

# Trygg sjømat – risikofaktorer i verdikjeden fra fjord til bord for villfanget og oppdrettet sjømat

En utredning av kunnskapsbehovet

Publikasjonen kan bestilles på  
[www.forskningsradet.no/publikasjoner](http://www.forskningsradet.no/publikasjoner)

Norges forskningsråd  
HAVBRUK – en næring i vekst  
[www.forskningsradet.no/havbruk](http://www.forskningsradet.no/havbruk)

Havet og kysten  
[www.forskningsradet.no/havkyst](http://www.forskningsradet.no/havkyst)

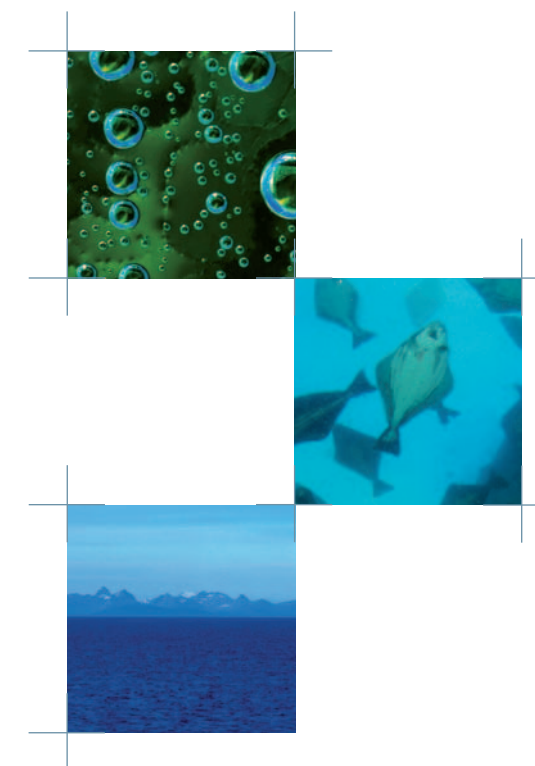
Matprogrammet  
[www.forskningsradet.no/matprogrammet](http://www.forskningsradet.no/matprogrammet)

Juli 2008

ISBN 978-82-12-02567-7 (trykksak)  
ISBN 978-82-12-02568-4 (pdf)

Opplag: 250  
Trykk: Allkopi  
Design omslag:  
Melkeveien designkontor as

Foto omslag:  
Per Eide, Samfoto  
Vidar Vassvik  
Ekspertutvalget for fisk



# **Trygg sjømat – risikofaktorer i verdikjeden fra fjord til bord for villfanget og oppdrettet sjømat**

**En utredning av kunnskapsbehovet**

---

---

© Norges forskningsråd 2008

Norges forskningsråd  
Postboks 2700 St. Hanshaugen  
0131 OSLO  
Telefon: 22 03 70 00  
Telefaks: 22 03 70 01  
bibliotek@forskningsradet.no  
www.forskningsradet.no/

Publikasjonen kan bestilles via internett:  
[www.forskningsradet.no/publikasjoner](http://www.forskningsradet.no/publikasjoner)

eller grønt nummer telefaks: 800 83 001

Grafisk design omslag: Melkeveien designkontor as  
Foto/ill. omslagsside: Per Eide (Samfoto), Vidar Vassvik, Eksportutvalget for fisk  
Trykk omslag: Allkopi  
Trykk innmat: Forskningsrådet  
Opplag: 250

Oslo, juli 2008  
ISBN 978-82-12-02567-7 (trykksak)  
ISBN 978-82-12-02568-4 (pdf)

# Forord

Norsk fiskeri- og havbruksnæring eksporterer rundt 3000 ulike produkter til mer enn 100 land, noe som gjør Norge til en av verdens største eksportører av fisk og sjømat fra oppdrett og tradisjonelt fiske.

Både importører og forhandlere av sjømat og forbrukere generelt har i den senere tid vist økende interesse for miljø og bærekraft i sjømatproduksjon og på sammenhengen mellom mat og helse. Dette er sterke globale trender som påvirker etterspørselen etter sjømat. For Norge som eksportnasjon er det nødvendig å ha kunnskap for å sikre og dokumentere at våre sjømatprodukter er trygge og sunne.

Med bakgrunn i dette nedsatte Forskningsrådet i juni 2007 en arbeidsgruppe som fikk i oppdrag å utrede behovet for forskningsbasert kunnskap om risikofaktorer i verdikjedene for sjømat, inkludert fôr til fisk. Utredningen skulle danne grunnlag for prioritering av FoU-oppgaver. Resultatet av arbeidet presenteres i denne rapporten.

I Forskningsrådet har utredningen vært et samarbeid mellom programmene HAVBRUK – en næring i vekst, Havet og kysten og Matprogrammet. Rapporten vil være en del av grunnlaget for programmets arbeid med å planlegge og prioritere videre forskning på området.

Gruppen takkes for vel utført arbeid.

Oslo, mai 2008

Norges forskningsråd

## ***Gruppens medlemmer***

Avdelingsdirektør Jan Alexander (leder), Nasjonalt folkehelseinstitutt  
Professor Tore Aune, Norges veterinærhøgskole  
Direktør Arne Dulrud, Statens institutt for forbruksforskning  
Forskningsjef Anne-Katrine Lundebye Haldorsen, Nasjonalt institutt for ernærings- og sjømatforskning  
Seniorrådgiver Mette Kristin Lorentzen, Mattilsynet  
Seniorforsker Grete Lorentzen, Nofima Marin  
Forsker Taran Skjerdal, (fra 01.11.07) Veterinærinstituttet

*Fra Forskningsrådet:*

Programkoordinator Rolf Giskeødegård



# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>1</b>
<b>Innhold</b> .....	<b>3</b>
<b>1 Sammendrag</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Innledning</b> .....	<b>9</b>
<b>3 Marin næringskjede og produksjon av sjømat</b> .....	<b>11</b>
3.1 Villfanget sjømat.....	13
3.2 Oppdrett .....	14
3.2.1 Andre risikofaktorer knyttet til oppdrett.....	16
3.2.2 Fiskesykdommer.....	16
3.3 Kunnskapsbehov .....	16
<b>4 Fôrmidler og tilsetningsstoffer – utfordringer</b> .....	<b>17</b>
4.1 Encellede organismer .....	17
4.2 Vegetabiliske fôrmidler.....	17
4.2.1 Bioaktive komponenter i vegetabiliske fôrmidler.....	19
4.2.2 Erstatning av både marint fett og marine proteiner samtidig i fiskefôr .....	19
4.2.3 Vegetabiliske fôrmidler i ulike livsstadier/tidlig programmering.....	20
4.2.4 Kunnskapsbehov.....	20
4.3 Marine fôrmidler.....	21
4.4 Fremmedstoffer fra marine fôrmidler i fôr og oppdrettsarter – utfordringer og potensielle farer .....	21
4.4.1 Uorganiske miljøgifter.....	22
4.4.2 Organiske ikke-metallholdige miljøgifter.....	24
4.4.3 Forskningsbehov.....	25
4.5 Fôrmidler fra landdyr .....	25
4.6 Mineralfôrmidler og tilsetningsstoffer .....	26
4.6.1 Syntetisk antioksidanter.....	26
4.6.2 Selen .....	26
4.6.3 Kunnskapsbehov.....	26
4.7 Utfordringer mht regelverket på fremmedstoffer og næringsstoffer i fiskefôr.....	27
4.7.1 Reduksjon av fremmedstoffer i fôr og oppdrettsfisk .....	27
4.7.2 Overføring av miljøgifter fra fôr til fisk .....	28
4.8 Overvåkning & Modellering.....	28
4.9 Kunnskapsbehov, oppsummering .....	29
<b>5 Biologiske risikofaktorer tilknyttet sjømat</b> .....	<b>30</b>
5.1 Humanpatogene bakterier .....	30
5.1.1 Listeria monocytogenes.....	30
5.1.2 Clostridium botulinum.....	31
5.1.3 Vibrio spp. ....	32
5.1.4 Salmonella .....	32
5.1.5 Staphylococcus aureus.....	33
5.1.6 Campylobacter, E. coli og Shigella .....	33
5.1.7 Forskningsbehov.....	33
5.2 Virus.....	34
5.2.1 Forskningsbehov.....	34
5.3 Prioner.....	34
5.4 Parasitter .....	35

5.4.1 Parasittiske nematoder – ”kveis” .....	35
5.4.2 Soft flesh-parasitten <i>Kudoa</i> .....	36
5.4.3 Parasitter – human risiko .....	36
5.4.4 Kunnskapsbehov .....	36
5.5 Kunnskapsbehov, oppsummering .....	37
5.6 Utvalgt litteratur: .....	37
<b>6 Videreforedling og distribusjon av sjømat.....</b>	<b>38</b>
6.1 Trender med betydning for sjømattrygghet.....	38
6.2 krav fra myndigheter .....	39
6.3 Foredlingsprosesser for fisk .....	40
6.3.1 Råstoff .....	40
6.3.2 Skjæring av filet og skiver .....	40
6.3.3 Kjølelagring og MAP pakking.....	40
6.3.4 Frysing – tining .....	41
6.3.5 Lettsalting, marinering og konservering .....	41
6.3.6 Røyking, graving og speking .....	41
6.3.7 Fiskemasse .....	42
6.3.8 Saltfisk og utvannet klippfisk .....	42
6.3.9 Tørrfisk og utbløtt tørrfisk .....	42
6.3.10 Raking.....	43
6.3.11 Prosesstiltak for reduksjon av risiko: Instrumentell deteksjon av bein og kveis .....	43
6.4 Rekeindustrien .....	43
6.5 Emballasje .....	43
6.6 Kunnskapsbehov .....	44
6.7 Kunnskapsbehov, oppsummering .....	44
6.8 Utvalgt litteratur .....	44
<b>7 Marine algetoksiner i skjell, krepsdyr og fisk.....</b>	<b>45</b>
7.1 Generelt om skjellkonsum Innledning: .....	45
7.2 Algetoksiner i skalldyr, hovedsakelig skjell: .....	45
7.2.1 Inntak av skjellmat.....	46
7.2.2 STX-gruppen (PSP-toksiner).....	46
7.2.3 OA-gruppen (DSP-toksiner).....	47
7.2.4 Domoinisyregruppen (ASP-toksiner) .....	49
7.2.5 Azaspiracidgruppen (“Azaspiracid Poisoning”, AZP) .....	49
7.2.6 Yessotoksingruppen (YTX).....	50
7.2.7 Pectenotoksingruppen (PTX).....	51
7.2.8 Cykliske iminer.....	51
7.2.9 Beredskap mot ”nye” toksiner .....	52
7.3 Oppsummering, skjelltoksiner .....	52
7.4 Ichthyotoksiner (“fisketoksiner”).....	53
7.5 Skadelige algers biologi og økologi.....	54
7.6 Forskningsbehov, oppsummering .....	54
7.6.1 Skjelltoksinene.....	54
7.6.2 Fisketoksinene .....	54
7.6.3 ”Toksinproduserende alger” .....	55
<b>8 Human helse.....</b>	<b>56</b>
8.1 Inntak av fisk og annen sjømat i Norge .....	56
8.2 Totalvirkning av fisk og sjømat på helse .....	56
8.2.1 Studier av effekt av fisk i kostholdet på helse – metoder og metodeproblemer .....	56
8.2.2 Kjente sammenhenger mellom fiskeinntak og helse .....	56
8.3 Næringsstoffer og andre helsebringende komponenter i fisk.....	57
8.4 Helse og forurensninger i fisk: Metaller, halogenerte persistente forbindelser etc.,.....	58

8.4.1 Metaller.....	58
8.4.2 Persistente organiske forbindelser .....	59
8.5 Helse og sjømat i forhold til biotoksiner.....	60
8.6 Helse og sjømat i forhold til biologiske risikofaktorer .....	60
8.7 Allergi .....	60
8.8 Forskningsbehov .....	60
8.9 Kunnskapsbehov, oppsummering .....	62
<b>9 Markeds- og forbrukeroppfatninger .....</b>	<b>63</b>
9.1 Helsemessig risiko .....	64
9.1.1 Utfordringer og forskningsbehov .....	65
9.2 Sensorisk risiko og kvalitet.....	65
9.2.1 Utfordringer og forskningsbehov .....	66
9.3 Etisk risiko – bærekraftighet og forbrukerverdier.....	66
9.3.1 Utfordringer og forskningsbehov .....	68
9.4 Institusjonell risiko. Offentlige og private kontrollsystemer .....	68
9.4.1 Utfordringer og forskningsbehov .....	68
9.5 Kunnskapsbehov, oppsummering .....	69
<b>10 Konklusjoner og anbefalinger .....</b>	<b>70</b>



# 1 Sammendrag

Fisk og sjømat er en av Norges viktigste eksportnæringer. Akvakultur vokser meget sterkt og omfatter i Norge arter med stort behov for marine fôrressurser. Sjømat har også tradisjonelt hatt stor betydning for kostholdet i Norge. Fisk bidrar med en rekke næringsstoffer, og konsum av fisk er bra for folkehelsen.

Samtidig *kan* mat av marin opprinnelse være forurenset og inneholde uønskede, helseskadelige biologiske og kjemiske stoffer. Derfor er mattrygghet viktig: Hvordan kan vi ivareta mattryggheten samtidig som vi kan utnytte sjømaten som kilde til næringsstoffer i kostholdet og den positive helsemessige effekten av fisk i kostholdet.

Økende bruk av vegetabiliske fôrmidler pga mangel på marine fôrressurser innebærer store utfordringer med hensyn til bruk av fisk i kostholdet. Det er også en utfordring for fiskens helse.

De marine næringskjedene består ofte av mange ledd og blir ytterligere komplisert for produksjon av sjømat i oppdrett. I tillegg til villfisk og biprodukter av villfisk benyttes også andre kilder til fôr, som vegetabilier, slakteavfall fra landdyr og marine alger. Gjennomgang av marine næringskjeder og verdikjeden for sjømatproduksjon med hensyn til mattrygghet, viser at det for villfisk fortsatt er store utfordringer når det gjelder bl.a. overføring av kontaminanter fra lokal forurensning langs kysten, fiskens mattilgang og betydning av smittestoffer. For oppdrettsfisk er det spesielt fôret, ikke minst alternative fôrtilgjeld, som representerer de store utfordringene med hensyn til mattrygghet.

Det er mulig å redusere forurensningen med persistente organiske forbindelser, men samtidig skal ikke sjømaten tilføres nye helseskadelige forurensninger, og næringsverdien skal ivaretas. Når det gjelder genmodifisering, kan det være en utfordring både når det gjelder vegetabiliske fôrmidler og for sjømaten selv.

Godt kunnskapsgrunnlag om fôrmidler er nødvendig for å sikre trygg og helsebringende sjømat. Fôrmidlene og tilsetningsstoffene har derfor fått en detaljert gjennomgang i rapporten, både når det gjelder forurensninger, overføring av biotoksiner, andre bioaktive stoffer, næringsstoffer og andre helsebringende stoffer fra alternative fôrmidler. Marine fôrmidler representerer fortsatt store utfordringer når det gjelder helseskadelige fremmedstoffer, som metaller, og persistente organiske forbindelser, som dioksiner og PCB. Hvordan fjerne forurensningene uten at de positive næringskomponentene forringes?

Helserisiko knyttet til smittestoffer i sjømat er behandlet i et eget kapittel. Noen utvalgte bakterier, bakterietoksiner og virus utgjør potensielle problemer. Utfordringene er knyttet til kontamineringsrisiko, vekstbetingelser ved lagring og konservering, hurtigmetoder for påvisning, og helserisiko knyttet til smitte fra sjømat.

Når det gjelder parasitter, er dette et utbredt fenomen. Ved økt konsum av rå fisk øker risiko for smitte til mennesker. Ellers er det knyttet usikkerhet til betydningen av sensibilisering til allergene proteiner i parasittene. Effektive påvisningsmetoder er mangelfulle, i tillegg til større forståelse for parasittenes biologi. Videreforedling og distribusjon av sjømat innebærer spesielle utfordringer når det gjelder humanpatogene bakterier, både ved håndtering, transport, lagring og konservering. Forskning har vist at personell i salgsleddene helt fram til forbruker, og særlig i siste ledd, i mange tilfelle ikke er i stand til å fjerne skjemt fisk før den er så ødelagt at humanpatogene bakterier har formert seg til infektive mengder.

Nye måter å framby og konsumere fisk på (for eksempel sushi) stiller spesielle krav for at maten skal være trygg. Tradisjonelt er kunnskapen i Norge svak på slike områder. Transport til og fra andre verdensdeler innebærer risiko for kontaminering, men det er også en utfordring i et bærekraftperspektiv.

Toksiner produsert i marine alger er først og fremst et stort problem for skjellnæringen og for personer som spiser selvplukkede skjell langs kysten. Det er etablert kontrollrutiner og overvåkning som skal beskytte befolkningen mot marine algetoksiner, men det mangler fortsatt mye når det gjelder grunnleggende biologisk forståelse av toksinproduksjonen, analysemetoder og kunnskap om toksinenes helsemessige virkninger.

God kunnskap om inntak av sjømat i alle deler av befolkningen og gode data om næringsstoffer, andre helsebringende stoffer og forurensninger er en forutsetning for bedre forståelse av sjømatens betydning for folkehelsen. Det trengs flere og mer detaljerte studier av hvilken betydning fisk i kostholdet har på helse, inklusive kontrollerte kliniske studier. Videre vil forbruker- og markedsoppfatninger ha stor betydning for hvor stor plass fisk og sjømat får i kostholdet, og for verdiskapingen i næringen. Forbrukernes oppfatning av helse og risiko ved inntak av fisk og av kvaliteten på sjømaten som framby, er helt avgjørende for om produktene vil inkluderes i kostholdet. I tillegg må etiske og bærekraftige aspekter ved fangst, produksjon og distribusjon være i overensstemmelse med forbrukernes verdier.

De viktigste kunnskapsbehovene innenfor hvert område er listet opp nedenfor. I rapporten er status og kunnskapsbehov på disse områdene utdypet i detalj. Forskningsoppgavene er komplekse, og arbeidsgruppen har grovt anslått de samlede kostnadene for forskningsinnsatsen til i størrelsesorden 54 til 66 mill kr pr. år i fire år framover.

## **Forskningsoppgaver**

### ***Villfisk og oppdrettsfisk***

- Utvikle analysemetoder og kartlegge innhold av helseskadelige stoffer, næringsstoffer og helsebringende stoffer i norsk og importert sjømat.
- Mer kunnskap om hvordan årstid, geografi, forurensningsnivå og klima/værforhold påvirker mattrygghet for sjømat. Norske fjorder kan med fordel brukes som modell i slike studier.
- Kunnskap om genmodifisert fisk er egnet som mat, og utvikling av metoder for å påvise genmodifisert fisk.

### ***Fôr til oppdrett***

- Økt kunnskap om betydningen av fôrets sammensetning for at oppdrettet fisk og sjømat ikke skal tilføres helseskadelige komponenter, som organiske miljøgifter, metaller, medisinrester, rester av plantevernmidler mv.
- Økt kunnskap om hvordan fôrets sammensetning påvirker fiskens næringsinnhold og helsebringende effekt.
- Videreutvikling av egnede analysemetoder for å påvise helseskadelige stoffer og ulike næringsstoffer og andre helsebringende stoffer i fôr og sjømat.

### ***Biologiske risikofaktorer***

- Økt kunnskap om endringer i biologiske risikofaktorer (bakterier virus, prioner og parasitter) utbredelse (geografisk og i ulike produkter) og egenskaper av betydning for mattrygghet.
- Videreutvikle egnede analysemetoder for påvisning av biologiske patogene agens i sjømat og miljø.

### ***Videreforedling og distribusjon***

- Økt kunnskap om hvordan fremtidige videreforedlingsprosesser og distribusjonsmønstre vil påvirke mattrygghet.
- Videreutvikle egnede analysemetoder for påvisning av patogene agens i sjømat på ulike trinn i produksjonsprosessen.

### ***Marine algetoksiner***

- Studier av de enkelte toksingruppene og studier av mulig samvirkende effekter når toksiner fra flere grupper forekommer i samtidig i skjellene.
- Videreutvikle analysemetoder for de ulike toksingruppene, både kjemisk analytiske metoder og hurtigmetoder.
- Videreføre studier angående akkumulering, metabolisme og avgiftning av algetoksiner i skjell og andre skalldyr.
- Økt kunnskap om faktorer som influerer på oppblomstring av toksinproduserende alger, variasjonene i toksinnivå i skjell innenfor det enkelte anlegg, optimal lokalisering av anleggene, og for bedre overvåkingsmetoder..
- Toksikologiske studier av de såkalte fisketoksinene (effekter på fisk og andre marine organismer og akkumulering i ulike organer).
- Utvikle overvåkingsmetoder/beredskap i forhold til fisketoksiner for å unngå store tap av oppdrettsfisk.

### ***Human helse***

- Bedre data om konsumet av sjømat; hvilke fiskeslag og skalldyr som konsumeres, hvordan de anvendes i husholdningen og utvikling av konsumet over tid.
- Databaser over innhold av helseskadelige stoffer og av næringsstoffer og andre helsebringende komponenter.
- Mer kunnskap om helseeffekter av sjømat i kostholdet generelt og for enkeltkomponenter (helseskadelige stoffer, næringsstoffer og andre helsebringende stoffer).

### ***Markedet og forbrukerne***

- Mer kunnskap om hvilke faktorer som former folks oppfatning av risiko.
- Analyse av kvalitetsproblemene av fersk sjømat ut fra et verdikjedeperspektiv.
- Kunnskapsgrunnlag og mulig standard for bærekraftige distribusjonskjeder for sjømat.
- Kunnskap om hvordan omfordeling av ansvar mellom private og offentlige kontrollsystemer påvirker forbrukernes risikooppfatninger og tillitsforhold, og i hvilken grad oppfatningene samsvarer med reell risiko.

## 2 Innledning

Sjømat utgjør en viktig del av kostholdet i Norge og fiskekonsumet har tradisjonelt vært høyt. Fisk bidrar med en rekke næringsstoffer og det foreligger god dokumentasjon for at konsum av fisk er bra for folkehelsen. Fiskens kvalitet er avhengig av fiskens oppvekst- og oppdrettsmiljø, og det er viktig å kunne dokumentere at mat av marin opprinnelse ikke blir kilder til helseskadelig forurensning. I denne sammenhengen er mattrygghet og forskning for å styrke kunnskapsgrunnlaget for mattrygghet viktig. Hvordan ivareta mattryggheten samtidig som en utnytter sjømatens verdi som kilde for næringsstoffer og bidrag til et helsebringende kosthold?

Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM) utredet disse forhold i rapporten ”Et helhetssyn på fisk og annen sjømat i norsk kosthold”.

Fisk og sjømat er også en av Norges viktigste eksportnæringer. Akvakultur har vært en av de sterkest voksende sektorene innen matproduksjon og omfatter i Norge arter med behov for marine fôrressurser. Mangel på marine fôrressurser har ført til økende bruk av vegetabiliske kilder til protein og fett, noe som utgjør store utfordringer både med hensyn til fiskehelse og bruk av fisk i kostholdet. I verdikjedene for sjømat kan en rekke forhold i det marine miljø, marine organismer og i fiskefôr representere risiko for oppdrettsfisken og/eller for folkehelsen, noe som vil true næringens verdiskapning.

