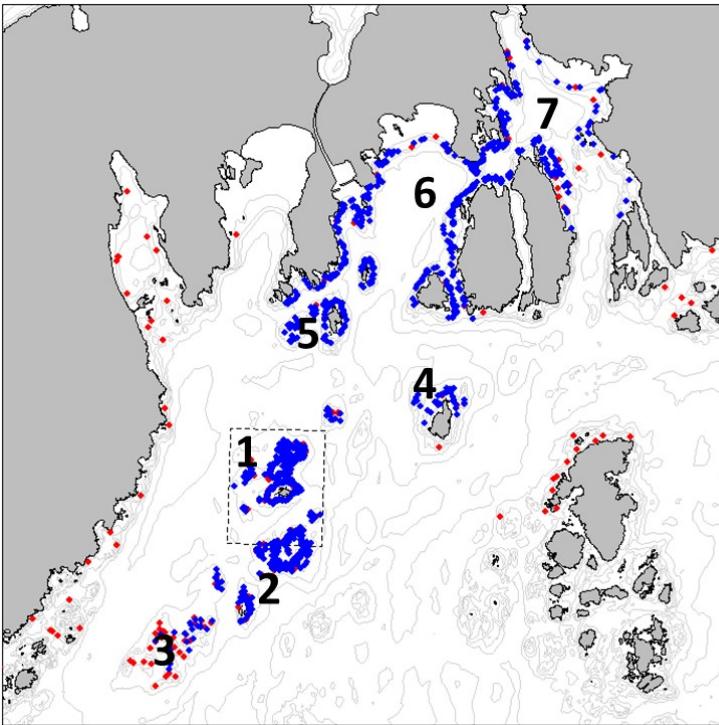
Område fra sørgrensen for bevaringsområdet og ned til Lille klippeskjær **(2)** har vært et område for mulig studie av utveksling av hummer med fisket område. Her er det antatt at hummer vil kunne bevege seg på tvers av grensen for bevaringsområde og hummer hjemmehørende i bevaringsområdet vil kunne oppleve å bli fisket når de vandrer ut i dette område. Fangst utenfor vil da kunne få en gevinst. Dette området er tett fulgt opp gjennom studiet.

Området rundt Hedden og heddekletten **(3)**, sørvest for «spill-over» området er dekket enkelte år, men har enkelte år lav innsats grunnet at de ligger svært utsatt til for dårlig vær.

Områdene Agneskjær **(4)**, Mosvoldflua og Vigdisskjær **(5)** er eksponerte områder men har stort sett vært kontinuerlig dekket med fiske, da det har vært mulig å komme ut hit også i moderat dårlig vær.

De to indre fjordene Remefjorden **(7)** og Njervefjorden **(6)**, har vært mulig å fiske hvert år siden de er stort sett skjermet mot dårlig vær. De representerer likevel et noe mer fjordhabitat og vil nok kunne avvike ganske mye fra bevaringsområdet med tanke på mengde hummerhabitat og fiskeaktivitet.

All hummer som fanges blir målt og kjønnsbestemt. I tillegg blir de merket med et individmerke og det blir tatt en DNA-prøve av hver hummer. Merkingen gjennomføres i henhold til standardisert metode og av sertifisert personell.



Figur 3: Alle lokaliteter som er fisket i Lindesnes kommune. Punkter fra 2011 er røde, mens øvrige år er blå. Tall angir ulike områder. 1: Klippeskjær bevaringsområde, 2: Klippeskjærsteinen og Lille klippeskjær «spill-over» område, 3: Hedden og Heddekletten referanseområde, 4: Agneskjær (og Mosvoldflua) referanseområde, 5: Vigdiskjær referanseområde, 6: Njervefjorden og, 7: Remesfjorden referanseområde.



Bilde 1: Hummer måles og merkes av sertifisert personell som har lang trening og har gjennomgått kurs i behandling av forsøksdyr og kurs i merking.

3 - Resultater av innsamling av data i Lindesnes

3.1 - Fangstdata (fangst pr teine)

Det er beregnet fangst pr teine i fire ulike områder; Bevaringsområdet (1), Klippeskjærsteinen og Lille klippeskjær (2), de to kontrollområdene (4 og 5), samt de to indre kontrollområdene (6 og 7).

Tabell I: Antall teiner i ulike områder de forskjellige årene.

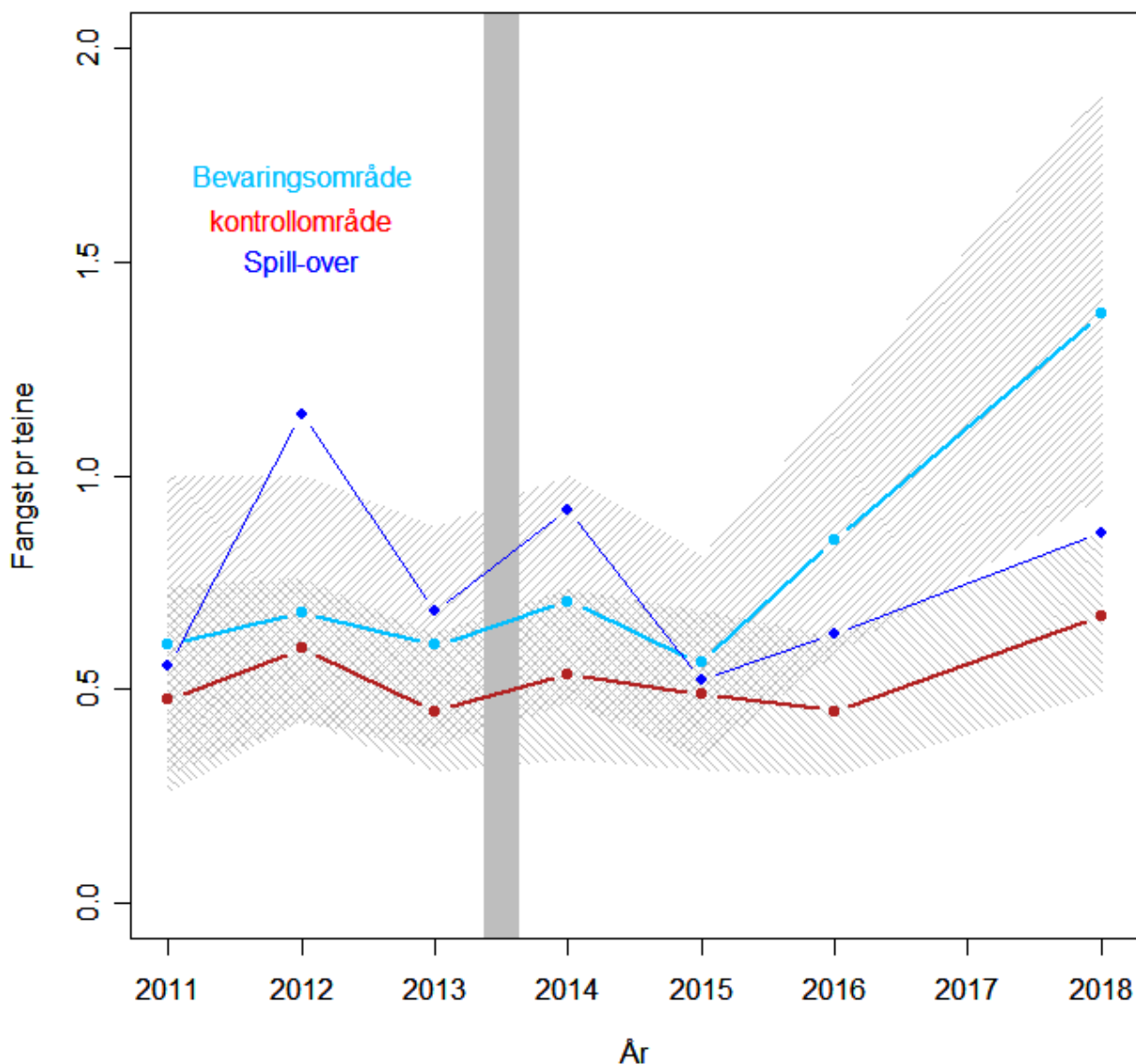
År Område	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018
Bevaringsområde (1)	25	43	49	49	50	56	49
Klippeskjærsteinen og Lille klippeskjær (2)	26	11	31	44	37	38	24
Ytre kontroll (4 & 5)	13	35	32	40	28	35	37
Indre kontroll (6 & 7)	33	86	68	46	58	65	90

Tabell II: Antall hummer fanget i de ulike områdene hvert år.

År Område	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2018
Bevaringsområde (1)	15	30	33	35	31	50	71
Klippeskjærsteinen og Lille klippeskjær (2)	15	10	17	36	17	24	22
Ytre kontroll (4 & 5)	7	36	16	22	13	22	23
Indre kontroll (6 & 7)	15	36	29	24	29	23	62

Hvis vi antar at antall hummer vi får pr teine i et år i et område er en sann indikasjon på hvor mange hummer som er i dette område det året, kan vi beregne hvor stor variasjon man kunne forventet å få i fangsten med like mange teiner. Ved hjelp av en negativ binomial modell simulerte vi 1000 tilfeldige utfall av vårt fiske for hvert område hvert år og plukket ut de 95% mest sannsynlige utfallene. Når fangsten fra to områder da ligger utenfor dette intervallet kan vi si at det er mindre enn 5% sannsynlig at de er fisket i et område med samme tetthet av hummer og at de derfor sannsynligvis er forskjellige.

I våre analyser har vi ikke fjernet gjenfangster av hummer vi har merket tidligere. Dette er ikke gjort fordi våre tall på hummer pr teine er tolket ut fra at tallet er et mål på tettheten av hummer i et område og ikke en indikasjon på hvor mye fangst man skulle regnet med å få i et område.

