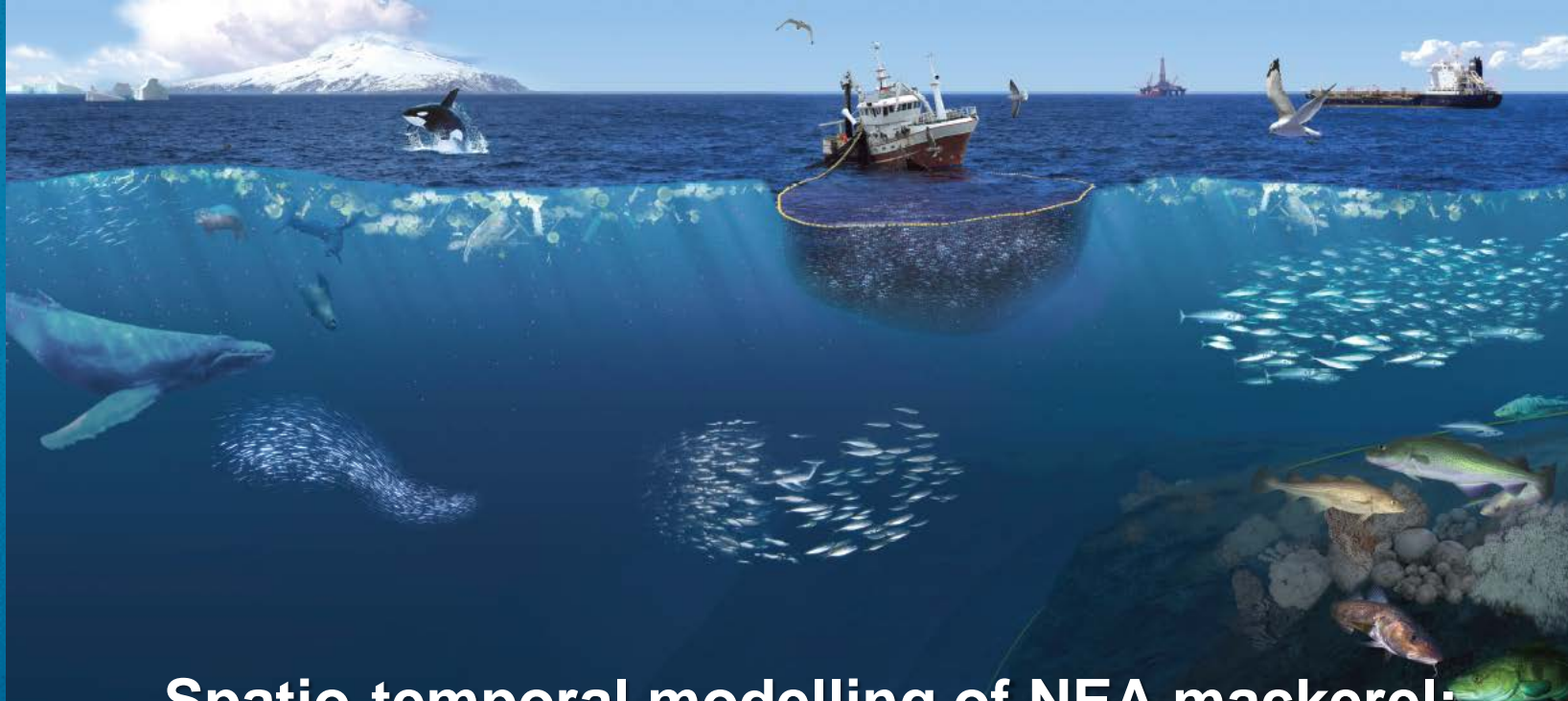




**International Symposium on
Drivers of Dynamics of Small Pelagic Fish Resources,
March 6-11 2017, Victoria, Canada**



**Spatio-temporal modelling of NEA mackerel:
Introducing estimates of uncertainty and going beyond 'visual'
correlations**

**Nikolaos Nikolioudakis, Hans J. Skaug, Jan Arge Jacobsen, Teunis
Jansen, Leif Nøttestad, Guðmundur J. Óskarsson and Katja Enberg**



THE CREW



EcoNorSe

Ecosystem dynamics in the Norwegian Sea:
new methods for understanding recent changes

Visual diet analysis – Stable Isotopes – Genetics - Modelling



HAVFORSKNINGSINSTITUTTET
INSTITUTE OF MARINE RESEARCH



MARINE RESEARCH INSTITUTE



Greenland Institute
of Natural Resources



HAVSTOVAN
FAROE MARINE RESEARCH INSTITUTE



INSTITUTO ESPAÑOL DE OCEANOGRAFÍA 1914

UNIVERSITY OF BERGEN



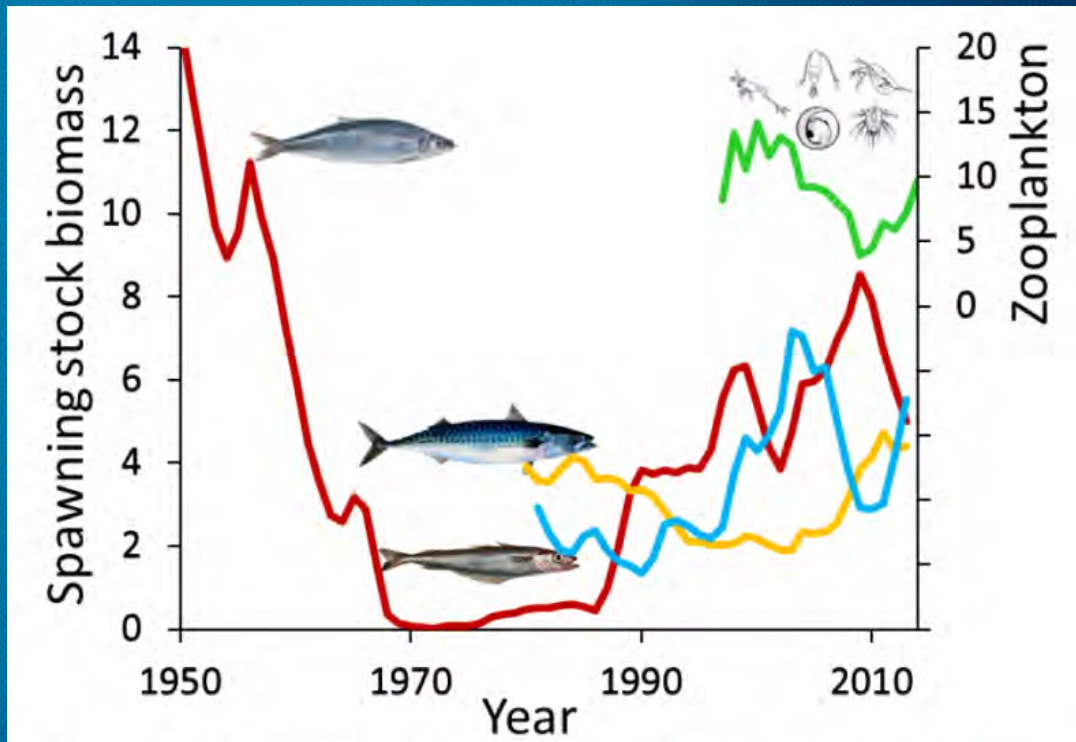
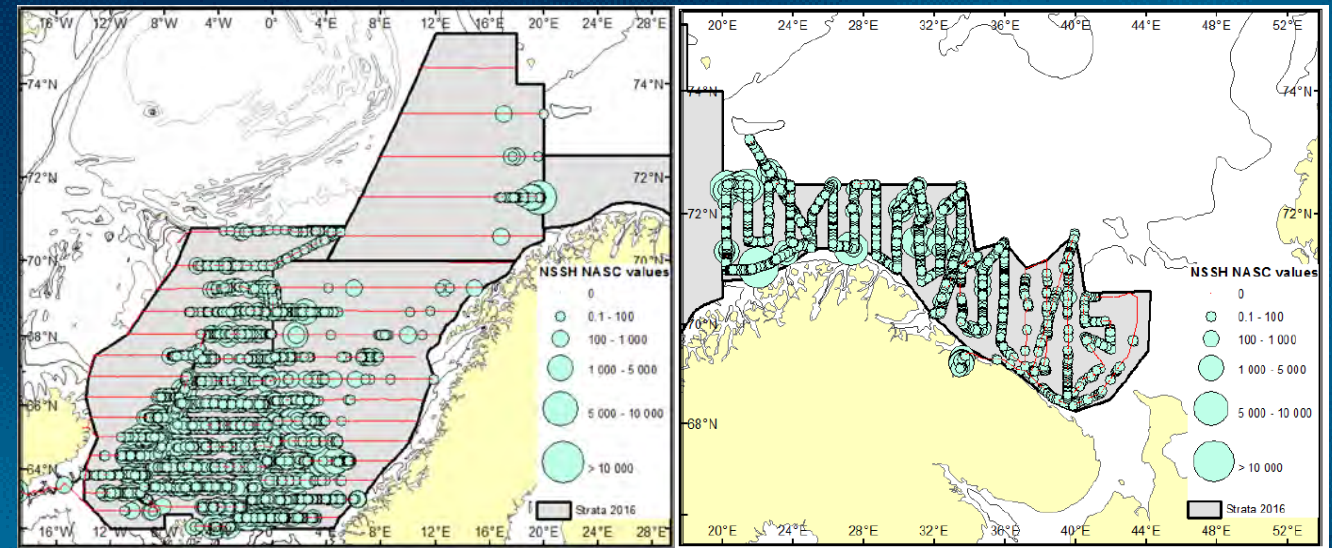
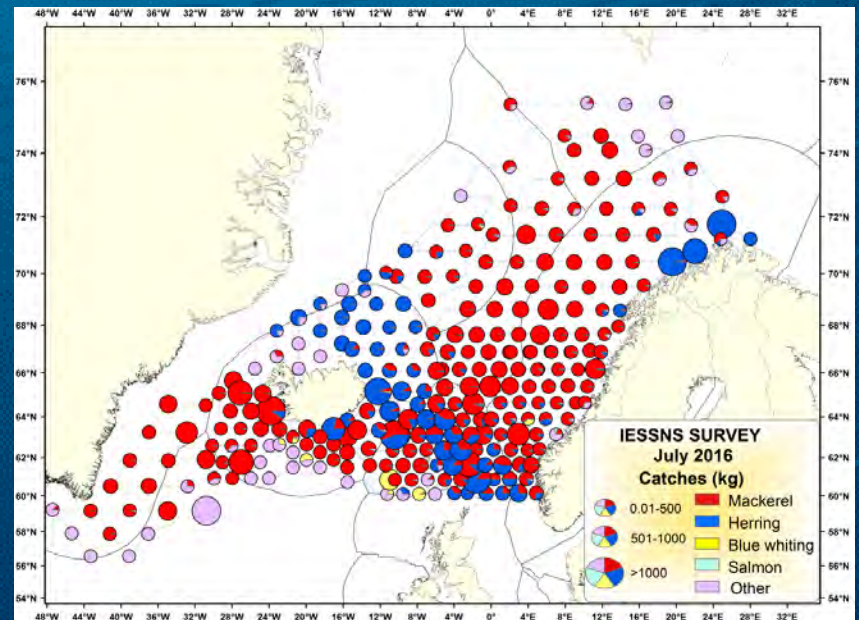


Figure 1. Spawning stock biomass of herring, mackerel, blue whiting and zooplankton biomass in the Norway Sea.

