

Råd for tobisfiskeriet i norsk sone for 2019

Tobistokt i Nordsjøen

23. april-13. mai 2019



Espen Johnsen

M/S "Eros" 13. mai 2019

Havforskningsinstituttet

Oppsummering og endelig råd for 2019

Årets tokt viser at 2016-årsklassen av havsil (tobis) fortsatt er tallrik, og at 2017-årsklassen er svak. Antall ettåringer (2018-årsklassen) er middels høyt. Den individuelle veksten har vært god siden i fjor. Mye mat i magen på tobisen og en god kondisjon viser at det har vært gode beiteforhold våren 2019. Likevel, individvekten er lavere enn normalt da dårlig vekst i 2018 har medført at lengden på to- og treåringene er mindre enn vanlig. En liten vekstsone i øresteinene bekrefter også at veksten i fjor var dårlig. Utbredelsen av tobis kan betraktes som god da det ble observert fangbare forekomster i alle forvaltningsområdene (1-4) i den sørlige delen av den norske sonen i Nordsjøen.

Sammenlignet med prognosene som la grunnlaget for det foreløpige rådet, er det godt samsvar mellom målt antall ettåringer og prognosene basert på skrapetoktet.

Prognosen av antall toåringer stemmer også relativt godt med mengdemålingen i årets tokt. For treåringene derimot, så er mengden målt under årets tokt vesentlig høyere enn hva som ble predikert. Individvekt per aldersgruppe er også noe høyere enn hva som ble lagt til grunn i det foreløpige rådet.

Toktet ble gjennomført som planlagt, og biomasseestimatet (median) for forvaltningsområde 1-4 er totalt 327 500 tonn og 90% konfidensintervallet fra 254 000 til 406 000 tonn.

For det endelige kvoterådet legger Havforskningsinstituttet til grunn en høstingsgrad på 0.4 av 40-persentilen av biomasseestimatet. På dette grunnlag tilrår Havforskningsinstituttet at årets tobiskvote økes til 125 000 tonn. Havforskningsinstituttet tilrår også at område 5 forblir stengt grunnet fortsatt lavt biomasseestimat på Vikingbanken.

Målet med toktet

I perioden 23. april - 13. mai 2019 har Havforskningsinstituttet gjennomført et akustisk tokt med M/S "Eros" på tobisfeltene i den norske delen av Nordsjøen. Toktet gir oppdatert kunnskap om bestandsstørrelse, aldersfordeling og geografisk utbredelse av tobisbestanden. Spesielt viktig er det å få et godt mål på rekrutteringen (ettåringene) for å kunne beregne den totale bestandsstørrelsen siden ettåringer ofte

utgjør hoveddelen av bestanden. Resultatene fra årets tokt sammenlignes med prognosen som ga grunnlag for det foreløpige rådet, tidligere akustiske tokt samt mengde- og alderssammensetningen i kommersielle fangster, og danner grunnlaget for et endelig tobisråd for 2019 i norsk økonomisk sone (NØS).

I tillegg skal det i løpet av april-juni gjennomføres gjentakende akustisk dekning av tobisområdene ved hjelp av to seildroner (<https://www.hi.no/hi/nyheter/2019/april/sender-segldroner-pa-tokt-i-nordsjoen>) for å undersøke romlig- og temporær dynamikk i tobisbestanden. Resultatene fra seildronene vil bli presentert i løpet av 2019.

Forvaltningsmodell for tobis

Etter en prøvefase i 2010 innførte Norge i 2011 en områdebasert forvaltning av tobis i NØS av Nordsjøen. Hovedmålet med planen er å bygge opp gytebiomassen av tobis på alle historisk viktige tobisfelt i NØS for å sikre et langsiktig bærekraftig tobisfiske. En slik forvaltning vil øke rekrutteringspotensialet for denne nøkkelarten i økosystemet, og således øke mattilgangen for arter i Nordsjøen som beiter på tobislarver og eldre tobis.

Forvaltningsmodellen ble evaluert av Fiskeridirektoratet, HI og fiskerinæringen våren 2014, og igjen i desember 2016. Evalueringen konkluderte med at modellen fungerer etter hensikten, men det er et ønske fra fiskerinæringen om å legge forholdene bedre til rette for et hensiktsmessig fiskeri. Etersom datagrunnlaget for bestandsovervåking og fastsettelse av kvoteråd blir av stadig bedre kvalitet, er det mulig å imøtekomme ønsket om et mer fleksibelt fiskeri. Områdeinndelingene gjeldende fra 2017 er vist i Figur 1.

Høstingsregel

For det foreløpige rådet for 2019 ble det definert et rammeverk for kvoterådet der utgangspunkt i at gjennomsnittlig årlig høstingsgrad (definert som landing dividert på estimert biomasse fra det akustiske toktet) har vært omtrent 0.4 for perioden 2010 til 2018. En slik høstingsrate synes å gi en langsiktig balanse mellom overlevelse av

tobis og et stabilt godt fiskeri. I det foreløpige rådet ble det i tillegg lagt inn en forsiktighetsbuffer i den predikerte biomassen for 2019.

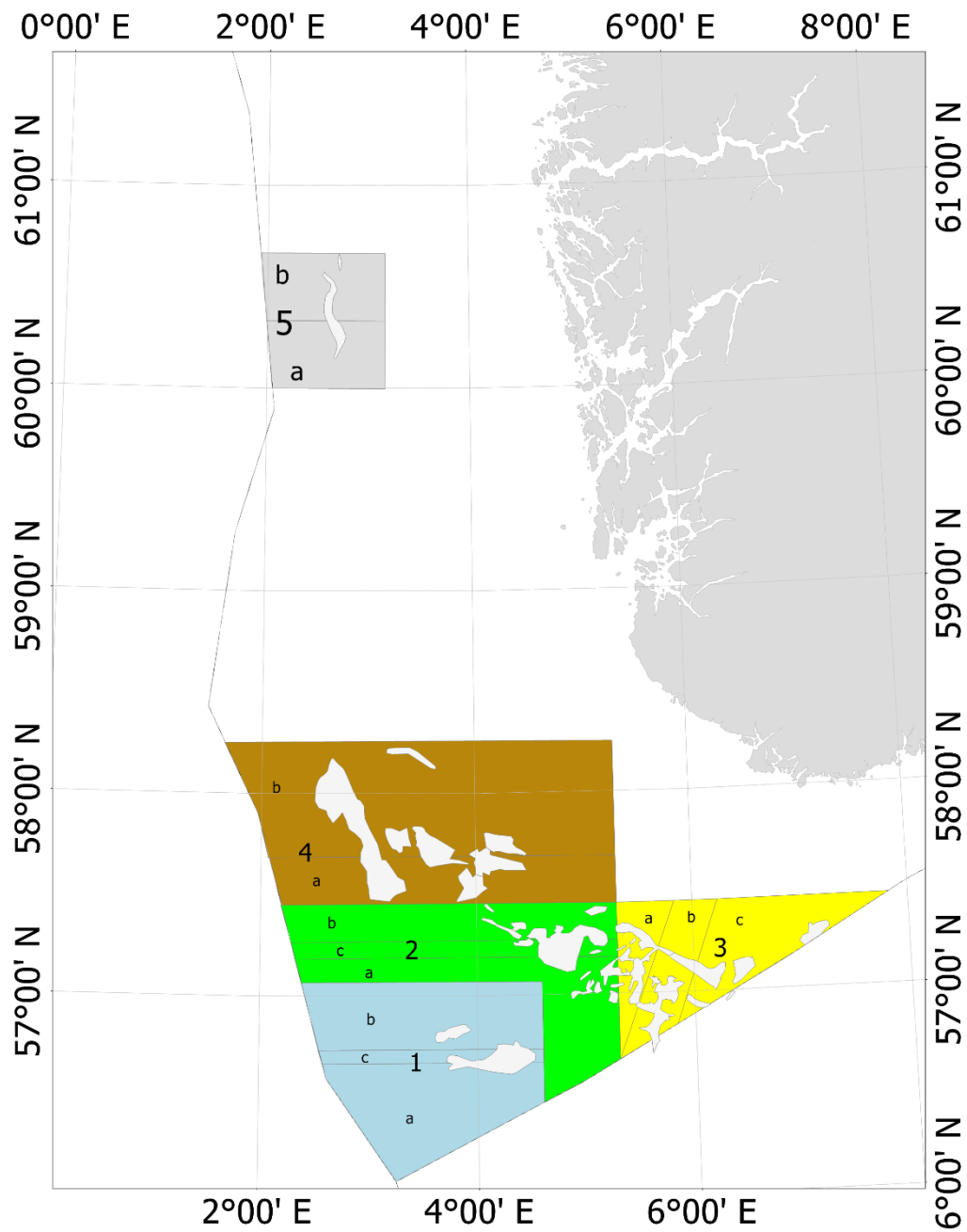
Ettersom et toktestimat også innehar en del usikkerhet ønsker Havforskningsinstituttet å ta hensyn til dette i høstingsregelen som brukes i fastsettelsen av den endelige kvoten i 2019:

$$kvote_{2019} = B_{40est,1+} \cdot hr$$

Der hr er høstingsgraden (0.4) og $B_{40est,1+}$ er 40-persentilen av biomasseestimat av ett år og eldre tobis. Det er ønskelig å bruke 40-persentilen, heller enn medianverdien (50-persentilen), siden kvoterådet da til en viss grad tar høyde for usikkerheten i biomasseestimatet.

