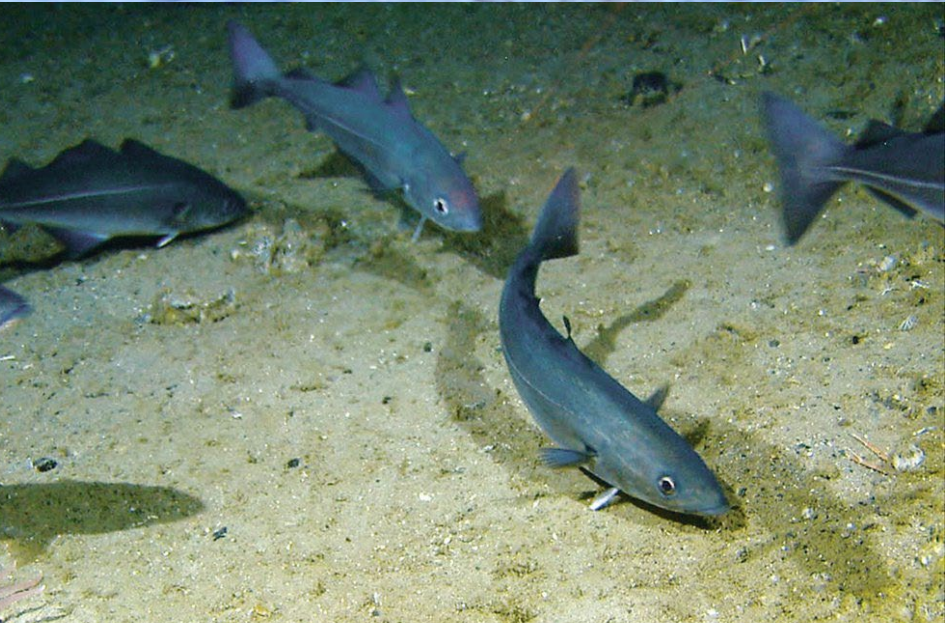


A large school of lesser sandeels swimming in clear water over a rocky seabed. The fish are densely packed, and their silvery bodies reflect light. The seabed is covered with small, light-colored rocks and shells.

**An end-to-end use of advanced acoustic surveys in spatial  
management of the lesser sandeel  
(*Ammodytes marinus*)**

Espen Johnsen  
Institute of Marine Research  
Ecosystem Acoustic Research Group





# Life history

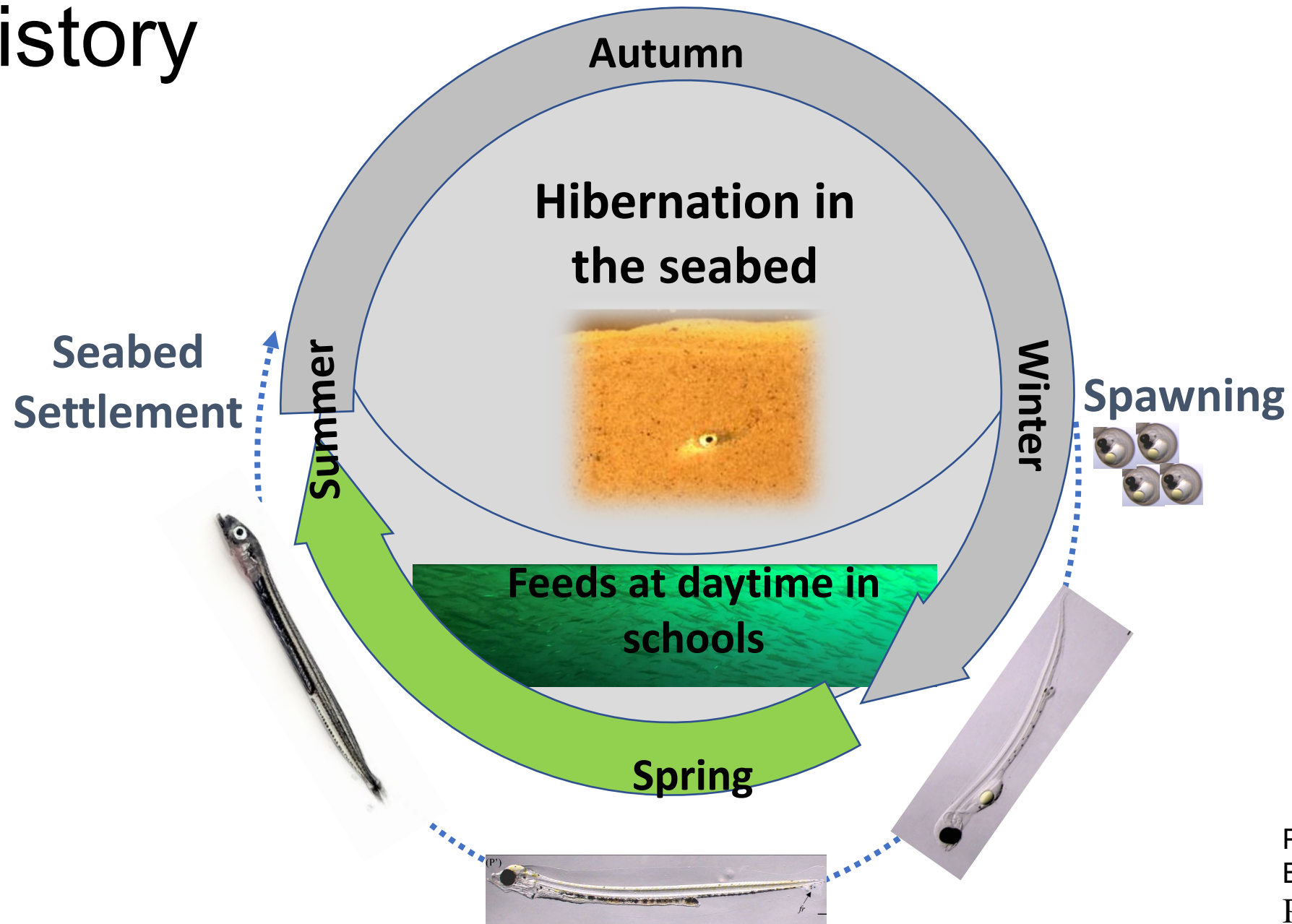
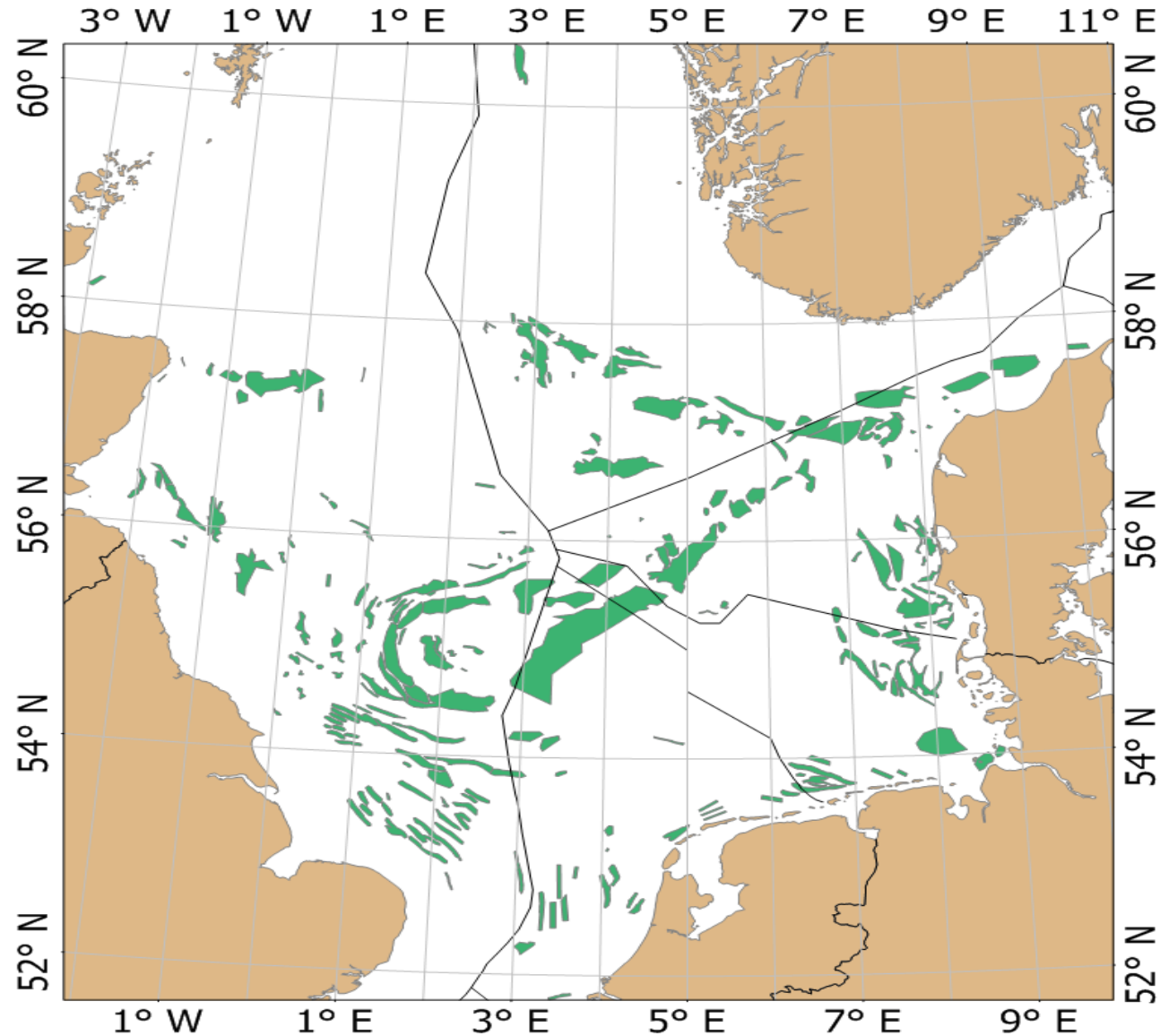