A very dynamic ecosystem with rather good survey coverage



NSSH NASC registrations during the IESSNS (July) (ICES 2016)



Distribution of catches during the IESSNS (July) (ICES 2016)

Mackerel is getting the blame for vanishing herring, puffin, ...

Climate change creates trouble for puffins

Klimaendringene skaper trøbbel for lundefuglen

LUNDEFUGL

PETTER FOSSUM
forskningsjef ved Havforskningsinstituttet
ERLING KÅRE STENEVIK
seniorforsker ved Havforskningsinstituttet
TYCHO ANKER-NILSSEN
seniorforsker ved Norsk institutt for naturforskning

FOR SYVENDE ÅR på rad har lundene på Røst hatt en fullstendig mislykket hekkesesong. I fjor forlot de sine uklekkede egg i kolonien fordi det ikke var mat i havet.

De fleste bestandene av sjøfugl langs kysten stuper. Nedgangen er spesielt merkelig hos lunden. Svarene på lundefuglens problemer finnes i havet, og i havet regierer makrellen.

MAKRELLEN ER MER effektiv enn silden, og kan vokse og overleve på lavere planktonkonsentrasjoner. Med stigende sjøtemperatur har store, nye beiteområder åpnet seg for makrellen, og arten har nå en mye videre utbredelse enn tidligere. Den finnes nå i store deler av Norskehavet helt nord til Spitsbergen, rundt Island og til

Vest-Grønland, og er tallrik i kyststrømmen hele velen fra Rogaland til Varanger.

Det er mye som tyder på at makrellens gyteområder er større enn før. Den gyter nå også i Norskehavet, og det er indikasjoner på at vi har fått flere sterke årsklasser av makrell de siste årene. Da norskekysten ble undersøkt i begynnelsen av juni i fjor, for spesielt å se på makrellens betydning for sildelarvene, så var makrellen tallrik i kyststrømmen og vi fant mange sildelarver i makrellmagene.

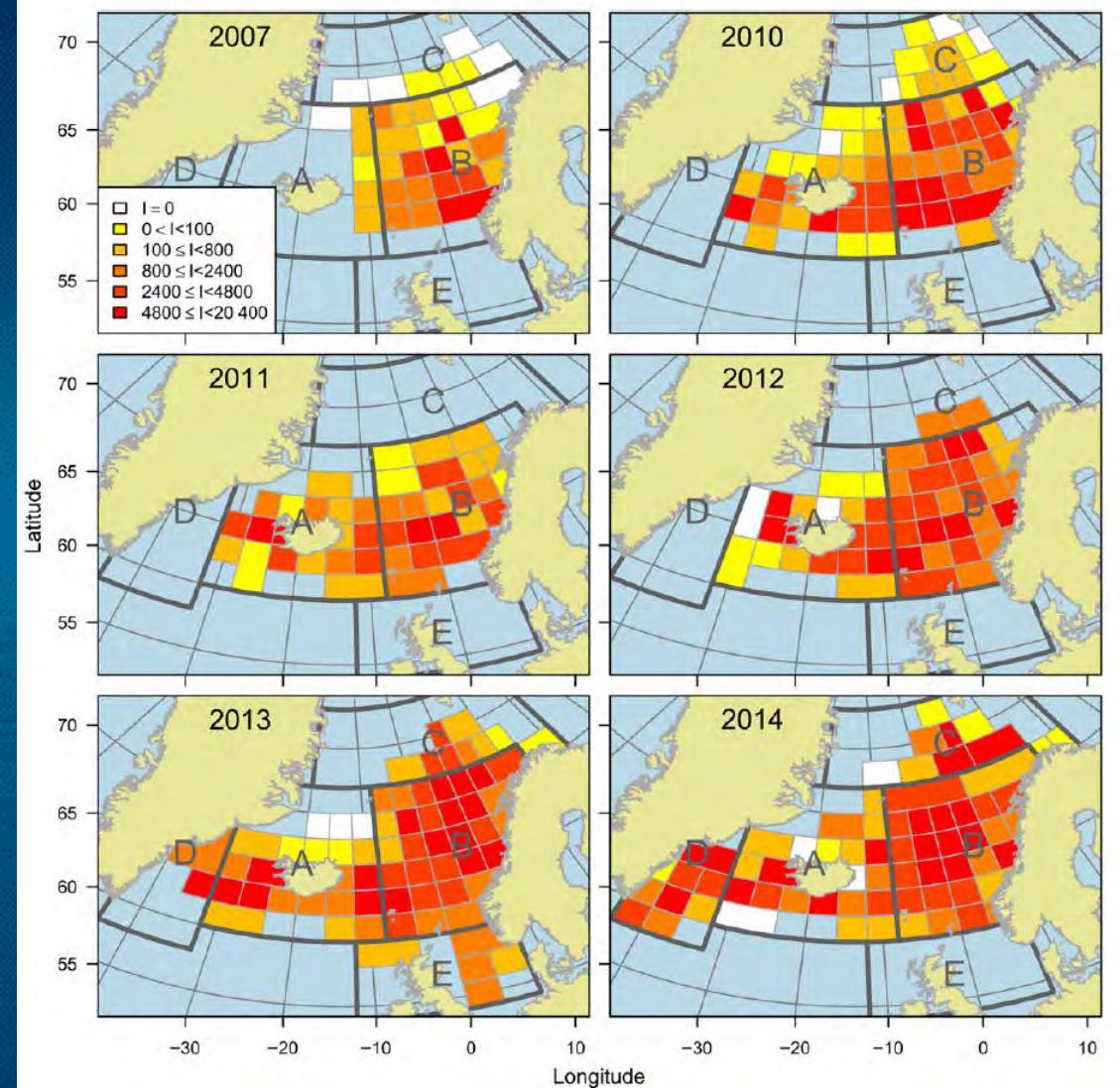
MAKRELLEN KAN ALTSÅ TENKES å spise så mye sildeyngel og sildelarver at sildens rekruttering blir svekket, og pågående forskning ved Havforskningsinstituttet søker svar på dette. Sildeyngel på 5–6 cm er selve sikringskosten for lundeungene. De siste syv årene har det knapt vært sildeyngel av en slik størrelse i kyststrømmen midtsommers når lundene på Røst må finne mat til ungene sine. For første gang ble det i 2013 ikke registrert sildeyngel i det hele tatt i dietten til noen av sjøfuglene på Røst.



LUNDEFUGL: De fleste bestandene av sjøfugl langs kysten er i tilbakegang. FOTO: ADRIAN FOTO

MAKRELLENS AVKOM er ikke noen alternativ føde for lundeungene. Makrellen gyter lenger til havs og yngelen når sjelden den norske kyststrømmen. Foreløpig har ikke makrellen trengt inn i sentrale deler av Barentshavet, og vi er spent på hva som skjer hvis den gjør det.

Historien om lundefuglene på Røst er et godt eksempel på at når klimaet endrer seg, og det blir varmere i havet, kan det få helt andre konsekvenser for økosystemet enn det en tenker seg. Alt blir ikke automatisk bedre ved at noen av våre viktigste fiskerter vokser.



Average catch index (kg km⁻²) for NEA mackerel in July–August 2007 and 2010–2014. (Nøttestad et al. 2016)

Mackerel is getting the blame for vanishing herring, puffin, ...

Climate change creates trouble for puffins

Klimaendringene skaper trøbbel for lundefuglen

LUNDEFUGL

PETTER FOSSUM
forskningsjef ved Havforskningsinstituttet
ERLING KÅRE STENEVIK
seniorforsker ved Havforskningsinstituttet
TYCHO ANKER-NILSSEN
seniorforsker ved Norsk institutt for naturforskning

FOR SYVENDE ÅR på rad har lundene på Røst hatt en fullstendig mislykket hekkesesong. I fjor forlot de sine uklekkede egg i kolonien fordi det ikke var mat i havet.

De fleste bestandene av sjøfugl langs kysten stuper. Nedgangen er spesielt merkelig hos lunden. Svarene på lundefuglens problemer finnes i havet, og i havet regierer makrellen.

MAKRELLEN ER MER effektiv enn silden, og kan vokse og overleve på lavere planktonkonsentrasjoner. Med stigende sjøtemperatur har store, nye beiteområder åpnet seg for makrellen, og arten har nå en mye videre utbredelse enn tidligere. Den finnes nå i store deler av Norskehavet helt nord til Spitsbergen, rundt Island og til

Vest-Grønland, og er tallrik i kyststrømmen hele veien fra Rogaland til Varanger.

Det er mye som tyder på at makrellens gyteområder er større enn før. Den gyter nå også i Norskehavet, og det er indikasjoner på at vi har fått flere sterke årsklasser av makrell de siste årene. Da norskekysten ble undersøkt i begynnelsen av juni i fjor, for spesielt å se på makrellens betydning for sildelarvene, så var makrellen tallrik i kyststrømmen og vi fant mange sildelarver i makrellmagen.

MAKRELLEN KAN ALTSÅ TENKES å spise så mye sildeyngel og sildelarver at sildens rekruttering blir svekket, og pågående forskning ved Havforskningsinstituttet søker svar på dette. Sildeyngel på 5–6 cm er selve sikringskosten for lundeungene. De siste syv årene har det knapt vært sildeyngel av en slik størrelse i kyststrømmen midtsommers når lundene på Røst må finne mat til ungene sine. For første gang ble det i 2013 ikke registrert sildeyngel i det hele tatt i dietten til noen av sjøfuglene på Røst.



LUNDEFUGL: De fleste bestandene av sjøfugl langs kysten er i tilbakegang. FOTO: ADRIANO

MAKRELLENS AVKOM er ikke noen alternativ føde for lundeungene. Makrellen gyter lenger til havs og yngelen når sjelden den norske kyststrømmen. Foreløpig har ikke makrellen trengt inn i sentrale deler av Barentshavet, og vi er spent på hva som skjer hvis den gjør det.

Historien om lundefuglene på Røst er et godt eksempel på at når klimaet endrer seg, og det blir varmere i havet, kan det få helt andre konsekvenser for økosystemet enn det en tenker seg. Alt blir ikke automatisk bedre ved at noen av våre viktigste fiskerter vokser.

Mackerel predation on herring larvae during summer feeding in the Norwegian Sea

Georg Skaret*, Eneko Bachiller, Herdis Langoy, and Erling K. Stenevik

Pelagic Fish Research Group, Institute of Marine Research (IMR), PO Box 1870, Bergen NO-5817, Norway

The results suggest that mackerel fed opportunistically on herring larvae, and that predation pressure therefore largely depends on the degree of overlap in time and space.