Med denne bakgrunn nedsatte Norges forskningsråd:

### **Gruppe for å utrede kunnskapsbehov om risikofaktorer i verdikjedene for sjømat herunder fôr til oppdrett.**

#### ***Mandat***

*Som et ledd i arbeidet med å legge til rette for FoU-virksomhet om risikofaktorer i verdikjedene for sjømat, herunder fôr til fisk, ønskes en utredning som belyser behovet for forskningsbasert kunnskap på området og som kan gi grunnlag for prioriteringer av FoU-oppgaver.*

*Utredningen skal innbefatte risikofaktorer som kan representere en risiko for oppdrettsarter og/eller for folkehelsen, og derigjennom true verdiskapingen knyttet til sjømat. Dette omfatter risikofaktorer i det marine miljø, i fiskefôr og i marine organismer fra oppdrett og fra ville arter som anvendes i fôr og/eller til produkter til humant konsum.*

*Utredningen skal beskrive behovet for kunnskap om risikofaktorer og skal kunne benyttes for å sikre trygt fôr og trygg sjømat, og til å tilpasse tiltak for å håndtere en gitt risiko på en slik måte at tiltaket ikke virker mer begrensende på verdiskapingen enn det som er nødvendig for å sikre trygt fôr og trygg mat.*

*Utredningen skal konkretisere kunnskapsbehovet på kort og lang sikt, hen vise til hva kunnskapen kan brukes til, og gi et kostnadsoverslag for gjennomføring av forskningen.*

*Risikofaktorer i mat og fôr er i denne sammenheng ethvert smittestoff, parasitter eller kjemisk forbindelse (fremmedstoffer inkludert biotoksiner) unntatt næringsstoffer, som i gitte situasjoner kan representere en helserisiko for mennesker eller dyr. Vurdering av kunnskapsbehovet om smittestoffer og parasitter skal begrenses til de som vil kunne overføres til mennesker gjennom sjømat. Vurdering av behovet for kunnskaper om smittestoffer og parasitter som kan gi sykdom hos andre enn mennesker, har vært omhandlet i egne rapporter, og skal ikke være en del av denne utredningen.*

Gruppen drøftet mandatet og vil legge mest vekt på forhold av betydning for trygg mat og god helse for forbrukerne. Gruppen skal imidlertid drøfte risikofaktorer i hele verdikjeden fram til forbruker og ta hensyn til at disse risikofaktorene kan virke begrensende på verdiskapingen. I mandatet står det at næringsstoffer er unntatt. Næringsinnholdet i sluttproduktet kan imidlertid endres drastisk under oppdrett i forhold til det man finner i tilsvarende villfanget produkt. Gruppen oppfatter derfor også dette som en potensiell risiko; nemlig at fisk produsert ved akvakultur kan få forringet ernæringsmessig verdi og i neste omgang mindre positiv helsefremmende effekt for befolkningen. Dersom fisk ikke lenger vil ansees for å ha den samme gunstige virkningen på helse som i dag, vil det etter gruppens mening også kunne få alvorlige konsekvenser for folkehelsen og utgjøre en risiko for næringens verdiskaping.

Temaet fiskehelse er sentralt for verdikjeden og påvirkes både av fiskeernæring, tilsetninger og forurensninger i fôret og av smittestoffer. Fiskehelseproblematikken er imidlertid nylig utredet av Forskningsrådet i en egen rapport (Helse-/sykdomsproblemer hos norske oppdrettsarter. 2004) og vil derfor i mindre grad bli berørt her.

Sjømat fra havet er viktigst både for produksjon og konsum, og gruppen vil derfor ikke i samme grad ta opp risikofaktorer ved ferskvannsarter.

Gruppen vil også diskutere risikofaktorer knyttet til bearbeiding av fiskeprodukter. Videre representerer forbrukeroppfatninger, forbrukeradferd og markedsforhold viktige utfordringer når det gjelder kommunikasjon av mattrygghet og risiko, noe som er viktig for verdiskapingen. Bærekraftsperspektivet ved produksjon av fisk og sjømat berører både framtidig tilbud av fisk i kostholdet, og forbrukerholdninger til bruk av fisk og fiskeprodukter i forhold til andre matvarer.

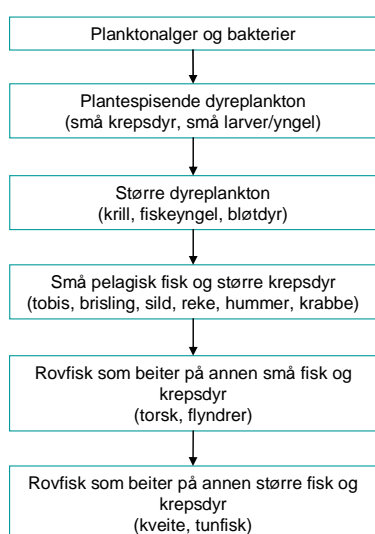
Målgruppen for utredningen er beslutningstakere i offentlig forvaltning, programstyrer i Forskningsrådet, potensielle søkere av forskningsmidler og næringen.

Innledningsvis diskuteres den marine næringskjeden og produksjon av sjømat, før en tar for seg utfordringer og risiko knyttet til fôrmidler. I egne kapitler drøftes risiko knyttet til biologiske faktorer og videreforedling av sjømat. Marine algetoksiner som kan forurense skjell og krepsdyr og skade fisk, omtales i et eget kapittel. Til slutt omtales konsekvensene for human helse, markeds- og forbrukeroppfatninger.

Det vil ikke bli henviset direkte til kilder i teksten, men oversikt over relevant litteratur er plassert etter hvert kapittel. Kunnskapshull og kunnskapsbehov på kort og lang sikt er listet opp under hvert kapittel. Videre er det redegjort for hva kunnskapen kan brukes til.

### 3 Marin næringskjede og produksjon av sjømat

Næringskjeder og næringsnett oppstår ved at organismene i økosystemet spiser hverandre. Næringskjeder i havet er lenger enn tilsvarende kjeder på landjorda og kan bestå av mange ledd, f.eks.: planteplankton - dyreplankton - krill - krabbe – torsk. En kort næringskjede på landjorda kan bestå av bare to ledd, f. eks.: gress - sau. I naturen vil vekst av ett kilo biomasse på ett nivå kreve at det er spist betydelig mer av nivået under. For at dyreplankton skal vokse med ett kilo, går det med kanskje 10 kilo planteplankton. På denne måten oppkonsentreres også uønskede stoffer i næringskjeden, selv om det ikke er 100 prosent overføring fra ett nivå til det neste.



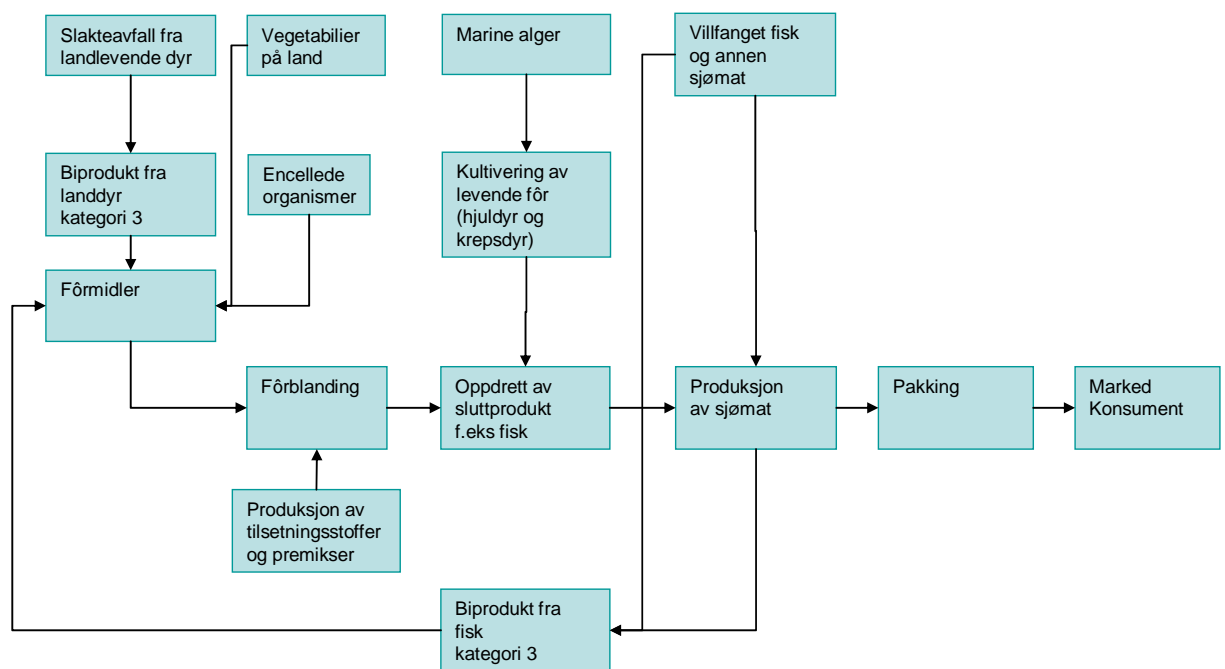
Figur 1. Eksempel på en næringskjede i havet

Sjømat er et vidt begrep og omfatter alt fra tang og tare til skalldyr, fisk og sjøpattedyr. I Asia har det vært en omfattende utnyttelse av tang og tare direkte til mat. Slik utnyttelse forekommer også i Europa, men i Norge har tang og tare inntil det siste vært lite brukt annet enn tradisjonelt til dyrefôr og gjødsel. På verdensbasis er det omfattende utnyttelse av alginater fra brunalger bl.a. i medisin, kosmetikk og som fortykningsmiddel i mat (soft-is, puddinger mm).

Figur 1 illustrerer at det kan høstes ”villfanget sjømat” på flere nivåer i næringskjeden (trofisk nivå). I Norge er fisk dominerende i begrepet sjømat. Mager villfisk samt oppdrettet laks og ørret utgjør en stor andel av det norske fiskekonsumet. Det er forventet at konsumet av oppdrettsfisk vil øke på bekostning av villfanget fisk. Oppdrettsorganismenes plassering i næringskjeden er illustrert i Figur 2. Fôret til oppdrettede marine organismer inneholder både materiale fra organismer i den marine næringskjeden, vegetabilier fra landjorda og i noen tilfeller produkter av landlevende dyr.

Det har etter hvert blitt fokus på å utnytte sjømaten bedre, både når det gjelder villfanget og oppdrettet materiale. Særlig har stiftelsen RUBIN vært pådriver i dette arbeidet og har gitt ut flere

rapporter (se [www.rubin.no](http://www.rubin.no)). Materiale som oppstår etter at hovedproduktet er tatt vare på ved sløyning av fisk, pilling av reker, koking og rensing av skjell etc., utgjør store volumer og ble tidligere ofte kastet. Ved riktig utnyttelse kan dette representere store verdier. Materialet kan utnyttes til humant konsum uten videre prosessering (f. eks. torskelever, torskerogn, torsketunger, svømmeblære av torsk, torskekjaker, laksehoder, buklist av laks etc.). Marin ingrediensindustri søker imidlertid å hente ut større verdier ved raffinering av materialet med tanke på førmarkedet og næringsmiddelmarkedet, i tillegg til markedet for kroppspfleieprodukter og legemidler. Mens det tidligere var fokus på å utnytte verdifulle lipider fra sjømaten, rettes nå oppmerksomheten både på proteiner og på andre stoffer som kitin, enzymer o.a. Eksempler på produkter er tran, fiskeoljer og oljer fra sjøpattedyr som sel og hval, gelatin, ekstrakter (aroma og smaksstoffer), bioaktive peptider, kalsium fra fiskebein, kitin, kitosan og glukosamin fra skall av reker og krabbe, enzymer fra f.eks. fiskemager (pepsin) og fra tinevann fra reker (alkalisk fosfatase). Slike produkter kan brukes i spesielt beriket mat eller functional foods (f.eks. juice beriket med kalsium eller tilsatt omega 3), som kosttilskudd eller bestanddel i kosmetiske produkter, som legemidler eller i fôr. Enzymer anvendes i prosesser i næringsmiddelindustrien eller innen forskning og bioteknologi.



Figur 2. Verdikjeden for sjømat. På/mellom alle trinn kommer transport, håndtering og lagring. På noen trinn inngår også innsamling/høsting og eventuelt avliving/slaktning.

Figur 2 viser en oversikt over verdikjeden for sjømat. Figur 2 gir inntrykk av at oppdrett er en betydelig mer komplisert produksjonsform enn fangst av viltlevende arter, bl.a. gir Figur 2 inntrykk av at oppdrettsfisk har lengre næringskjede. Ved å erstatte boksen "villfanget fisk og annen sjømat" i Figur 2 med hele Figur 1, får vi et mer nyansert bilde.

Det er mange forhold i verdikjeden som ikke blir omtalt nærmere i det videre arbeidet, men som representerer store utfordringer når et gjelder fôr- og mattrygghet. Eksempelvis har området der

materialet til marine og vegetabilske foringredienser er høstet, stor betydning for innholdet av uønskede komponenter. Fisk fanget i områder med sterk grad av forurensning (for eksempel i Østersjøen), vil mest sannsynlig være kontaminert med dioksiner og ikke tilfredsstillende regelverkskravet.

På samme måten vil vegetabiliske føremidler kunne inneholde uønskede stoffer avhengig av hvor de er høstet. Bl.a. vil innholdet av rester av plantevernmidler være avhengig av hvor i verden og under hvilke produksjonsforhold materialet er dyrket.

Global handel og betydelig transport kan føre til at føremidler kontamineres under transport pga dårlig renhold av transportmidlene. Det er mulig at mye av de salmonellabakteriene vi finner i vegetabiliske føremidler, er tilført i transportleddet. Dessuten er transport fra den sørlige halvkule til Norge tidkrevende, noe som kan gi forhold for vekst av mikrober før landing. Også på lager vil et føremiddel kunne kontamineres og mikrobiell vekst vil kunne finne sted. Fiskefôr lagres i hovedsak i "big-bags", noe som reduserer faren for kontaminering av forblending etter pakking.

Matprodukter er også avhengig av dyrkings- eller fangststed, som beskrevet for fôr. Mat kan også kontamineres under transport, men her er det større fokus på emballering. Pakking reduserer faren for mikrobiell kontaminering, men uønskede stoffer fra pakkematerialet eller materialer brukt til merking kan lekke over i maten. Dette er spesielt aktuelt for fettholdig mat.

### 3.1 Villfanget sjømat

Villfisk kan vandre over store geografiske områder gjennom året, eller være stedbunden. DNA-undersøkelser har vist at det kan være tydelige genetiske forskjeller mellom individer av samme art i to nabofjorder, men liten forskjell i havområder. Dette tolkes som at fisk og skalldyr i fjorder er nokså stedbundne, mens det er "god blanding" i havet. Stedbunden villfisk må nødvendigvis spise det som til enhver tid finnes tilgjengelig i nærområdet, de spiser av det som fins i den lokale flora og fauna, næringstilsetningen i området og det næringstilfanget vandringsmønsteret til andre arter gir. Kystnær torsk spiser for eksempel mye "tilreisende" sild om høsten, men må nøye seg med en magrere kost basert på lokale arter og tilførsel av avfall etc fra land, skipstrafikk og oppdrettsanlegg til andre årstider. Fisk i havet kan i større grad velge hva og når de vil spise fordi de selv kan forflytte seg over store avstander. Det betyr ikke nødvendigvis at fisk i havet har en mer variert diett. Det er kjent at fisk ofte spiser bare en eller noen få arter selv om de befinner seg i områder med mange forskjellige arter, og slik velger bort arter de ville ha spist dersom det ikke var andre arter tilgjengelig.

En konsekvens av at fisk og skalldyr er stedbundne er at kystområder med sterk lokal forurensning av miljøgifter også kan få høyt nivå av disse stoffene i sjømat. Dette er et potensielt større problem for villfisk enn for oppdrettsfisk, både fordi villfisk vokser saktere og blir eldre, og fordi vill arter ikke kan sultes eller "fores ned". Skjell er stedbunden i enda større grad enn fisk, og filtrerer dessuten store mengder vann. Dette gjør at skjell er enda mer utsatt for å ta opp både lokale miljøgifter, toksiner og patogene bakterier fra omgivelsene dersom disse finnes i lokalmiljøet. Skjell har dessuten lavere kapasitet til bryte ned toksiner.

Mens oppdrettsfisk slaktes under kontrollerte forhold, blir villfisk fanget. Fisken kan ligge død i vannet på fangstredskapen i mer enn et døgn og om bord i fangstbåten en tid før fisken blir levert til bearbeiding på land. Det er gjort en del studier av hvordan fangstmetoder påvirker kvaliteten på fisk, men knapt noen studier av hvordan dette påvirker mattrygghet. Behovet har kanskje ikke vært så stort, fordi nivået av human-patogene mikrober har vært minimalt i norske farvann, sannsynligvis på grunn av lav temperatur. Dette bildet kan endre seg som følge av den globale oppvarmingen, og man har allerede nå oppdaget *Vibrio*-arter i norske farvann som man tidligere



bare fant lenger sør. Et høyere smittepress fra nye arter aktualiserer at fangstmetoder og fangstregimer av villfisk kan ha betydning for mattryggheten, spesielt i kystnære strøk der man må anta at nye human-patogene mikrober etableres i større grad enn i åpent hav.

Fiskens kost gir seg utslag i muskelsammensetning. Uttrykket ”sildetorsk” er et velkjent betegnelse på en velfødd fisk med bløtere muskel og andre bruksegenskaper enn ”vanlig” torsk. Dersom bestanden av foretrukne arter i kosten til villfisk reduseres, for eksempel ved at den fiskes opp for å brukes som fôr til oppdrettsfisk, kan det på sikt bety at villfisk får en annen sammensetning. Det er usikkert om dette vil ha noen betydning for mattryggheten, men det er mulig at endret sammensetning gjør at patogene bakterier, dersom de tilføres fisken, får endret veksthastighet ved lagring. En annen mulighet er at nye beitemønster gjør at næringskjeden forlenges slik at miljøgifter akkumuleres i større grad.

#### ***Forskningsbehov:***

- Kartlegging av årstids- og geografisk variasjon av parametre (næringsstoffer, fremmedstoffer/forurensninger) med betydning for mattrygghet. Slike studier kan ha betydning utover en ren kartlegging. Med sine mange fjorder, har Norge tilgang på mange områder med naturlig variasjon i forurensningsnivå, artssammensetning, tilsig fra land, osv, og det gjør norske fjorder aktuelle for modellstudier med relevans for større områder.
- Undersøkelser av hvordan fangstredskaper og fangstregimer vil kunne påvirke mattryggheten til sjømat under forhold der det foreligger et høyere smittepress fra human-patogene mikrober i sjøen.
- Undersøkelser av hvordan/om endret sammensetning av arter som blir brukt til fôr, påvirker sammensetningen av fiskemuskel og mattrygghet. Dette området er per i dag mer et tema for bestandsforvaltning enn for mattrygghet.

## **3.2 Oppdrett**

I motsetning til hva som gjelder for villfanget fisk og sjømat, har vi for oppdrettede arter god kunnskap om hva oppdrettsarten har vært eksponert for via føden (fôret). På grunn av begrenset mobilitet av de oppdrettede artene vil vi også kunne ha god forståelse av hvilke uønskede komponenter arten er eksponert for via vann

#### ***Fôr til oppdrett***

Dagens kommersielle tørrfôr er blandinger som består av fôrmidler og tilseningsstoffer. Fôrblandingen gjennomgår et hygieniserende trinn som f. eks varmebehandling under ekstrudering av pellets eller annen behandling med tilsvarende effekt.

I noen tilfeller kan det være vanskelig/umulig å fôre med kommersiell tørrfôrblanding. Dette gjelder for fangstbasert akvakultur, der villfanget fisk som er satt i steng ikke vil ta tradisjonelt tørrfôr. I slike tilfeller kan det være ønskelig å fôre med villfanget fisk. Juridisk vil dette fôret da være å anse som fôrmiddel/biprodukt og må tilfredsstille regelverkskravene til slike. Også yngel av marin fisk er en gruppe som har problemer med å ta tørrfôrblanding. Disse har tradisjonelt blitt fôret med artemia (små krepsdyr) eller rotatorier (hjuldyr) som har blitt oppfôret i et medium av dyrkede alger. De algeartene som er brukt slik i akvakultur i Norge er *Chlorella*, *Tetraselmis*, *Nonnochloropsis* og *Isochrysis galbana*. Gjennom dyrkingen er det mulig å berike algene med f. eks fettsyrer og vitaminer

Fôret skal primært dekke produksjonsdyrets næringsstoffbehov og sikre god vekst og produksjon. Fôret kan også bidra med stoffer som påvirker sluttproduktet (f. eks fiskefilet) positivt. Sluttproduktet skal ha gode ernæringsmessige egenskaper for konsumenten. Det være seg innhold av essensielle næringsstoff som vitaminer, mineraler omega-3 fettsyrer. Men sluttproduktet må

også tilføres stoffer som gir sluttproduktet karakteristika (som f. eks farge hos laks- og ørret filet). Stamfisk overfører næringsstoffer bl.a. fettsyrer og pigmenter til egg og yngel, noe som krever at stamfisken har god status for slike stoffer og disse må være tilført gjennom fôret.

Videre kan fôrmidlene og tilsetningsstoffene bidra til at fôrpartiklene gjennom prosesseringen får bestemte tekniske egenskaper. Eksempelvis vil gelingsegenskapene gi den ferdige fôrpartikkelen egenskaper som hardhet, styrke, flyte- og synkeegenskaper samt porøsitet og dermed evne til å suge opp fett. Noen fôrmidler benyttes også fordi de inneholder naturlige stoffer som kan ha gunstig effekt på produksjonsdyrets helse, vekst og lignende. Disse benyttes gjerne som fôrmiddel, og ikke som rene kjemiske stoffer. På den måten kan en omgå regelverkskravet om at tilsetningsstoffer må gjennom en omfattende godkjenningssordning.

Fôrmidler og tilsetningsstoffer kan også bidra med uønskede komponenter som f. eks tungmetaller, organiske miljøgifter, rester av plantevernmidler, smittestoffer, parasitter, men også toksiner produsert av sopp eller bakterier som har infisert fôrmidler eller fôrblending. Fôrmidler kan også inneholde antinæringsstoffer som påvirker produksjonsdyret negativt. For noen av disse uønskede komponentene vil den negative effekten være begrenset til å gjelde for produksjonsdyrets helse, velferd og eller vekst, mens andre også vil kunne videreføres i næringskjeden og påvirke folkehelsen negativt.

Gjennom en rekke rapporter er det kjent at tilgangen på marine fôrmidler er begrenset, og at vegetabiliske olje- og proteinkilder representerer ressurser som de nærmeste årene både med hensyn til pris, kvalitet og kvantitet, er de mest reelle alternativer til marine fôrmidler (Waagbø et al 2001). Produksjonen innen oppdrett øker og dermed behovet for fôr. Også i fôr til landdyr benyttes marine ressurser, særlig til fjørfe og svin, men også i noen grad til storfe. Begrensede ressurser fører til økte priser. Økt konkurranse på pris vil kanskje også føre til at produkter av dårligere kvalitet, både ernæringsmessig og mattrygghetsmessig, tas i bruk til fôr. Økt pris og konkurranse fører til at produsenter av fôr til oppdrett vil vende seg mot andre kilder, som for eksempel å:

- øke innblandingen av ”kjente” vegetabiliske fôrmidler som soya, hvete, raps etc.
- ta i bruk alternative vegetabiliske fôrmidler samt encelleprotein (bakterier, alger og gjær)
- høste og ta i bruk marine råstoffer på et lavere trofisk nivå (se figur 1), som f. eks bløtdyr og krepsdyr og kanskje mikroalger
- ta i bruk fôrmidler av landlevende dyr som innvoller og fjør, eller bruke materiale som per i dag ikke benyttes til fôr, f. eks insekter, noe som vil kreve dokumentasjon med hensyn til mattrygghet og fiskehelse.

For fiskeoppdrettsnæringen er det viktig å sikre fremtidig vekst gjennom utnyttelse av næringsstoffer fra alternative fôrmidler, på en måte som ikke svekker fiskens helse og velferd, og som heller ikke påvirker folkehelsen negativt. Gjennom økt bruk av alternative fôrmidler og optimal utnyttelse av eksisterende ressurser vil en kunne redusere bruk av pelagisk fisk og gjøre fiskeoppdrett mer bærekraftig. Bruk av alternative fôrmidler vil kunne redusere miljøgifter i oppdrettsfisk, men vil også potensielt kunne introdusere andre fremmedstoffer som kan være utfordrende for fiskehelsen og matvaretryggheten.

Før nye fôrmidler tas i bruk i fôr til oppdrett, må det fremskaffes kunnskap om mulig positive eller negative effekter på folkehelse, fiskehelse, fiskevelferd eller miljø.

### ***Prosessering av fôrvarer***

Den primære hensikten med prosessering av fôrvarer har vært konservering ved å redusere vanninnhold (tørking) eller på annen måte hindre vekst av mikroorganismer (f.eks. syrebehandling). Samtidig har man oppnådd forenklet håndtering og transport. Økt kunnskap om

smittestoffer og smittepress har ført til regelverkskrav om bruk av (prosesserings)metode for å redusere eller fjerne smittestoffer.

