

Prosjektnotat nr. 11 - 2017

Bernt Aarset

# Bærekraftig torskeforvaltning og torskegenomet

Rapport fra AquaGenome stakeholderworkshop  
Gardermoen Radisson Blu Hotel 16. februar 2017

**SIFO**


Forbruksforskningsinstituttet

HØGSKOLEN I OSLO  
OG AKERSHUS

© Forbruksforskningsinstituttet SIFO – Høgskolen i Oslo og Akershus  
Prosjektnotat nr. 11 – 2017

Forbruksforskningsinstituttet SIFO – Høgskolen i Oslo og Akershus  
Stensberggt. 26 – 7. etg.  
Postboks 4 St. Olavs plass  
0130 Oslo  
[www.hioa.no/sifo](http://www.hioa.no/sifo)

Det må ikke kopieres fra denne rapporten i strid med åndsverksloven. Rapporter lagt ut på Internett, er lagt ut kun for lesing på skjerm og utskrift til eget bruk. Enhver eksemplarfremstilling og tilgjengeliggjøring utover dette må avtales med SIFO. Utnyttelse i strid med lov eller avtale, medfører erstatningsansvar.

<b>Tittel</b>	<b>Antall sider</b>	<b>Dato</b>
Bærekraftig torskforvaltning og torskegenomet	30	05.12.2017
<b>Title</b>	<b>ISBN</b>	<b>ISSN</b>
Sustainable management of cod and the cod genome		
<b>Forfatter(e)</b>	<b>Prosjektnummer</b>	<b>Faglig ansvarlig sign.</b>
Bernt Aarset	416007	
<b>Oppdragsgiver</b>		
Norges Forskningsråd		
<b>Sammendrag</b>		
<p>ELSA-gruppa arrangerte en interessent-konferanse på Gardermoen februar 2017 for å diskutere hva den nye kunnskapen som torskegenomet bragte fram kan bety for forvaltningen av torsk. De sentrale interessentene var Norges Fiskarlag, Norges Kystfiskarlag, Fiskeridirektoratet og Havforskningsinstituttet. I tillegg deltok en rekke andre institusjoner. Tre sentrale momenter fra diskusjonene: 1) Kan genomet si noe nytt om distinkte sub-grupper – og svaret er ja, noe som har implikasjoner for sentrale politiske temaer som lokal (fjord-)forvaltning. 2) Kan føre-var prinsippet styrkes ved hjelp av kunnskap fra torskegenomet – her var ikke svaret like entydig, men svaret i pkt 1 indikerer at svaret kan være ja her og. 3) Ekspert og evidens basert forvaltning - stadig mer forskning produserer informasjon man må ta hensyn til for å oppnå gode løsninger, men det en fare for at informasjonen mister gyldighet hos dem som opplever begrensinger i sin virksomhet når spranget fra forskning til praktisk politikk blir for lang.</p>		
<b>Summary</b>		
<p>The ELSA Group organized a stakeholder conference at Gardermoen February 2017 to discuss what the new knowledge that the cod genome brought forward could mean for the management of cod. The main stakeholders in this context were Norges Fiskarlag, Norges Kystfiskarlag, the Directorate of Fisheries and the Institute of Marine Research. Three key moments from the discussions: 1) Can the genome convey new information about distinct subgroups - and the answer is 'yes', which has implications for key political issues such as local (fjord) management. 2) Possible improvements of the precautionary principle – the answer was not as clear, but the response in paragraph 1 indicates another 'yes'. 3) Expert and Evidence Based Management – more research produces information that needs to be taken into account in order to achieve good solutions. The challenge is that the information will lose validity for those who experience limitations in their business when the leap from research to practical policies becomes too long.</p>		
<b>Stikkord</b>		
ELSA, stakeholderkonferanse, torskforvaltning, bærekraft, torskegenomet, kysstorsk, skrei		
<b>Keywords</b>		
ELSA, stakeholder conference, cod management, sustainability, cod genome, costal cod, spawning cod		

# **BÆREKRAFTIG TORSKEFORVALTNING OG TORSKEGENOMET**

**Rapport fra AquaGenome stakeholderworkshop  
Gardermoen Radisson Blu Airport Hotel 16. Februar  
2017**

av

**Bernt Aarset**

2017

Forbruksforskningsinstituttet SIFO, Høgskolen i Oslo og Akershus  
Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

## Forord

Denne rapporten er et resyme av presentasjoner og diskusjoner på stakeholderkonferansen 'Bærekraftig torskeforvaltning og torskegenomet' på Gardermoen 16. februar 2017. Rapporten bygger på powerpointpresentasjoner, tekstfiler, lydopptak og egne notater fra det som ble lagt fram i løpet av dagen. Formen på rapporten er konsensusorientert – med andre ord ordnet om det man som gruppe er enige om. I en oppsummering avslutningsvis peker rapporten på tema som konferansen 'åpnet' og som gjerne kan være gjenstand for ytterligere oppmerksomhet. Men først kort om konferansen og rapporten og hvordan det er tenkt rundt dette.

Rapporten er skrevet av Bernt Aarset som er førsteamanuensis på Handelshøyskolen på Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet, NMBU.

Oslo/Ås, 1. desember 2017



# Innhold

Forord .....	3
Innhold .....	5
Sammendrag .....	7
Summary .....	9
1 Bærekraftig torskfovaltning .....	11
1.1 Kysttorsk og skrei .....	11
1.2 Kvotefastsettelse, høstingsregel og biologisk referansepunkt .....	13
1.3 Bærekraft, økosystembasert, regionalisering .....	15
1.4 Vitenskapsbasert forvaltning .....	15
1.5 Fiskeindustriert evolusjon .....	16
1.6 Kvalitet og konsum .....	16
2 Torskegenomet: status og implikasjoner .....	17
3 Implikasjoner av kunnskapen om torskegenomet .....	21
3.1 Torskens Biologi .....	21
3.1.1 Generell biologi .....	21
3.1.2 Genetikk og torskegenomet .....	21
3.2 Bruk og forvaltning .....	22
3.2.1 Generelt om torskeforvaltningen .....	22
3.2.2 Genetikken og forvaltningen .....	22
3.2.3 Spesielt om kysttorsk .....	22
3.3 Miljø og ytre påvirkning .....	23
3.3.1 Olje og fisk .....	23
3.3.2 Temperatur .....	23
3.3.3 Genetikk .....	23
3.3.4 Oppdrett og torskefiske .....	23
4 Plenumsdiskusjon / oppsummering / avslutning .....	25
5 Punkter å tenke på .....	27
5.1 Skrei, kysttorsk og vandring .....	27
5.2 Skrei, kysttorsk og begrepene .....	27

5.3	Ekspertbasert / evidensbasert forvaltning .....	27
5.4	Østersjøtorsken og faktiske genetiske forskjeller .....	27
5.5	Genetikk og lokal forvaltning .....	28
5.6	Menneskeskapte påvirkninger på torskebestander .....	28
5.7	Bidrag til føre-var prinsippet? .....	28
	Litteratur .....	29
	Vedlegg 1: Deltagerliste .....	31
	Vedlegg 2: Metodikken for vern av kysttorskbestander. ....	33



## Sammendrag

ELSA-teamet er en del av AquaGenome prosjektet. Vi som er med i dette teamet er per i dag ansatt ved BI Handelshøyskolen, Forbruksforskningsinstituttet SIFO ved Høgskolen i Oslo og Akershus, TIK Senter for teknologi, innovasjon og kultur ved Det samfunnsvitenskapelige fakultet, Universitetet i Oslo, og Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet, henholdsvis Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning og Handelshøyskolen.

ELSA-arbeidet i AquaGenome prosjektet har fokusert på tre tema: En intern refleksiv komponent knyttet opp mot forskerne i prosjektet, en komponent knyttet opp mot samfunnets og ulike aktørers synspunkter på prosjektet, og en komponent som berører mer spesifikke problemstillinger som rettighetsproblematikk. Arbeidet som refereres i denne rapporten faller under det andre temaet<sup>1</sup>, men med stor hjelp og støtte fra det øvrige ELSA-teamet<sup>2</sup>.

Gitt at rammene for møtet var 'stakeholdere', 'torsegenomet' og 'bærekraftig forvaltning', så avgrenset arrangøren de inviterte deltagerne til Norges Kystfiskarlag, Norges Fiskarlag, Fiskeridirektoratet, og Havforskningsinstituttet. Begrunnelsen for denne avgrensningen er at disse organisasjonene er knyttet sammen i forbindelse med forvaltning og fiske av torsk. Denne historikken har gitt disse organisasjonene spesielle posisjoner og institusjonelle roller i bruken av torskeressursen. For prosjektet var det derfor spesielt interessant å fange opp hvordan disse organisasjonene forholdt seg til den nye genom-kunnskapen. Vi henvendte oss til organisasjonene med en presentasjon av opplegget og en forespørsel om deltagelse, og så valgte organisasjonen selv hvem som skulle delta. Prosjektleder i AquaGenome prosjektet<sup>3</sup> presenterte status i arbeidet med torsegenomet. I tillegg deltok forskere fra CEES og NOFIMA som representanter for hovedaktiviteten i AquaGenome prosjektet. Norges forskningsråd har fulgt AquaGenome tett i hele prosjektforløpet, og deltok også på konferansen.

Formidlingsaspektet er en viktig bieffekt – eller bigevinst om en vil – ved å samle akkurat denne gruppen aktører på dette temaet. Status i AquaGenome-prosjektet ble presentert og perspektiver på hva man kan svare på og hva man ikke kan svare på med henvisning til torsegenomet ble diskutert.

