

Utbredelsen av sjøfugl i Skagerrak, Kattegat og Nordsjøen

Per Fauchald
Svein-Håkon Lorentsen
Geir Helge Systad
Torkild Tveraa



LAGSPILL



ENTUSIASME



INTEGRITET



KVALITET

NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en ny, elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Utbredelsen av sjøfugl i Skagerrak, Kattegat og Nordsjøen

Per Fauchald
Svein-Håkon Lorentsen
Geir Helge Systad
Torkild Tveraa

Fauchald, P., Lorentsen, S.-H., Systad, G.H. & Tveraa, T. 2006.
Utbredelsen av sjøfugl i Skagerrak, Kattegat og Nordsjøen - NINA
Rapport 171. 54 s.

Tromsø, september 2006

ISSN: 1504-3312

ISBN: 82-426-1726-0

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

KVALITETSSIKRET AV

Sidsel Grønvik

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Sidsel Grønvik (sign.)

OPPDRAKSGIVER(E)

Norsk Hydro ASA

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Espen E. Hoell

NØKKELOORD

Skagerrak, Kattegat, Nordsjøen, sjøfugl, olje, miljørisikoanalyse

KEY WORDS

Skagerrak, Kattegat, Nordsjøen, seabird, oil, environmental risk
assessment

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA Trondheim

NO-7485 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Postboks 736 Sentrum

NO-0105 Oslo

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 22 33 11 01

NINA Tromsø

Polarmiljøsenteret

NO-9296 Tromsø

Telefon: 77 75 04 00

Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkelgården

NO-2624 Lillehammer

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 61 22 22 15

<http://www.nina.no>

Sammendrag

Fauchald, P., Lorentsen, S.-H., Systad, G.H. & Tveraa, T. 2006. Utbredelsen av sjøfugl i Skagerrak, Kattegat og Nordsjøen - NINA Rapport 171. 54 s.

I forbindelse med miljøutredning av leteboring på PL 317 i Farsundbassenget, fikk Norsk institutt for naturforskning i oppdrag fra Norsk Hydro å utrede forekomst og utbredelse av sjøfugl i Skagerrak. Nye data ble innsamlet i Skagerrak vinteren 2006, og tidligere innsamlede data ble innhentet fra European Seabird at Sea databasen. Denne rapporten omfatter analyser av sjøfugl i åpent hav i det nordøstlige Nordsjøen, Skagerrak og nordlige Kattegat fra 54,5 til 61,0 °N og fra 0,0 til 13,0 °E. Fire sesonger (vinter, vår sommer, høst) og følgende 11 arter er analysert: Havhest (*Fulmarus glacialis*), havsule (*Morus bassanus*), fiskemåke (*Larus canus*), silde-måke (*Larus fuscus*), gråmåke (*Larus argentatus*), svartbak (*Larus marinus*), krykkje (*Rissa tridactyla*), lomvi (*Uria aalge*), alke (*Alca torda*), alkekonge (*Alle alle*) og lunde (*Fratercula arctica*). Rapporten omfatter analyser av tallrikhet av de ulike artene, analyser av romlig struktur og analyser av utbredelsesmønstre. Basert på disse analysene ble det generert utbredelsesscenarioer for hver enkelt art og sesong til bruk i miljørisikoanalyser.

Per Fauchald, NINA, Polarmiljøsenteret, 9296 Tromsø, per.fauchald@nina.no
Svein-Håkon Lorentsen, NINA, Tungasletta 2, 7485 Trondheim, shl@nina.no
Geir Helge Systad, NINA, Polarmiljøsenteret, 9296 Tromsø, geir.systad@nina.no
Torkild Tveraa, NINA, Polarmiljøsenteret, 9296 Tromsø, torkild.tveraa@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Innhold.....	4
Forord	5
1 Innledning.....	6
2 Innsamling av nye data	7
3 Datagrunnlag, metodikk og avgrensninger	8
4 Forekomst av sjøfugl i studieområdet	8
5 Havmiljø.....	9
6 Analyser av hver enkelt art	10
7 Plansjer	15
8 Referanser	54

Forord

Takk til Arne Follestad, Duncan Halley, Morten Helberg og Trond Johnsen som deltok som sjøfuglobservatører vinteren 2006. Kystvakta bidro med verdifull fartøytid, og Havforskningsinstituttet lot oss delta som observatører på deres ordinære tokt. Takk til mannskap om bord på KV Lafjord, M/S Christian IV og F/F Håkon Mosby. Takk til European Seabird at Sea for tilgang til databasen. Vi vil også få takke Norsk Hydro for oppdraget og Espen Hoell for godt samarbeid i prosjektperioden.

11.09.2006 Per Fauchald

1 Innledning

I forbindelse med miljøutredning av leteboring på PL 317 i Farsundbassenget fikk NINA i oppdrag av Norsk Hydro å analysere tidligere innsamlede data, samt innhente nye data over sjøfugl i åpent hav i Skagerrak-området. Nye data ble innsamlet langs båttransekter i Skagerrak, vinteren 2006. Utredningen skulle i utgangspunktet være begrenset til et relativt lite område i Skagerrak med data fra de siste ti årene. Hovedfokus skulle være på alkefugl, og analysene skulle være fordelt på to sesonger; myteperioden (juli-oktober) og overvintringsperioden (november-februar). I prosjektet har vi innhentet data fra *European Seabird at Sea* databasen. Omfanget av denne databasen gjorde det mulig og formålstjenelig å utvide analyseområde og analyseperiode. I forståelse med Norsk Hydro, omfatter derfor analysene i prosjektet de nordøstlige delene av Nordsjøen samt Skagerrak og Kattegat. Hele året er analysert for de 11 vanligste artene av pelagisk sjøfugl.

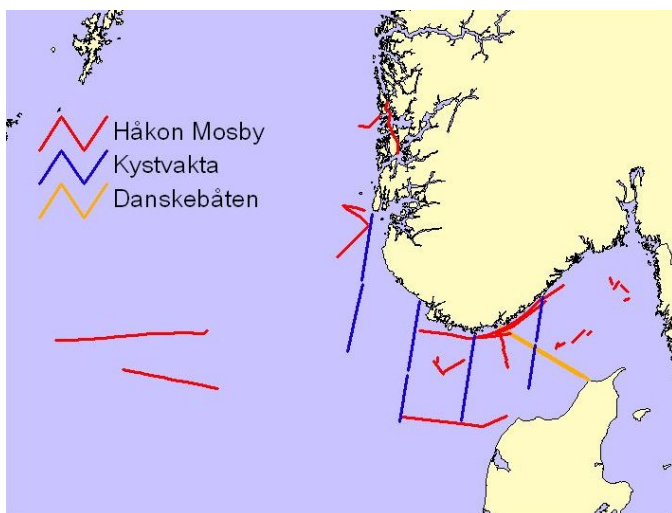
I prosjektet har følgende arbeidsoppgaver blitt gjennomført:

- Innsamling av nye data fra Skagerrak.
- Ekstrahering og opparbeiding av data fra ESAS databasen.
- Analysering av årlig og sesongmessig variasjon i tallrikhet av de vanligste sjøfuglartene i studieområdet.
- Innhenting og opparbeiding av miljødata med hensyn til oseanografi og dybdeforhold i studieområdet.
- Analysering av romlig struktur og skala av hver enkelt art i hver enkelt sesong.
- Analysering av den generelle utbredelsen av hver enkelt art mot de ulike miljøvariablene og geografi i hver enkelt sesong.
- Simulering av utbredelsesscenarier for hver enkelt art og sesong til bruk i miljørisikoanalyser.

Metodikken som er benyttet i analysene er beskrevet i Fauchald et al. (2004), Fauchald et al. (2005) og Fauchald & Brude (2005). Tidligere utredninger av området med hensyn til sjøfugl finnes i Carter et al. (1993), Lorentsen et al. (1993) og O'Brien et al. (1999).

2 Innsamling av nye data

Vinteren 2006 ble det gjennomført tokt på tre ulike fartøyer i Skagerrak (Figur 1). Observasjoner ble utført fra brua i en sektor med radius 300m rett forut og 90° til den ene siden (Tasker et al. 1984) Fra 19.01 til 22.01 ble det observert sjøfugl fra M/S Christian IV (Color Line) som går i rute mellom Kristiansand og Hirtshals. I alt fire "overfarter" ble dekket. Fra 02.02 til 14.02 ble det observert sjøfugl under Havforskningsinstituttets regulære tokt i Skagerrak med forskningsfartøyet F/F Håkon Mosby. Fra 05.02 til 10.02 ble det observert sjøfugl fra Kystvaktskipet KV Lafjord. Dette toktet ble designet av oss. Vi valgte å dekke et relativt stort område i en gradient fra Skagerrak og ut i Nordsjøen, og en gradient fra kysten og ut i åpent hav. Vi la ut fire parallelle transekter med retning fra kysten og ut i åpent hav fra Tromøy i øst til Karmøy vest (Figur 1).



Figur 1. Toktruter gjennomført vinteren 2006

Total transektlengde for samtlige tokt var 2092 km. Dette tilsvarer en dekning av 628 km². Tabell 1 angir tetthet av de observerte artene og hvilken andel dette utgjorde av alle observasjoner. Legg merke til at havhest, havsule, ærfugl, de fire måkeartene og de fire alkeartene utgjorde til sammen 98% av alle fugl observert.

Tabell 1. Sjøfugl observert under toktene vinteren 2006.

Norsk navn	Latinsk navn	Tetthet (ant./km ²)	Andel av obs. (%)
Havhest	<i>Fulmarus glacialis</i>	1.53	30.13
Havsule	<i>Morus bassanus</i>	0.25	4.94
Storskarv	<i>Phalacrocorax carbo</i>	0.03	0.53
Toppskarv	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	0.01	0.25
Ærfugl	<i>Somateria mollissima</i>	0.39	7.77
Havelle	<i>Clangula hyemalis</i>	0.01	0.25
Svartand	<i>Melanitta nigra</i>	0.01	0.25
Sjørørre	<i>Melanitta fusca</i>	0.00	0.06
Siland	<i>Mergus serrator</i>	0.02	0.41
Fiskemåke	<i>Larus canus</i>	0.13	2.55
Gråmåke	<i>Larus argentatus</i>	1.22	24.06
Svartbak	<i>Larus marinus</i>	0.35	6.92
Krykkje	<i>Rissa tridactyla</i>	0.42	8.30
Lomvi	<i>Uria aalge</i>	0.26	5.22
Alke	<i>Alca torda</i>	0.06	1.19
Alkekonge	<i>Alle alle</i>	0.29	5.72
Lunde	<i>Fratercula arctica</i>	0.07	1.45

3 Datagrunnlag, metodikk og avgrensninger

ESAS databasen

For å øke datagrunnlaget inkluderte vi data fra European Seabird at Sea (ESAS) databasen. Dette er en omfattende database over forekomst av sjøfugl i Nordøstatlanteren (nord til ca. 62°N). Databasen ble opprettet tidlig på åttitallet, og inneholder observasjoner fra linjetransekt utført fra båt, helikopter eller fly. En rekke institusjoner fra Storbritannia, Danmark, Nederland, Belgia, Sverige og Norge (NINA) har bidratt med data til databasen. Fra denne databasen trakk vi ut data innsamlet fra båt, med en maksimum transektbredde på 300 m, og i et område fra 54,5 til 61,0 °N og fra 0,0 til 13,0 °E.

Metodiske begrensninger

Distanse til observasjonene er i de fleste tilfeller ikke oppgitt i ESAS databasen. Vi har derfor ikke korrigert for oppdagbarhet i analysene. For de fleste artene vil imidlertid oppdagbarheten innenfor 300 m være relativt høy. En del arter følger etter båten. Dette gjelder spesielt havhest og de fleste måkeartene. Tetthet av disse artene er derfor sannsynligvis overestimert.

Studieområde (plansje 1)

Data fra ESAS databasen og data innsamlet vinteren 2006 ble aggregert på et 10x10 km² grid definert fra 54,5 til 61,0 °N og fra 0,0 til 13,0 °E. I Kattegat ble området avgrenset i sør til 56,5 °N. Dette området utgjør i alt 354 300 km². Dataene ble inndelt i fire sesonger: Vinter (overvintring) fra 1. november til 28. februar; vår (vårtrekk) fra 1. mars til 30. april; sommer (hekkeseason) fra 1. mai til 30. juli; høst (myting/høsttrekk) fra 1. august til 31. oktober (se Lorentsen et al. 1993).

Analyserte arter (plansje 1)

Analysene ble avgrenset til de fire vanligste alkeartene (lomvi, alke, alkekonge og lunde), de fem vanligste måkeartene (fiskemåke, sildemåke, gråmåke, svartbak og krykkje), samt havhest og havsule. Andefugl, og da særlig ærfugl, svartand og sjøorre, utgjorde en betydelig del av observasjonene. Andefugl regnes imidlertid ikke med blant de pelagiske sjøfuglartene, og er derfor utelatt fra analysene.

4 Forekomst av sjøfugl i studieområdet

Det totale antallet sjøfugl (se avgrensning mht. arter) i studieområdet varierte mellom år og sesong. I plansje 2, venstre side er totalt antall sjøfugl i studieområdet summert med basis i tellingene for hver enkelt sesong og år. Vintersesongen har den høyeste variasjonen i estimert antall sjøfugl fra under en million individer i enkelte år til nærmere 8 millioner på slutten av åttitallet. Dette reflekterer sannsynligvis variasjon i bruk av området som overvintringsområde. Dette kan igjen henge sammen med tilgjengelighet og mengde av viktige næringsemner som ungsild (*Clupea harengus*) (se Skov et al. 2000). Sommersesongen har den laveste forekomsten av sjøfugl. Estimert antall sjøfugl i sommersesongen økte fra under 1 million tidlig på åttitallet til nærmere 2 millioner på slutten av nittitallet. Legg merke til at det ikke er noen sammenheng mellom totalt antall sjøfugl på vinteren og sommeren.

Variasjonen i antall sjøfugl i studieområdet kan reflektere variasjon hos en enkelt dominerende art, eller den kan reflektere mer eller mindre synkrone endringer hos flere arter. Plansje 2, høyre side viser gjennomsnittlig ($\pm 95\%$ konfidensintervall) forekomst av artene i studieområdet uavhengig av innbyrdes tallrikhet. I figurene er forekomst rangert for den enkelte art mht. år, og hver art er dermed vektet likt. Gjennomsnittlig forekomst varierer fra år til år, og reflekterer i stor grad det totale antallet sjøfugl i studieområdet. Dette indikerer synkrone endringer i forekomsten av ulike sjøfuglarter i studieområdet.

Samvariasjon i forekomst av sjøfugl (plansje 2)

For å undersøke synkroniteten i forekomst av de ulike artene i studieområdet, ble det utført en PCA analyse basert på estimert antall individer fra hver enkelt art. Vårsesongen er ikke analysert som følge av for få år med data. Analysene viser stor grad av samvariasjon mellom artene, spesielt vinterstid. Om sommeren og høsten skiller dynamikken hos pelagiske arter (alkefugl, havhest, havsule og krykkje) seg fra dynamikken hos kystnære måkefugl (fiskemåke, sildemåke, gråmåke og svartbak).

5 Havmiljø

Oseanografi og dyp i studieområdet er vist i plansje 3. CTD data (saltholdighet og temperatur) fra studieområdet ble hentet fra World Ocean Databasen (WOD01) ([url: http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD01/pr_wod01.html](http://www.nodc.noaa.gov/OC5/WOD01/pr_wod01.html)). Perioden 1993-2003 hadde best dekning i databasen, og kun denne tidsperioden ble brukt til interpolering. For hver enkelt sesong ble overflatetemperatur og -saltholdighet (0-5 m) interpolert ved IDW (interpolated distance weighting) til hver enkelt rute i studieområdet. Gjennomsnitt for alle år er vist i plansje 3. Dyp for studieområde ble hentet fra en høydemodell med en oppløsning på 2x2 minutter (ETOPO2, U.S. National Geophysical Data Center, [url: http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html](http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html)), og gjennomsnittlig dyp i hver enkelt rute ble beregnet.

Saltholdighet og temperatur i overflaten i studieområdet er i stor grad styrt av en saltholdighetsgradient forårsaket av kyststrømmen og utstrømming av vann fra Østersjøen. Lav saltholdighet øker stratifiseringen av vannsøylen, og øker dermed den sesongmessige svingningen i overflatetemperatur. Denne situasjonen gir et relativt uklart bilde med hensyn til overflatetemperatur i studieområdet; områder som er kaldest om vinteren er varmest om sommeren (Ska-gerrak og Kattegat) mens Nordsjøen har relativt homogen overflatetemperatur gjennom året. Dyp i studieområdet er i stor grad preget av Norskerenna med dyp ned til 800 meter. Til sammenligning er dypet sjelden større enn 200 meter i Nordsjøen og Kattegat.

6 Analyser av hver enkelt art

Plansje 4-14: For hver enkelt art er det vist estimert antall individer, gjennomsnittlig utbredelse i studieområdet, romlig struktur som autokorrelasjonsfunksjoner og modellert utbredelse fra GAM modeller. I kartene angir fargesjattering antall individer per 10x10 km² rute.

Romlig autokorrelasjon

For å undersøke romlige mønstre og definere konsentrasjoner av fugl, ble det brukt romlige autokorrelasjonsfunksjoner (korrelogrammer). Et korrelogram angir korrelasjonen i egenskaper mellom observasjoner som en funksjon av distanse. Ved en flekkvis fordeling, vil korrelasjonen i tetthet mellom punkter som ligger nær hverandre være høy for deretter å avta med økende distanse. For distanser større enn skalaen til de romlige strukturene vil korrelasjonen bli negativ.

Korrelogrammer ble beregnet på aggregerte data. Data ble aggregert langs de utkjørte transektene, og tetthet av fugl ble $\log(x+1)$ transformert før analyse. Fordi romlige strukturer av sjøfugl gjerne endrer seg over tid, ble det satt en grense for maksimum tidsrom mellom par av observasjoner i analysene. Moran's I ble brukt som korrelasjonskoeffisient. Korrelogrammene varierte en del fra år til år, primært som en følge av variabel forekomst av fugl. De romlige strukturene var generelt svakere i år med lite fugl. I figurene vises de samlede korrelogrammer for alle år.

Romlige mønstre ble analysert på to skalaer. Dataene ble først aggregert med en radius lik 25 km, og korrelogrammer ble beregnet mellom observasjoner med et maksimum tidslag på 21 dager og distanser fra 50 – 700 km. Disse korrelogrammene angir det romlige mønsteret på stor skala, og er gitt med blå farge i figurene.

For å definere de romlige konsentrasjonene av fugl, ble observasjonene med lavest tetthet suksessivt fjernet inntil førsteordens autokorrelasjon (korrelasjon mellom observasjoner med en distanse mindre enn 50 km) var mindre enn eller lik 0.1. Denne prosedyren ble utført for hvert enkelt år og sesong. De gjenværende observasjonene ble definert til å tilhøre en storskalakonsentrasjon av fugl.

Korrelogrammer på liten skala ble beregnet innenfor de definerte konsentrasjonene av fugl på stor skala. Data innenfor de definerte storskalakonsentrasjonene ble aggregert med en radius lik 5 km, og korrelogrammer ble beregnet mellom observasjoner med et maksimum tidslag på 7 dager og distanser fra 10 – 150 km. Disse korrelogrammene angir det romlige mønsteret på liten skala, og er angitt med rød farge i figurene. Legg merke til at korrelogrammene for vår er slått sammen med korrelogrammene fra vinter.

På samme måte som for storskalaanalysene, ble konsentrasjoner på liten skala definert ved suksessivt å fjerne observasjoner med lavest tetthet inntil førsteordens autokorrelasjon (distanse mindre enn 10 km) var mindre enn eller lik 0.1. De gjenværende observasjonene ble definert til å tilhøre en litenskala konsentrasjon av fugl. Tabell 2 gjengir skala for de ulike romlige strukturene (distanse hvor romlig autokorrelasjon er tilnærmet lik null), og gjennomsnittlig tetthet av fugl innenfor de enkelte definerte konsentrasjonene.