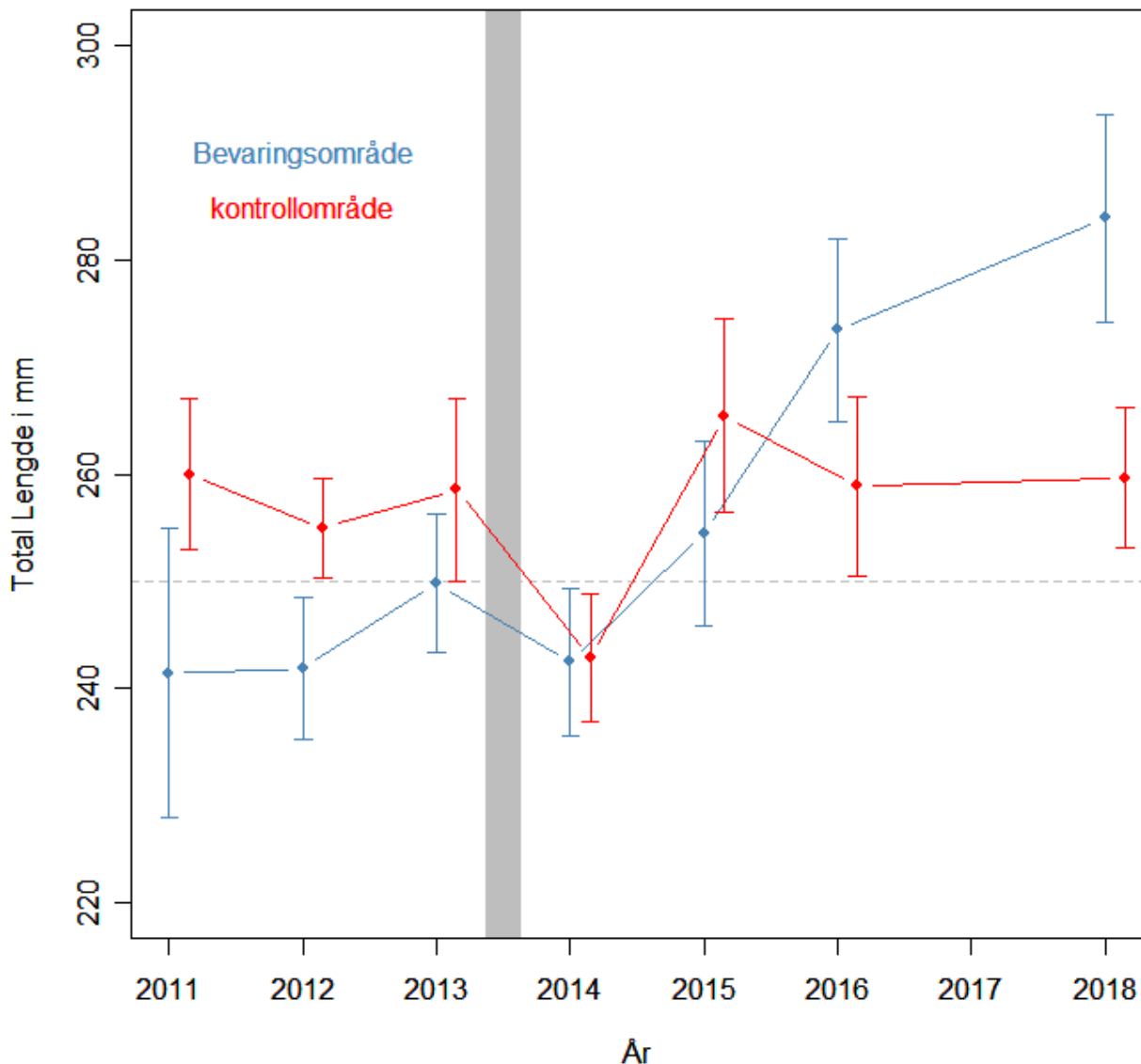


Figur 4: Fangsten av hummer i bevaringsområde økte mer enn i kontrollområde i tiden etter fredning. Den røde linjen er hummerfangst pr teine i kontrollområde. Den mørkeblå linjen er hummerfangst pr teine i område rett sør for grensen til bevaringsområde. Den lyseblå linjen er hummerfangst pr teine i bevaringsområde. Et skravert område marker usikkerheten til linjen knyttet til bevaringsområde og et skravert område viser usikkerheten i linjen knyttet til kontrollområde. Den grå loddrett linje viser når bevaringsområde ble etablert.

3.2 - Størrelsesdata

Det er siden 2010 målt lengde på totalt 837 hummer. Det er fanget hummer fra en totallengde på 15 cm og opp til 40.5 cm. Det er ikke forventet at teinene fanger representativt hummer av de aller minste størrelsene, men fra tidligere forsøksfiske etter hummer har vi observert fangster av hummer større enn 40.5 cm. Det er derfor ikke grunn til å tro at det er mange store hummere som ikke har vært mulig å fange. Det er ingen grunn til å tro heller at stor hummer har vært lettere å fange i bevarings- eller kontrollområde da de samme teinene er rullert mellom de forskjellige områdene. Utvikling i gjennomsnittsstørrelsen på hummeren i bevarings og i kontrollområdene er

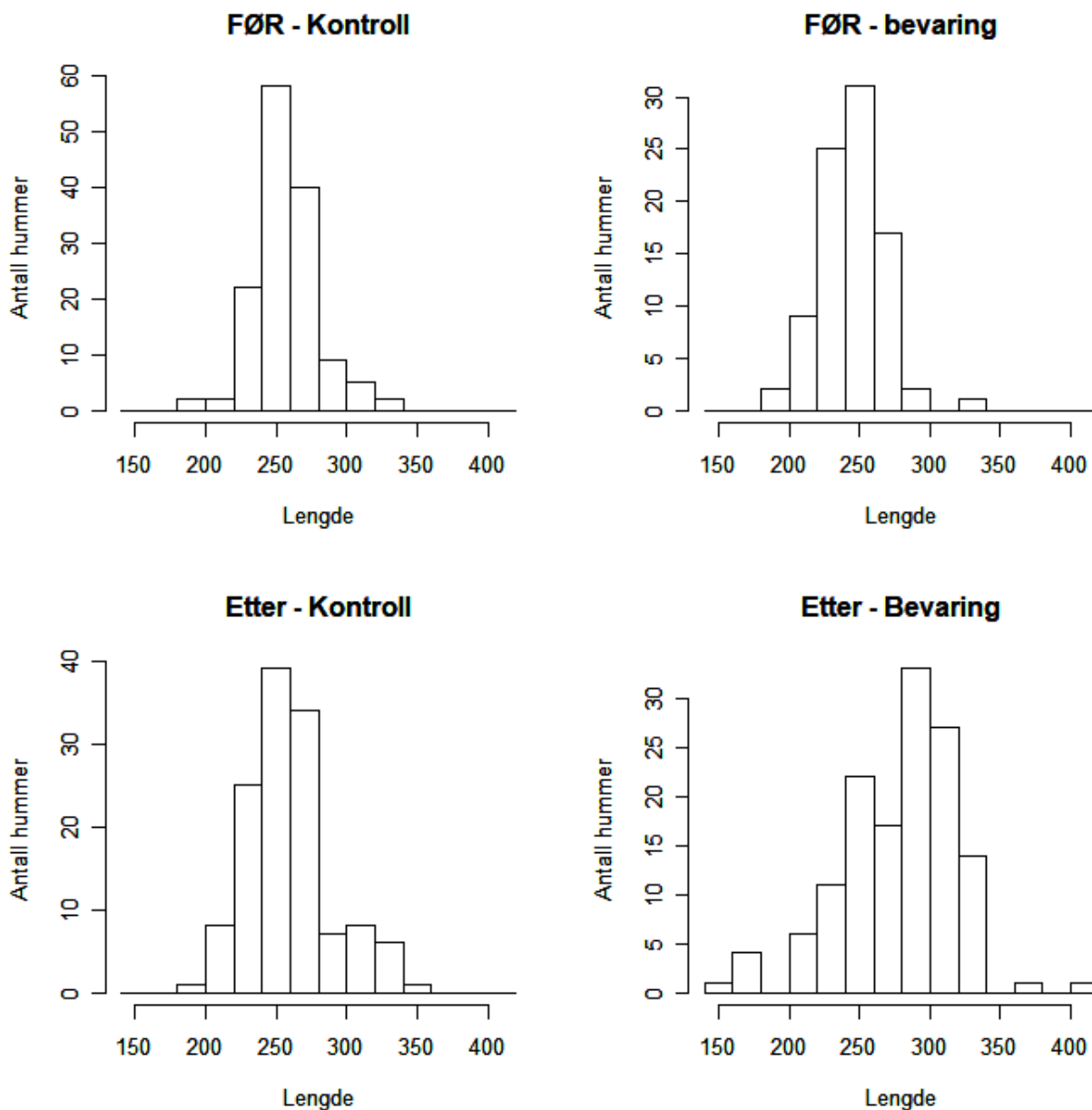
gitt i figur 5. De vertikale linjene viser usikkerheten i gjennomsnittet. Få observasjoner eller stor variasjon i total lengden på hummeren vil føre til større variasjon og lengre vertikale linjer. Ytterpunktene av de vertikale linjene angir intervallet der vi med 95% sikkerhet vil si at gjennomsnittet ligger. Når disse intervallene ikke overlapper for de forskjellige linjene er det grunnlag for å si at det er forskjell i størrelse på hummeren fra de ulike områdene. Vi ser at med unntak av ett år har det ikke vært noe forskjell på lengden på hummer i bevaringsområdene og utenfor. I 2012 var hummerne i kontrollområdet større enn i bevaringsområde og jevnt over så dette ser ut til å være mønsteret de andre årene før fredning. Fra 2014 har det vært en jevn økning i størrelsen på hummeren i bevaringsområdet og i 2018 er denne forskjellen tydelig og signifikant.