Prognose og foreløpig råd for 2019

Det foreløpige rådet for 2019 (Tabell 1) tok utgangspunkt i bestandssituasjonen for 2018 (Johnsen 2019) der akustikktoktet er det viktigste grunnlaget for bestandsvurderingen. Toktet i 2018 estimerte antall tobis til å være høyt grunnet den sterke 2016-årsklassen, men en dårlig individvekst og lav kondisjon medførte at den totale biomassen av tobis var mye lavere enn forventet. De biologiske prøvene innsamlet fra tobistrålerne viste at individvekten tilnærmet doblet seg fra midten april til midten av mai i 2018, noe som medførte at antall fisk som fanget per tonn ble redusert utover sesongen. I tillegg indikerte skrapetoktet høsten 2018 at det det var mye nullåringer, og at rekrutteringen av ettåringer våren 2019 dermed skulle bli høy. Estimatenes fra skrapetoktet er usikre, og i det foreløpige rådet ble denne usikkerheten tatt hensyn til ved å velge en rekrutteringsprognose basert på nedre del av forventingsfordelingen (5-percentilen). I prognosen ble gytebestanden ble også vurdert til å være god siden det er en eldre individer i bestanden og deler av den sterke 2016-årsklassen var kjønnsmoden i vinter. Tobisbestanden nord på AlbjørnLing, Nordgyden og Vikingbanken (Figur 3) var vurdert til fortsatt å være kritisk lav.



Figur 1. Forvaltningsområdene i norsk sone. De hvite feltene inni forvaltningsområdene er områdene der fiskeriet historisk har foregått.

Tabell 1. Kvoteråd 2010-2019 i norsk økonomisk sone.

År	Foreløpig råd		Endelig råd i mai	
	Kvoteråd (tonn)	Åpne underområder	Kvoteråd (tonn)	Åpne underområder
2010	20 000	1b, 2b, 3b	50 000	1b, 2b, 3b
2011	60 000	1a, 2a, 3a	90 000	1a, 2a, 3a
2012	40 000	1b, 2b, 3b	40 000	1b, 2b, 3b
2013	20 000	3a	20 000	3a
2014	15 000	3b, 3c	90 000	2a, 3b, 3c, 4b
2015	100 000	2b, 3b, 3a	100 000	1b, 2b, 3a, 3b, 4a
2016	40 000	1b, 2a, 3a, 3b	40 000	1b, 2a, 3a, 3b, 4a
2017	50 000	1b, 1c, 2b, 2c, 3c, 3b, 4a	120 000	1b, 1c, 2b, 2c, 3c, 3b, 4a
2018	70 000	1b, 1c, 2a, 2c, 3a, 3b, 4b	70 000	1b, 1c, 2a, 2c, 3a, 3b, 4b
2019	55 000	1b, 1c, 2b, 2c, 3b, 3c, 4a	125 000	1b, 1c, 2b, 2c, 3b, 3c, 4a

For endelig råd i 2019, er følgende spørsmål vurdert:

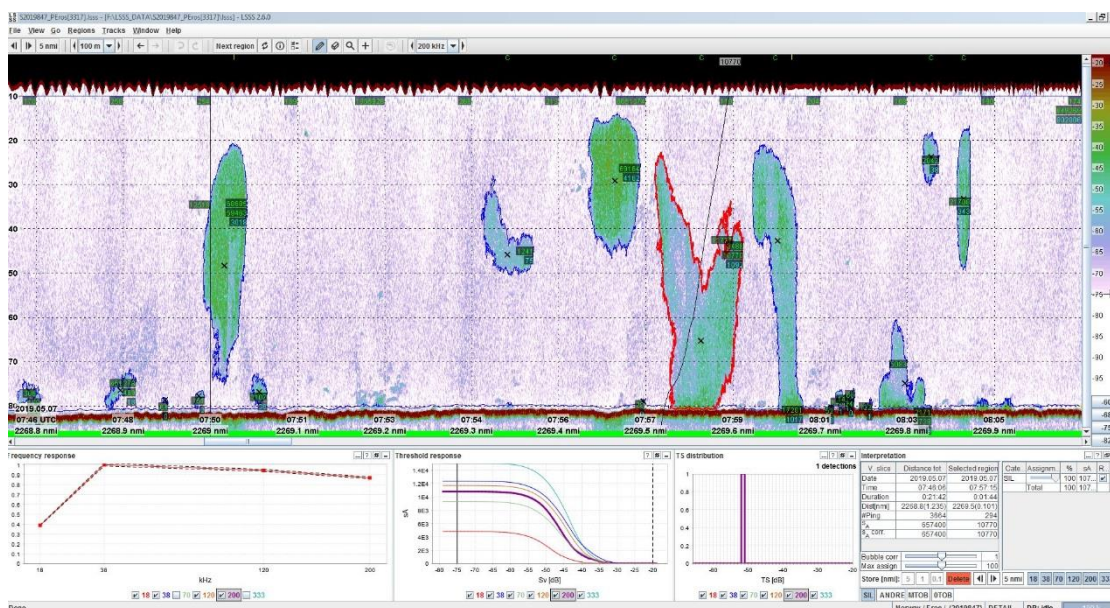
- Er det grunnlag for å øke totalkvoten av tobis i norsk økonomisk sone?
- Er det grunnlag for å åpne opp for regulært fiskeri i forvaltningsområde 5 (Vikingbanken)?

Toktmetodikk - akustikk

Havforskningsinstituttet har de senere årene utviklet akustisk metodikk for å måle utbredelse og mengde av tobis, og i nært samarbeid med tobisfiskerne er de sentrale og historisk viktige tobisområdene i norsk sone definert. For hvert toktområde (strata) blir det brukt et survey design som enten baserer seg på parallelle eller sikksakk

kurser med tilfeldig startpunkt (Figur 4). Dette tillater beregning av samplingusikkerheten (vedlegg 2).

Ekkoloddet av typen SIMRAD EK60 med frekvensene 18, 38, 70, 120, 200 og 333 kHz blir kjørt med høy pingrate. Disse dataene blir lastet ned i etterprosesseringsprogramvaren Large Scale Survey System (LSSS) hvor stimenes utbredelse og akustisk frekvensrespons blir undersøkt (Figur 2). Tobis har en karakteristisk frekvensrespons som brukes til å skille tobis fra andre arter (Figur 2). Analyserte data blir lagret i en database med en vertikal og horisontal oppløsning på henholdsvis 10 meter og 0,1 nautisk mil.



Figur 2. Ekkogram av store tobisstimer på tobisfeltet Engelsk Klondyke. Frekvensresponsen (vindu nede til venstre) viser klassisk tobisrespons.

Den gjennomsnittlige ekkotetthet (tilbakespredningskoeffisient) (NASC) [m^2/nm^2] blir beregnet for hvert toktområde i henhold til standard prosedyre (Vedlegg 2). Antall tobis (N) i hver lengdegruppe (l) i hvert toktområde (i) beregnes som:

$$N_i = \frac{f_l \cdot \hat{S}_l \cdot A_i}{\langle \sigma \rangle}$$

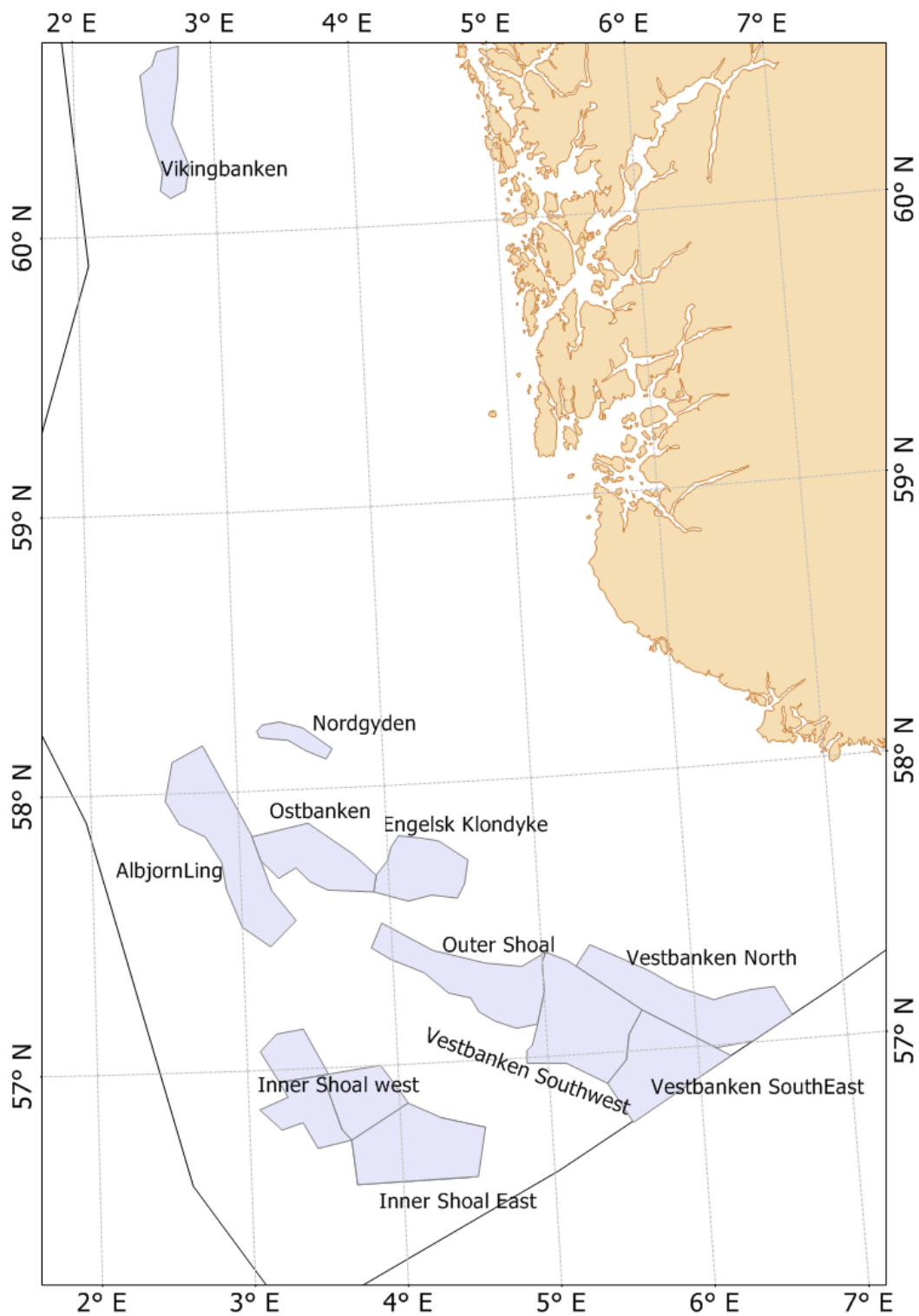
der

$$f_l = \frac{n_l L_l^2}{\sum_{l=1}^m n_l L_l}$$

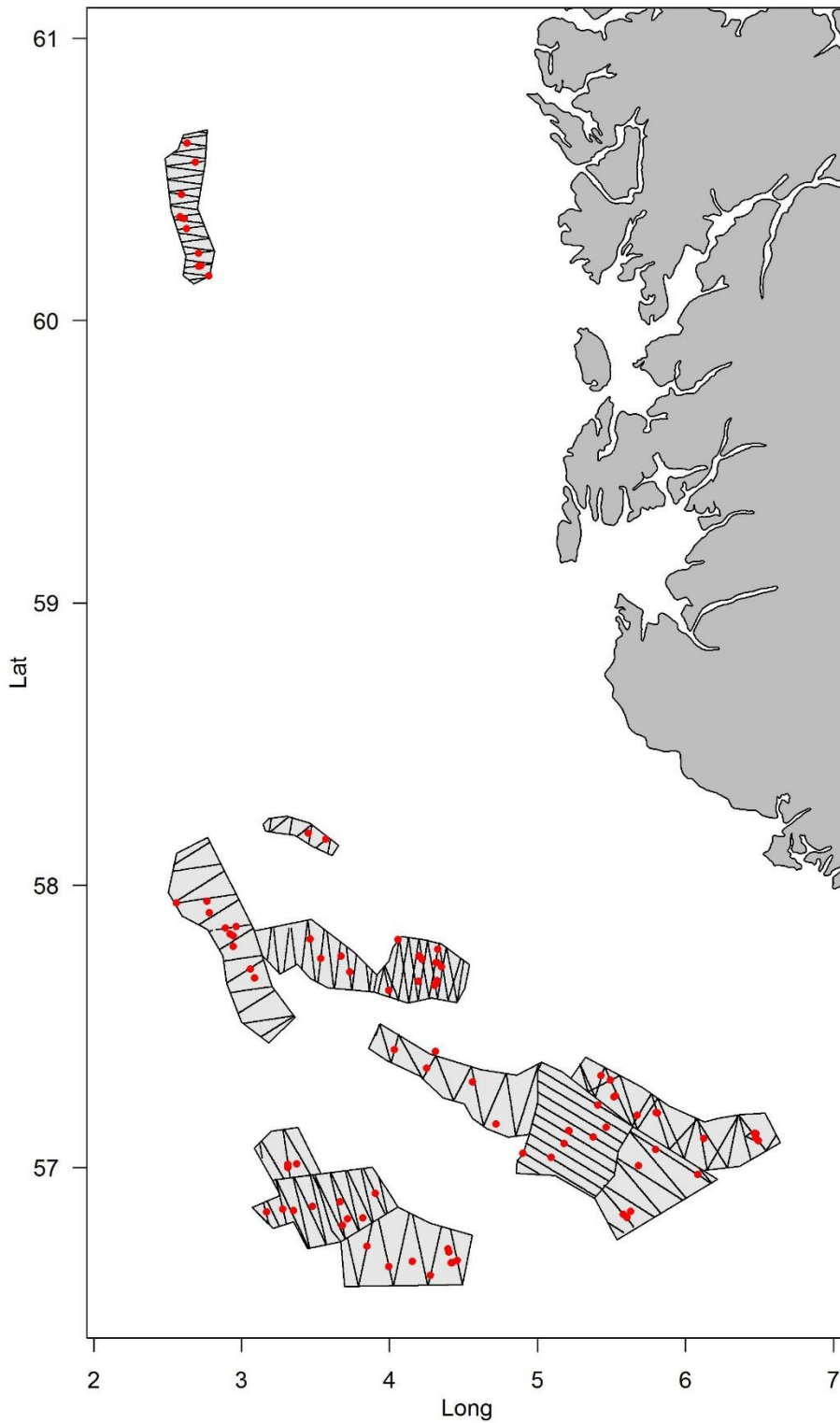
er det akustiske bidraget av lengdegruppe L_l til den total energien. \hat{S} er gjennomsnittlig ekkotetthet (NASC) [m^2/nm^2], og A er arealet i undersøkt i området [nm^2]. σ er gjennomsnittsekkoet (gjennomsnittlig tilbakespredningstverrsnitt) av en enkelt tobis av en tobis med lengde L_l . Denne er tilbakeregnet til lineær enhet, [m²] fra dB, som er den vanlige måten å måle ekkostyrke. Målstyrken (TS) er brukt for konverteringen av $\sigma = 4\pi 10^{(\text{TS}/10)}$ for å beregne tilbakespredningstverrsnittet. For 38 kHz på tobis brukes $\text{TS} = 20\log L - 93$.

Undersøkelser av lengdefordeling og aldersavlesing av otolitter (ørestein) av individer fanget i trål og skrape gir grunnlag for å beregne aldersstrukturen i bestanden. Konverteringen av antall fisk per lengdegruppe (l) til antall per aldersgruppe beregnes ved å bruke aldersfordelingen fra alle aldersleste individer innen lengdegruppen (l). Tilsvarende beregnes biomassen ved å bruke individuell gjennomsnittsvekt per alders- og lengdegruppe. Ved å kombinere de biologiske og akustiske dataene kan man følge utviklingen av årsklassene mellom år. Man kan også beregne årsklassestyrken til rekruttene (ettåringer).

På tilsvarende måte som ved andre tokt vil det knytte seg noe usikkerhet til beregningene, og en av utfordringene når det gjelder akustisk mengdemåling av tobis er at andelen tobisindivider som står i sanden kan variere. For å undersøke denne andelen måles mengde tobis i sanden ved hjelp av en skrape. På tross av disse utfordringene har evalueringer vist at kvaliteten på toktestimatene er god, og at tokresultatene avdekker reelle endringer i mengde og geografisk fordeling av tobis. For kvaliteten er det en fordel at tobisbestanden har en begrenset geografisk fordeling slik at toktinnsatsen kan konsentreres. Det er også en fordel at man har fått utviklet akustisk metodikk som identifiserer og skiller tobisstimer fra andre fiskestimer. Bestandskartlegging og analyser blir gjort per toktområde (Figur 3). For å redusere usikkerheten i toktestimatet blir områder med høy varians og stor tetthet dekket to ganger med noen dagers mellomrom.