Tabell 2. Resultater fra romlige analyser av autokorrelasjon på to skalaer (nøstet). Skala referer til karakteristisk skala for den romlige strukturen dvs. der autokorrelasjonsfunksjonen krysser null. Tetthet er gjennomsnittlig tetthet av fugl innenfor hvert nivå i hierarkiet. Disse resultatene ble brukt som input i simuleringene av utbredelses-scaenarier.

Art	Skala (km)		Tetthet (antall fugl per 10x10 km rute)		
	Storskala analyser	Småskala analyser	Utenfor konsentrasjon	Storskala konsentrasjon	Småskala konsentrasjon
Vinter					
Havhest	250	40	44.33	297	1 562
Havsule	250	ingen	1.06	70	ingen
Fiskemåke	250	50	1.22	74	439
Sildemåke	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Gråmåke	250	40	39.46	672	1 542
Svarthak	250	ingen	16.52	136	ingen
Krykkje	250	40	10.09	130	3 955
Lomvi	250	50	40.90	435	1 979
Alke	175	40	0.92	35	2 977
Alkekonge	150	30	2.92	182	2 462
Lunde	200	ingen	1.57	57	ingen
Vår					
Havhest	250	40	6.95	67	2 906
Havsule	250	ingen	2.22	60	ingen
Fiskemåke	150	ingen	19.64	700	ingen
Sildemåke	200	40	8.25	133	3 150
Gråmåke	250	40	10.04	27	5 035
Svarthak	200	ingen	9.85	235	ingen
Krykkje	250	40	5.58	170	772
Lomvi	150	50	14.26	283	340
Alke	150	40	0.00	15	133
Alkekonge	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Lunde	200	ingen	3.22	22	ingen
Sommer					
Havhest	300	60	26.45	148	1 303
Havsule	300	40	2.39	44	859
Fiskemåke	200	ingen	0.96	62	ingen
Sildemåke	400	ingen	4.06	122	ingen
Gråmåke	350	30	0.76	120	165
Svarthak	350	ingen	1.06	35	ingen
Krykkje	200	60	2.66	92	187
Lomvi	350	50	13.76	133	832
Alke	250	ingen	0.91	48	ingen
Alkekonge	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Lunde	250	30	0.79	23	194
Høst					
Havhest	200	40	45.96	333	701
Havsule	200	ingen	7.02	45	ingen
Fiskemåke	200	ingen	2.86	295	ingen
Sildemåke	400	50	0.45	40	263
Gråmåke	400	ingen	18.11	302	ingen
Svarthak	200	ingen	12.01	154	ingen
Krykkje	200	60	0.57	54	424
Lomvi	200	70	46.71	476	4 453
Alke	200	ingen	0.80	94	ingen
Alkekonge	ingen	ingen	ingen	ingen	ingen
Lunde	250	40	0.14	10	100

GAM modellering

Basert på utbredelsen av de definerte storskalakonsentrasjonene utviklet vi prediktive modeller for utbredelsen til de ulike artene ved bruk av generaliserte additive modeller (GAM). Vi brukte data over oseanografi og dyp samt UTM-koordinater i hhv. X, og Y –retning som prediktorvariable og tilstedeværelsen av storskalakonsentrasjon av fugl som responsvariabel. Responsvariabelen er binær, og vi benyttet logit linkfunksjon. Estimatenes fra analysene ble brukt til å predikere utbredelsen av hver enkelt art i de fire sesongene.

Temperatur hadde svært lav prediktiv verdi for samtlige arter både alene og sammen med de andre variablene. Interaksjonen mellom dyp og saltholdighet ga relativt gode modeller. Imidlertid var det slik at interaksjonen mellom X og Y –retning i gjennomsnitt ga de beste modellene, og vi valgte derfor å bruke denne modellen for samtlige arter. Fit for hver enkelt modell og art er gjengitt i tabell 3. Årsaken til at dyp og saltholdighet gir noe dårligere modeller kan ligge i at den største andelen av variasjon i disse parametrene er lokalisert til norskekysten og Skagerrak mens Nordsjøen er relativt homogen. Disse modellene vil altså i liten grad kunne fange opp variasjon i utbredelse i Nordsjøen. På den annen side gir modellene med X og Y -retning relativt grove mønstre, og kan muligens skjule noe av prediktabiliteten på liten skala. Dette gjelder kanskje spesielt heterogenitet i Skagerrak. Legg merke til at det er en nøye sammenheng mellom fit av de to modellene. Høy fit for den ene modellen gir høy fit for den andre og omvendt.

Kombinert med tetthetsestimatene fra Tabell 2 ble den gjennomsnittlige utbredelsen av hver enkelt art (og totalt gjennomsnittlig antall) estimert. Dette er vist i figurene i plansjene for de enkelte artene.

Tabell 3. Forklart varians (justert R^2 og prosent devians) for to ulike GAM modeller for hver enkelt art og sesong. Tilstedeværelse av konsentrasjon av den enkelte art innenfor 10x10km² rute er responsvariabel. I den ene modellen er interaksjonen mellom UTM koordinatene i X og Y retning prediktorvariabel mens i den andre modellen er interaksjonen mellom ln(dyp) og saltholdighet prediktorvariabel. Interaksjonen er modellert som tensorprodukt med tre splines for hver variabel.

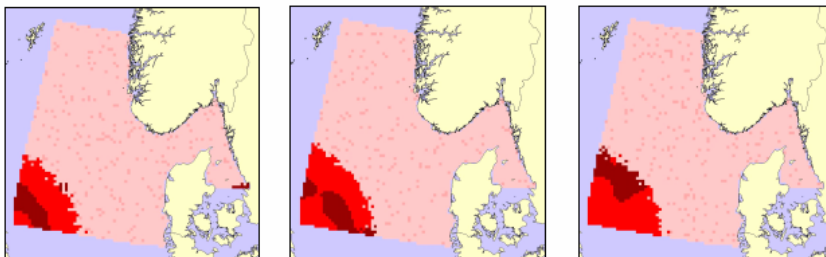
Art	Prediktor: X og Y - retning		Prediktor: Log _e (dyp) og saltholdighet	
	adjRsqr	%Dev	adjRsqr	%Dev
Vinter				
Havhest	0.196	18.0	0.184	17.5
Havsule	0.197	24.8	0.140	20.7
Fiskemåke	0.301	28.7	0.289	27.7
Sildemåke				
Gråmåke	0.096	9.2	0.101	9.2
Svartbak	0.118	12.5	0.080	8.2
Krykkje	0.041	3.2	0.044	3.5
Lomvi	0.043	4.2	0.024	2.4
Alke	0.265	26.5	0.220	20.2
Alkekonge	0.127	21.6	0.117	16.0
Lunde	0.253	28.1	0.195	21.5
Vår				
Havhest	0.194	18.0	0.201	19.8
Havsule	0.126	14.2	0.103	13.9
Fiskemåke	0.026	25.0	0.091	25.2
Sildemåke	0.536	51.5	0.401	36.1
Gråmåke	0.092	29.2	0.119	21.2
Svartbak	0.144	12.9	0.157	15.2
Krykkje	0.097	8.4	0.105	9.4
Lomvi	0.204	17.0	0.110	8.8
Alke	0.015	8.1	0.012	5.0
Alkekonge				
Lunde	0.347	46.9	0.353	47.6
Sommer				
Havhest	0.085	7.3	0.091	8.2
Havsule	0.090	11.5	0.075	8.5
Fiskemåke	0.228	36.0	0.168	31.8
Sildemåke	0.306	32.6	0.304	32.6
Gråmåke	0.242	35.7	0.270	37.5
Svartbak	0.088	18.8	0.118	21.4
Krykkje	0.088	8.6	0.065	6.4
Lomvi	0.158	15.3	0.138	13.1
Alke	0.068	25.9	0.019	14.0
Alkekonge				
Lunde	0.173	24.3	0.092	17.7
Høst				
Havhest	0.038	3.9	0.031	3.5
Havsule	0.038	3.9	0.019	2.0
Fiskemåke	0.033	9.6	0.077	13.7
Sildemåke	0.333	34.1	0.324	33.5
Gråmåke	0.079	15.5	0.088	14.3
Svartbak	0.002	1.5	0.003	2.9
Krykkje	0.020	2.6	0.011	1.2
Lomvi	0.088	7.3	0.063	4.3
Alke	0.032	11.4	0.031	8.6
Alkekonge				
Lunde	0.142	27.3	0.070	18.4

Simulering av utbredelsesscenarier

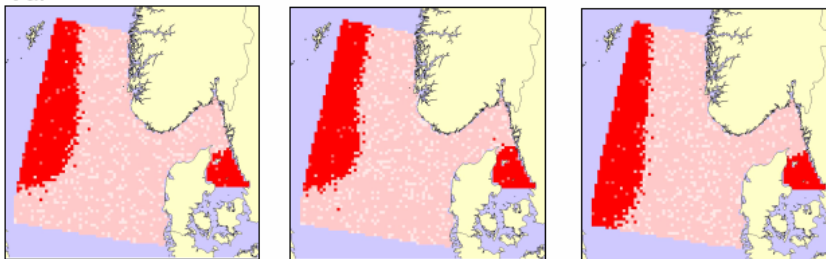
Basert på de romlige analysene (Tabell 2) og GAM modellering ble det generert 100 utbredelsesscenarier for hver enkelt art og sesong. I disse modellene brukes de predikerte sannsynlighetene fra GAM modellen som initiell input. På dette prediktive mønsteret genereres stokastiske romlige strukturer med skala og tetthet hentet fra de romlige analysene (Tabell 2). Figur 2 viser tre slike genererte utbredelsesscenarier for lomvi for hver enkelt sesong.

Simuleringer: Lomvi *Uria aalge*

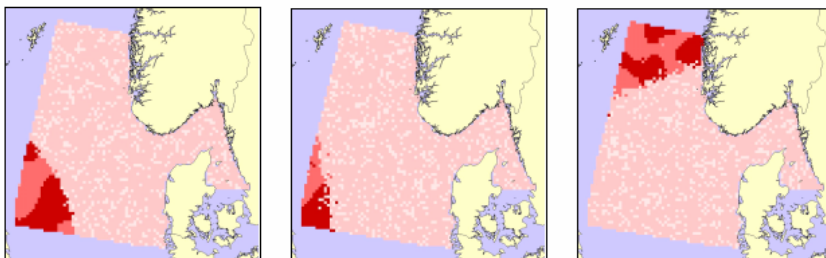
Vinter



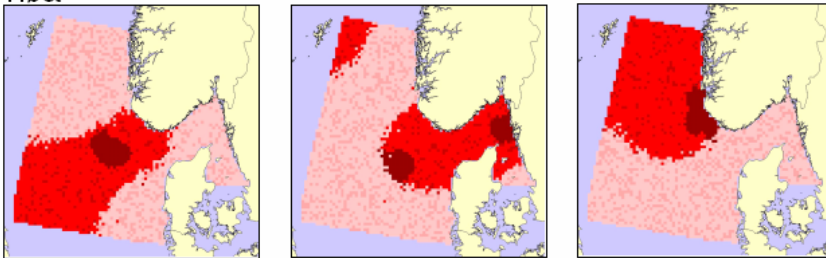
Vår



Sommer



Høst



Figur 2. Simulering av utbredelsesscenarier for lomvi. Antall fugl per 10x10 km² celle er indikert

7 Plansjer

Plansje 1: Datagrunnlag

Definisjoner

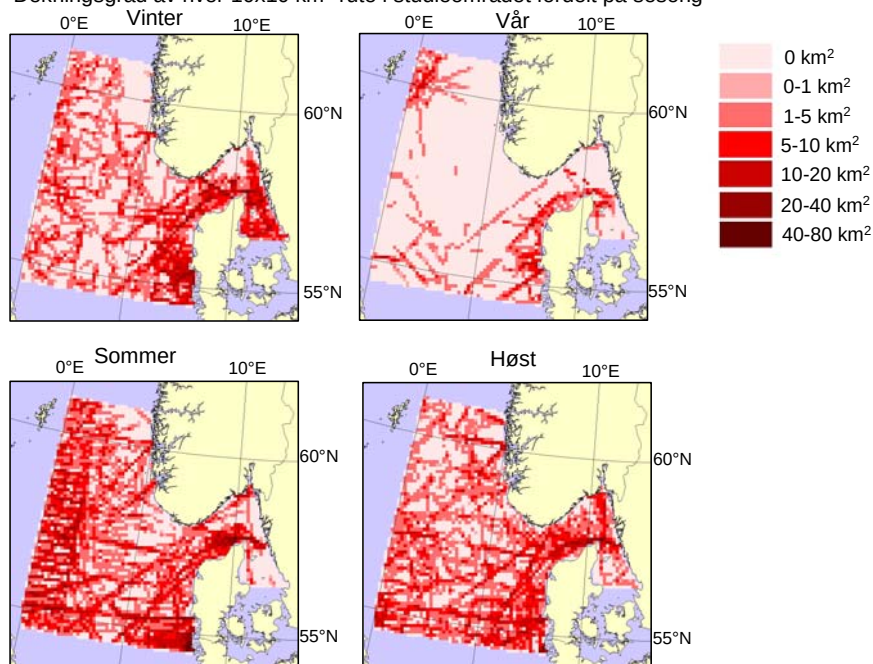
- Studieområde: S-N: 54,5 (56,5 Kattegat) - 61,0 °N, V-Ø: 0,0 - 13,0 °Ø, Areal: 354 300 km²
- Sesonger: Vinter: 1. november – 28. februar, vår : 1. mars – 30. april, sommer: 1. mai – 30.juli, høst: 1. august – 31. oktober

Dekningsgrad

Antall km² dekning av studieområdet
fordelt på år og sesong

År	Vinter	Vår	Sommer	Høst
1980				260
1981	690	469	1 577	1 173
1982	548	650	899	
1984			1 743	899
1985	524		1 502	1 082
1986	387	501		428
1987	1 200	347	1 706	2 469
1988	2 100	727	937	1 336
1989	1 106			220
1990	532			749
1991	707		1 099	300
1992	847	171	1 219	246
1993	1 301		1 356	702
1994	912	128	2 308	1 675
1995			568	485
1997			1 279	498
1998			725	367
1999			960	
2006	628			
Sum	11 482	2 993	17 878	12 889

Dekningsgrad av hver 10x10 km² rute i studieområdet fordelt på sesong



Plansje 2: Sjøfugl i studieområdet

Forekomst av ulike arter

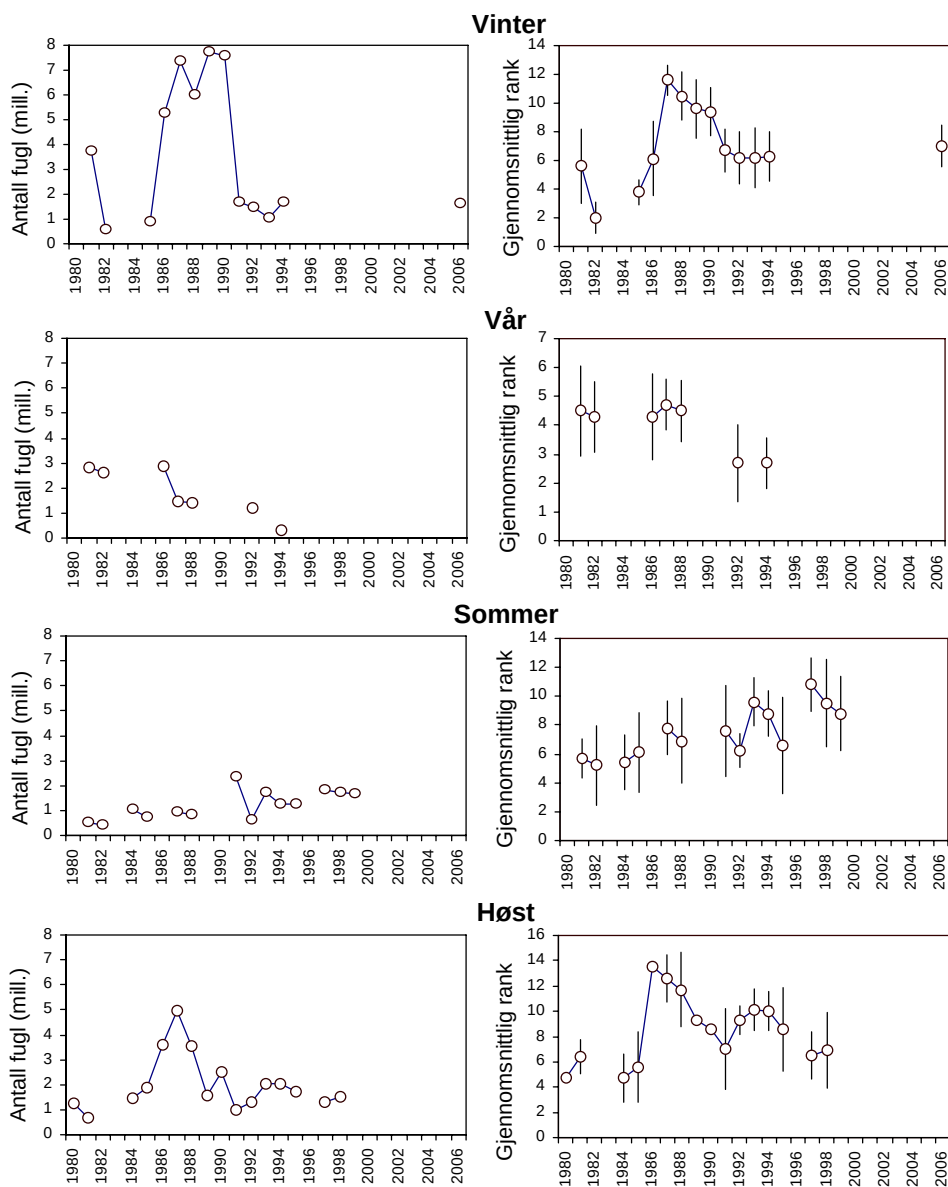
Forekomst (tetthet og andel av observasjoner) av arter som inngår i datasettet fordelt på sesong. Arter som inngår i analysene er indikert med (*)