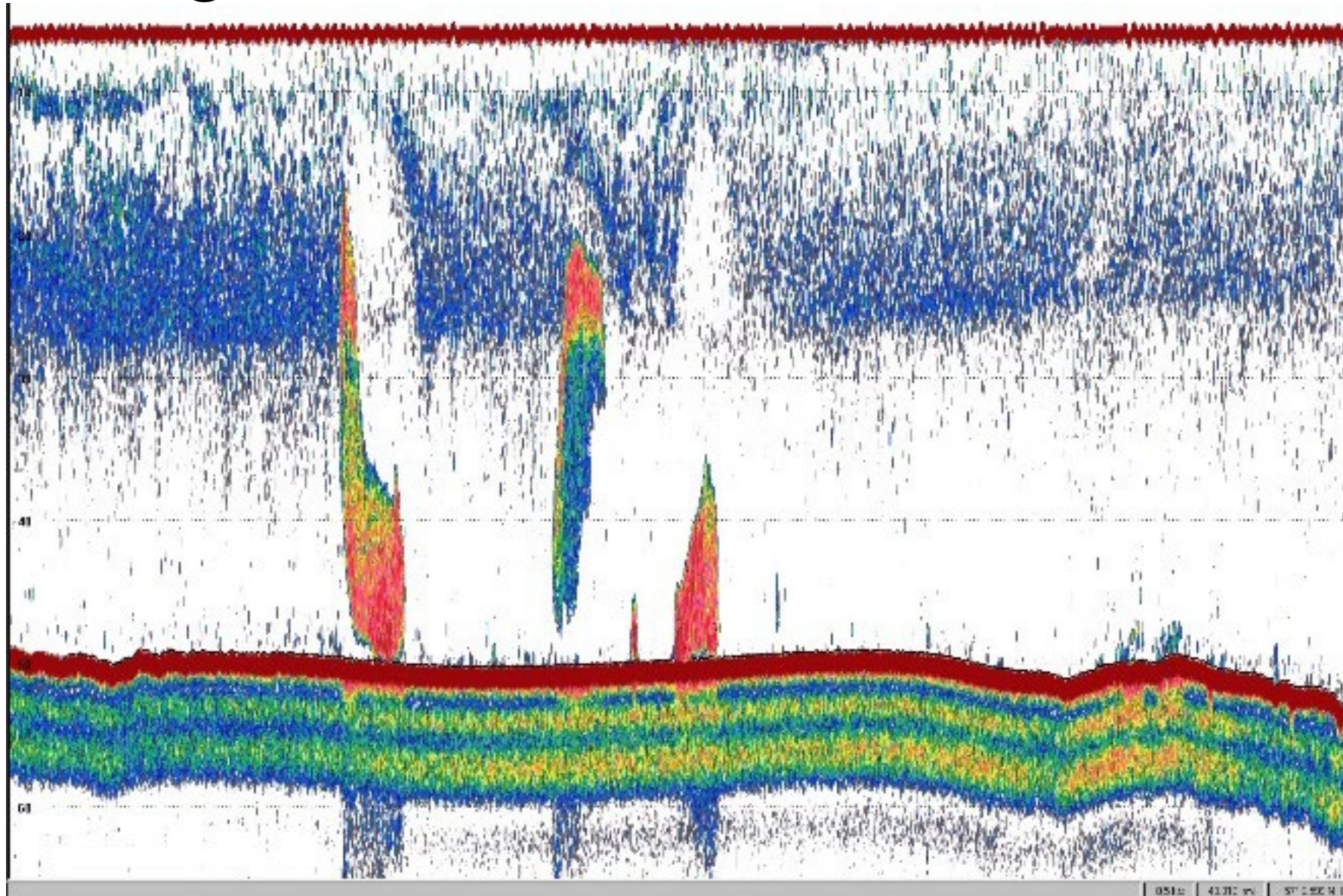
Photo:  
Behrens et al. 2007  
Perrichon et al. in prep