Latitude



RESEARCH ARTICLE

Feeding Ecology of Northeast Atlantic Mackerel, Norwegian Spring-Spawning Herring and Blue Whiting in the Norwegian Sea

Eneko Bachiller*, Georg Skaret, Leif Nøttestad, Aril Slotte

...mackerel and herring diets largely overlapped, with calanoid copepods being their main prey item, while the blue whiting diet consisted of larger prey items, particularly amphipods.



News > World > Europe

EU tackles Iceland over 'mackerel wars'

Island nation and Faroes face trade sanctions over rising catches of fish

Charlotte McDonald-Gibson | 4 years ago | 0 comments



Click to follow The Independent Online

PRI SECTIONS FEATURED ABOUT PRI FOLLOW

What story will you make possible?
Your support helps PRI tell the stories that need to be told. [GIVE TODAY >](#)

Business, Finance & Economics
Climate change prompts 'mackerel wars'

GlobalPost
July 30, 2013 10:22 AM UTC

[Share on Facebook](#) [Share on Twitter](#) [Share](#) [Comment](#)

ECOLOGICAL APPLICATIONS

ECOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA

[Explore this journal >](#)

Article

Ocean warming expands habitat of a rich natural resource and benefits a national economy

Teunis Jansen [✉](#), Søren Post, Trond Kristiansen, Guðmundur J. Óskarsson, Jesper Boje, Brian R. MacKenzie, Mala Broberg, Helle Siegstad

First published: 12 September 2016 [Full publication history](#)

DOI: 10.1002/eap.1384 [View/save citation](#)

Cited by: 2 articles [Citation tools](#)

[Funding Information](#)

Corresponding Editor: O. Jensen.

BBC NEWS Sign in

Home Video World UK Business Tech Science Magazine Entertainment & Arts

Scotland Edinburgh, Fife & East Glasgow & West Highlands & Islands NE, Orkney & Shetland

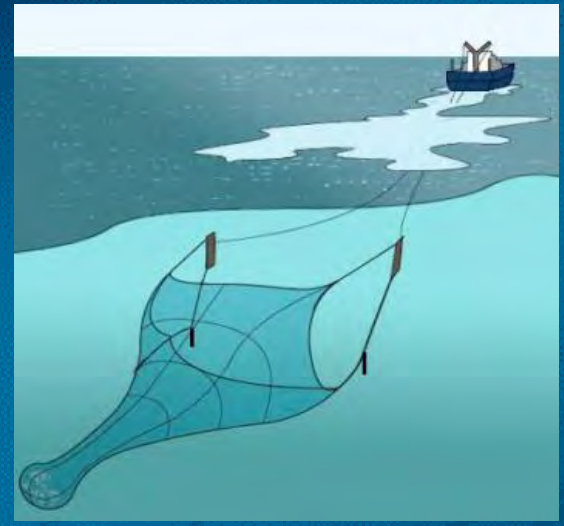
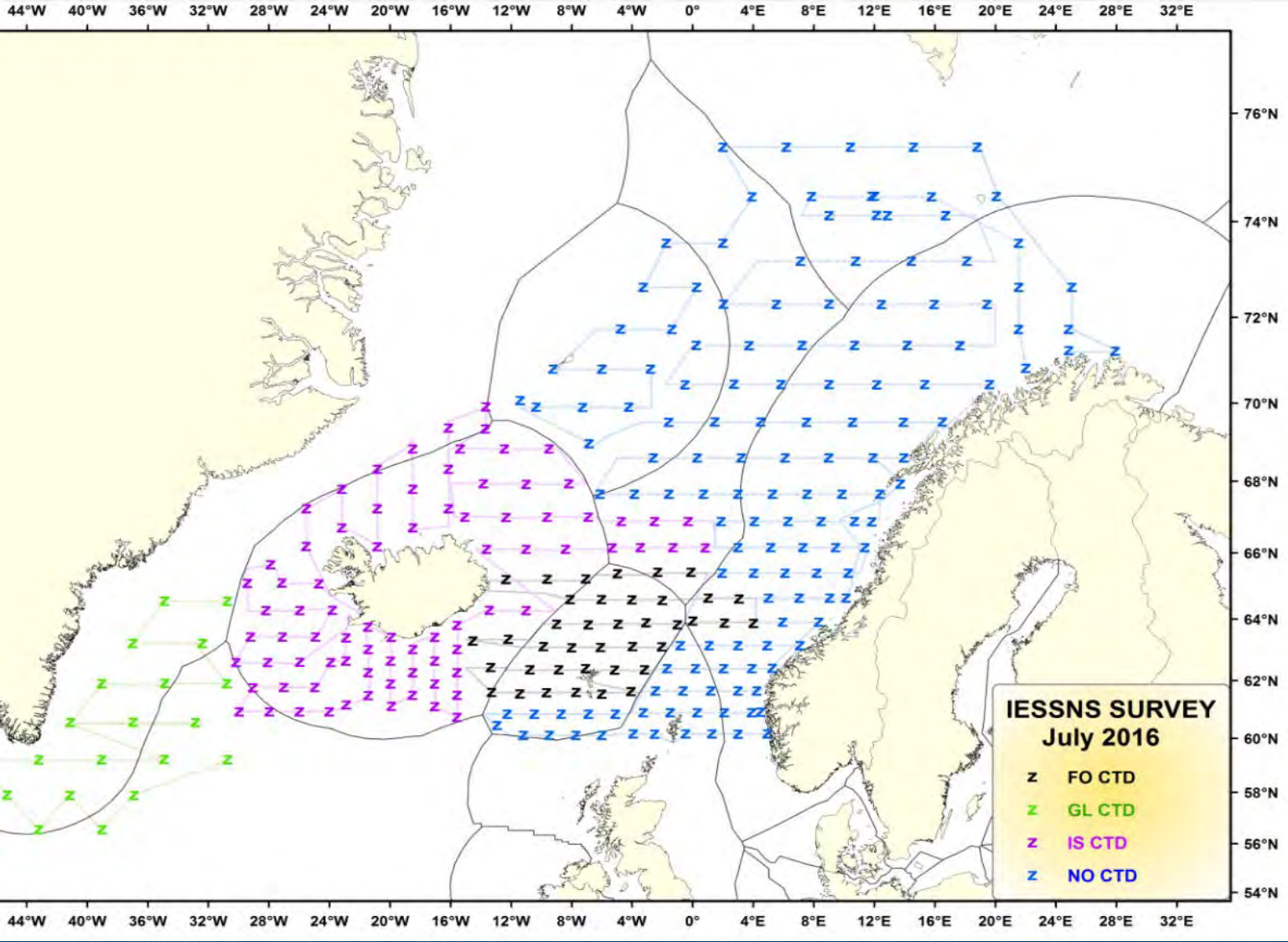
Q&A: Mackerel wars explained

By Ken Banks
BBC Scotland, North East and Northern Isles reporter

14 January 2011 | [NE Scotland, Orkney & Shetland](#)

Pages 2021-2022

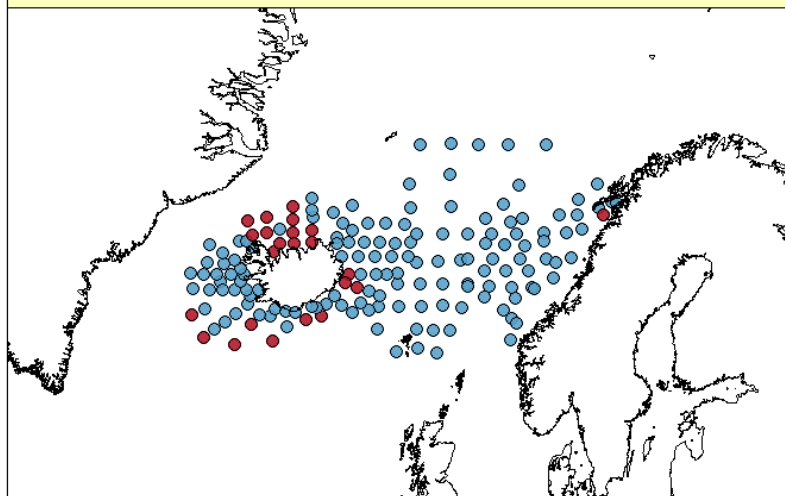
[Share](#)



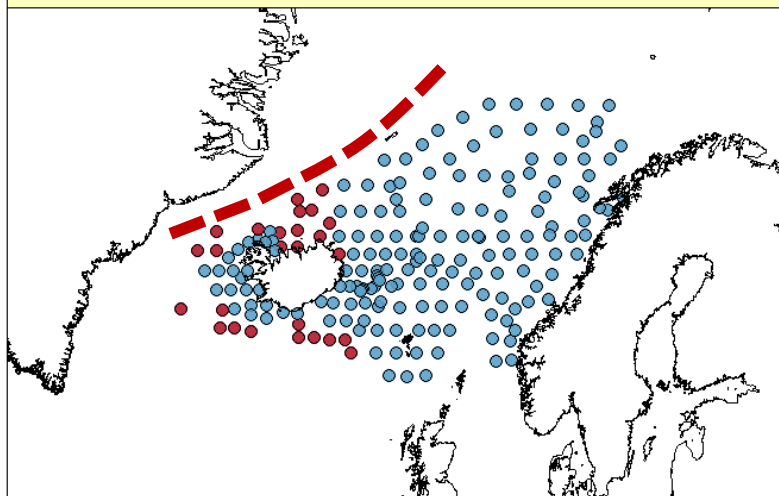


Mackerel Presence (●) / Absence (●)