I første del av konferansen var bærekraftig torskeforvaltning tematisert. De inviterte organisasjonene ble bedt om å forberede korte innlegg på dette. Deretter gikk alle deltagerne i grupper der mulige utfordringer i dagens forvaltningsregime ble diskutert. Deltagerne ble delt i tre grupper der alle interessentene var representert i alle gruppene. Gruppene var satt sammen på forhånd for å sikre at de hadde en bredest mulig sammensetning. En gruppeleder ble oppnevnt i hver gruppe, i tillegg til at ELSA-teamet stilte med fast moderator. Stikkord fra diskusjonen i hver gruppe ble rapportert kort tilbake i plenum. I andre del presenterte prosjektleder i AquaGenome prosjektet (Kjetill Jakobsen) status i arbeidet med torsegenomet – etterfulgt av en runde med spørsmål og svar. I tredje del er så temaet implikasjoner – om noen – av denne nye kunnskapen – for torsken, og for konsekvensene for en bærekraftig forvaltning av torskestammen. Her var de samme gruppene samlet om tre ulike tema. Hver gruppesesjon ble ledet av samme moderator som sikret framdrift i diskusjonene og deltagelse fra alle. Hvert tema var forberedt med en guide til de ulike temaene:

---

<sup>1</sup> Med Bernt Aarset som hovedansvarlig.

<sup>2</sup> Yevgeniya Tomkiv, Kristin Asdal, og Harald Throne-Holst var til stede og gjorde en stor innsats som diskusjonsledere. Deborah Oughton og Svein Ole Borgen har deltatt i andre kapasiteter, men kunne ikke være til stede.

<sup>3</sup> Kjetill Jakobsen fra Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis (CEES) ved Universitet i Oslo.

'torskens biologi', 'bruk og forvaltning', og 'miljø og ytre påvirkning'. Gruppearbeidene ble presentert av gruppeleder. Dagen ble avsluttet og oppsummert i en plenumsdiskusjon.

Sammendraget som er rapportert her følger stort sett framdriften i konferansen. Teksten blir imidlertid redigert så den framstår uten for mange repetisjoner. Den blir også redigert med tanke på at de poengene som kommer fram framstår mest mulig klart og tydelig. Til dette grepet hører også at utsagn i liten grad er tilordnet organisasjoner eller personer, med unntak av presentasjonen av arbeidet med selve genomet. Noen poeng er nevnt av en – andre er nevnt av flere. Her står de uten spesifikk adresse. Framstillingen slik den foreligger her er med andre ord undertegnedes ansvar.

Rapporten avsluttes med en presentasjon av syv punkter eller spørsmål, som gjerne kan ha klare svar, men som framstår som noe uavklarte og som gjerne kan få noe mer oppmerksomhet

## Summary

The ELSA Group organized a stakeholder conference at Gardermoen February 2017 to discuss what the new knowledge that the cod genome brought forward could mean for the management of cod. The main stakeholders in this context were Norges Fiskarlag, Norges Kystfiskarlag, the Directorate of Fisheries and the Institute of Marine Research. Three key moments from the discussions: 1) Can the genome convey new information about distinct subgroups - and the answer is 'yes', which has implications for key political issues such as local (fjord) management. 2) Possible improvements of the precautionary principle – the answer was not as clear, but the response in paragraph 1 indicates another 'yes'. 3) Expert and Evidence Based Management – more research produces information that needs to be taken into account in order to achieve good solutions. The challenge is that the information will lose validity for those who experience limitations in their business when the leap from research to practical policies becomes too long.

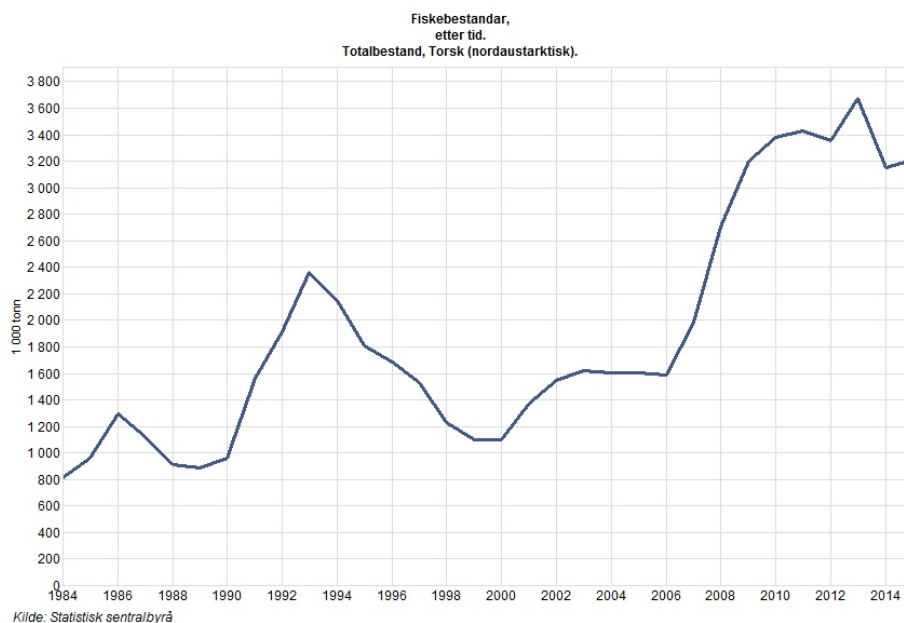


# 1 Bærekraftig torskefovaltning

Dette kapitlet bygger på forberedte innlegg fra Norges Kystfiskarlag, Norges Fiskarlag, Fiskeridirektoratet og Havforskningsinstituttet for å få avdekket sentrale poeng i arbeidet med en bærekraftig forvaltning av torsk.

## 1.1 Kysttorsk og skrei

Torsk forvaltes som flere bestander i norske farvann. I området nord for 62°N er det to ulike grupper med torsk, kysttorsk<sup>4</sup> og skrei<sup>5</sup>. Sør for 62°N deles den inn i kysttorsk sør<sup>6</sup> og Nordsjøtorsk<sup>7</sup>. Skreibestanden har de seinere årene vært i meget god forfatning og kvotene – og fangstene – har vært rekordstore. Skreien kan bestå av ulike bestander, men ingenting tyder på det ennå. Kysttorsk har i motsetning til skreien hatt en dårlig utvikling og bestanden har de siste årene stabilisert seg på et lavt nivå (Figur 1).

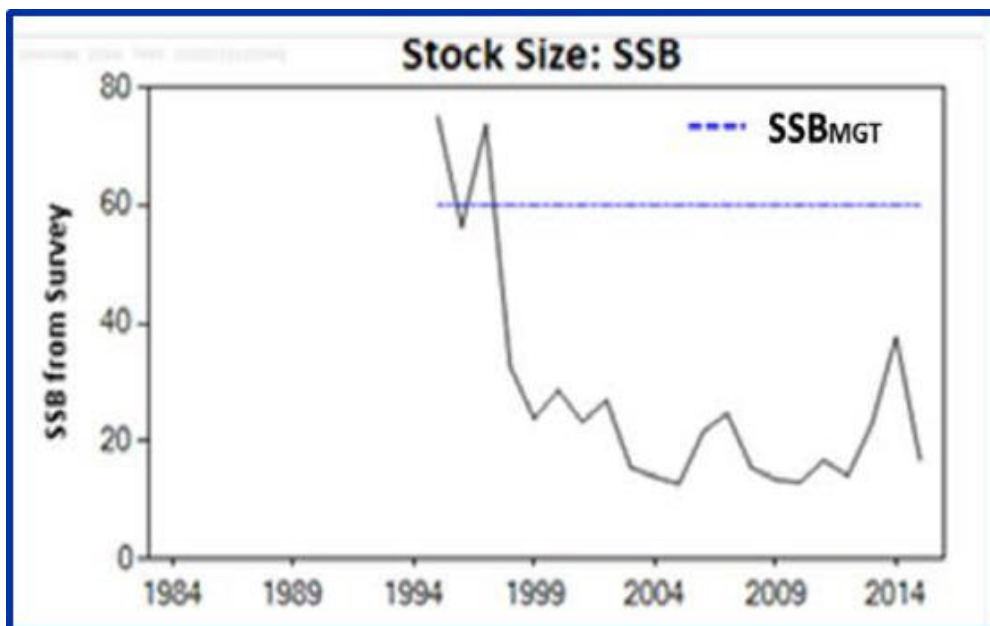


<sup>4</sup> Kysttorsk Nord 62°N - (NCC-N)

<sup>5</sup> Nord-øst arktisk (NØA) torsk, eller North East Arctic cod (NEAC)

<sup>6</sup> Kysttorsk Sør 62°N - (NCC-S)

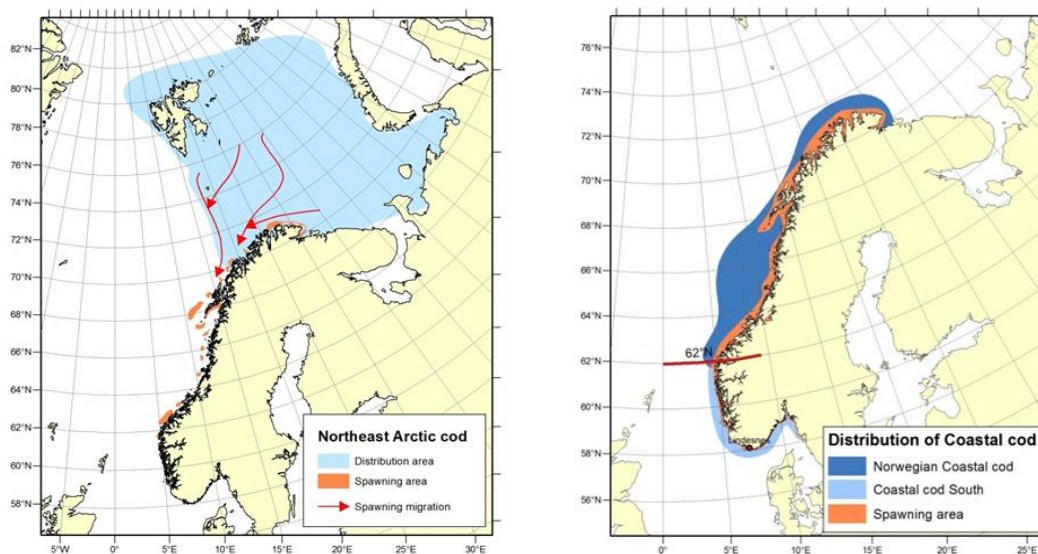
<sup>7</sup> North Sea cod (NSC)



Figur 1: Bestandsutvikling for totalbestanden for torsk (kilde: SSB) og for kysttorsk (kilde: Fiskeridirektoratet), de siste 30 år.