# Spatial distribution in the North Sea



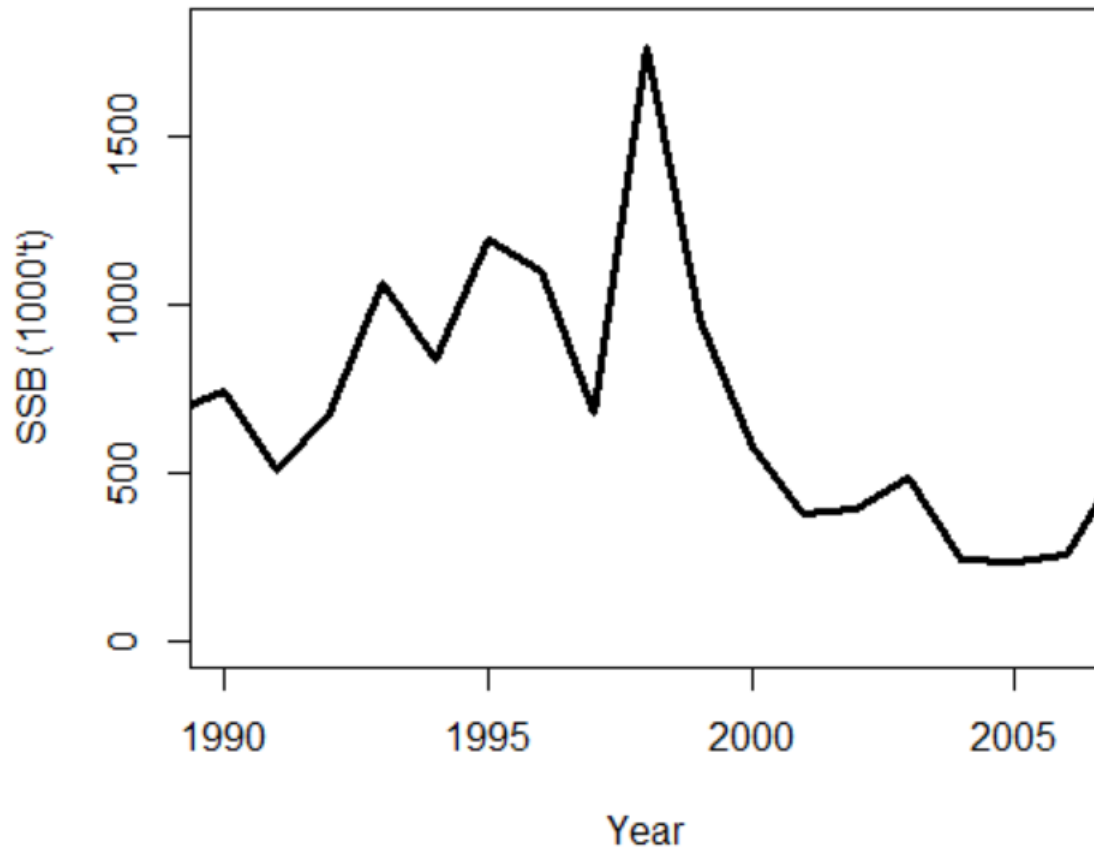
Jensen et al. 2011

# Pelagic sandeel schools

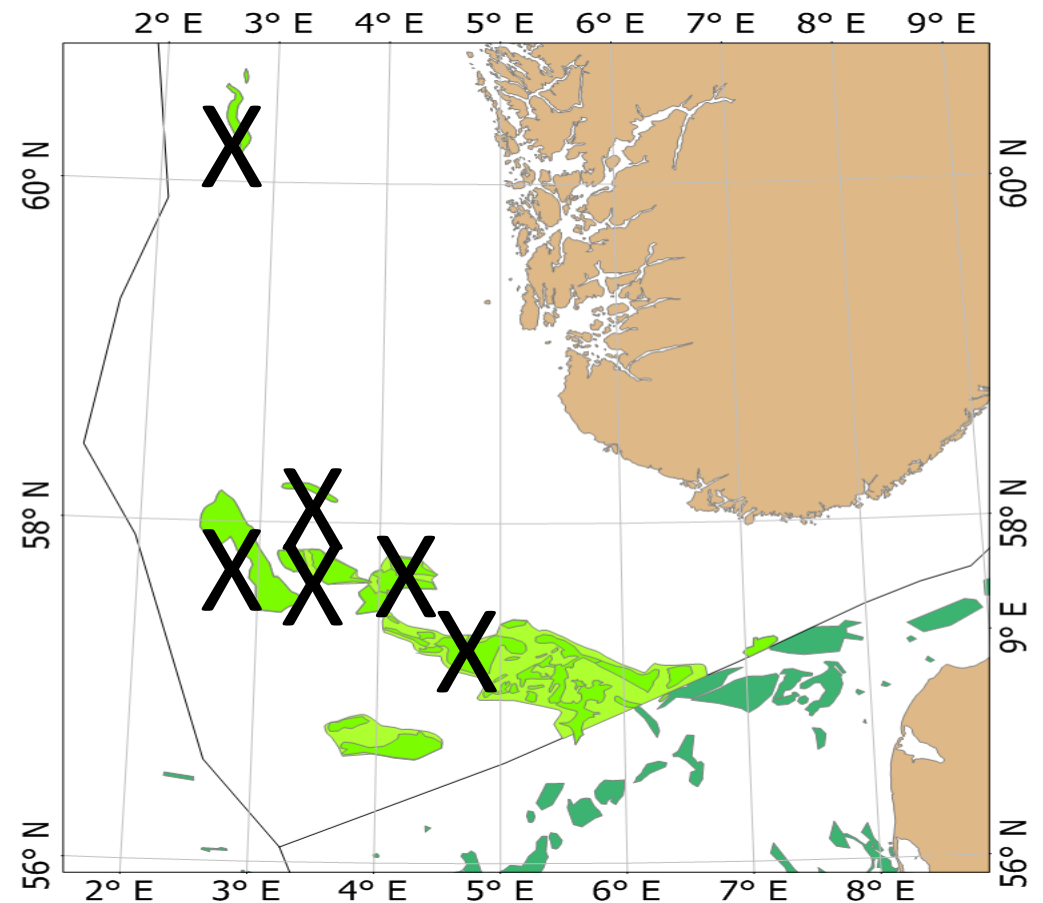


# Spatially structured collapse

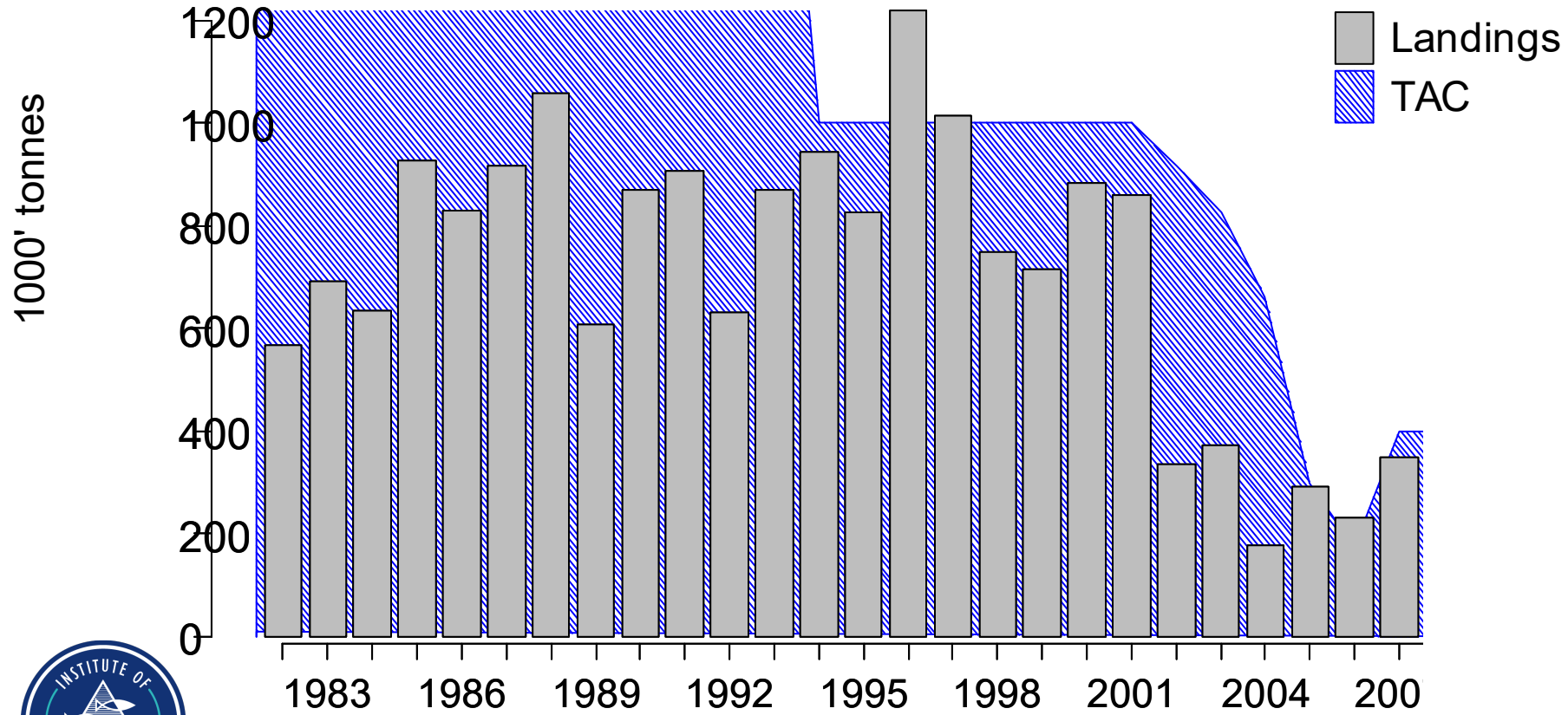
*Fishing ground after fishing ground crash to commercial extinction*



ICES, 2009

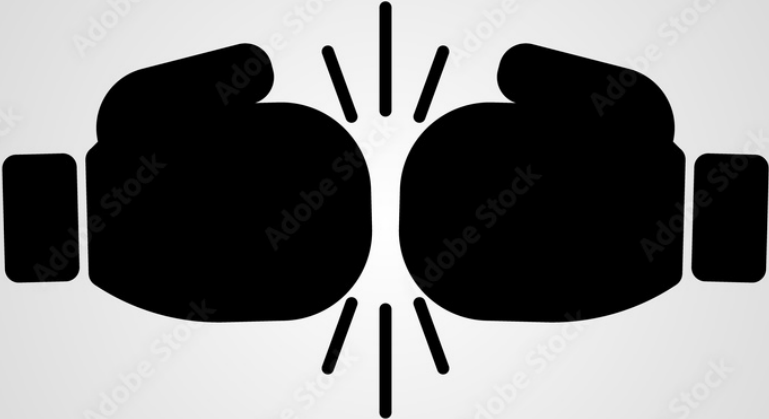


# No spatial structuring in the ICES advice





# “Ad hoc” Norwegian spatial and temporal closures



Adobe Stock | #239256123

## CONFLICT

FISKERI 17

Tobis fangster  
Norske Farfart,  
Nært i Norge



Lite igjen: Tobisen er nesten borte fra norsk del av Nordsjøen, er oppfølgningen hos Havforskningsinstituttet.

## - Nesten fritt for tobis

**FORVALTNING** Norske havforskere ser for seg at ei arealbaseret forvaltning må til i tobisfiske, hvis bestanden skal kunne komme opp på fiskbare nivåer i tistrekkelig mange områder.

**Ketil Fåkk**  
Trondheim

Forskeren Tore Johannessen ved Havforskningsinstituttet i Flødevigen mener gytebestanden nå er så liten i norske sjøer at situasjonen kan bli svært alvorlig hvis det innføres en strikt rekrutteringen. Ifølge Johannessen er tobisen så nedfisket

at han ikke er sikker på om det er noen som er i Vest-banden områdene vi har igjen et visst potensiale for videre rekruttering i Norge. Han mener at det nesten ikke er tobis igjen i norsk del av Nordsjøen.

**Må beskytte**  
Vi må ha et regime som hindrer lokal nedfisking, ved at vi stenger av felt, og nekter på hvilke områder som kan fiskes på. Vi må også i større grad beskytte ett- og tofanger fra beskatning. Fiske på ett-tinger som ikke har gått, går spesielt hardt ut over bestanden, sa Johannessen. Frosch på et tofangerseminar i Trondheim, arrangert av Sør-Norges Trålerlag. Det foregikk om bord på havforskningskipet «G.O. Sars».

**Nye metoder**  
EU er midlertidig Havforskningsinstituttet godt i gang med et prosjekt for å utvikle metoder for ganske arvenserte skunklikksurvey på tobis. Disse fiskefartene driver blant annet og grøber opp sind på havbunnen der tobisen kan ligge, i sitt arbeid for å prøve å østere bestanden.

Trudisjonelt har det vært ganske stor avstand mellom forskning og forvaltning på tobi i Norge og i Danmark, men ikke minst forskerne har begravet å nærme seg livendene.

Tore Johannessen er den eneste forskeren i Norge som jobber på full tid med tobis-bestanden, og det sier litt om hvordan fiskeriet har vært prioritert.

Norske forskere har også ligget klart etter dansk havforskning, i forhold til deres prioritering og ressursbruk.

**Føll anslog**  
Forskerne klarer i dag ikke å sjette bestandsmåling for tobis. De siste årens produksjoner skulle tyde på at det var fullt mulig å fiske minst 400.000 tonn tobis, men fangstallene de siste fem årene har ligget mellom 170.000 og 300.000 tonn. Det er historisk temmelig lave kvantum. Tore Johannessen måtte bare innrømme at det å skulle foreta bestandsmåling med metodikk basert på fangst i forhold til innsett, ikke fungerer på en kortlevedatimfisk-art som tobis. I det hele tatt er det nye

De er ganske enige om at det må gjøres store framskritt før vi kan få til ei holdbar regulering av tobisfiske. Dagens forvaltningsregime kan knapt sies å være noen regulering. Etter 2003 har EU-fiskerne aldri klart å innlede forhandlinger om det har praktisk vært trinn fiske.

EU-fiske på ett-tinger som spesielt hardt ut over bestanden

Forsker Tore Johannessen ved Havforskningsinstituttet i Flødevigen

Forskerne ikke skjønner med tobisen. EU-fisken som hovedsakelig består av danske fartøy har i år klart å fiske 200.000 tonn. Av denne mengden var over 90 prosent ett-tinger. Et spørsmål blir da hvor tofangerene befant seg i EU-sonen. Norske fartøy tok et kvantum på 65.000 tonn med bare 25 prosent ett-tinger. Ingen vet hvor ett-tingene var i den norske sonen.

kat@isnord.no  
Telen: 5532 31 58

## Provosert og fornærmet

Blant norske nordsjøfiske fiskere hersker det stor frustrasjon over myndighetenes håndtering av tobis-fisken 2. Juni i år ble fisket helt stanset, og en endelig rapport fra Havforskningsinstituttet med grunnmateriale for fiskerisjansen, foreligger ikke til dags dato.

Sjyrelederen synes at forskeren Tore Johannessen som har tolket fisket som en fullt, i for stor grad har begravet seg opp i et tobis-krise

under årets fiske stedslykket felt. Det blir tatt som et uttrykk for at forskeren stort sett har vært nedfisket.

«Ordet nedfisking gir konsekvent ingen i hele den forrige rapporten, og det gjør meg provosert og fornærmet. Sammenlignet med dansk forskning om skunkfiske, det har de de under årets fiske stedslykket felt. Det blir tatt som et uttrykk for at forskeren stort sett har vært nedfisket.

«Ordet nedfisking gir konsekvent ingen i hele den forrige rapporten, og det gjør meg provosert og fornærmet. Sammenlignet med dansk forskning om skunkfiske, det har de de under årets fiske stedslykket felt. Det blir tatt som et uttrykk for at forskeren stort sett har vært nedfisket.

Walter Rasmussen understreker at de polske fiskerifeltene slett ikke har noe ønske om å fiske med tobisen. Tvert imot har alle et mål om å kunne fiske på en bærekraftig bestand.

«Vi blir ikke tatt på alvor. Bare det at myndighetene la ut nye videre innsett fiske på en liktakt tobi, foreligger ett. Tore sål driver vi en næringsvirksomhet, og klarer ikke å fiske. I en styrelse Walter Rasmussen i Norges Trålerlag er frustrerte. (10/06/2008)

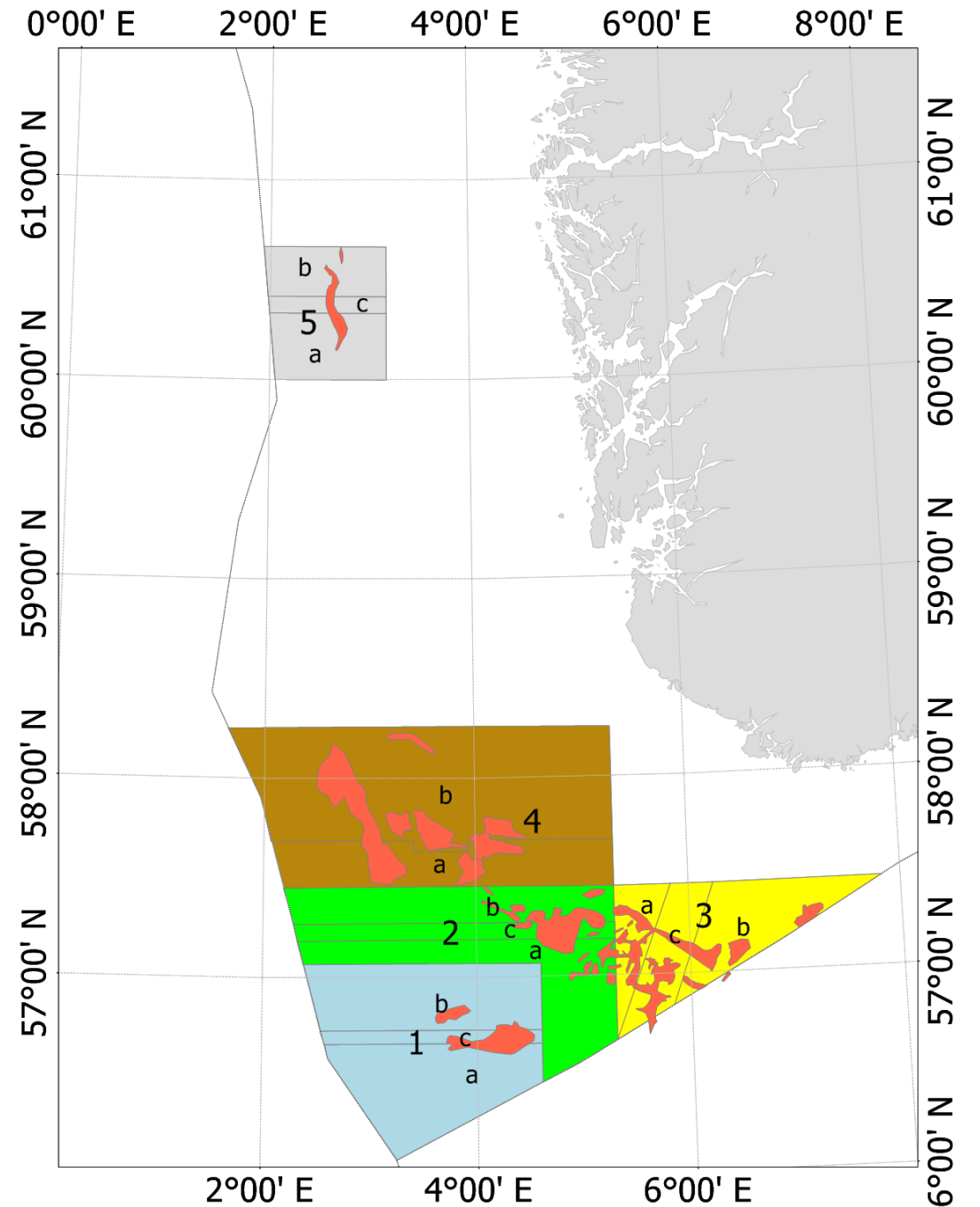
**BLIR OVERSETT**: Daglig leder Harald Døstegge (til venstre) og styrelsesleder Walter Rasmussen i Norges Trålerlag er frustrerte. (10/06/2008)