			Vinter		Vår		Sommer		Høst	
			Tetthet	Andel av	Tetthet	Andel av	Tetthet	Andel av	Tetthet	Andel av
	Norsk navn	Latinsk navn	(ant./km ²)	obs. (%)	(ant./km ²)	obs. (%)	(ant./km ²)	obs. (%)	(ant./km ²)	obs. (%)
FUGLA	* Havhest	<i>Fulmarus glacialis</i>	2.058	8.82	1.746	21.14	1.712	33.06	4.367	58.50
PUGRI	Grålire	<i>Puffinus griseus</i>	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.01	0.004	0.05
PUPUF	Havlire	<i>Puffinus puffinus</i>	0.000	0.00	0.000	0.00	0.001	0.02	0.000	0.01
HYPEL	Havsvale	<i>Hydrobates pelagicus</i>	0.000	0.00	0.003	0.03	0.012	0.24	0.004	0.06
OCLEU	Stormsvale	<i>Oceanodroma leucorhoa</i>	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
MOBAS	* Havsule	<i>Morus bassanus</i>	0.156	0.67	0.086	1.04	0.134	2.58	0.145	1.94
PHCAR	Storskarv	<i>Phalacrocorax carbo</i>	0.018	0.08	0.003	0.04	0.001	0.02	0.002	0.03
PHARI	Toppskarv	<i>Phalacrocorax aristotelis</i>	0.001	0.00	0.000	0.00	0.000	0.01	0.000	0.00
SOMOL	Ærfugl	<i>Somateria mollissima</i>	7.262	31.12	0.488	5.91	0.007	0.13	0.043	0.57
CLHYE	Havelle	<i>Clangula hyemalis</i>	0.103	0.44	0.021	0.26	0.000	0.00	0.000	0.00
MENIG	Svartand	<i>Melanitta nigra</i>	4.047	17.34	1.716	20.78	1.469	28.37	0.055	0.74
MEFUS	Sjørre	<i>Melanitta fusca</i>	0.590	2.53	0.154	1.87	0.046	0.89	0.001	0.01
MESER	Siland	<i>Mergus serrator</i>	0.010	0.04	0.046	0.56	0.000	0.01	0.000	0.00
STPOM	Polarjo	<i>Stercorarius pomarinus</i>	0.001	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.001	0.01
STPAS	Tyvjo	<i>Stercorarius parasiticus</i>	0.000	0.00	0.013	0.16	0.001	0.02	0.004	0.05
STLON	Fjelljo	<i>Stercorarius longicaudus</i>	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.001	0.01
STSKU	Storjo	<i>Stercorarius skua</i>	0.002	0.01	0.003	0.04	0.010	0.19	0.027	0.37
LARID	Hettemåke	<i>Larus ridibundus</i>	0.018	0.08	0.086	1.04	0.033	0.64	0.066	0.89
LACAN	* Fiskemåke	<i>Larus canus</i>	0.358	1.53	0.401	4.85	0.044	0.86	0.068	0.91
LAFUS	* Sildemåke	<i>Larus fuscus</i>	0.005	0.02	0.515	6.24	0.248	4.78	0.269	3.60
LAARG	* Gråmåke	<i>Larus argentatus</i>	1.739	7.45	0.887	10.75	0.128	2.46	0.286	3.83
LAGLA	Grønlandsmåke	<i>Larus glaucoideus</i>	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00
LAHYP	Polarmåke	<i>Larus hyperboreus</i>	0.004	0.02	0.000	0.01	0.000	0.00	0.000	0.00
LAMAR	* Svartbak	<i>Larus marinus</i>	0.345	1.48	0.312	3.77	0.031	0.59	0.206	2.76
RITRI	* Krykkje	<i>Rissa tridactyla</i>	1.843	7.90	0.813	9.84	0.386	7.44	0.406	5.44
STHIR	Makrellterne	<i>Sterna hirundo</i>	0.000	0.00	0.014	0.17	0.023	0.45	0.021	0.29
STPAR	Rødnebbterne	<i>Sterna paradisaea</i>	0.001	0.00	0.209	2.54	0.038	0.73	0.018	0.24
URAAL	* Lomvi	<i>Uria aalge</i>	1.771	7.59	0.521	6.31	0.694	13.40	1.288	17.26
ALTOR	* Alke	<i>Alca torda</i>	1.084	4.64	0.034	0.42	0.022	0.42	0.060	0.80
CEGRY	Teist	<i>Cephus grylle</i>	0.007	0.03	0.017	0.20	0.001	0.02	0.000	0.00
ALALL	* Alkekonge	<i>Alle alle</i>	1.299	5.57	0.020	0.25	0.000	0.01	0.004	0.05
FRARC	* Lunde	<i>Fratercula arctica</i>	0.070	0.30	0.052	0.63	0.056	1.08	0.027	0.37
Uidentifiserte observasjoner			2.33		1.13		1.58		1.22	

* Arter som inngår i analysene

Plansje 2: Sjøfugl i studieområdet

Årlig variasjon i forekomst av sjøfugl i studieområdet

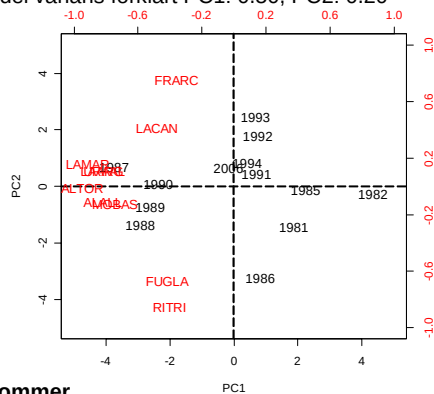


Plansje 2: Sjøfugl i studieområdet

Samvariasjon i forekomst av ulike arter - PCA analyse

Vinter

Andel varians forklart PC1: 0.50, PC2: 0.20



Forklaring til PCA plott:

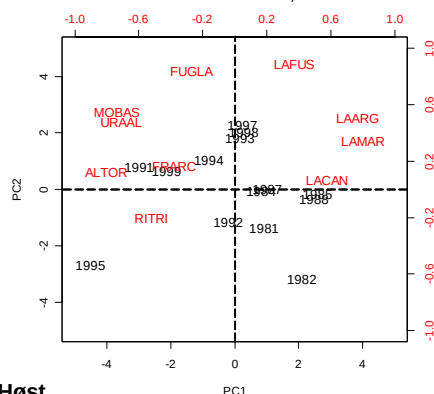
Rød er plott av korrelasjonene (Pearson's r) mellom forekomst (log transformert) av hver enkelt art og hhv. PC1 og PC2. Artsnavn er angitt som ALALL: Alkekonge
ALTOR: Alke
FRARC: Lunde
URAAL: Lomvi
LACAN: Fiskemåke
LAFUS: Sildemåke
LAMAR: Svartbak
LAARG: Gråmåke
RITRI: Krykkje
MOBAS: Havsule
FUGLA: Havhest
Svart er verdien av PC1 plottet mot verdien av PC2 for hvert enkelt år (årstall er angitt).

Alkekonge er ikke med i analysen for sommer og høst, Sildemåke er ikke med i analysen for vinter.

Legg merke til at PC1 forklarer samvariasjonen mellom artene om vinteren (negativ korrelasjon) svært godt. Om sommeren og høsten blir samvariasjonen forklart av PC2 (hhv. positiv og negativ korrelasjon). Om sommeren og høsten skiller PC1 primært mellom pelagiske arter (havhest, havsule, krykkje og alkeartene) og kystnære måkefugl (fiskemåke, sildemåke, gråmåke og svartbak). Disse to gruppene ser derfor ut til å ha noe forskjellig dynamikk i forekomst om sommeren og høsten.

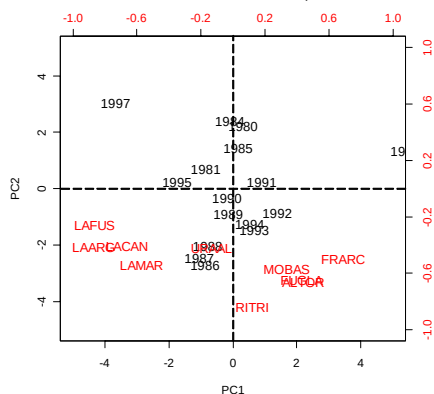
Sommer

Andel varians forklart PC1: 0.39, PC2: 0.25



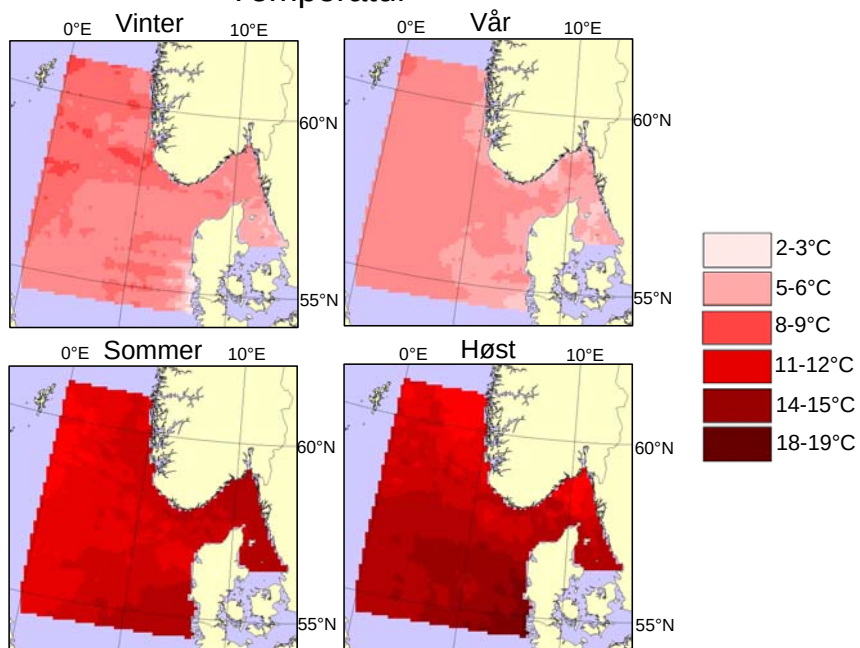
Høst

Andel varians forklart PC1: 0.49, PC2: 0.35

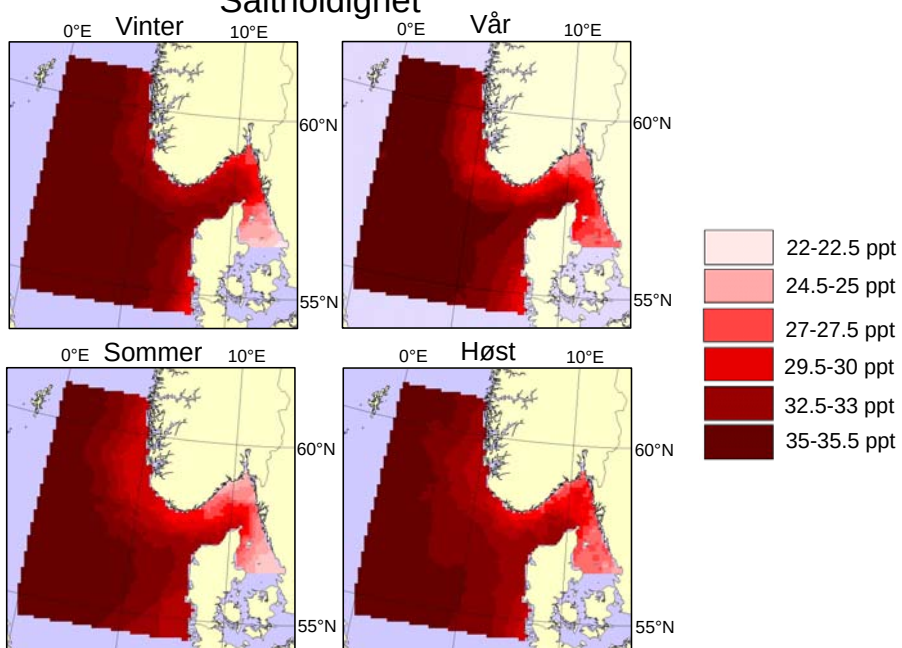


Plansje 3: Oseanografi og dyp i studieområdet

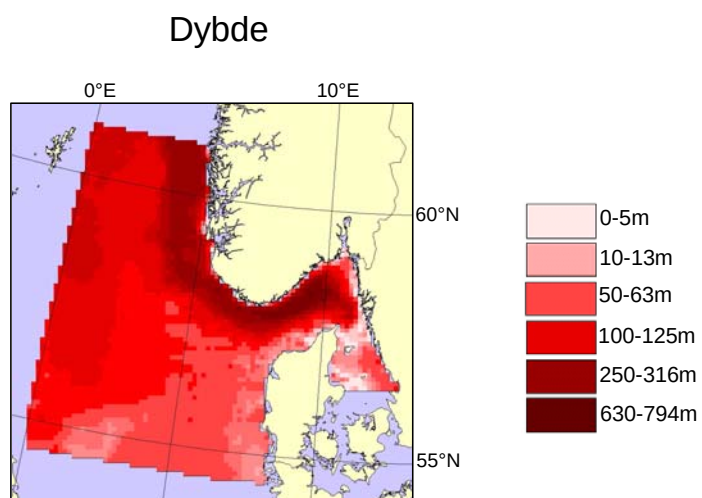
Temperatur



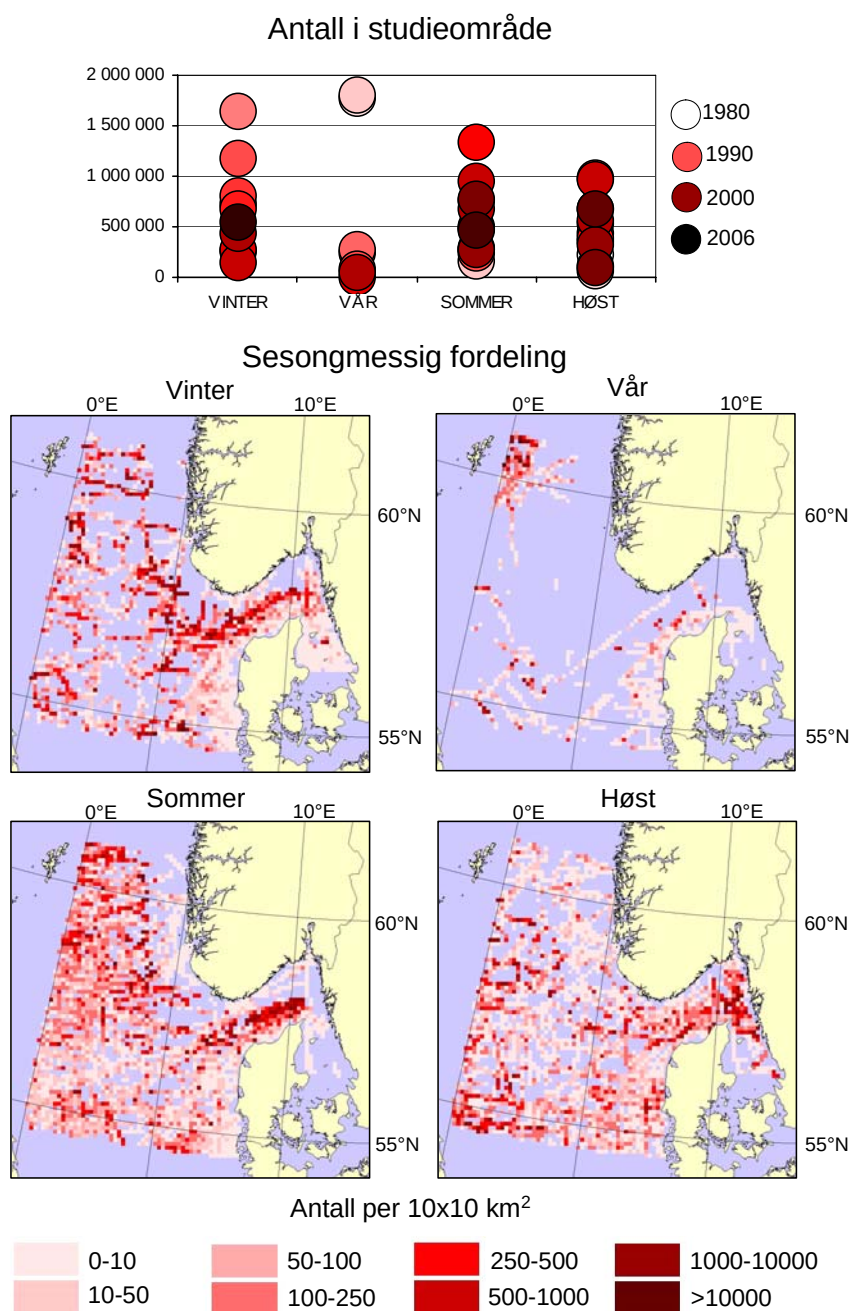
Saltholdighet



Plansje 3: Oseanografi og dyp i studieområdet

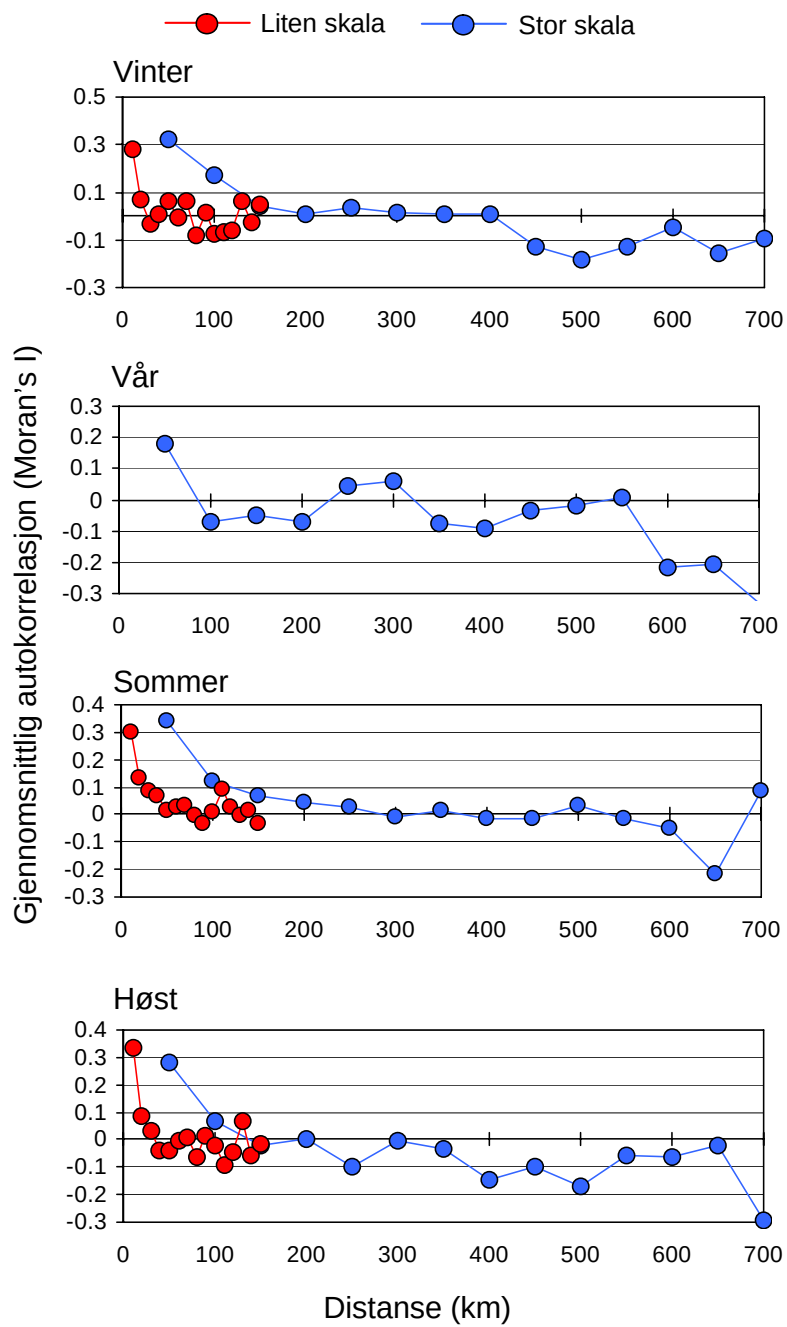


Plansje 4: Havhest *Fulmarus glacialis* Data



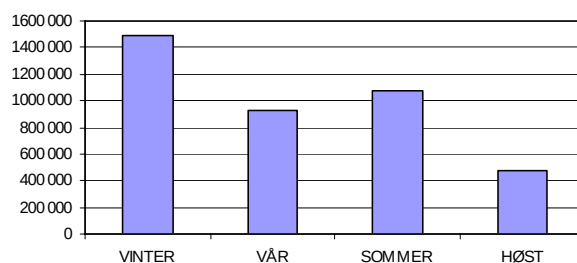
Plansje 4: Havhest *Fulmarus glacialis*

Romlig struktur

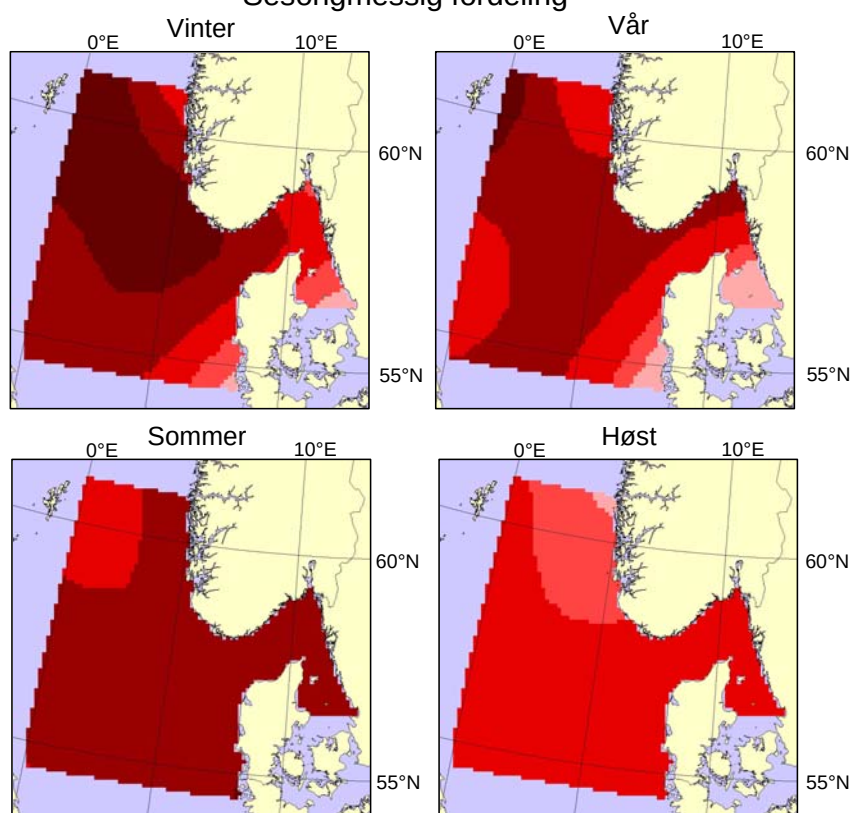


Plansje 4: Havhest *Fulmarus glacialis* GAM-modell

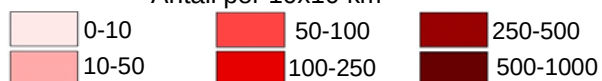
Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