Prosessering kan påvirke fôrvaren positivt. Eksempelvis vil enzymatisk behandling og til en viss grad varmebehandling kunne bryte ned visse antinæringsstoffer og dermed hindre den negative effekten.

Prosessering kan også påvirke fôrvaren negativt. Eksempelvis har nitrosaminer blitt dannet i fôrmidler ved tørking under gitte betingelser.

### **3.2.1 Andre risikofaktorer knyttet til oppdrett**

Bruk av ulovlige stoffer med vekstfremmede virkning, som for eksempel antibiotika, hormoner, andre vekstfremmende stoffer, vil være resultat av kriminell aktivitet. Bruk av slike stoffer er strengt regulert, og for å avdekke ulovelig bruk trengs det påvisningsmetoder.

Genmodifisering av fisk til oppdrett der fisken tilføres nye egenskaper som for eksempel kuldetoleranse, kan utgjøre en risiko for mattrygghet. I EUs Novel Food forordning vil en godkjenning være nødvendig for tillatelse til frambud. Den norske genteknologiloven har i tillegg krav om godkjenning før framstilling og bruk (utsetting) av levende, genmodifiserte organismer. Det skal heller ikke foreligge fare for miljø- og helsemessige skadevirkninger. I tillegg skal det ved godkjenning legges vesentlig vekt på samfunnsmessig nytteverdi og fremme av bærekraftig utvikling. Når det gjelder bruk av genmodifiserte organismer til mat, har en kommet lengst når det gjelder matplanter. I Europa og Norge er det krav om godkjenning før tillatelse til dyrking (utsetting) blir gitt. Omfattende prosedyrer og krav til dokumentasjon skal tilfredsstilles før det blir gitt tillatelse til bruk av genmodifiserte produkter til mat. Tilsvarende dokumentasjonskrav til fisk vil bli krevd. Slike er under utvikling i regi av bl.a. EFSA og OECD. Genmodifisering av fisk vil føre til behov for kontrollmetoder som kan avsløre om fisk eller annen sjømat er genmodifisert.

### **3.2.2 Fiskeesykdommer**

Fisk smittet av fiskepatogene *kan* gå til humant konsum, mens klinisk syk fisk ikke er tillatt omsatt til humant konsum. I noen tilfeller kan smittet fisk ha forandringer som gjør at den blir nedgradert til ”produksjonsfisk” og kun kan omsettes etter ”feilretting”, dvs. at fisken er filetert og angrepet vev er skåret vekk. Dette er aktuelt ved bl.a. ”pankreas disease”.

Det er ikke kjent at fiskeesykdommer har zoonotisk effekt (dvs. kan overføres til mennesker), men forbrukernes fokus på etisk produksjon og estetiske produkter kan eventuelt utløse behov for forskning knyttet til dokumentasjon av at slik fisk ikke representerer risiko for folkehelse.

## **3.3 Kunnskapsbehov**

- Bruke norske fjorder som modell i studier av hvordan årstid, geografi, forurensningsnivå og klima/værforhold påvirker mattrygghet for sjømat.
- Undersøke om selvdød fisk (garnfisk, syk fisk, mm) kan være reservoar for humanpatogene mikrober og økt smittepress.
- Bruk og påvisningsmetoder av legemidler i norsk og importert sjømat.
- Behov for forskning om genmodifisert fisk og påvisningsmetoder.

# 4 Fôrmidler og tilsetningsstoffer – utfordringer

## 4.1 Encellede organismer

Aktuelle fôrmidler i kategorien encellede organismer er gjær, bakterier og alger. Før slike produkter kan brukes som fôrmiddel, må de godkjennes i EU/Norge etter risikovurdering av bl.a. EFSA. Dette innebærer et visst minimum av forskning og dokumentasjon.

Noen potensielle farer knyttet til slike produkter kan være:

- om organismene har vært dyrket for å produsere bestemte kjemiske forbindelser, kan det finnes rester av slike i for høy konsentrasjon?
- om sammensetningen av slike fôrmidler avviker fra den vanlige sammensetning av mat som arten vanligvis spiser
- om den aktuelle organismen er genmodifisert? I så fall kreves egen godkjenning etter GMO-regelverk
- om organismen produserer toksiner eller sekundære metabolitter med uønskede effekter?

### *Forskningsbehov:*

Når regelverket stiller krav om godkjenning, vil det være behov for forskning knyttet til dokumentasjon av virkeevne samt at produktet er trygt i forhold til fôr- og mattrygghet, arbeidsmiljø og ytre miljø.

Det vil være behov for forskning på denne type fôrmidler og om komponenter i slike fôrmidler har effekter som påvirker oppdrettsorganismens helse, vekst og velferd, eventuell overføring til sluttproduktet og dermed mulig effekt på folkehelsen.

## 4.2 Vegetabilske fôrmidler

Det skjer en stadig økende innblanding av vegetabilske fôrmidler i fôrblending til karnivore ("kjøttetende") fisk. Oppdrettsorganismer som karnivore fiskearter, er ikke tilpasset en diett med vegetabilske fôrmidler. Den økende bruk av vegetabilske alternativer til fiskeolje og fiskemel i fôr til fisk i oppdrett gir en rekke utfordringer for fiskens metabolisme og helse, og kan ha betydning for fiskekonsumenter fordi næringstoffsammensetningen og fordelingen av næringsstoffer i fiskemuskel endres. Aktuelle uheldige komponenter i vegetabilske fôrmidler kan være fiber, antinæringsstoffer, biotoksiner osv.

Vegetabilier kan både under vekst og lagring infiseres av bakterier og sopp som produserer hhv. bakterie- og mykotoksiner. Effekten av disse toksiner på fisk og eventuell overføring til sluttprodukt er ikke kjent.

Bruk av vegetabilske fôrmidler kan være en utfordring med hensyn til innføring av potensielt helseskadelige (for både fisk og konsument) stoffer til næringskjeden. Plantevernmidler som ikke lenger brukes i Europa eller USA, kan fremdeles bli brukt i tropiske eller subtropiske regioner. På grunn av globale handel må slike stoffer også vurderes. For eksempel er endosulfan et plantevernmiddel som bare finnes i lave konsentrasjoner (ofte under deteksjonsgrensen) i marine fôrmidler, men kan finnes i høyere konsentrasjoner i plantefôrmidler som er basert på soya. Mens giftigheten til en rekke plantevernmidler er undersøkt gjennom vanneksposering, er det kunnskapshull når det gjelder eksponering via fôret, og det er kjent at følsomheten til fisk er svært avhengig av eksponeringsruten. Dermed mangler matmyndighetene de nødvendige vitenskapelig baserte risikovurderinger som grunnlag for å sette øvre grenseverdier i fôr for å beskytte både fiskens og konsumentens helse.

For tiden unngår man å bruke genmodifiserte fôrmidler i Norge. Ved økt bruk av vegetabiliske fôrmidler i fremtiden, vil det bli stadig vanskeligere for fiskefôrprodusentene å skaffe relevante plantefôrmidler garantert fritt for genmodifiserte organismer (GMO). Soya og mais er viktige kilder til proteiner i fôr til laks, og på verdensmarkedet er ca. 60 % av all soya og ca. 40 % av all mais genmodifisert. Genmodifiseringen kan bestå i at planten får ekstra gener, at gener blir forandret eller at deler av eller hele gener fjernes. For eksempel er det i soyaplanten GTS 40-3-2 (Roundup Ready® soya (RRS) satt inn flere gener som til sammen gjør planten motstandsdyktig mot en spesiell type sprøytemiddel. Maisvarianter av *bt*-typen, for eksempel Mon810 er på samme måte blitt gjort motstandsdyktig mot visse typer av insekter. Maisen har et innsatt gen fra *Bacillus thuringiensis* (*Bt*). I tillegg er det nå inne søknader fra bioteknologiselskaper om godkjenning av mais, soya og lupin som er modifisert til å inneholde mer lysin (mais), og mer metionin (soya og lupin). Disse er ennå ikke på markedet i Europa, men vil ernæringsmessig være interessante fordi de har en mer balansert aminosyreprofil i forhold til fiskens behov. I dag finnes det kunnskap om opptak av transgene gener i fiskens tarm, og opptak av relativt store baseparsekvenser til alle undersøkte organer hos laks. Betydningen av dette opptaket er imidlertid ukjent med hensyn til fiskehelse og mattrygget. Videre har man for eksempel identifisert at bestemte GM soya og mais stort sett gir samme vekst og fôrutnyttelse hos laks. GM fôrmidlene ser imidlertid ut til å påvirke deler av fiskens immunsystem, uten at det er identifisert om dette er positivt eller negativt.

Produksjon av laks i oppdrett er optimalisert for rask vekst, både gjennom seleksjon av individer med rask vekst, og ved utvikling av høyenergi fôr som stimulerer til rask vekst. Et forhold som følger den raske veksten er store lagre av fett rundt indre organer i laks (visceral fett) og i leveren hos torsk. Adipocytter (fettceller) isolert fra laks er vist å skille ut de samme adipokinene som adipocytter fra pattedyr. Disse adipokinene gir inflammasjonsreaksjoner som gir de negative effektene av fedme. Blant annet derfor vil den høye fettlagringen høyst sannsynlig være negativ både med hensyn til fiskens helse, dens evne til å håndtere stress, i tillegg til råvareutnyttelse og produksjonsgevinst. De store fettlagrene i stor oppdrettslaks ser ut til å ha mange likheter med fedme hos mennesker, men det mangler kunnskap omkring hvilke konsekvenser fedme har for fiskens helse og velferd.

For å kunne redusere fedme i oppdrettsfisk er det avgjørende å forstå hvordan fisk regulerer lagring av energioverskudd, hvordan fett mobiliseres og metaboliseres ved ulike råstoffssammensetninger i fôret. Ved økt bruk av vegetabiliske fettkilder endres fôrets fettsyresammensetning dramatisk ved at mengden marine n-3 fettsyrer reduseres og mengden n-6 fettsyrer øker. Med utgangspunkt i kunnskap fra human ernæring og helse gir en reduksjon i n-3/n-6 ratio økt risiko for utvikling av livsstilssykdommer relatert til fedme. Både fiskens immunsystem, innflammasjonsstatus og hormonelle balanse vil kunne bli påvirket av en endret n-3/n-6 balanse. Det betyr at helse- og velferd for oppdrettsfisk med store fettlagre kan bli ytterligere utfordret når n-3/n-6 ratio reduseres.

Det er velkjent at planteprotein ikke har en ideell aminosyresammensetning sammenlignet med animalske proteinkilder. For eksempel er soya lav på metionin, men høy på cystein, mens protein fra mais er rikere på lysin og tryptofan. Det er også velkjent i pattedyr og kyllingproduksjon at ubalanserte fôr, hvor en aminosyre foreligger i mangel, vil medføre redusert proteindeponering og endret fettdeponering. Siden aminosyrer ikke kan lagres, men må metaboliseres, vil hele metabolismen påvirkes og mer av det tilførte proteinet vil benyttes til energi, som dermed vil påvirke forholdet mellom protein og fett i produktet. Ved bruk av alternative proteinkilder, kan derfor ubalanse lett oppstå også selv om en tilsetter krystallinske aminosyrer til fôret for å dekke et estimert behov. Det er vist at mangel av en aminosyre også påvirker fett:protein ratio i fisk, men det trengs økt kunnskap om hvor mye av spesifikke aminosyrer det er behov for i ulike livsstadier for å produsere fisk som utnytter aminosyrene til deponering og ikke til energi (som gir fedme økning).

#### **4.2.1 Bioaktive komponenter i vegetabiliske fôrmidler**

Planteoljer inneholder ulike nivåer av fytosteroler avhengig av type planteolje og grad av bearbeiding. Enkelte fytosteroler, som  $\beta$ -sitosterol nedsetter opptaket av kolesterol fra tarmen og i pattedyr, senker kolesterolnivået og beskytter mot utvikling av hjerte/kar sykdommer. Fytosteroler eller andre bioaktive komponenter kan være forklaringen på at noen studier i fisk viser at reduksjon i n-3/n-6 ratio ikke har noen negativ innvirkning på hjerte- og karhelse hos laks, mens andre viser en negativ effekt. I studiene ble ulike planteoljer med ulike mengder fytosteroler eller andre bioaktive komponenter ble brukt. Når planteoljer i økende grad brukes i fiskefôr, er det nødvendig med kunnskap om effekten på fiskens metabolisme, helse og velferd av de ulike bioaktive komponentene som finnes i de nye råvarene. Videre er det viktig å kartlegge i hvilken grad fytosterolene tas opp i fisk og hvilke organ de lagres. Spesielt vil det være viktig å kartlegge overføring av fytosteroler til spiselig del, filett, i forhold til humant konsum og mulige effekter på human helse.

Når planteproteiner utgjør stadig større andel av proteinet i fiskefôret, vil også mengden av nitrogenholdige komponenter som finnes i animalske produkter men ikke i planteprotein naturlig endres. Dette betyr at fisken må syntetisere disse selv og dette vil kunne påvirke både behovet og metabolismen av inntatte aminosyrer. Ved lav innblanding av marint protein, vil for eksempel fisken få for lite taurin gjennom fôret og vil ha behov for taurin eller dens forløpere (metionin & cystein) i fôret. Dette kan påvirke behovet for disse aminosyrene i ulike faser i fiskens liv. Også for fisk er metionin hovedkilde for metylgrupper. Metioninet i fôret må derfor fordeles mellom ulike metabolismeveier. Ved lave inntak av metionin kan derfor omsetningen av aminosyrer i fisken påvirkes. Det er velkjent at fettmetabolismen hos pattedyr påvirkes av forholdet mellom visse aminosyrer. Hos fisk er dette lite studert. Det er viktig å øke kunnskapen om hvordan balansen mellom ulike aminosyrer i ulike organ påvirkes når en går fra et velbalansert marint animalsk protein til økt innblanding av planteproteiner i fôr.

I tillegg inneholder de animalske proteinkildene andre lavmolekylære nitrogenholdige komponenter som ikke finnes i vegetabiliske proteinkilder. Dette betyr at fisk som får høy innblanding av planteprotein, må ha et aminosyreinntak som sikrer at også disse komponentene kan syntetiseres i fisken. Utover dette inneholder planteproteinkilder som soya også bioaktive isoflavoner. Deres virkning i fisk er lite kjent. For å kunne gi gode anbefalinger om fremtidens fiskefôr er det derfor viktig å øke kunnskapen om hvordan metabolismen påvirkes av mangel på eller for rikelig tilgang på spesifikke aminosyrer, og betydningen av andre bioaktive substanser i planteproteinkilder.

Biotoksin-kontaminanter som mykotoksiner i vegetabilisk fôr kan utgjøre en helsefare for fisk. Det er lite kunnskap på dette området.

#### **4.2.2 Erstatning av både marint fett og marine proteiner samtidig i fiskefôr**

I all hovedsak har prosjekter som omhandler alternative fôrmidler vært konsentrert om enten å erstatte fiskeolje eller fiskemel, men ikke samtidig. Når bare den ene komponenten byttes ut, beholder man også stor del av fiskefôrets opprinnelige kvaliteter mht optimal næringsstoffsammensetning og også innhold av andre bioaktive komponenter. Økt forskning på effektene av å erstatte fiskemel og fiskeolje samtidig på forskjellige oppdrettsarter vil gi viktig kunnskap for fremtidig lovverk og kunnskapsbaserte anbefalinger for fremtidens fiskefôr.

Både planteproteiner og planteoljer har i forsøk hver for seg vist å påvirke kolesterolmetabolismen, men gjennom ulike biologiske mekanismer. Når disse råvarene kombineres kan det få store konsekvenser for fisken og belastningen på fiskens fysiologi kan bli stor. Kolesterol er i utgangspunktet ikke en essensiell komponent i fôret og fisken kan produsere kolesterol selv. Både fiskemel og fiskeolje inneholder imidlertid kolesterol som går inn i fiskens metabolisme og

bygges inn i alle cellenes membraner. Ved bruk av tradisjonelle fiskefôrmidler er fiskens behov for egensyntese av kolesterol derfor lavt eller fraværende. Ved bruk av plantefôrmidler vil bidraget av kolesterol fra fôret reduseres dramatisk fordi disse ikke eller bare inneholder lave nivåer av kolesterol. Når næringsstoffsammensetningen endres som konsekvens av endrede fôrmidler er det nødvendig med økt kunnskap om konsekvenser for fiskens helse og metabolisme.

Sjømat innbefattet oppdrettsfisk er tradisjonelt en god kilde en rekke essensielle næringsstoff, som vitamin D og selen. Marine fôrråvarer bidrar også signifikant med fettløselige vitaminer (vitamin D fra fiskeolje) og essensielle mineraler (selen fra fiskemel). Hvordan nivåene av disse næringsstoffene endres i oppdrettsfisk når fôrråvarene endres og hvilke konsekvenser dette kan ha både for fiskens og for humanhelse må kartlegges.

#### **4.2.3 Vegetabiliske fôrmidler i ulike livsstadier/tidlig programmering**

Feil ernæring i sensitive tidlige livsfaser hos fisk vil kunne påvirke metabolisme og utvikling av sykdommer i senere livsfaser. Dette forholdet er påvist i pattedyr der for mye energi i tidlig utvikling gir økt fare for å utvikle fedme og livsstilsykdommer i voksen alder. Dette vet man ingenting om hos fisk, dvs hvilke konsekvenser endring av fôrmidler i tidlige livsfaser kan påvirke vekst, metabolisme og helse i senere faser med rask vekst. Et eksempel er utvikling av katarakt (grå stær) hos laks som i sjøvannsfasen ble gitt planteoljer helt fra startfôring, men der samme fôr bare gitt i senere livsstadier ikke ga denne effekten. Det er behov for økt kunnskap om betydningen av fôrsammensetning og ernæringsstatus i fiskens tidlige livsfaser på protein/fett ratio, håndtering av stress og utvikling av sykdommer i senere livsfaser.

#### **4.2.4 Kunnskapsbehov**

Planteoljer kan inneholde større mengder av PAH og visse plantevernmidler (for eksempel endosulfan) enn fiskeolje, og det er derfor behov for kunnskap om betydningen av dette for fiskehelsen og mattryggheten når fiskeoljer erstattes med planteoljer i fiskefôr.

Også peroksidasjonsstatus i fiskens vev har vist å være viktig for celledød og nedbrytning av blant annet muskelvev. Økt kunnskap om endring av antioksidantstatus ved bruk av ulike fôrmidler og endret fetttsyresammensetning og mulige konsekvenser for fiskens helse og muskelkvalitet er nødvendig.

Det finnes som nevnt ovenfor, indikasjoner på at enkelte bioaktive komponenter fra vegetabiliske fôrmidler også tas opp av fisken og lagres i muskelen. Dette kan ha konsekvenser både for fiske- og for folkehelsen. Økt kunnskap om overføring av bioaktive komponenter spesielt fra nye fôrmidler til fisken er derfor nødvendig. Det er behov for økt kunnskap om:

- overføring av bioaktive komponenter fra planteråstoff til fileten, og effekter på humanhelse, for eksempel effekter av fytosteroler fra fisk
- effekter av endringer i n-3/n-6 ratio i oppdrettsfisken på human helse
- effekter av å redusere marine fôrråvarer på nivå av vitamin D, B-vitaminer og selen hos oppdrettsfisk og effekter for humanhelse
- bruk av alternative fôrmidler, alene og i kombinasjon, i alle livsstadier til oppdrettsfisk
- grunnleggende kunnskap om regulering av fettlagring (fedme), stresshåndtering og helse hos fisk og betydning av økt innblanding av plantefôrmidler (n-3/n-6 ratio)
- øke kunnskapen om betydningen av noen utvalgte aminosyrer for fettakkumulering i ulike organ
- økt kunnskap om fôrets aminosyreinnhold og syntese av komponenter fisken vanligvis får fra marine fôringredienser, men som ikke er tilstede i planteproteinkilder
- betydning av bioaktive komponenter fra nye alternative fôrmidler på metabolisme og helse hos oppdrettsfisk.
- betydning av endret lipidsammensetning for peroksidasjon og muskelnedbrytning etter død..

### 4.3 Marine fôrmidler

De marine næringskjeder er lange, noe som medfører oppkonsentrering av uønskede stoffer. Fettløselige organiske miljøgifter bl.a. pesticider, dioksiner og PCB transporteres i luft og vann (elver) og ender i havet og fortynnes der. Stoffenes lange nedbrytningstid og deres evne til bioakkumulering og biomagnifisering i marine næringskjeder, vil føre til at stoffene havner på tallerkenen. Stoffe som ikke lenger brukes ved produksjon av landbaserte fôrprodukter, kan derfor fortsatt være svært aktuelle for marine produkter.

Fôret er hovedkilden til miljøgifter som finnes i oppdrettsfisk. Eksponeringen for miljøgifter søkes redusert ved å sette grenseverdier i fôrmidler, i fôrblandinger og også i produktet (næringsmidlet) Dette gjøres både av hensyn til folkehelse og dyrehelse.

Det vil være ulike utfordringer avhengig av om de marine fôrmidler stammer fra villfanget eller oppdrettet materiale. For villfanget materiale vil innholdet av miljøgifter være avhengig av alder på dyret og hvor det står i næringskjeden, f.eks vil gamle rovfisk inneholde mer miljøgifter enn planktonspisende fisk. Oppdrettet fisk vil ha lavere innhold av de tradisjonelle miljøgiftene, både fordi fôret er underlagt restriksjoner og fordi fôret inneholder mye vegetabilsk materiale. Oppdrettede organismer vil speile innholdet i fôret, og være påvirket av fôrets innhold av f.eks plantevernmiddelrester, plantetoksiner og soppgifter. Oppdrettede organismer kan også inneholde ulovlige medisinrester, ulovlige tilsetningsstoffer som hormoner og vekstfremmere etc., men dette vil i så fall være resultat av kriminell aktivitet.

Parasitter vil også være aktuelt i villfangete organismer, men mindre aktuelt i oppdrett pga hygieniseringen (varmebehandlingen) av fôret. Det er også begrensninger i regelverket knyttet til bruk av oppdrettede organismer til fôr med krav om artsbarriere og at bearbeidingsmetoden er godkjent av Mattilsynet.

Det er knyttet store forhåpninger til krill og andre plankton som alternative fôrmidler i oppdrettsnæringen. Antarktisk krill, Arktisk krill og Arktisk amfipode er naturlig og viktig føde for mange villfiskbestander. Plankton er rikt på proteiner, og kan være velegnet som mel til fiskefôr. Krill fra Antarktis (og Arktis) har en ernæringsmessig sammensetning som oppfyller kravene til høy proteinkvalitet (aminosyreprofil) hos laks, ørret, torsk og kveite. Proteininnholdet ligger mellom 50 og 60% i krillmel. Krill inneholder ikke antinæringsstoffer som er et problem ved bruk av vegetabiliske proteinkilder. Imidlertid inneholder krill en del kitin fordi hele eksoskjelettet består av kitin. Kitin kan gi diaré hos fisk dersom det finnes i for store mengder. Ca. 10-20% av krillmelet består av fett, hvor fettsyrene er av type marine flerumettede omega-3 fettsyrer, men disse er bundet i voksestre, noe som kan gjøre dem vanskeligere å utnytte for fisken. Krill inneholder i tillegg relativt høye nivåer av astaxanthin, i esterbinding, noe som også kan være en utfordring i forhold til biotilgjengelighet av astaxanthin fra krill. En annen utfordring ved bruk av alternative marine fôrmidler er at disse kan inneholde fremmedstoffer (for eksempel fluor og kadmium) over EUs grenseverdier.

### 4.4 Fremmedstoffer fra marine fôrmidler i fôr og oppdrettsarter – utfordringer og potensielle farer

Som følge av at flere matskandaler har hatt sin opprinnelse i fôret, er det nå økt fokus på fôret og dets innhold av miljøgifter med hensyn til fiskehelse, mattrygghet og miljøet. Det er derfor stort behov for uavhengig forvaltningsstøttende forskning for å fremskaffe nødvendig kunnskap for å kunne gjennomføre risikovurdering som grunnlag for utvikling av internasjonalt og nasjonalt regelverk for miljøgifter i fôr og mat.