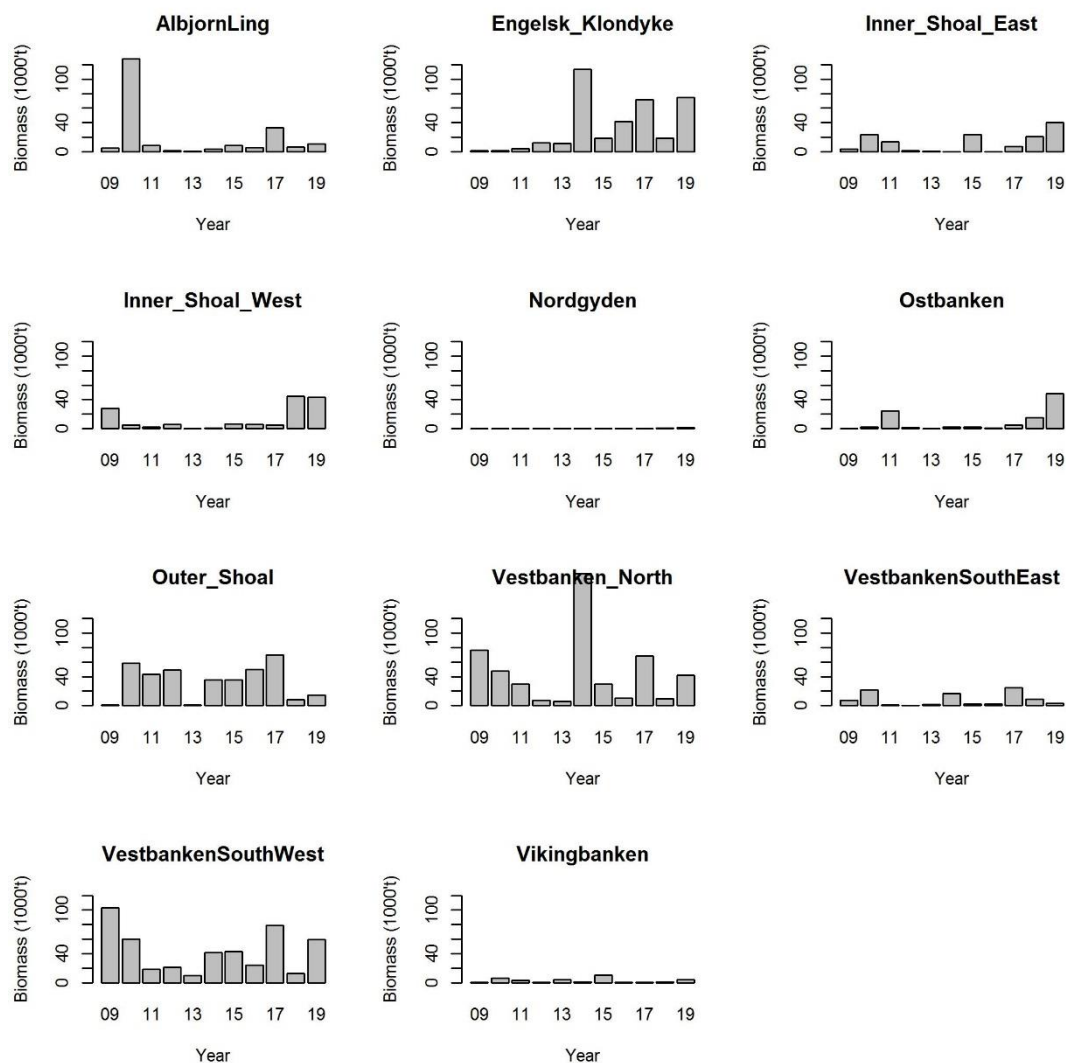
Figur 3. Toktområder i NØS. Et toktområde kan dekke flere tobisfelt. I 2018 og 2019 ble Inner Shoal west utvidet med to nye strata siden mye fisk ble observert nord og vest for de kjente tobisfeltene på Inner Shoal.



Figur 4. Strata, akustiske transekter og biologiske stasjoner under toktet i 2019. Akustiske transekt er vist som sorte streker, biologiske stasjoner er vist som røde punkter og strata er indikert som grå polygon.

Resultater

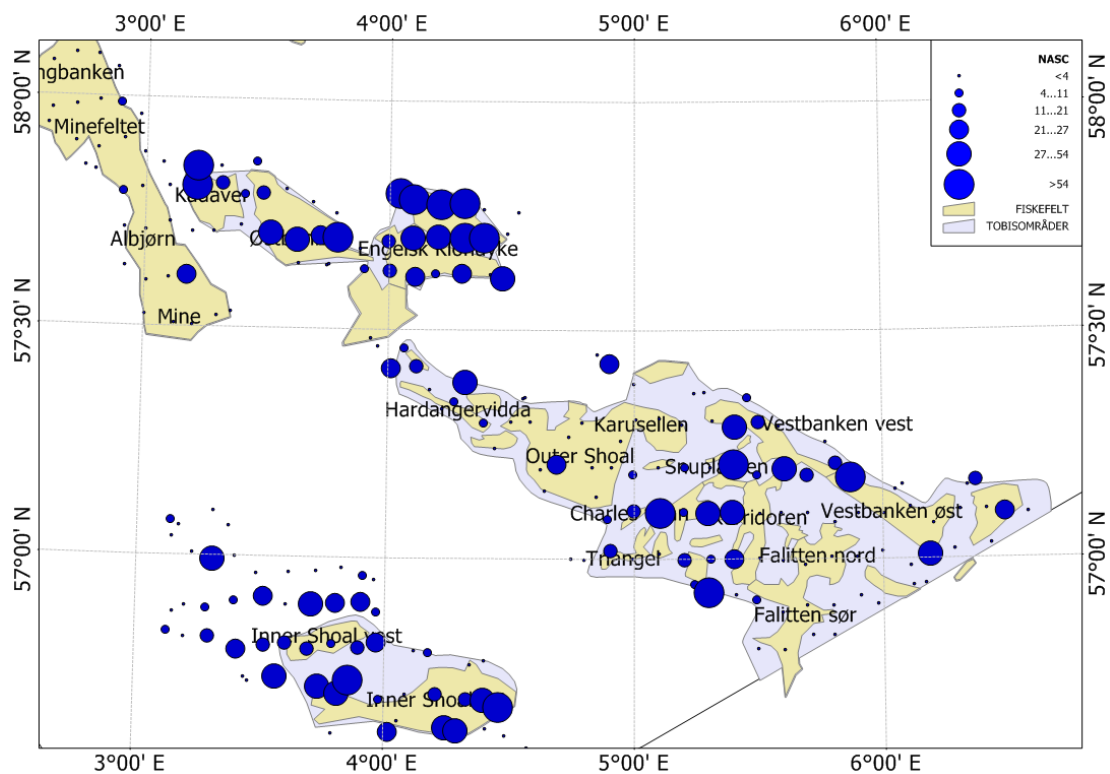
Biomassen av tobis var høy i forvaltningsområdene 1-4, og sammenlignet med tidligere tokt var det relativt mye tobis på Østbanken, Engelsk Klondyke, Vestbanken nord, Inner Shoal øst og vest og Vestbanken sørvest. På Outer Shoal, Vestbanken sørøst, AlbjørnLing og Nordgyden var det biomassen lav (Figur 5).