# Establish a sustainable national sandeel management plan

- Rebuild the spawning biomass of all historically important sandeel areas
- Keep the advice process open and predictable
- Make use of updated information

# Spatial structured management plan



Dredge survey  
Age0 index



1 Dec

Preliminary  
advice

1 Feb

Acoustic trawl survey  
Age1+ absolute estimate



15 Apr

Final  
advice

15 May

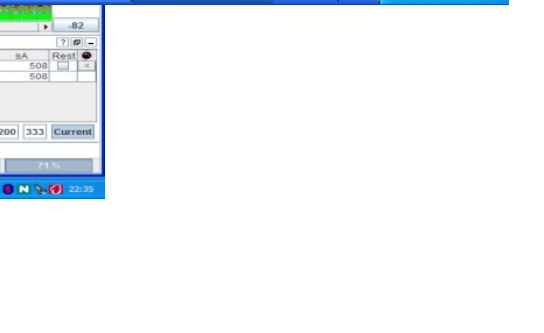
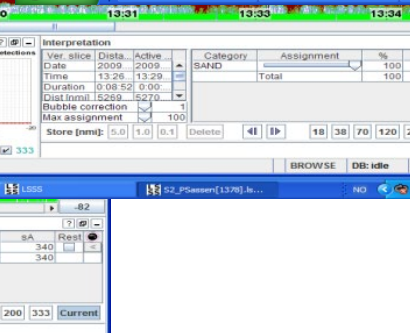
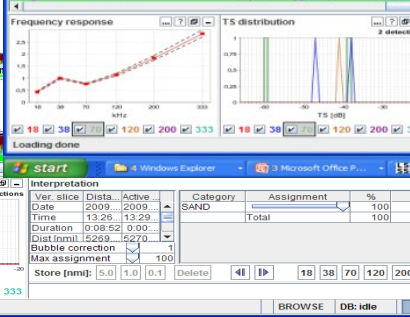
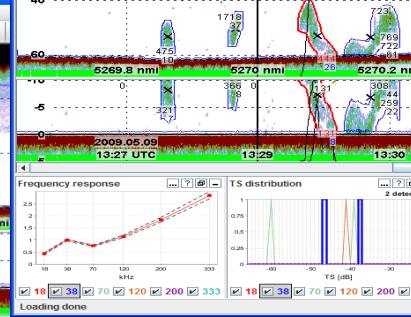
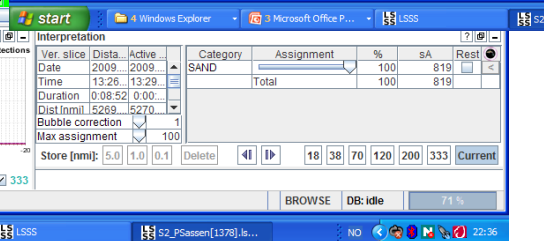
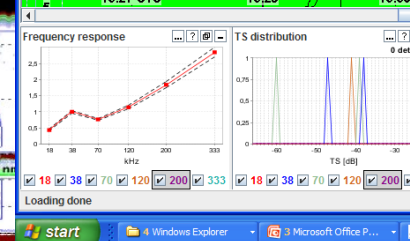
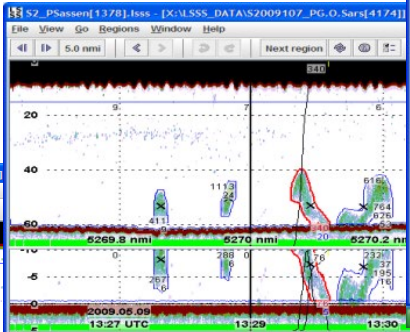
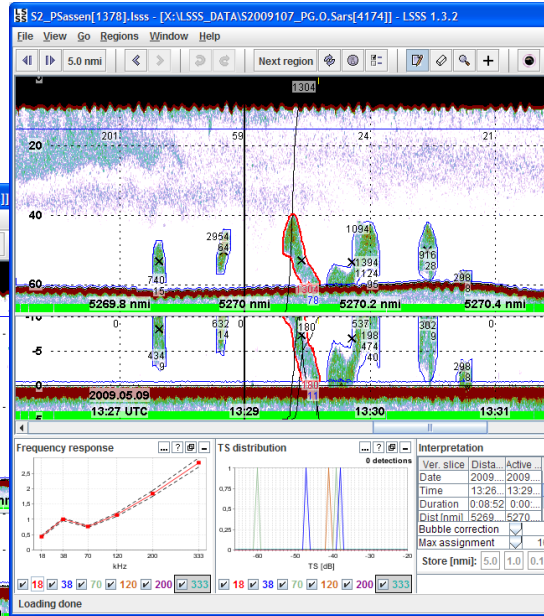
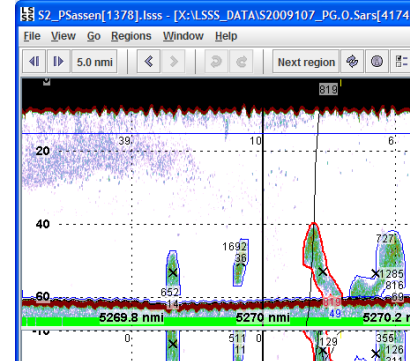
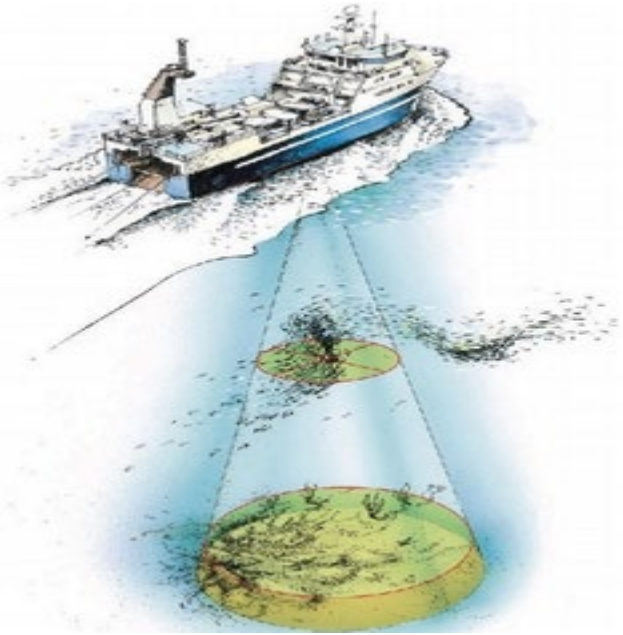
Fishing season

23 June



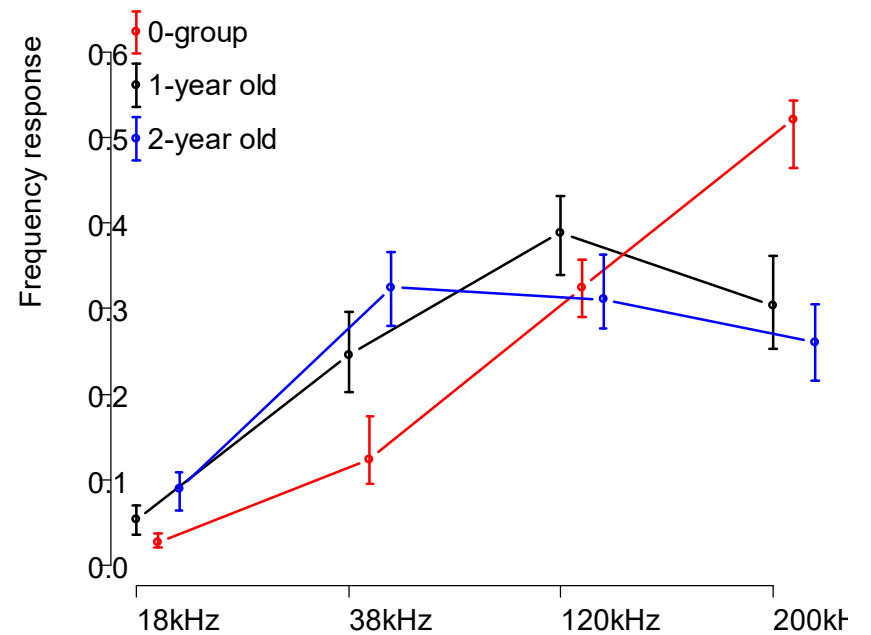
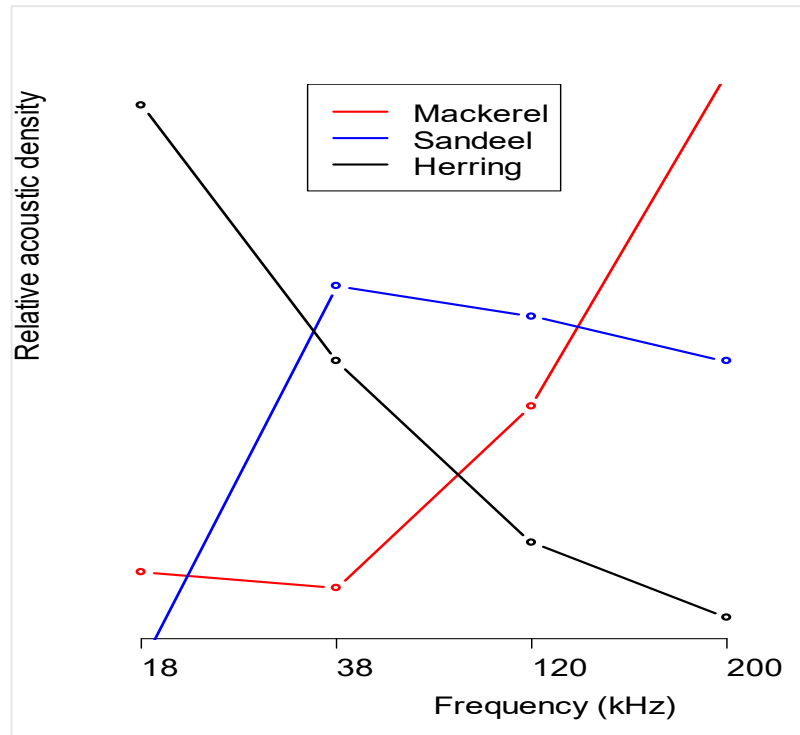
# Multi-frequency echo sounders