Figur 5: Utvikling i gjennomsnittslengde av hummer. Den blå linjen viser utviklingen av gjennomsnittslengde for hummer i bevaringsområde, den røde viser utviklingen i kontrollområde. Den horisontale linjen angir minstemål.

Gjennomsnittslengde kan være et upresist mål å bruke på utvikling i lengden på hummeren i hummerbestanden. Dersom mange hummere blir store, men det også kommer mange(?) små hummer vil

gjennomsnittet forbli mer eller mindre det samme. Det kan likevel være en viktig biologisk verdi i å ha mange hummere i forskjellig alder og størrelse, enn å ha mange hummere like over minstemål. Ved å tegne histogrammer av lengder hos hummeren før og etter bevaring og innenfor og utenfor bevaringsområdet kan vi også studere utviklingen.



Figur 6: Her vises alderssammensetning av hummer innenfor og utenfor bevaringsområde, før og etter bevaring. De to til venstre representerer kontrollområdene, mens høyre side viser bevaringsområde. De to øverste viser størrelser før det ble innført bevaringsområde, mens de to nederste viser størrelsen de siste årene det ble gjennomført forsøksfiske.

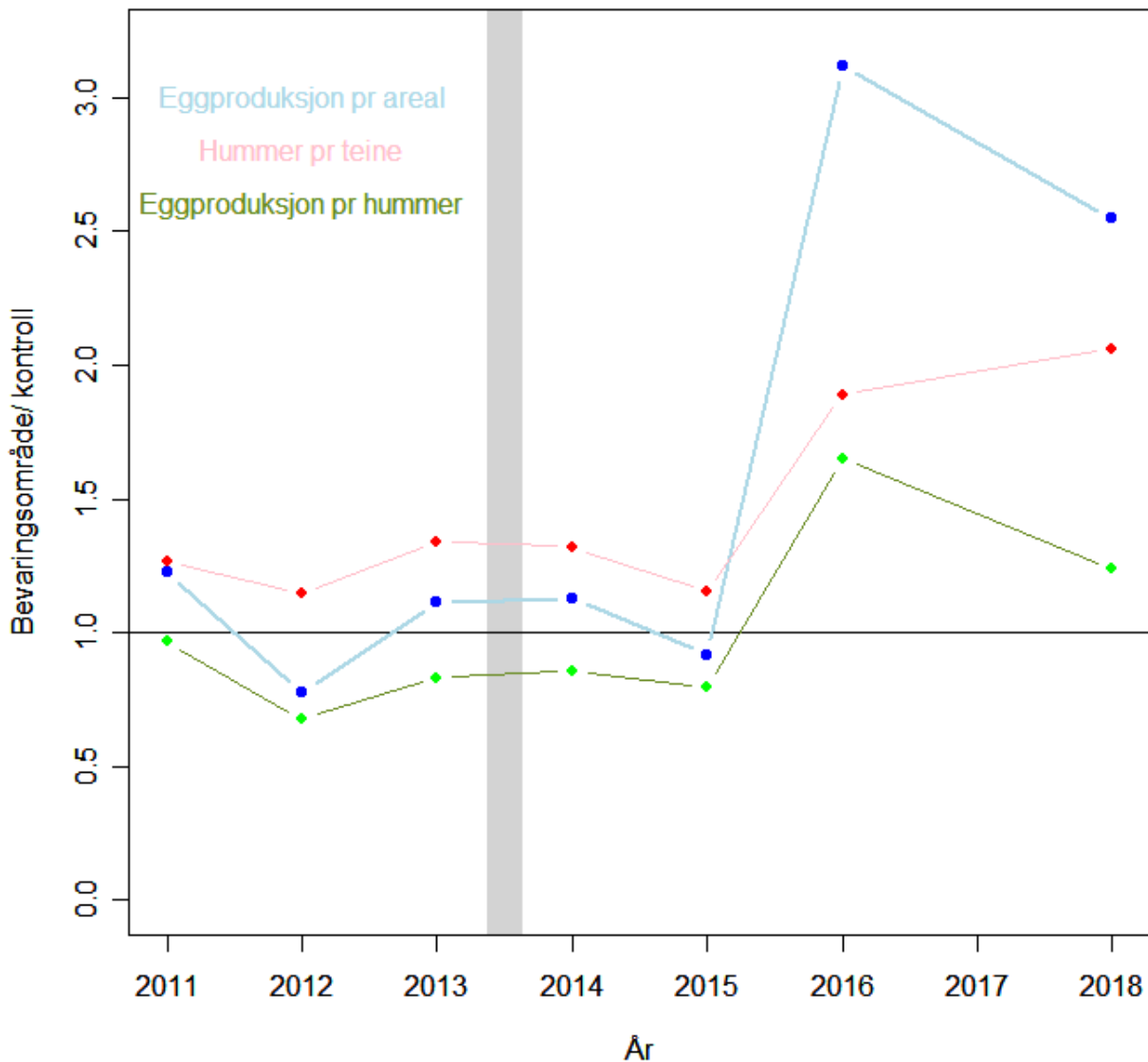
I Figur 6, ser vi at størrelsesfordelingen er veldig lik i bevaringsområdet og kontrollområdet før det ble innført fredning. De fleste hummerne er omtrent rundt størrelsen på minstemål. Etter at fredningen ble innført fikk da hummeren i fredningsområdet lov til å vokse uten å bli fisket og dette ser vi resultatet av nederst til høyre. Mens størrelsesfordelingen i kontrollområdet er ganske lik som før bevaring, er det et betydelig antall hummer som har fått vokse opp i størrelse inne i bevaringsområdet. Illustrativt var den største hummeren som vi har fanget i Lindesnes en rognbærende hunnhummer på litt over 40 cm som ble fanget inne i bevaringsområdet i 2018.

Det er vist at større hunnhummer produserer flere egg (Agnalt 2008) og større egg (Moland m. fl. 2010) enn mindre hummer. Ved å bruke sammenhenger¹ fra disse arbeidene om antall egg og vekt av egg pr hunn i forhold til lengde på hunnen, kan vi beregne den relative eggproduksjonen (som gram egg) pr hummer i bevaringsområdet i forhold til kontrollområdene utenfor (Figur 7). Ettersom gjennomsnittslengden var mindre i bevaringsområdet før dette ble innført var eggproduksjonen pr hunn i bevaringsområdene mellom 68% - 96% av alle kontrollområdene samlet i perioden 2011 – 2015. I de to årene 2016 og 2018 var gjennomsnittslengden på hummer i bevaringsområde økt til å være større enn i kontrollområdet. Siden større hummer produserer flere og større egg, økte eggproduksjonen pr hummer i bevaringsområdet til å være hhv 165 % og 124 % av kontrollområdene i de to årene 2016 og 2018.

Vi har tidligere brukt hummer pr teine som bestandsmål og hvis vi antar at en teine fisker på et like stort areal uavhengig om den står innenfor eller utenfor bevaringsområdet kan vi bruke dette som mål på hummer pr areal. Antall hummer pr teine har hele tiden vært høyt i bevaringsområdet og før det ble innført bevaring var fangstene her 115-145 % av fangstene i kontrollområdene. De to siste årene har fangstene vært opp i dobbelt så høye i bevaringsområdet. Når vi kombinerer disse to tallseriene kan vi få et relativt mål på eggproduksjon pr areal.

1: Funksjonene for antall egg pr hummer var: $\text{Antall egg} = -33004 + 468.17 \cdot \text{CL}$. Funksjonen for vekt av egg pr hummer var $\text{Vekt i mg} = -1.99 + 0.74 \cdot \ln(\text{CL})$. I begge formlene er CL «Carapax lengde» eller skall-lengde. Lengder fra merkede hummer ble brukt til å regne ut en fekunditet pr hummer.

Dette viser at potensiell eggproduksjonen i bevaringsområdet varierte mellom 77% og 123% i forhold til kontrollområdene, mens de to siste årene har bevaringsområde kunne produsere 250 – 300 % mer egg pr areal enn kontrollområdene. Dette inkluderer både effekten av flere egg og større egg. Selv uten å inkludere vekt av eggene vil eggproduksjonene i antall egg pr areal være 2.5 til 3 ganger så høy i bevaringsområdene. En effekt av større egg kan være at larvene har bedre overlevelse når de klekker enn larver fra mindre egg (Moland m. fl. 2010).



Figur 7: Figuren viser økningen i potensiell eggproduksjon i bevaringsområde. Den grønne linjen er totalvekt av egg hos en gjennomsnittshummer i bevaringsområde, delt på totalvekt av egg hos en gjennomsnittshummer i kontrollområde. Den røde linjen er antall hummer pr teine i bevaringsområde delt på hummer pr teine i kontrollområde. Den blå linjen er produktet av den grønne og den røde linjen, og angir eggproduksjon i vekt pr teine.

