

2-2007

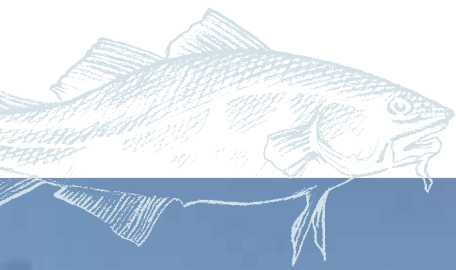


KLIMAENDRINGER

– *konsekvenser for akvakultur i Norge*

Øivind Bergh, Lars Asplin, Karin Boxaspen,
Torbjørn Lorentzen, Are Nylund, Karl Ottem og Svein Sundby





KLIMAENDRINGER

– konsekvenser for akvakultur i Norge

Den globale oppvarmingen vil heve temperaturen i norske kystfarvann og påvirke akvakulturnæringen betydelig. Flytting av oppdrettsvirksomhet og endret oppdrettsteknologi vil enkelte steder bli nødvendig for å redusere uønskede effekter av høyere temperaturer. I motsetning til ville fiskebestander er jo oppdrettsorganismene bokstavelig talt låst til gitte lokaliteter. Dagens lokaliteter vil derimot kunne egne seg for andre arter enn de som i dag er i produksjon, og oppdrettsarter som nå er vanlige i Sør- og Mellom-Europa, vil etter hvert få bedre betingelser i Norge enn lenger sør. Spredningsmønsteret for lakselus og andre sykdomsframkallende organismer vil også endres, dels som følge av økt ferskvannsavrenning, dels på grunn av økt vanntemperatur. Dessuten vil enkelte sykdommer bli mer vanlige, for eksempel francisellose hos torsk og vibriose hos flere fiskearter.