- Identification of sandeel schools



# Multi-frequency echo sounders

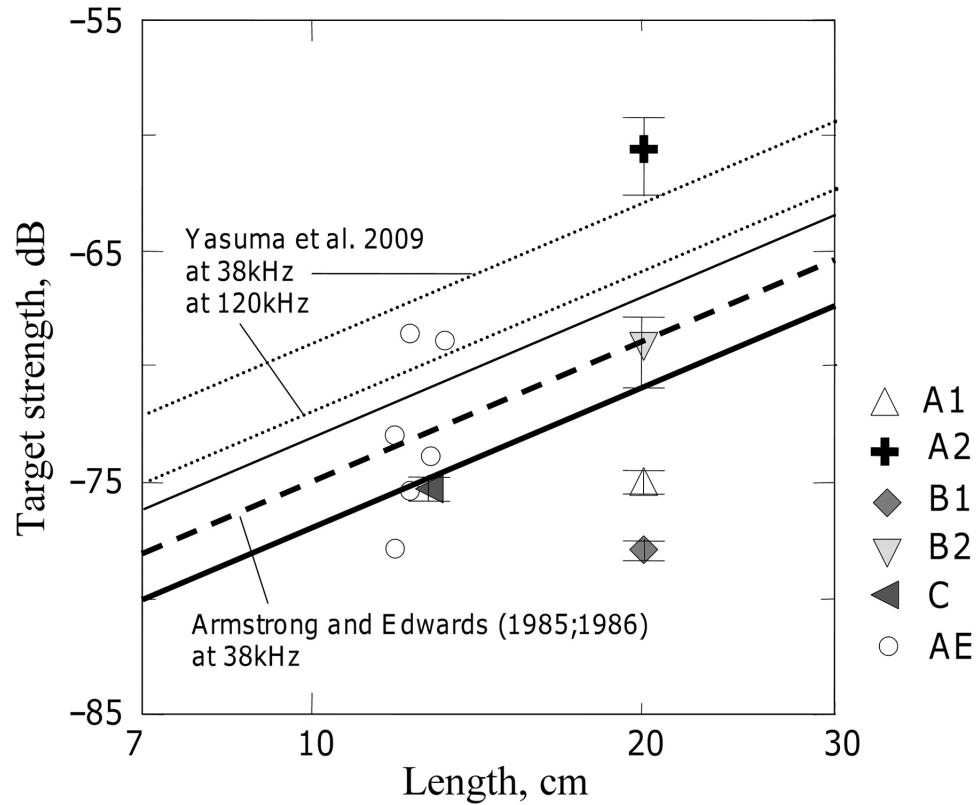
- Identification of species schools



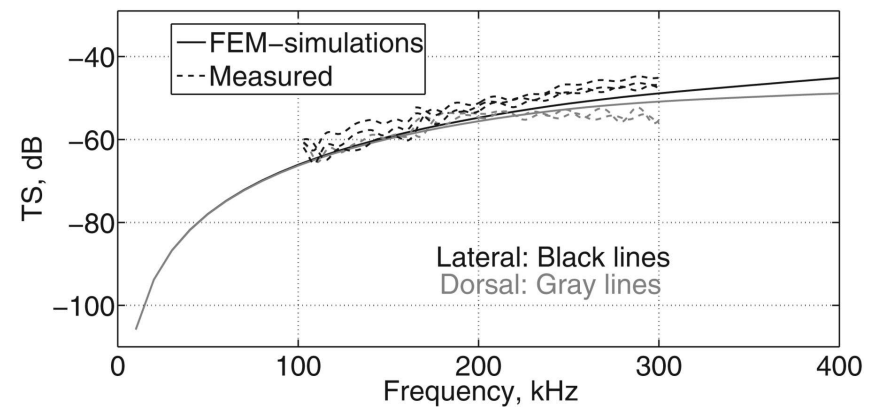
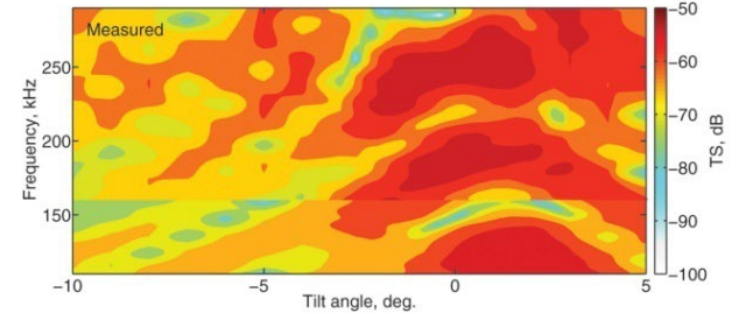
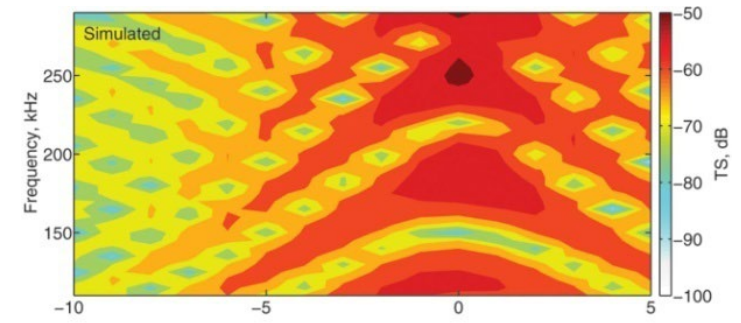
Johnsen, Espen, Ronald Pedersen, and Egil Ona. "Size-dependent frequency response of sandeel schools." *ICES Journal of Marine Science* 66.6 (2009): 1100-1105.