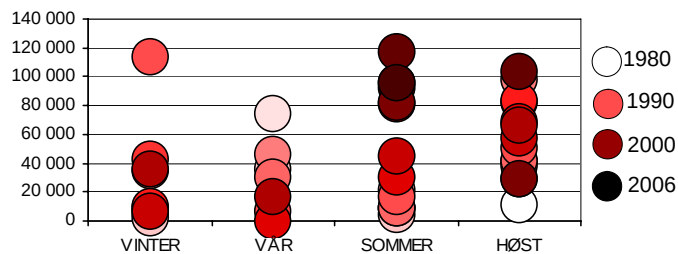


Antall per 10x10 km²

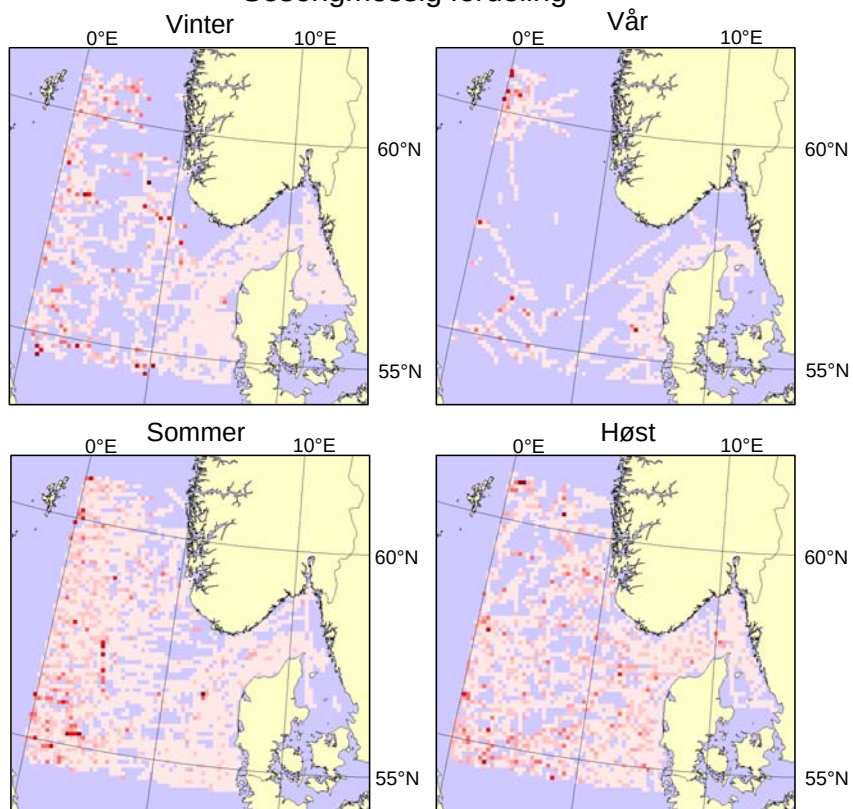


Plansje 5: Havsule *Morus bassanus* Data

Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

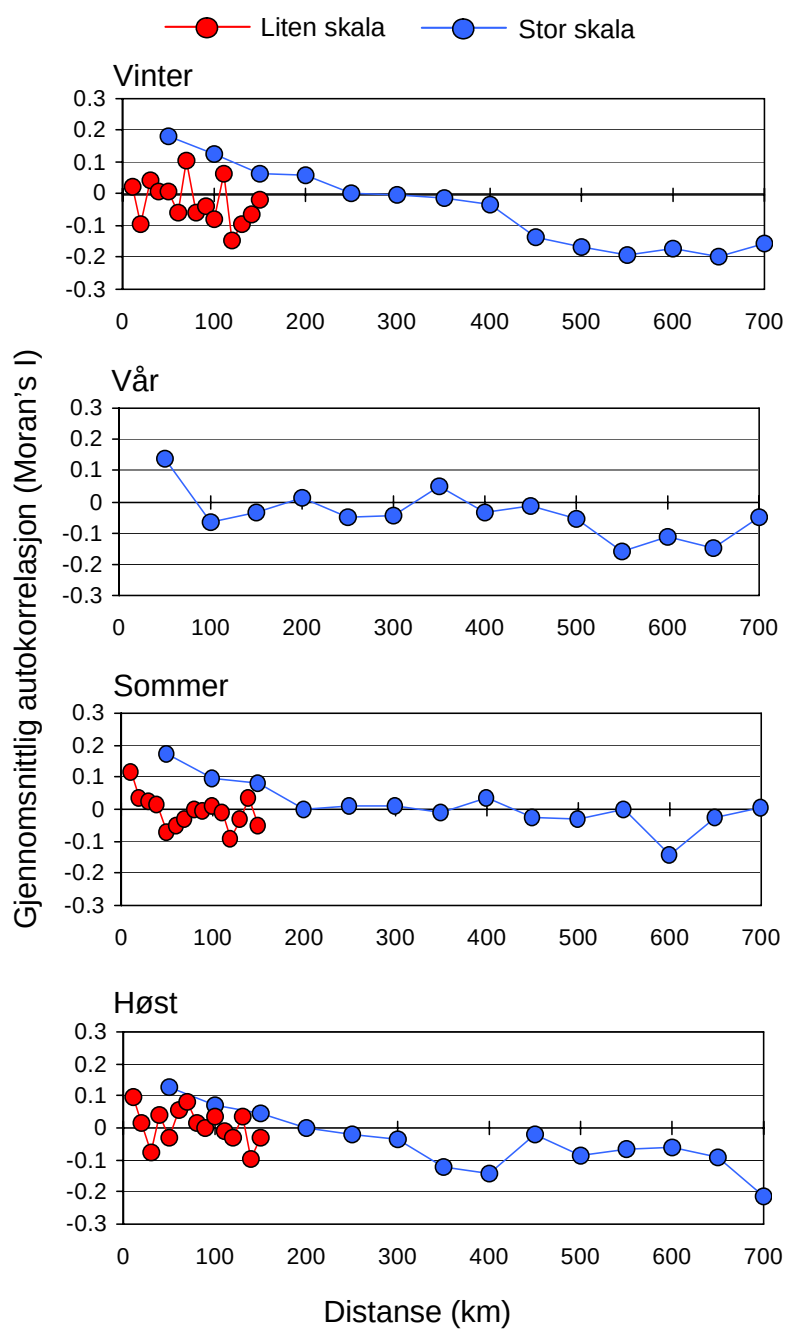


Antall per 10x10 km²



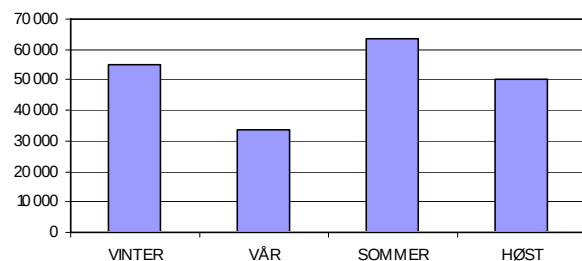
Plansje 5: Havsule *Morus bassanus*

Romlig struktur

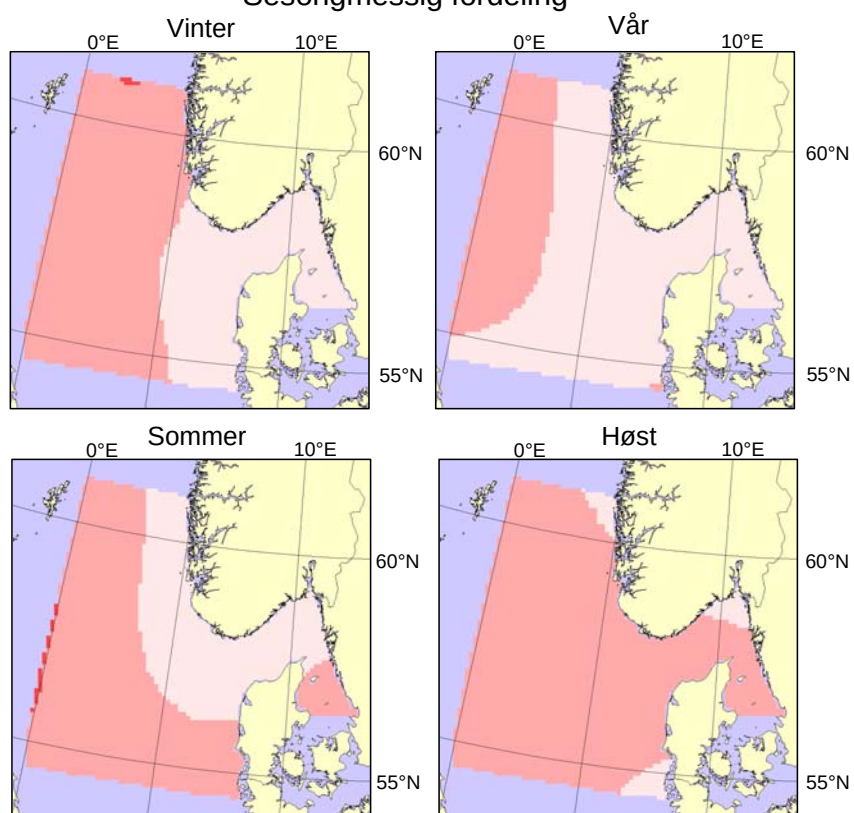


Plansje 5: Havsule *Morus bassanus* GAM-modell

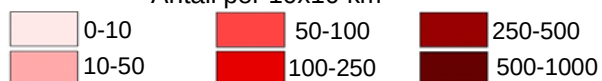
Antall i studieområde



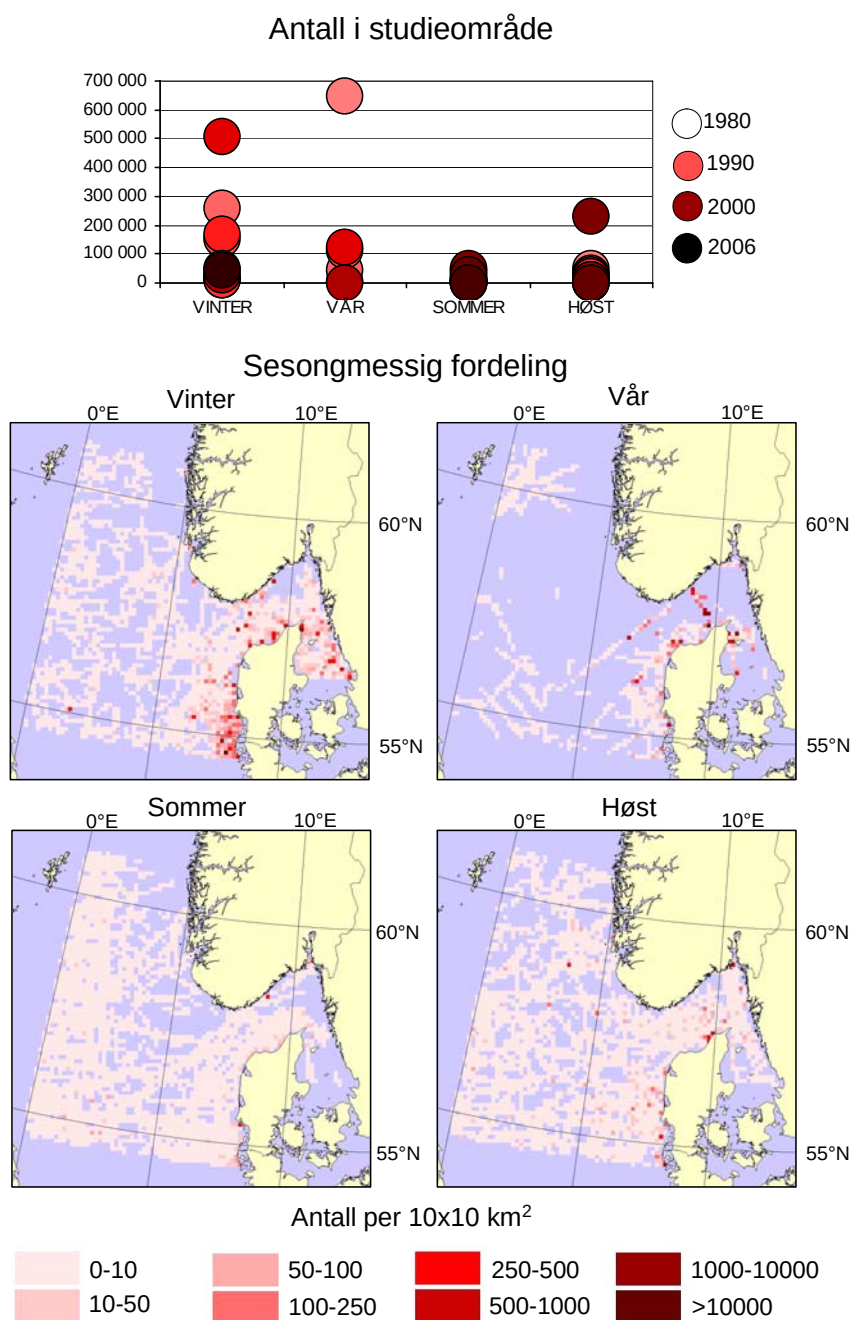
Sesongmessig fordeling



Antall per 10x10 km²

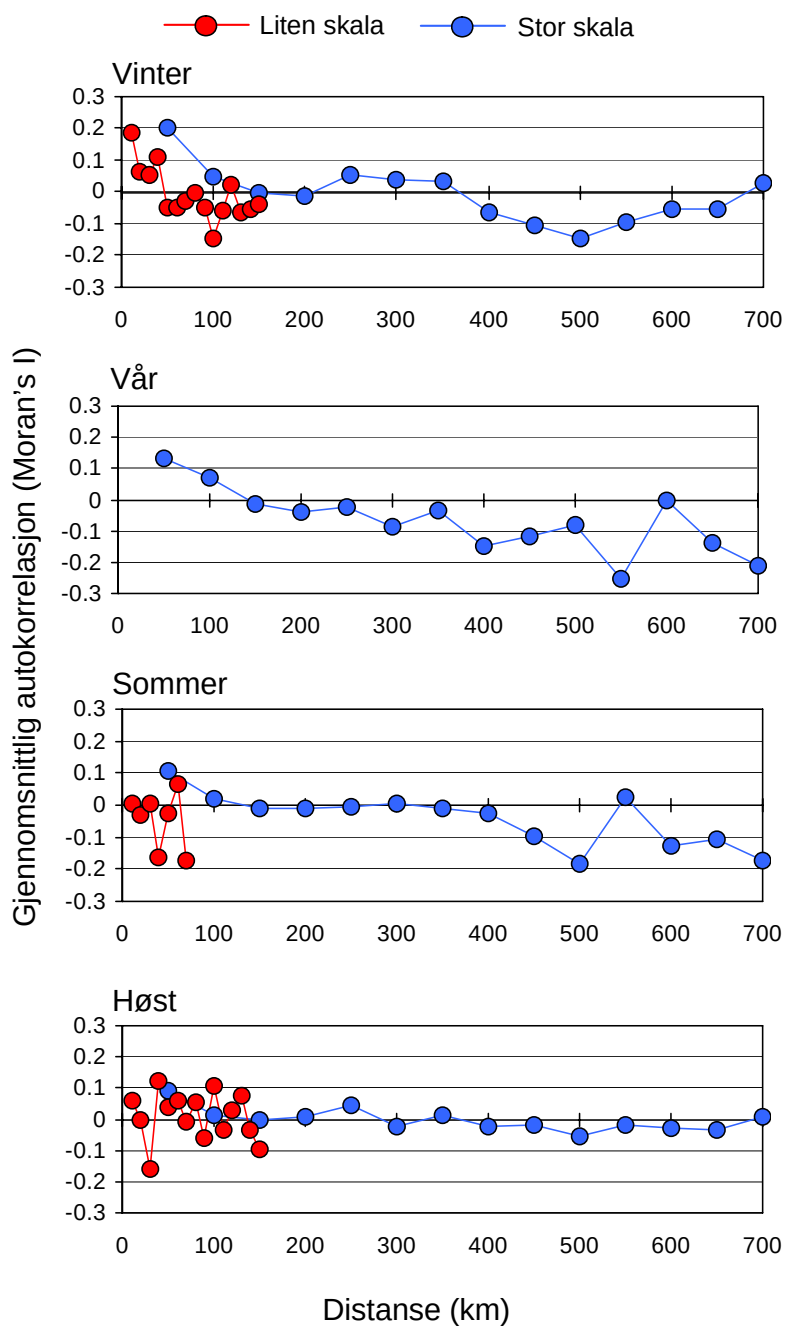


Plansje 6: Fiskemåke *Larus canus* Data