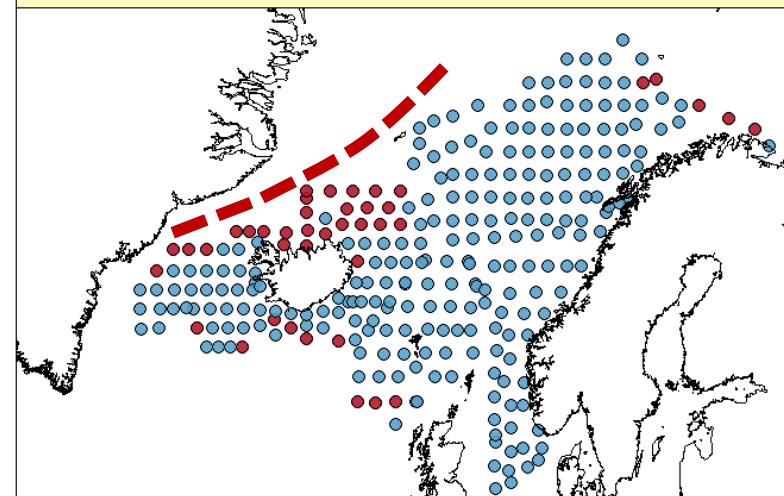
2011



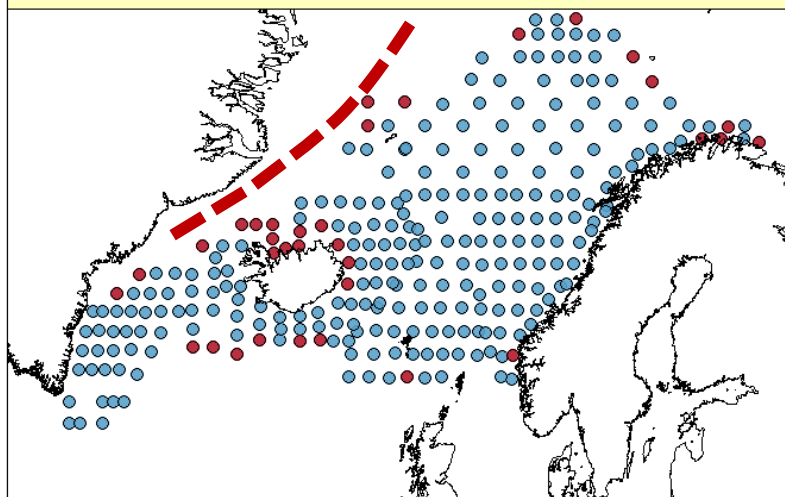
2012



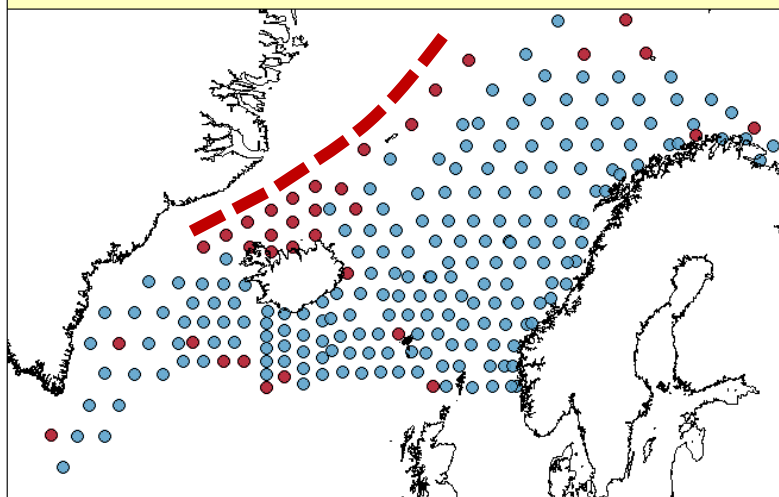
2013



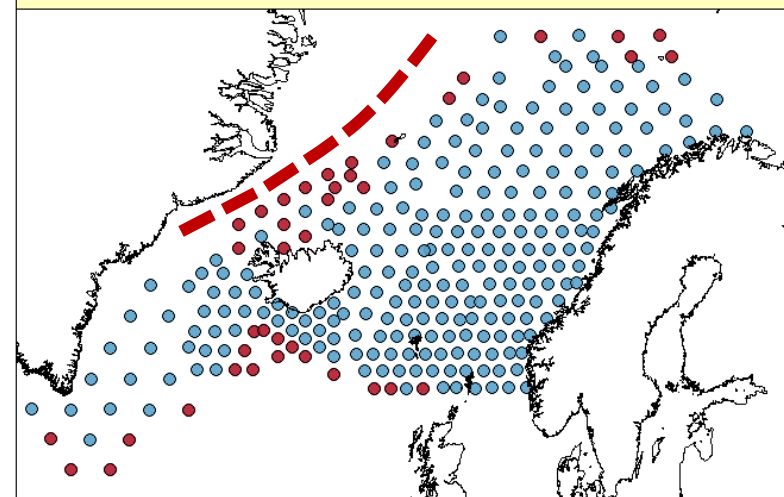
2014

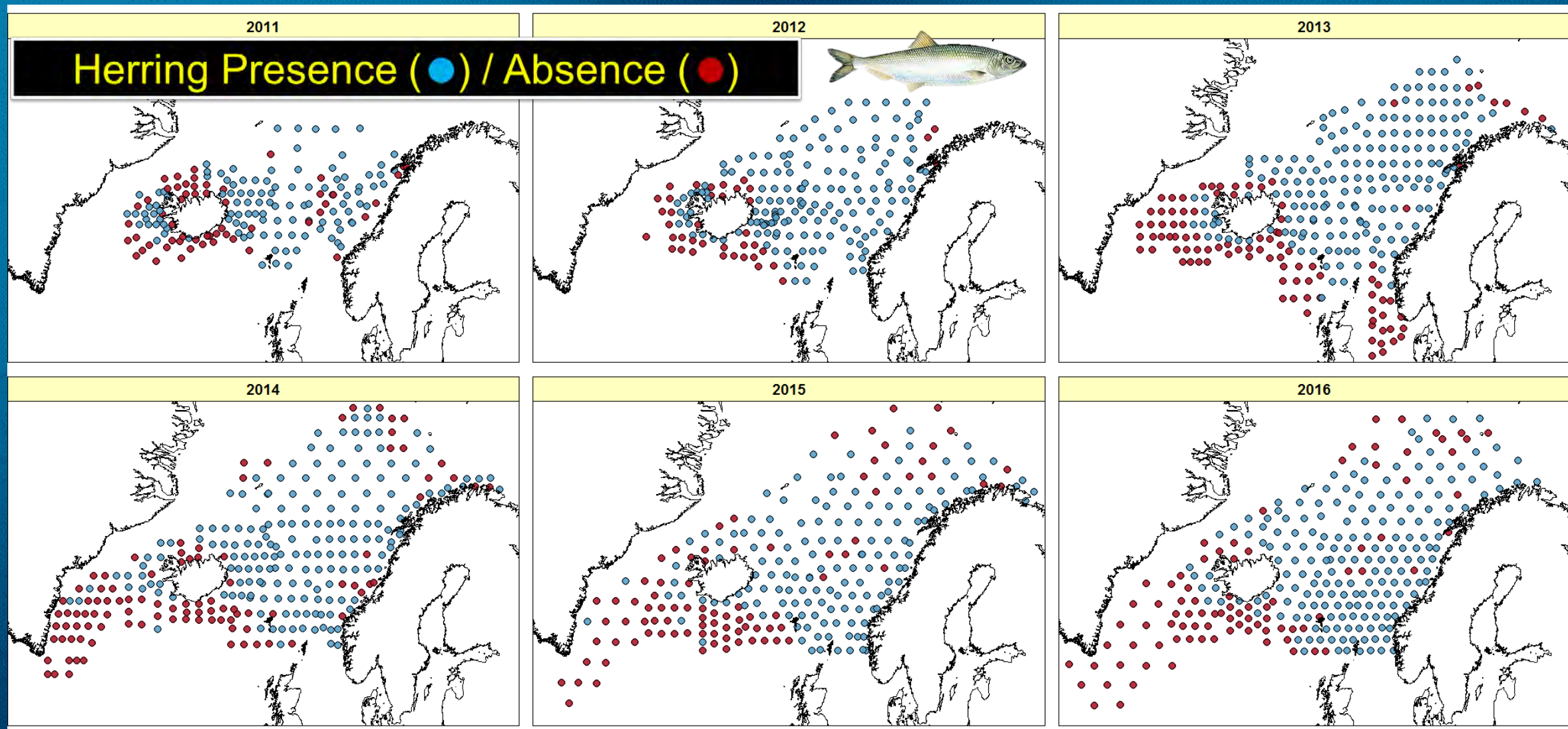
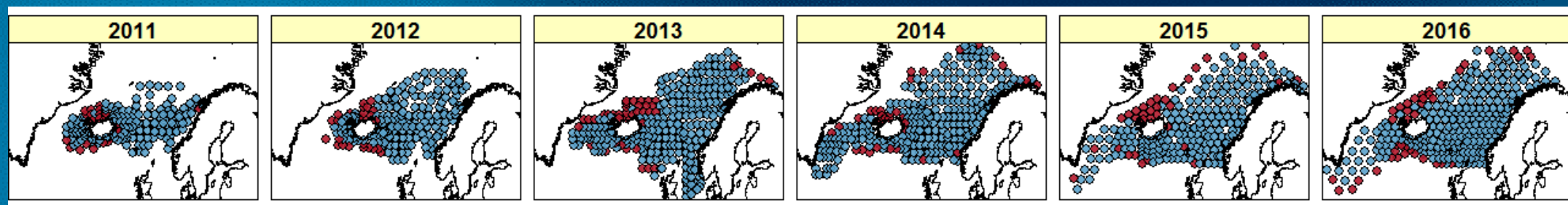