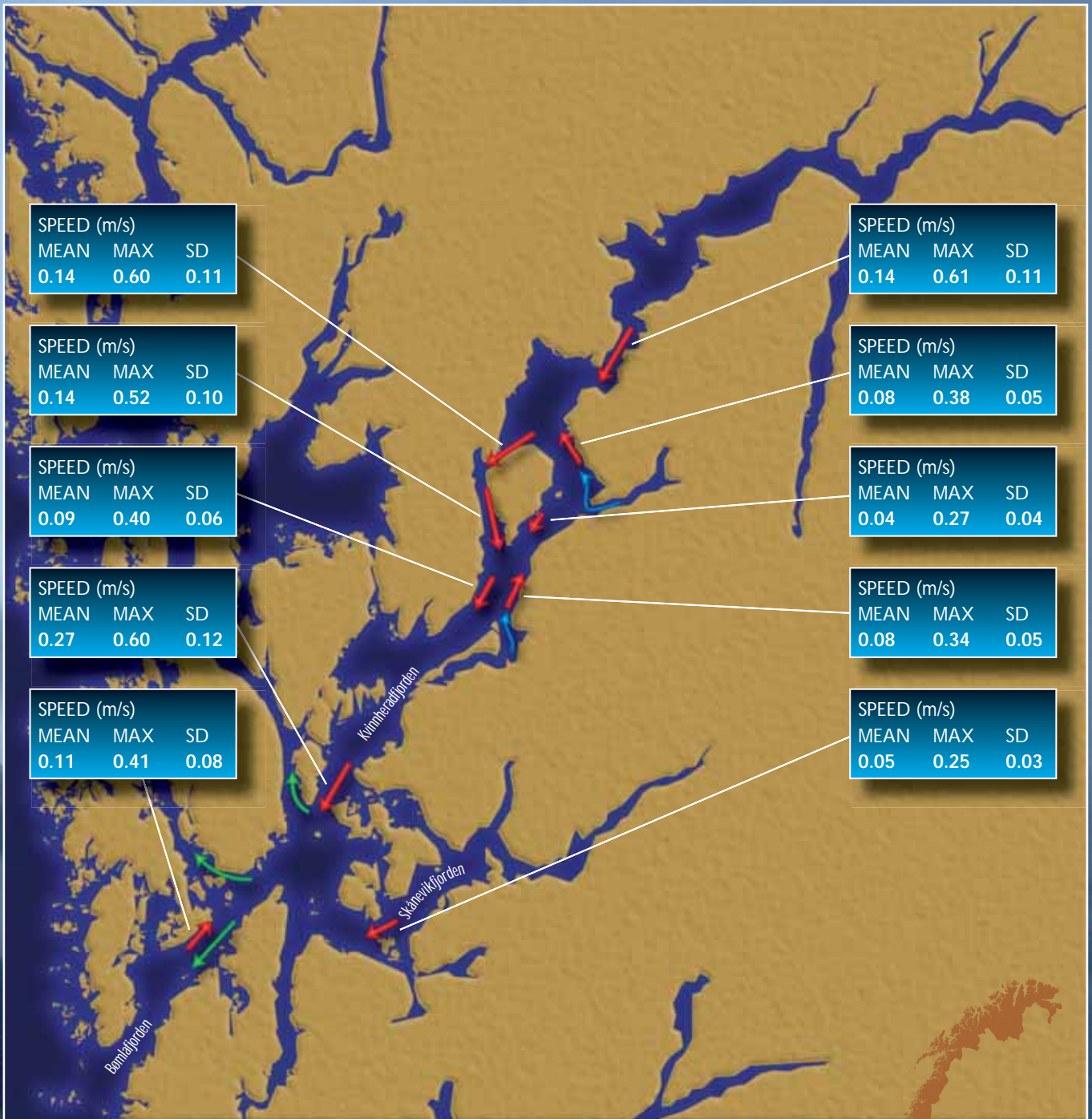
SLIK BLIR KLIMAET

Studier av framtidig klima viser at lufttemperaturen i våre områder vil stige med 2–4 °C i løpet av dette århundret. I havet langs kysten av Norge vil temperaturen stige med 1,5–2 °C, og de gjennomsnittlige temperaturene vi har i dag på Vestlandet, vil vi om 50–100 år ha på kysten av Nord-Norge. Klimastudiene viser også at vi vil få mer nedbør året rundt, med mest økning om høsten. Litt mer usikkert er det om vinden vil øke, men det er ikke utenkelig at vi kan få økt stormaktivitet med sterkere maksimalvinder. Også når det gjelder maksimal vannstand forventes det en moderat økning på om lag 80 cm.

ULIKE EFFEKTER PÅ HAV OG KYST

De ventede klimaendringene vil kunne slå annerledes ut i kyst- og fjordområdene enn til havs. Dette gjelder spesielt sommertemperaturene i overflatelagene. I kyst- og fjordstrøk vil temperaturen i de øverste metrene øke sterkere enn ute i havet på grunn av kombinasjonen

økt lagdeling (som følge av mer tilførsel av ferskvann) og sterkere tilførsel av varme fra atmosfæren. Slike forhold vil også føre til sterkere temperatursvingninger, fordi forskjellen på temperaturen i overflaten og i dypet blir større. Økningen i temperatur vil sannsynligvis ikke bety så mye for kreftene som fører til bevegelse i vannmassene. Tyngden av vannet i våre relativt kalde områder er i liten grad bestemt av temperaturen. Derimot er saltinnholdet avgjørende for vannets tyngde. Økt nedbør på kysten, og dermed økt ferskvannsavrenning fra land, vil kunne få stor betydning for lagdelingen av vannet i fjordene. Dette skaper strøm i seg selv, i et tynt brakkevannslag i overflaten. Mer ferskvannstilførsel skaper også mer oppdrift i de dypere vannmassene gjennom stadig blanding fra vind og tidevann, som igjen kan føre til horisontale trykkforskjeller og dermed strømmer og indre bølger. Hyppigere og sterkere vind vil også virke direkte inn på strømforhold, vannmassefordeling og spredning (figur 1).



Figur 1: Vannstrøm i Hardangerfjorden om våren. Strømmen er i dramatisk grad avhengig av faktorer som vind og ferskvannsavrenning (snøsmelting). Variasjoner i disse parametrene kan ha store konsekvenser for akvakulturnæringen, bl.a. fordi det påvirker spredning av lakseluslarver, bakterier og virus.





HAVARI AV ANLEGG

Mer ekstremvær vil øke kravene til alle konstruksjoner i sjøen. De fleste havarier av oppdrettsanlegg skjer i forbindelse med kraftige uvær, spesielt om høsten og vinteren. Når anlegg havarerer, slipper fisken ut. Dette er ikke bare en økonomisk belastning, det er også økologisk uheldig. Den rømte fisken blander seg med villfisken, og resultatet blir en annen genetisk sammensetning av de ville bestandene enn den naturlige. Arten forblir den samme, og forskjellene som er framkommet gjennom avl på oppdrettsfisk og naturlig utvelgelse på villfisk ikke er så store. Men genetisk påvirkning kan svekke bestandens overlevelsessevne i kritiske perioder.

Mer intense og hyppigere stormer vil måtte møtes med økte krav til rømmingssikkerhet, og vil nødvendigvis medføre økte kostnader for oppdrettsnæringen i form av større investeringer i anleggene.