#### 4.4.1 Uorganiske miljøgifter

##### *Arsen*

Arsen forekommer naturlig i større mengder til vanns enn til lands og organisk arsen akkumuleres i fisk og annen sjømat. Arsen finnes hovedsakelig i organisk form i akvatiske organismer. Det er identifisert mer enn 30 forskjellige arsenformer i det marinemiljøet, de vanligste er arsenobetain, arsenokolin og ulike arsensukkerforbindelser, mens bare en liten del (vanligvis < 1%) finnes som de svært toksiske og kreftfremkallende uorganisk arsenforbindelsene. Derimot er organiske former av arsen, i den grad disse er undersøkt, langt mindre toksiske enn uorganisk arsen. Arsen inntak fra sjømat har derfor i alminnelighet ikke vært ansett å representere en helserisiko. Men lite er kjent om organisk arsen kan omdannes til uorganisk arsen under lagring og prosessering. I mennesker utskilles organisk arsen fra sjømat, den grad dette er undersøkt, uforandret.

Noen av fiskeartene som brukes som marine føringredienser har et naturlig høyt arseninnhold (som for eksempel kolmule og øyepål), for det meste det lite helseskadelige arsenobetain. Det totale arseninnhold i fiskefôr varierer fra ca. 3 mg/kg til ca. 9 mg/kg mens den øvre grenseverdien for total arsen i fiskefôr er satt til 6 mg/kg. Det er imidlertid andelen uorganisk arsen i fiskefôr og sjømat som er av størst helsemessig betydning. Innholdet av uorganisk arsen har vist seg å være svært lavt i marine førmidler.

Data fra Mattilsynets overvåkningsprogram for fôrvarer til fisk og andre akvatiske dyr viser at fiskeolje inneholder betydelige mengder total arsen (opp til 15 mg/kg olje). Fiskeolje inneholder betydelig mengder lipidbunnet arsen, arsenlipider (samlebetegnelse for fettløselige arsen forbindelser), men svært lite er kjent om kjemisk struktur stabilitet og toksisitet. De høye konsentrasjonene av arsen i fiskeolje kan bidra betydelig til det totale nivået av arsen i fullfôr. Et fôr til laks inneholder typisk 200-350 g fiskeolje per kg fôr og følgelig kan opp imot en tredjedel av den total mengde arsen i føret stamme fra fiskeolje.

##### ***Kunnskapsbehov:***

Kunnskap om flere organiske former av arsen særlig arsenolipider er nødvendig for å forstå betydningen av disse med hensyn til mattrygghet, fiskehelse og lovgivning vedrørende arsen i føringredienser, fôr og sjømat. Det er behov for kunnskap om:

- de arsenlipiders kjemiske strukturene og stabilitet samt metoder til bestemmelse
- toksisiteten til arsenlipidene og andre organiske former av arsen
- overføringen av arsenlipider i verdikjeden: Fiskeolje → Fiskefôr → Fisk → Konsument
- nivåer av arsenlipider i fiskeolje, fiskefôr, fisk (oppdrett og vill) og annen sjømat.

##### ***Kvikksølv***

Det finnes forskjellige former av kvikksølv, både uorganiske og organisk bundet. I fisk og annen sjømat er det metylkvikksølv som dominerer i ulike fiskeslag, og som representerer den største helserisikoen. Metylkvikksølv absorberes i tarmen og passerer både blod-hjernebarrieren og placenta. Metylkvikksølv er nevrotoksisk og spesielt er hjernen til fosteret utsatt, og økt eksponering for metylkvikksølv kan lede til forstyrrelser både i kognitiv og motorisk utvikling. På grunn av rask utvikling av nervesystemet er mennesket mest følsomt i fosterlivet og den første tiden etter fødselen. Det finnes øvre grenseverdier av total kvikksølv i både fôr og mat for å beskytte konsumentens helse.

Kvikksølv oppkonsentreres i næringskjeden slik at store, gamle rovfisker har høyeste kvikksølvnivåer. Dette er avspeilet i EUs øvre grenseverdi for total kvikksølv i fisk, som er satt til 0,5 mg/kg for de fleste fiskearter, mens den for noen arter som for eksempel tunfisk, sverdfisk og kveite er satt til 1 mg/kg. I motsetning til villfisk inneholder oppdrettsfisk som laks betydelig lavere nivåer av kvikksølv. Dette skyldes at nivået i fullfôr til oppdrettsfisk er regulert med en lav grenseverdi (0,1 mg/kg fôr).

Fiskens muskelvev er et viktig lagringsorgan for kvikksølv. Kvikksølv akkumuleres i den spiselige delen av fisken (i motsetning til andre tungmetaller). Det er behov mer kunnskap om overføringen av kvikksølv fra fôr til fileten av oppdrettsfisk. Gjennomsnittsinholdet av kvikksølv i kommersielt fiskefôr er ca. 0,05 mg/kg, med en variasjon fra 0,01 mg/kg til 0,4 mg/kg, mens øvre grenseverdien for kvikksølv i fullfôr er 0,1 mg/kg. Noen fiskefôr vil derfor overstige dagens øvre grenseverdi for fôrblending, mens den øvre grenseverdien for fôrmidler på 0,5 mg/kg ikke overskrides.

#### ***Kunnskapsbehov:***

Det er behov for mer kunnskap om kvikksølvets omsetning i ulike fiskearter og dets overførsel fra fôr til fileten også i andre arter enn laksefisk.

#### ***Kadmium***

Kadmium akkumuleres spesielt i nyre og i lever hos mennesker. Ved jernmangel vil kadmiumopptaket kunne øke betydelig. Metallet utskilles meget langsomt (biologisk halveringstid er 10-30 år) og akkumulerer med alderen. Størst konsentrasjon kan det bli i nyrebarken. Nyreskade med proteinuri er den kritiske effekten av kadmium.

Kadmium i fôret viser seg i liten grad å overføres til fiskefileten. Kadmiumkonsentrasjonen i fôr til laks er typisk mer enn hundre ganger høyere enn kadmiuminnholdet i laksefileten, og generelt langt under den øvre grenseverdien for kadmium i fôr på 1 mg/kg. I forsøk med laksefôr som inneholdt 1 mg Cd/kg ble det ikke påvist negative fysiologiske effekter i fisken som spiste det i fire måneder. Helle ikke laks eksponert for 200 mg Cd/kg fôr viste redusert vekst. Kadmiuminnholdet i muskel fra norsk oppdrettlaks er vist å være lavere enn 0,001 mg/kg, betydelig lavere enn EUs øvre grenseverdi på 0,05 mg/kg for de fleste fiskearter, og 0,01 mg/kg for enkelte fiskearter.

Det er først og fremst konsum av skjell og krepsdyr, og særlig brunmat i krabber som inneholder høye nivåer av kadmium, har betydning for kadmiuminntaket hos mennesker.

#### ***Kunnskapsbehov:***

Det er viktig å få kunnskap om omsetning og akkumulering av kadmium i ulike skalldyrarter og hvordan det blir tatt opp av mennesker.

#### ***Fluor***

Et høyt inntak av fluor hos pattedyr kan forårsake fluorose med skade på beinbygning og tenner. Ved lavere inntak kan en få misfarging av tenner. Enkelte fôrmidler kan inneholde høye nivåer av fluor. Et trygt nivå av fluor i sluttproduktet må sikres.

Krill lagrer fluor i eksoskjelettet og følgelig vil mel fra krill inneholde høye nivåer av fluor. Krill danner en del av grunnlaget for den marine næringskjeden og følgelig er ikke fisk følsomme for høye doser av klor, i motsetning til pattedyr. Overføringen av fluor fra fôr til fiskefileten er undersøkt i en rekke studier, som inkluderer flere oppdrettsarter (laks, kveite og torsk). Alle studiene viste at på tross av et høyt nivå av krill i fôret overføres fluor ikke fra fôr til fileten. I et forsøk ble Atlantisk torsk gitt et fôr med 100 % innblanding av Antarktisk krillmel. Fôret hadde et fluornivå på  $790 \pm 160$  mg/kg, ca. 5 gange høyere enn EUs øvre grenseverdi på 150 mg F/kg fôr (denne økes nå til 350 mg/kg). Etter 75 dagers fôring fant man ingen overføring av fluor fra fôr til fileten; fileten inneholdt  $10 \pm 3$  mg F/kg tørrvekt sammenlignet med  $11 \pm 2$  mg/kg funnet i kontrollen.

## **Bly**

Det er gjort få toksikologiske studier av effekten av bly i fôr hos fisk, men det er vist at overføring av bly fra fôr til fiskemuskel er lav. Innholdet av bly i fiskefôr varierer fra ca. 0,01 og 0,6 mg/kg. EUs øvre grenseverdi for bly i fullfôr er satt til 5 mg/kg. Blyinnhold i filét fra oppdrettslaks er lavere enn metodens kvantifiseringsgrense på 0,01 mg/kg. EUs øvre grenseverdi i filet for de fleste fiskearter er satt til 0,2 mg/kg og 0,4 mg/kg i noen arter.

## **Tinn**

Organiske tinnforbindelser er fettløselige forbindelser som oppkonsentreres i næringskjeden særlig i marine organismer. Hovedmengden i marine organismer utgjøres av tinn substituert i tre posisjoner som for eksempel tributyl- og trifenylnin. Disse har tidligere vært i utstrakt bruk i impregneringsmidler blant annet på fiskemerder og i maling til tre og båter. Mono- og disubstituerte tinnforbindelser som omfatter dibutyl og di-n-oktyl tinn, har vært mye brukt som stabilisatorer i PVC-plast. De nevnte organiske tinnforbindelsene er immunotoksiske.

### **4.4.2 Organiske ikke-metallholdige miljøgifter**

Det finnes mange helseskadelige stoffer i gruppen organiske miljøgifter som inneholder klor, brom, eller fluor og som også kan forekomme som forurensning i marine organismer. Dette omfatter polyklorerte dibenzodioksiner og -furaner (PCDD/F), polyklorerte bifenyler (PCB), kamfeklor, diklordinfenyltrikloretan (DDT) og dets metabolitter (DDD og DDE), klordan, dieldrin, aldrin, endrin, heptaklor, heksaklorbensen, klorsykloheksan, bromerte flammehemmere (bromerte difenyletere (PBDE), HBCD, TBBPA, PBB) og fluorete forbindelser som for eksempel PFOS; PFOA. Noen av disse forekommer som biprodukter i industrielle prosesser (for eksempel dioksin), andre er i diverse produkter (PCB, bromerteflammehemmere og PFOS) eller har vært brukt som bekjempningsmidler. Mange av disse stoffene er ikke lenger i bruk og det er satt i verk rensing av industriutslipp, noe som gjør at nivåene av enkelte av stoffene i miljøet derfor synker, mens andre økes i bruk. Dette avspeiles av nivåer i både mennesker og miljøet.

#### ***Dioksiner og dioksinlignende PCB***

Konsentrasjonen av dioksiner (polyklorerte dibenzodioksiner og polyklorerte furaner; PCDD og PCDF) og dioksinlike polyklorerte bifenyler (dl-PCB) i fiskefôr er primært avhengig av tilsetningsnivå- og fettkilde brukt i fôret. Europeisk produsert fiskeolje og -mel inneholder betydelig høyere nivåer PCDD/F og dl-PCB enn fiskeolje og -mel fra de sørlige Stillehavsområder. I fôr til omnivor (altetende) fisk bidrar marine fôringredienser med cirka 55 % PCDD/F og dl-PCB av totalverdi, mens marine fôringredienser bidrar med hele 98 % i fôr til karnivor (kjøttetende) fisk (VKM 2006). Kommersielle oppdrettsarter i Norge som laks, ørret, torsk og kveite er karnivor fisk.

Overføring av dl-PCB fra fôr både til laks og ørret filet er høyere enn overføring av PCDD/F. Betydelig variasjon i overføring mellom fôr og fisk er også funnet for forskjellige dioksin (40 – 65 %) og dl-PCB (78-93 %) kongenere. En modellberegning basert på ulike antatte overføringer, viser at selv med en overføringsrate på 80 %, vil total PCDD/F forventes å være rundt 50 % av nåværende øvre grenseverdi i EU for fisk, dvs. 4 pg WHO/TEQ/g (Commission Regulation (EC) No 466/2001). EUs grenseverdi er ikke helsebasert og selv et nivå på 4 pg WHO TEQ/g må anses å være for høyt for oppdrettslaks og – ørret. Det nåværende nivået ligger på 1,5 pgWHO TEQ/g og VKM uttalte at en ytterligere reduksjon er ønskelig (VKM 2006)

#### ***Bromerte flammehemmere***

Det finnes begrenset vitenskapelig informasjon om toksisitet av bromerte flammehemmere inklusiv polybromerte difenyletere (PBDE), polybromerte bifenyler (PBB), HBCD og TBBPA hos fisk, overførsel fra fôr til filet og effekten av disse på human helse. Det finnes foreløpig ikke

EU grenseverdier for disse stoffene verken i fôr eller mat, og det er heller ikke satt internasjonale tolerable inntak for disse stoffene hos mennesker.

PBDE konsentrasjonen i fiskens organer gjenspeiles av konsentrasjonen av disse stoffene i fôret. Retensjonseffektivitet for PBDE varierer mellom 0,02 % for BDE 209 til over 90 % for BDE 47. Atlantisk laks akkumulerer PBDE fra fôret like effektivt som non-ortho PCB og mer effektivt enn andre PCB former og PCDD/F. Selektiv overføring av enkelte PBDE kongenerer fører til at kongenermønsteret er ulikt mellom fôr og fisk.

#### ***Andre organiske fremmedstoffer***

De siste årene er en også blitt oppmerksomme på en rekke andre organiske fremmedstoffer som kan akkumuleres i marine næringskjeder. Dersom disse er til stede i fiskefôret vil de også kunne akkumuleres i oppdrettsfisk. Det eksisterer også lite eller ingen kunnskap om nivåer av disse forbindelsene i fiskefôr eller oppdrettsfisk.

Perfluoroalkylsulfonater og perfluoralkansyrer (PFAs) er organiske stoffer som inneholder fluor, de mest kjente er perfluoroktan sulfonat (PFOS) og perfluoroktansyre (PFOA). Disse forbindelsene kjennetegnes ved at de er både vann- og oljeavstøtende (dvs. sufaktanter) og brukes bl.a. som overflatebehandling på en rekke produkter. På grunn av sine vannavstøtende egenskaper lagres ikke disse i fettvev, men binder seg til proteiner i lever og blod. Det er vist at PFA akkumuleres i den Arktiske næringskjeden, og at PFOS biomagnifiseres i større grad enn PFOA. Dette tyder på at dersom PFOS og PFOA er til stede i fiskefôret, vil en bioakkumulering sannsynligvis kunne finne sted hos oppdrettsfisk.

Stoffgruppen PAH (polysykliske aromatiske hydrokarboner) består av et stort antall forbindelser dannet av aromatiske bensenringer og som i noen tilfeller er substituerte. Det er flere mutagene forbindelser hvorav femten anses av EUs tidligere vitenskapskomite for mat (EU Scientific Committee on Food, SCF) og JECFA som mulige eller sannsynlige kreftfremkallende forbindelser for mennesker. Den mest potente kreftfremkallende PAH-forbindelsen er benzo(a)pyren (BaP). Etter opptak omdannes BaP, i likhet med flere andre PAH-forbindelser, i lever og andre vev til reaktive forbindelser som binder seg til DNA og kan fremkalle mutasjoner som igjen kan føre til kreft.

Når det gjelder sjømat, vil organismer høyere opp i næringskjeden som fisk, i stor grad bryte ned og skille ut PAH, mens skjell har lavere nedbrytningskapasitet vil dersom disse har vokst på steder med PAH forurensning (for eksempel oljesøl) utgjøre en større eksponeringsrisiko for mennesker.

#### **4.4.3 Forskningsbehov**

Det er behov for mer kunnskap om ulike oppdrettsorganismers sensitivitet for de enkelte forurensninger, om overføring til det spiselige sluttproduktet og effekt på folkehelse. Slik kunnskap vil være viktig ved revurdering av grenseverdier for uønskede stoffer (gamle og nye) i sjømat og fôr til oppdrett. Det er også behov for mer kunnskap om rensing av fôrråstoffer for uønskede helseskadelige fremmedstoffer.

### **4.5 Fôrmidler fra landdyr**

Det er strenge begrensninger for bruken av materiale fra landdyr til fôr. Slikt materiale er i figur 2 omtalt som biprodukt kategori 3. Regelverket for animalske biprodukter har på bakgrunn av risikovurdering klassifisering. Biproduktene klassifiseres i kategori 1, 2 og 3. Bare kategori 3 - materiale kan benyttes som fôrmiddel. Det nåværende regelverket tillater kun materiale fra landdyr som blodmel og blodprodukter samt hydrolyserte proteiner av andre arter enn drøvtyggere med en molekylvekt mindre enn 10.000 Dalton som fôrmiddel.

Dersom det er ønskelig å kunne benytte annet materiale fra landdyr i fôr til oppdrett, vil det kreves stor forskningsinnsats og dokumentasjon overfor lovgiver vedrørende fôr- og mattrygghet. Regelverket er utarbeidet primært for å redusere risiko for TSE-smitte (kugalskapsmitte) til dyr og mennesker.

## 4.6 Mineralfôrmidler og tilsetningsstoffer

Med mineralfôrmidler menes fôrmidler som bidrar med kalsium, magnesium, fosfor, natrium. Legg merke til at mineraler i regelverket ikke er kategorisert som tilsetningsstoffer. Mineraler kan utvinnes fra jordsmonnet (gruvedrift, saltsjøer), fra kalkstein, muslingskall, fra kalkalger eller fra beingrinder av produksjonsdyr. Avhengig av kilde kan mineralfôrmidler være kontaminert med tungmetaller og med dioksiner.

Hvert enkelt tilsetningsstoff som skal brukes i fôr, må gjennom omfattende godkjenningsprosesser der virkeevne og trygghet i forhold til fôr- og mattrygghet, arbeidsmiljø og ytre miljø må dokumenteres. Ofte søkes et tilsetningsstoff godkjent bare for fôr til en kategori dyr og for en del av dyrets livssyklus. Aktuelle farer med tilsetningsstoffer kan være uventede og uønskede effekter, at tilsetningsstoffet kan ha blitt kontaminert, at det blir feil bruk, at det oppstår krysskontaminering eller ved ulovlig bruk. Overføring av tilsetningsstoffer fra fôr til sluttprodukt som ikke er tilstrekkelig vurdert i forhold til mattrygghet, kan også forekomme.

### 4.6.1 Syntetisk antioksidanter

Etoksikvin (EQ) og butylert hydroksitoluen (BHT) tilsettes vanligvis i henholdsvis fiskemel og fiskeolje, for å hindre lipidoksidasjon. Andre syntetiske antioksidanter som også er godkjent for bruk i fiskefôr er butylert hydroksianisol (BHA), oktylgallat og propylgallat. Hvor mye oktylgallat og propylgallat som brukes i kommersielt fiskefôr er ukjent på grunn av manglende kjemisk metode for kvantifisering av disse forbindelse. Det finnes grenseverdier for tilsetning av syntetiske antioksidanter i fôr, men det er foreløpig ikke satt grenseverdier for overføring til matvarer.

### 4.6.2 Selen

Selen er et essensielt sporelement og inngår i 25 ulike proteiner hos mennesker. Mangel på selen kan føre til svekkelse av hjertemuskelen og økt risiko for hjerte- og karsykdom. For høye mengder selen vil gi symptomer som tap av hår og betennelse i neglsengen samt skade på nerver og lever. Det er satt en øvre grenseverdi på 0,5 mg/kg for selen i fôr når selen er tilsatt, mens seleninnhold i fiskefôr ofte er høyere enn dette på grunn av naturlig høye nivåer av selen i marine fôringredienser, særlig i fiskemel. De kjemiske formene av selen i fisk er ikke kjent, men kan bl.a. forekomme som en del av proteiner der selenometionin har erstattet vanlig svovelholdig metionin. Det mangler kunnskap både på dette området.

### 4.6.3 Kunnskapsbehov

- På grunn av krav til godkjenning alle tilsetningsstoffer er det behov for et minimum av forskning som grunnlag for ønsket dokumentasjon. Alle tilsetningsstoffene til fôr skal i løpet av kort tid godkjennes på nytt og da vil også spørsmål knyttet mattrygghet måtte undersøkes og dokumenteres.
- Det er lite kunnskap om opptak og effekter av syntetiske antioksidanter hos fisk og overføring til filet.
- Det er behov for kunnskap om:
  - kjemisk strukturer og kjemiske metoder for kvantifisering av organiske selenforbindelser i marine fôrmidler

- om biotilgjengelighet, næringsverdi og helseskadelig nivå av naturlig organisk selen i marine førmidler
- kjemiske metoder for kvantifisering av syntetiske antioksidanter
- Overføringen av selen og andre syntetiske antioksidanter i verdikjeden fra Fiskemel → Fiskefôr → Fisk → Konsument.

## 4.7 utfordringer mht regelverket på fremmedstoffer og næringsstoffer i fiskefôr

EUs regelverk med øvre grenseverdier for uønskede stoffer og tilsetningsstoffer i fôr er i liten grad tilpasset fisk. Gjeldende grenser for en rekke pesticider (som endosulfan, DDT og kamfeklor), samt elementene selen, fluor, arsen og kvikksølv er en utfordring for næringen, fordi de til dels ikke er satt på bakgrunn av vitenskapelig dokumentert risikovurdering som omfatter fiskehelse, mattrygghet og miljø. Det er viktig at nødvendig kunnskap fremskaffes vedrørende effekten av stoffene hos fisk, overføring til spiselig del og dermed betydning for mattrygghet og betydning for miljø. Tilsvarende mangler det kunnskap om en rekke syntetiske antioksidanter som er godkjent for bruk i fôr. Forskning om slike spørsmål er viktig for risikovurderinger som utføres både av VKM og European Food Safety Authority (EFSA) og for å kunne gi gode råd til Mattilsynet og EU-kommisjonen og dermed bidra til utvikling av regelverket på både fôr og mat. Det er viktig at slik forskning er uavhengig av industrien, og det stilles sterke krav til uavhengighet i risikovurderingsprosessen i både VKM og EFSA.

Det er viktig at forskning om behov (for næringsstoffer) og toksisitet av både tilsetningsstoffer (som mineraler, vitaminer og syntetiske antioksidanter) og uønskede stoffer dekker hele livssyklus, fra larve til stamfisk. Data er på nåværende tidspunkt hovedsakelig begrenset til laksefisk, men med fremtidig nasjonal og internasjonal satsing på akvakultur av flere marine arter er det viktig å kunne forsikre at de øvre grenseverdiene gir tilstrekkelig beskyttelse. Det er også avgjørende med kunnskap om betydningen av førsammensetning og valg av førmidler for kinetikk og dynamikk av tilsetningsstoffer og fremmedstoffer hos forskjellige fiskearter (og livsstadier av disse) med hensyn til fiskehelse og sjømattrygghet.

### ***Kunnskapsbehov:***

For flere pesticider og andre fremmedstoffer som det er satt øvre grenseverdier på i fiskefôr, mangler utfyllende vitenskapelig dokumentasjon om omsetning og effekt av disse stoffene i fisk, og betydningen de har for fiskehelsen og folks mattrygghet

### 4.7.1 Reduksjon av fremmedstoffer i fôr og oppdrettsfisk

Økt internasjonal fokus på matvaretrygghet har også ført til økte krav til oppdrettsnæringen om å levere produkter med lavest mulig konsentrasjon av uønskede stoffer. Produksjon av fisk med lave nivåer av fremmedstoffer er først og fremst avhengig av et lavt innhold i fiskefôret. Utvikling av slikt fôr er en utfordring. I lakseoppdrett utgjør persistente fettløselige miljøgifter (persistent organic pollutants; POPs) som dioksin og PCB, en de av største problemene. Det er funnet relativt høye nivåer av disse stoffene i marine førmidler som fiskemel og fiskeoljer.