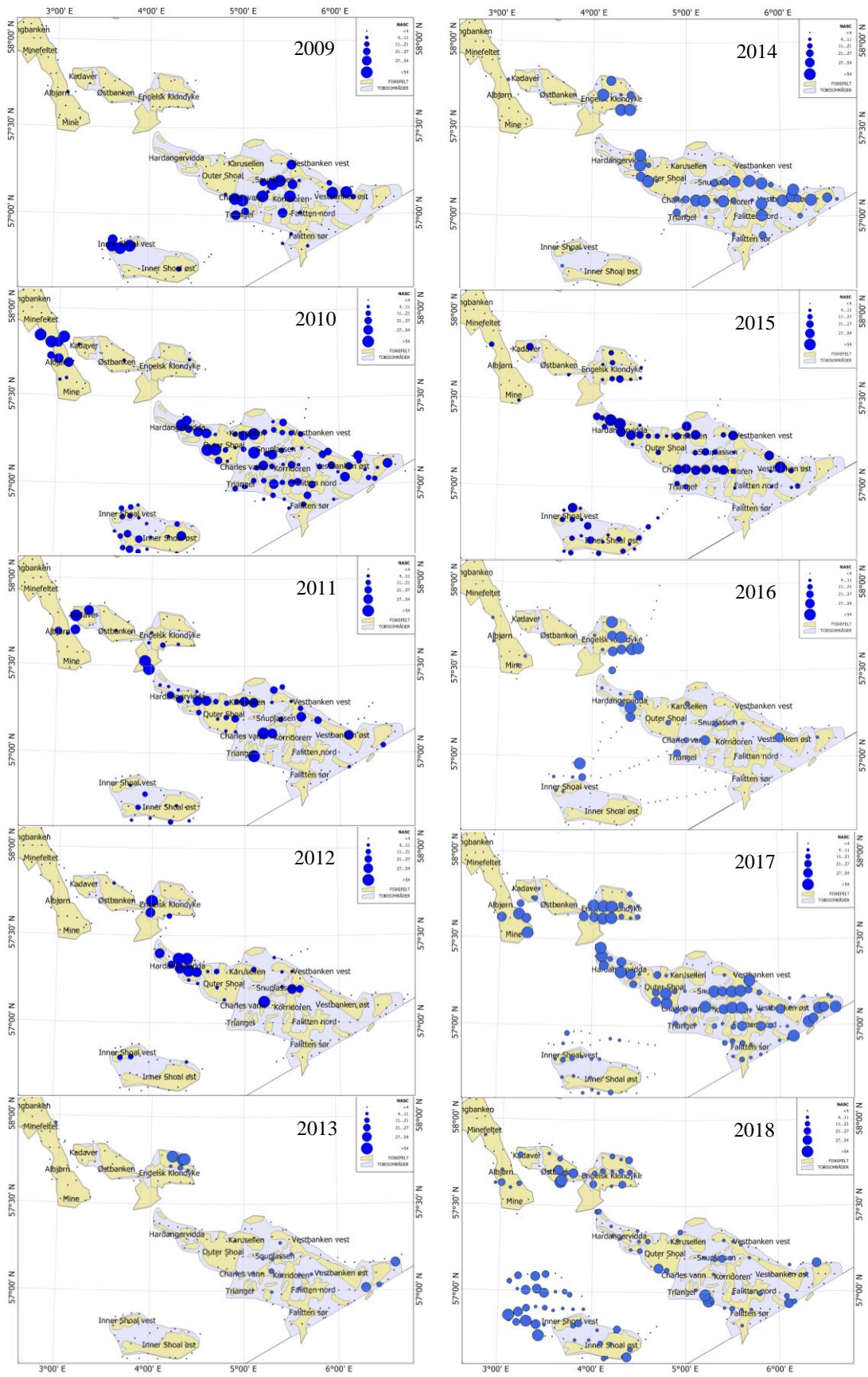
Figur 5. Biomasseestimat per stratum i perioden 2009 til 2019. Merk at Inner_Shoal_West i 2018 og 2019 inkluderer de to nye strataene på Inner Shoal.

På tilsvarende måte som i fjor ble toktområdet utvidet i nord og vest (Figur 3 og 4). Dette er felter som i henhold til tilgjengelige trålstreker og satellitt-springsdata ikke har blitt fisket av tobisflåten før i 2018, men de to siste årene har det blitt registret godt med tobis i disse områdene (Figur 6a). Tobisbestanden er godt geografisk spredt

(Figur 6a), og fordelingen ligner på fordelingene i 2017 og 2018 (Figur 6b). Dette tyder på at den sterke 2016-årsklassen har vært forholdsvis stasjonær siden den bunnslø som ettåringer.

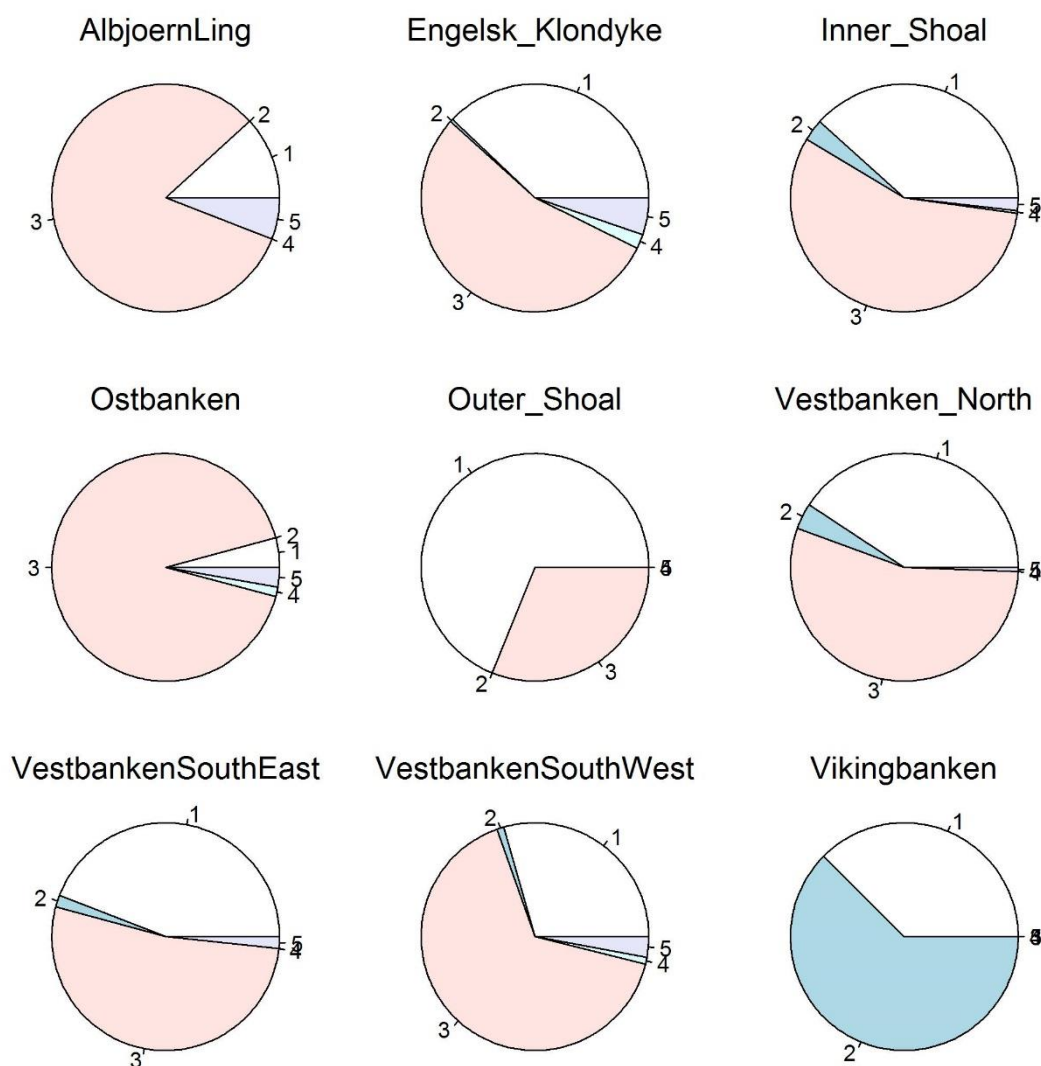


Figur 6a. Geografisk utbredelse av tobis (akustisk tetthet) 2019.



Figur 6b. Geografisk utbredelse av tobis (akustisk tetthet) 2009-2018.

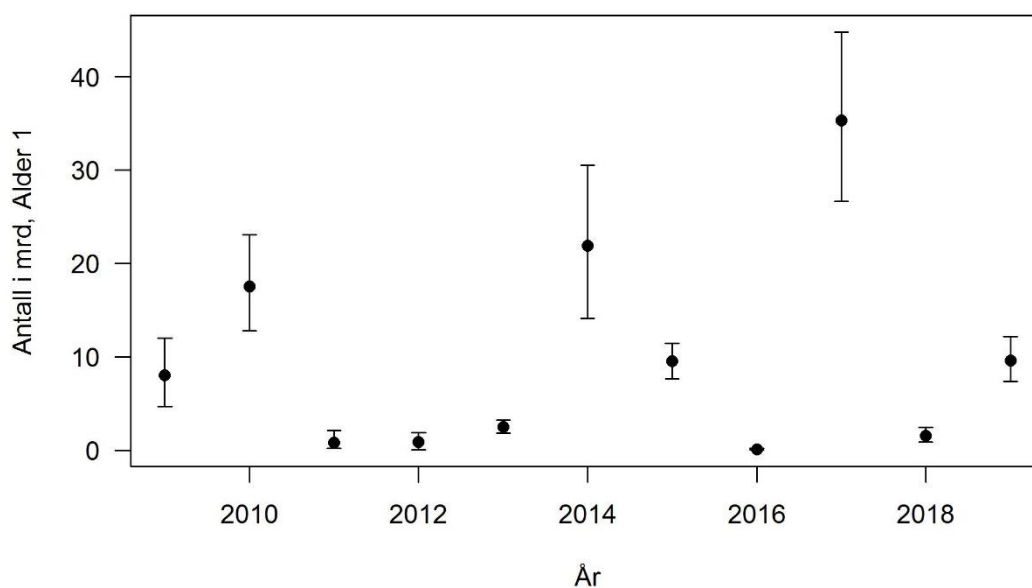
Med unntak av Outer Shoal der det var flest ettåringer, dominerte treåringene i alle strataene i forvaltningsområdene 1-4 (Figur 7). Andelen toåringer var liten i alle strata (Figur 7).