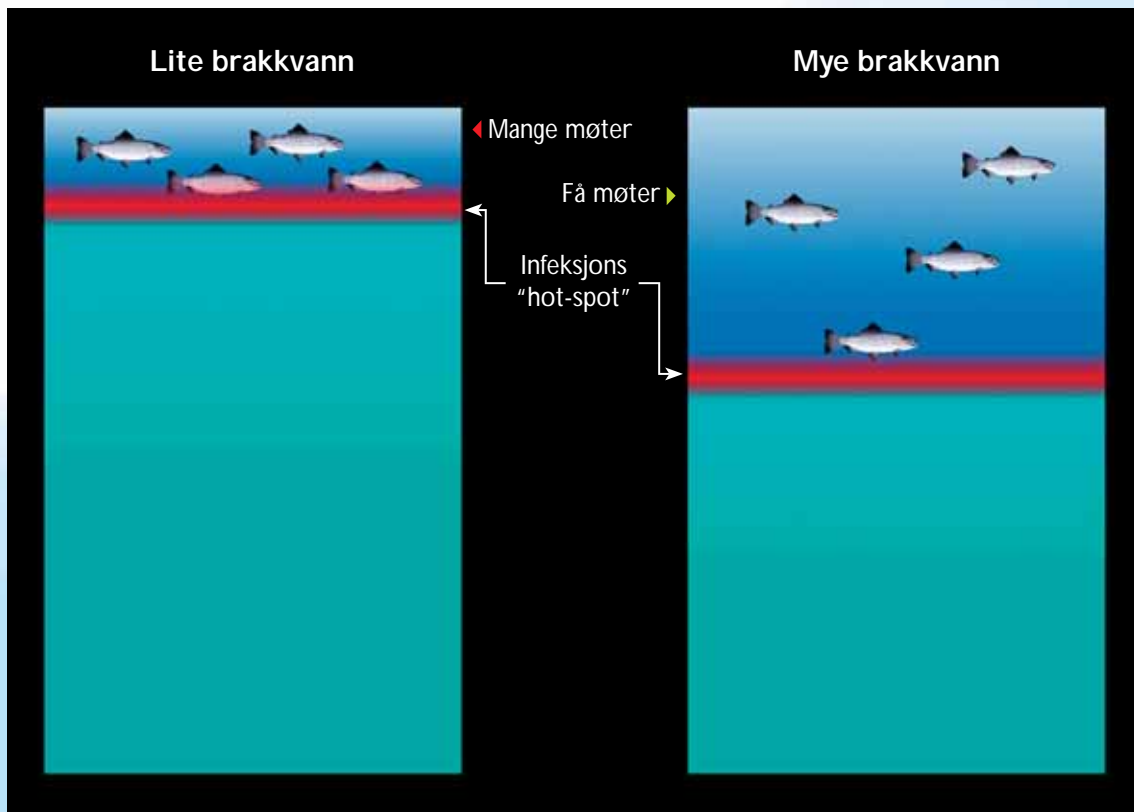


FISKENS HELSE I ET VARMERE KLIMA

Spredning av lakselus

Lakselus har alltid vært til stede på laks og er ikke noe unaturlig. Men fordi oppdrett per definisjon innebærer et kunstig høyt antall fisk i et gitt volum, er oppdrettsanlegg et bra sted å formere seg, både for lakselus og andre sykdomsframkallende parasitter og for bakterier og virus. For oppdrettslaksen er avlusingsmetodene så gode at lakselusa i dag ikke er noe vesentlig problem i anleggene. Men selv om hver oppdrettslaks kun produserer et lite antall lakselusegg, vil den totale mengden i mange fjordsystemer bli så stor at et unaturlig høyt antall lakseluslarver vil kunne infisere villfisken. Den eneste måten å redde villaksen på, blir å holde lakselusnivået kunstig lavt ved å gå svært grundig til verks med avlusing av oppdrettslaksen. Systematisk avlusing og utvikling av vaksine mot lakselus vil være fornuftige tiltak.

Hvordan vil et varmere klima påvirke spredningen av lakselus? Formering og vekst av lakseluslarvene er temperaturavhengig. Jo varmere det er, jo flere generasjoner lakselus per år blir mulig. Dermed øker lakselusas formeringspotensial. Lakseluslarvene spres imidlertid best ved lave temperaturer, siden larveutviklingen går langsommere i kaldere vann. Jo kaldere det er, jo større avstander kan lakseluslarvene tilbakelegge før de er utvokst. Samtidig vet vi at varmere vær kan øke ferskvannsavrenningen i fjordene våre, noe som endrer spredningen av lakselus (figur 2). Flere faktorer blir altså påvirket på ulike måter av varmere klima, og det er ikke gitt at lakselusproblemene vil øke. Det er likevel mye som tyder på at varmere vintre – med formering av lakselus i den kalde årstiden – vil ta knekken på mer villaks og sjøørret. Dersom det er tilfelle, vil behovet for mer effektive tiltak mot lakselus øke.

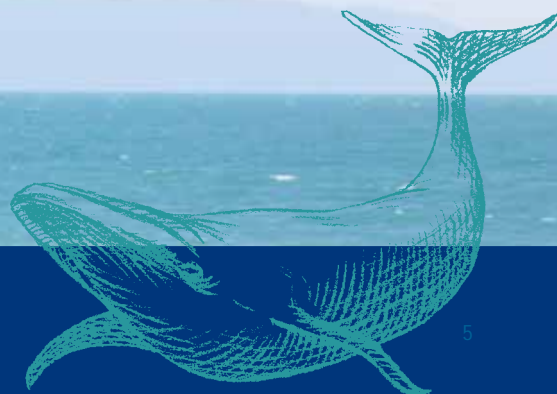


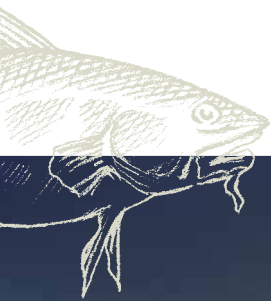
Figur 2: Mengden av brakkvann i fjorden er viktig for tallet på møter mellom laks og lus. Hvis det er lite brakkvann som følge av lite avrenning fra land, blir det mange møter mellom laks og lus.