3.3 - Resultater fra egne gjenfangster

Totalt er det blitt merket 748 forskjellige hummer siden prøvafiske begynte i 2011. Siden all hummer er merket med et plastmerke med et unikt serienummer kan vi også registrere alle gjenfangster, dvs hummer vi fisker mer enn en gang. Totalt gjennom vårt eget prøvafiske har vi fått 93 gjenfangster av 70 forskjellige hummer (9% av alle merkede hummer). Av disse ble 54 gjenfanget en gang, 10 ble gjenfanget 2 ganger, 5 stykker ble gjenfanget 3 ganger og en hummer ble gjenfanget 4 ganger. Siden bevaringsområdet er det området der vi har hatt høyest tetthet av teiner pr kvadratmeter er det ikke overraskende at omtrent 65% av alle gjenfangstobservasjonene er

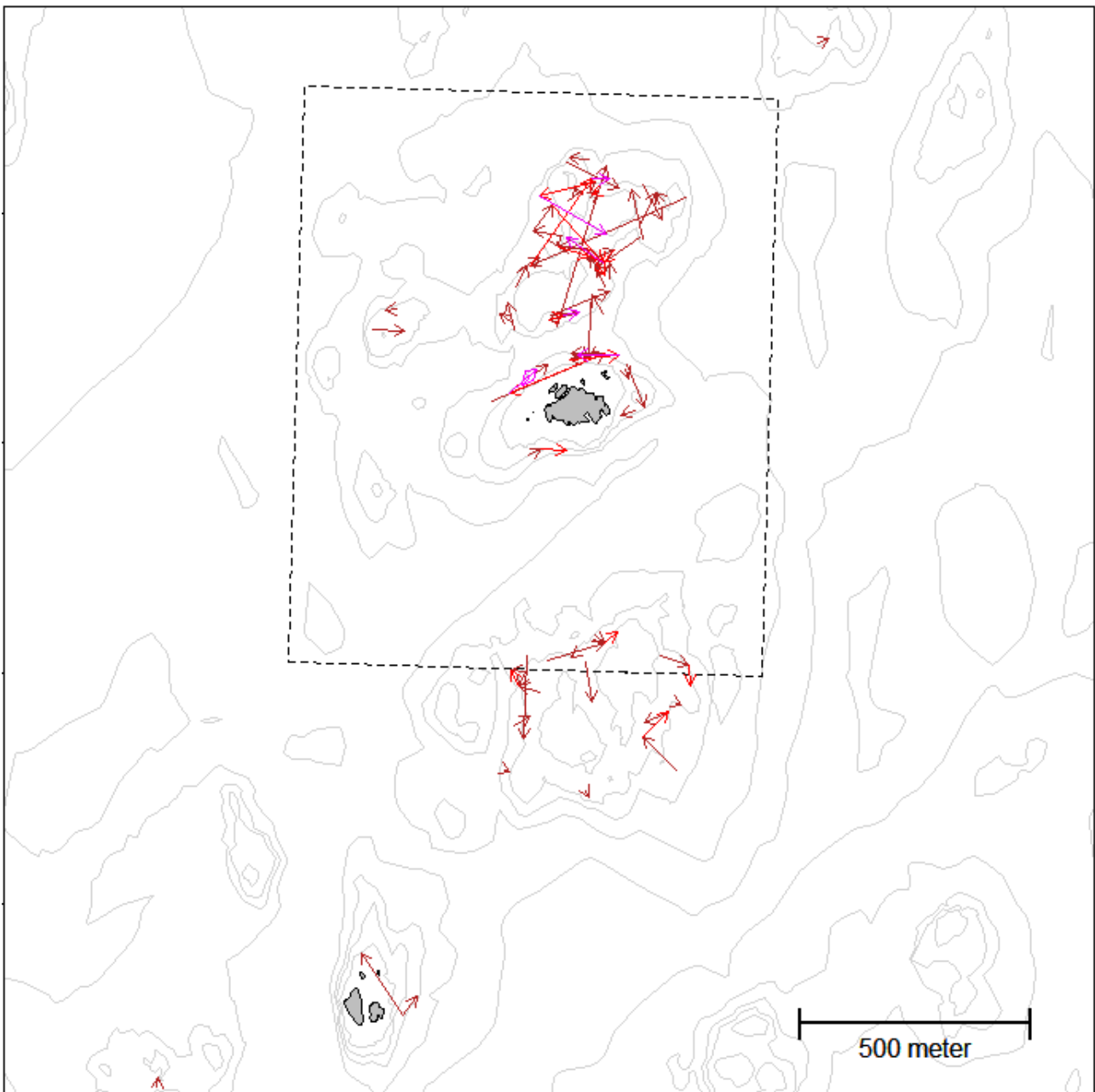
gjort av hummer fra bevaringsområdet. Vi har merket 307 hummer totalt i bevaringsområdet, og 46 av disse er gjenfanget en eller flere ganger.

Nesten halvparten (31) av alle gjenfangstobservasjonene ble gjort samme år, dvs bare noen dager etter forrige observasjon. For de øvrige gjenfangstene var det ett eller flere år mellom hver observasjon. En hummer ble fanget i bevaringsområde i 2013 og ble ikke sett igjen før i 2018. Den ble da fanget 25 meter fra der den var merket i 2013.

3.3.1 - Bevegelse

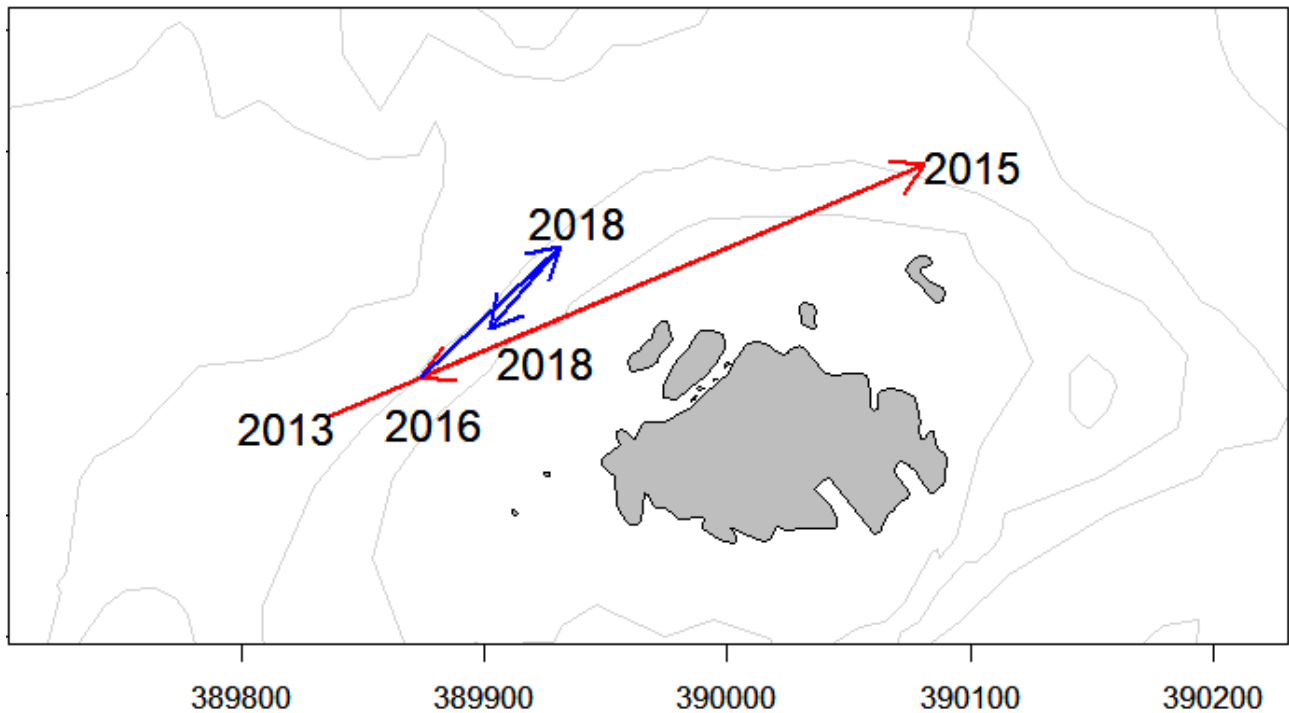
I gjennomsnitt beveget en hummer i Lindesnes seg omtrent 80 meter mellom hver gang den ble fanget (Figur 8). Det var ingen tendens til at hummerne som gikk flere år før de ble gjenfanget hadde flyttet seg stadig lengre. Hummeren som ble gjenfanget ett år etter forrige fangst hadde noe høyere gjennomsnittsbevegelse enn de som ble fanget samme år, men denne trenden fortsatte ikke og de som ble fanget med 2-3 års mellomrom hadde ofte beveget seg lite. Det er en mulighet at noen hummer har beveget seg langt, og ut av området der vi har fisket slik at vi aldri ville fått disse som gjenfangster i vårt eget forsøksfiske, men for hummer fra bevaringsområdet er dette lite sannsynlig. Bevaringsområdet er omgitt av forholdsvis dype områder som ikke er særlig egnet som hummerhabitat. Bevegelsen vil derfor mest sannsynlig være begrenset til bevaringsområdet og de grunne områdene sør for dette der vi hadde en høy intensitet på fiske. Vi har også fått mange merker tilbake fra lokale fiskere, som kan antas å fiske på helt andre steder enn der vi gjennomførte vårt forsøksfiske, og ingen av disse er fanget store avstander fra der hummeren ble merket.

Det var ingen forskjell på hvor langt en hummer hadde beveget seg ut i fra om det var første gang hummeren ble gjenfanget eller om den ble gjenfanget flere ganger. Den korteste registrerte avstanden var 3.7 m som mest sannsynlig tilsvarer nøyaktig samme sted når man også vurderer feilkilden på den geografiske posisjonen og hvor teina stod i forhold til båten. Til sammen var 10 hummer fanget mindre enn 20 m fra forrige observasjon, noe som kan tilsvare at de har hatt fast tilhold på samme sted. Den lengste avstanden noen hummer hadde beveget seg mellom en fangstepisode og neste var ca 380 m. Den lengste avstanden en hummer hadde beveget seg samme år var 147 m.



Figur 8: Pilene indikerer bevegelse av hummer i bevaringsområdene og områdene rundt. Pilene starter der hummeren ble merket og peker mot der den ble gjenfanget. Enkelte steder følges dette opp av lysere piler som indikerer neste gjenfangst.

Disse observasjonene samsvarer med tidligere observasjoner som tyder på at hummeren har et hjemmeområde der den holder seg, gjerne en hule eller et skjulested, mens den foretar noen ekspedisjoner ut i omkringliggende områder. Dette illustreres også ved å se på hummer XH0541 som ble merket inne i bevaringsområdet i 2013 og siden observert 4 ganger. I 2015 ble den fanget 265 m unna der den var merket, men året etter var den tilbake kun 40 m fra stedet vi første gang fikk den. Etter dette ble den gjenfanget to ganger i 2018 henholdsvis 118 og 75 meter unna der den var merket. Dette tyder på at den hele tiden har beveget seg rundt i et forholdsvis lite område og all bevegelse skjedde på noenlunde samme dybde på nordvest siden av Klippeskjær.