Figur 7. Relativ aldersfordeling (i antall) per stratum. Inner Shoal viser aldersfordelingen for alle fire Inner Shoal strataene kombinert (se Fig. 3). Alder 5 er summen av alle aldersgrupper fem år og eldre. På Vikingbanken ble det fanget kun 14 tobisindivider.

Det var knyttet en stor spenning til rekrutteringen av 2018-årsklassen (ettåringer) siden skrapetoktet indikerte en sterk årsklasse. Ettersom det er stor usikkerhet knyttet til hvor godt skrapetoktet forutser rekrutteringen ble det i det foreløpige rådet brukt et forsiktig anslag på rekrutteringen (Johnsen 2019). Mengdemålingene fra årets akustiske tokt stemmer meget godt, og er kun 13% lavere, enn det forsiktige anslaget som ble brukt i det foreløpige rådet. Selv om estimatet av antall ettåringer er noe

lavere enn hva antydnet av skrapetoktet, så er det positivt at ettåringer ble fanget i alle områdene (Figur 6). Sammenlignet med tidligere år, så er årets rekruttering middels god (Figur 8 & Tabell 2).

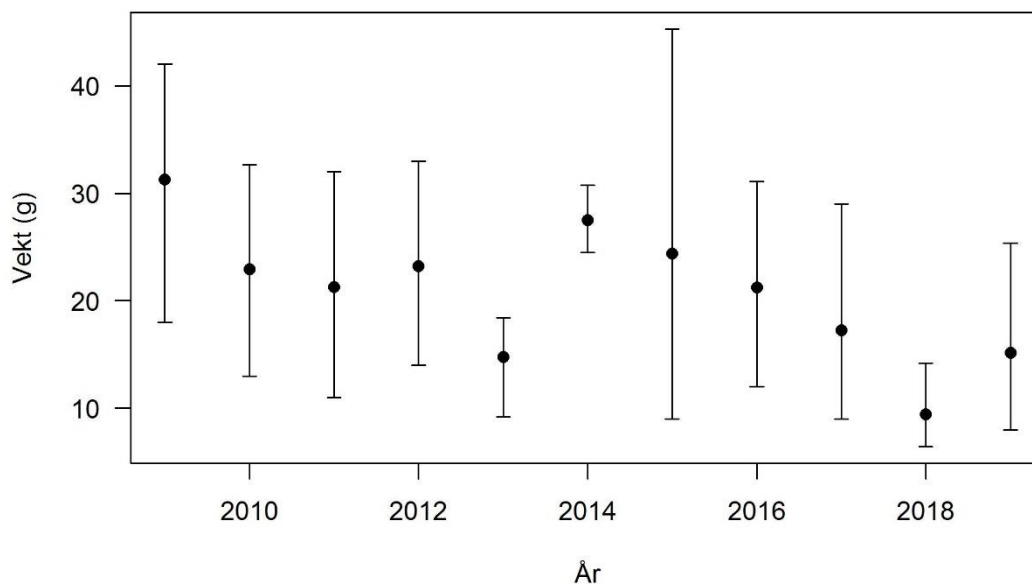


Figur 8 Estimert antall ettåringer med konfidensintervall (5-95%) for alle strata kombinert i forvaltningsområdene 1-4 i NØS (ekskl. Nordgyden) per år.

Tabell 2. Antall individer (i millioner) per år per alder. Alder 5+ er summen av alle aldersgrupper fem år og eldre.

År/alder	1	2	3	4	5+
2009	8054	5049	966	66	46
2010	17552	6134	1126	609	200
2011	834	8724	888	215	115
2012	847	211	3240	378	161
2013	2495	677	95	558	84
2014	21889	1715	171	81	2837
2015	9520	2388	1277	85	873
2016	94	7405	702	290	704
2017	35304	134	3469	632	599
2018	1550	17068	81	459	189
2019	9617	464	15486	215	689

Både lengdeveksten og kondisjonen til fisken var veldig dårlig under toktet i fjor, men biologiske prøver innsamlet fra fiskeriet viste at kondisjonen bedret seg betydelig i løpet av mai 2018. Likevel, den dårlige veksten i fjor har satt spor (Figur 9 & Tabell 3), og fremdeles er individvekten for treåringene i 2019 betydelig lavere enn hva som har blitt sett i enkelte år tidligere.



Figur 9. Gjennomsnittlig individvekt for treåring per år med konfidensintervall (5-95%) per år.

Tabell 3. Individvekt (gram) per år per alder.*

År/alder	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2009	13.2	19.8	31.3	38.0	49.0	43.3	45.0	-	-	-
2010	8.3	18.1	22.9	31.2	39.0	34.0	52.0	44.0	-	-
2011	4.8	12.7	21.3	24.8	29.1	28.1	28.5	-	28.0	-
2012	4.9	11.8	23.2	30.5	31.1	34.5	36.5	-	-	-
2013	5.6	7.0	14.8	22.1	27.1	26.5	-	-	-	-
2014	10.1	21.8	27.5	34.7	40.6	43.4	43.5	46.7	55.0	-
2015	8.4	16.9	24.4	16.0	31.1	35.2	32.8	-	-	-
2016	4.9	12.1	21.2	23.4	17.1	38.5	37.9	36.8	33.0	35.0
2017	7.2	12.9	17.2	24.1	16.5	23.0	22.0	35.0	35.0	-
2018	3.5	7.9	9.4	21.4	23.3	36.9	-	37.0	37.6	-
2019	6.7	8.7	15.2	16.8	24.5	27.7	-	-	40.0	37.0

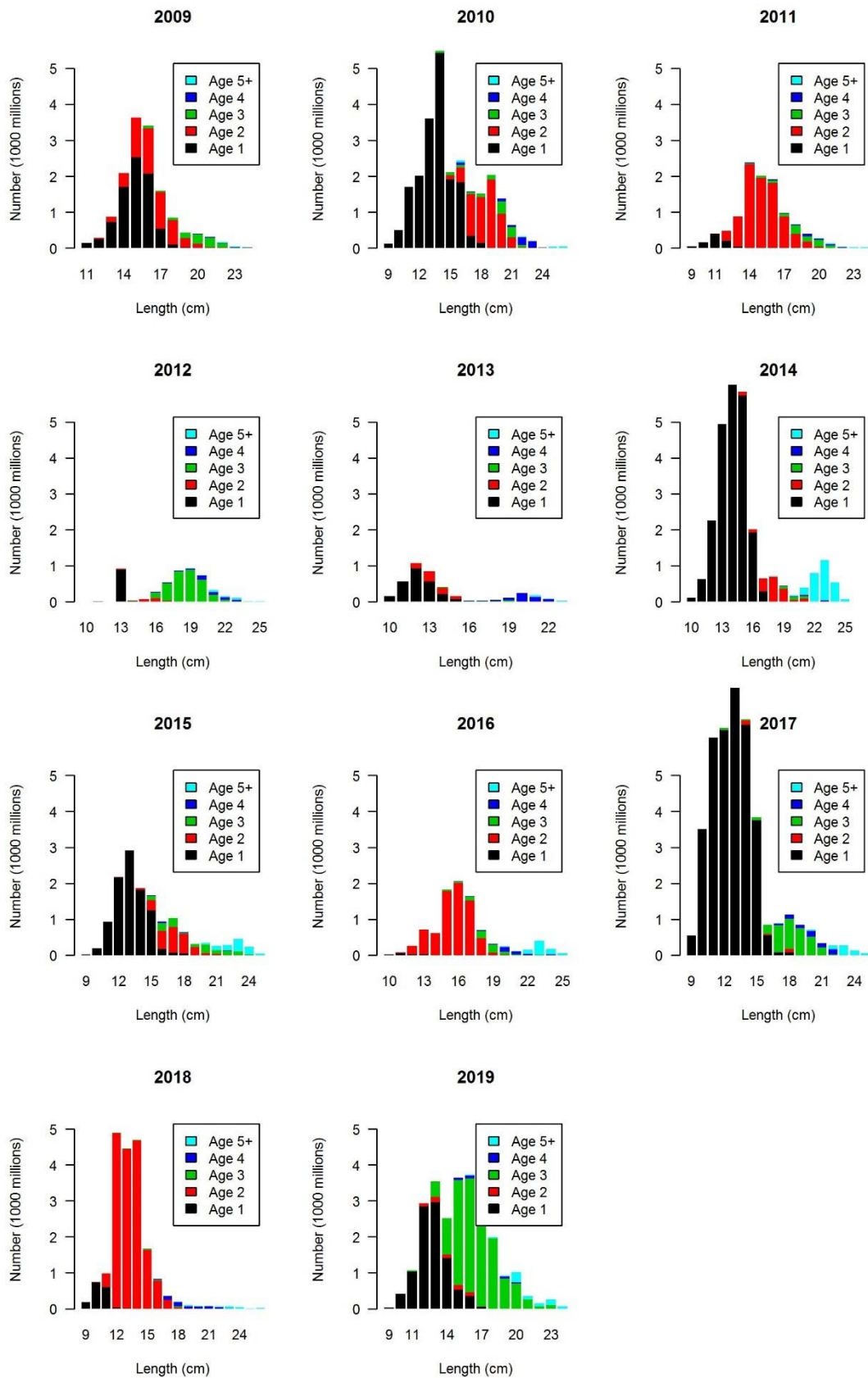
*«-» betyr at det ikke var målt noen i denne aldersgruppen.