Figur: Frank Nilsen



Laxselusinfisert fisk. Mye tyder på at varme vintre – med formering av laxselus i den kalde årstiden – vil ta knekken på mer villaks og sjørøret.





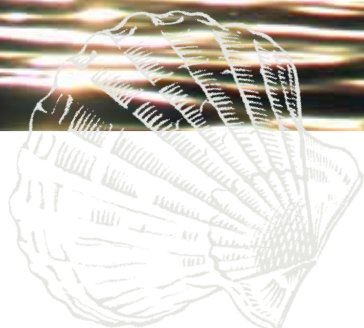
Varmekjære sykdommer

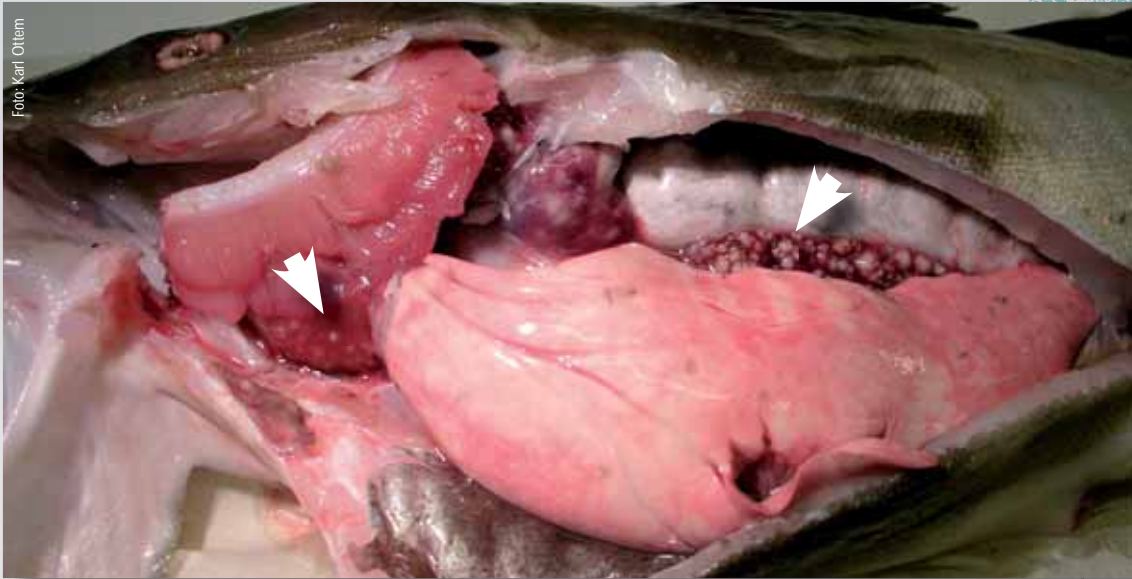
Parasittiske organismer, inklusiv bakterier og virus, lever i det vi kan kalle en “ustabil likevekt” med sine verter. Det betyr at forholdet mellom parasitt og vert er i kontinuerlig utvikling. I en slik prosess er det en del av naturen at enkelte individer blir syke og dør. Syk fisk i havet dør vanligvis fort og blir i liten grad lagt merke til. I oppdrett blir derimot konsekvensene av smittsom sykdom veldig fort synlige, noe som har ført til at fisesykdommer vanligvis blir assosiert med oppdrett og ikke villfisk. I motsetning til villfisk kan ikke oppdrettsfisk flykte fra klimaendringer ved å endre utbredelsesmønster. Endring i oppdrettslokalitetenes hydrografiske og temperaturmessige forhold vil derfor påvirke sannsynligheten for sykdomsutbrudd. Hvis lokaliteten blir dårligere egnet for oppdrett, vil sjansen for sykdomsutbrudd øke.

Høyere temperatur vil ofte medføre redusert motstandsdyktighet mot sykdom. De fleste utbrudd av kjente sykdommer som furunkulose og vibriose har tradisjonelt kommet i sommermånedene og tidlig på høsten. Stress kan øke sannsynligheten for sykdomsutbrudd, og det er typisk at utbrudd skjer i forbindelse med brå økning av vanntemperaturen. Epidemier av vibriose på villfisk, særlig sei og torsk, er også noe som oftest forekommer når det er varmt i sjøen. Furunkulose opptrer fra tid til annen på villaks, typisk i forbindelse med høy temperatur og lav vannføring i elvene.