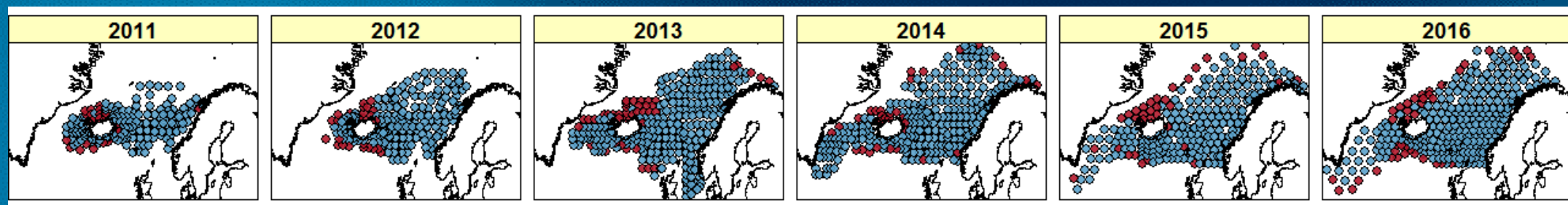
2015



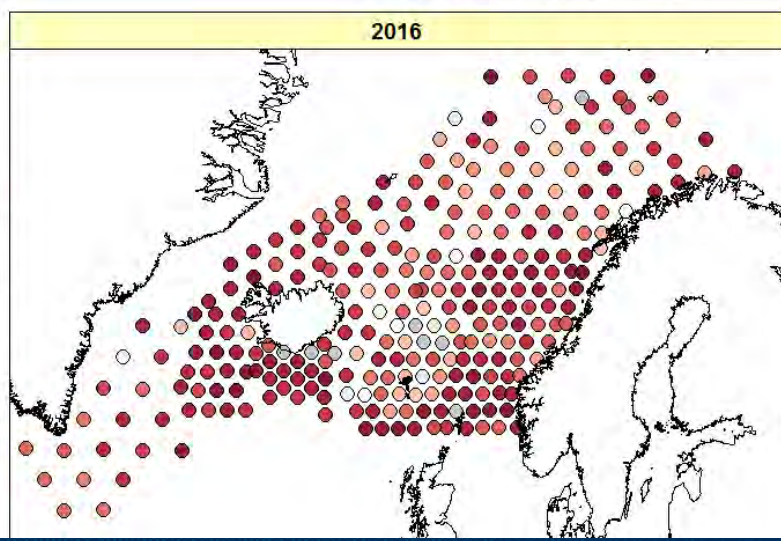
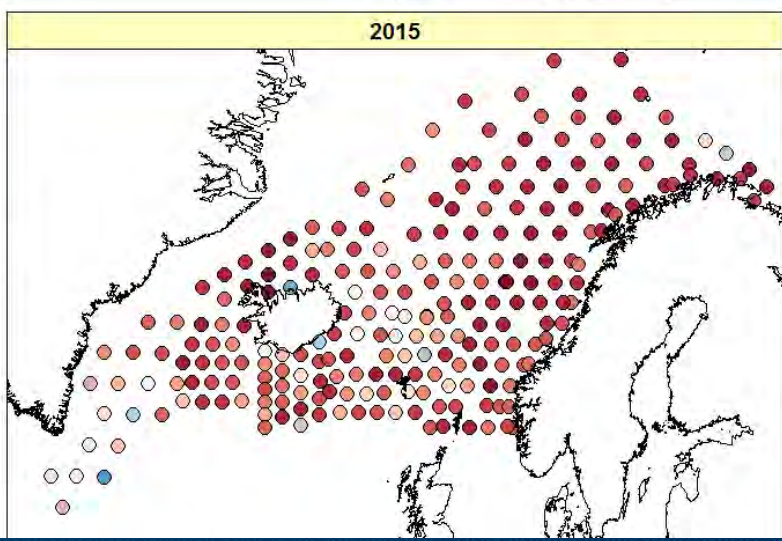
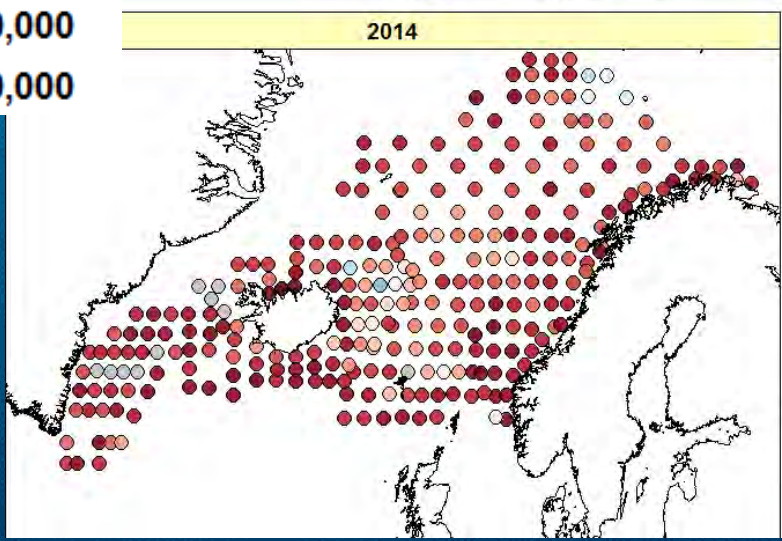
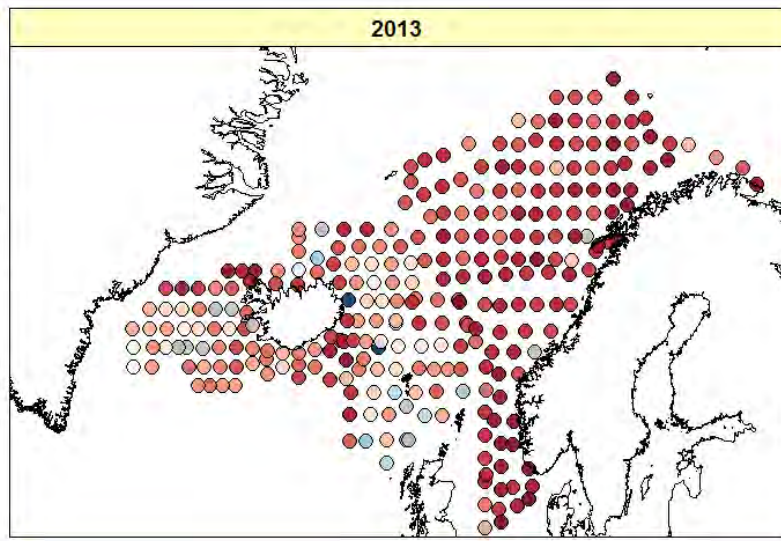
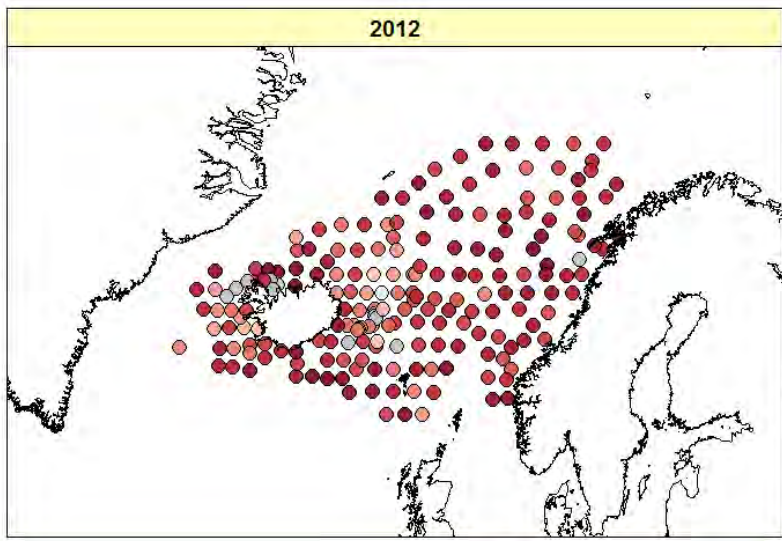
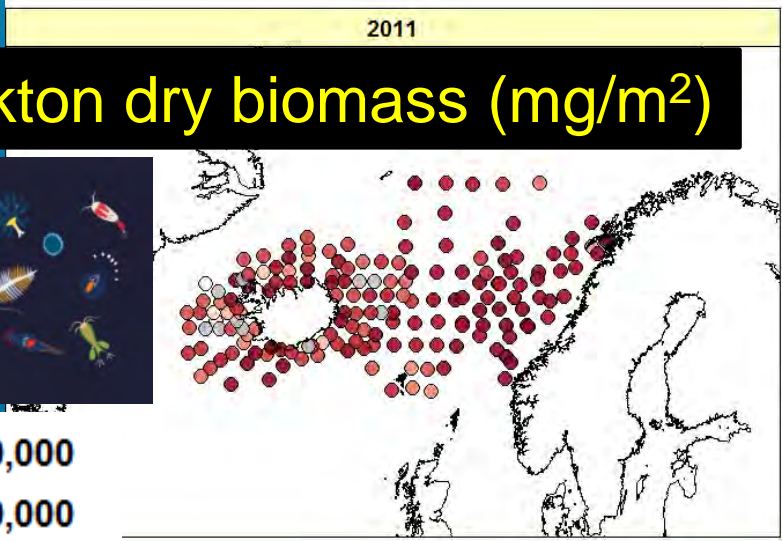
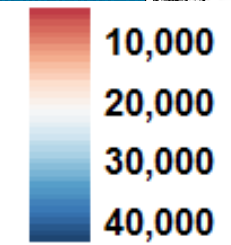
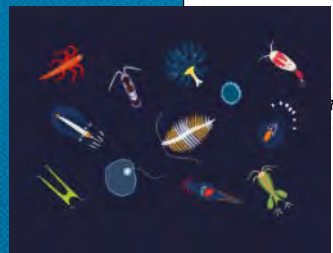
2016







Plankton dry biomass (mg/m²)



The rationale:

prey and abiotic variables should control mackerel distribution patterns

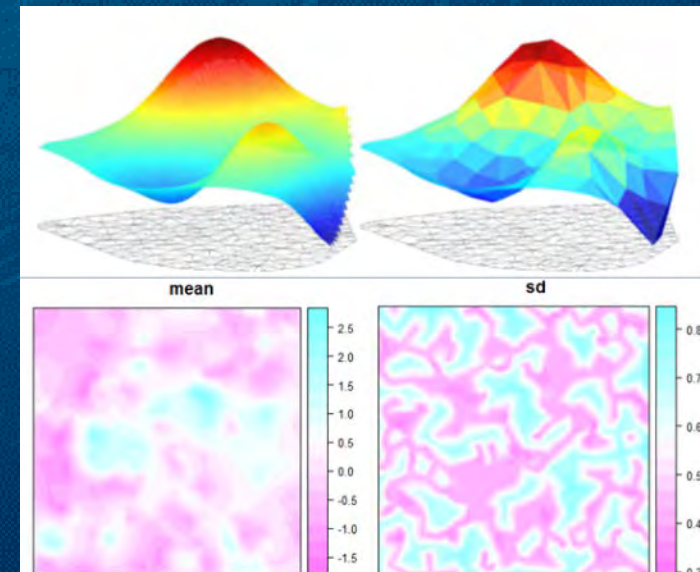
The questions:

- 1) Can inclusion of competition for prey improve the models?
- 2) Are the observed distribution patterns varying over space / time?
- 3) Can we derive uncertainty estimates from our fitted models?

The methodology:

Spatiotemporal Bayesian models using INLA

[Integrated Nested Laplace Approximation (*Rue et al. 2009, Lindgren et al. 2011*)]



The rationale:

prey and abiotic variables should control mackerel distribution patterns

The questions:

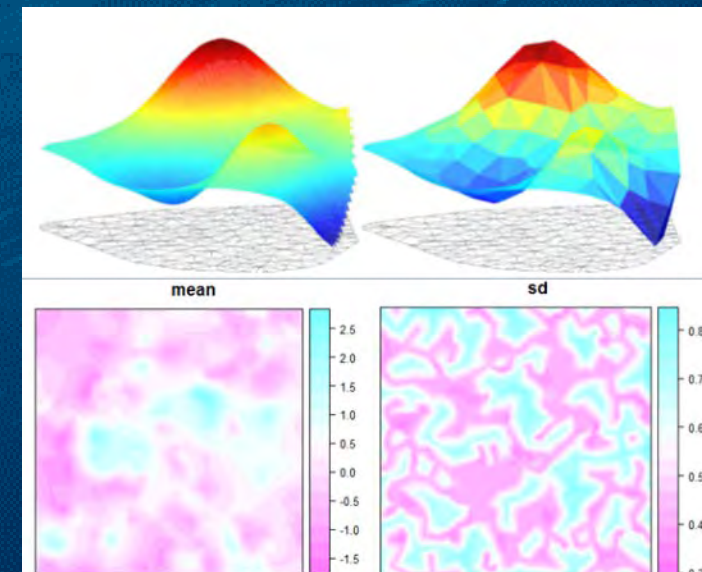
- 1) Can inclusion of competition for prey improve the models?
- 2) Are the observed distribution patterns varying over space / time?
- 3) Can we derive uncertainty estimates from our

Spoiler: YES WE CAN!