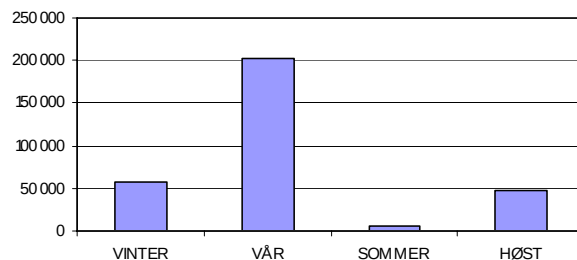
Plansje 6: Fiskemåke *Larus canus*

Romlig struktur

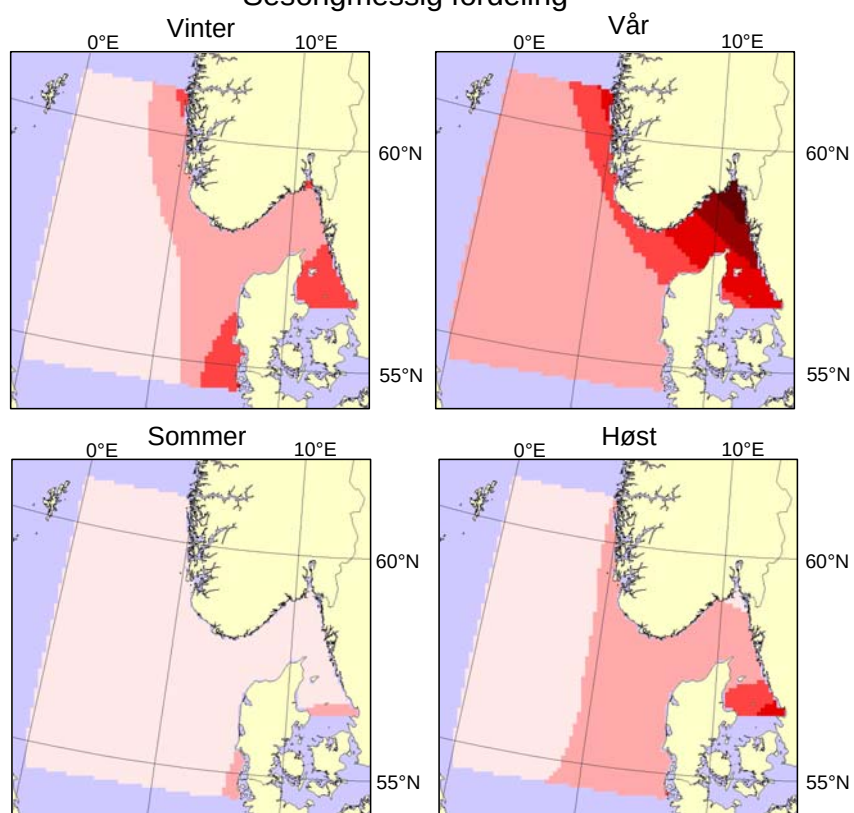


Plansje 6: Fiskemåke *Larus canus* GAM-modell

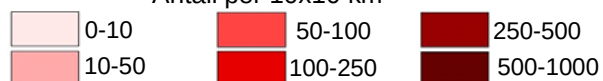
Antall i studieområde



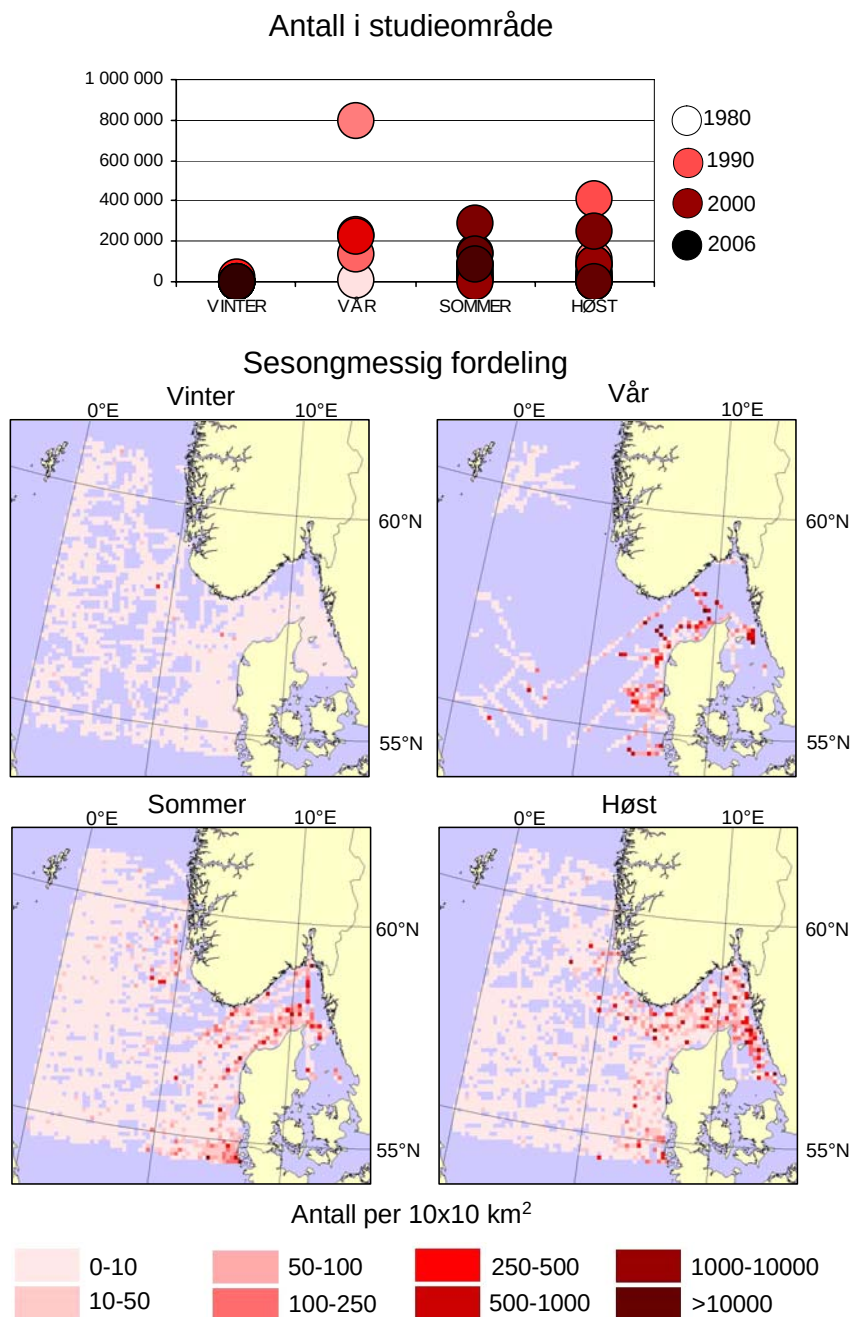
Sesongmessig fordeling



Antall per 10x10 km²

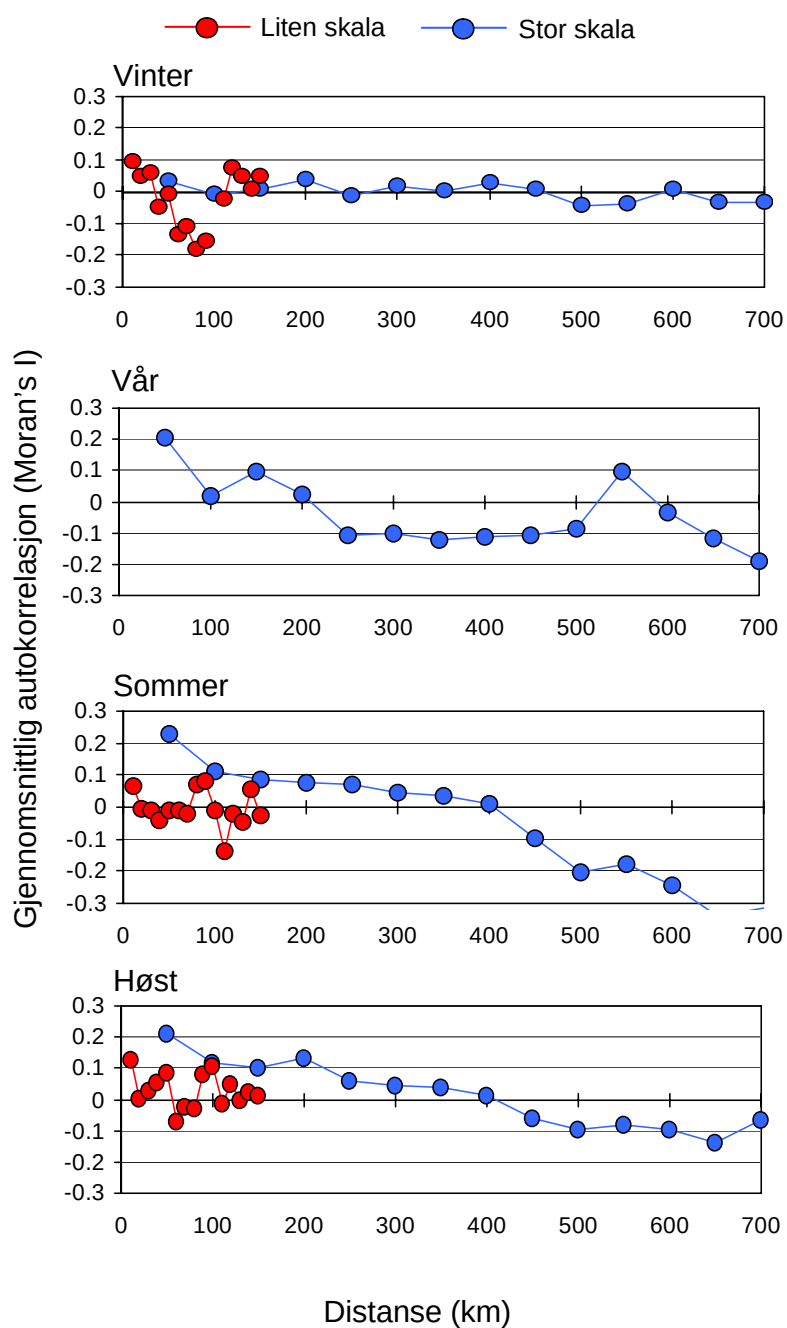


Plansje 7: Sildemåke *Larus fuscus* Data



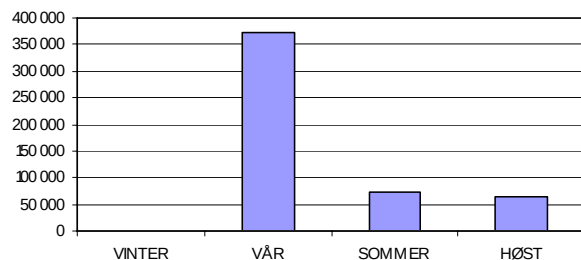
Plansje 7: Sildemåke *Larus fuscus*

Romlig struktur

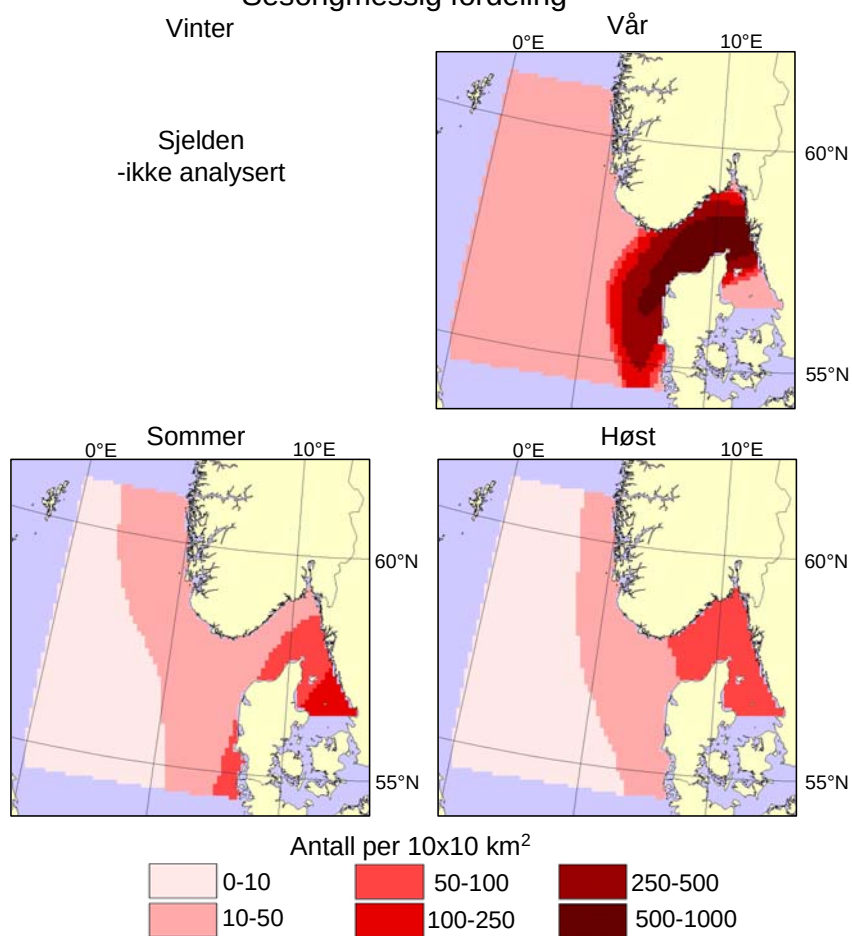


Plansje 7: Sildemåke *Larus fuscus* GAM-modell

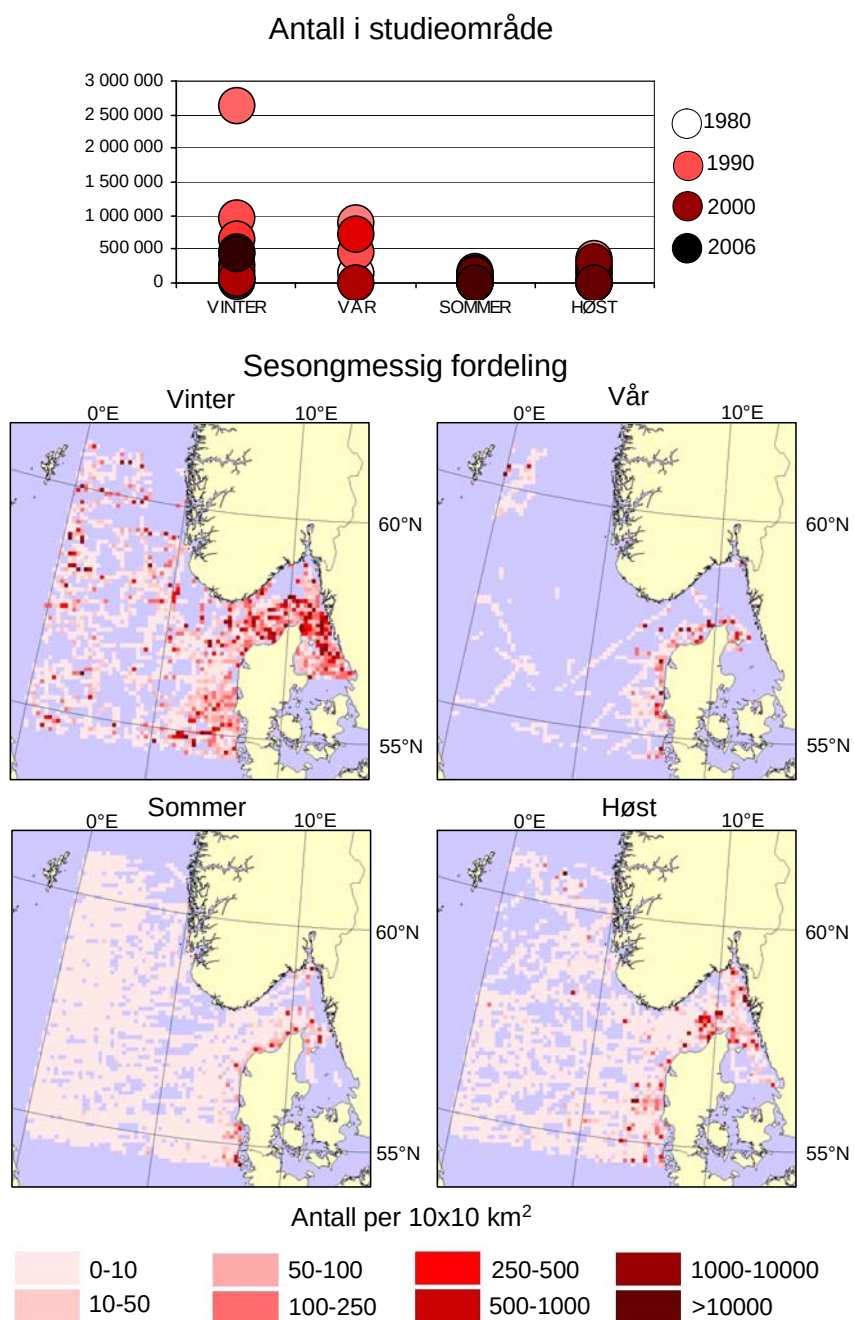
Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