Problemstillingen som diskuteres i konferansen er relevant for all torsk og torskefiske i norske farvann, men på grunn av omfanget av skrei-bestanden og den pressa situasjonen for kysttorsken i nord, omfanget av fisket nord for 62°N og overlappet mellom disse bestandene på ettervinteren, så er spørsmålene spesielt aktuelle i områdene nord for 62°N. Kysttorsken er stasjonær og befinner seg i fjordene i mer eller mindre distinkte bestander. Skreien foretar gytevandring til kysten, der gytingen har et tyngdepunkt i Lofoten/Vestfjorden området, men innsiget foregår langs hele kysten fra Vest-Finnmark til Møre (Figur 2).

Både kysttorsk og skrei gyter på kysten, og i nord overlapper gyteområdene for de to bestandene. Skreien står av og til lenger ut ved oppstart av sesongen – og ved seint innsig av skrei kan det bli fisket uforholdsmessig mye kysttorsk. Dette er en utfordring for forvaltningen og en viktig årsak til at kysttorskbestandene går ned, ettersom 90 % av kysttorsken tas i et blanda fiske med skrei. Blant problemene med gjenoppbyggingen av kysttorsken er at det er dårlig kontroll med (og kunnskap om) fritidsfisket, og at yrkesfiskere har for stor bifangst av kysttorsk når de fisker etter NØA torsk.



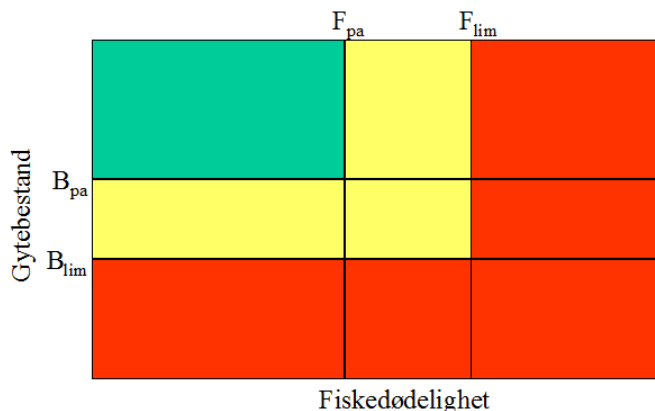
Figur 2: Utbredelse av NØA torsk og kysttorsk. Kilde: Havforskningsinstituttet.

Generelt sett er det ingen problemer med kysttorsken og innblandingene med skrei ettersom torsk framstår med stor grad av genetisk likhet fra nord til sør. Forskjeller som observeres er at det kan være ulike mengder med torsk i to fjordområder som er geografisk nær hverandre (et par km). Små forskjeller kan ha store betydning, og det kan finnes spesifikke fjorder som trenger egne forvaltningslover. Hvis man tømmer en fjord, vil det ta lang tid å bygge den opp igjen. Departementet er redd for at torsken kan bli 'rødlistet' – da må man gjøre noe, utvikle tiltak, men hvordan gjør man dette?

## 1.2 Kvotefastssettelse, høstingsregel og biologisk referansepunkt

Det har vært justeringer av prinsippene for forvaltning av torsk de seinere årene. For de økonomisk viktigste fiskebestandene i Nordøst-Atlanteren utformes forvaltningsrådene av det internasjonale havforskningsrådet (ICES) der forskere fra forskjellige land møtes årlig for å gjennomføre bestandsberegning basert på forskningsdata og landingsstatistikk. Forvaltningsråd for det kommende året utarbeides på grunnlag av disse beregningene. Fram til om lag år 2000 ble totalt tillatt fangstmengde (total allowable catch (TAC)) av torsk fastsatt på bakgrunn av bestandsundersøkelser foretatt av Havforskningsinstituttet (HI) og ICES, og videre bestandsberegninger basert på modeller for vekst, dødelighet og rekruttering, og data fra beskatningsmønsteret i fisket. Siden 1998 har rådene fra ICES vært basert på en 'føre-var' tilnærming, jfr høstingsregel og grenser for variasjon i forhold til forrige års fangst. I seinere tid er denne modellen supplert med andre faktorer for å trekke inn torskens plass i økosystemet i vurderingen av TAC. Etter 2010 er også 'maksimering av langtidsutbytte' vektlagt mer.

Et sentralt element er innføringen av et biologisk referansepunkt for å gjøre at kvoteregimet mer forutsigbart. Biologisk referansepunkt forsøker å ta hensyn til usikkerheten i bestandsberegningen (Figur 3). I denne modellen er  $F$  et uttrykk for fiskedødelighet, altså hvor mye fisk som tas ut i fisket.  $B$  angir størrelsen på gytebestanden.  $F_{pa}$  angir den høyeste dødelighet en kan sikte mot og samtidig ha høy sikkerhet for å unngå den kritiske dødeligheten  $F_{lim}$ .  $F_{msy}$  viser til dødeligheten som maksimerer langtidsutbyttet (jfr MSY eller 'maximum sustainable yield'), og denne er oftest litt lavere enn  $F_{pa}$ .  $B_{pa}$  er den laveste gytebestand en kan sikte mot og samtidig ha høy sikkerhet for å være over den kritiske gytebestand  $B_{lim}$ .



**Figur 3: Biologisk referansepunkt. Grønn: God reproduksjonsevne og Bærekraftig høstet. Gul: Risiko for at høsting ikke er bærekraftig og/ eller risiko for redusert reproduksjonsevne. Rød: Ikke bærekraftig høstet og/eller redusert reproduksjonsevne. Kilde: Havforskningsinstituttet.**

Torskens relasjon til andre arter i økosystemet kommer til uttrykk i flerbestandsperspektiv, bifangstproblematikk, og hensynet til bunnhabitat (korallrev med videre) i forvaltningsstrategien. I tillegg er komponenter som gruppenes genetikk, fiskevelferd, og forurensing sentralt i forvaltningen. Andre elementer kan også føyes til. I sum bestemmes det en høstingsregel på bakgrunn av  $F$  og variasjon i forhold til forrige års kvote (jfr biologisk referansepunkt). Både av hensyn til andre arter i økosystemet og av hensyn til aktørene i næringa, er det viktig å fiske nok, og det vil si en høyere  $F$  ved større bestand (for

eksempel F ca. 0,4 (lav bestand), men F ca. 0,6 (1,4 mill tonn)). Høstingsregelen ligger så til grunn for bestemmelsen av TAC (jfr langtidsutbytte).

Russland og Norge forvalter torsken sammen i et hovedsakelig bilateralt regime med lange tradisjoner. Uttaket har ligget på oppunder 1 000 000 tonn noen år, med om lag 15 % til tredjeland og en 50/50 deling av resten mellom Russland og Norge.<sup>8</sup> Fordelingen er basert på en høstingsregel der Russland og Norge er enige om 'bærekraftige kvoter' (Tabell 1). Trålstigen bestemmer fordelingen mellom kystflåten og trålerne av den norske andelen av den årlige totalkvota, og trålernes andel har ligget på om lag 30 %. Trålstigen er et fordelingspolitisk virkemiddel der det er diskusjon om denne fordelingen bør endres (jfr. for eksempel 'pliktutvalget').

**Tabell 1: Noen historiske tall om fordelingen av NØA torsk internasjonalt, på land, og i Norge, på redskap. Kilde: Fiskeridirektoratet.**

**NORDØST-ARKTISK TORSK. FORDELING AV KVOTER.**

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Norge	278 045	319 253	339 857	446 740	443 735	401 240	401 240	399 523
Russland	266 045	307 253	327 857	434 740	431 735	389 240	389 240	387 523
3. land	83 910	97 494	104 286	139 520	138 530	124 520	124 520	123 954
<b>Sum</b>	<b>628 000</b>	<b>724 000</b>	<b>772 000</b>	<b>1 021 000</b>	<b>1 014 000</b>	<b>915 000</b>	<b>915 000</b>	<b>911 000</b>
<b>Fordeling av norske kvoter - nordøst-arktisk torsk</b>								
Trål	81 535	105 998	112 166	148 348	146 527	130 677	130 856	129 790
Konvensjonelle redskaper	179 210	216 971	227 730	305 392	305 199	265 314	265 677	263 514

Flerbestandshensyn må legges til grunn ved forvaltningen av torsk, og arter som krill, raudåte og lodde bør forvaltes med henblikk på om de har en funksjon som viktige fôrarter. For eksempel kan en kollaps i loddebestanden ha stor effekt for torskebestanden. Konkurransen med andre arter i samme område kan spille en stor rolle, som for eksempel makrell i fjordene i nord.