Det er ikke bare temperaturen i seg selv som forårsaker stress. Ved høyere temperatur går også oksygenkonsentrasjonen i vannet ned, og det stresser fisken. Stress er ikke dødelig isolert sett, men kan altså føre til sykdomsutbrudd.

Sykdom bryter gjerne ut ved ekstremtemperaturer. Det bør imidlertid påpekes at den ventede økningen i *gjennomsnittstemperaturen* vil ikke i vesentlig grad vil påvirke sannsynligheten for sykdom. Derimot vil hyppigere perioder med høye temperaturer og høyere maksimumstemperaturer øke sannsynligheten for sykdomsutbrudd betydelig. Hvis vi vil studere nærmere hvor mye mer sykdom vi kan forvente med et varmere klima, er det altså hyppighet og intensitet i ekstremisituasjonene det er viktigst å undersøke.





Figur 3: Torsk med francisellose. De karakteristiske hvite klumpene i nyre og milt (se piler) er typiske tegn på sykdommen. Den finnes hos vill torsk, men sprer seg i oppdrettsanlegg. Bakterien *Francisella piscicida*, som forårsaker francisellose, vokser raskere ved høye temperaturer. Hittil har sykdommen først og fremst rammet områder av kysten der temperaturen har vært høy.

En varmekjær sykdom: francisellose

Sykdommen francisellose har vært utbredt på villfisk lenge og har de siste årene skapt betydelige problemer i norsk torskeoppdrett. Den skyldes en nyoppdaget bakterie som gir kroniske betennelsesknuter, spesielt i blodrike organer som hjjerne, nyre og milt (figur 3). I ekstreme tilfeller kan den også påvises i muskulatur og hud. De fleste observasjonene av francisellose er gjort hos stor torsk. Tapene for oppdretterne er mest knyttet til nedklassifisering og redusert slaktevekt, men fiskegrupper med høy forekomst av syk fisk må destrueres. Utviklingen av sykdommen går raskere ved høye temperaturer.

Funn av villtorsk med disse symptomene fra det sørlige Skagerrak/Kattegat ble gjort samtidig med de første funnene i norske oppdrettsanlegg, men alt tyder på at sykdommen har vært utbredt hos vill torsk lenge. I dag er sykdommen til stede hos oppdrettet torsk nord til Nordland, og hos vill torsk nord til Vestlandet. Det er mulig at funnene fra Nordland er knyttet til transport av settefisk sørfra, men dette er ikke bevist. De mest intense utbruddene av francisellose i oppdrettsanlegg har så langt kommet i områder med svært høye

sommertemperaturer, særlig i Rogaland og Hordaland. En kombinasjon av nedregulering av torskens immunsystem ved høye temperaturer og det at bakterien har høy optimal veksttemperatur (omkring 20 °C) betyr at forholdene sannsynligvis har ligget til rette for sykdomsutbrudd. Hvis dette er tilfelle, kan man forvente at det vil bli færre utbrudd jo lenger nord man kommer, og at klimaendringer vil øke forekomsten av sykdommen og gradvis skyve utbredelsesområdet nordover.

I dag er francisellose kanskje det mest alvorlige sykdomsproblemet norsk torskeoppdrett står overfor. Det er mulig at formering av bakterien i torskeoppdrett kan gi økt smittepress på villfisken, slik at forekomsten av sykdom øker også her. Økt vanntemperatur i seg selv vil gi bedre vilkår for francisellose hos vill torsk, men det er mulig villfisken vil kompensere ved å endre utbredelsesmønster. I eksperimenter er det vist at bakterien smitter fra infiserte til uinfiserte individer i samme kar. Det betyr at smittet fisk sannsynligvis frigjør bakterier til omgivelsene, og at vannbåren smitte er sannsynlig. Det samme er tilfelle for vibriose og en rekke andre sykdommer som er vanlig både hos vill og oppdrettet fisk.



Vaksinasjon ved høye temperaturer

For høye temperaturer gir nedsatt immunforsvar hos fisk. I dag er vaksinasjon en forutsetning for industrielt fiskeoppdrett slik vi kjenner det i Norge. Uten vaksiner hadde sykdommer fått spre seg ukontrollert mellom oppdrettsfisk og til villfisk. Vaksiner har også gjort det mulig å redusere forbruket av antibiotika til et minimum.

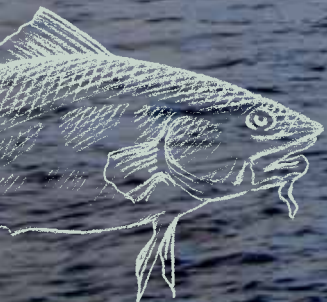
Det er ikke likegyldig hva temperaturen er når man vaksinerer fisk. Forsøk ved Havforskningsinstituttet har vist at vaksinasjon av laks ved for høye temperaturer kan gi høyere grad av uønskede bivirkninger. Sammenvoksninger av bukveggen og indre organer kan gi smerte hos fisken, og svarte melanindeponeringer som følge av vaksinasjonen kan gi redusert kvalitet på laksefileten. En annen type skade som kan forårsakes av vaksinasjon, er deformerte ryggvirvler. Alle disse skadene påvirkes av temperaturen, og vaksinasjon ved høyere temperatur vil gi flere skader.