# Acoustic target strength

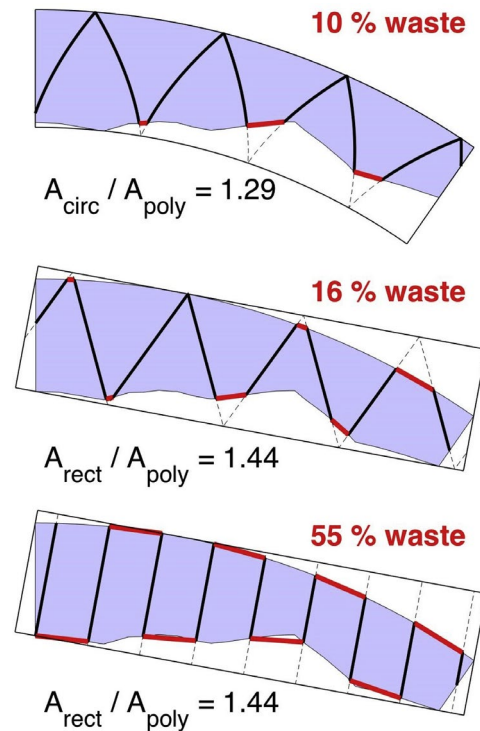


Rokas Kubilius, and Egil Ona ICES J. Mar. Sci. 2012;69:1099-1107

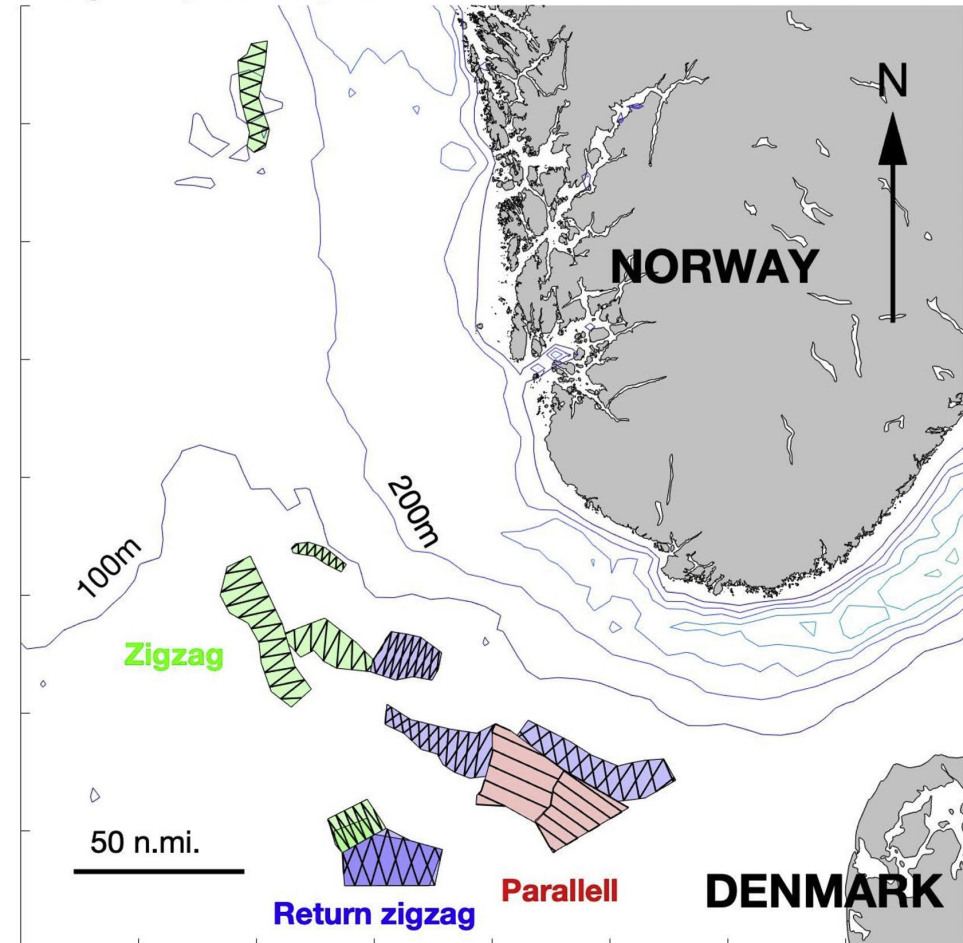


Tonje Nesse Forland et al. ICES J. Mar. Sci. 2014;71:1894-1903

# Stratification & Survey design



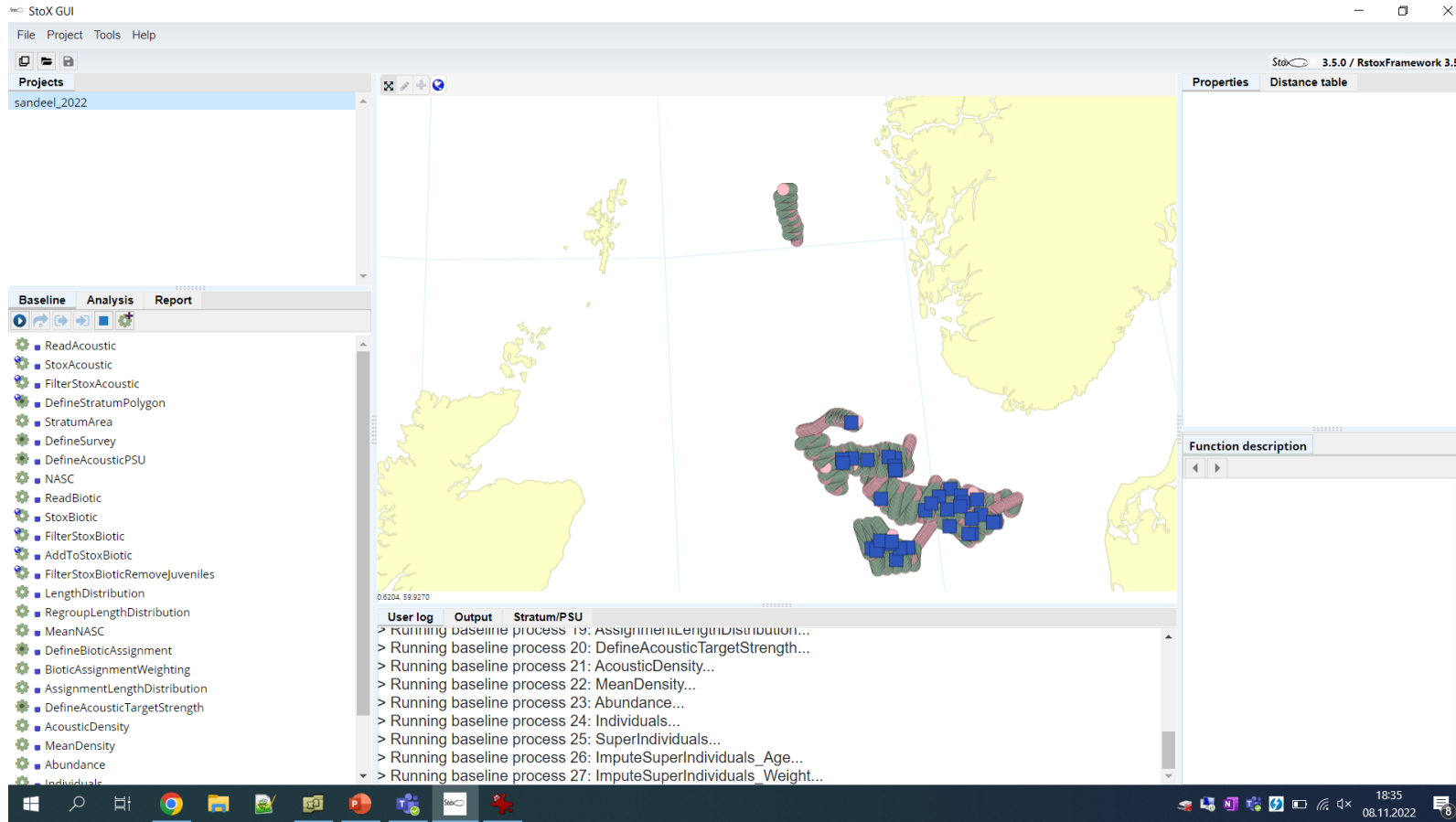
Regularly surveyed sandeel fields in the North Sea



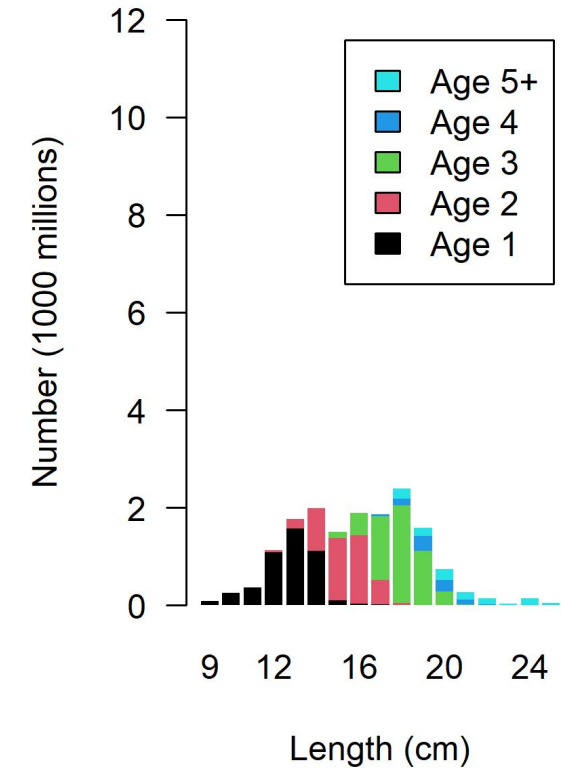
Harbitz, Alf. "A zigzag survey design for continuous transect sampling with guaranteed equal coverage probability." *Fisheries Research* 213 (2019): 151-159.



# Survey estimation

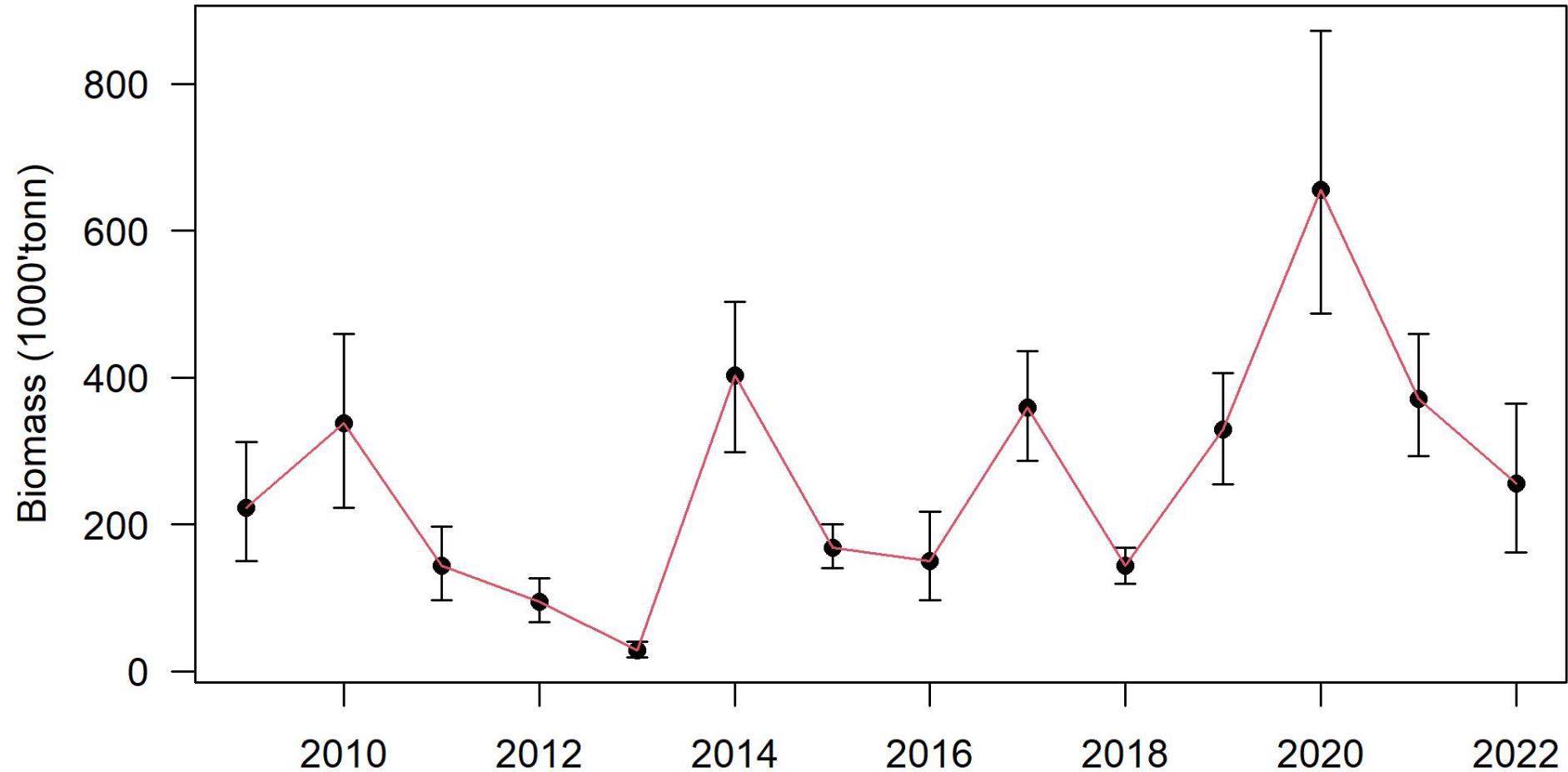


2022

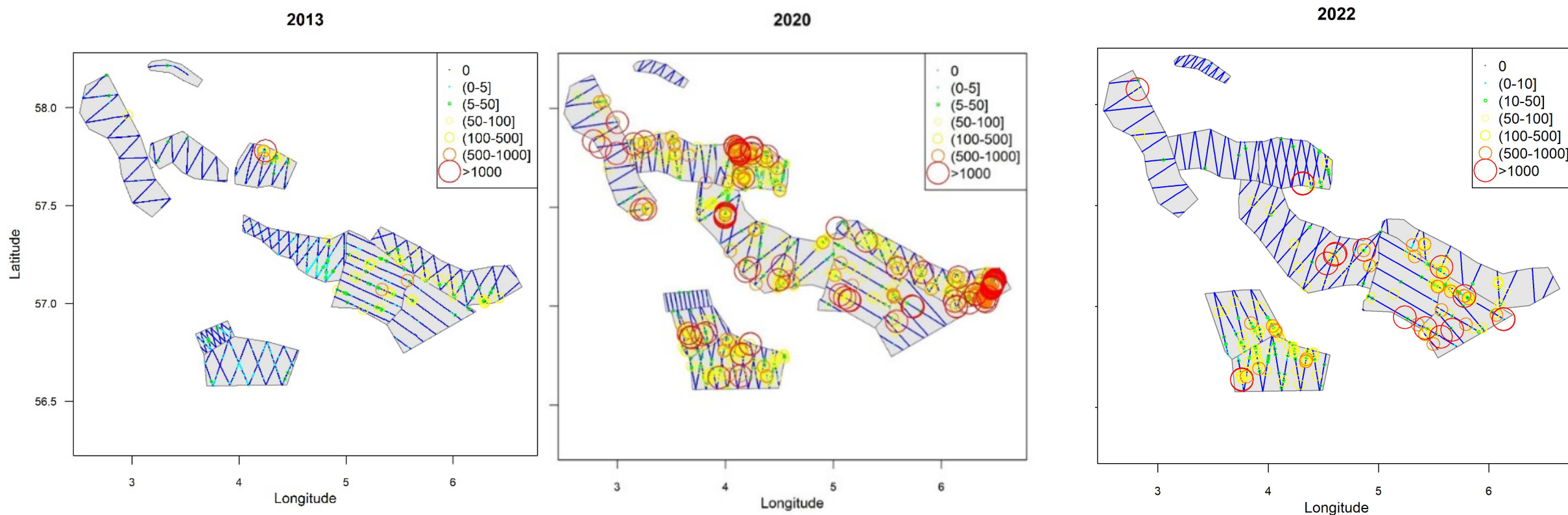


Johnsen, E., Totland, A., Skålevik, Å., Holmin, A. J., Dingsør, G. E., Fuglebakk, E., & Handegard, N. O. (2019). StoX: An open source software for marine survey analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, 10(9), 1523-1528.