På 90-tallet kollapset kysttorsken og det ble behov for egne tiltak for å verne bestanden. En slik plan ble anbefalt av ICES i 2004. Spesielt for kysttorsken er gytebestanden på et lavt nivå. Ingen egen kvote fastsettes, men kysttorsk fiskes i et samfiske med skrei. Når det gjelder kysttorsk så er det ikke tilstrekkelige data til eksakte bestandsberegninger på lokale bestander. I en gjenoppbyggingsplan fra 2009 legges det til rette for et områdevern innenfor nærmere bestemte fjordlinjer. I disse områdene er det spesielle adgangsreguleringer som begrensninger på fartøystørrelse og bifangstreguleringer. Innenfor disse linjene er det et pågående arbeid med vern av kysttorskebestander ved hjelp av justerte fjordlinjer og spesifikke reguleringer (fartøy/redskap/tid) (se vedlegg 2 for et eksempel på metodikken). Reguleringene kan bygge på informasjon om lokale komponenter med bakgrunn i utvikling av en årlig gytebestandsindeks. Utfordringen her er å avklare lokale bestandskomponenter.

Begrensede ressurser til detaljovervåking er en utfordring i torskforvaltningen. Det trenges ressurser til å overvåke alle bestander, og god kartlegging er viktig i dette arbeidet. De fleste utfordringene er koblet til kysttorsk, siden status til torsken i Barentshavet p.t. er god. Et viktig element i god forvaltning av NØA torsk er at Norge og Russland har vedtatt en høstingsregel som tilsier at kvotene skal være 'bærekraftige'.

<sup>8</sup> Norge / Russland / tredjeland: 2017 N. 399' tonn, R. 387' tonn, 3. land 123' tonn  
Norge: Trål 129' tonn, Kyst 263' tonn



### 1.3 Bærekraft, økosystembasert, regionalisering

Når det gjelder en fornybar levende ressurs som torsken både kan og bør bærekraft diskuteres i et biologisk, økonomisk og samfunnmessig perspektiv. Samfunnmessig bærekraft er tuftet på 'nærhets- og avhengighetsprinsippet', altså at de som er nær ressursen skal ha tilgang til å høste av den. Nærhetsprinsippet er forankret i FNs menneskerettskonvensjon og i Havrettskonvensjonen, og i fiskeriforvaltningen er prinsippet ivarettatt gjennom Havressursloven og Deltakerloven med formålet om at høstingen av de marine ressursene skal komme kystbefolkningen til gode. Deler av Deltakerloven er under press, blant annet gjennom ønsket om videre strukturering av fartøy under 11 meter, forslag om at andre enn aktive fiskere skal ha mulighet til å eie kvoter, og fjerning av fylkesbindinger.

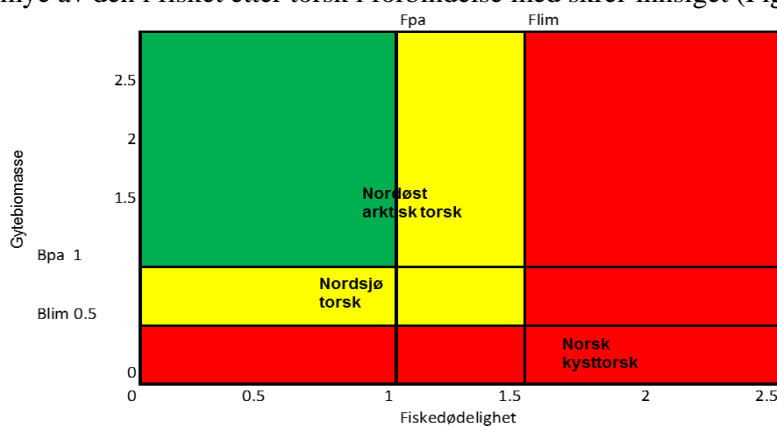
Fjordtorsken med sin lokale forankring appellerer til ideer om lokal eller arealbasert forvaltning og områdevern. Det kan være egne fjorder som har behov for egen forvaltning – det kan altså være biologiske argumenter for en mer arealbasert forvaltning ved at torsken i visse fjorder har behov for et sterkere vern enn i andre fjorder. Større grad av regional forvaltning betyr at det ikke overstyres for mye og at det etableres ordninger som hindrer at kvoter forlater de kystnære områdene.

Økosystemperspektivet bygger på et biologisk bærekraftperspektiv. Dette perspektivet står sterkere i forvaltningen nå enn før ved at det trekker inn forholdet til andre organismer i økosystemet i vurderingen av uttaket av torsk. Tilstanden i loddebestanden er for eksempel en sentral faktor i dette bildet. Bærekraftperspektivet legger også vekt på et føre-var prinsipp, med bruk av minstemål og vern av yngel og ungfisk, med ulike seleksjonsinnretninger og områdestengninger, og en forvaltningsstrategi som bygger på en høstingsregel. Forutsigbarhet i kvoteregimet er viktig, med en vedvarende fiskedødelighet rundt  $F_{msy}$ .

### 1.4 Vitenskapsbasert forvaltning

Av hensyn til bestandens overlevelse på lang sikt og oppslutningen om de reguleringstiltak som er nødvendig, er det viktig at tilrådingene er vitenskapsbasert. Ulike spørsmål reises likevel. Forskningen vil dokumentere at det er forskjell på ulike bestander. Det er likevel ulike syn på hva disse forskjellene består i og hvor detaljert det er mulig å snakke om bestander. Et spørsmål er om lokale stammer bør innlemmes i torskeforvaltningen. Kysttorskbestander i enkelte fjorder kan være under sterkt press samtidig som det er rikelig med torsk i den havgående bestanden. Spørsmålet er hvordan de lokale bestandene kan beskyttes bedre under slike betingelser? I diskusjonen ble det klart at det ikke er uvesentlig hvordan man snakker om torsken. Er uttrykk som 'bestand' og 'stamme' synonyme begreper, eller handler de om ulike forhold?

Den vitenskapsbaserte komponenten i forvaltningen begrenses av datatilfanget og overvåkingskapasitet. Det er store havområder og både datainnsamling og overvåking er kostbare aktiviteter. Kartlegging er viktig. Det er likevel et spørsmål om hvor mye som er tilstrekkelig, gitt variasjonen i kysttorskbestandene. Mange av de lokale kysttorskbestandene er i dårlig forfatning blant annet fordi det fiskes for mye av den i fisket etter torsk i forbindelse med skrei-innsiget (Figur 4).



Figur 4: Vitenskapelig basert forvaltning. Kilde: Havforskningsinstituttet.

Som nevnt ovenfor er kysttorsken situasjon utsatt, men den varierer langs kysten. Tiltak som er iverksatt for å forbedre dette inkluderer blant annet områdevern (jfr vedlegg 2). Jo mer kunnskap som bringes fram, jo sikrere blir grensene for nødvendige tiltak.

Gjennom rutinebaserte forskningstokt innhenter forskningsmiljøene årlig data om tilstanden i bestandene. Forskerne utvikler også beregningsmodeller som de kjører med toktdata og fangstdata for å kunne si noe om forsvarlig uttak av bestanden ved ulik F. Et anslag på usikkerhet ved beregningene inngår i dette arbeidet. I etterkant foreligger informasjon om utbredelse, gyteområder, oppvekstområder, rekruttering, bestandsstørrelse og alderssammensetning i bestandene. Av disse bestandsberegningene følger Havforskningsinstituttets forvaltningsråd.

Kunnskap om genetikk og bestander/stammer av torsk har vært viktig lenge, men blir stadig viktigere. Hva vet vi for eksempel om genetisk variasjon *innen* og *mellom* ulike fiskearter (laks, torsk evt. også bestander av ferskvannsfisk)? Og hva finnes av kunnskap om *årsaker* til den genetiske variasjonen innen arter og bestander (evolusjonær tilpasning, genetisk drift, innavl m.m.)?

### 1.5 Fiskeindusert evolusjon

Blant deltakerne er det noe ulike oppfatninger om det eksisterer ‘fiskeindusert evolusjon’, og hvilken innvirkning dette kan ha. At store årlige uttak påvirker fisken er det enighet om, men det er noe ulik oppfatning om dette er snakk om tilpasning eller evolusjon. Om effekten karakteriseres som tilpasning eller evolusjon, så er det fortsatt spørsmål om hvordan forvaltningen skal forholde seg til det. Dette punktet berører kjernen i konferansen, ettersom de fleste innleggene omtalte evolusjon og genetisk påvirkning, men tillå det noe ulik betydning. Spørsmålet er i så fall hva vi vet vi om genetisk variasjon innen arter og bestander (evolusjonær tilpasning, genetisk drift, innavl, mm). Hva slags begreper benyttes om de fenomenene som observeres, og hva begrepsbruken kan innebære.

### 1.6 Kvalitet og konsum

Det er viktig å være i stand til å ta ut en ‘passe stor’ mengde torsk i fisket (jfr langtidsutbytte og høstingsregelen). Må hindre at bestanden blir for stor, både av hensyn til andre arter og pris. For mye fisk ut i markedet går ut over pris, og gjerne også kvalitet. Bedre betalt for god kvalitet, så kvalitet og fiskeres holdning til kvalitet, type redskap henger sammen. Også viktig å hindre at perioder med lite skrei ikke i unødig grad går ut over kysttorsken. Slik bestandssituasjonen er nå – med en sterk skrei-bestand, men en svak kysttorskbestand – så er et problem knyttet til hvordan man skal sikre at det tas nok av skreien uten at det går ut over kysttorsken i unødig grad.