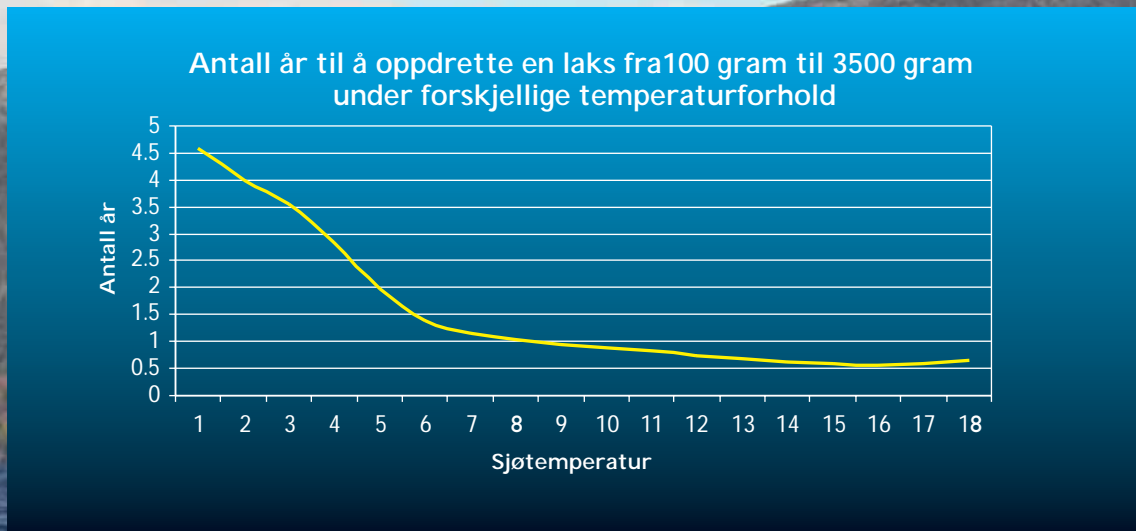
VIL FISKEN VOKSE RASKERE?

Norsk oppdrettsnæring eksporterte i 2006 laks for 16 mrd. kroner og sysselsetter direkte ca. 3000 personer. Dette er mulig fordi oppdrettsartene våre er godt tilpasset det miljøet vi har i dag. Alle dyr reagerer på miljøet de lever i, og vekselvarme dyr er spesielt påvirket av temperatur. Eksperimenter viser at fiskens vekst er avhengig av miljøfaktorer som sjøtemperatur, oksygenmetning, saltinnhold, strømforhold og lys. Uten de naturlige, økologiske forholdene langs norskekysten, ville det vært umulig å drive oppdrett av laks og realisere de store økonomiske verdiene vi gjør i dag.

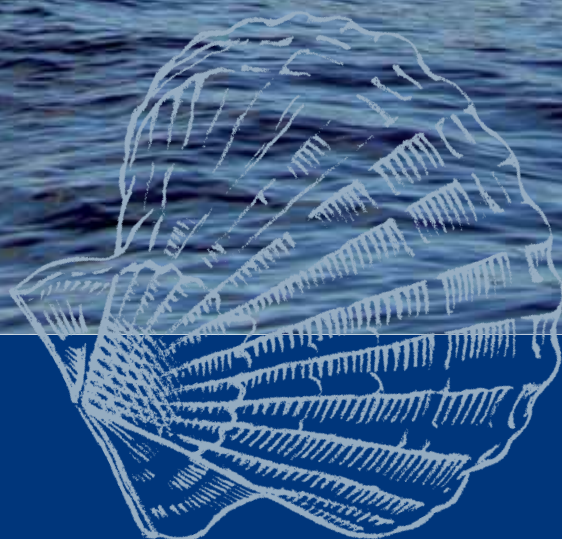
Et stabilt sjømiljø kjennetegnes av gjentagende, svært like sesongsvingninger fra år til år. Global oppvarming vil endre gjennomsnittstemperaturen, og sannsynligvis også øke variasjonen i miljøet. Økt variasjon er negativt både for vekst og velferd hos fisk i oppdrett.

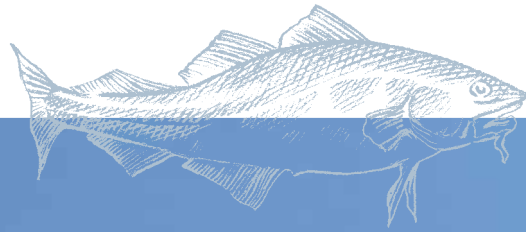
Eksperimenter viser at endring i gjennomsnittsvekst på laks er størst når sjøtemperaturen stiger med mindre enn sju grader i snitt. Den høyeste veksten er målt når temperaturen er rundt 15 °C, mens torsken vokser raskest ved 13,5 °C. Figur 4 viser hvordan laksen vokser under ulike temperaturforhold.