The methodology:

Spatiotemporal Bayesian models using INLA

[Integrated Nested Laplace Approximation (*Rue et al. 2009, Lindgren et al. 2011*)]

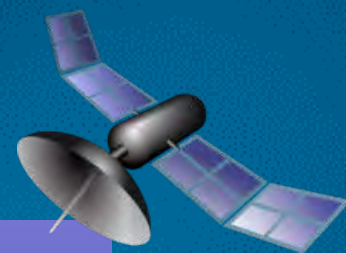
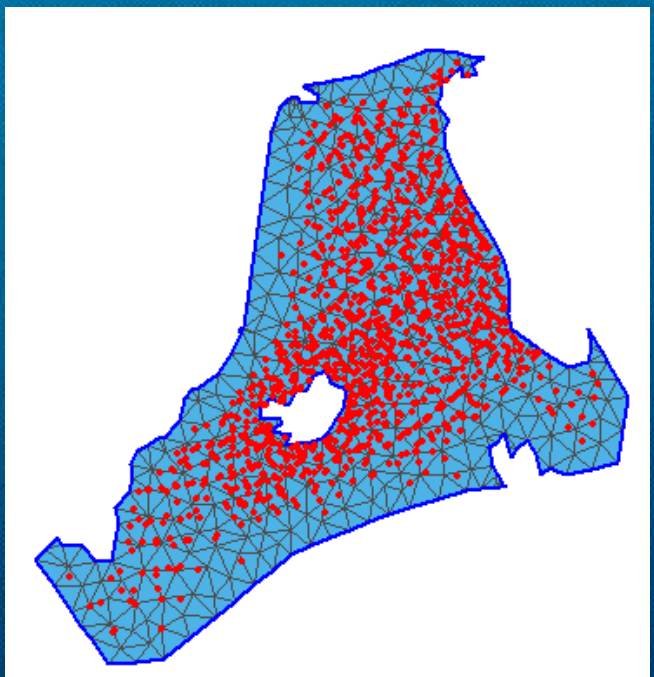


Response: Mackerel Presence / Absence

$$Y_{ti} \sim \text{Bernoulli}(P_{ti})$$
$$E(Y_{ti}) = P_{ti}$$
$$\text{var}(Y_{ti}) = P_{ti} * (1 - P_{ti})$$

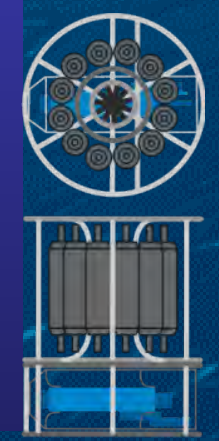
$$P_{ti} = \frac{\exp(\text{Intercept} + \text{Covariates}_{ti} + v_{ti})}{1 + \exp(\text{Intercept} + \text{Covariates}_{ti} + v_{ti})}$$

, where:
 $v_{ti} = \phi * v_{t-1,i} + u_{ti}$
 $u_{ti} \sim N(0, \text{SIGMA})$



Covariates

- Temperature (real time)
- Salinity (real time)
- Depth
- Mean SST (7 days mean)
- Mixed Layer thickness (7 days mean)
- Longitude / Latitude
- Herring Presence / Absence (catches)**
- Zooplankton Dry Biomass (real time)**
- Mackerel SSB**

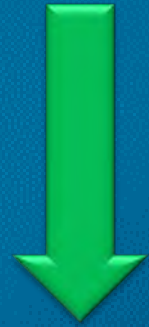


Model	Random field	Herring	DIC*
I	NO	NO	
I	NO	YES	
II	SPATIAL	NO	
II	SPATIAL	YES	
III	SPATIOTEMPORAL	NO	
III	SPATIOTEMPORAL	YES	

Why even bother?

To take into account spatiotemporal autocorrelation
and avoid pseudoreplication!!!

Model	Random field	Herring	DIC*
I	NO	NO	909.9
I	NO	YES	826.5
II	SPATIAL	NO	661.0
II	SPATIAL	YES	622.7
III	SPATIOTEMPORAL	NO	777.3
III	SPATIOTEMPORAL	YES	740.3

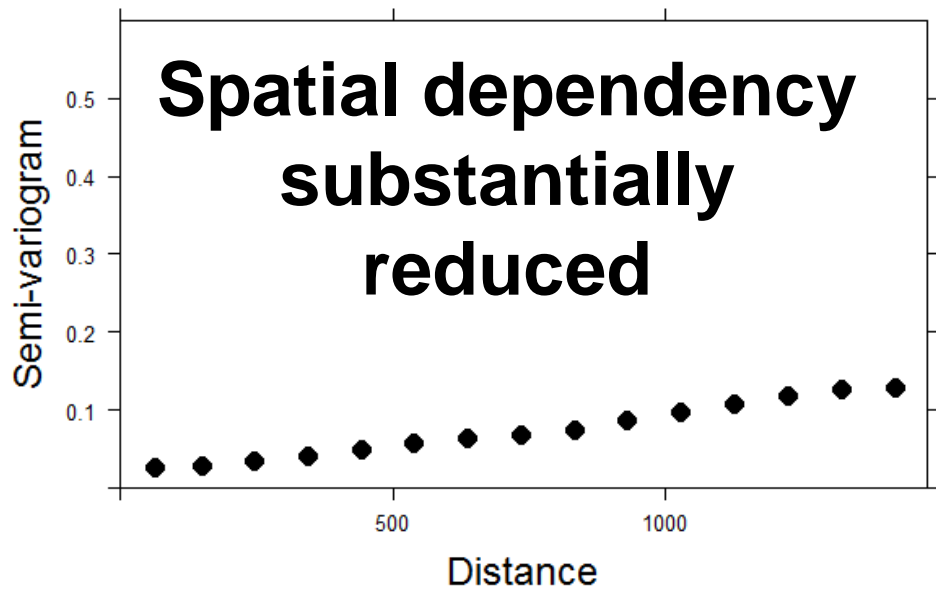
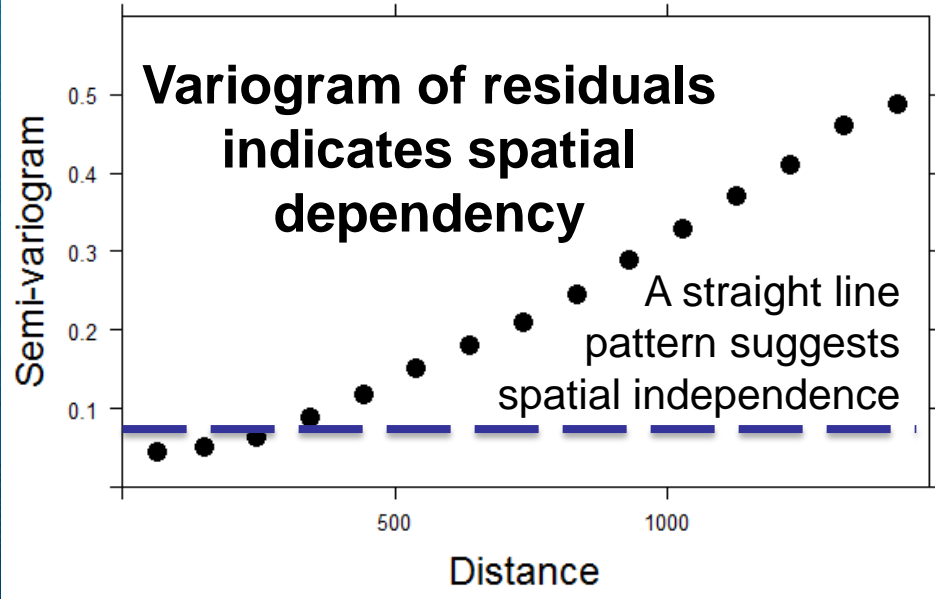
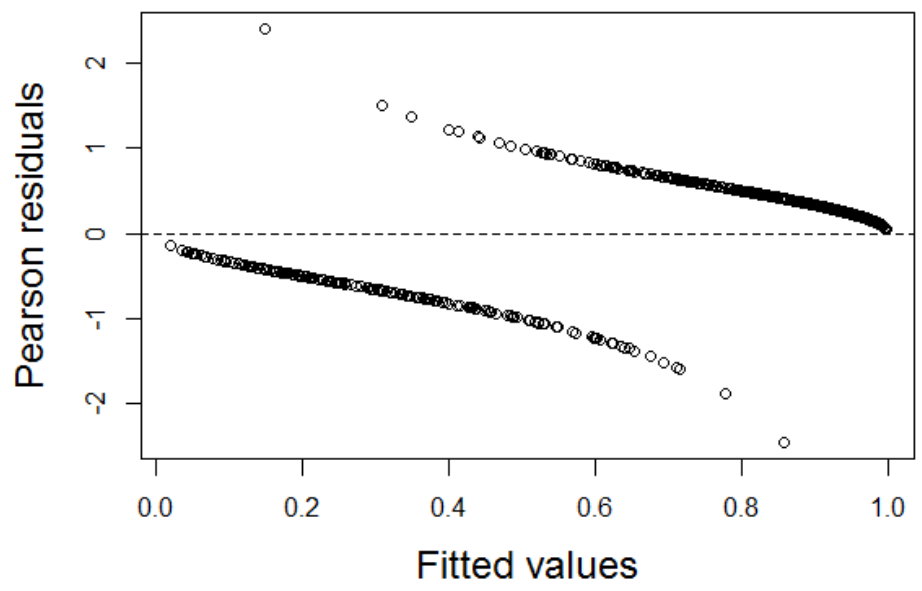
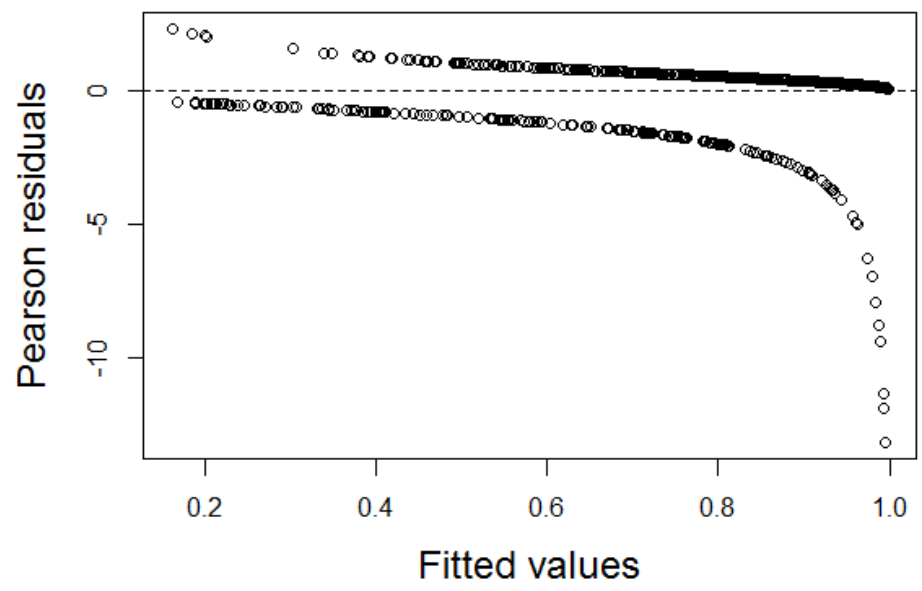


Important covariates: **Plankton + Herring + mackerel SSB**

The spatial correlation term therefore captures real spatial dependency but also unmeasured spatial covariates.