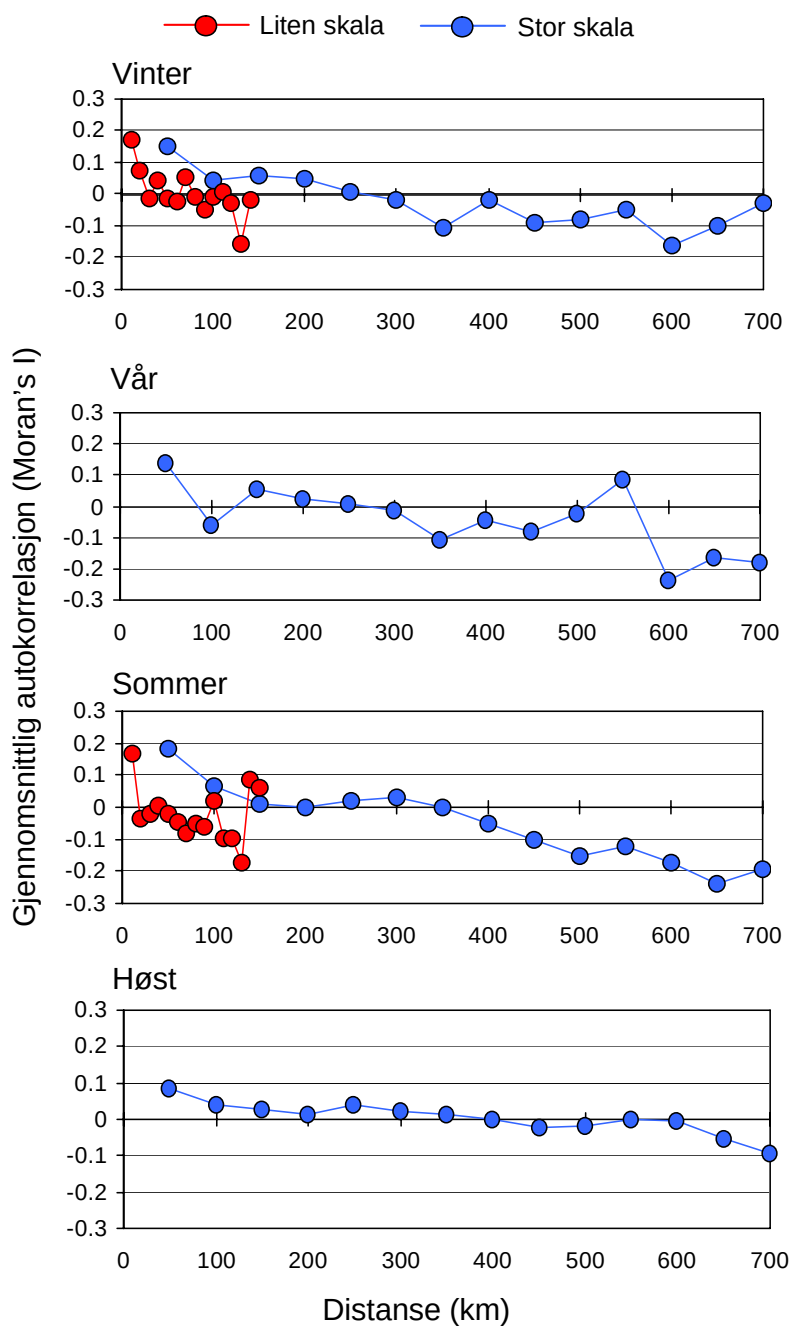


Plansje 8: Gråmåke *Larus argentatus* Data



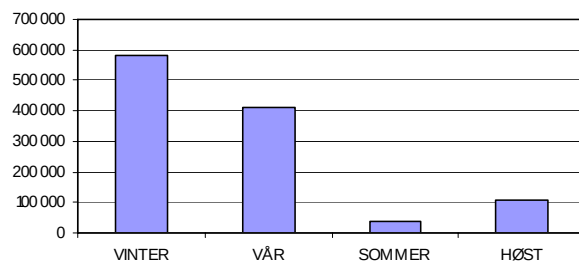
Plansje 8: Gråmåke *Larus argentatus*

Romlig struktur

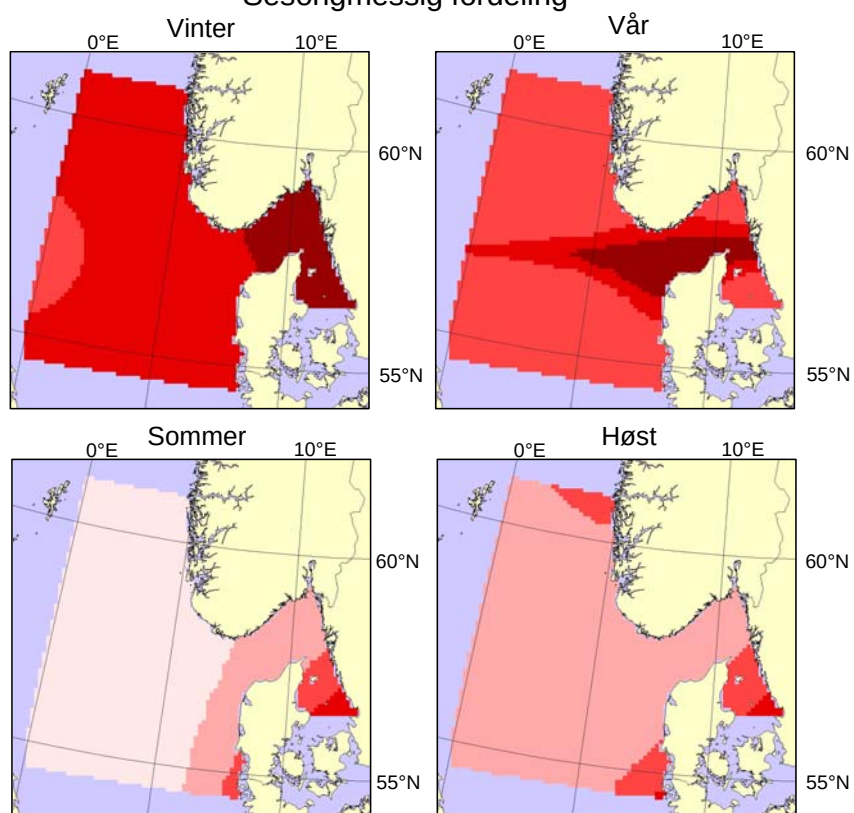


Plansje 8: Gråmåke *Larus argentatus* GAM-modell

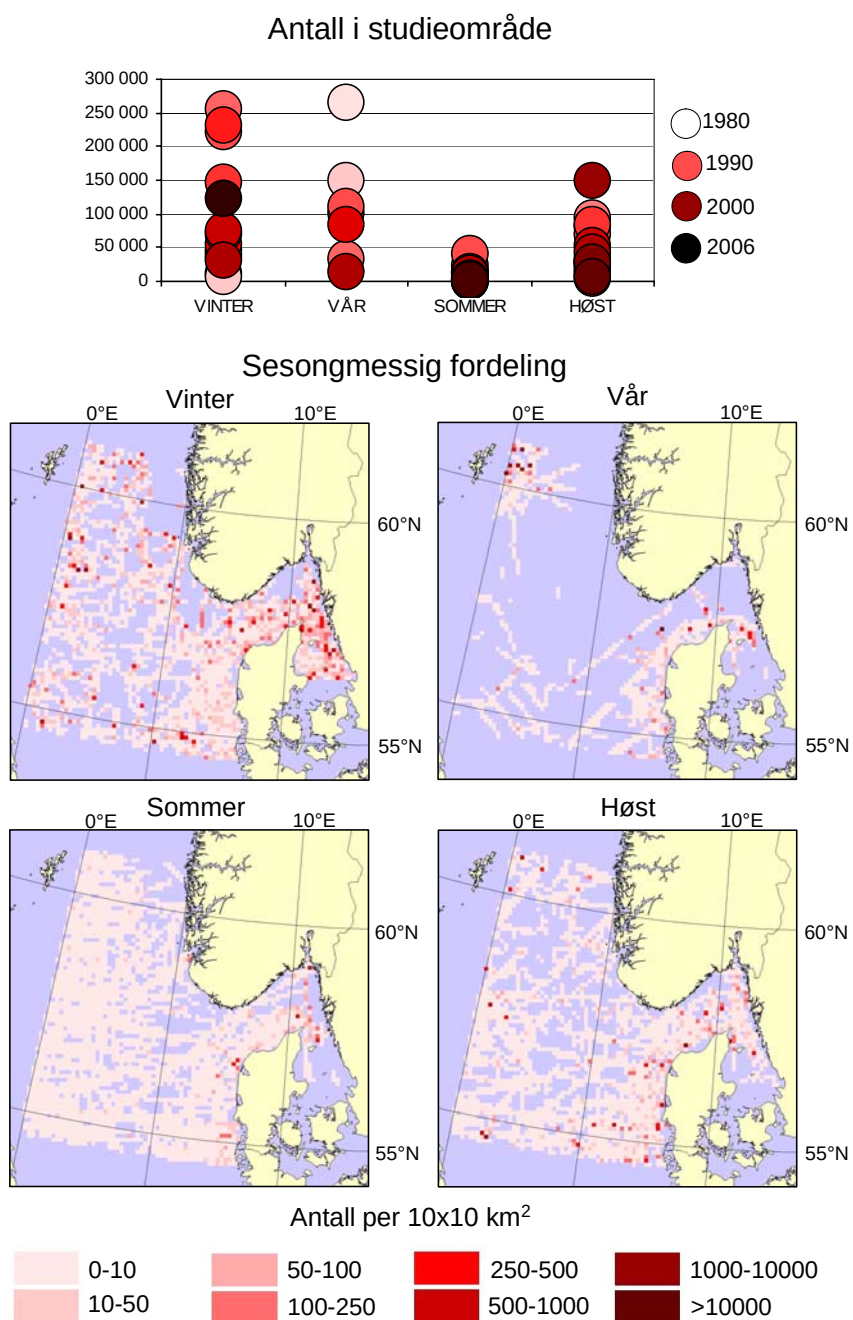
Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

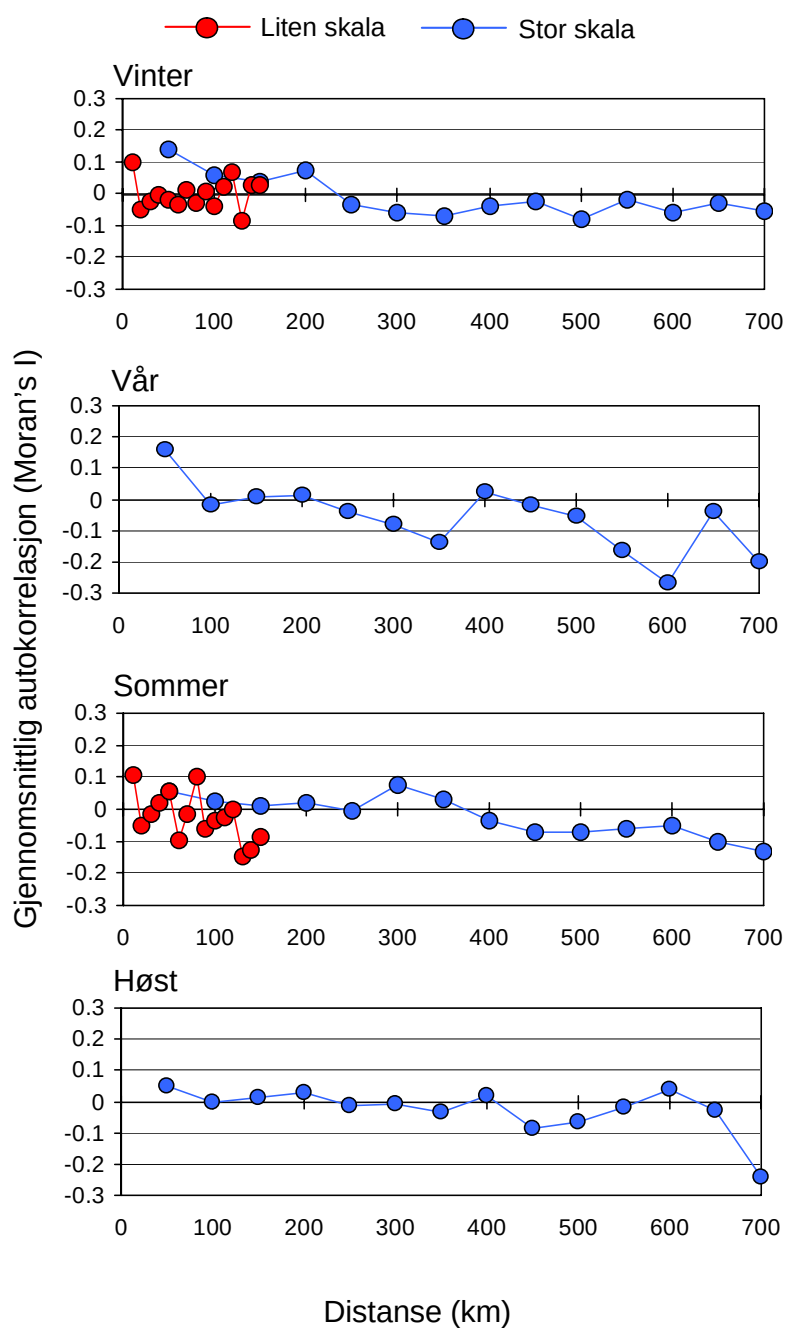


Plansje 9: Svartbak *Larus marinus* Data



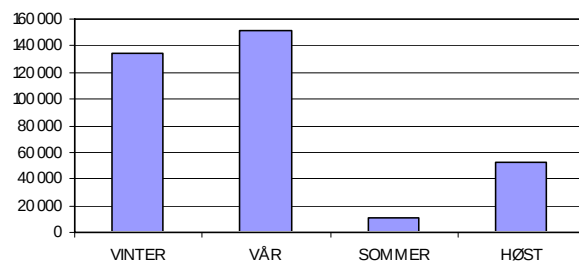
Plansje 9: Svartbak *Larus marinus*

Romlig struktur

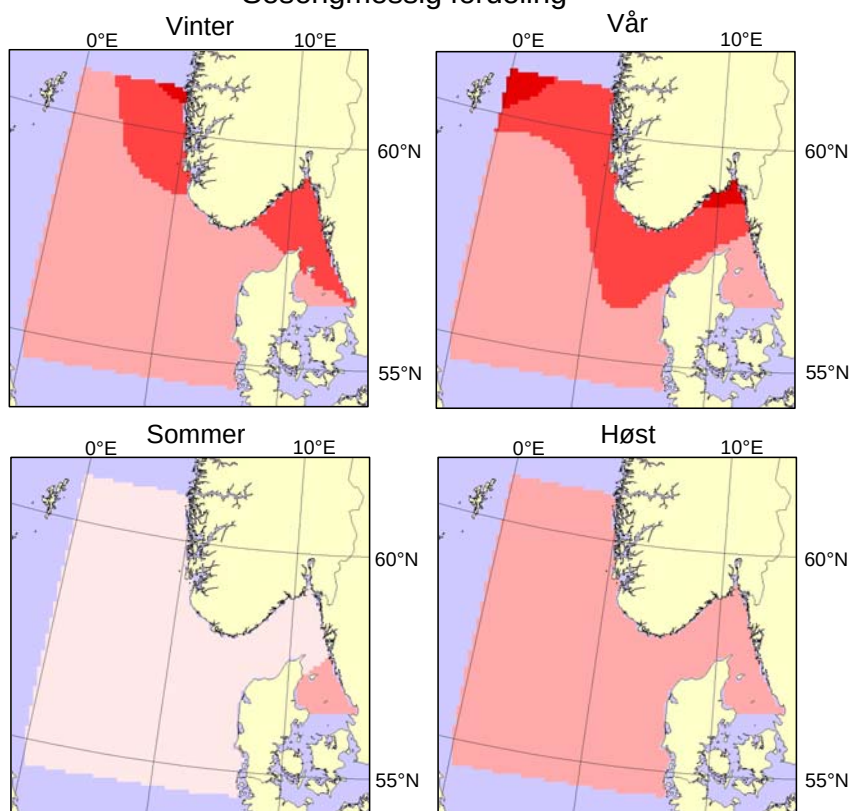


Plansje 9: Svartbak *Larus marinus* GAM-modell

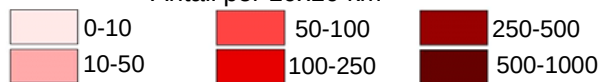
Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

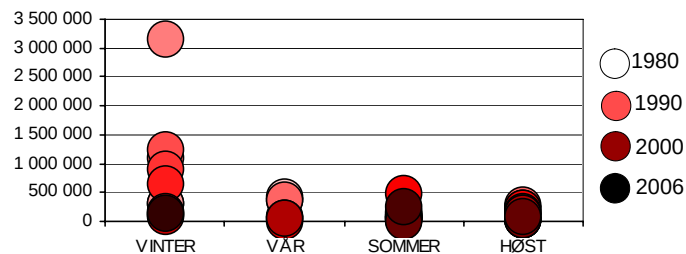


Antall per 10x10 km²

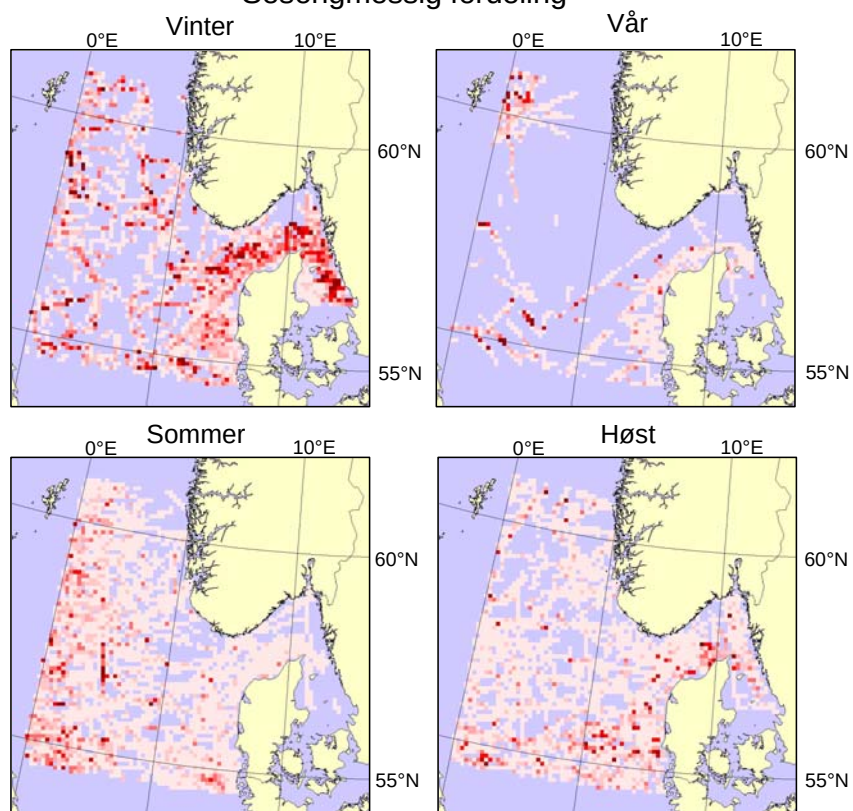


Plansje 10: Krykkje *Rissa tridactyla* Data

Antall i studieområde



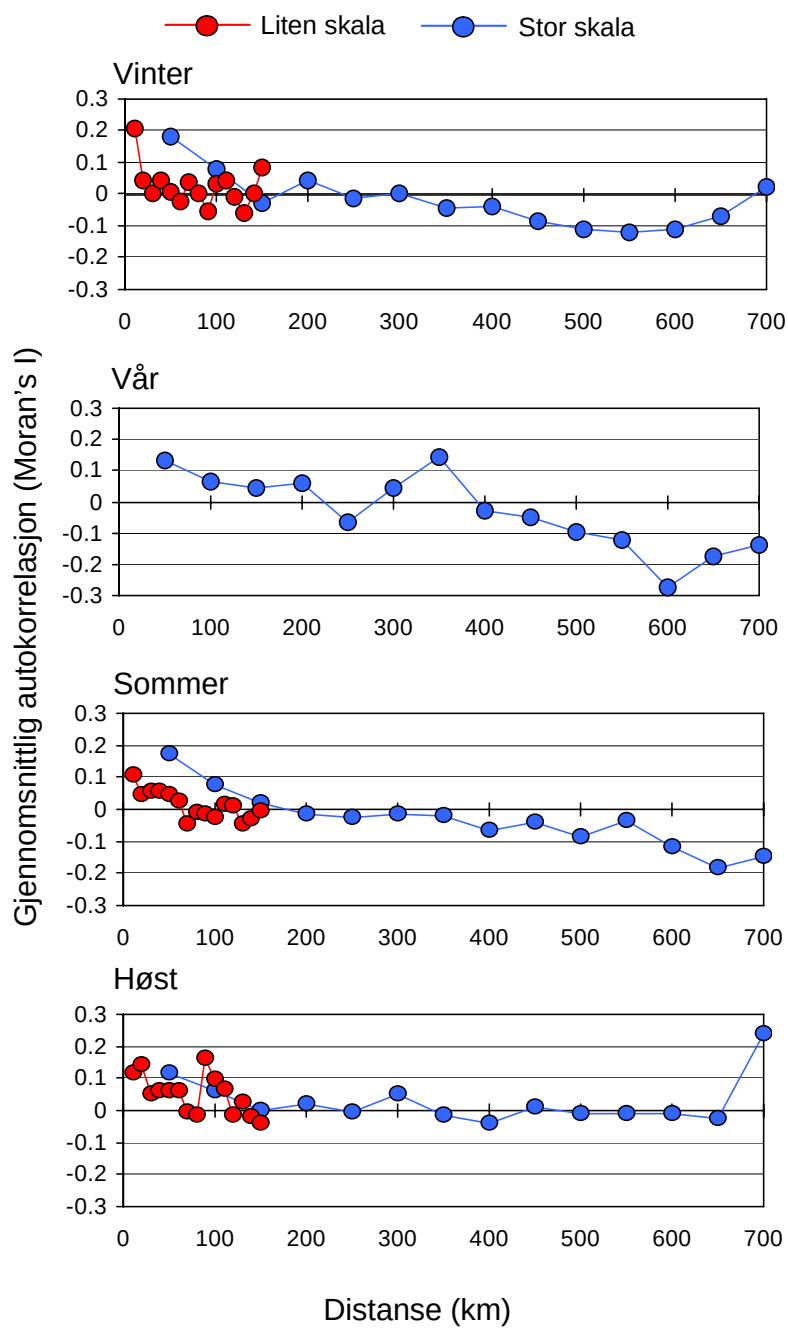
Sesongmessig fordeling



Antall per 10x10 km²

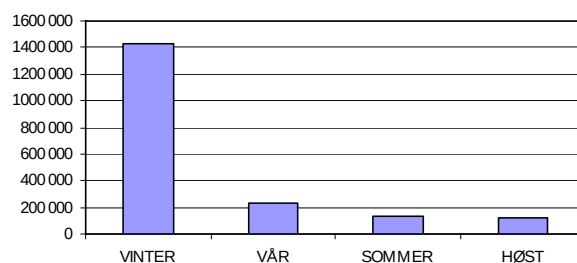


Plansje 10: Krykkje *Rissa tridactyla* Romlig struktur

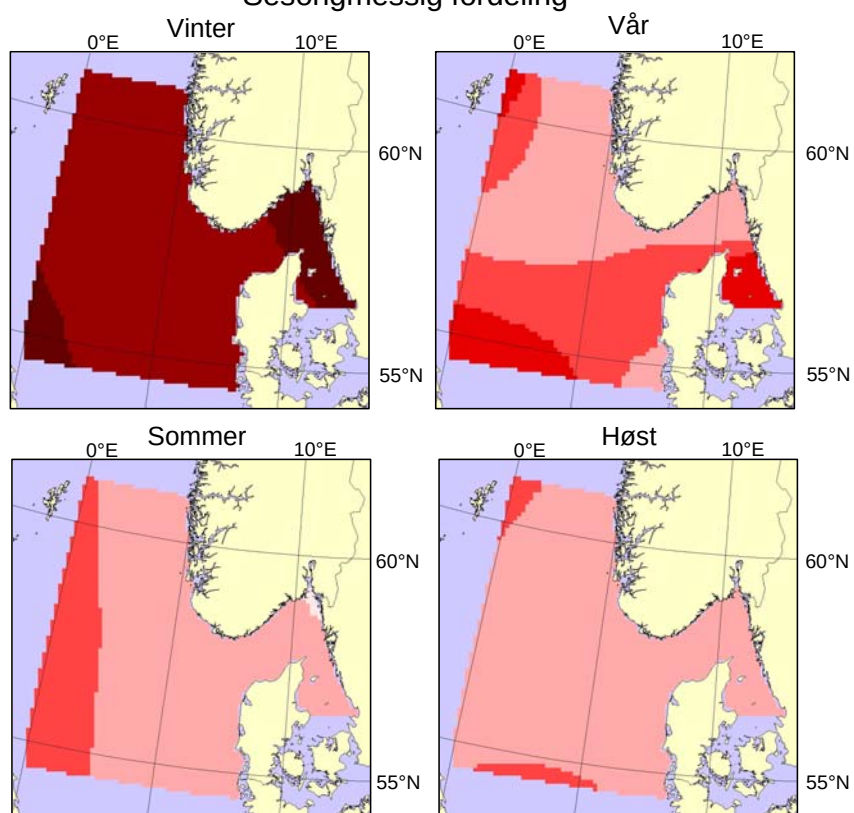


Plansje 10: Krykkje *Rissa tridactyla* GAM-modell

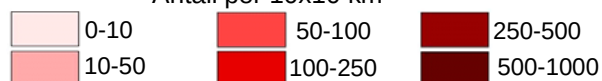
Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