Den dårlige veksten har naturlig nok også satt spor i otolittene med en liten vekstsone, som har medført at det har vært ekstra utfordrende å lese alder på en del otolitter i år. På tross av et historisk høyt antall toåringer (Figur 10 & Tabell 2) falt det totale biomasseestimatet dramatisk fra 2017 til 2018 (Figur 11 & Tabell 4), grunnet en meget dårlig individvekst. I motsetning til i fjor, har det vært god mattilgang for tobisen i vår. Mageprøver viser at de har spist mye dyreplankton, og at magene stort sett har vært fulle. Dette har ført til at kondisjonen.

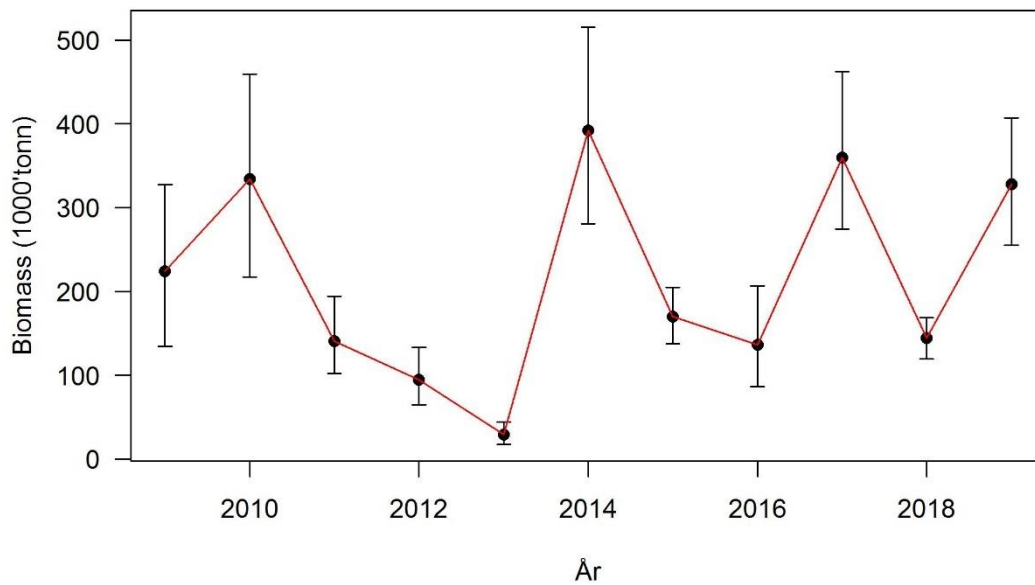
Mens prognosen traff meget godt på rekrutteringen, så er det mer treåringer (Figur 10) og høyere kondisjon enn hva som ble lagt til grunn i prognosen og det foreløpige rådet. God kondisjon, en middels god rekruttering, og historisk mye treåringer gjør at biomassen øker betydelig fra i fjor (Figur 11). Biomasseestimatet (median) på 327 500 tonn (90% konfidensintervall er 254 000 – 406 000 tonn) er blant de høyeste i tidsserien (Figur 11 & Tabell 4). Presisjonen er også god med en relative standardfeil på 14% (Tabell 4). Tidligere år har denne variert mellom 10% og 28%.

Tabell 4. Biomasseestimat (Tonn) av tobis og relative standardfeilen (RSE) per år. Fordelingen i estimatet er vist som 5-, 40-, 50- og 90-persentiler.

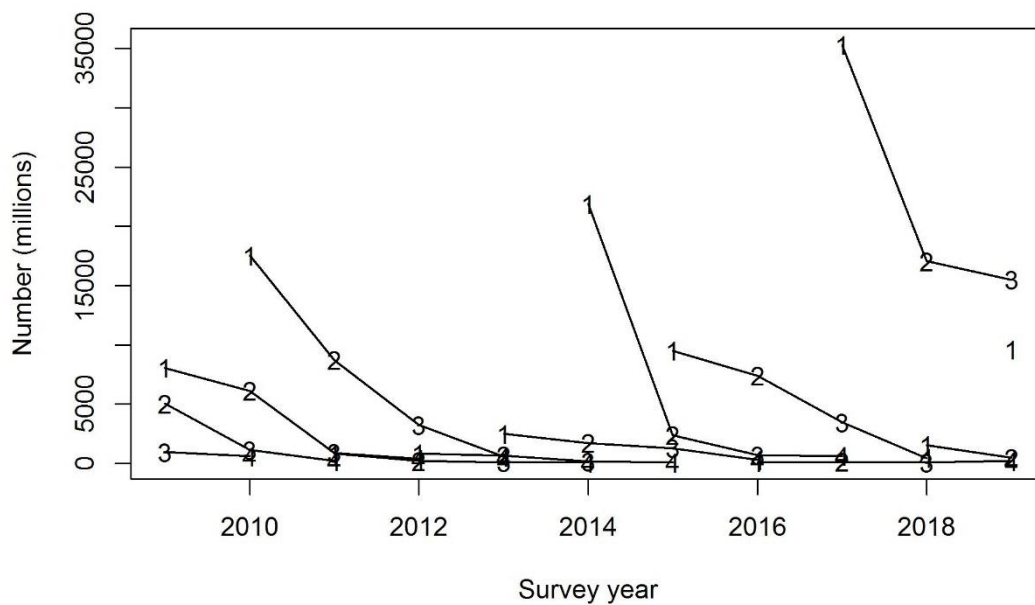
År	Ton.5%	Ton.40%	Ton.50%	Ton.95%	RSE
2009	134 451	210 250	223 955	327 510	0.26
2010	217 389	315 788	334 243	459 211	0.22
2011	102 295	134 008	140 383	194 064	0.20
2012	64 824	89 633	94 306	133 316	0.22
2013	17 092	27 256	29 270	44 273	0.28
2014	280 717	375 192	392 103	515 652	0.18
2015	137 484	163 341	169 736	204 625	0.12
2016	86 550	126 304	135 974	206 650	0.26
2017	274 165	346 882	359 702	462 504	0.15
2018	119 720	140 696	144 609	168 482	0.10
2019	254 403	315 252	327 502	406 620	0.14



Figur 10. Estimert antall individer per lengdegruppe, alder og år.



Figur 11. Estimert biomasse (1000 tonn) med konfidensintervall (5-95%) totalt for alle strata i forvaltningsområdene 1-4 i NØS (ekskl. Nordgyden) per år.



Figur 13. Estimert antall individer (millioner) per årsklasse ved alder 1 til alder 4. Tallene i linjene viser alder på fisken.

Vikingbanken har også blitt kartlagt akustisk, men det har aldri blitt målt store konsentrasjoner av tobis der. Det har også vært vanskelig å få tobis i trålprøvene fra dette området, og det er vanskelig å identifisere ut tobisstimer akustisk. I år ble det kun fanget 14 tobisindivider (fire i en skrapestasjon og 10 i en trålstasjon). I perioden 2009-2018 har biomasseestimatene for Vikingbanken variert fra under 500 t til 12 800 tonn (2015) (Figur 4). I år var estimatet 3 800 tonn, og selv med usikre bestandsestimat fra Vikingbanken er det ikke noen tvil om at mengden tobis i området fortsatt er svært liten.