Ettersom råstoffkvalitet er det fortrinnet som må dyrkes for at norsk sjømatindustri skal kunne være internasjonalt konkurransedyktig, må hensynet til kvalitet vektlegges vesentlig mer i forvaltningen og reguleringen av fisket etter torsk. Størst mulig andel av totalkvoten for torsk bør leveres og omsettes fersk. Forholdet til logistikk, marked og økonomi og hensynet til lokalsamfunn er med andre ord viktige faktorer i forbindelse med å oppnå en balansert kvotefordeling.

Det kan være gunstig ut fra både kvalitetskriterier og kostnadsvurderinger å fange torsken lokalt. Men torsken kan også være uforutsigbar med tanke på hvor innsiget kommer, og i hvilke mengder. Ordningene må dermed ha fleksibilitet for ikke å lage uheldige beskrankninger i forhold til de minste båtenes fiske.

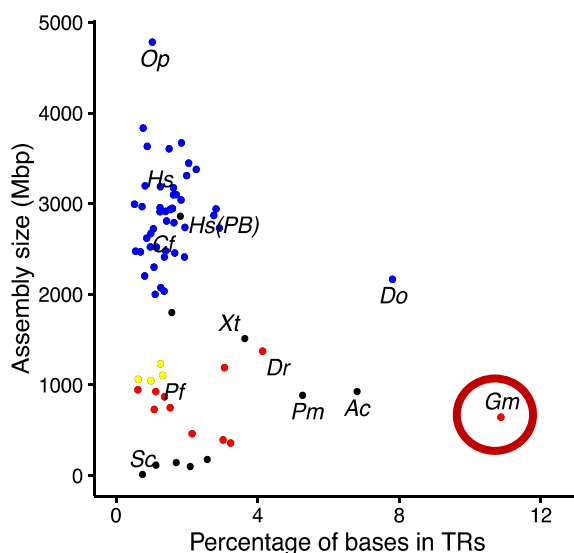
## 2 Torskegenomet: status og implikasjoner

Dette kapitlet bygger i sin helhet på presentasjonen til Kjetill Jakobsen – først og fremst powerpoint-slides og i noen grad notater fra presentasjonen. Egne kommentarer er lagt til når de trengs for å fremme et spørsmål eller et poeng.

Torskens genom (versjon 1) var ferdig sekvensert i 2009 – det gjensto da kun ‘å sette det sammen’. Dette arbeidet ble ferdigstilt og publisert i tidsskriftet Nature i 2011, hvor hovedfokuset henspilte på torskens spesielle immunsystem (Star et al., 2011).

Ved hjelp av en kombinasjon av ulike sekvenseringsteknologier og forbedret software er torskens genom (versjon 2) – som ble lansert nå i januar 2017 – rundt 50 ganger forbedret (Torresen et al., 2017).<sup>9</sup>

Nyere forskning har gitt en forbedret genomsammenstilling (kromosomstruktur, eller ‘Assembly’) (Torresen et al., 2017). Sammenlignet med andre organismer foreligger torsk som ‘en uteligger’ (Figur 5). Dette skyldes et uvanlig høyt innhold av enkle repeterte sekvenser (Tandem Repeats – TRs) i torskegenomet. Slike TRs har høy mutasjonsrate, og noen av disse ligger slik til i genomet at det er sannsynlig av de kan påvirke reguleringen av og funksjonaliteten til visse proteiner. Det er for tidlig å si hva slags betydning dette har i en forvaltningsmessig sammenheng, men det er ikke usannsynlig at visse TRs har en betydning for lokal tilpasning og/eller adferd i form av migrasjon, fødevalg o.l.



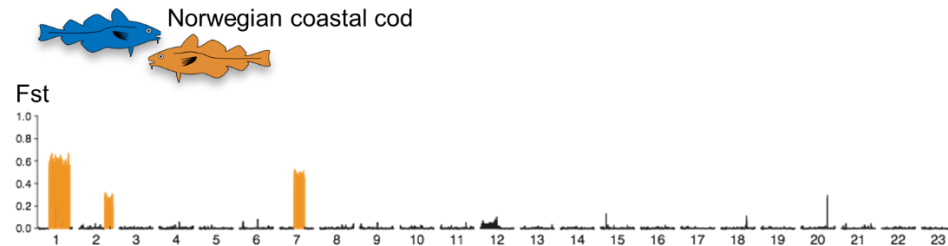
**Figur 5:** Torsk ‘en uteligger’ i forhold til andre organismer. Figuren viser at torsk er en utligger nå det gjelder tilstedeværelse av enkle repeterte sekvenser i genomet. Ikke en utligger helt generelt. Men disse repeterte sekvensene utgjør så mye som rundt 10% av torskegenomet. Kilde: CEES/UiO.

Vanntemperatur påvirker utbredelse av torsk i Nordøst Atlanteren og Barentshavet. På grunn av varmt vann sørfra er det i de østlige delene store bestander av torsk, mens det er mindre i områdene lenger vest (øst for Grønland). Temperaturgradienten holder torken primært i nord-øst Atlanteren. Det er rimelig å anta at klimaendringene vil føre til at torken sitt utbredelsesområde framtidig vil endre seg – blant annet ved at

<sup>9</sup> <http://titan.uio.no/node/2168>

den trekker ytterligere nordover. Dette vil naturlig nok påvirke fiskerier og forvaltning. Klimaendringene kan også tenkes å føre til endringer i populasjonene av torskens byttedyr – f.eks. lodde i nord. Genetisk differensiering (modifisert fra Berg et al. (2016)) viser at det er stor grad av likhet mellom de to torskbestandene (Figur 6) – bortsett fra i 3 områder som ligger på 3 ulike kromosomer.

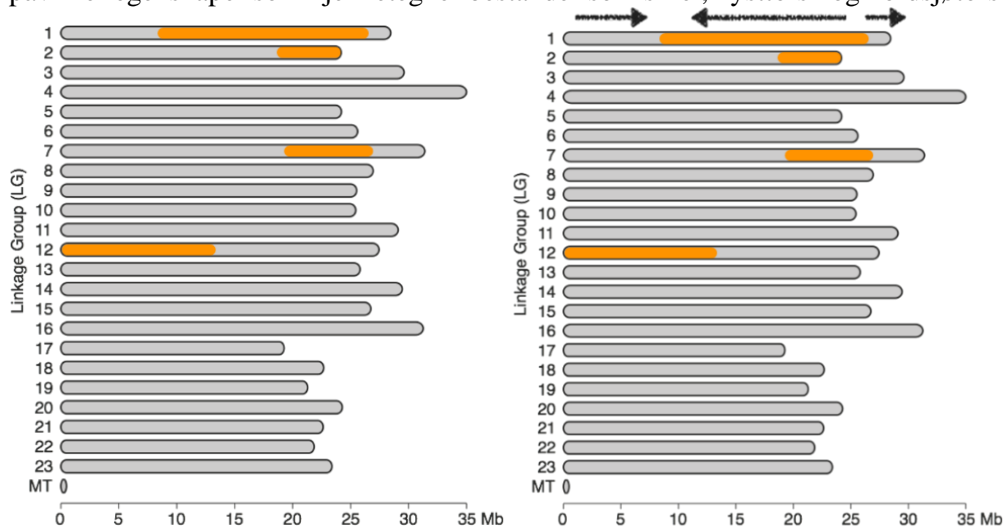
Northeast Arctic cod vs.



**Figur 6: Genetisk differensiering av NØA torsk og norsk kysttorsk. Kilde: CEES/UiO.**

Prosjektet har sammenliknet torskeindivider fra Østersjøen, Nordsjøen, Kattegat, kysttorsk fra Norge og Sverige, og skrei.

Østersjøen skiller seg klart fra alle de øvrige bestandene (Berg et al. 2015). Bestanden i Østersjøen er tilpasset en vesentlig lavere saltholdighet enn f.eks. i Skagerak og Kattegat, og en rekke av de genene hvor Østersjøen skiller seg ut er assosiert med tilpasning til lav salinitet. Mellom de øvrige bestandene framstår forskjellene som fire store kromosomale rearrangementer (Figur 7) (Barth et al., 2017; Berg et al., 2015; Berg et al., 2016; Kirubakaran et al., 2016; Sodeland et al., 2016).<sup>10</sup> Det er forskjeller i kromosom 1, 2, 7 og 12. Det er ellers lite forskjell i de 23 kromosomene. Hvert av områdene på kromosom 1, 2, 7 og 12 kan sees på som super-gener; dvs områder med hundrevis av gener som nedarves som ”en pakke” og som påvirker egenskaper som kjennetegner bestander som skrei, kysttorsk og nordsjøtorsk.