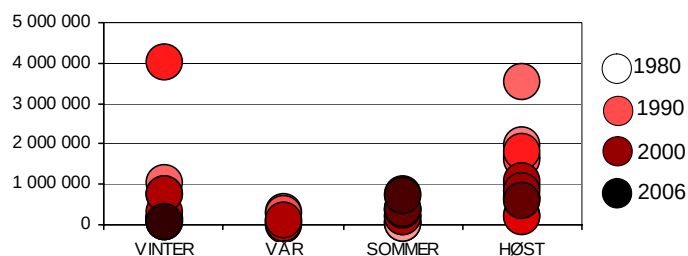


Antall per 10x10 km²

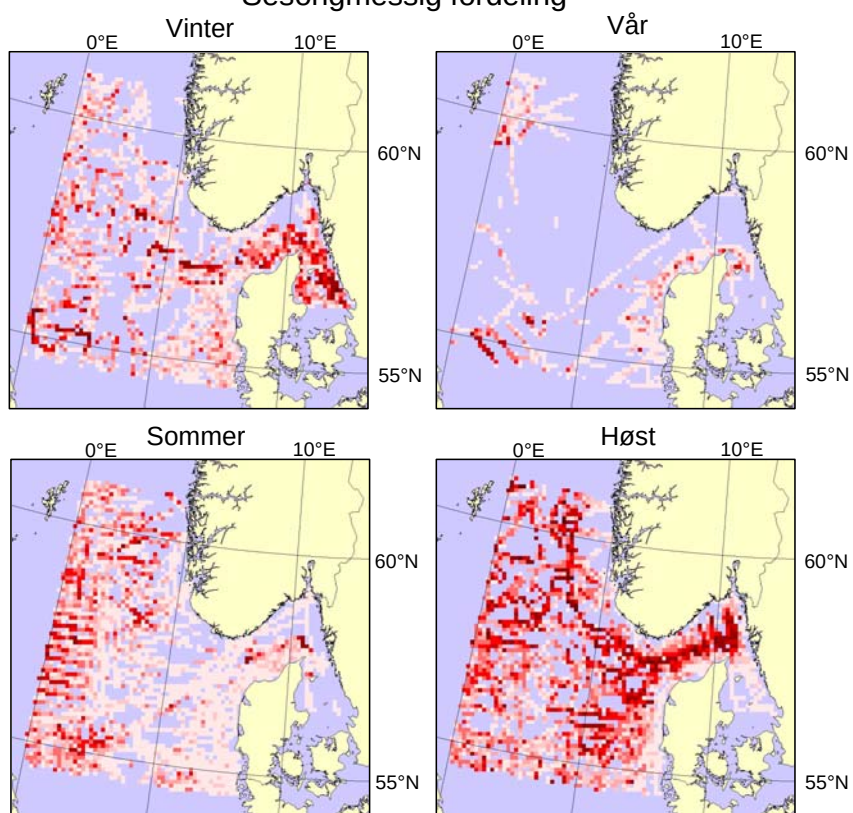


Plansje 11: Lomvi *Uria aalge* Data

Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

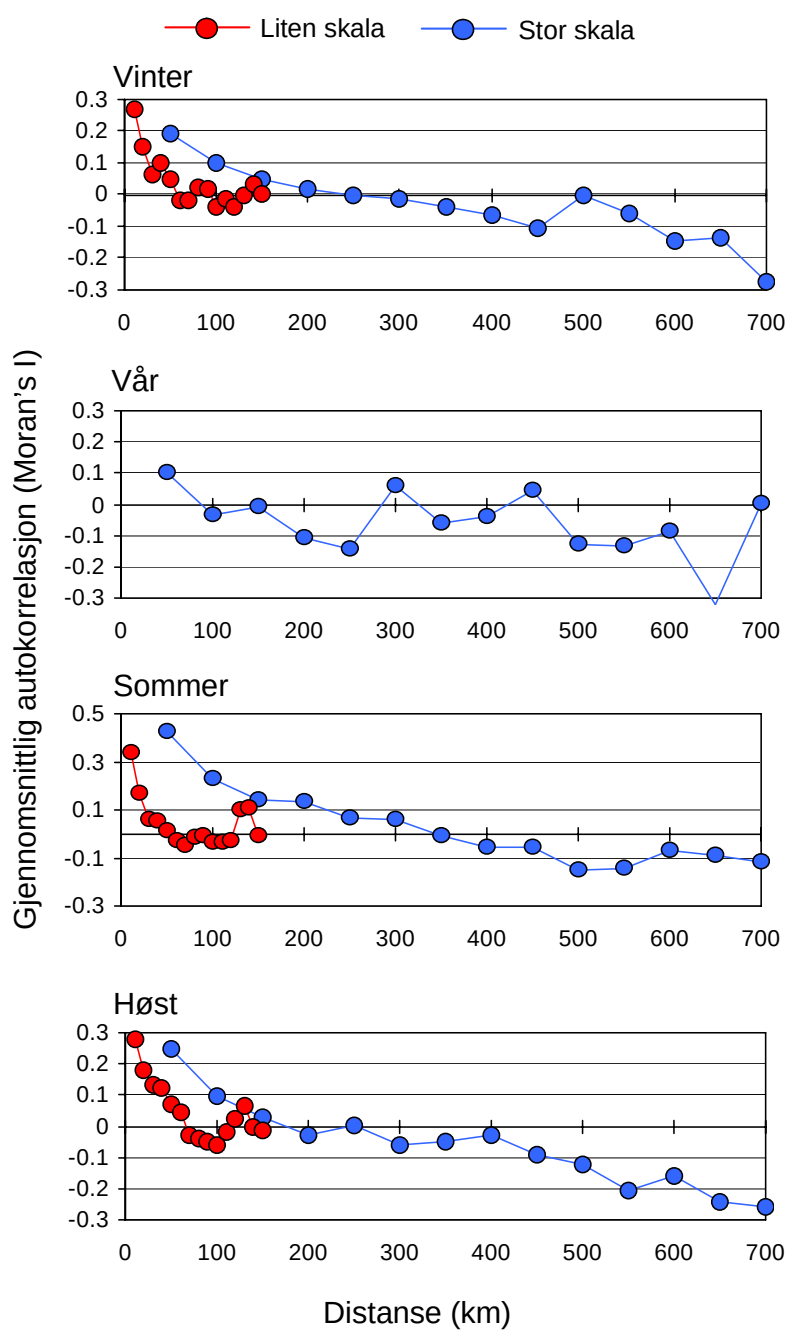


Antall per 10x10 km²



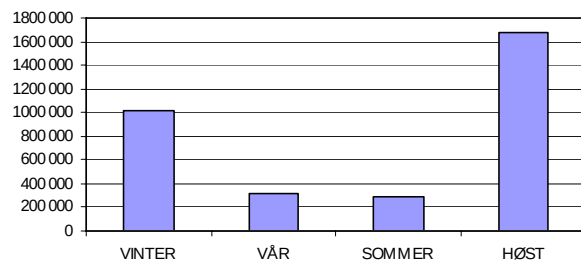
Plansje 11: Lomvi *Uria aalge*

Romlig struktur

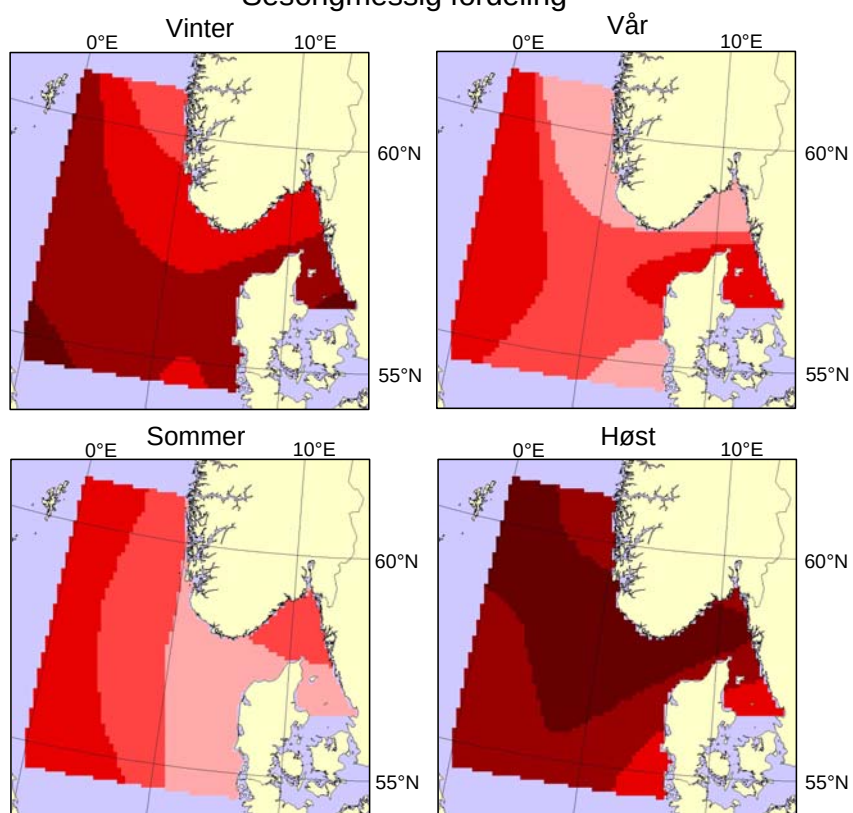


Plansje 11: Lomvi *Uria aalge* GAM-modell

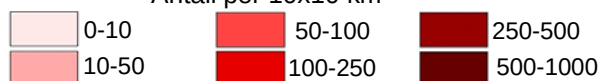
Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

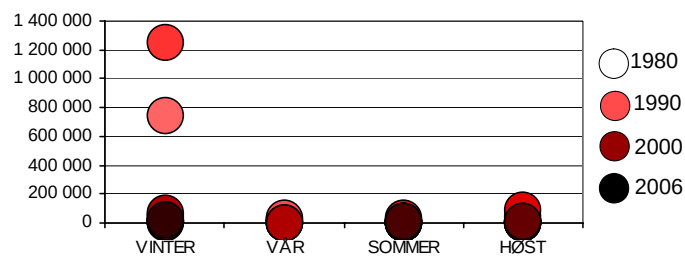


Antall per 10x10 km²

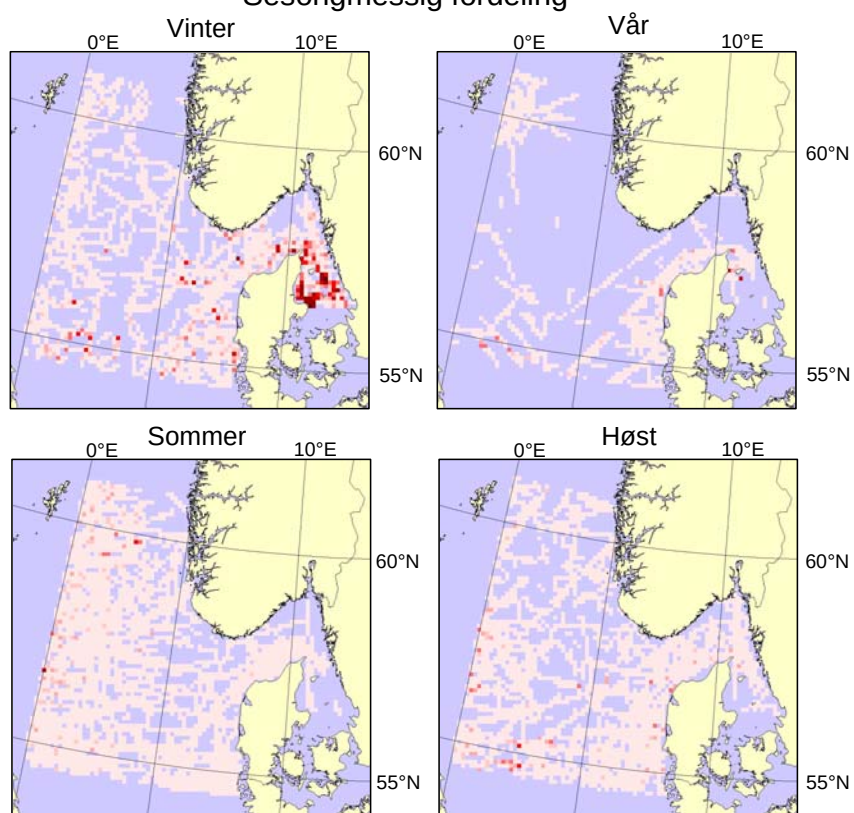


Plansje 12: Alke *Alca torda* Data

Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

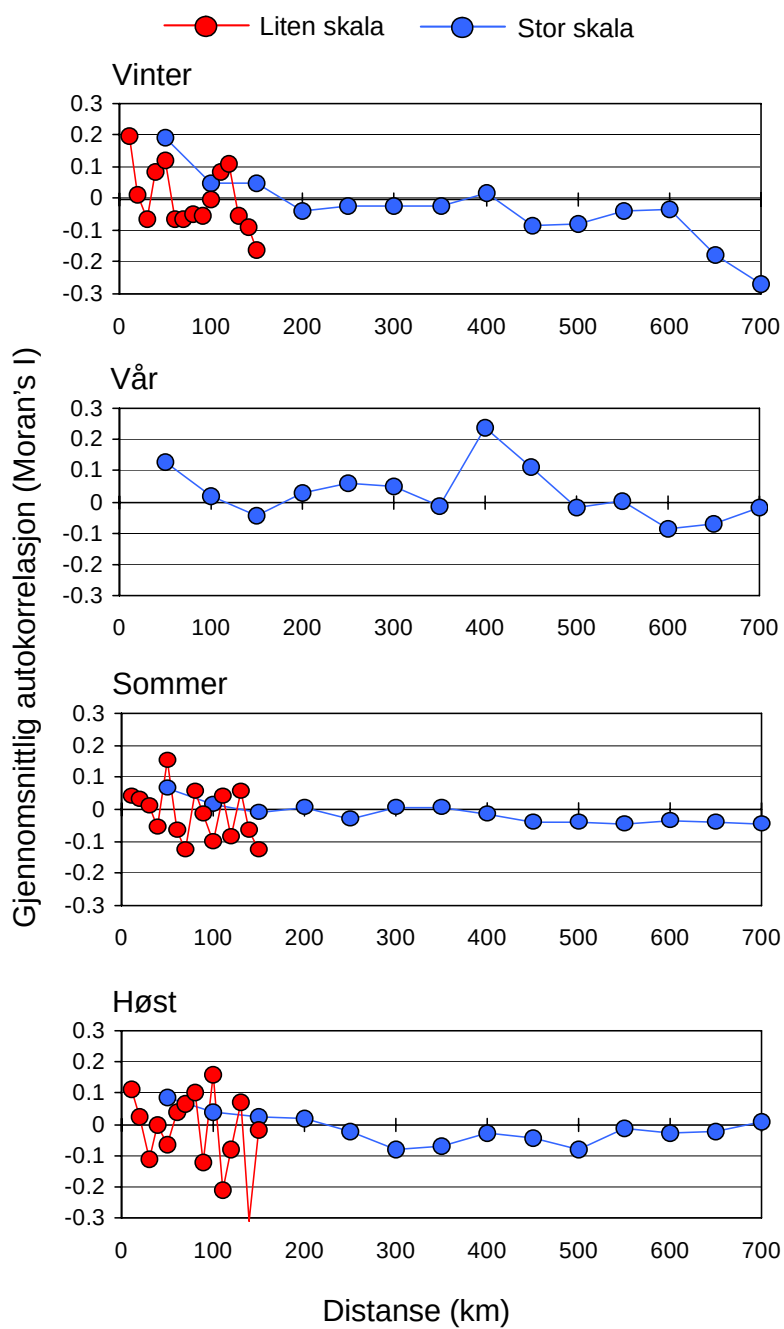


Antall per 10x10 km²



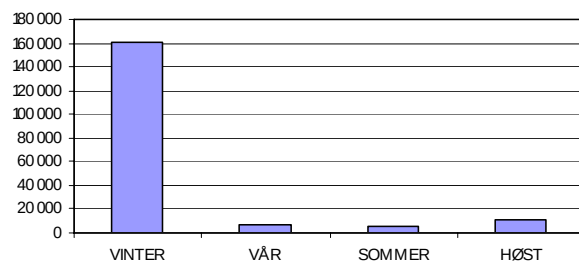
Plansje 12: Alke *Alca torda*

Romlig struktur

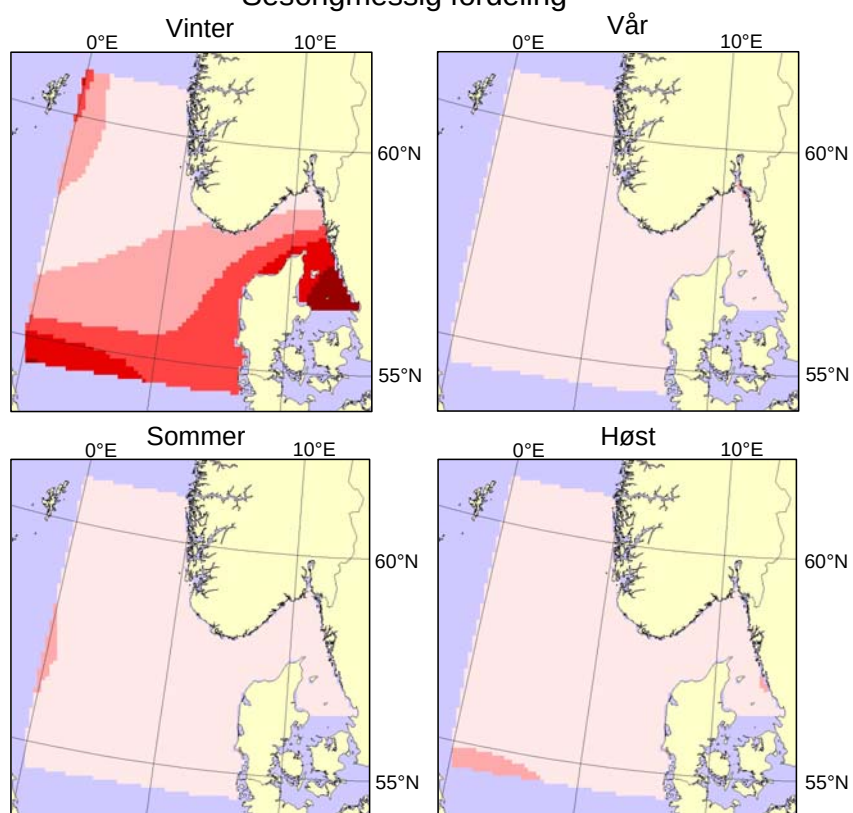


Plansje 12: Alke *Alca torda* GAM-modell

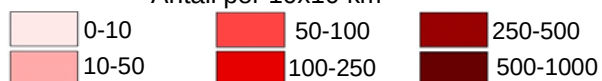
Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