Følgende måter kan benyttes alene eller i kombinasjon for å redusere dagens nivå av POPs i fiskefôr:

1. Bruke marine førmidler med relativt lave nivåer av POPs
2. Bruke vegetabiliske førmidler med naturlige lave nivåer av POPs
3. Fjerne POPs fra marine fôrårstoffer

Selektiv bruk av fiskeolje med naturlig lave konsentrasjoner av dioksin kan redusere nivået av dioksiner i både fiskefôr og fileten, men har liten innvirkning på nivået av dioksinlignende PCB. I tillegg er tilgang til fiskeolje med lave nivåer av miljøgifter begrenset. Bruk av planteoljer i stedet for marine oljer reduserer nivået av flere POPs (f. eks. dioksiner, dl-PCB og bromerte flammehemmere som PBDE, HBCD) i både fôr og fiskefilet. På den annen side vil bruk av planteoljer også redusere nivået av visse næringsstoffer og helsebringende stoffer (som fettløselige vitaminer og langkjedede flerumettede fettsyrer) som vanligvis finnes i marine fôrmidler.

Det finnes i dag flere etablerte metoder for å rense fettløselige miljøgifter fra fiskeoljer, og dette har lenge vært gjort for tran til human konsum. Flere fysisk-kjemiske rensemetoder kan benyttes for å fjerne fettløslige komponenter som dioksiner, dl-PCB, bromerte flammehemmere, pesticider, og polysykliske aromatiske hydrokarboner (PAH) fra marine oljer. Disse renseteknikkene omfatter bruk av aktivt kull, dampdestillasjon og/eller molekylærddestillasjon. Aktivt kull er effektivt for å fjerne dioksiner og polyaromatiske hydrokarboner, men har begrenset effekt på dl-PCB, og har ingen effekt på PBDE. Destillasjonsprosesser er effektive i fjerning av dioksiner, dl-PCB og PBDE, men reduserer, avhengig av prosessbetingelse, samtidig innholdet av fettløselige vitaminer i oljen. For at metoden skal kunne benyttes kommersielt, er det viktig å undersøke effektivitet og kapasitet samt ernæringskvaliteten av rensede oljer for oppdrettsfisk og hvilken betydning de har for fiskens ernæringskvalitet for mennesker.

#### ***Kunnskapsbehov:***

Det er behov for kunnskap om metoder for å redusere kontaminanter i oppdrettsfisk samtidig som ernæringskvaliteten til fôr og fôrmidler og fiskens ernæringskvalitet for mennesker ivaretas. Dette gjelder:

- ernæringskvalitet av dekontaminerte fôringredienser for oppdrettsfisk og konsument
- kunnskap om nye utfordringen i forbindelse med matvaretrygghet ved bruk av alternative fôrmidler.

#### **4.7.2 Overføring av miljøgifter fra fôr til fisk**

Bestemmelse og kvantifisering av overføring ("carry over") av fremmedstoffer i matvarekjeden er et viktig ledd i risikovurdering og fastsettelse av akseptable nivåer av fremmedstoffer i marine fôrmidler og fiskefôr. For husdyrhold finnes de flere modeller som beskriver overføring av uønsket stoffer fra fôr til kjøtt, egg eller melk, mens for oppdrettsfisk finnes det få slike modeller per i dag. Modeller basert på kjemisk kinetikk for å beskrive overføring av kontaminanter i fisk er mest brukt i økotoksikologi. Modeller tar i bruk empiriske data og fysiologisk basert toksikokinetisk modellering. For modellering i oppdrettsfisk er veksten og endring i kroppssammensetning en utfordring. Oppdrettsfisk er antakeligvis ikke "steady state" under vanlig produksjon.

#### ***Kunnskapsbehov:***

Det er behov for utvikling av modeller som beskriver overføring av kontaminanter fra fôr til den spiselige del av oppdrettsfisk.

### **4.8 Overvåking & Modellering**

Norge har, gjennom den store eksporten av fisk og sjømat, ansvar for at sjømat med norsk opprinnelse som blir solgt og servert rundt i verden er sunn og trygg. Dette må kunne dokumenteres gjennom vitenskapelig basert overvåkningsvirksomhet. Overvåkingen må være troverdig og den må da være forskningsbasert. Dette medfører langsiktighet og prøvene må være sammenlignbare fra gang til gang, slik at man kan gjøre tidsserieanalyser av nivåene av ulike helseskadelige forurensninger. Prøvetaking av sammenlignbare prøver av fisk fra det åpne hav er en stor utfordring. Derfor må resultater tolkes med stor grad av varsomhet. Selv i våre antatt lite forurensede havområder er det ingen selvfølge at innholdet av helseskadelige forurensninger er

lavt. På tross av overvåkning har det likevel oppstått situasjoner der norsk fisk som er eksportert til utlandet har blitt stoppet fordi fisken har hatt konsentrasjoner av fremmedstoffer som overstiger importlandets grenseverdier. Dette gjelder for eksempel blåveitepartier som i 2006 ble landet i Nederland med kvikksølvinnhold over EUs grenseverdi. Dette skjedde selv om mengdene funnet i overvåkingen bare var rundt en femtedel av denne grenseverdien. Slike situasjoner viser at vi har for liten kunnskap om innholdet av fremmedstoffer i norsk villfisk.

Det er behov for såkalte forskningsbaserte ”baseline”-undersøkelser på alle kommersielt viktige arter. I slike undersøkelser tas det prøver av en art i hele utbredelsesområdet og gjennom hele året. Antall prøver som må tas vil nødvendigvis variere fra art til art, men er i størrelsesorden ca. 1000 for de fleste arter. De fremskaffede data bør utover kunnskap om nivå av helseskadelige forurensninger i spiselige deler av fisk, skjell og krepsdyr også gi informasjon om alder, kjønn og størrelse. Slike data vil gi mulighet til å kunne modellere nivåer av helseskadelige forurensninger og andre fremmedstoffer i viktige arter.

Kunnskap om forekomst av helseskadelige fremmedstoffer må ha stort nok omfang til også å omfatte kjemikalier som brukes i samfunnet. Dette krever avansert forskningsbasert kjemisk kompetanse og finansiering av forskningsinstrumenter til å kunne utføre undersøkelser i henhold til internasjonale bestemmelser. Kravene til analyser har økt betydelig. Blant annet er det for metaller ikke nok å rapportere totalinnholdet, men også kjemisk form (speciering) av blant annet arsen, kvikksølv og tinn. Dette er helt nødvendig for å kunne gjøre en adekvat karakterisering av eksponeringen og risiko. Likeledes er det typisk for mange pesticider og industrikjemikalier (klorerte, bromerte, fluorerte) at de foreligger i blandinger av ulike kongenerer/komponenter med ulik giftighet. Behovet for å dokumentere stadig flere kongenerer/komponenter er således økende ut fra økende kunnskap om toksisitet.

Dersom norsk forskning på forekomst av helseskadelige fremmedstoffer/forurensning i sjømat skal være til nytte for forvaltningen er det nødvendig med detaljerte data hvor nivåer av helseskadelige fremmedstoffer i forskjellige arter knyttes til kunnskap om modellering. Det vil være behov for å kombinere miljøkjemisk kompetanse om kilder og spredning med biologisk kompetanse om kontaminanternes biotilgjengelighet og oppkonsentrering mellom ulike trofiske nivå i norske havområder. Utvikling av modeller for kontaminanternes transport fra ulike utslipp i miljø (og eventuelle naturlige kilder) fram til mengder som vi kan gjenfinne i sjømat, ville være av stor verdi for å kunne gi forskningsbaserte troverdige råd i forhold til utslippsnivå og menneskelig aktivitet. Arbeidet med slike modelleringer for humane legemidler og kroppspeleprodukter er kommet et stykke i enkelte land.

## 4.9 Kunnskapsbehov, oppsummering

- Det er behov for økt kunnskap om betydningen av fôrets sammensetning for at oppdrettet fisk og sjømat ikke skal tilføres helseskadelige komponenter som organiske miljøgifter, metaller, medisinrester, rester av plantevernmidler mv.
- Det er behov for økt kunnskap om hvordan fôrets sammensetning påvirker fiskens næringsinnhold og helsebringende effekt.
- Det er behov for videreutvikling av egnede analysemetoder for påvisning av helseskadelige stoffer og ulike næringsstoffer og andre helsebringende stoffer i fôr og sjømat



# 5 Biologiske risikofaktorer tilknyttet sjømat

Biologiske risikofaktorer som kan gi næringsmiddelbårne infeksjoner klassifiseres ofte i gruppene patogene bakterier, prioner eller virus. Sopp i matvarer regnes tradisjonelt ikke som et direkte humanpatogen. Noen muggsopp kan produsere potente toksiner (mykotoksiner) som kan gi alvorlig sykdom dersom de finnes i matvarer. Mykotoksiner kan ved uheldig lagring dannes i fiskefôr og overføres til fisken (se 3.2).

## 5.1 Humanpatogene bakterier

Sjømat forringes raskt av forråtnelsesbakterier som følger med fisken fra sjøen. Generelt sett vil sjømat fra kalde farvann sjelden inneholde humanpatogene mikroorganismer, men *Listeria* og et par *Vibrio*arter forekommer sporadisk. I varmere farvann er forekomsten av humanpatogene bakterier i sjømat langt større. Det er grunn til å anta at den globale oppvarmingen vil medføre at flere humanpatogene mikrober etablerer seg i norske farvann. Norske farvann har vært tilført humanpatogene bakterier i lang tid fra hval og fugl som vandrer mellom ekvator og Svalbard. Men også fra skipsfart, og human aktivitet. Disse overlever ikke lenge i sjøen, sannsynligvis på grunn av lav temperatur.

Patogene bakterier deles tradisjonelt inn i to grupper, 1) de som er naturlig forekommende i miljøet og 2) de som tilføres miljøet enten fra mennesker eller dyr (Huss, 1994). I gruppe 1 inngår *Clostridium botulinum*, *Vibrio* spp., *Aeromonas hydrophila* og *Listeria monocytogenes*. De mer kuldeterolerante (psykrotrofe) *L. monocytogenes* og *C. botulinum* påvises i større grad under kalde klimatiske forhold, mens den mesofile *Vibrio* spp. oftere finnes der klimaet er varmere. I gruppe 2 inngår bakterier som er mesofile (vokser ved 10 – 40 °C); *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* og *Shigella* spp.

Lagringsbetingelser og graden av prosessering (varmebehandling, salting, røyking osv.) har betydning for hvor stor risiko det er forbundet med å spise sjømaten. Sjømat kan inneholde en eller flere patogener, men rett etter fangst er nivået så lavt at det er usannsynlig at mennesker blir syke av å spise sjømaten selv om den spises rå. Unntaket her er skjell eller andre bløtdyr der det kan skje en oppkonsentrering av patogener gjennom filtrering. For øvrig kan det ved feil eller for lang tids lagring skje en vekst av enkelte patogener til så høye konsentrasjoner at det kan medføre sykdom. Det er derfor viktig å ha kunnskap om tid- og temperaturhistorien til sjømaten som skal spises, spesielt dersom den skal spises rå. Dette gjelder også konserverte produkter. Konservering kan gi desimering av den totale mikroflora i et næringsmiddel, men ikke nødvendigvis av humanpatogene bakterier (se kapittel om Videreforedling og distribusjon). Konserverte produkter gir derfor i realiteten høyere risiko for infeksjon enn mange uprosesserte produkter.

Bakterier er encellede organismer som formerer seg ved celledeling. Veksthastigheten avhenger av bakterien og egenskaper ved miljøet/matvaren den vokser i. Viktige faktorer er tilgang på næring, temperatur, fuktighet, pH saltkonsentrasjon eller bruk av andre konserveringsmidler. Aerobe bakterier må ha tilgang på oksygen, mens anaerobe bakterier kan vokse i et oksygenfritt miljø. De fleste sykdomsfremkallende bakterier kan vokse både med og uten oksygen tilstede. Under optimale vekstbetingelser kan en enkelt bakteriecelle bli til 72 milliarder i løpet av 12 timer. Optimale vekstbetingelser vil imidlertid være forskjellig for de ulike bakteriene.

### 5.1.1 *Listeria monocytogenes*

Slekten *Listeria* har flere arter, og to av disse blir ansett som humanpatogene. *L. monocytogenes* og *L. ivanovii* er begge vist å kunne gi sykdom hos mennesker, og førstnevnte er blitt satt i sammenheng med matvarebårn sykdom. Bakterien har vid utbredelse, og kan derfor finnes i en

rekke matvarer, inklusive produkter av fisk. Bakterien gir infeksjon ved å invadere organer i kroppen. Risikoen for sykdom fra mat avhenger av mengden *Listeria* i produktet som spises, bakteriens evne til å overleve i magesyre, og endelig bakteriens evne til å uttrykke virulens i tarmen. *Listeria monocytogenes* har minst fire sentrale virulensgener, og pågående forskning indikerer at uttrykket av minst ett av disse genene påvirkes av lagringsbetingelsene fisken har vært utsatt for før fisken spises.

Bakterien er påvist i rå fisk og røkt/gravet fisk (Rørvik, 2007). De patogene *Listeria* artene kan vokse ned mot 2-4 °C og også med og uten tilgang på oksygen (fakultativ anaerob). Bakteriene kan overleve frysing og tørking, men overlever ikke varmebehandling ved høy temperatur. I internasjonal faglitteratur varierer rapportert forekomst av *Listeria* i sjømat fra 0 til 75 % i undersøkte produkter. Ved produksjon av sjømat i kalde og tempererte strøk, der den generelle forekomsten av næringsmiddelassosierte infeksjoner er lav, regnes *L. monocytogenes* som en av de største mikrobiologiske utfordringene med tanke på produksjon av trygg sjømat.

*L. monocytogenes* kan gi sykdommen listeriose, som i hovedsak er et problem for sau, men også i noen tilfeller for mennesker. Det første dokumenterte tilfellet av listeriose med fisk som smittekilde er fra 1989. Vanlige symptomer ved listeriose er infeksjoner i sentralnervesystemet, blodforgiftning (sepsis- bakterievekst i blodet), abort eller milde influensalignende tilstander. Antallet rapporterte tilfeller av listeriose i vesteuropeiske land er mellom 2 og 4 tilfeller per million innbyggere årlig. I Norge har antallet rapporterte tilfeller av listeriose variert mellom totalt 9 – 27 årlig i løpet av den siste 10 års perioden. Selv om antallet rapporterte tilfeller av listeriose er lavt, er dødeligheten høyere enn 30 %. I den alt overveiende delen av tilfeller er listeriose en sporadisk forekommende infeksjon blant personer med underliggende sykdom, som dermed har nedsatt motstandskraft mot infeksjoner (svakkede eldre, Hiv-positive, kreftpasienter eller personer som benytter immundempende midler). Infeksjoner blant gravide kan vise seg som mild sykdom hos moren, men fosteret kan bli skadet eller også dø. Gravide bør derfor være spesielt varsomme med matvarer som kan inneholde *L. monocytogenes*. Listeriose hos mennesker er blitt satt i sammenheng med konsum av en rekke ulike matvarer som salat, ost, kjøttpålegg, skjell, rå og kaldrøkt fisk, reker, fermenterte produkter av fisk eller kjøtt. Den infektive dosen antas å være svært lav for utsatte grupper, men for normalt friske mennesker er den rapportert å være høy. Dette støttes og av studier som viser at 1-10 % av friske mennesker kan være bærere av *Listeria monocytogenes* uten å være syke.

Med modning og lagring ved temperaturer over 3-4 grader øker risikoen for at bakterien kan vokse til høye konsentrasjoner. Generelt er det en risiko for at bakterien kan oppformerer under lagring. I en fiskeindustribedrift kan bakterien etablere reservoarer, og dermed overføres fra miljøet til næringsmidlene ved direkte eller indirekte kontakt. Til fiskeretter som skal spises rå bør det derfor brukes svært fersk fisk. Tendensen er at forekomsten øker med en økende prosesseringsgrad av produktet. Derfor vil en eksempelvis kunne påvise mer *L. monocytogenes* i røkt vakuumert laks, enn i den tilsvarende råvaren for dette produktet. Dette illustrerer bakteriens evne til å etablere seg i produksjonslokalene samt å kunne vokse ved kjøleromtemperaturer. I 2006 ble det ikke påvist *L. monocytogenes* i 70 undersøkte prøver av rå fisk (sild, makrell), mens to av 53 prøver av røkt fisk var positive for bakterien.

### 5.1.2 *Clostridium botulinum*

*C. botulinum* er en bakterie som finnes i miljøet, den er påvist i jord, akvatiske sedimenter og i fisk. Vekst av bakterien kan føre til produksjon av botulinumtoksiner og sykdommen botulisme. Botulisme hos mennesker er en alvorlig, men en sjelden sykdom. Botulisme inntreffer etter å ha spist mat som inneholder toksinet. Symptomene på botulisme fra matvarer hos voksne er svært avhengig av inntatt mengde toksin, og kan i første rekke være kvalme og oppkast etterfulgt av nevrologiske forstyrrelser som dobbeltsyn og i verste fall lammelse i åndedretsorganene og død. Det er beskrevet 7 serotyper av *C. botulinum*; type A, B, C, D, E, F og G. Type A, B, E er kjent å

kunne føre til botulisme hos mennesker. Type F gir i sjeldne tilfeller botulisme hos mennesker. Type C og D fører til botulisme hos dyr. Det er hittil ikke påvist at type G gir botulisme. Generelt er *C. botulinum* anaerob, dvs. den vokser kun i et oksygenfritt miljø, og den vokser ikke ved temperaturer under 3,3°C (typene B, E, F), eller ved et saltinnhold over 5,0 % (typene B, E, F) i vannfasen av et produkt. Siden bakterien er anaerob, begrenses risikoen til produkter som hermetikk, vakuumpakkede produkter, MAP pakkede produkter (modifisert atmosfære) eller andre produkter der oksygen ikke er tilstede.

Toksinet som produseres av bakterien, er i realiteten flere typer toksiner med ulik temperaturtoleranse. I praksis vil dette si at en ikke kan være sikker på at koking eller steking av fisk alltid vil ødelegge toksinet. Forebyggende tiltak vil derfor være avgjørende, dvs god lagring. I Norge er det ikke påvist tilfeller av botulisme ved konsum av kommersielt fremstilte fiskevarer, men rakkfisk som er hjemmeproduisert har gitt opphav til flere tilfeller og utgjør derfor en risiko for botulisme. I løpet av den siste 10 års perioden har det vært rapportert om totalt 0 til 8 tilfeller av botulisme årlig i Norge.

### 5.1.3 *Vibrio* spp.

Bakterier i slekten *Vibrio* har marint og estuarint vann som sitt hovedreservoar. På denne måten skiller de seg fra andre bakterier som har betydning som matvarebårne patogener. Så langt er tolv *Vibrio*-arter vist seg å kunne gi sykdom hos mennesker, for åtte av disse er smitte via matvarer rapportert. Av disse er *V. cholerae*, *V. parahaemolyticus* og *V. vulnificus* de viktigste. *Vibrio* spp. er fakultativt anaerob. Moderate NaCl-konsentrasjoner stimulerer veksten for de fleste artene.

Forekomsten av bakteriene i sjøvann påvirkes sterkt av temperaturen. Humanpatogene *Vibrio* arter kan også påvises i sjømat fra tempererte områder, særlig om sommeren, men forekomsten er betydelig lavere enn i varmtvannsområder. Følgelig er matvarebårne tilfeller med denne bakteriegruppen vanligst i områder med høy temperatur. Utbrudd i Norge forekommer sporadisk. Utbruddene kan knyttes til kryssforurensning, feil lagring av sjømat eller import av infiserte produkter. *V. parahaemolyticus* gir typiske symptomer på en mage-tarminfeksjon med diaré og moderat feber, mens *V. vulnificus* kan gi alvorlige underhudsinfeksjoner hos disponerte personer. Noen av de patogene *Vibrio* artene påvises en sjelden gang i norsk sjømat, særlig i skjell. Internasjonalt er det rapportert om *V. parahemolyticus* og *V. vulnificus* i skjell, fisk og reker.

### *Aeromonas*

*Aeromonas* artene er vidt utbredt, og isoleres hyppigst fra vann. Flere *Aeromonas* arter vokser godt ved kjøleromstemperatur og i fravær av oksygen. Dette innebærer at verken vakuumpakking eller kjøling er tilstrekkelig for å redusere risikoen. Generelt er vann hovedkilden til gastroenteritter forårsaket av *Aeromonas* spp. I Norge er det isolert *Aeromonas* spp. fra krabbe, breiflabb, rakkfisk i perioden 1993 – 1995. De mest sentrale artene er *A. hydrophila*, *A. veronii* biovar *sobria* og *A. caviae*. Symptomer er oftest magesmerter, diaré, feber, hodepine og oppkast. Disse tre artene produserer enterotoksiner Sykdommen er vanligvis selvbegrensende med en varighet på 1-3 døgn. *Aeromonas* artene vokser fra 4 °C, den er veldig følsom overfor syre og salt. Derfor er vekst ikke et problem i produkter der pH verdien er lavere enn 6,5 og salt innholdet høyere enn 3,0 %.

### 5.1.4 *Salmonella*

I Norge er bakterier i slekten *Salmonella* en av de viktigste årsakene til infeksjoner fra matvarer. Det er i hovedsak importerte næringsmidler som har gitt opphav til salmonellose, og det er sjelden at sjømat produsert i Norge inneholder *Salmonella*. På den andre siden kan det være en utfordring at fiskefôr eller ingredienser til fiskefôr inneholder enkelte serovarianter av disse bakteriene. Blant de vanligste serovariantene er *Senftenberg*, *Agona* og *Montevideo*. Disse ser ikke ut til å være representert med et stort antall rapporterte infeksjoner hos mennesker. En vet foreløpig lite om

mulig smitte av *Salmonella* fra fiskefôr eller ingredienser til slikt fôr til villlevende dyr i det ytre miljø. Lite er også kjent om hvilke mulige negative helsevirkninger arbeidere ved fôrfabrikker kan bli utsatt for ved kontakt med infiserte fôrvarer. Det er vist at oppdrettsfisk ikke tar opp *Salmonella* fra fôret over tarm, men det er ikke kjent om *Salmonella* kan feste seg til skinn o.l slik at fiskekjøttet infiseres ved slakting og utblødning.

*Salmonella* tilføres norske farvann jevnlig via avføring fra hval og fugl som vandrer mellom ekvator og nordområdene. Man antar at en høyere vanntemperatur medfører økt risiko for at *Salmonella* kan etablere seg i norske farvann.

### 5.1.5 *Staphylococcus aureus*

Bakterien *S. aureus* er allestedsnærværende og den er påvist i vann, luft, støv, i avløpssystemer, gulv og overflater. Hovedreservoaret er imidlertid nese, munn, svelg og hudoverflater på mennesker og dyr. Opptil 60 % av friske mennesker kan være bærere av *S. aureus* uten å vise symptomer på dette (Ahmed, 1991). Bakterien produserer enterotoksiner, og symptomer på en *S. aureus* forgiftning er kvalme, oppkast og diaré. Dette skjer 2-4 timer etter konsum. Sjømat kan tilføres denne bakterien ved direkte kontakt, f.eks ved håndtering, eller direkte fra omgivelsene. For å redusere risikoen for smitteoverføring er det viktig at personer som håndterer sjømat ikke har infiserte sår på hender, og ellers bruker beskyttelse i form av bunnbind osv. *S. aureus* har en minimum vekst temperatur på 10°C, og kan vokse ved relativt høye konsentrasjoner av salt eller sukker (0,86 a<sub>w</sub>). Minimum pH for vekst er 4,5. *Staphylococcus* er en dårlig konkurrent når det er andre bakterier til stede. Derfor er risikoen for vekst lav dersom denne bakterien er til stede i rå naturlig kontaminert mat. Risikoen for bakterievekst er betydelig større i mat som allerede er varmebehandlet, f.eks krysskontaminering av reker, forutsatt at tid og temperaturbetingelsene tillater vekst. Bakterien produserer en rekke enterotoksiner når den vokser i mat, og disse er generelt motstandsdyktige overfor proteolytiske enzymer og varme. Bakterien er imidlertid ikke påvist i hermetiske produkter. Pasteurisering og varmebehandling hjemme på kjøkkenbenken er ikke tilstrekkelig for å ødelegge toksinet.