Figur 4: Laksens vekst ved forskjellige temperaturer.
Kilde: Lorentzen 2006.



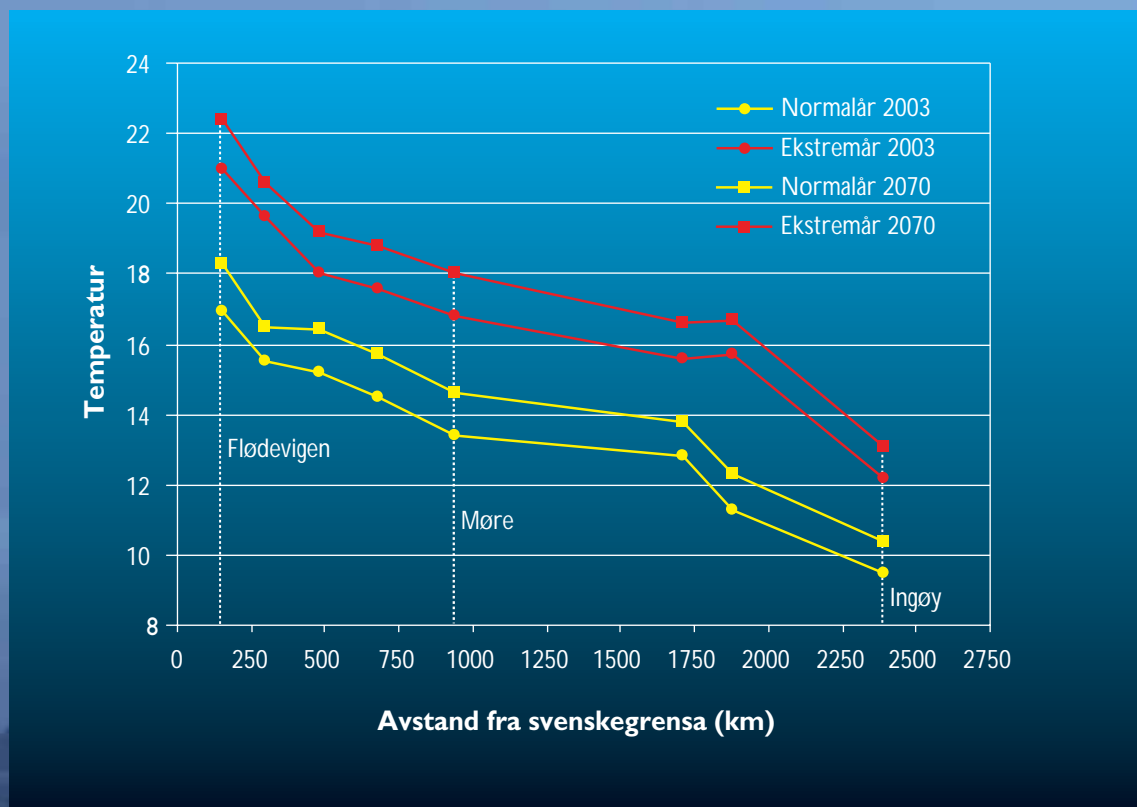


MÅ TORSKEN OG LAKSEN FLYTTE NORDOVER?

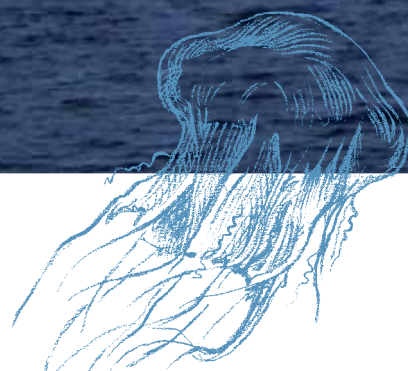
Klimaendringene forandrer økologien og dermed også den økonomiske risikoen for næringer som er basert på økologiske forhold. I de sørligste fylkene kan oppdretterne komme til å erfare at sommertemperaturen blir så høy at fisken ikke vokser. I verste fall vil det medføre sykdomsutbrudd og massedød. På den annen side vil oppdretterne i nord kunne oppleve at fisken vokser raskere slik at de får økt produktivitet.

Områdene med optimal temperatur for laks og torsk vil altså gradvis forflytte seg mot nord.

Proessen er imidlertid relativt langsom, og det er ikke på kort sikt nødvendig å flytte oppdrettsanlegg nordover. Vi ser av figur 5 at middel- og ekstremtemperaturene i perioden 2000–2070 vil øke på en slik måte at de beste forholdene for laks flytter seg fra Møre til Helgeland. Denne modellen tar imidlertid bare utgangspunkt i optimal vekst, mens faktorer som spredning av sykdom og lokale hydrografiske forhold i fjorder ikke er tatt hensyn til. Sannsynligvis vil de lokale utslagene i fjorder på Vestlandet bli vesentlig større enn i ytre strøk.