Figur 9: Figuren viser bevegelse for hummeren XH0541 med piler mellom observasjoner og årstall for de fem observasjonene som ble gjort av denne hummeren (merking og fire gjenfangster).

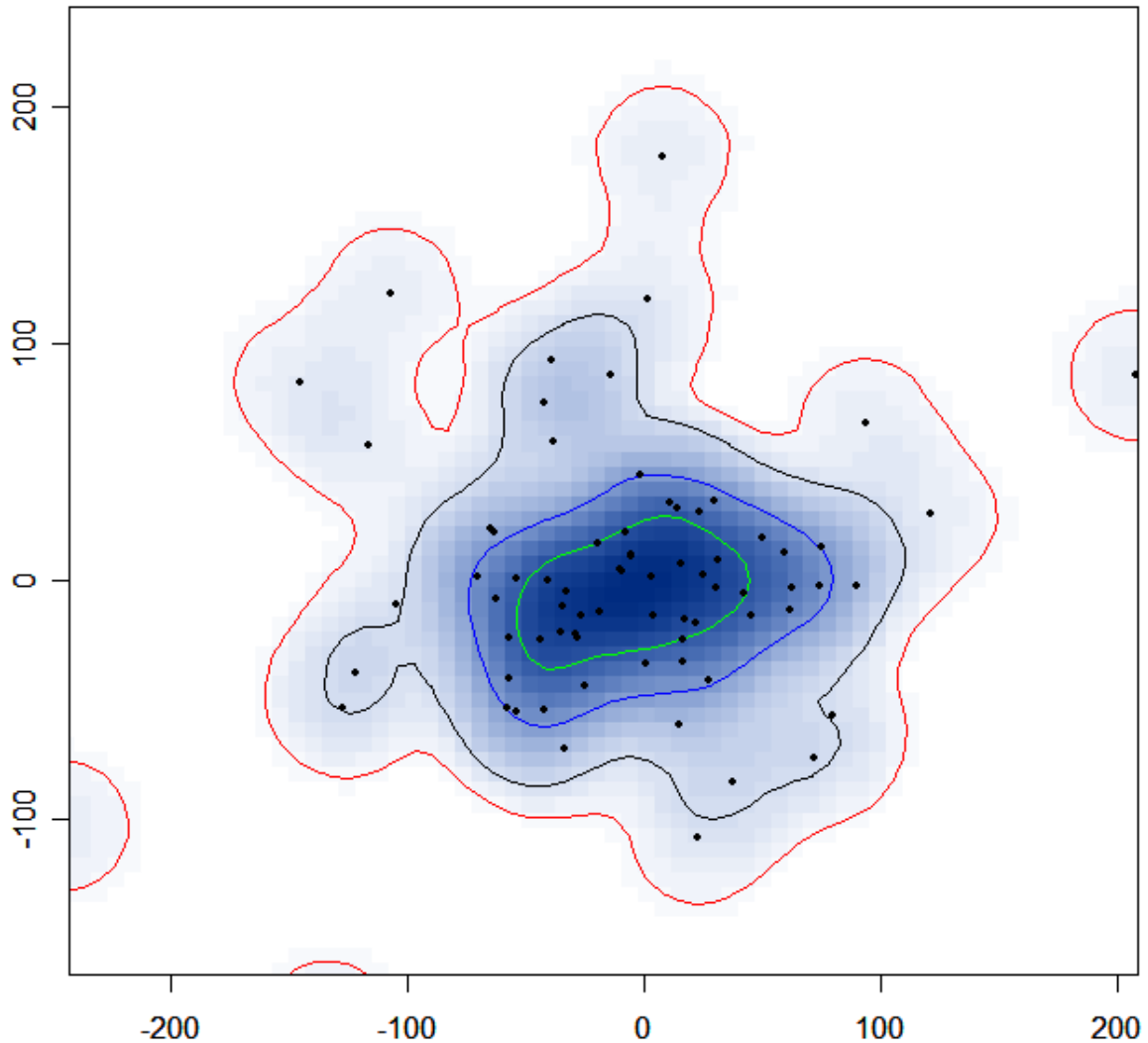
I den sørlige delen av bevaringsområdet, rett nord for Klippeskjærsteinen var det 6 hummer som ble merket og senere gjenfanget. Av disse seks var det tre som var merket inne i bevaringsområdet, men som ble fanget igjen sør for grensen. Dette viser at det er noe utveksling mellom disse områdene over den sørlige grensen for bevaringsområdet og som ville kunne representere «spill over».

3.4 - Hjemmeområde og kjerneområde

Ved å standardisere alle gjenfangstobservasjonene av hummer kan vi beregne et typisk hjemmeområde for en hummer i Lindesnes, dvs område de beveger seg på i normal aktivitet. Vi regner med at vi i bevaringsområdet og områdene sør for Klippeskjærsteinen har fisket med så høy tetthet av teiner at vi skulle ha dekket et representativt utvalg av all bevegelse, og at ikke det er noe systematiske feil i hvilke bevegelser vi fanger opp

og hvilke vi ikke fanger opp. Ved å anta at hver observasjon (gjenfangst) av en hummer er et sannsynlig utfall av fordelingen av hvor mye tid hummer tilbringer på ulike steder, kan vi bytte ut hver observasjon med en sannsynlighetsfordeling for også å ta høyde for andre sannsynlige utfall som vi ikke har observert. Hvis vi legger sammen alle sannsynlighetsfordelingene vil vi få samlet sannsynlighetsfordeling over hvor stor andel av tiden en hummer vil bruke i forskjellige områder. For å beregne dette har vi brukt en Kernel glatte-funksjon der sannsynligheten for å finne en hummer på et gitt punkt (x,y) er gitt ved:

$$f(x, y) = \left(1/nh^2\right) \sum_{t=1}^n K\left\{1/n[E(x) - x_t, E(y) - y_t]\right\}$$



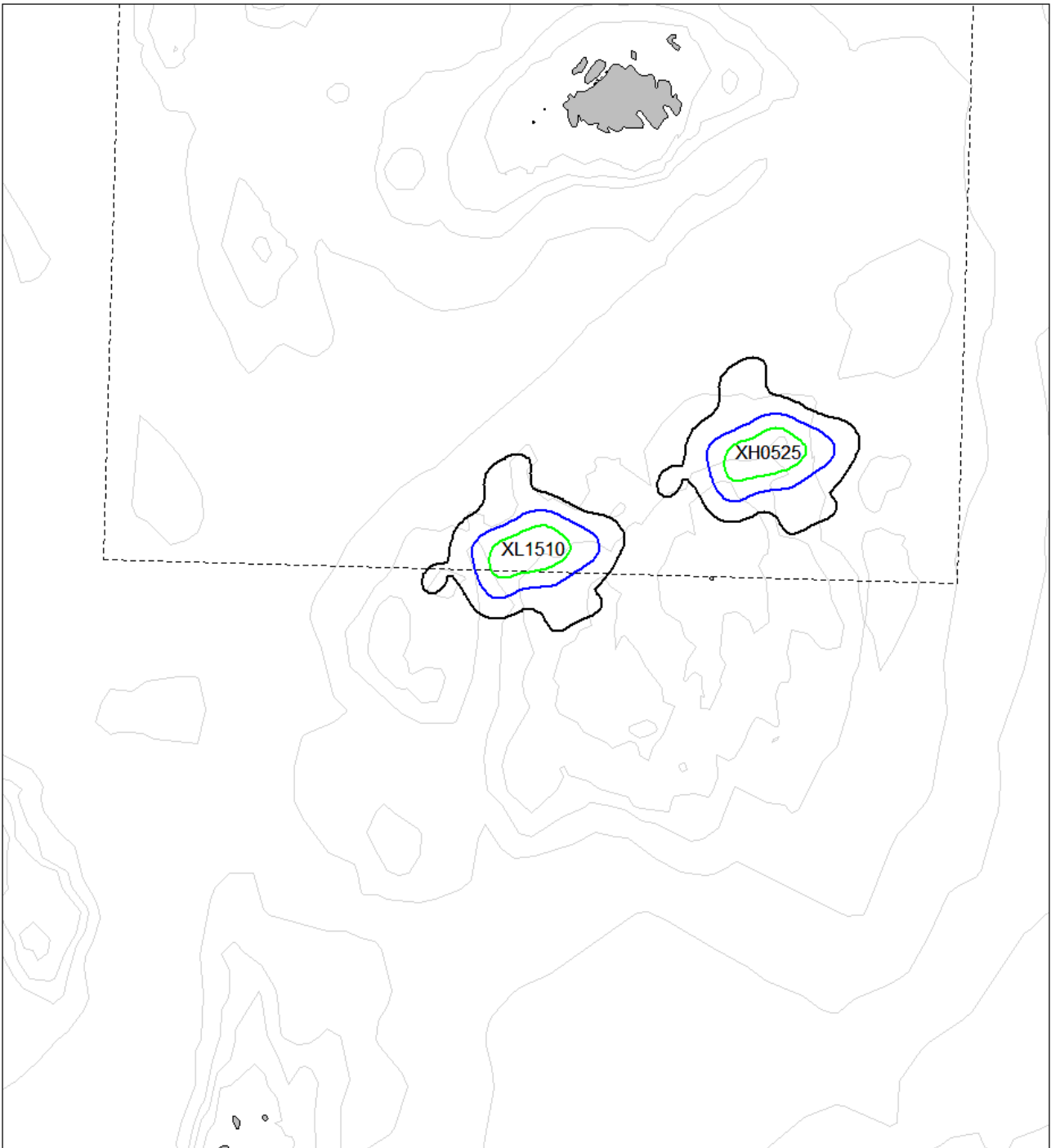
Figur 10: En standardisert sannsynlighetsfordeling over hvor store områder en gjennomsnittlig hummer vil bruke. Dette er basert på alle gjenfangstene fra bevaringsområde og område sør for Klippeskjærsteinene. De røde linjene representerer omfanget av et område en hummer vil bruke 95% av tiden. Den svarte linjen representerer 75% område, den blå er omfanget av et område en hummer vil oppholde seg på 50% av tiden og den innerste grønne linjen vil representere det minste område en hummer vil bruke i 25% av tiden.