### 5.1.6 *Campylobacter*, *E. coli* og *Shigella*

Bakterier i slektene *Shigella* og *Campylobacter*, samt *Escherichia coli* er vanlige årsaker til infeksjon knyttet til en rekke ulike matvarer, men disse har hittil i liten grad vært et problem i forbindelse med sykdom relatert til konsum av sjømat i Norge. I varmere land er *Shigella* et problem i skalldyr og annen sjømat, og det er derfor grunn til å være oppmerksom på bakterien i importerte produkter. Både *E. coli* og *Shigella* er relevante når det er risiko for fekal forurensning, *E. coli* fra et animalsk og humant reservoar og *Shigella* fra et humant reservoar. Dersom sjømat produksjonen foregår i vannforekomster med fekal forurensning, vil det dermed også være en risiko for smitte. Av forskningsmessige utfordringer kan det være et behov for å studere denne risikoen nærmere.

### 5.1.7 Forskningsbehov

#### *Listeria monocytogenes*

For denne patogene bakterien vil det være viktig å gjennomføre komparative studier med pasientisolater og isolerte stammer fra sjømat og prosesseringsanlegg. Dette kan gjøre det mulig å vise epidemiologiske sammenhenger, altså om sjømat har vært årsak til listeriose. Videre er det behov for et kontinuerlig arbeid sammen med næringsaktørene for å avdekke smitteveier i produksjonsprosessen for sjømat, både i pelagisk industri og innen oppdrettsnæringen. Et annet område er å optimalisere konserveringsteknologi med tanke på vekstreduksjon for *L. monocytogenes* i sjømat. Dette vil være en spesiell utfordring siden trenden går i retning av langtidsholdbare produkter med ferskhetspreg. Forekomst og betydning av *Listeria* i pelagisk sektor og i produkter av disse, er for øvrig også et område det er lite kunnskap om.

### ***Vibrio* arter**

Å fortsette arbeidet med å overvåke og karakterisere *Vibrio* bakterier i norsk sjømat er nødvendig, særlig med tanke på den forventede økningen i sjøvannstemperaturen som følge av global oppvarming.

### ***Aeromonas***

Betydningen av *Aeromonas* arter i forbindelse med sjømatassosiert sykdom er ikke helt klarlagt, siden disse bakteriene ofte påvises i avføring sammen med andre patogene bakterier under sykdom. Det er et forskningsmessig behov for å kartlegge dette nærmere.

### ***Cl. botulinum***

Det er et behov for å utvikle en raskere metode for påvisning av toksin fra *Clostridium botulinum*. Pr. i dag skjer dette ved injeksjon i mus. Generelt er det et behov for å kartlegge egenskaper i tilknytning til toksin produksjon hos de ulike arter av *Cl. botulinum*, hvilke betingelser fremmer eller hemmer vekst og toksinproduksjon av denne bakterien i sjømat.

### ***Campylobacter, E. coli og Shigella***

Dersom sjømatproduksjonen foregår i vannforekomster med fekal forurensning, vil det også være en risiko for smitte. Det er behov for mer kunnskap om denne risikoen.

## **5.2 Virus**

Virus er ikke levende mikroskopiske partikler bestående av en proteinkappe som inneholder genetisk materiale enten i form av RNA eller DNA. En rekke virustyper kan overføres via matvarer, to viktige eksempler er hepatitt A virus og Norovirus. Matvarebårne virusinfeksjoner er rapportert å være blant de ti mest vanlige årsaker til sykdom hos mennesker, og i tillegg regner en med at mange er syke uten at dette blir registrert i noen statistikk. Filtrende bløtdyr som skjell er kjent for å kunne oppkonsentrere bakterier eller virus som måtte finnes i vannet. Når sjømat er involvert i virusbåren sykdom, er matvaren derfor i storparten av tilfellene skjell, og da særlig østers. Informasjon om forekomsten av Norovirus i blåskjell (*Mytilus edulis*), o-skjell (*Modiolus modiolus*) og østers (*Ostrea edulis*) samlet fra lokaliteter langs hele norskekysten er publisert (Myrnel, et al., 2004). Selv på antatt utforurensede lokaliteter var forekomsten på omlag 6 %. I prinsippet vil derfor fisk kunne være bærer av virus som finnes i miljøet, men dette er ikke særlig godt undersøkt.

### **5.2.1 Forskningsbehov**

Generelt er det og vil være et stort behov for metoder som gir raskere påvisning av virus.

## **5.3 Prioner**

Prioner er proteiner som kan gi infeksjoner hos pattedyr, inkludert mennesker. Slike infeksjoner har fellesbetegnelsen ”transmissible spongiforme encefalopatier” og blir forkortet TSE. TSE-infeksjoner er karakterisert ved sykelige forandringer i hjernen hos infiserte mennesker eller dyr. Typiske forandringer omfatter utvikling av hulrom i den grå substansen, slik at denne etter en tid vil framstå med et ”svampaktig” utseende ved mikroskopi av vevssnitt – derav betegnelsen ”spongiform”. TSE- infeksjoner har en meget lang inkubasjonstid og er alltid dødelige. I motsetning til annet kjent smittestoff, gir prioner ingen immunrespons hos den som er infisert. Prioner kan smitte fra dyr til mennesker via matvarer. Selv om noen TSE- sykdommer har vært kjent i mange år, fikk prioner økt oppmerksomhet i forbindelse med utbruddet av ”kugalskap” (BSE), som omfattet mange tilfeller av infeksjon hos hornkveg, og noen hos mennesker (vCJD) (Belay, 1999). Det er vist at fisk har DNA som koder for produksjon av prionproteiner, og dermed teoretisk sett kan utvikle prionsykdommer (Oidtmann *et al.*, 2003). Fiskeprionene er likevel så

ulike de man finner hos pattedyr at en spredning av eventuelle TSE som måtte forekomme hos fisk til mennesker er høyst usannsynlig (Rivera-Milla et al., 2003). Dette er imidlertid ikke tilstrekkelig godt undersøkt.

## 5.4 Parasitter

### 5.4.1 Parasittiske nematoder – ”kveis”

Larver av parasittiske nematoder, særlig innen slektene *Anisakis*, *Pseudoterranova* og *Hysterothylacium*, populært kalt ”kveis”, er svært vanlig hos praktisk talt alle pelagiske og bunnlevende fisk i nordøst-atlantiske farvann inkludert Norskekysten. I fisk opptrer larvene av *Anisakis* og *Pseudoterranova* som regel innkapslet rundt og i innvollene og i muskulaturen, mens *Hysterothylacium* forekommer som larver rundt innvollene og som adulte i tarmen hos større rovfisk som for eksempel torsk, sei og kveite. Mens larvene av *Pseudoterranova* er forholdsvis store (opptil 5 cm) og gulbrune av farge og dermed lett å oppdage av konsument, er larvene av *Anisakis* mindre mindre, opptrer oppkveilet og er bortimot gjennomsiktig og således meget vanskelig å påvise i fiskens muskulatur.

Livssyklusen til kveis involverer planktoniske krepsdyr med krill og hoppekreps som mellomvert, ulike fiskeslag som transportvert, samt hval og kystsel som sluttvert for henholdsvis *Anisakis* og *Pseudoterranova*, mens *Hysterothylacium* blir kjønnsmodne i større rovfisk. Det er kjent at larvene av *Anisakis* i fisk kan overleve og forbli infektive overfor neste vert i flere år. Dette innebærer at pelagiske fiskeslag som kolmule, sild og makrell, samt bunnlevende fisk som torsk, kan akkumulere store mengder nematoder over tid, enten ved å beite på infisert plankton eller ved å spise infisert byttefisk.

Ved siden av det estetiske aspektet knyttet til forekomst av synlige kveis i fisk eller fiskeprodukter, er især *Anisakis* av betydning for mattryggheten. Dette fordi tilfeldig, utilsiktet inntak av levende larver, for eksempel under et måltid av fersk og kun lett prosessert fisk (lett marinert og kaldrøkt fisk samt sushi, sashimi, mm), kan medføre alvorlig sykdom hos konsumenten. *Anisakidose* er hyppigst i Japan – sushi’ens hjemland – der det påvises opptil 1000 nye tilfeller hvert år. I Norge er det så langt kun registrert få tilfeller av *Anisakidose*. Det er imidlertid grunn til å tro at denne tilstanden også hos oss forekommer noe hyppigere enn det som blir rapportert. I tilfeller der symptomene er milde og kortvarig, vil den egentlige sykdomsårsaken ofte ikke bli avdekket og dermed heller ikke registrert.

Den norske kvalitetsforskriften for fisk og fiskevarer har bestemmelser om at sild, brisling, makrell eller vill-laks som skal spises rå eller nesten rå, må dypfryses i minst ett døgn før bruk. Forskriften omfatter likevel ikke typiske sushi-råvarer som kveite, piggvar mm, som også kan inneholde nematoder (Kvalitetsforskrift for fisk og fiskevarer). Når det gjelder oppdrettslaks viser en nyere undersøkelse at denne er fri for kveis (Lunestad 2003). Grunnen til dette er at oppdrettslaks utelukkende føres med tørrfôr, og at krepsdyr infisert med kveis tydeligvis ikke forekommer i tilstrekkelige mengder i og rundt oppdrettsmerdene. Det er dessuten tenkelig at utstrakt vaksinerings og medisinerings (mot for eksempel bendelmark) reduserer oppdrettslaksens mottakelighet for nematoder.

Human infeksjon med *Anisakis* (anisakidose) arter seg som akutt og smertefull magesyke med mulighet for overfølsomhetsreaksjoner inkludert allergi (gastroallergisk anisakidose) som ev. kan gå over i en kronisk tilstand. Dette forutsetter imidlertid infeksjon med levende *Anisakis*. Hvorvidt også døde mark eller *Anisakis*-relaterte rester av proteiner kan gi allergiske plager er foreløpig ikke dokumentert. Det kan imidlertid tenkes at personer som er tidligere sensibilisert med levende mark kan utvikle overfølsomhets- eller allergiske reaksjoner også ved senere kontakt med eller inntak av død *Anisakis*. Der er påvist 3 grupper allergener: somatiske, ekskresjonsallergener og overflateallergener. Noen av disse allergenene kan persistere i fisken også etter at parasitten er

død eller fjernet. Et somatisk allergen (Ani s 4) er fryse- og varmebestandig og tåler lav pH og pepsin. Koking og frysing dreper kveis og reduserer mengden allergen. Allergenene kryssreagerer bl.a. med allergener fra andre nematoder (*Toxocara*, *Ascaris*) og husmidd. I Madrid og Japan har man funnet at hhv 6 og 30% av pasienter med urtikaria og matallergi tester positiv mot *Anisakis* (pricktest positiv og IgE). Hvordan menneske sensibiliseres er uklart. Sensibilisering gjennom hud er absolutt en mulighet. Det er dessuten vist i dyreforsøk at anisakidose kan gi forstyrret, ikke er IgE-mediert, autonom nerve-aktivitet.

#### 5.4.2 Soft flesh-parasitten *Kudoa*

Problemer knyttet til denne parasittgruppen ligger i grenselandet mellom råstoffkvalitet, fiskehelse og mattrygghet. Det er nylig oppdaget og identifisert en ”ny” parasitt i norske farvann, *Kudoa histolytica*, som er det kausale agens bak det såkalte *soft flesh*-fenomenet hos Atlantisk makrell (Levsen, submitted). Slekten *Kudoa* tilhører parasittgruppen myxosporidier som er primitive flercellede organismer med størst fylogenetisk affinitet til nesledyrene som for eksempel maneter og koraller. Like etter fiskevertens død frigir *Kudoa* sterke proteaser som på kort tid løser opp fiskens muskulatur fullstendig. *Kudoa* er så langt kun påvist hos makrell fra Nordsjøen i vektgruppen 450+ g. I de fleste tilfellene veide infisert makrell over 600 g. Blant disse kan over 8 % i enkelte fangster være infisert. Våre funn tyder dessuten på at *Kudoa* ikke er jevnt fordelt i den delen av den Nordøst-atlantiske makrellstammen som hver sesong vandrer inn i Nordsjøen og Norskehavet. Det er flest infiserte makrell mot slutten av sesongen. Årsaken til dette er foreløpig ikke kjent.

#### 5.4.3 Parasitter – human risiko

- Human infeksjon (Anisakidose) ved konsum av rå eller kun lettbehandlet fisk og, i mindre grad, blekksprut.
- Overfølsomhetsreaksjoner: avhengig av sensibiliseringsstatus hos konsument. Reaksjoner kan oppstå hos sensibiliserte personer ved utilsiktet konsum av levende *Anisakis*, eller ved inntak av prosessert sjømat der det finnes molekylære spor (allergener) av *Anisakis* som opprettholder sitt allergene potensial etter tilvirkning (frysing, salting, marinering, røking, koking etc).
- *Soft flesh-parasitten Kudoa* – mulige overfølsomhetsreaksjoner, særlig hos personer med redusert allmentilstand og/eller redusert immunstatus. Sensibiliseringsveier og ev. kryssreaksjoner er ukjent.

#### 5.4.4 Kunnskapsbehov

##### *Påvisningsmetoder*

##### *Parasittenes biologi og påvirkning av verten(e)*

- *Populasjonsdynamikk/livssyklus inkl. molekylær taksonomi*  
Sammenhengen mellom størrelsen på hval- og selbestander og forekomst av *Anisakis* og *Pseudoterranova* i fisk i aktuelle havområder. Empiriske observasjoner tilsier at jo større bestander av hval og sel desto større forekomst av kveis i fisk fra de samme områdene.
- Klimaendringens innvirkning på *Anisakis*-forekomst (parasitter generelt), og eventuelt relasjoner til fiskens vekst og kondisjon.
- Modellering av *Anisakis*' livssyklus: pelagisk/oseaniske *Anisakis*-populasjoner vs kystnære/bentiske populasjoner: tilpasninger i forhold til vertsspekter (fitness og virulens), sesongvariasjoner, artsdannelse/molekylær taksonomi (speciation processes).
- Livssyklusen til *Kudoa* er ukjent. Dette gjelder også for de fleste andre marine myxosporidier, noen av disse er av betydning innen fiskehelse som for eksempel *Parvicapsula*. Mottakelighet for norsk laks for *Kudoa*, da det er påvist hos Kanadisk oppdrettslaks Det er dermed en reel trussel og det er derfor viktig å kartlegge mulige smitteveier.

### **Parasitter og mattrygghet**

- Forekomst og fordeling (innvoller/kjøtt) av nematoder i (fangstbasert) oppdrett av torsk.
- Overfølsomhetsreaksjoner inkl. allergi hos konsument: Prevalens av *Anisakis*-spesifikke antistoffer i ulike befolkningsgrupper (alder, kjønn, etnisk bakgrunn, spisevaner/landsdel).
- Man har funnet immunologiske kryssreaksjoner mellom *Anisakis*-antigener og antigener fra andre endoparasitter (nematoder som *Ascaris* og *Toxocara*), insekter (kakerlakker og røde mygglarver) samt husmidd. Alle disse inneholder panallergene proteiner slik som tropomyosin, som dessuten finnes i skjell, østers, reker og krabbe, og som det er kunnskapsbehov å avdekke deres rolle i sjømat allergi. Det mangler også kunnskap om hvorvidt *Kudoa* er involvert i overfølsomhetsreaksjoner hos konsument.

## **5.5 Kunnskapsbehov, oppsummering**

- Det er behov for økt kunnskap om endringer i biologiske risikofaktorer (bakterier virus, prioner og parasitter) utbredelse (geografisk og i ulike produkter) og egenskaper med betydning for mattrygghet.
- Det er svært viktig å videreutvikle egnede analysemetoder for påvisning av biologiske patogene agens i sjømat og miljø

## **5.6 Utvalgt litteratur**

Ahmed, F.E., 1991. Seafood safety. National Academy Press, Washington, D.C., USA.

Belay, E.D. 1999. Transmissible spongiform encephalopathias in humans. *Annu. Rev. Microbiol.* **53**: 283-314.

Myrmel, M., E.M.M. Berg, E. Rimstad and B. Grinde. 2004. Detection of enteric viruses from shellfish from the Norwegian coast. *Appl. Environ. Microbiol.*, **70** (5): 2678-2684.

Rivera-Milla, E., C.A.O. Stuermer and E. Málaga-Trillo. 2003. An evolutionary basis for scrapie disease: identification of a fish prion mRNA. *Trends in Genetics.* **19**: 72-75.

Rørvik, L.m. 2007. *Listeria monocytogenes*, i Granum, P.E., (red.) Matforgiftning, næringsmiddelbårne infeksjoner og intoksikasjoner, Høyskoleforlaget, Oslo, Norway

Alexander, J., Frøyland, L., Hemre, G-I., Koster Jakobsen, b., Lund, E., Meltzer, H M., Utne Skåre, J. 2006., Et helhetssyn på fisk og annen sjømat i norsk kosthold. Vitenskapskomiteen for mattrygghet, Oslo, Norge.

WHO/FAO, 2004. Risk assessment of *Listeria monocytogenes* in ready-to-eat foods, Geneva, Switzerland, <http://www.who.int/foodsafety>

MSIS 2007, <http://www.msis.no>

Zoonoserapporten 2006, <http://www.vetinst.no/nor/tjenester/publikasjoner/zoonoserapporten>



## 6 Videreforedling og distribusjon av sjømat

Foredling og distribusjon påvirker sjømattryggheten, spesielt når det gjelder humanpatogene bakterier. Fordi disse kan vokse i næringsmiddelet, drepes i noen prosesser, og få endret veksthastighet av andre prosesser. Egenskapene til bakteriene påvirkes også. Et eksempel fra pågående forskning tyder på at lagringstemperatur ikke bare påvirker veksthastigheten til humanpatogener i sjømat, men også uttrykket av virulensgener. Videre er det funnet at disse effektene sees i sterkere grad når bakteriene er inokulert i fisk enn om de dyrkes i tradisjonelle dyrkingsmedier. Funnet illustrerer at det er behov for forskning på effekter av prosessering for å styrke mattryggheten av sjømat.

Nivået av miljøgifter og toksiner i sjømat påvirkes ikke av prosessering i like stor grad som mikrober, men noen stoffer kan dannes ved varmebehandling osv. Røyking og enkelte andre prosesser kan også føre til danning av kreftfremkallende stoffer.

Vi skal i dette kapittelet gi noen eksempler på hvordan ulike foredlingsprosesser påvirker sjømattryggheten, men først se på noen generelle trender i foredling og distribusjon med spesiell relevans.

### 6.1 Trender med betydning for sjømattrygghet

Fra et økonomisk ståsted vil det fra fiskeindustriens side være ønskelig med lang holdbarhet på produktene, på grunn av tid til transport og omsetning ute i butikkene. Samtidig er trenden i markedet en økt omsetning av varer som har et høyt ferskhetspreg og/eller inneholder lite konserveringsmidler. I tillegg skal produktene som frembys være brukervennlige både å handle og tilberede for konsumenten, og dessuten tilpasses mattrender som for eksempel ”ready-to-use” produkter, ”functional food”, eksotiske matretter med nye råvarer, osv. Alle disse forholdene er og vil være en utfordring i arbeidet med å sikre trygge matvarer.

Produksjon av sjømat (fangst og oppdrett) skjer ofte langt fra markedet. Distribusjon krever tid, og det er en utfordring ettersom sjømat forringes svært raskt ved kjølelagring. Forringelsen skjer om lag dobbelt så raskt ved kjølelagring (4 grader) som ved islagring. I følge Mattilsynets tilsynskampanje i 2006 (og praktisk erfaring for øvrig) forekommer brudd på kjølekjeden relativt hyppig. Dette er ikke bare et problem for kvaliteten, det gir også muligheten for at noen humanpatogene mikrober kan formere seg. Dette gjelder for eksempel *Listeria monocytogenes*, som kan formere seg ved temperaturer over ca 3 grader. Vi har til nå antatt at ubehandlet filet som lagres på 4 °C, vil utvikle en rekke avvikende sensoriske egenskaper (lukt og utseende) slik at patogene bakterier som måtte finnes i fileten ikke vil rekke å vokse til infektive doser før produktet er sensorisk uakseptabelt. Ny forskning har imidlertid vist at betjening i fiskedisker ofte ikke kan sortere fisk av ulik ferskhet. Det vil si at produkter med avvikende lukt eller utseende ikke sorteres ut. Forbrukerne vil dermed utsettes for risiko, spesielt dersom fisken skal spises rå i form av sushi og carpaccio. Forutsetningen for å kunne foreta en tilstrekkelig sensorisk vurdering av sjømat er opplæring, trening og oppfølging.

Frysing bevarer kvaliteten til sjømat bedre enn det kjølelagring gjør. Frysing har derfor åpnet muligheten for å foredle fisken i land med lavere kostnader enn i Norge. En typisk verdikjede for norskprodusert fisk er at den fanges i Norge, fryses ned og transporteres til Kina, der den tines og fileteres før den fryses igjen, og transporteres til markeder i Europa eller USA. Her kan fisken frambyes fryst, eller den kan tines og frambyes i som kjølevarer som et alternativ til fersk fisk. Denne praksisen er fullt lovlig, men innebærer likevel en risiko. Frysing endrer bakgrunnsfloraen i fisken noe, slik at man ut fra fiskens lukt kan forledes til å tro at den er ferskere enn den i realiteten er. Frysing dreper ikke humanpatogene bakterier, i alle fall ikke alle humanpatogene

bakterier, og disse vil kunne vokse etter tining. Slik ”maskering” av produksjonshistorien kan derfor medføre at humanpatogene bakterier, derom de finnes i fisk, kan vokse til høyere nivåer i tint fisk enn i fersk fisk før fisken går ut på holdbarhetsdato. I verdikjeder med mange ledd er det derfor vesentlig at siste ledd, dvs leddet som gir informasjon om holdbarhetsdatoen på produktet, baserer denne på riktig informasjon om mellomlagringsfaser og produksjonshistorie i foregående ledd. Det er også klart at økt grad av prosessering øker faren for kontaminering av produktet.

De siste par årene har utvalget av bruksvennlige sjømatprodukter økt i norske butikker. Det finnes nå ferdig marinerte fiskebiter av ulike arter klare for å steke i wok, grillspyd med ulike fiskeslag og grønnsaker klare til å legge på grillen, farseprodukter som skal spises kalde, ferdige sushibiter eller ”kits” med alt man trenger til å lage sushi hjemme, osv. Dette bidrar temmelig sikkert til å øke fiskeforbruket hos forbrukere som ellers ikke spiser så mye fisk, og det er ønskelig. Imidlertid gir nye blandinger av ingredienser og nye tilberedningsmåter mulighet for nye risikofaktorer. Løsningen er ikke å forhindre at eksperimentering med sjømat skjer, men snarere og framskaffe kunnskap slik at man kan forebygge at det gjøres uheldige kombinasjoner - og gi god informasjon til forbrukere, og næringsaktører om hvordan man kan hindre unødvendig risiko. Et eksempel på forskningsbehov i så måte kan være å undersøke om rå tunfisk og torsk bør blandes. En slik blanding kan virke tilforlatelig, men det er kjent at torsk og andre kaldtvannarter inneholder histaminproduserende bakterier. Disse er ikke noe problem i torsk, fordi den inneholder så lite histidin at det ikke dannes skadelige mengder histamin. Tunfisk er derimot svært rik på histidin, og bakterier fra torsk kan, muligens, bidra til at det dannes histamin i tunfisken selv ved kjølelagring.

Tradisjonsprodukter som klippfisk og tørrfisk eksporteres i store mengder fra norsk fiskerinæring. Disse produktene verdsettes høyt i latinske land, men oppfattes av mange som tungvinte å lage. Dette forsøker forskere og næringsaktører å møte med mer bruksvennlige varianter (konf ferdigretter av fårikål og kjøttkaker i Norge). Her møter man også utfordringer for mattryggheten. Nyere forskning har vist at salting og tørking slett ikke er til noe hinder for tilstedeværelse av humanpatogene bakterier som *Listeria* og *Staphylococcus*, det vil si at tørrfisk og saltfisk kan inneholde disse bakteriene. Tradisjonelt ville humanpatogene bakterier drepes ved koking. Nå benyttes imidlertid mikrobølgeovn i stadig større grad for oppvarming, også for tradisjonsprodukter. Det er kjent at flere patogener har sterkere overlevingssevne ved mikrobølgeoppvarming enn ved koking. Man antar det skyldes at mikrobølger gir ujevn oppvarming av maten slik at bakteriene kan overleve i ”lommer”. Forbrukere og andre aktører vil neppe være forberedt på at de nye versjonene av tradisjonsprodukter har en annen risiko enn de tradisjonelle, og det er derfor behov for forskning og informasjon om hvordan ny bruk av sjømat påvirker mattryggheten.