**Figur 7: Fire kromosomale rearrangeringer i NØA torsk sammenliknet med kysttorsk, Nordsjøen og Skagerak/Kattegat. Kilde: CEES/UiO.**

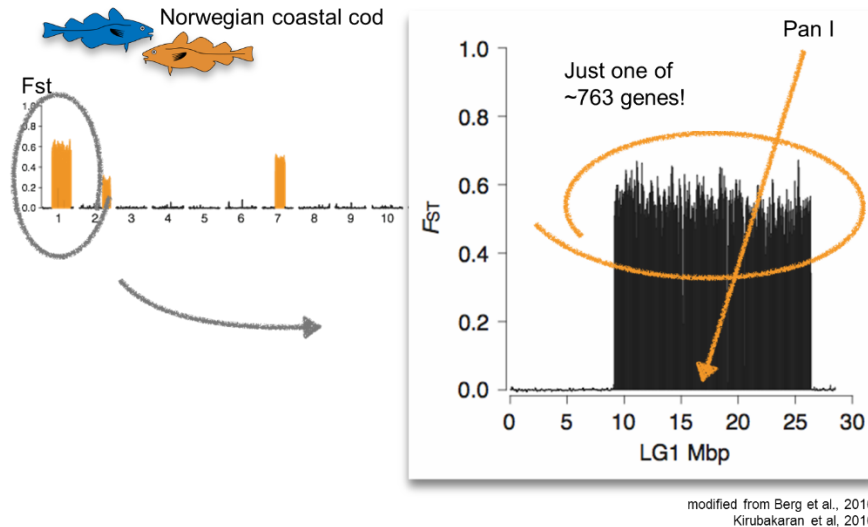
Det er inversjoner i store områder, det vil si at genene innen disse områdene peker motsatt vei – en rearrangering av kromosomet. Denne rearrangeringen fører til at inversjonene i svært liten grad rekombinerer – med andre ord at de altså er resistente mot endring. Når det gjelder hybrider (dvs. individer med begge varianter), så vet vi at de forekommer (ofte med lav frekvens – men ikke i alle populasjoner), men vi vet foreløpig ikke om det er sterk seleksjon mot noen av hybridvariantene i gitte populasjoner. Hva slags effekt dette har på f.eks. adferd (vandring/stasjonær), bør være et område for framtidig undersøkelse.

Den mye benyttede markøren Pan I som brukes til å skille skrei fra kysttorsk genetisk er ett av 763 gener i stort invertert område på kromosom 1 (Figur 8). I dette området ligger en rekke av de genene som gjør at skrei er skrei (migrasjon, pelagisk tilpasning, fødevalg mm). Siden dette området er beskyttet mot rekombinasjon, så er det svært sannsynlig at relativt få av de 763 genene i inversjonen har noe med skreiens

<sup>10</sup> Se også titan.uio.

tilpasning å gjøre. Med andre ord; mange av genene i dette området ”haiker” med de betydningsfulle genene for skreien. Derfor behøver ikke Pan I å ha noe som helst med f.eks. gytevandring å gjøre, men den kan likefullt fungere godt som en markør.

Northeast Arctic cod vs.



**Figur 8: Pan I – ett gen i stort invertert område. Pan I locuset er ett av mange gener som skiller seg ut i sammenlikning av NØA og kysttorsk. Dette området på kromosom 1 har redusert rekombinasjon, og det er en rimelig antagelse at gener som har betydning for gytevandring og pelagisk livsstil finnes i dette området. Kilde: CEES/UiO.**

Kysttorsken har en relativt lik genetikk fra nord til sør. Ingen betydelig populasjonsdifferensiering. Dette betyr at det må være betydelig genetisk konnektivitet (genetisk utveksling) mellom kysttorsk-bestandene langs kysten. Det kan være fristende å betrakte den som en populasjon. På den annen side så ser vi noe genetisk differensiering – spesielt i bestander lokalisert innerst i fjordsystemer. Sannsynligvis skyldes dette lokale genetiske tilpasninger. Derfor, for å være føre var, bør man være forsiktig med å si at dette kan forvaltes som en populasjon.

Genetisk sett ser stasjonær adferd ut til å være den opprinnelige egenskapen, men vandring er likefullt en gammel hendelse. Det er altså forskjeller i frekvensene av de fire ulike inversjonene som kjennetegner de ulike stammene. Kysttorsk og skrei krysser seg med hverandre. Må se på genetikken for å skille skrei og kysttorsk i områder der de overlapper, ettersom det ikke er mulig å se forskjell på dem. Distinkt forskjellig genetikk i Østersjøen kontra Skagerrak og Kattegat. Knyttet til tilpasning til lav salinitet. Eggene til Østersjø-torsk er tilpasset Østersjøen, genetisk betinget. Utrykkes Østersjø-torsken, kan den ikke erstattes av Skagerrak-torsk. Østersjøen og Skagerrak, spesiell pga lav salinitet, egg flyter når vannet blir saltere.



## 3 Implikasjoner av kunnskapen om torskegenomet

I denne delen diskuterte gruppene henholdsvis bærekraftspørsmålet og genomkunnskap i lys av temaene ‘torskens biologi’, ‘bruk og forvaltning’, og ‘miljø og ytre påvirkning’.

### 3.1 Torskens Biologi

#### 3.1.1 Generell biologi

Kysttorsk finnes både nord og sør for 62°N, men betegnelsen ‘norsk kysttorsk’ brukes i alminnelighet om kysttorsken nord for 62°N. Det finnes en rekke ulike populasjoner av torsk i fjordene og kystnære områder fra 62°N til grensa mot Russland. Biologisk kunnskap om norsk kysttorsk som distinkt ulik nord-øst arktisk torsk (NØA torsk).

Den eldste fisken ‘viser vei’ til gytefelt, og derfor bør man ta vare på stor skrei. Noen ganger migrerer mindre fisk over lengre avstander – kanskje fordi de store individene har sine ‘faste plasser’ og små må gå lengre sør. Stor fisk får flere og bedre avkom, men det er vanskelig å kontrollere for størrelsen i fiske. Størrelsen gikk ned i forhold til historiske data, reproduksjon skjer tidligere. Størrelsen går ned når en tar ut stor torsk (vanlig fiske), men produksjonen kan gå litt opp.

Biologisk kunnskap er helt sentralt i forvaltninga av torsk (og andre arter). Også genetisk kunnskap representerer viktig biologisk innsikt. NØA torsk er i svært god forfatning biologisk og bestanden er kanskje for stor. Norsk kysttorsk er i dårlig forfatning. Vi har ikke tilstrekkelig kunnskap for å forklare hvorfor torsk samler deg der den gjør, men gytefeltene til de ulike populasjonene av norsk kysttorsk er kartlagt. Sammensatt og dårlig i sør, men vekst i nordsjøtorsk-bestanden.

#### 3.1.2 Genetikk og torskegenomet

Torsk (og annen torskefisk) mangler bakterielt immunsystem. Torsken klarer å håndtere dette, men det kan muligens bli problematisk gitt visse nye miljøendringer (klima m.m.).

Det er genetisk betinget om torsken vandrer eller ikke. Vandringer ligger i genene – og det må tas i betraktning i forvaltningen. Forvaltning av skrei handler rett og slett om å kunne opprettholde en livskraftig bestand som skiller seg fra kysttorsk i tre store områder (supergener) på kromosom 1, 2 og 7.

Genetisk kunnskap er viktig for en god torskeforvaltning. Vi kan bestemme kjønn og opprinnelse med få markører (relativt rimelig). Torsken sin adferd (reproduksjon, vekst, vandringer m.m.) kan avdekkes gjennom markører i genomet.

Ny kunnskap om torskegenomet åpner for å utvikle metoder for å identifisere ulike (fjord)bestander. Ulike populasjoner av norsk kysttorsk er genetisk nokså like. Man kunne bruke genomdata til å frede de spesifikke fjordene.

## 3.2 Bruk og forvaltning

### 3.2.1 Generelt om torskforvaltningen

Den gode situasjonen for NØA torsk skyldes utvikling av forvaltningssystemet med vekt på langsiktig bærekraft, men heldige naturgitte omstendigheter har bidratt til rask gjennomoppbygging av bestanden. Høstingsregelen for torsk har blant annet som formål å jevne ut kvotenivået fra år til år. Forvaltningen er basert på biologi, men det handler like mye om kvoter og byråkrati.

Det gjenstår ennå en del ubesvarte spørsmål for torskforvaltningen: Hvorfor har vi ikke lyktes med gjenoppbyggingstiltakene for kysttorsk gjennom mer enn 10 år? Kanskje har vi for dårlig biologisk kunnskap? Er det for stor belastning på en liten bestand som var samfisket med en stor bestand av NØA torsk? De gjeldende gjenoppbyggingstiltakene er ikke tilstrekkelig omfattende og presise?

Flerbestandsforvaltning i vid forstand vil være viktig framover, for eksempel mat til torsken og strengere regulering av loddefiske. Vi trenger økt forståelse av dynamikken i økosystemet generelt.

Mer kunnskap om fritids- og turistfiske vil også bli viktig framover. Dette kan være omfattende, men det er lite presise data. Fritidsfiske tar ut mer enn yrkesfiske i sør – mangler mye data, og dessuten tar ikke fritidsfiske bare fjordfisk.

Generelt er det godt samarbeid mellom fiskerinæringa sine organisasjoner og fiskeriforvaltningen. Det er godt institusjonelt samarbeid mellom aktørene i næringa som sikrer at viktige løsninger omsettes i legitime forvaltningstekniske grep. Men likevel er ikke fiskerne alltid fornøyd med hvordan innspillene blir håndtert, blant annet om de problemene oppdrettsaktiviteten medfører.

Endringer i størrelsen i den reproduktive delen av bestanden er ikke genetiske, men må tas i betraktning i forvaltningen - kan ha noe med temperatur og sesong å gjøre.

### 3.2.2 Genetikken og forvaltningen

Genetisk kunnskap kan brukes til å skille NØA torsk og kysttorsk. Mulige tiltak kan være å verne flere gytefelt for kysttorsk, eller ytterligere redusere fiskepresset fra større fartøy.