Figur 5: Maksimumstemperaturer ved kyststasjonene til Havforskningsinstituttet (1 m dyp) i 2003 og 2070 (estimert) i normalår (gule linjer) og ekstremår (røde linjer). X-aksen representerer avstanden fra svenskegrensa ved Svinesund (starter på 0 km) til grensen mot Russland ved Grense Jacobselv (omtrent 2750 km fra svenskegrensa).

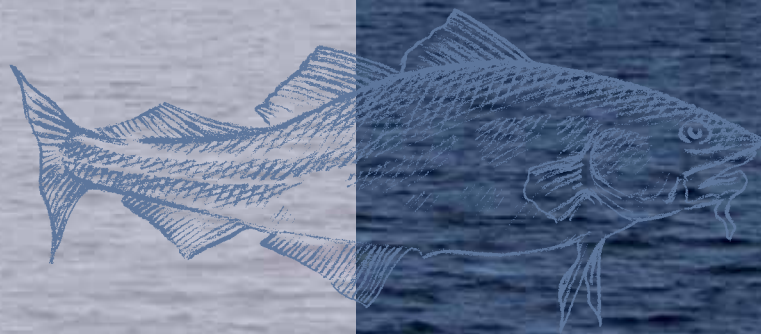


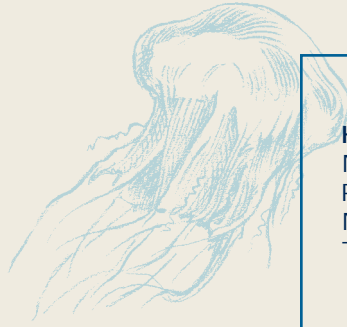
NYE OPPDRETTSARTER I VARMERE KLIMA?

Klimaendringene er et globalt fenomen. Om ”norske” oppdrettsarter må flyttes nordover, vil det samme gjelde for arter som i dag er mer vanlige i Sør- og Mellom-Europa. Eksempler på dette er fisk som havabbor og piggvar, og skjell som kamskjell og østers. Dette er i dag marginale næringer i Norge, men av vesentlig større betydning i land som Frankrike og Spania. Klimaendringene i Sør- og Mellom-Europa vil altså ramme akvakulturnæringen i disse landene negativt, samtidig som forholdene vil bli gradvis bedre for oppdrett av artene i Norge, særlig på Sør- og Vestlandet.

Piggvar og havabbor fins allerede i oppdrett i Norge i liten skala. Begge artene hører til vår naturlige fauna, og det er sannsynlig at klimaendringene vil gjøre dem vanligere i våre farvann. Begge er etterspurte og godt betalte oppdrettsprodukter. Stort kamskjell er i dag i oppdrett (havbeite) så langt nord som til Trøndelag, men fins naturlig nord til Lofoten. Vintertemperaturene er den avgjørende faktoren, og det er sannsynlig at utbredelsesområdet vil forflyttes mot nord. Østers dyrkes i dag tradisjonelt i avstengte poller på Vestlandet der lokal ”drivhuseffekt” gir svært høye temperaturer i sommerhalvåret.

Vi må vente store klimaforskjeller fra sør til nord i Norge, samtidig som forskjellen på kyst- og fjordlokaliteter innen hver landsdel vil øke. Det er derfor sannsynlig at flere arter i oppdrett og tilpasning til lokale utslag av klimaendringene vil prege norsk akvakultur framover.



**HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**

Nordnesgaten 50
Postboks 1870 Nordnes
NO-5817 Bergen
Tel.: 55 23 85 00 – Faks: 55 23 85 31

www.imr.no

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**AVDELING TROMSØ**

Sykehusveien 23
Postboks 6404
NO-9294 Tromsø
Tlf.: 77 60 97 00 – Faks: 77 60 97 01

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**FORSKNINGSSTASJONEN FLØDEVIGEN**

Nye Flødevigveien 20
NO-4817 His
Tlf.: 55 23 85 00 – Faks: 37 05 90 01

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**FORSKNINGSSTASJONEN AUSTEVOLL**

NO-5392 Storebø
Tlf.: 55 23 85 00 – Faks: 56 18 22 22

HAVFORSKNINGSINSTITUTTET**FORSKNINGSSTASJONEN MATRE**

NO-5984 Matredal
Tlf.: 55 23 85 00 – Faks: 56 36 75 85

**AVDELING FOR SAMFUNNSKONTAKT
OG KOMMUNIKASJON**

Tlf.: 55 23 85 38 – Faks: 55 23 85 55
E-post: informasjonen@imr.no

KONTAKTPERSON

Øivind Bergh
Tlf. 55 23 63 70
E-post: oivind.bergh@imr.no

FAGGRUPPE

Helse