# Estimate of biomass (Age1+)



# Estimate of spatial distribution (Age1+)



Dredge survey  
Age0 index

Acoustic trawl survey  
Age1+ absolute estimate

Fishing season

1 Dec

Preliminary  
advice

1 Feb

15 Apr

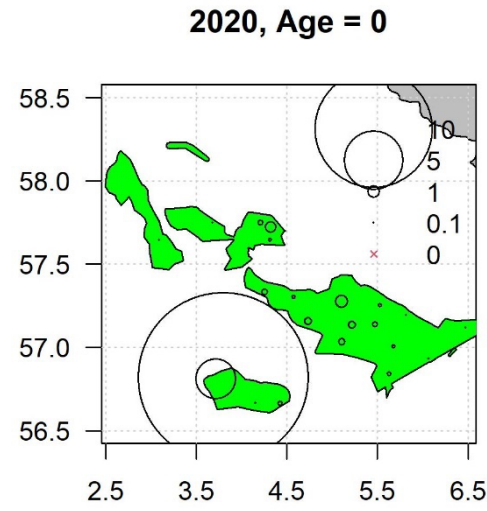
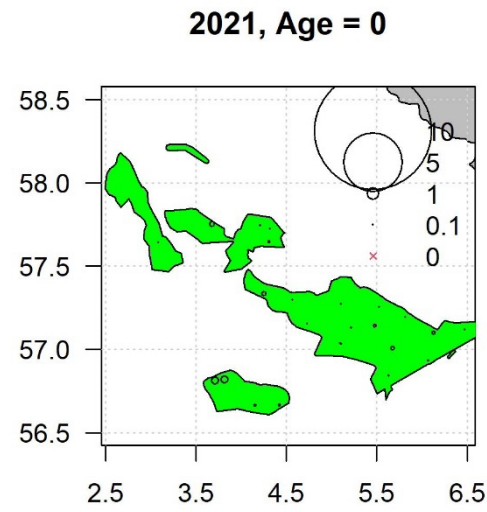
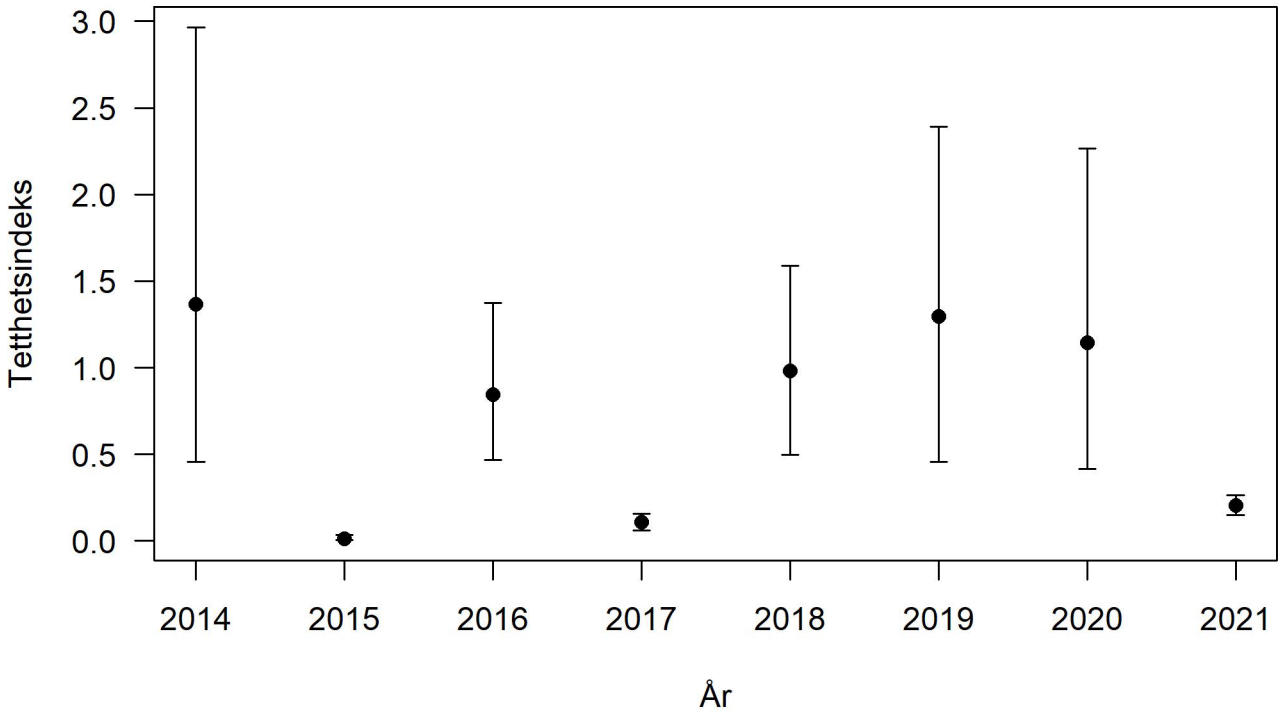
Final  
advice

15 May

23 June



# Recruitment index



Johnsen, E., & Harbitz, A. (2013). Small-scale spatial structuring of burrowed sandeels and the catching properties of the dredge. *ICES Journal of Marine Science*, 70(2), 379-386.