Her er n antall observasjoner, x_t og y_t er koordinater for observasjon t , $E(x)$ og $E(y)$ er forventet gjennomsnitt, beregnet som et aritmetisk gjennomsnitt av alle observasjonene. K er en symmetrisk bivariat kernelfunksjon og h er 'glatte' som beskriver bredden på funksjonen. Her brukte vi glatte-parameter tilsvarende: $h_{\text{ref}} = \sigma n^{-1/6}$ der σ er standardavviket i datasettet og n er antall observasjoner. Denne metoden er tidligere brukt på å beregne hjemmeområde på individnivå hos hummer og torsk (Espeland m.fl 2007, Moland m.fl 2011) og på torsk på populasjonsnivå (Espeland m.fl. 2008).

I Figur 10 er det vist den gjennomsnittlige sannsynlighetsfordeling som viser omfanget av områdene en typisk

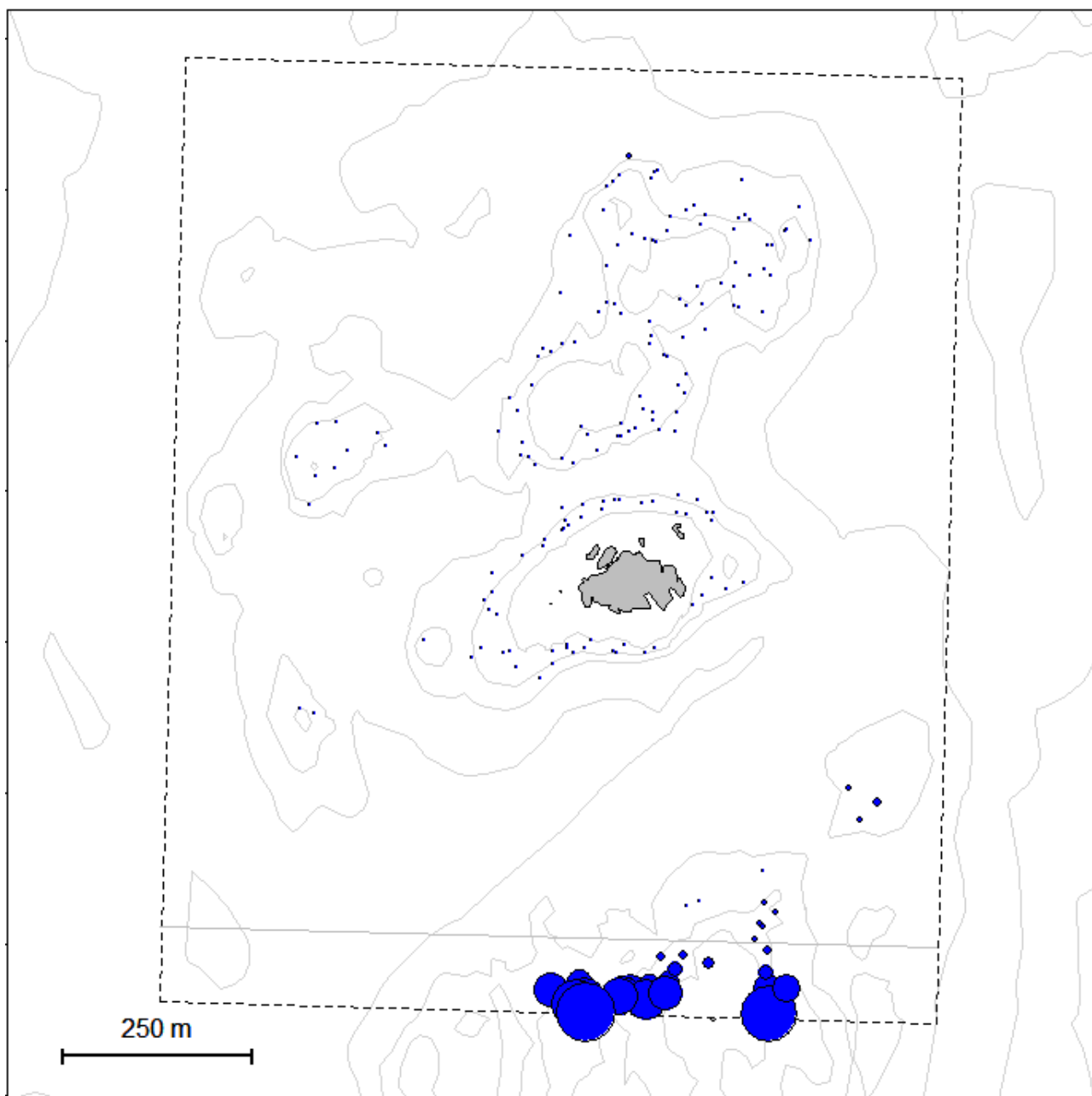
hummer vil oppholde seg på. Ofte vil man kalle området der et dyr oppholder seg på i 95% av tiden for dyrets hjemmeområde. Ettersom vi her har brukt 55 observasjoner vil dette området inneholde alle tilfeldige turer og er derfor i stor grad påvirket av enkeltobservasjoner. Området der en hummer vil oppholde seg 50% av tiden kalles ofte kjerneområde. Moland m.fl (2011) fant at akustiske merkede hummer i Flødevigen hadde et hjemmeområde som i snitt var ca 20 000 m² og et kjerneområde på ca 3800 m². Hjemmeområdet beregnet fra gjenfangster av hummer i Lindesnes er i dette tilfelle 73 000 m² og kjerneområde 11 000 m², noe som vil være hhv en faktor 3.6 og 2.9 ganger så stort. Dette kan skyldes at Moland fulgte hummer i underkant av et år, mens flere av disse gjenfangstene er gjort med ett til flere års mellomrom. Dette kan indikere at området vist i Figur 10 også til en viss grad fanger opp episoder der hummeren ikke holder seg til samme skjulested, men flytter rundt.

Vi kan videre legge denne fordelingen over hver enkelt hummer for å visualisere området hver enkelt hummer kan bruke (dette er under antagelse om at vi fanget hummeren midt i dens kjerneområde som i enkelte tilfeller vil være feil).



Figur 11: Kartet viser den sørlige grensen for bevaringsområde rundt klippeskjærsteinen og to hummere hhv nummer XL1510 og XH0525 som har fått et standardisert hjemmeområde lagt over sin fangstposisjon (bare polygoner tom 75% er vist i figuren). Dette viser at den nordligste av disse, XH0525, mest sannsynlig er godt beskyttet av hummerfredningen, mens den sørlige, XL1510, vil deler av tiden kunne oppholde seg utenfor bevaringsområde og bidra til en «spill-over» effekt.

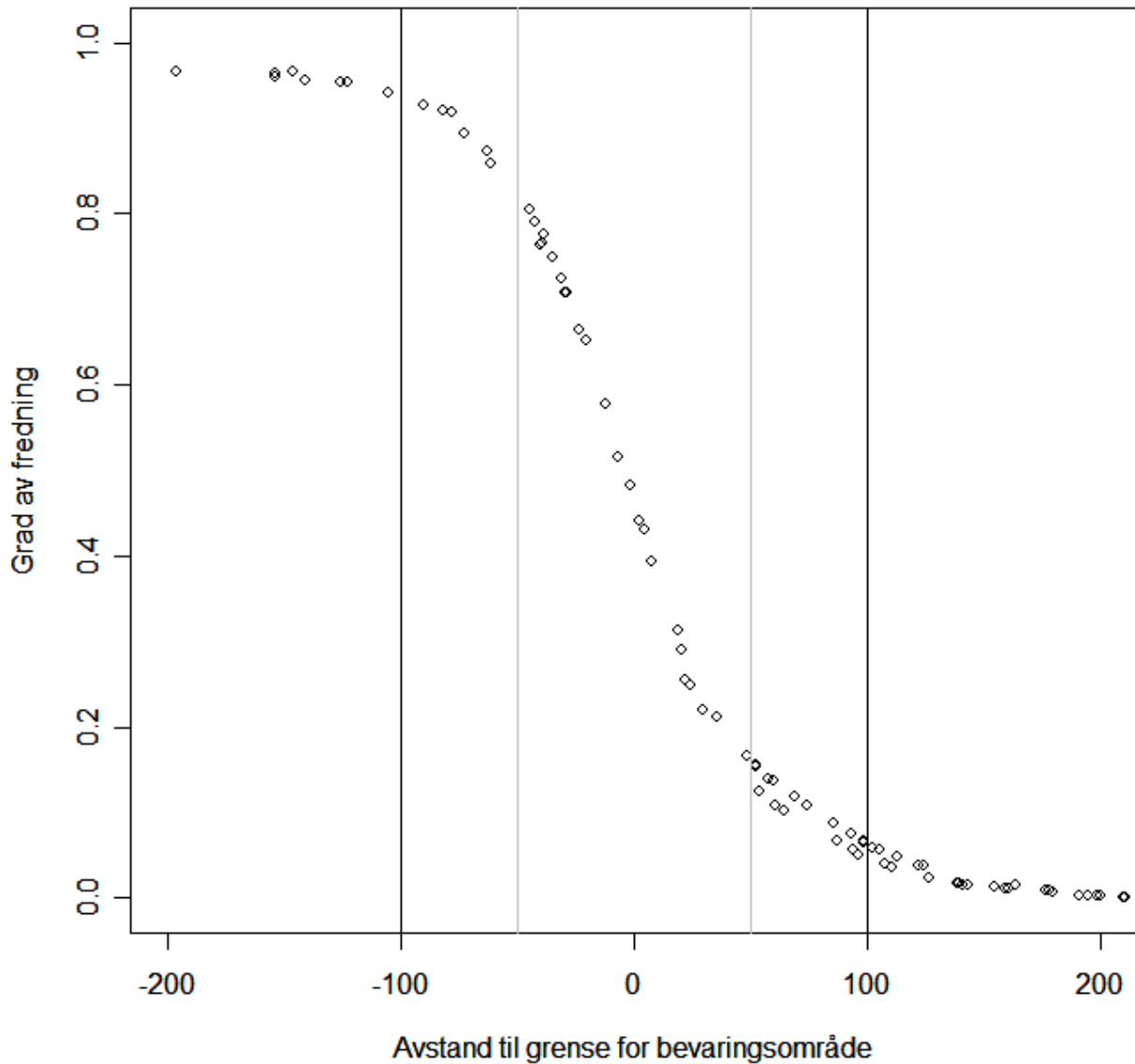
Hvis vi også bruker den standardiserte fordelingen over hvor stor tid hummer bruker i ulike områder og legger over alle hummere vi har fanget og merket kan vi beregne antatt hvor mye av tiden enhver hummer vil befinne seg utenfor bevaringsområdet, og dermed være utsatt for fiske (vi tar her ikke hensyn til at tiden hummeren befinner seg utenfor bevaringsområdet også må sammenfalle med tiden det er lov å drive hummerfiske).