Fiskerinæringen er global. Sjømat fra norske farvann brukes på måter vi ikke har kjennskap til, og sjømat fra andre himmelstrøk importeres til Norge der vi bruker dem slik vi tror de skal brukes. Vi lykkes ikke alltid. Et eksempel er smørfisk, som vi bruker rå i sushi, men som kan inneholde voksestere som må fjernes med varmebehandling. Det er ingen tvil om at det trengs mer kunnskap om mattrygghet og tilberedning av nye matvarer i Norge. Dette gjelder ikke bare eksotiske arter i sin ”naturlige form”. Det gjelder vel så mye for kosttilskudd og ”functional foods” der sjømat er tilsatt helsefremmende stoffer, eller bestanddeler av sjømat (for eksempel omega-3-oljer) som blir brukt som helsefremmende ingrediens i andre næringsmidler.

## 6.2 krav fra myndigheter

Import og eksport av sjømat, gjerne via transittland, gjør at fiskerinæringen må forholde seg til regelverk i mange land. Det er utfordrende i seg selv. De siste årene har også produsentenes ansvar for mattryggheten på egne produkter blitt stadig mer vektlagt fra myndighetenes side. I fjord - til bord kjeden er det ekstra utfordrende å forholde seg til dette ansvaret fordi flere

produsenter, gjerne i flere land, er involvert. I prinsippet kan primærprodusentene stilles like ansvarlig for mattryggheten til sluttproduktet som sekundær og tertiærprodusentene, selv om de siste leddene i kjeden anvender produktet "feil". Dette kan virke urimelig. Internasjonale matmyndigheter har nå tatt til orde for å avgrense ansvaret til hvert av leddene i kjeden ved å innføre performance objective (PO) langs kjeden. Det betyr at det settes opp grenseverdier på ulike trinn i kjeden i stedet for eller i tillegg til en grenseverdi for sluttproduktet. Slik kan ansvaret til aktørene avgrenses til den delen av kjeden som ligger mellom to PO-verdier. Det vil kreve mye forskning for å fastsette riktige PO-verdier for sjømat til ulike anvendelser. Det vil også være nødvendig å utvikle prøvetakingsregimer for sjømat til ulike anvendelser. EU har allerede utlyst forskningsmidler på dette området.

## 6.3 Foredlingsprosesser for fisk

### 6.3.1 Råstoff

Fisk som omsettes fersk eller i frossen tilstand skal i henhold til forskriften sløydes så snart som mulig etter utblødning. Bløgget, sløyd og hodekappet fisk legges deretter i kasser med is eller i RSW (nedkjølt sjøvann) før videre prosessering. Innvoller tas vare på for videre ensilasje. Innvollene kan brukes som råstoff til produksjon av fett, proteinhydrolysater eller biokjemikalier.

### 6.3.2 Skjæring av filet og skiver

Filetering og skjæring i skiver kan gjøres maskinelt eller manuelt. Det er utviklet ulike filetmaskiner for ulike typer fisk på grunn av ulik fasong. Ved maskinell filetering er det viktig å oppnå et godt utbytte. Dersom en filetmaskin ikke er optimalt innstilt, reduseres utbytte, og bedriften vil tape penger. Filetering for hånd utføres i hovedsak på små og stor fisk som ikke passer inn i filetmaskinene. Filetmaskinen kan for eksempel dele fisken i tre deler; hode, ørebein og fiskekroppen som deretter fileteres eller skjæres i skiver. Filet kan produseres med eller uten skinn, mens skiver alltid har skinn på. Hode, skinn, ørebein og ryggbein går enten til farseproduksjon eller til dyrefor. Fiskekroppen går til reinskjæring for å fjerne tykkfiskbein, spåmannsbein og eventuelle rester av finnebein, blodrester eller kveis.

Avskjæret etter reinskjæring blir rensert i en beinseparator før det deretter går til farseproduksjon. Noe av fileten fryses ned enten til IQF produkter (for eksempel konsumpakker) eller til blokkprodukter. Nedfrosne blokker av filet kan brukes som råstoff til panerte produkter, f.eks. fiskepinner. Fersk filet kan omsettes uten videre bearbeiding, MAP pakkes, røykes, graves eller saltet. Fisk som skal spises som sushi, skal iht. til kvalitetsforskriften for fisk og fiskevarer fryselagres i minimum 24 timer før tilberedning. Frysing skal drepe parasitter. Unntaket her er oppdrettsfisk som har fått tørrfôr, og som dermed har en lav risiko for å ha kveis. I løpet sommeren 2008 vil det imidlertid tre i verk nye regler (hygienepakken), der det heter at alt av fisk som og fiskevarer som skal spises rå eller nesten rå må fryses før konsum (enten før eller etter bearbeiding).

### 6.3.3 Kjølelagring og MAP pakking

Ved å kjølelagre fersk fisk forlenges holdbarheten ved at de autolytiske reaksjonene foregår langsommere og hastigheten på bakterieveksten reduseres. Av de sykdomsfremkallende bakteriene er det særlig *Listeria monocytogenes* og *Clostridium botulinum* som kan skape fare. De kan begge utvikle seg i kjølelagrede vakuumpakker. I MAP pakker (modifisert atmosfære) kan disse bakteriene hemmes noe ved økt innhold av CO<sub>2</sub>, men det er også publisert studier som indikerer at slik behandling øker sannsynligheten for at *Listeria* vil overleve gjennom magesyre og dermed ha større infektivt potensiale. Tendensen i markedet er økt omsetning av ferske kjølelagrede produkter, enten av bare fisk eller fisk i kombinasjon med andre ingredienser. Holdbarheten til disse produktene kan forlenges enten ved en sous-vide behandling (svak varmebehandling) eller ved pasteurisering.

### 6.3.4 Frysing – tining

Ved innfrysing senkes vannaktiviteten, og mengde tilgjengelig vann reduseres ved at vannet fryses ut. Ved fryselagring bør en ned på -30 °C for å hemme de kjemiske og enzymatiske reaksjoner tilstrekkelig. Ved lengre tids frysing kan det skje en frysebrenning eller harskning av fett. Dette kan reduseres eller unngås ved å glassere (med vann) eller vakuumpakke. Tineprosessen vil ha betydning for kvaliteten og matvaretryggheten for det tinte produktet. Ved tining er det viktig å unngå lokalt høye temperaturer, proteinet i torsk denaturerer ved 30 °C. Videre er det viktig å unngå drypptap og dehydrering. Høye temperaturer under tine prosessen vil medføre en unødig vekst av bakterier som igjen kan gi redusert kvalitet og lavere matvaretrygghet. Ved bruk av sjømat som har vært frosset og tint, er det viktig å ha kjennskap til tid- og temperatur- historien. Sjømat som har vært utsatt for en utilstrekkelig fryse- og tineprosesser bør derfor sorteres ut og anvendes til produkter med lavere krav til kvalitet og mattrygghet.

### 6.3.5 Lettsalting, marinering og konservering

Saltlake, smakstilsetning, konserveringsmidler og andre tilsetningsstoffer kan tilføres ved at fisken dyppes i lake, ved stikkinjisering via sprøyter eller ved å tromle fisken i lake. De to siste behandlingsmåtene gir raskere opptak av laken i fisken. Laker og rørsystemer er utsatt for kontaminering. Ved stikkinjisering blir kontaminasjonen ført inn til kjernen av fileten, og vil ikke bli oppdaget dersom det bare tas prøver av overflaten. Pakking i modifisert atmosfære eller i emballasje med antibakterielle stoffer vil også ha størst virkning på overflaten.

Lettsaltede, marinerte og konserverte produkter skal ikke modnes før de spises, men de har i noen tilfeller lenger sensorisk holdbarhet enn uoprosserte produkter. Det er viktig å merke seg at formålet med konservering oftest er å forlenge den sensoriske holdbarheten, ikke å forbedre mattryggheten. Mange konserveringsmidler har bare beskjedne eller ingen effekt på veksten av humanpatogene bakterier. I praksis betyr det at disse mikrobenes kan vokse til høyere nivåer i konserverte produkter enn i ikke-konserverte produkter før holdbarhetstiden går ut.

### 6.3.6 Røyking, graving og speking

Røykeprosessen i fisk er en metode som kombinerer flere konserveringsprinsipper. Ved røyking reduseres vannaktiviteten på grunn av uttørring og tilsetning av salt. I røyken er det syrer, fenoler og formaldehyd som tilføres produktet. Disse forbindelsene vil også påvirke fiskens smak, farge og aroma. Fenoler er hovedansvarlig for røykaroma i produktet, i tillegg har stoffet en desinfiserende virkning. Under røykeprosessen avleires fenolene på overflaten og det trenger langsomt inn i produktet. Under røykeprosessen kan også PAH dannes. Noen av disse er kreftfremkallende.

Syrene i røyken gir en redusert pH, som igjen gir en redusert mikrobiell vekst. På overflaten av fisk er det observert at pH verdien reduseres fra 6,7 til 5,9 under røykeprosessen. Selv om fisken er røkt er det viktig å kjølelagre og vakuumpakke produktet for å redusere risikoen for utvikling av *Listeria monocytogenes* og *Clostridium botulinum*.

Graving foregår ved å tilsette fisken salt, sukker og krydder, og la blandingen modne på kjølelager i noen dager. Speking foregår på lignende måte, men her er saltmengden noe større, og det brukes vanligvis ikke sukker. I løpet av modningsperioden (graving og speking) endres mikrofloraen ved at forråtnelsesbakteriene i fersk fisk hemmes. Gravede og spekede produkter får derfor lenger holdbarhet. Humanpatogene bakterier kan vokse i gravede produkter. Dette er mindre undersøkt for spekede produkter, men basert på studier med fullsaltede produkter, anses det som sannsynlig at humanpatogener kan overleve i produktene, men ikke vokse. Ved bruk av spekede fiskeprodukter på smørbrød og i salater kan det tenkes at humanpatogene bakterier, om de finnes i den spekede fisken, vil kunne diffundere over i andre ingredienser og vokse i disse.

### 6.3.7 Fiskemasse

Fiskemasse er malt eller hakket fiskemuskel. Den består av rent kjøtt uten tilsetningsstoffer. Fiskemasse kan brukes til produksjon av farsevarer som fiskepudding (utspedd fiskemasse). Surimi lages ved å vaske ut enzymene i fiskemassen og deretter tilsette frysestabilisatorer. Ved oppmaling av fiskemasse økes den totale overflaten mellom produkt og omgivelser. En eventuell forurensning, fra luft eller urent utstyr, vil derfor redusere holdbarheten og matvaretryggheten langt raskere enn om en sammenligner med en hel fiskemuskel. Generelt er det overordnet å ha faste og gode rutiner for hygiene og renhold der det produseres næringsmidler. Et utilstrekkelig renhold vil over tid føre til at det dannes en biofilm på overflater. I en biofilm er det vist at patogener kan vokse, og dermed representere et kontinuerlig smittepress i bedriften. Dersom en biofilm først er dannet, vil det kreve stor innsats for å få denne fjernet.

Fiskemasseprodukter varmebehandles, men spises ofte kalde etter noen dagers kjølelagring. Fiskeproteiner koagulerer ved lavere temperatur enn kjøttproteiner, og får lettere tørr tekstur ved varmebehandling. Det er derfor en utfordring å oppnå en kjernetemperatur som er høy nok til drepe humanpatogene bakterier og lav nok til å oppnå god sensorisk kvalitet.

### 6.3.8 Saltfisk og utvannet klippfisk

Fisk som skal saltes flekkes. Ved flekking er det viktig å fjerne den forreste delen av ryggraden hvor blodranda er. Ved å fjerne blodranda unngår en problemer med ødeleggende enzymer under salteprosessen.

Salting av fisk kan enten skje ved lakesalting eller ved tørrsalting. Den konserverende effekten oppnås også her ved å redusere vannaktiviteten i produktet. Ved salting i lake, trekkes væsken ut fra fisken og det dannes en lake. Ved tørrsalting legges salt mellom lagene av fisk på en pall. Laken som dannes, renner av etter hvert som den trekkes ut av fisken. Saltfisk (saltmettet torsk) har et saltinnhold på ca 15 %, mens klippfisk (tørket saltfisk) har et saltinnhold på ca 20 %. Ved å redusere vannaktiviteten i produktet stoppes veksten av patogene bakterier dersom de er tilstede, men de drepes ikke. Ved utvanning reduseres saltinnholdet til ca 2 - 3 %, vannaktiviteten økes og vekstbetingelsene for patogene bakterier bedres. I enkelte retter av sjømat inngår rå fullsaltet fisk som en ingrediens, her vil også en eventuell forekomst av f.eks. *Listeria* representere en helsefare for forbrukeren. Ved lengre tids lagring av utvannede produkter av saltfisk, vil for eksempel *Listeria* ha gode vekstbetingelser, og bakterien kan komme opp i infektive doser uten at produktet har avvikende lukt. Dette skyldes salteprosessen som har endret mikrofloraen i fisken slik at "varslingsbakteriene" ikke lenger er tilstede og kan advare forbrukeren mot å spise produktet. Dersom det utvannede produktet skal varmebehandles før konsum, som det gjøres for bruk i Bacalao, reduseres risikoen for å bli syk av å spise fisken. Men i andre tilfeller kan varmebehandlingen være mindre tilstrekkelig. Et eksempel her er steking av fiskekaker der farse av utvannet saltfisk inngår som en ingrediens, og der kjernetemperaturen i produktet er for lav til å drepe *Listeria*.

### 6.3.9 Tørrfisk og utbløtt tørrfisk

Ved tørking av fisk senkes vanninnholdet fra ca 80 % til ca 15 %. Dette fører til en redusert vannaktivitet ( $a_w$  0.70) som igjen fører til redusert veksthastighet for mikroorganismer (økt tid for dobling). Dette gjelder spesielt områder som tørker sakte i kjernen på fisken. Overflaten vil raskt tørke ut og ikke gi vekst av bakterier over lengre tidsperioder. Dårlig tørking kan også skyldes dårlige tørkeforhold slik som mye nedbør og høy temperatur. Dersom patogener er til stede i fisken før tørking, kan disse overleve tørkeprosessen.

Tørrfisk spises rå, det vil si at det er en risiko for å få i seg smitte fra patogener dersom disse er tilstede. Utvanning av tørrfisk tar 10 dager eller mer. Dersom vannet eller fisken kontamineres i

løpet av utvanningen kan dette føre til at patogene bakterier kan øke i antall. Dersom den påfølgende varmebehandlingen er utilstrekkelig eller at det skjer en krysskontaminering, kan dette medføre redusert matvaretrygghet.

Lutfisk produseres fra tørrfisk. Etter luting legges fisken i vann i flere dager. Dette gir tilsvarende fare for kontaminering som for utbløtt tørrfisk.

### **6.3.10 Raking**

Råstoff til raket fisk er i hovedsak fete fiskeslag som laks, sild og makrell. Ved fremstilling av rakfisk er det viktig med anaerobe forhold (oksygenfritt), og lav temperatur. Saltinnholdet i rakfisk er ca 4-6 %. Med et saltinnhold under 5 %, øker risikoen for vekst av *Clostridium botulinum*. Ved å holde en lav temperatur, reduseres dermed risikoen for vekst av denne bakterien. Andre patogener som fryktes i disse produktene er *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus* og i sjeldnere tilfeller ulike typer *Aeromonas* og *Yersinia*. De to første kan være livstruende, mens de andre fører til oppkast og diare.

### **6.3.11 Prosesstiltak for reduksjon av risiko: Instrumentell deteksjon av bein og kveis**

Når det gjelder deteksjon og fjerning av bein, er status at det finnes teknologisk utstyr som kan påvise bein nøyaktig nok i forhold til størrelsen på bein – det vil si ned til en grense/størrelsesverdi hvor det er svært lite sannsynlig at en konsument vil oppdage beinet eller ha noe ubehag av det. Dette utstyret benyttes nå som sluttkontroll på produksjonslinjer. Den fremtidige utfordringen i forhold til bein er å utvikle teknologi som kan fjerne bein på en måte som ikke forringer eller reduserer mengden råstoff.

For kveis finnes det ikke kommersielt tilgjengelig teknologi for deteksjon eller fjerning. For deteksjon av kveis er det utarbeidet en teknologisk løsning som kan påvise kveis ca. 0.8 cm inn i fileten. Denne løsningen vil bli industrialisert. Selv med en slik teknologi, vil en ikke kunne garantere at produktet er kveisfritt – noe som trolig vil være ønskelig fra forbrukerhold. Det er derfor et behov for å videreutvikle utstyret slik at det kan garantere produkter som er kveisfrie.

Det har lenge vært kjent at inntak av levende kveis kan føre til sykdomsreaksjoner; magesmerter, oppkast og allergiske reaksjoner. I den grad det konsumeres mer rå fisk vil det være et behov å kunne garantere at denne er fri for parasitter. I løpet av de siste 5-6 årene er det imidlertid også rapportert om allergiske reaksjoner hos mennesker som har inntatt temperaturbehandlet fisk. Det er gjort noe arbeid innen feltet allergi og kveis i de seinere år, men dette er kanskje også noe en burde ta tak i ettersom Norge er en stor eksportør av fisk. Det kan også være relevant å øke kunnskapen om ”overlevelsessevnen” til kveis og de stoffene i kveisen som fører til allergiske reaksjoner.

## **6.4 Rekeindustrien**

Rutiner for renhold og hygiene må tilpasses de ulike typer sjømat og krav til trygghet. I en bedrift som produserer reker vil det være strengere krav til hygiene og renhold på grunn av at produktet ikke skal varmebehandles før konsum. Bedrifter som produserer fileten av hvitfisk, produserer produkter som får en eller annen varmebehandling før konsumering.

## **6.5 Emballasje**

Matvareemballasje skal være slik at maten ikke tilføres stoffer som kan være helseskadelig. EU har et omfattende regelverk på området matvareemballasje særlig når det gjelder ulike plastemballasjer med positivlister for ulike kjemikalier som kan inngå - og migrasjonsgrenser. Fiskeprodukter omsettes i økende grad pakket i ulike former for plastemballasje. Spesielle problemer er knyttet til kjemikalier i emballasje som lett migrerer til fete matvarer. Dette er et aktuelt tema for eksempel når det gjelder pakking av fete fiskeprodukter. Det er behov for undersøkelse av migrasjon til aktuelle fiskeprodukter.

## 6.6 Kunnskapsbehov

- Forskningsbehovet innen områdene foredling og distribusjon anses størst for humanpatogene mikrober og parasitter. Parasitter tas med fordi de kan fjernes ved prosessering. Miljøgifter påvirkes i liten grad av prosessering, og tas derfor ikke med. Andre fremmedstoffer er relevant i den grad de tilføres via emballasje og prosessutstyr.

### *Temaer for videre forskning*

- Studier av vekst og overlevelse av humanpatogene mikrober i sjømat og sammensatte produkter med sjømat gjennom hele fjord-til-bord kjeden. Slike studier er viktige for fastsettelse av fornuftige PO verdier og design av prøvetakingsregimer, og er dessuten viktig for ”risk assessment” av sjømat. Behovet er spesielt stort for nye anvendelser og foredlingsmetoder av sjømat, men det er mangel på kunnskap også for tradisjonelle produkter, spesielt for lagring ved realistiske (ikke idealiserte) tid-temperaturforhold. Det er utviklet en rekke modeller for vekst av patogener med ulike tilsetningsstoffer tilstede i sjømaten. Ved tilegning av ny kunnskap om patogener, vil det være et behov for å evaluere og oppdatere eksisterende modeller for risikovurdering.
- Studier av hvordan prosessering/forbehandling av sjømat påvirker humanpatogene mikrobers evne til å gi infeksjon i kroppen. Her tenkes det på overlevelse gjennom magesyre og virulensuttrykk i tarm. Utvikling av modellsystemer for dette formålet er ønskelig.
- Utvikle utstyr og analyseverktøy som kan sikre og/eller verifisere informasjon om tid-temperaturforholdene ved produksjon og distribusjon. Utvikling av verktøy for rask tilbaketrekking av produkter ved behov er også relevant.
- Importert sjømat. Hvilke humanpatogene agens fører de med seg, og hvordan kan man unngå at det utvikles nye risikofaktorer? Det kan også være nødvendig å utvikle nye eller tilpasse eksisterende analysemetoder til nye agens og matriser.
- Ved bruk av ulike videreforedlingsmetoder i kombinasjon med ulike konserveringsmidler, endres den totale mikroflora i produktet. Det er og vil være et fremtidig forskningsbehov å øke kunnskapen om endringer i veksten av de ufarlige ”varselbakteriene” i forhold til de patogene bakteriene. Økt kunnskap på dette feltet kan være et grunnlag for å justere prøvetakingsplaner for ”risikoprodukter”.
- Utvikle utstyr for sikker deteksjon og fjerning parasitter og beinrester.
- Undersøke om det er behov for differensiert bruk av sjømatprodukter for ulike forbrukergrupper (immunsupprimerte, gravide, pasienter, vanlige forbrukere). Hvor bør i så fall differensiering skje, og hvem bør tillegges ansvar for å gi risikoinformasjon? Slike vurderinger er dels politiske og dels basert på hvordan risiko endres ved ulik bruk av sjømat og tilstand til konsumenten. Det er nødvendig at det gjøres forskningsbaserte studier på området for at det skal bli tatt med i offentlige risikovurderinger.
- Opplæring i seg selv er ikke fremtidig forskningsbehov, men ut i fra et forbrukerperspektiv, kan elementer som fremmer og hemmer tilegning av kunnskap om sensorisk kvalitet og mattrygghet på sjømat være et tema.

## 6.7 Kunnskapsbehov, oppsummering

Det er behov for:

- økt kunnskap om hvordan fremtidig videreforedlingsprosesser og distribusjonsmønster påvirker mattrygghet
- videreutvikling av egnede analysemetoder for påvisning av patogene agens i sjømat på ulike trinn i produksjonsprosessen.

## 6.8 Utvalgt litteratur

Bøgh-Sørensen, L., Højmark Jensen, J., Jul, M., Zeuthen, P., 1992. Konserveringsteknik. DSR Forlag, København, Danmark.

EFSA Opinion of the Scientific Panel on Biological Hazards on microbiological criteria and targets based on risk analysis. The EFSA Journal (2007) 462, 1-29.

Hall, G.M., 1992. Fish processing technology. Blackie Academic & Professional, NY, USA.

Lynum, L., 2005. Videreforedling av fisk. Tapir, Akademisk Forlag, Trondheim, Norge.

## 7 Marine algetoksiner i skjell, krepsdyr og fisk

### 7.1 Generelt om skjellkonsum Innledning:

Generelt om skjellkonsum og helse: Skjell er blant de få dyregrupper som ofte spises i rå tilstand. Dette er en av hovedårsakene til matforgiftninger assosiert med konsum av skjell. Skjell har evne til å akkumulere en rekke ulike grupper potensielt skadelige agens, som tungmetaller, polysykliske aromatiske hydrokarboner, pesticider, radionuklider, marine algetoksiner, parasitter, bakterier og virus.

Rapportering og registrering av forgiftninger assosiert med konsum av skalldyr som inneholder marine algetoksiner, virus eller bakterier, er svært mangelfull. Årsaken er i første rekke at symptomene i de fleste tilfeller er så uspesifikke (kvalme, oppkast, generelt ubehag), noe som enten ikke fører til legebesøk, eller i alle fall ikke registreres av myndighetene. Unntaket er når det opptrer en rekke matforgiftninger innen kort tid, og saken blir offentlig kjent.

Marine algetoksiner: Det er beskrevet flere tusen arter av planteplankton, og av disse er ca. 75 arter assosiert med produksjon av toksiner. De aller fleste toksinproduserende algene tilhører klassen dinoflagellater (*Dinophyceae*). Det er fortsatt ikke klart hvorfor noen arter produserer potente toksiner, men man antar at miljøforholdene spiller en rolle i tillegg til genetisk disposisjon. Videre har man i visse tilfeller funnet at bakterier kan bidra til toksinproduksjonen. Algene er den naturlige føden for skjell som filtrerer algene fra sjøvannet. Skjellene tar stort sett ikke skade av toksinene, mens de kan representere alvorlige helseproblemer for mennesker som spiser skjell. Mengden toksin i den enkelte algecelle kan variere i stor grad, slik at telling av toksinproduserende alger kun gir en indikasjon på mulig helsefare ved konsum av skjell. Det er uklart om problemet med toksinproduserende alger øker, men det er mye som tyder på det.