Et tema som kom opp var om det er mulig å foreta genetiske undersøkelser av torsken i løpet av fisket. Prosjekter der man sekvenserte vannprøver med tanke på biologisk materiale i prøver var nevnt. Noen tvilende til den praktiske nytten av dette. Noen var inne på muligheten av å starte et overvåkningsprogram for å undersøke romlig og temporale mønstre. Ny kunnskap om genomet burde kunne implementeres i eksisterende forvaltningsprosedyrer. Planer om biobanker knytte opp mot forvaltningen var også nevnt.

Ny kunnskap om genomet bør presenteres i ICES sin arbeidsgrupper av dem med førstehåndskunnskap. Arbeidsgrupper som er med på å gi råd og forhandle burde inkludere genetikere. Men forvaltning er også et politisk spørsmål. De som tar beslutningene kan velge å ikke ta genom-data i betraktning. Kunnskap om genomet kan hjelpe med å spisse forvaltningen

### 3.2.3 Spesielt om kysttorsk

Kysttorsken for kystfiskerne – dette var et viktig tema på 1990-tallet (da skreien var ‘nede’). Siden bestanden av NØA torsk nå er stor og norsk kysttorsk liten, så er denne problemstillinga mindre aktuell enn før. Bedre vern av kysttorsken ved hjelp av fjordlinjer (se vedlegg 2). En mulighet er å frede separate fjorder der bestanden sliter. Kunnskapen om en rekke spesielle fjorder er mangelfull. Har kun 4-6 fjorder med genomikk-analyser med store datamengder. Mindre press på fjordtorsken er nødvendig.

Det er for lite data fra år til år, og fjorder er dynamiske system – vi er nødt til å ha et overvåkningsprogram for hele kysten og ta de prøvene det er behov for. Vi mangler informasjon om forskjellige fjorder – noe som genom-metoden kan brukes til. Når vi vet om lokale spesialiteter kan vi sette opp beskyttende tiltak lokalt. Men hvordan kontrollerer man beskyttede områder?

Om områder som sliter versus de som er ok – norske fiskefartøy kan i prinsippet fiske hvor som helst i norske farvann, innen nærmere angitte grenser. Kvotene er ikke koblet til geografi, men til mengde. Kvoter burde gå på effektiviteten til fartøyet, og ikke størrelsen. Moderne fartøy er mindre, men mer effektive og kan fiske ut mer – redskapene har utviklet seg.



### 3.3 Miljø og ytre påvirkning

#### 3.3.1 Olje og fisk

Olje påvirker overlevelse og utvikling etter kun kort eksponering. Kaldtvannsarter kan være mer sensitive for oljeforurensning. Torskefisk er sensitive for oljeforurensning, særlig i nordområdene (forstyrrer utvikling av hjertet). Men olje er penger (politisk spørsmål).

#### 3.3.2 Temperatur

Takler kysttorsk temperaturendringer dårligere enn skrei? Kan være mulig å bruke genomforskning til å studere dette. Varmere vann betyr mindre oksygen løst i vannet. Skrei vandrer fra nord til sør og er mer tilpasset til temperaturendringer – skal tåle mer av den globale oppvarmingen. Kysttorsk er mer sensitiv, men torsken liker dårlig høy temperatur uansett – noe som kan være en utfordring på grunn av klimaendring og endring i marine arter sine nye mønstre for vandring, utbredelse og (kanskje) gyting. Dersom NØA torsken forsvinner fra Lofoten til områder langt nord og nordøst (og eventuelt mer nordvest), så er det en utfordring for den eksisterende torskeforvaltningen.

Mer ferskvann i sjøen på grunn av klimaendringene kommer til å ha effekt på fisken. De produserer egg med spesifikk tetthet som er tilpasset salinitetsnivået. Endringer i salinitet vil påvirke 'flytbarheten' og dermed overlevelsen.

#### 3.3.3 Genetikk

Genetisk variasjon kan variere fra nord til sør (innblanding fra skrei øker variasjonen). Torsken har stor genetisk variasjon og er slik sett robust. Den er tilpasset mange ulike miljøregimer gjennom tidene. Genetiske markører for forskjellige endringer kan bli en del av beredskapen i forvaltningen av torskebestanden. Torskegenomet hjelper oss, men er i startfasen. Imidlertid vil dataene på hel-genom fra 1000 individer av utvalgte torsk (som representerer sentrale bestander, tilpasninger og familiemateriale) når de om kort tid er analysert, være et stort skritt i retning av å kunne foreta en genom-basert forvaltning. Man kan registrere individer av skrei eller kysttorsk med enkel teknologi om bord (som man kan tenke seg at man kan bruke i forvaltningen). Genetisk stabilitet i torskebestanden – kan også bli en del av markedsføringen?

Ikke lett å reintrodusere torsk der den er blitt borte, jfr en nedfisket fjordtorskbestand. Andre arter tar over økologisk nisje.

#### 3.3.4 Oppdrett og torskefiske

Oppdrett påvirker økosystemet. Oppdrettsaktiviteten i Sør-Norge har negativ påvirkning på visse typer ville arter (villaks, reker og andre skalldyr, lokalt på for eksempel lokale bestander av sei). Konflikt fiskeri / oppdrett sør i landet, problematisk. Sykdommer og parasitter som spres mellom vill og oppdrettet torsk. Oppdrettsanlegg – påvirker økosystem og derfor også torsk. Kan dette også ha negativ genetisk effekt på lokale populasjoner av (andre) ville marine arter?

Avl på oppdrettstorsk kan ha genetisk påvirkning på ville torskebestander. Forholdet til gyte- og oppvekst-områder (gyting i merd). Kjønnbestemmende locus (Star et al., 2016). Molekylær mekanisme ukjent. Kan ved hjelp av denne kunnskapen bestemme kjønn på tidlig stadium. Det kan ha potensiale i akvakultur.



## 4 Plenumsdiskusjon / oppsummering / avslutning

Noen avsluttende kommentarer

- Presise reguleringer der det er en bestand i dårlig forfatning.
- Overvåking av de viktigste fjordene.
- 'Genetikken' kan 'gå inn' for å se på bestanden og avdekke om en fjord er unik eller ikke.
- Bestandene lik genetisk, kanskje ikke så sårbart som en trodde. Mye av de faktiske prøvene i AquaGenome fra ytre strøk.
- Få opp produksjonen av kysttorsk, påvirkes av mange forhold. Nyttig å vite at om et område tømmes så fylles det ikke opp igjen. Gått hardt ut over kysttorsk selv om skreien er tilbake.



## 5 Punkter å tenke på

Her avslutningsvis formuleres (forsøksvis) noen spørsmål eller poeng som er åpne eller bare delvis besvart. Dette kan være tema som er nevnt av flere, men der informasjonen som kom fram i løpet av dagen er litt motstridende. Jeg skal forsøke å være presis.

### 5.1 Skrei, kysttorsk og vandring

I følge presentasjonen til Kjetill Jakobsen er det lite som skiller NØA torsk og kysttorsk. Det er kromosomale rearrangeringer i NØA torsk sammenlignet med kysttorsk, og det er i kromosomparene 1, 2, 7, og 12. Her er genet 'snudd'. Hybrider mellom skrei og kysttorsk forekommer, og bidrar til genetisk homogenisering utenfor inversjonene.

En følge av dette er at egenskapen 'vandring' ikke rekombinerer. Hvorfor er det viktig at vandringsegenskapen ikke rekombinerer? Hvilken egenskap får hybridene? Gitt grunnleggende genetikk (A/A (NØA torsk), a/a (kysttorsk), A/a (hybrid)), vil en hybrid være vandrer eller stasjonær? Er fordelingen mellom vandrere og ikke-vandrere 'tilfeldig'?

Hvis hybridene vandrer kan jo en stor 'influx' av skrei i en fjord 'tømme' fjorden for kysttorsk. Hvis hybridene ikke vandrer, er det (kanskje) ikke noe problem, snarere en fordel, ettersom de forøvrig er genetisk svært like?

Er det grunnlag for å si at det er ulike stammer av vandrende torsk i Barentshavet?

### 5.2 Skrei, kysttorsk og begrepene

Kjetill Jakobsen omtaler torsken i norske farvann som en bestand, men at denne bestanden har stor genetisk variasjon og at de geografiske ulikhetene som fremkommer er ulike tilpasninger. Hva er den genetiske definisjonen på slike tilpasninger? Og er det slik at det er mindre viktig å verne en slik lokal tilpasning fordi denne torsken er svært lik torsk fra andre områder, og som fra et genetisk synspunkt kan erstatte lokal torsk som blir borte? Og i de tilfellene der slik erstatning viser seg å være vanskelig, så er det ikke av genetiske, men av økologiske årsaker?

### 5.3 Ekspertbasert / evidensbasert forvaltning

Kristin Asdal tok opp utfordringen med ekspertbasert forvaltning, og Harald Throne-Holst tok opp problemstillingene med evidensbasert forvaltning. Samtidig som stadig mer forskning produserer informasjon om sammenhenger man må ta hensyn til for å oppnå rasjonelle og gode løsninger, så er det en fare for at denne informasjonen mister sin gyldighet hos dem som opplever begrensinger i sin virksomhet, når spranget fra forskning til praktisk politikk blir for lang.

### 5.4 Østersjøtorsken og faktiske genetiske forskjeller

'Grenseoppgang' mellom Kjetill Jakobsen og Thorbjørn Thorvik (FiDir). Østersjøtorsken er (nesten) en egen art fordi den har egenskaper som ikke finnes i annen torsk, massetetthet i egget tilpasset vann med lav salinitet. Blir denne torsken borte fra Østersjøen, så er den borte for godt. I denne sammenheng kan det

også være et poeng om det er lærdom her som kan overføres til andre underbestander i norske farvann – eller er Østersjø-torsken unik?