Figur 12: Kart over bevaringsområde med en sirkel for hver hummer som er fanget og merket. Her er sirklene skalert i henhold til tiden hummeren kan antas å befinne seg utenfor bevaringsområde. De største sirklene finner vi sådan på sørenden av bevaringsområde mot Klippeskjærsteinene, der enkelte hummer vil bare bruke ca halvparten av tiden sin inne i bevaringsområde. Tilsvarende vil det også være hummer som er merket utenfor bevaringsområde som vil kunne nyte godt av hummerfredningen. Den grå linjen er trukket 100m fra den sørlige grensen i bevaringsområde, og viser at hummer lengre bort enn dette for det meste vil være beskyttet.

Av alle de hummerne som er fanget og merket inne i bevaringsområdet er det predikert at ca 40% aldri vil bevege seg ut av bevaringsområdet. Ca 88% vil oppholde seg i bevaringsområdet mer en 95% av tiden sin. Dette omfatter også hummer som lever nær nord og øst-grensen for bevaringsområdet. Når vi har lagt et «standarisert» hjemmeområde over disse hummerne har vi ikke tatt hensyn til at områdene nord og øst for bevaringsområdet er dype og antatt å ikke være et godt hummerhabitat. Vi kan derfor trygt anta at disse også vil oppleve beskyttelse i det meste av sin tid. Bare ti prosent av den merkede hummeren brukte 65% eller mindre av sin tid inne i bevaringsområdet og vil derfor oppleve stor grad av beskyttelse.

Vi kan også undersøke graden av beskyttelse for alle merkede hummer som funksjon av hvor langt bort fra bevaringsområde de er merket, gitt at de holder seg til et standardisert hjemmeområde.



Figur 13: Figuren viser hvor stor grad av beskyttelse hummer merket i ulike avstand fra grensen (i meter) vil oppleve basert på hvor mye tid de vil oppholde seg inne i bevaringsområde gitt en standardisert fordeling av tid. De vertikale linjene er plassert ved 50 og 100 m både innenfor og utenfor. Avstander inn i bevaringsområde er gitt ved negative tall.

Fra Figur 13 ser vi at hummer som befinner seg mer enn 100 meter innenfor grensen vil oppleve i snitt mer enn 95% beskyttelse. Tilsvarende vil hummer som befinner seg mer enn 100 m utenfor bevaringsområde oppleve mindre enn 5% beskyttelse. Hummer som befinner seg 50 meter fra grensen men innenfor bevaringsområde, vil den oppleve rundt 80% beskyttelse, mens hummer som lever 50m utenfor grensen vil bare oppleve ca 20% beskyttelse.

Totalt ser vi at kurven er ganske bratt akkurat rundt grensen. Dette er gitt av at hummeren har en begrenset bevegelse som kommer av at gjennomsnittet av all bevegelse vi så bare var på 80 m. Dette antyder at det er relativt begrenset hvor mange hummer som vil vandre over grensen som en del av sin normale aktivitet. Ettersom tettheten av hummer inne i bevaringsområde blir høyere er det mulig at tetthetskonflikter kan føre til at et større antall hummer vil bevege seg ut av bevaringsområde etter hvert. Det er likevel ikke noe som tyder på at dette er skjedd enda, da det er ingen tegn på at hummeren beveger seg mere nå enn den gjorde før det ble innført bevaringsområde.

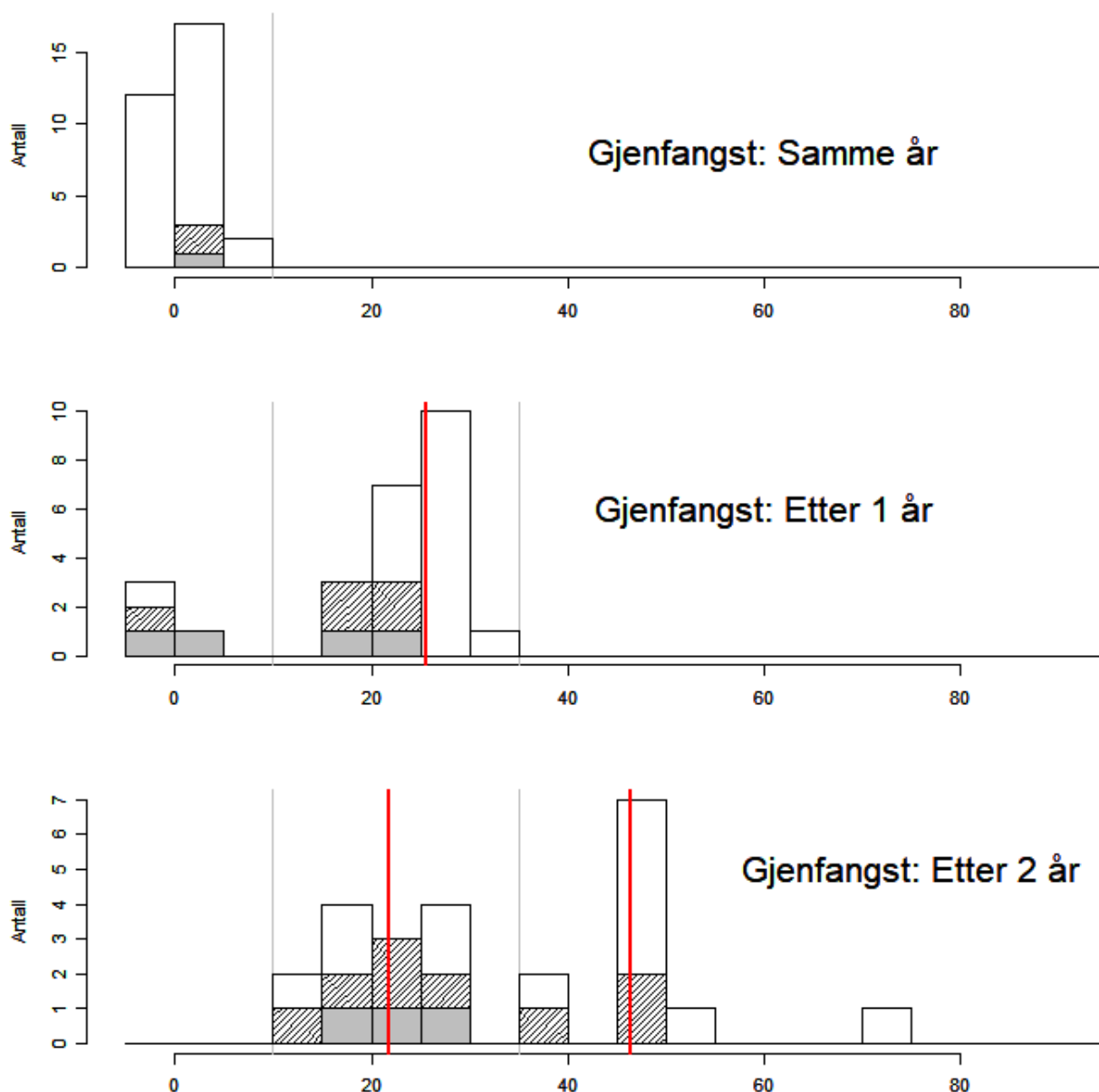
3.5 - Vekst

Alle hummere som merkes eller gjenfanges blir også lengdemålt. Siden merke settes i overgangen mellom halen og carapax vil merket følge med hummeren når den skifter skall.



Bilde 2: Merket settes på undersiden av hummeren i overgangen mellom hale og ryggskjold.

Dette betyr at ved å sammenligne målene på lengde på hummer som er gjenfanget er det mulig å anslå hvor mye en hummer i Lindesnes vokser på hvert skallskift (Figur 14).



Figur 14: Vekst pr skallskifte hos hummer i Lindesnes. Forskjellen i lengde (i mm) mellom to fangstepisoder er vist på den horisontale aksen. Søyler tilsvarer antall i forskjellige intervaller av vekst. Åpne søyler tilsvarer hannhummer, skraverte søyler tilsvarer hunn-hummer, mens de fylte grå søylene tilsvarer hummer som er rognbærende ved første av de to fangstepisodene. En grå vertikal linje viser omtrentlig intervall av ett skallskifte. De røde vertikale linjene viser gjennomsnitt for antatt hhv 1 og 2 skallskifter.