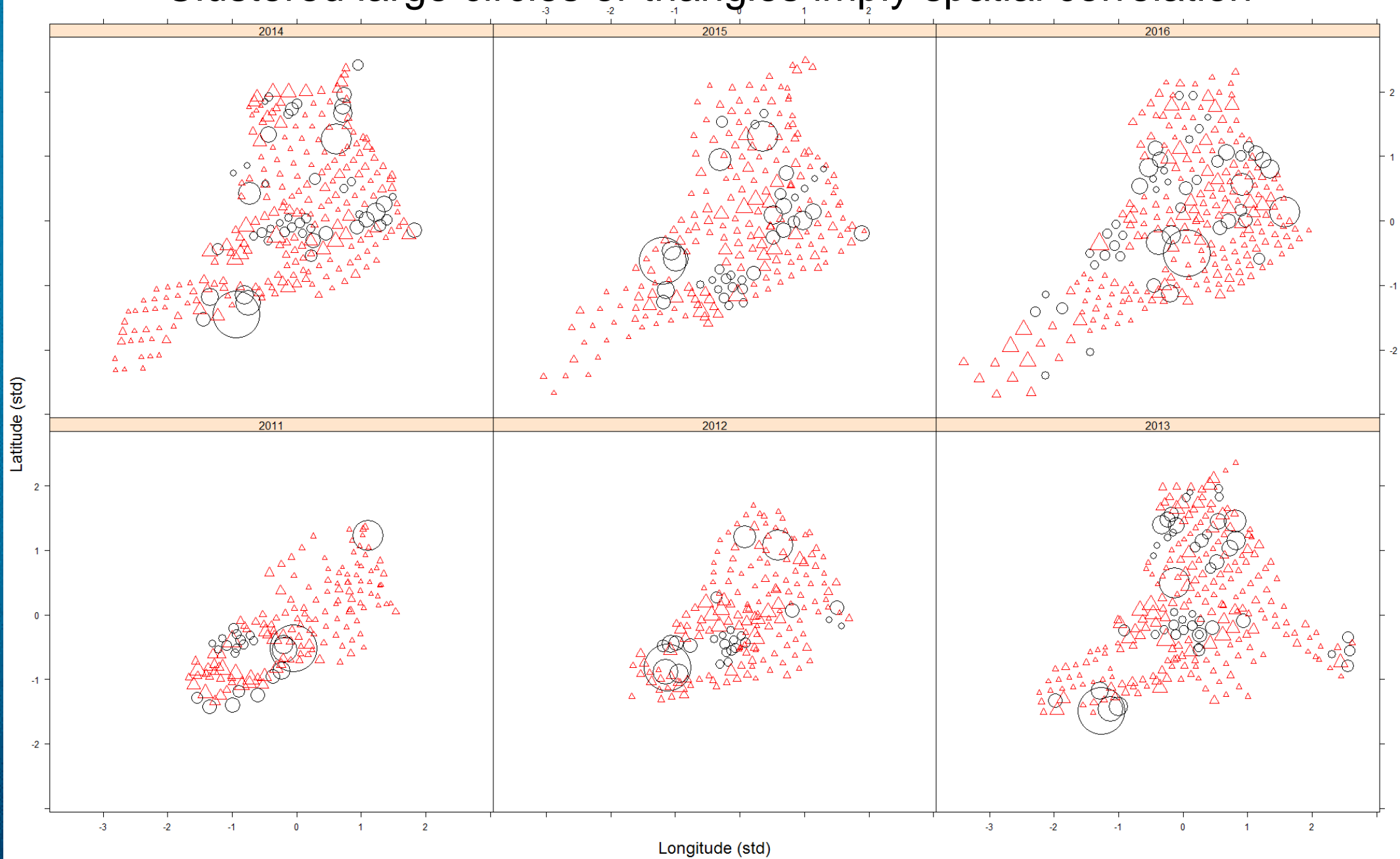
DIC* : metric of model goodness of fit (the lower the better)

Improvement of model fit?



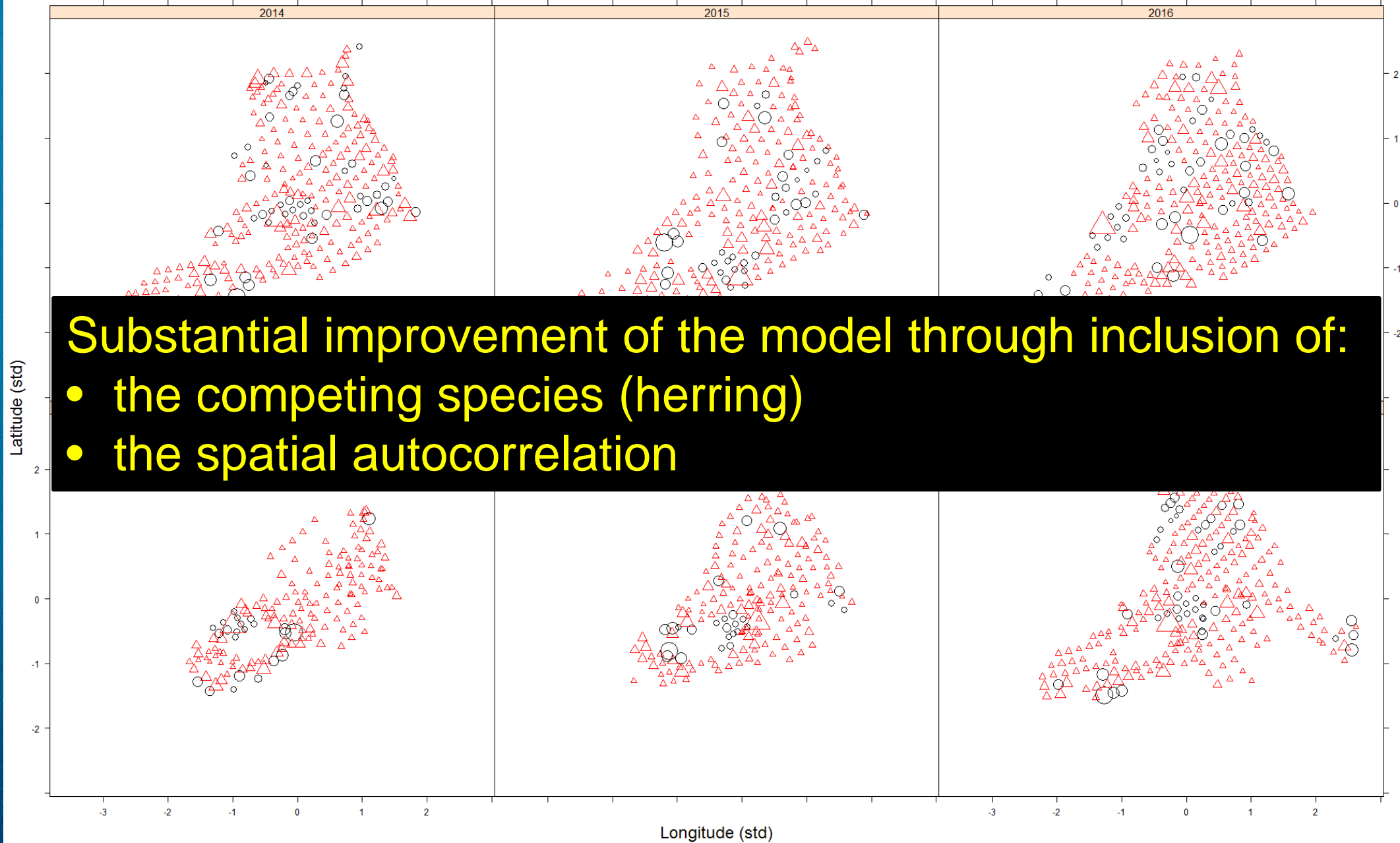
**NO spatial effect
in the model**

Clustered large circles or triangles imply spatial correlation



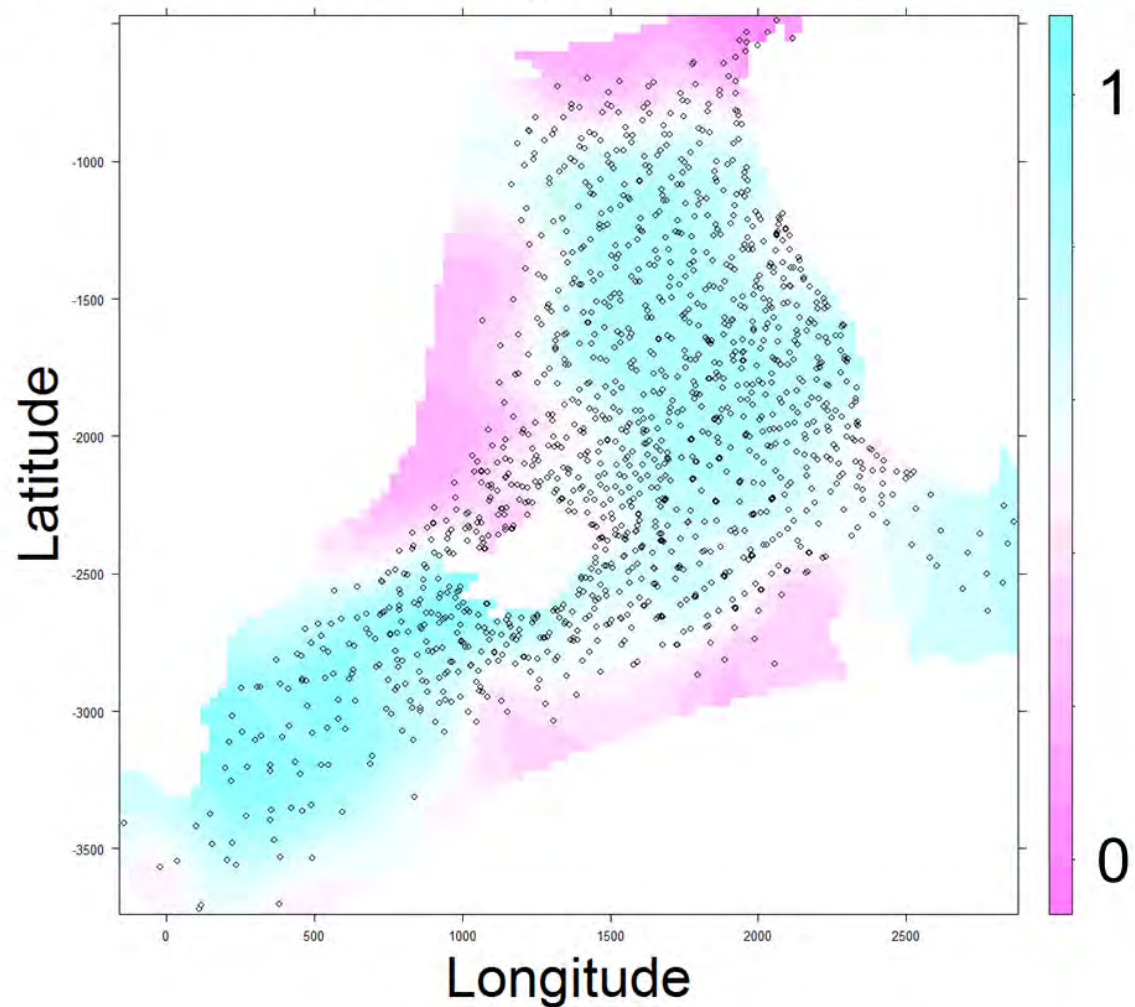
Clustered large circles or triangles imply spatial correlation