### 5.5 Genetikk og lokal forvaltning

Spørsmålet her er om ny kunnskap om torskegenomet gir ytterligere støtte til lokal forvaltning av torsk. Områdevern, fjordlinjer, arealbasert forvaltning og hensyn til fisk og fiskeri – her er det (kanskje) overlapp med kunnskapen om genetiske tilpasninger. Litt uklart om denne støtten er av genetisk eller økologisk art. Det er overlapp med krefter i fiskeripolitikken som ønsker mer lokal forvaltning eller i det minste større grad av arealbasert forvaltning. Genetisk variasjon, tilpasning, beskyttbare bestander. Selv om det ikke er genetisk distinkte sub-grupper, kan de være verdt beskyttelse?

### 5.6 Menneskeskapte påvirkninger på torskebestander

Flere tok opp poenget med 'fiskeindusert evolusjon', men så vidt jeg forstår er det ikke genetisk grunnlag for å hevde at det finnes. Men hva er det da som foregår for eksempel når rekrutteringsalderen ved kjønnsmodning går ned? Tilbake til søknaden: Hva vet vi om menneskeskapte endringer og hvordan de virker på ulike torskebestander? Lite hold for å påstå at vi har det som beskrives som fiskeindusert evolusjon. Den genetiske variasjonen i torsken er stor, derfor kan man ikke si det. Men torskebestanden foretar tilpasninger til menneskelig aktivitet. Gytetørrelse går ned ved hardt fiske. Når en fjordtorskbestand går ned (som resultat av menneskelig aktivitet) vil den være vanskelig å bygge opp igjen.

### 5.7 Bidrag til føre-var prinsippet?

Hva sier føre-var prinsippet? F eks om vekst i bestanden i nord. Utbredelse vestover (fiske i Svalbardsonen). Finnes det genetiske problemstillinger knyttet til dette? Går man glipp av noe? Og generelt, kan denne nye og forbedrete genom-kunnskapen brukes til å forbedre eksisterende forvaltningsmodeller? Styrker kunnskapen noen komponenter i den eksisterende økosystembasert forvaltningen? Og gir den verdifulle tilskudd til forståelsen av den regionale forvaltningen?

## Litteratur

Barth, J. M. I., Berg, P. R., Jonsson, P. R., Bonanomi, S., Corell, H., Hemmer-Hansen, J., Jakobsen, K. S., Johannesson, K., Jorde, P. E., Knutsen, H., Moksnes, P. O., Star, B., Stenseth, N. C., Svedang, H., Jentoft, S., and Andre, C. (2017). Genome architecture enables local adaptation of Atlantic cod despite high connectivity. *Molecular Ecology* **26**, 4452-4466.

Berg, P. R., Jentoft, S., Star, B., Ring, K. H., Knutsen, H., Lien, S., Jakobsen, K. S., and Andre, C. (2015). Adaptation to Low Salinity Promotes Genomic Divergence in Atlantic Cod (*Gadus morhua* L.). *Genome Biology and Evolution* **7**, 1644-1663.

Berg, P. R., Star, B., Pampoulie, C., Sodeland, M., Barth, J. M. I., Knutsen, H., Jakobsen, K. S., and Jentoft, S. (2016). Three chromosomal rearrangements promote genomic divergence between migratory and stationary ecotypes of Atlantic cod. *Scientific Reports* **6**.

Kirubakaran, T. G., Grove, H., Kent, M. P., Sandve, S. R., Baranski, M., Nome, T., De Rosa, M. C., Righino, B., Johansen, T., Ottera, H., Sonesson, A., Lien, S., and Andersen, O. (2016). Two adjacent inversions maintain genomic differentiation between migratory and stationary ecotypes of Atlantic cod. *Molecular Ecology* **25**, 2130-2143.

Sodeland, M., Jorde, P. E., Lien, S., Jentoft, S., Berg, P. R., Grove, H., Kent, M. P., Arnyasi, M., Olsen, E. M., and Knutsen, H. (2016). "Islands of Divergence" in the Atlantic Cod Genome Represent Polymorphic Chromosomal Rearrangements. *Genome Biology and Evolution* **8**, 1012-1022.

Star, B., Nederbragt, A. J., Jentoft, S., Grimholt, U., Malmstrom, M., Gregers, T. F., Rounge, T. B., Paulsen, J., Solbakken, M. H., Sharma, A., Wetten, O. F., Lanzen, A., Winer, R., Knight, J., Vogel, J. H., Aken, B., Andersen, O., Lagesen, K., Tooming-Klunderud, A., Edvardsen, R. B., Tina, K. G., Espelund, M., Nepal, C., Previti, C., Karlsen, B. O., Moum, T., Skage, M., Berg, P. R., Gjoen, T., Kuhl, H., Thorsen, J., Malde, K., Reinhardt, R., Du, L., Johansen, S. D., Searle, S., Lien, S., Nilsen, F., Jonassen, I., Omholt, S. W., Stenseth, N.

C., and Jakobsen, K. S. (2011). The genome sequence of Atlantic cod reveals a unique immune system. *Nature* **477**, 207-210.

Star, B., Torresen, O. K., Nederbragt, A. J., Jakobsen, K. S., Pampoulie, C., and Jentoft, S. (2016). Genomic characterization of the Atlantic cod sex-locus. *Scientific Reports*.

Torresen, O. K., Star, B., Jentoft, S., Reinar, W. B., Grove, H., Miller, J. R., Walenz, B. P., Knight, J., Ekholm, J. M., Peluso, P., Edvardsen, R. B., Tooming-Klunderud, A., Skage, M., Lien, S., Jakobsen, K. S., and Nederbragt, A. J. (2017). An improved genome assembly uncovers prolific tandem repeats in Atlantic cod. *Bmc Genomics* **18**.



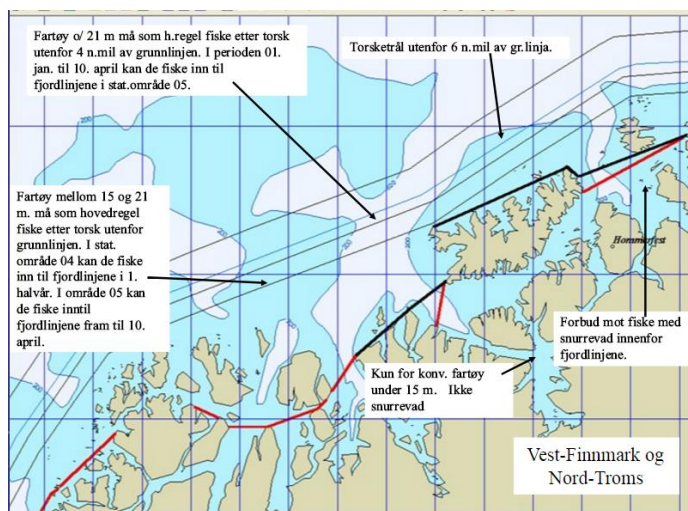
## Vedlegg 1: Deltagerliste

Øivind Andersen	NOFIMA
Kristin Asdal	UiO/TIK
Helle T Baalsrud	UiO/CEES
Steinar Bergseth	NFR
Rolf Brudvik Edvardsen	Havforskningsinstituttet
Erlend Grimsrud	Norges Fiskarlag
Kjell Olav Halland	Norges Kystfiskarlag
Kjetill Jakobsen	UiO/CEES
Sissel Jentoft	UiO/CEES
Torild Johansen	Havforskningsinstituttet
Jan Birger Jørgensen	Norges Fiskarlag
Halvor Knutsen	Havforskningsinstituttet
Annsophie Kristiansen	Norges Kystfiskarlag
Sigmund Moe	Norges Kystfiskarlag
Modulf Overvik	Fiskeridirektoratet
Jan Henrik Sandberg	Norges Fiskarlag
Thorbjørn Thorvik	Fiskeridirektoratet
Harald Throne-Holst	SIFO
Yevgeniya Tomkiv	NMBU
Bernt Aarset	NMBU



## Vedlegg 2: Metodikken for vern av kysttorskbestander.

Eksempler på Fiskeridirektoratets Instrumenter for lokal regulering av fisket etter torsk.



Forbruksforskningsinstituttet SIFO ved Høgskolen i Oslo og Akershus (HiOA) har et spesielt ansvar for å bidra til kunnskapsgrunnlaget for forbrukerpolitikken i Norge og skal utvikle ny kunnskap om forbruk, forbrukerpolitikk og forbrukernes stilling og rolle i samfunnet.

Sentrale forskningstema er:

- forbrukerne i markeder og forbrukervalg
- husholdningenes ressursdisponeringer
- forbrukerøkonomi - gjeldsutvikling og fattigdom
- teknologisk utvikling og forbrukernes hverdag
- digitalt hverdagsliv og mestring
- miljøeffekter av ulike typer forbruk
- mat- og spisevaner
- tekstiler - verdikjeder - konsekvenser for hverdagsliv og miljø
- forbrukets betydning for inkludering i sosialt hverdagsliv
- forbrukerpolitikk

**SIFO**

Forbruksforskningsinstituttet

**HØGSKOLEN I OSLO  
OG AKERSHUS**

Boks 4 - St. Olavs plass - N-0030 Oslo.

**Besøksadresse:** Stensberggata 26, 7 etg.

**Telefon:** +47 67 23 50 00

**E-mail:** [post@hioa.no](mailto:post@hioa.no) **Internett:** [www.hioa.no/sifo](http://www.hioa.no/sifo)