Dredge survey  
Age0 index

Acoustic trawl survey  
Age1+ absolute estimate



1 Dec

15 Apr

23 June

Preliminary  
advice

Final  
advice

1 Feb

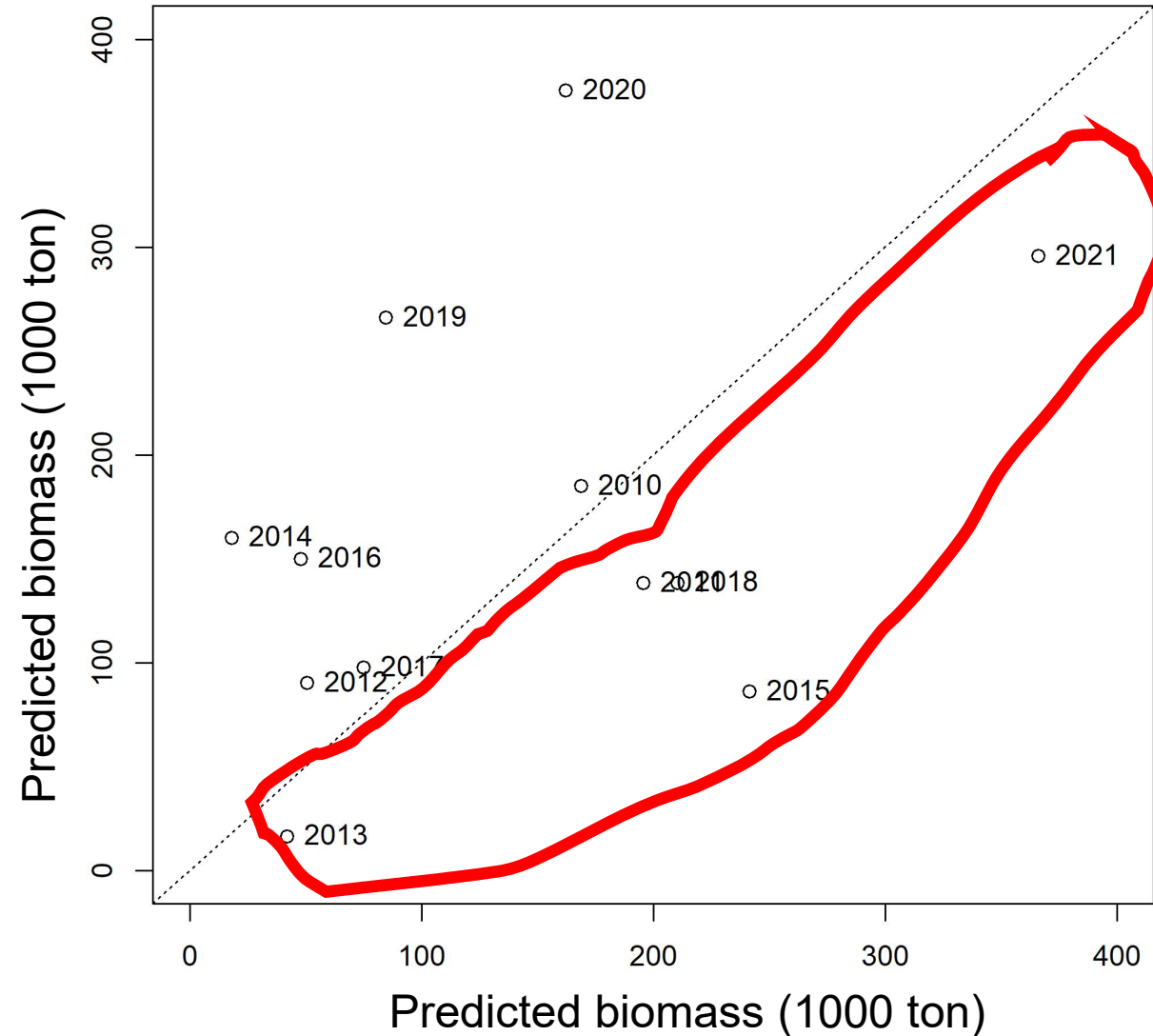
15 May



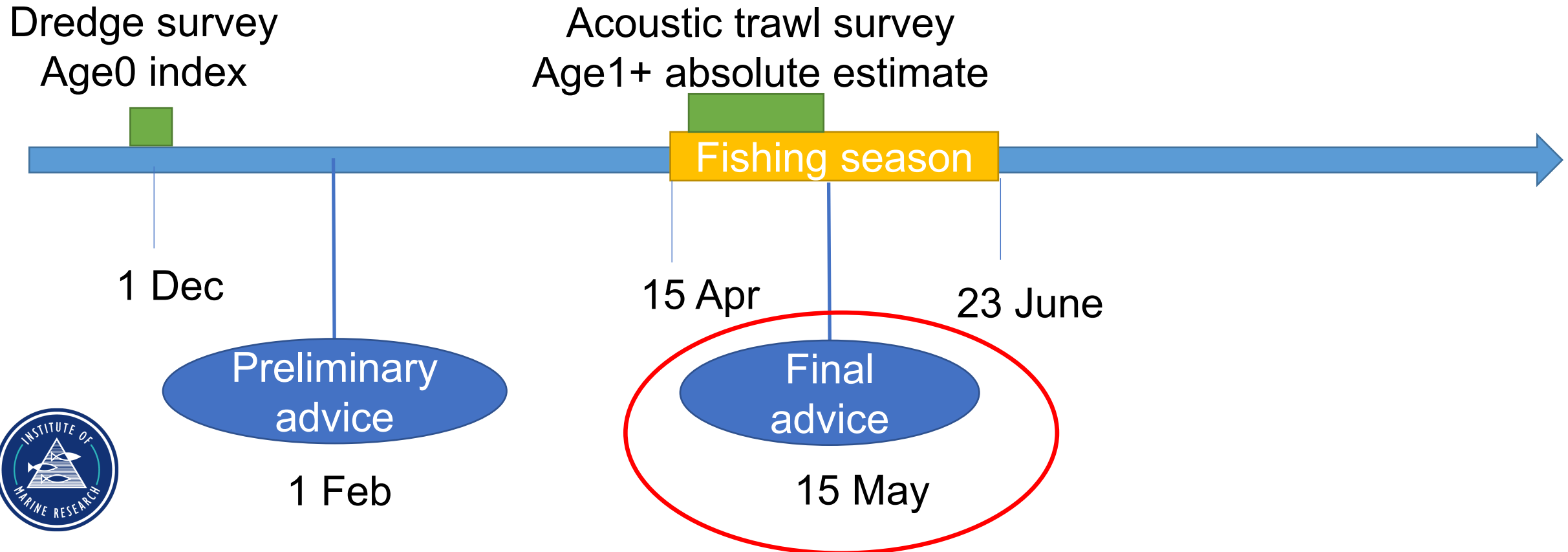
$$TAC_{2022} = \left( \left( \frac{B_{pred, Age2+}}{(1 + \text{pred. error})} \right) + B_{pred, Age1} \right) \cdot \text{harvest rate}$$

$\text{pred. error}_y =$

$$\frac{(B_{pred,y, Age2+} - B_{est,y, Age2+})}{B_{est,y, Age2+}}$$

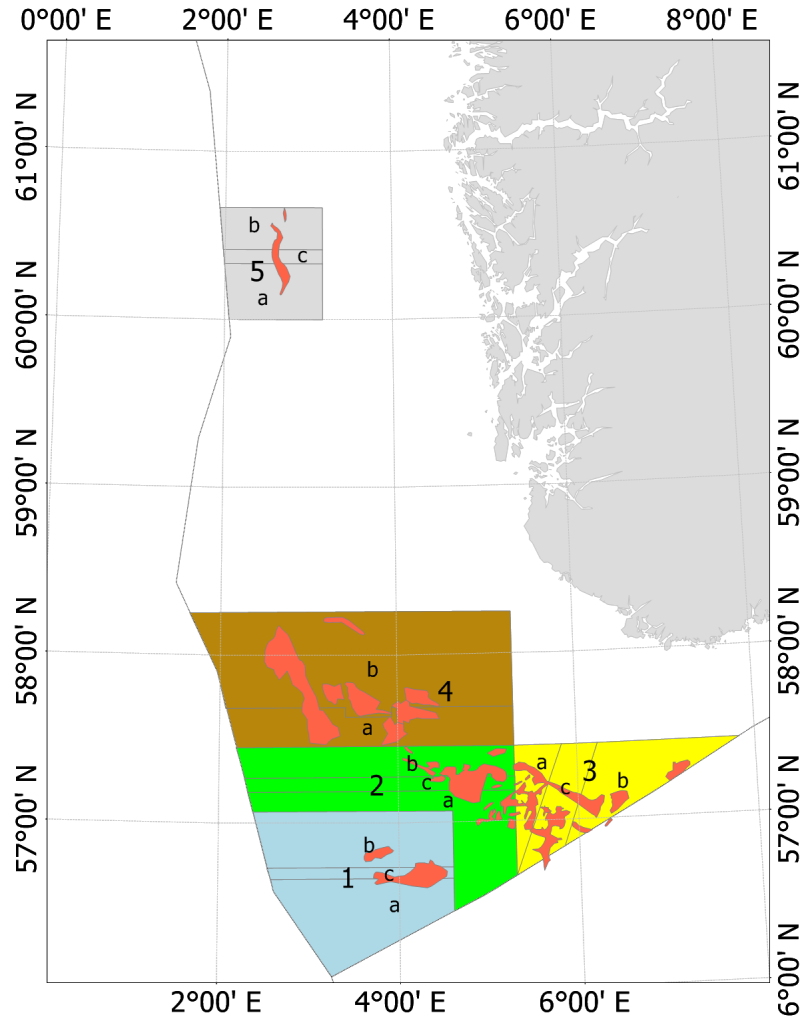


$$TAC = B_{40est,1+} \cdot harvest\ rate$$





# Advices

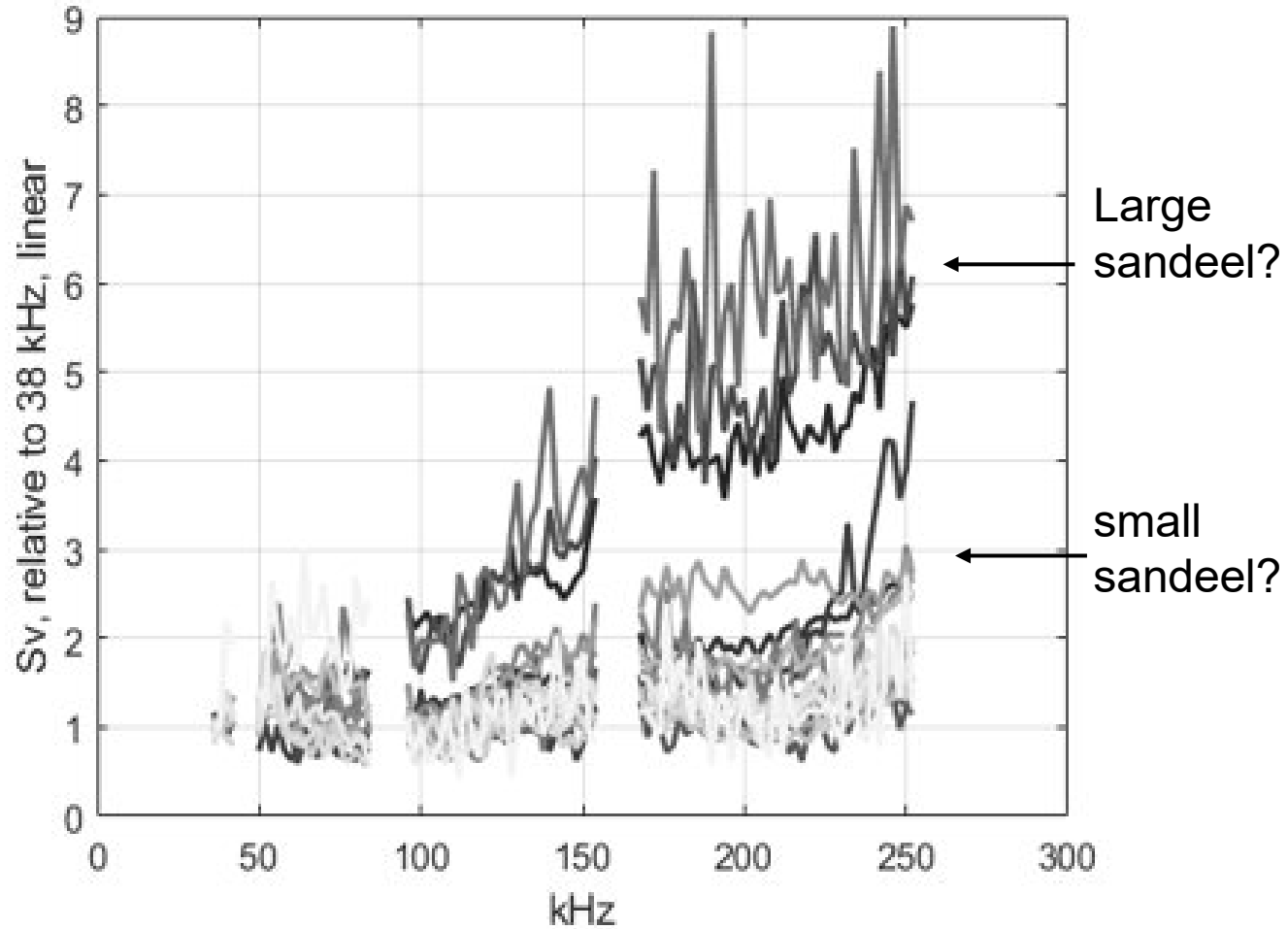


Year	Preliminary advice		Final advice	
	Tons	Open subareas	Tons	Open subareas
2010	20 000	1b, 2b, 3b	50 000	1b, 2b, 3b
2011	60 000	1a, 2a, 3a	90 000	1a, 2a, 3a
2012	40 000	1b, 2b, 3b	40 000	1b, 2b, 3b
2013	20 000	3a	20 000	3a
2014	15 000	3b, 3c	90 000	2a, 3b, 3c, 4b
2015	100 000	2b, 3b, 3a	100 000	1b, 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
2020	70 000	1a, 1c, 2b, 2c, 3b, 3c, 4a	250 000	1a, 1c, 2b, 2c, 3b, 3c, 4a
2021	110 000	1b, 1c, 2a, 2c, 3a, 3c, 4b	145 000	1b, 1c, 2a, 2c, 3a, 3c, 4b
2022	60 000	1a, 1c, 2b, 2c, 3b, 3c, 4a	95 000	1a, 1c, 2b, 2c, 3b, 3c

# Future plans



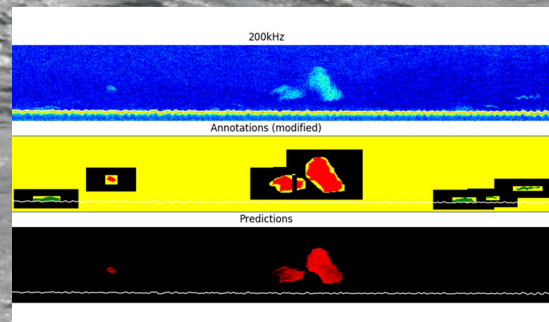
# Broadband acoustic for better acoustic identification



# Uncrewed surface vehicles



# Machine learning



Komiyama, 2021  
Brautaset et al., 2020

**Thank you**