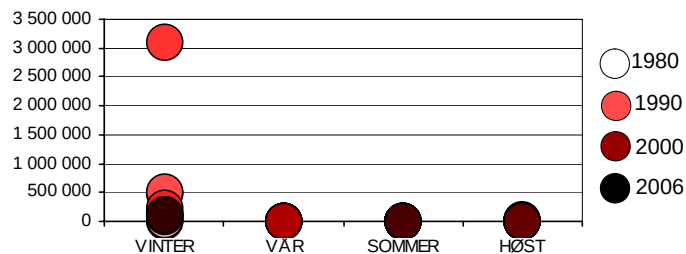


Antall per 10x10 km²

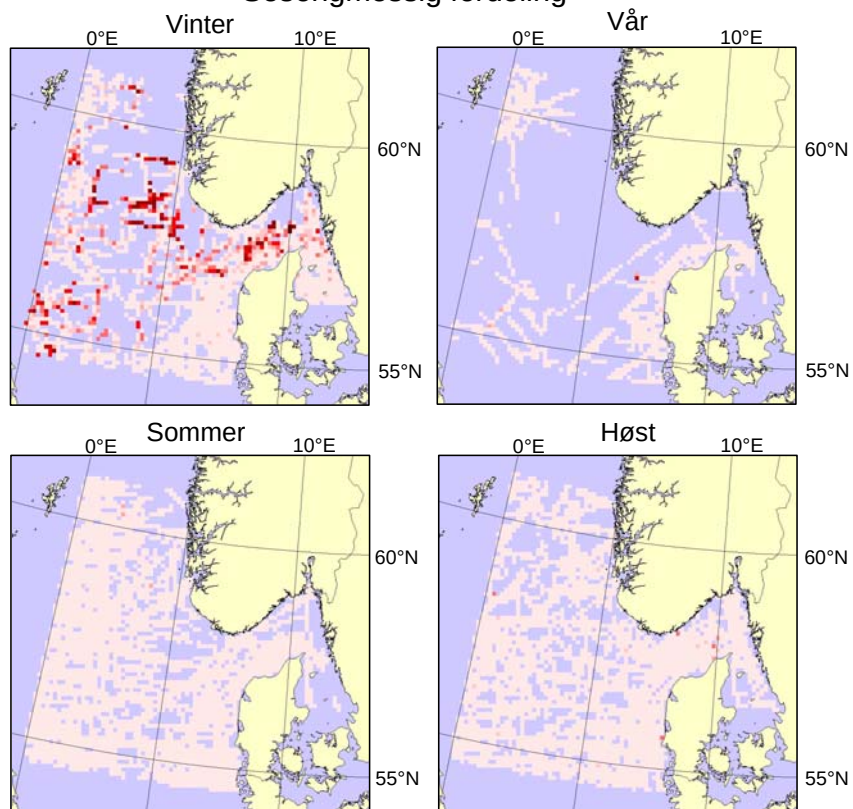


Plansje 13: Alkekonge *Alle alle* Data

Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling

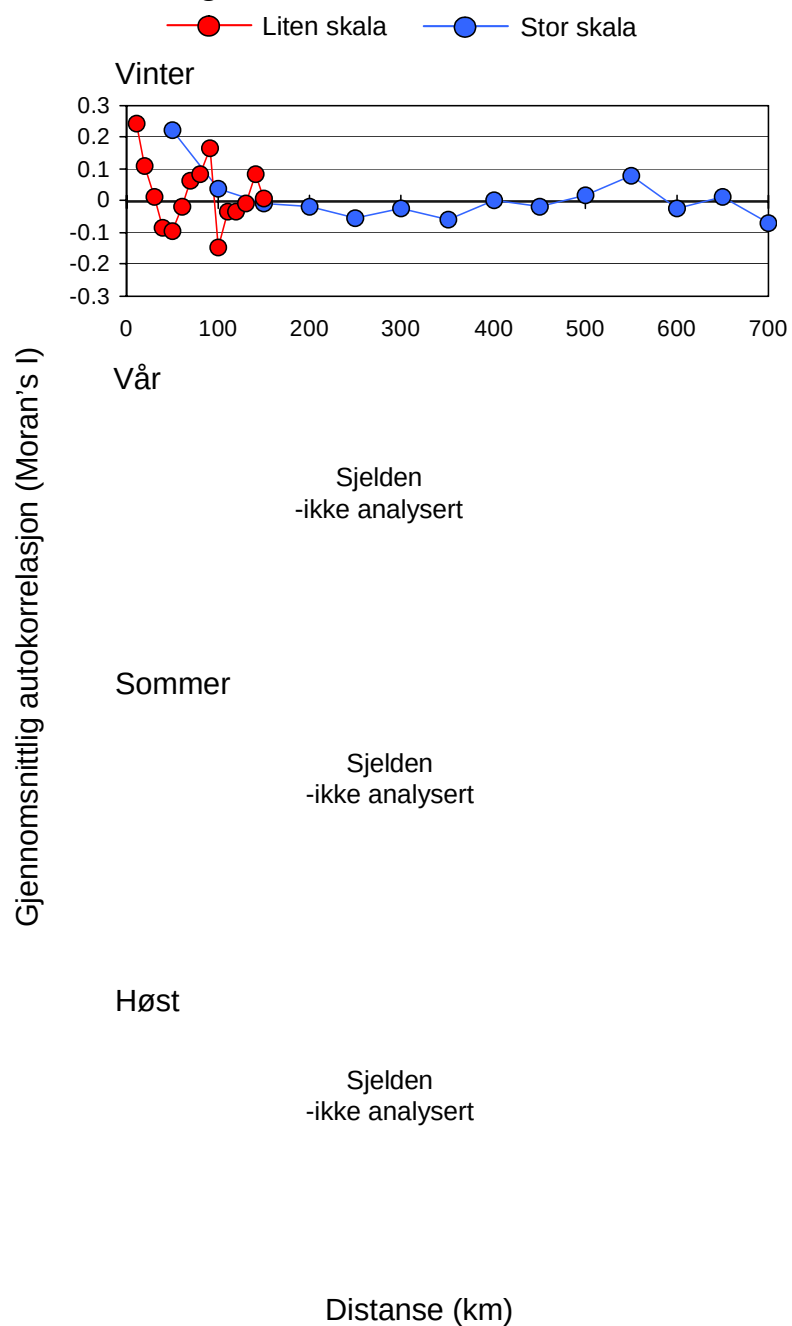


Antall per 10x10 km²



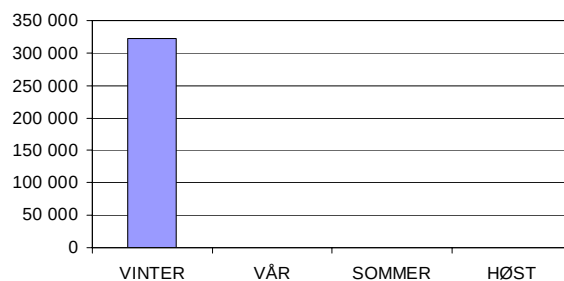
Plansje 13: Alkekonge *Alle alle*

Romlig struktur

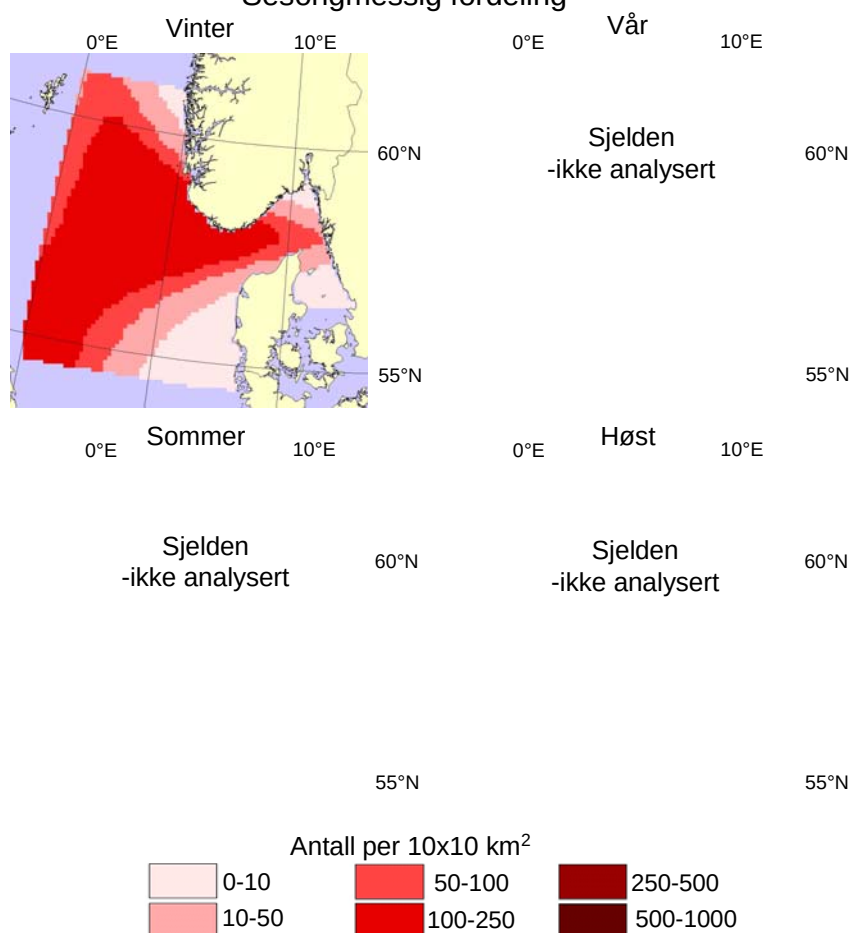


Plansje 13: Alkekonge *Alle alle* GAM-modell

Antall i studieområde

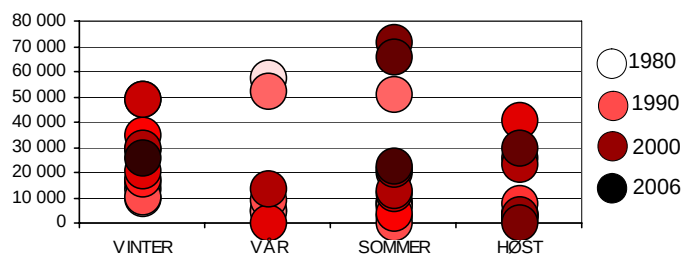


Sesongmessig fordeling

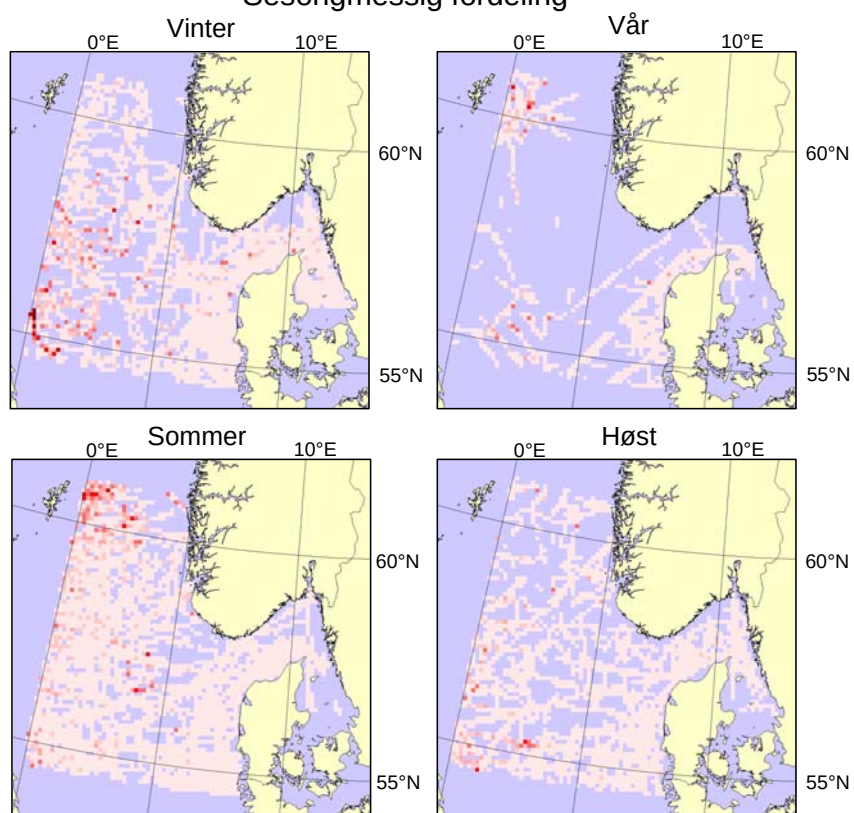


Plansje 14: Lunde *Fratercula arctica* Data

Antall i studieområde



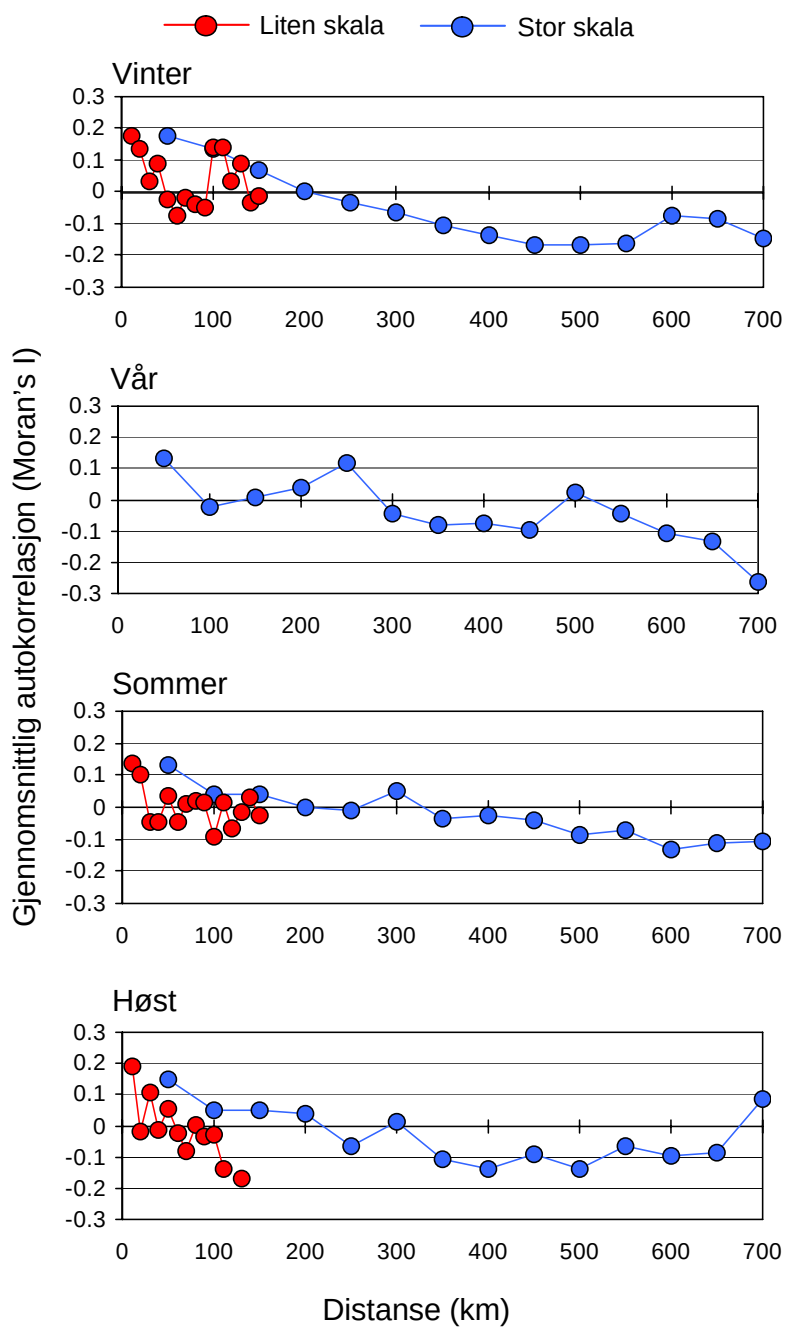
Sesongmessig fordeling



Antall per 10x10 km²

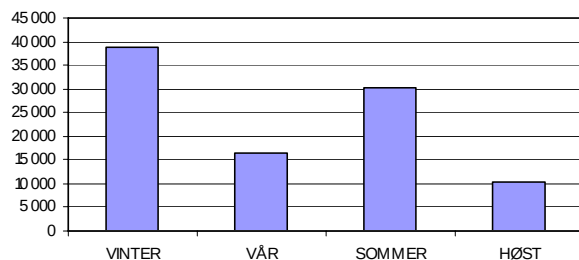


Plansje 14: Lunde *Fratercula arctica* Romlig struktur

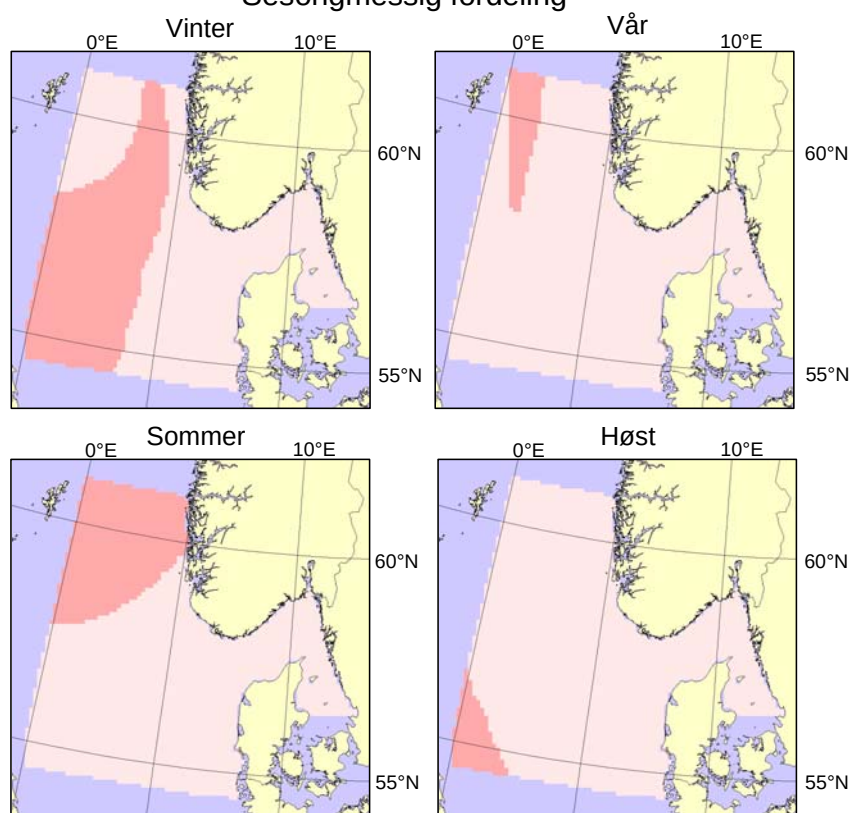


Plansje 14: Lunde *Fratercula arctica* GAM-modell

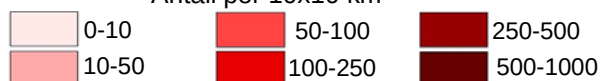
Antall i studieområde



Sesongmessig fordeling



Antall per 10x10 km²



8 Referanser

Carter, I.C., Williams, J.M., Webb, A. & Tasker, M.L. 1993. Seabird concentrations in the North Sea: An atlas of vulnerability to surface pollutants. -JNCC Report, 1-39.

Fauchald, P., Langeland, K. & Erikstad, K.E. 2004. Utbredelse av sjøfugl i Barentshavet – Grunnlagsrapport for inngangsdata til miljørettet risikoanalyse for område C, Barentshavet. - NINA Oppdragsmelding 815, 1-52.

Fauchald, P., Tveraa, T. Bårdsen, B.J. & Langeland, K. 2005. Utbredelsen av sjøfugl i Norskehavet og Barentshavet - NINA Rapport 64. 1-35

Fauchald, P. & Brude O.W. 2005. Simulering av fordelingsmønsteret til sjøfugl som en komponent i MIRA. -NINA Rapport 15, 1-36.

Lorentsen, S.-H., Anker-Nilssen, T., Kroglund, R.T. & Østnes, J.E. 1993. Konsekvensanalyse olje/sjøfugl for petroleumsvirksomhet i norsk del av Skagerrak. -NINA Forskningsrapport 39: 1-84.

O' Brien, S.H., Robinson, R.A., Taylor, S.J. & Gillon, K.W. 1999. Variability in seabird density. - JNCC Report 297, 1-53.

Skov, H., Durinck, J. & Andell, P. 2000. Associations between wintering avian predators and schooling fish in the Skagerrak-Kattegat suggest reliance on predictable aggregations of herring *Clupea harengus*. – Journal of Avian Biology 31: 135–143.

Tasker, M.L., Jones, P.H., Dixon, T.J. & Blake B.F. 1984. Counting seabirds at sea from ships: a review of methods employed and a suggestion for a standardised approach. Auk 101:567-577.

NINA Rapport 171

ISSN:1504-3312

ISBN: 82-426-1726-0



Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: NO-7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, NO-7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: 9500 37 687

<http://www.nina.no>