Diskusjon

Den sterke 2016-årsklassen dominerer fremdeles i antall og biomasse i de fleste områdene med unntak av på Vikingbanken. Denne alderssammensetningen stemmer godt overens med tidligere toktestimat, men det var litt overraskende at mengden ettåringer ikke var høyere da skrapetoktet høsten 2018 ga forventinger om en veldig sterk årsklasse. I det foreløpige rådet ga man et forsiktig anslag på rekrutteringen, og dette anslaget stemmer meget godt overens med de akustiske målingene av mengde ettåringer. Antall treåringer er høyere enn hva som er lagt til grunn i prognosen, noen som kan skyldes at man underestimerte mengden av toåringer i fjor, eller at dødeligheten er lavere enn antatt. I framskrivingen fra ett år til neste så er antagelsen at ca. 50% ($M=0.7$) dør, men i enkelte år ser det ut til at dette er en for høy antatt dødelighet for eldre fisk. Fra kurvene kan det se ut til at dødeligheten er lavere mellom to- og treåringer, enn mellom ett- og toåringer (Figur 11), og det må vurderes om dette mønsteret er så tydelig at det bør inkluderes i fremtidig bestandsvurderinger.

Tobis lever av dyreplankton, og i år har mattilgangen for tobisen vært mye bedre enn i fjor noe som vises i hvor mye mat de har i magen, kondisjonen på individene og mengden dyreplankton i planktonhåvene. Sjøtemperaturen under toktet i år har også vært mye høyere enn i fjor da temperaturen var opptil 3°C lavere enn normalt. God vekst i vår gir høy individvekt, og bidrar positivt til den høye biomassen av tobis.

En målsetning i den norske tobisforvaltningen er at man skal bygge opp gytebestanden av tobis i tidligere historiske viktige tobisområder i norsk sone. Per i dag har man oppnådd dette for flesteparten av områdene, men det er fremdeles lite

tobis på AlbjørnLing området, Nordgyden og Vikingbanken. Ellers, i de andre områdene er tettheten til dels høy.

Første del av årets tokt ble gjennomført i godt vær, men grunnet sterk vind var vi forsinket ett døgn etter mannskapsskifte i Egersund halvveis i toktet. I siste del av toktet har vi hatt en del døgn med mye vind, men fremdriften og dekingen av tobisområdene har likevel vært god og dette har resultert i et presist biomasseestimat.

Takk

Vi takker mannskapet på Eros for deres hjelpsomhet under toktet. Alltid en glede å jobbe sammen med så hyggelige og profesjonelle folk.

Referanse

Johnsen, E. 2019. Foreløpige råd for tobisfiskeriet i norsk økonomisk sone 2019. Link <https://www.hi.no/resources/Forelopige-rad-for-tobisfiskeriet-i-NOS-2019.pdf>

Vedlegg 1

Forvaltningsområde 1

Underområde 1a. Inner Shoal sør.

Området sør for N56°40', vest for Ø004°36' og ellers avgrenset av norsk sektorlinje i sør og vest.

Underområde 1c. Inner Shoal midt. Vil alltid være åpnet dersom det tillates fiskeri i område 1.

Området nord for N56°40' og sør for N56°44', vest for Ø004°36' og ellers avgrenset av norsk sektorlinje i sør og vest.

Underområde 1b. Inner Shoal nord.

Området mellom N56°40' og N57°04', vest for Ø004°36' til norsk sektorlinje i vest.

Forvaltningsområde 2

Underområde 2a. Outer Shoal sør, Snurreplassen, Triangel.

Nordlige grense er N57°11'. Vest for Ø004°36' er sydlige grense N57°04', og øst for Ø004°36' er sydlige grense den norske sektorlinjen. Den østlige grensen er Ø005°18', og den norske sektorlinje er den vestlige grensen mellom N57°04' og N57°11'. Sør for N57°04' er den vestlige grensen Ø004°36'.

Underområde 2c. Outer Shoal midt, Snuplassen. Vil alltid være åpnet dersom det tillates fiskeri i område 2.

Området nord for N57°11' og sør for N57°16', og mellom Ø005°18' og norsk sektorlinje i vest.

Underområde 2b. Outer Shoal nord, Karusellen, Hardangerviden

Området nord for N57°16' og sør for N57°27', og mellom Ø005°18' og norsk sektorlinje i vest.

Forvaltningsområde 3

Underområde 3a. Vestbanken vest, Korridoren, Diana.

Området mellom følgende koordinater;

1. N56°40' (Ved sektorlinja); Ø005°18'
2. N57°27' ; Ø005°18'
3. N57°27'; Ø005°50'

Underområde 3b. Vestbanken sentral, Falittene. Vil alltid være åpnet dersom det tillates fiskeri i område 3.

Området mellom følgende koordinater;

1. N56°40' (Ved sektorlinja); Ø005°18'
2. N57°27' ; Ø005°50'
3. N57°27' ; Ø006°14'
4. N56°50,5' (Mot sektorlinje) ; Ø005°50'

Underområde 3c; Vestbanken øst.

Området mellom følgende koordinater;

1. N56°50,5' (Mot sektorlinje) ; Ø005°50'
2. N57°27' ; Ø006°14'
3. N57°27'; Ø007°49,5' (Ved sektorlinja)

Forvaltningsområde 4

Underområde 4a. Albjørn, Østbanken sør og Engelsk Klondyke Sør.

Området mellom N57°27' og N57°41', og norsk sektorlinje i vest og Ø005°18' i øst.

Underområde 4b. Lingbanken, Kadaveret, Minefeltet, Østbanken nord, Engelsk Klondyke Nord.

Området mellom N57°41' og N58°15', og den norske sektorlinje i vest og Ø005°18'' i øst.

Forvaltningsområde 5

Underområde 5a. Vikingbanken sør.

Området mellom N60°00' og N60°20', og mellom norsk sektorlinje i vest og Ø003°10'.

Underområde 5b. Vikingbanken nord.

Området mellom N60°20' og N60°40', og mellom norsk sektorlinje i vest og Ø003°10'.

Vedlegg 2. Survey design and estimation procedures

The survey design followed a standard stratified design (Jolly and Hampton 1990). Within each stratum, the transects had a random starting position (Harbitz 2019) and the transects were used as the primary sampling unit (Simmonds and MacLennan 2008). More effort was allocated to areas with expected high densities.

The acoustic density values were stored by species category in nautical area scattering coefficient (NASC) [$\text{m}^2 \text{ n.mi.}^{-2}$] units (MacLennan et al. 2002) in a database with a horizontal resolution of 0.1 n mile and a vertical resolution of 10 m, referenced to the surface. To estimate the mean and variance of the NASC values, we use the methods established by Jolly and Hampton (1990) and implemented in the software StoX (<http://www.imr.no/forskning/prosjekter/stox/nb-no>). The primary sampling unit is the sum of all elementary NASC samples of sandeel along the transect multiplied with the resolution distance. The transect (t) has NASC value (s) and distance length L . The average NASC (S) in a stratum (i) is then:

$$\hat{S}_i = \frac{1}{n_i} \cdot \sum_{t=1}^{n_i} w_{it} s_{it} \quad (1)$$

where $w_{it} = L_{it} / \bar{L}_i$ ($t= 1,2,.. n_i$) are the lengths of the n_i sample transects, and

$$\bar{L}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{t=1}^{n_i} L_{it} \quad (2)$$

The final mean NASC is given by weighting by stratum area, A ;

$$\hat{S} = \frac{\sum_i A_i \hat{S}_i}{\sum_i A_i} \quad (3)$$

Variance by stratum is estimated as:

$$\hat{V}(\hat{S}_i) = \frac{n}{n_i - 1} \sum_{t=1}^n w_{it}^2 (s_t - \bar{s})^2 \quad \text{with} \quad \bar{s}_i = \frac{1}{n_i} \cdot \sum_{t=1}^{n_i} s_t \quad (4)$$

Where $w_{it} = L_{it} / \bar{L}_i$ ($t= 1,2,.. n_i$) are the lengths of the n_i sample transects.

The global variance is estimated as

$$\hat{V}(\hat{S}) = \frac{\sum_i A_i^2 \hat{V}(\hat{S})}{\left(\sum_i A_i\right)^2} \quad (5)$$

The global relative standard error of NASC

$$RSE = 100 \sqrt{\frac{\hat{V}(\hat{S})}{N}} / \hat{S} \quad (6)$$

where N is number of strata.

Assignment of biological stations to transect was done by including all biological stations within the respective strata. Relative standard error by number of individuals by age group was estimated by carrying out by combining a bootstrap of the transects with a bootstrapping techniques of the assigned trawl stations.

References

- Foote K.G. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. *Journal of the Acoustical Society of America* 82(1987): 981-987.
- Harbitz, Alf. "A zigzag survey design for continuous transect sampling with guaranteed equal coverage probability." *Fisheries Research* 213 (2019): 151-159.
- Jolly, G. M., and Hampton I. A stratified random transect design for acoustic surveys of fish stocks. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 47.7 (1990): 1282-1291.
- MacLennan, D. N., Fernandes P. G., and Dalen J. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 59: 365-369.
- Simmonds, J, and David N. MacLennan. *Fisheries acoustics: theory and practice*. John Wiley & Sons, 2008.