De totalt 92 gjenfangstepisodene kan brukes til å estimere vekst. Av disse er 31 gjort samme år, bare med noen dagers mellomrom, og vi kan anta at disse ikke har vokst. Mål på total lengde kan være vanskelig å gjøre i en båt som beveger seg på en hummer som også kan bevege seg. Forskjeller i lengde mellom merking og gjenfangst vil derfor vise usikkerheten i våre lengdemålinger. Disse ligger i intervallet -5 til 8 mm. Når vi fanger en hummer ett år etter at den har vært fanget tidligere ser vi at hummeren grupperer seg i to intervaller. Fire stykker ligger fortsatt i intervallet -5 til 8 mm endring i lengde og vi kan anta at disse heller ikke har skiftet skall på ett år. Den andre gruppen ligger fra 18 til 33 mm (med et gjennomsnitt på 25.5 mm økning i lengde). Mest sannsynlig har disse 21 hummerne gjennomført ett skallskifte i året som har gått. Dette betyr at av all hummer

er det 84% som har skiftet skall, mens 16% ikke har skiftet. Dette var likevel ikke jevnt fordelt på kjønn da det blant hunner var 40% som ikke skiftet skall, og blant hunner med rogn var det 50% som ikke skiftet skall. Det betyr igjen at omtrent 90 % av alle hannene skiftet skall på ett år.

Når vi vurderer de 24 hummerne der det er to år mellom fangstepisode er det ingen som ikke har skiftet skall på to år. Gruppen som bare har skiftet skall en gang har likevel et litt lavere gjennomsnitt i hvor mye de har vokst på sitt ene skallskifte (22 mm). Denne gruppen er også dominert av hunner (60%) og samtlige hunner som var rognbærende hadde mest sannsynlig bare skiftet skall en gang på disse to årene. Av disse 24 hummerne hadde 11 større vekst enn 36 mm. De med minst vekst av disse 11 (med 36 og 37 mm vekst), kan ha gjennomgått bare ett skallskift, og den største med 71 mm vekst har nesten sikkert gjennomgått tre skallskift. Av denne gruppen med to eller flere skallskift (eller eventuelt ett veldig stort skallskift) var bare 27% hunner og den som gjennomgikk nesten sikkert tre skallskift på to år var en hann.

For totalt 12 hummer var det tre år eller mere mellom hver fangstepisode. Disse er ikke vist her og blir vanskeligere å tolke om hvor mange skallskift de har gjennomført da antallet er lavt i hver vekstgruppe og forskjellen mellom de som gjennomfører mange små skallskifter eller få store kan være vanskelig å plukke opp. Det var ikke noe sammenheng mellom hvor stor hummeren var i utgangspunktet og hvor mye vekst den hadde pr skallskift.

Fra disse dataene i Lindesnes kan vi tolke at hannhummer gjennomfører 0.89 skallskifter pr år og vokser da 25.4 mm i gjennomsnitt for hvert skallskifte. Hunnhummer gjennomfører omtrent 0.65 skallskift pr år (eller omtrent 0.5 skallskift hvis vi vet de er rognhummer), og vokser i gjennomsnitt 21.5 mm. Veksten i hvert skallskift er antagelig like mellom hunner og hunner med utrogn, siden gjennomsnittet vi får på den siste gruppen er 22.2 mm.

Disse observasjonene støtter tidligere antagelser om at hunnhummer som investerer energi i å produsere egg ikke får så mye energi til overs til å vokse eller skifte skall. Dette gjør at hannene har en raskere vekst enn hunnene.

3.6 - Oppsummering

Gjennom 7 års innsamling av data for perioden 2011 til og med 2018 har vi fått ett godt grunnlag for å undersøke hvordan Klippeskjær bevaringsområde fungerer i henhold til de forventede effektene:

Større tetthet av hummer innenfor bevaringsområdet

Vårt forsøksfiske har tydelig dokumentert at fangstene av hummer inne i bevaringsområdet har økt etter etablering av bevaring sammenlignet med kontrollområdene. Tettheten av hummer i 2018 er mest sannsynlig dobbelt så høy inne i bevaringsområdet som i de omkringliggende kontrollområdene.

Økt gjennomsnittsstørrelse hos hummer

Vårt forsøksfiske har vist at størrelsen på hummer har hatt en jevn oppgang siden området ble fredet i 2013. Det er nå en tydelig forskjell i gjennomsnittslengden innenfor og utenfor bevaringsområde.

Utvandring av store individer til omkringliggende områder

Vi har her vist at hummer som lever nærmere enn ca 50-100 m fra den sørlige grensen for bevaringsområdet kan vandre ut av bevaringsområdet som en del av sin normale aktivitet. Dette er hummer som kan være større enn hummer i fiskede områder og dermed gi en positiv effekt på vekt av hummer fanget. Et nylig arbeid av

Kleiven m. fl (2019) har vist at en stor tiltro til gode fangster langs grensen til et bevaringsområde kan gi et hardere fisketrykk der enn andre steder. Dette vil igjen føre til lavere fangst pr teine for folk som fisker, selv om tettheten av hummer i utgangspunktet er bedre. Dette kan også føre til at tettheten av hummer like utenfor et bevaringsområde blir lavere enn andre steder pga det høye fisketrykket.

I Lindesnes ser det ut til at fangstene i området rett sør for bevaringsområdet har hatt en positiv utvikling og ligger i overkant av hva man kan forvente basert på de øvrige kontrollområdene. Dette kan også skyldes tilfeldig variasjon. Det er ingen ting som tyder på at mengden hummer i bevaringsområdet er blitt så høy at et større antall hummer har begynt å bevege seg ut som følge av så høy tetthet at det oppstår for eksempel konflikter om territorier. Dette er en mulig kilde til utvandring som kan skje hvis tettheten blir høy nok senere dersom fredningsbestemmelsen fortsetter.

Større eggproduksjon inne i bevaringsområdet som kan forsyne omkringliggende områder med yngel.

Vi har her vist at det mest sannsynlig har vært en stor økning i potensiell eggproduksjon hos hummer inne i bevaringsområdet. Dette kommer både av at det er blitt flere hummere og at hummeren som lever i bevaringsområdet i gjennomsnitt er blitt større. Denne effekten har mest sannsynlig vært størst de siste årene, noe som blant annet kan skyldes at hunnhummeren vokser langsommere enn hannene og at de ikke skifter skall hvert år. Denne effekten er tydelig til tross for at det er et generelt vern av rognhummer i fiskede områder. Det er også viktig å bemerke at bevaringsområdet har gitt en stor økning i gjennomsnittsstørrelse hos hannhummer. Det kan være et problem i fiskede områder at de store hunnene har problemer med å finne store hanner, og at et reproduktivt potensial ved å ha rognhummervern ikke blir realisert til fulle. Vi vil forvente de potensielle økningen i eggproduksjon vil kunne fortsette å forsterke seg de kommende årene dersom fredningsbestemmelsene videreføres. Vi har ikke, i Lindesnes eller andre bevaringsområder, hatt mulighet for å dokumentere en eventuell rekrutteringseffekt av bevaringsområder.

4 - Anbefalinger for bevaringsområdet for hummer i Lindesnes

Havforskningsinstituttets faglige råd for Klippeskjær bevaringsområde vil være å videreføre dette området. Dette er med bakgrunn i de positive effektene vi har sett i dette området som vi vurderer til å være i oppbygningsfasen. Vi vil også anbefale å beholde bevaringsområdet for videre å styrke de forventede effektene slik at området om mulig kan bidra med en netto gevinst av rekrutter og utvandring til omkringliggende områder, noe som kan kompensere for tapt fangst i området der det ikke er lov å fiske.

Vi forventer at dersom det åpnes for fritt fiske igjen i bevaringsområdet vil den økede mengden hummer og oppbygningen av stor hummer settes tilbake til samme nivå som fiskede områder i løpet av en eller to fiskesesonger. Vi vurderer den mulige effekten, også på fangst i omkringliggende områder, som potensielt sett større enn gevinsten ved å hente ut verdien av den økte bestanden i området nå.

5 - Referanser

Agnalt AL (2008) Fecundity of the European lobster (*Homarus gammarus*) off southwestern Norway after stock enhancement: do cultured females produce as many eggs as wild females? *ICES journal of marine science* 65:164-170

Espeland SH, Gundersen AF, Olsen EM, Knutsen H, Gjosaeter J, and Stenseth NC (2007). Home range and elevated egg densities within an inshore spawning ground of coastal cod. *ICES J. Mar. Sci.* 64(5): 920–928.

Espeland SH, Kleiven AR, Moland E, Kleiven PJN, Halvorsen K, Bodvin T, Olsen EM, Knutsen JA (2016) Aktiv forvaltning av marine ressurser – lokalt tilpasset forvaltning; TVEDESTRAND. Rapport fra Havforskningen 40 (2016)

Espeland SH, Olsen EM, Knutsen H, Gjøsæter J, Danielssen D, Stenseth NC (2008) New perspectives on fish movement: kernel and GAM smoothers applied to a century of tagging data on coastal Atlantic cod. *Marine Ecology Progress Series* 372:231-241.

Kleiven PJN, Espeland SH, Olsen EM, Abesamis RA, Moland E, Kleiven AR (2019) Fishing pressure impacts the abundance gradient of European lobsters across the borders of a newly established marine protected area. *Proceedings of the royal society of London, B: Biological series* 286 : 20182455.

Moland E, Olsen EM, Stenseth NC (2010) Maternal influences on offspring size variation and viability in wild European lobster *Homarus Gammarus*. *Marine ecology progress series* 400: 165-173.

Moland E, Olsen EM, Knutsen H, Knutsen JA, Enersen SE, André C, Stenseth NC (2011) Activity patterns of wild European lobster *Homarus gammarus* in coastal marine reserves: implications for future reserve design. *Marine ecology progress series* 429: 197-207.



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET

Postboks 1870 Nordnes

5817 Bergen

Tlf: 55 23 85 00

E-post: post@hi.no

www.hi.no