+ spatial effect
in the model

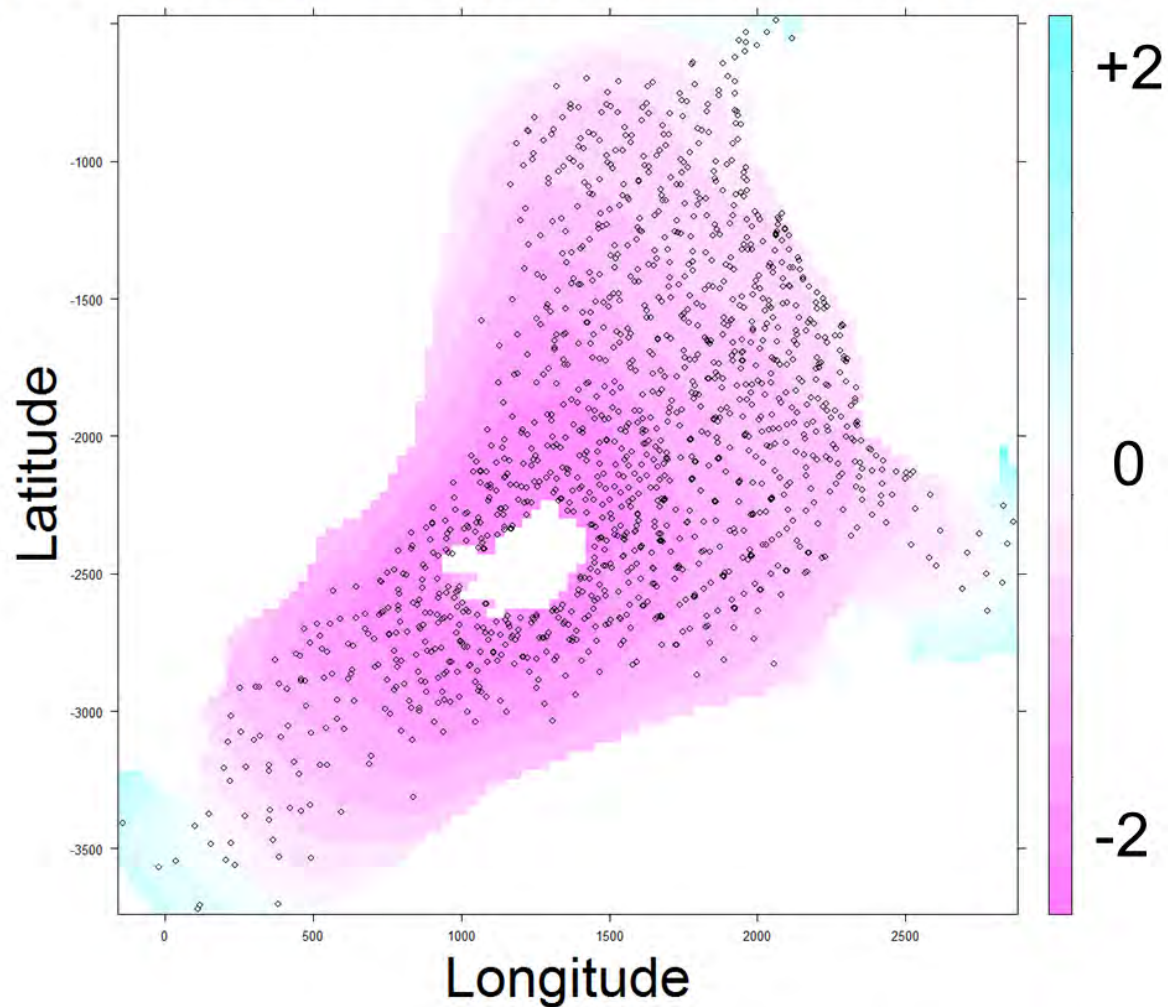


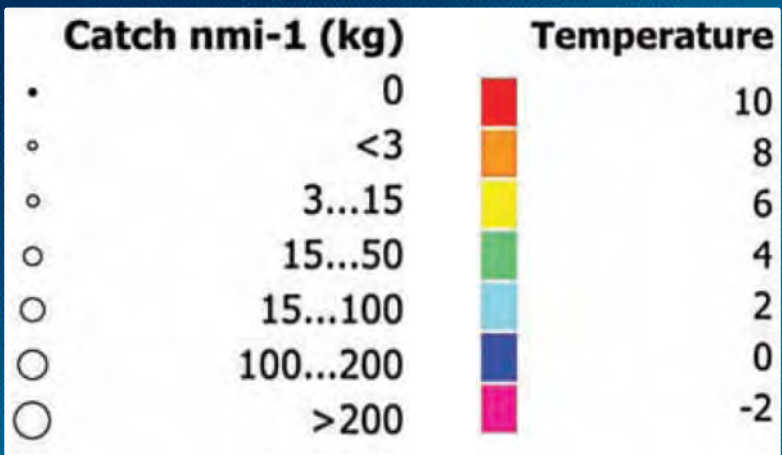
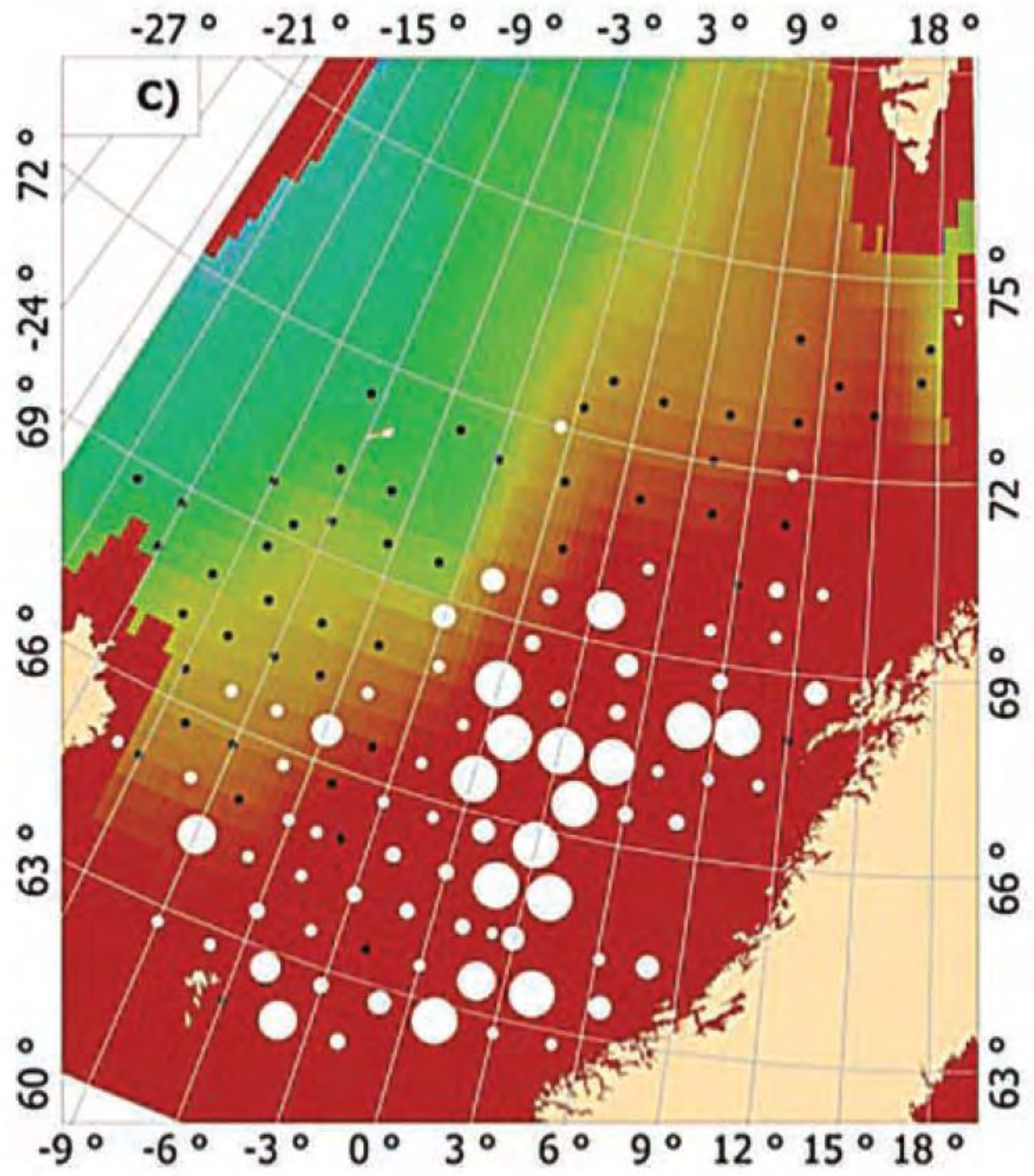
....and the highlight!

Posterior mean spatial random field



Posterior sd spatial random field





‘Visual’ correlations



Distribution of mackerel catches in 2006 (Utne et al. 2012)

INLA pros:

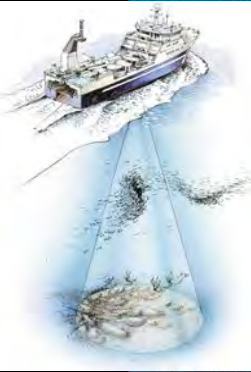
- ❑ Estimates of uncertainty → trustworthy prediction
 - technical aspects: extremely fast (compared to MCMCs)
 - option for non-stationarity (correlation can vary with direction)
 - spatial fields are allowed to have temporal variation
- ❑ Not only models *per se* but also biomass/abundance estimates

INLA cons:

- ❑ ...not the easiest software to handle

Future plans:

- ❑ Model mackerel biomass distribution
 - herring and blue whiting inclusion BUT through using NASC
- ❑ Model herring biomass distribution in May
- ❑ Incorporate the spatial aspect into stock assessment
 - Better survey indices
 - Spatially explicit survey indices



Uncertainty introduction / reduction!!!

Better stock assessment (hopefully)



Thank you!



Project EcoNorSe

Ecosystem dynamics in the Norwegian Sea:
new methods for understanding recent changes



Greenland Institute
of Natural Resources



UNIVERSITY OF BERGEN