Spredning av toksinproduserende alger via ballastvann fra skip er et betydelig internasjonalt problem. Algetoksinene kan overføres i næringskjeden til bl.a. snegler, kråkeboller, krabbe og hummer ved at de beiter på skjell. I vårt land har ikke dette vært noe stort problem, med unntak av en episode i 2002, da brunmaten i taskekrabber (*Cancer pagurus*) som hadde spist blåskjell (*Mytilus edulis*), førte til diaréforgiftning av flere hundre mennesker på Sør-Østlandet.

Visse algearter kan "blomstre" i meget høye konsentrasjoner, og utgjør da en stor fare for fiskeoppdrettsnæringen gjennom akutt forgiftning av fisk via virkninger på gjellene. Disse toksinene representerer ikke noe helseproblem for mennesker som spiser fisk som kan ha vært eksponert for algene.

### 7.2 Algetoksiner i skalldyr, hovedsakelig skjell:

På et møte i Dublin (2004) i regi av FAO/WHO ble ekspertene enige om en ny inndeling av toksinene, klassifisert etter kjemisk struktur:

- "Saxitoxin group" (PSP-toksiner), som kan forårsake sykdom hos mennesker.
- "Okadaic acid group" (DSP-toksiner), som kan forårsake sykdom hos mennesker.
- "Azaspiracid group" (AZP-toksiner), som kan forårsake sykdom hos mennesker.
- "Domoic acid group" (ASP-toksiner), som kan forårsake sykdom hos mennesker.



- ”Brevetoxin group” (NSP-toksiner), som kan forårsake sykdom hos mennesker.
- ”Pectenotoxin group” (PTX-toksiner)
- ”Yessotoxin group” (YTX-toksiner)
- ”Cyclic imine group”.

Man har ikke påvist at eksponering for toksiner fra de tre gruppene, PTX, YTX og cykliske iminer har forårsaket sykdom hos mennesker, mens de gir utslag ved injeksjon i bukhulen hos mus (tradisjonell påvisningsmetode for marine algetoksiner i skjell).

### 7.2.1 Inntak av skjellmat

Det er store individuelle og sesongmessige variasjoner når det gjelder konsum av skjell. I Norge spiser 33 % av befolkningen skjell 1–11 ganger pr. år, og 2 % 1–8 ganger pr. måned.

Internasjonal ekspertgrupper har konkludert at skjellkonsum blant storkonsumenter kan være mellom 250 og 400 g skjellmat, basert på tall fra en rekke land. Dette er viktig, siden man både i EU og andre land hittil har benyttet 100 g skjellkonsum som basis for etablering av maksimumsgrenser for algetoksiner i skjell. Dette innebærer at sikkerhetsmarginene er mindre enn det som er anbefalt av FAO/WHO's eksperter (2004). I en ny risikovurdering fra EFSA er 400 g skjellmat blitt benyttet for høykonsumenter av skjell (EFSA 2008)

### 7.2.2 STX-gruppen (PSP-toksiner)

Forgiftningen har fått navnet ”Paralytic Shellfish Poisoning” (PSP) pga. de dominerende symptomene. Forgiftning observeres etter ca. 30 minutter. Inkubasjonstiden er avhengig av toksinnivået, og kan være lenger. Så snart toksinet er absorbert, er alvoret i forgiftningsforløpet avhengig av absorbert dose og elimineringshastigheten av toksinet. Siden toksinet blokkerer aksjonspotensialet i nerveceller og skjelettmuskulatur, opptrer symptomene som hemming av nerve- og muskelfunksjoner. Under alvorlige forgiftninger opptrer muskulære lammelser. Dødsfall skyldes lammelse av respirasjonsorganene. Imidlertid finner man ingen unormal puls eller lavt blodtrykk under PSP-forgiftninger.

Fenomenet har vært kjent siden 1700-tallet, men dets årsak var ikke kjent før i 1920–30-årene, da man fant sammenhengen mellom forgiftninger ved konsum av skjell og lokale opphopninger av alger fra slekten *Alexandrium*.

#### **Ansvarlige alger**

I dag kjenner man 12 arter innen slektene *Alexandrium*, *Pyrodinium*, *Gonyaulax* og *Gymnodinium* som produserer STX-toksiner. I tillegg har man funnet at noen bakterier, noen cyanobakterier (blågrønnalger), samt noen rødalger kan produsere lignende toksiner. Likevel er det slekten *Alexandrium* som er den dominerende mht. produksjon av PSP-toksiner i vårt land, og følgelig vil hovedvekten bli lagt på denne.

#### **Forekomst og utbredelse av *Alexandrium* og STX-toksiner**

Innenfor slekten *Alexandrium* er det arten *A. tamarense* som anses som hovedansvarlig for PSP-forgiftninger. Denne arten dukker opp i vannmassene tidlig på våren, og viser store lokale variasjoner, både når det gjelder geografisk fordeling og konsentrasjon i sjøen. Mens man tidligere trodde at PSP-forgiftninger bare forekommer om våren og forsommeren, har episoder her i landet de siste årene demonstrert fare for forgiftninger ved konsum av skjell langt utover høsten.

Skjell, og særlig blåskjell, har vært kjent som den viktigste kilden for PSP-forgiftninger. Imidlertid kan PSP-toksiner også påvises i andre organismer som snegler, krabbe, hummer og fisk, f.eks. makrell. Toksinene akkumuleres vanligvis i fordøyelsesorganene til de marine organismene, og derfor er ikke forgiftninger så vanlig ved konsum av andre næringsmidler enn

blåskjell, hvor det ikke er naturlig å fjerne hepatopankreas. I krabber og hummer akkumuleres PSP-toksinene også i hepatopankreas (brunmaten). I noen kulturer blir krabbens brunmat betraktet som en delikatesse, og i så fall er faren for PSP-forgiftning til stede.

Avgiftningen av blåskjell er avhengig av toksinnivået, men vanligvis tar det kun noen uker fra skjellene har tatt opp toksiske alger til de igjen kan spises. Ved høye toksinnivåer kan avgiftningen ta flere måneder.

### **Aktuelle toksiner**

STX-gruppen består hovedsakelig av tre nærbeslektede grupper toksiner, hver med seks toksiner: karbamater (med saxitoksin), sulfokarbamoyler og dekarbamoyler.

### **Virkningsmekanismer**

Saxitoksin og analogene virker gjennom binding til sete 1 på natriumkanalen i visse cellemembraner. Toksinet blokkerer strømmen av Na<sup>+</sup>-ioner inn i cellene på en doseavhengig måte, uten å påvirke kaliumkanalene. Resultatet av saxitoksineksponering blir undertrykking av musklens aksjonspotensial og derved lammelser som kan være av ulik alvorlighetsgrad og varighet. Siden alle analogene har samme virkningsmekanisme, men ulik potenshet, uttrykkes summen av toksisitet som STX-ekvivalenter, etter den giftigste analogen, STX. Minst toksisk er sulfokarbamoylgruppen, men under sure betingelser kan disse toksinene til en viss grad omdannes til de korresponderende karbamatene, med økt toksisitet som resultat. Dekarbamoylene har intermediær toksisitet.

### **Påvisningsmetoder**

Den tradisjonelle analysemetoden for PSP-toksiner har vært injeksjoner av skjellekstrakt i bukhulen på mus (såkalte i.p.-injeksjoner), og registrering av overlevelsestid. I de senere år er det utviklet flere alternative metoder, og internasjonale eksperter (FAO/IOC/WHO, 2004) anbefalte HPLC som referansemetode. En HPLC-metode har vært brukt ved Norges veterinærhøgskole siden 2002, og derved er bruken av forsøksdyr redusert betydelig. EU har nylig godtatt bruk av HPLC som alternativ til musemetoden for PSP-toksiner. Det er fortsatt behov for forbedring av den kjemiske metoden, samt videreutvikling av hurtigmatoder.

### **Forskningsbehov:**

Forbedring av analysemetodene (instrumentelle og hurtigmatoder). Studere i hvilken grad de minst toksiske analogene (sulfokarbamoylene) kan omdannes til de langt mer toksiske karbamatene i menneskers mage/tarmtraktus. Kunnskap om hvorvidt den relative toksisiteten mellom analogene også har gyldighet ved oral eksponering (dagens kunnskap er basert på relativ toksisitet ved injeksjoner i bukhulen hos mus).

## **7.2.3 OA-gruppen (DSP-toksiner)**

Diarétoksiner (som gir “Diarrhetic Shellfish Poisoning”, DSP) er et verdensomspennende fenomen, som har tiltatt i styrke og omfang siden 1970-årene. De dominerende symptomene ved DSP-forgiftninger er diaré, kvalme, oppkast og magesmerter. Symptomene starter mellom 30 minutter og noen få timer etter inntak av giftige skjell, og de varer gjerne i flere dager. Pasientene føler sterkt ubehag mens forgiftningen pågår, men den resulterer ikke i langtidseffekter.

Minimumsdose av DTX-1 og okadasyre som gir diaré hos voksne er estimert til hhv. 36 og 40 µg. Hvert år dukker diaréproduserende alger opp i sjømassene langs norskekysten og gir lokale forekomster av giftige skjell. Dette utgjør et stort problem for skjellnæringen, og innebærer en risiko for alvorlig ubehag for personer som plukker sine egne skjell.

### **Ansvarlige alger**

OA-toksinene kan produseres av flere forskjellige algearter, men hos oss domineres toksinproduksjonen av slekten *Dinophysis*, og da særlig artene *D. acuta*, *D. acuminata* og *D. norvegica*. Det

later til at *D. acuta* er den dominerende toksinprodusenten, og den kommer vanligvis senere på året enn de to andre. I tillegg til slekten *Dinophysis*, har man internasjonalt også rapportert DSP-toksinproduksjon hos arter av slekten *Prorocentrum* (*P. lima* og *P. minimum* er nevnt).

### **Forekomst og utbredelse av *Dinophysis* og DSP-toksin**

Slekten *Dinophysis* påvises i vannmassene langs hele norskekysten fra tidlig om våren til langt på høsten. Konsentrasjonene viser store variasjoner, både geografisk og over tid. Man ser ofte en våroppblomstring i april/mai, men uten påvisning av særlige mengder giftige skjell. Gjennom sommeren varierer mengden OA-toksiner i skjellene, men nivåene er oftest lave. Om høsten / tidlig på vinteren derimot, kan nivåene av OA-toksiner øke kraftig i skjellene som følge av dominans av *D. acuta*. Dersom man får opphopning av OA-toksiner i skjell sent på høsten, hender det ofte at skjellene er giftige langt utover vinteren pga. langsom utskillelse fra skjellene i denne perioden. I den varmere årstid avgiftes skjellene vanligvis i løpet av få uker, dersom toksinnivåene ikke er spesielt høye.

Toksinproduserende alger finnes i et betydelig vertikalt område i sjøen, fra overflaten og dypere enn 20 m, slik at det ikke ser ut til å være en praktisk løsning for skjellfarmere å senke skjellene under algelaget. Siden toksiske alger kan forekomme i relativt lange perioder, og skjellene er avhengige av næring (alger), vil en slik praksis gi skjell av dårlig kvalitet. Løsningen er å høste skjell fra regioner som har vært fri for toksinproduserende alger i tilstrekkelig lang tid til at toksinnivået i skjellene er under faregrensen. Langs vår lange kyst vil det alltid være giftfrie regioner.

Sommeren 2002 hadde man den første episoden med DSP forgiftninger etter konsum av vanlig brunkrabbe (*Cancer pagurus*). Forskning viste at krabbene hadde akkumulert betydelige mengder toksiner av OA-gruppen via blåskjell. DSP-toksinene opptrådte uvanlig tidlig i skjell det året, og dette falt sammen med ferietiden, når publikum fanger krabber på grunt vann. Toksinene ble nesten utelukkende påvist i krabbens fordøyelsesorgan, brunmaten (hepatopankreas). Tilsvarende nivåer DSP-toksiner i krabbe er ikke påvist senere.

### **Aktuelle toksiner**

OA-komplekset består av flere toksiner. De egentlige diarétoksinene kalles okadasyre (OA) og dinophysistoksin 1-2 (DTX 1-2). Okadasyre ble først påvist i en svamp, *Halichondria okadai*, ved Stillehavskysten nær Japan. I tillegg finner man betydelige mengder fettsyre-estere av de samme toksinene i skjell og krabbe. Disse har fått fellesbetegnelsen DTX-3. DTX-3 kan omdannes til de aktive toksinene (OA, DTX-1 eller DTX-2) i mage/tarmtraktus hos mennesker, men man kjenner ikke til i hvilken grad dette skjer.

### **Virkningsmekanismer**

Man har funnet at okadasyre (og de andre DSP-toksinene) er potente hemmere av proteinfosfatasene PP1 og PP2A, som er to av de fire viktigste proteinfosfatasene i pattedyrceller. DSP-toksinene forårsaker sannsynligvis diaré ved å stimulere fosforylering av proteiner som kontrollerer natriumsekresjonen hos tarmceller.

Et annet og mer komplisert aspekt ved okadasyre og DSP-toksinene er at de også kan forsterke effekten av kreftfremkallende stoffer. Også denne effekten settes i sammenheng med toksinenes hemmende effekt overfor proteinfosfatasene PP1 og PP2A. Foreløpig har man ikke tilstrekkelige kunnskaper til å vurdere eventuelle helsemessige sider ved diarétoksinenes kreftpromoterende egenskaper. Dyreforsøk indikerer at det trengs meget høye doser over lengre tid for å oppnå promotoreffekt. Siden konsumet av skjell også er sjeldent, er det liten grunn til å tro at inntak av toksiner fra OA-gruppen bidrar til kreft hos mennesker.

Toksisiteten av DSP-toksinene uttrykkes som OA-ekvivalenter, siden de har samme virkningsmekanisme. Kunnskapene om enkelttoksinenes potensitet er fortsatt mangelfull.

#### **Forskningsbehov:**

Avklare eventuelle langtidseffekter (kreftpromosjon). Økte kunnskaper om relativ toksisitet, særlig av fettsyre-estrene (DTX-3, siden disse kan omdannes til OA, DTX-1 og DTX-2 i mage/tarmtraktus). Videreutvikling av alternative påvisningsmetoder (analytiske og hurtigmetoder).

### **7.2.4 Domoinsyregruppen (ASP-toksiner)**

Dette er et relativt nytt fenomen, som første gang ble rapportert i Canada i 1987. Over ett hundre mennesker som spiste blåskjell, ble syke, og noen døde. En del av dem som overlevde, fikk varig svekket hukommelse, derav navnet "Amnesic Shellfish Poisoning" (ASP). Symptomene på ASP hos mennesker omfatter kvalme, oppkast, magekramper og diaré. I løpet av ett døgn opptrer minst ett av følgende nevrologiske symptomer: forvirring, nedsatt orienteringsevne eller hukommelsestap, og i verste fall koma og dødsfall. Vi har ikke erfaring med ASP her i landet, men vi finner små mengder ASP-toksiner spesielt i kamskjell.

#### **Ansvarlige alger**

Algen som forårsaket ASP-forgiftningen i Canada, var kiselalgen (diatoméen) *Nitzschia* (= *Pseudonitzschia*) *pungens* f. *multiseries*. Senere har man også funnet DA-toksiner i forbindelse med flere andre alger, bl.a. *Pseudonitzschia pseudodelicatissima*, *P. seriata* og *Amphora coffeaformis*.

#### **Forekomst og utbredelse av ansvarlige alger og ASP-toksiner**

Av ovennevnte DA-produserende alger er det særlig *P. pseudodelicatissima* som påvises i betydelige mengder i våre kystfarvann. Konsentrasjonene har under visse episoder om sommeren vært oppe i flere millioner celler pr. liter sjøvann, men nivåene av ASP-toksiner i skjell har hittil vært lave. Etter erfaringer fra de senere år om stadig større utbredelse av en rekke marine algetoksiner, kan man ikke se bort fra at også vi vil oppleve høyere toksinnivåer i fremtiden. Følgelig tas algene med i overvåkingen. Resultater fra Danmark i 2005 indikerer at *P. seriata* er en mer potent DA-produsent enn *P. pseudodelicatissima*, og dette blir fulgt opp her i landet.

#### **Aktuelle toksiner**

Etter forgiftningsepisoden i Canada fant man at toksisk agens var dominert av en uvanlig aminosyre ved navn "domoic acid" (DA).

#### **Virkningsmekanisme**

Domoinsyre virker som en agonist på glutaminsyrereseptoren, og er kompetitiv med glutaminsyre som en neurotransmitter.

#### **Påvisningsmetoder**

En kjemisk metode (HPLC) benyttes som påvisnings- og referansem metode av DA-gruppen.

#### **Forskningsbehov:**

Undersøkelser av sammenhengen mellom toksisitet og ulike arter/stammer av alger av slekten *Pseudonitzschia*. Forbedring av analysemetodene (instrumentelle- og hurtigmetoder).

### **7.2.5 Azaspiracidgruppen ("Azaspiracid Poisoning", AZP)**

AZP ble første gang påvist i Nederland i 1995 hos personer som hadde konsumert irske blåskjell. Senere er det rapportert tilsvarende episoder i flere europeiske land, alle etter konsum av blåskjell fra Irland. Symptomene hos mennesker er kvalme, oppkast, diaré og magekramper, altså de

samme som for DSP. Symptomene opptrer etter kort tid, og varer normalt i 2–5 dager. Man har kun begrensede data om hvilke nivåer som induserer forgiftning hos mennesker.

#### **Forekomst og utbredelse av AZP-toksinprodusenter**

Man er fortsatt ikke sikker på hvilke organismer som er den/de egentlige produsentene av denne toksingruppen. Algeslekten *Protoperdinium* er mistenkt, og da særlig arten *P. crassipes*, men man har hittil ikke funnet noen klar sammenheng mellom forekomsten av denne algen og AZP-toksiner i norske skjell. Somrene 2005 og 2006 ble det funnet betydelige mengder AZAs i vanlig brunkrabbe i våre nordligste landsdeler. Ingen forgiftninger ble rapportert.

#### **Aktuelle toksiner**

Flere nær beslektede toksiner er kjent, og navnet azaspiracider har de fått etter den kjemiske strukturen. Det er identifisert en rekke azaspiracider (omkring 27), hvorav AZA-1, AZA-2 og AZA-3 anses å ha størst betydning ved forgiftning.

#### **Virkningsmekanisme**

Den er ikke kjent i detalj, men de påvirker cellenes cytoskjelett. Hos mus ser man skader i tynntarm, lever, bukspyttkjertel og brissel. Det tar lang tid før skadene i tarmen er reparert hos musene. Japanske studier har også indikert at langvarig føring av mus med AZA-1 har gitt økt forekomst av lungesvulster, men man fant ingen doseavhengig respons, og følgelig er spørsmålet om eventuelt kreftfremkallende evne uavklart. Man mangler kunnskap om den relative toksisiteten av de ulike AZA-analogene. Dette er nødvendig kunnskap når musemetoden skal erstattes med analytiske metoder.

#### **Forskningsbehov:**

Avklaring av hvilke organismer som produserer AZA-toksinene og deres vandring i næringskjeden. Mekanistiske studier av deres toksisitet. Økte kunnskaper om relativ toksisitet av de ulike analogene, slik at samlet toksisitet kan beregnes. Studier av eventuelle metabolitter av de ulike analogene hos forsøksdyr etter oral eksponering, og i menneskers mage/tarmtraktus. Fortsatt forbedring av analysemetodene (instrumentelle og hurtigmetoder).

### **7.2.6 Yessotoksingruppen (YTX)**

YTX har fått sitt navn fra et kamskjell (*Patinopecten yessoensis*) hvorfra de først ble oppdaget. Toksinene i denne gruppen, som stadig omfatter flere enkelttoksiner (nær hundre analoger kjent i dag), er relativt stabile, og de er fortsatt til stede i skjell etter varmebehandling. YTX-toksinene inneholder sulfatgrupper som fører til at de bare i liten grad absorberes fra tarmen. Følgelig blir toksinene langt mindre giftige ved oralt inntak, sammenlignet med injeksjoner i bukhulen på mus der toksinet lett absorberes. Det primære målorganet er hjertemuskelen. Man har ikke påvist helsemessige negative effekter hos mennesker assosiert med konsum av skjell som inneholder YTX-toksiner. Siden YTX-toksiner helt eller delvis blir ekstrahert sammen med DSP-toksiner (OA-gruppen), har de gitt positive utslag i musetest, selv i situasjoner hvor mengden DSP-toksin har vært lav. Dette har ført til unødvendig stopp av omsetning av skjell og kostholdsråd med advarsel mot konsum av selvplukkede skjell. Når man aksepterer de kjemiske metodene, vil man slippe slike unødvendige reaksjoner, mens det fortsatt vil være problemer når man benytter biologisk metode (mus), selv om YTX-gruppen nå regulatorisk er fjernet fra DSP-gruppen og har fått egen grenseverdi.

#### **Ansvarlige alger**

Det er primært algen *Protoceratium reticulatum* (tidligere kalt *Gonyaulax grindley*) som produserer YTX-toksiner i våre farvann. Algen har gjerne sin høyeste konsentrasjon i sjøen om våren/sommeren. Når skjellene har tatt opp toksinene, er avgiftningstiden uker/måneder, avhengig av hvor store toksinmengder som ble akkumulert.

### ***Forskningsbehov:***

Før man eventuelt beslutter å fjerne YTX-gruppen fra regulering, er det viktig å undersøke og bekrefte deres lave orale toksisitet og om den kan forsterkes når de forekommer i kombinasjon med andre marine algetoksiner som skader tarmen (OA, AZA etc). Dersom man finner at YTX-toksinene kan utgjøre en helserisiko for konsumenter ved kombinert eksponering, trengs ytterligere toksikologiske studier, samt forbedring av analysemetodene (instrumentelle og hurtigmetoder).

## **7.2.7 Pectenotoksingruppen (PTX)**

PTX ble første gang påvist av japanske forskere i 1980-årene. Navnet har gruppen fått fra kam-skjell, *Patenopecten yessoensis*, siden også dette toksinet først ble funnet i denne skjellarten. Det er få rapporter om funn av PTX-toksiner utenom Japan. I Norge ble PTX-toksin første gang påvist i toksiske mengder i blåskjell under en kort periode i Trondheimsfjorden i 2002. PTX-gruppen ble tidligere inkludert i DSP-toksinkomplekset. Årsaken til dette var at PTX-toksinene også blir ekstrahert sammen med DSP- og YTX-toksinene ved bruk av organiske løsemidler, samt at de bidrar til toksisiteten i musetest ved injeksjon i bukhulen. Inntatt gjennom munnen har PTX-toksinene svært lav toksisitet, sannsynligvis fordi de i liten grad absorberes fra mage/tarmtraktus, og at toksisiteten er avhengig av opptak og transport til målorganer som bl.a. lever. Dessuten blir PTX-toksinene hurtig avgiftet i skjellene ved omdanning til såkalte secosyrer.

Det er ikke rapportert humane forgiftninger assosiert med konsum av skjell som inneholder PTX-toksiner. Fra 2002 har PTX-gruppen vært ansett som en egen toksingruppe innen EU, men PTX-toksinene er dessverre fortsatt inkludert i DSP-komplekset ved bruk av musetest (!). Forhåpentlig vil denne urimelige reguleringen av et ikke-diarétoksin opphøre når EU aksepterer alternative metoder til dagens musetest.

### ***Ansvarlige alger***

PTX-toksinene produseres av alger fra *Dinophysis*-slekten, som DSP-toksinene. I algene påviser man særlig PTX-2, mens man har påvist en rekke analoger i skjell.

### ***Forskningsbehov:***

Som for YTX-gruppen, er det nødvendig å avklare om den lave orale toksisiteten kan endres ved samvirke med andre algetoksiner (OA, AZA etc.). Dersom man finner at PTX-toksinene kan utgjøre en helserisiko for konsumenter ved kombinert eksponering, trengs ytterligere toksikologiske studier, samt forbedring av analysemetodene (instrumentelle og hurtigmetoder).

## **7.2.8 Cykliske iminer**

Cykliske iminer er en sammensatt gruppe som omfatter en rekke ulike toksiner, som spirolider, gymnodimin med flere. Spirolider påvises fra tid til annen i norske skjell. De produseres av algen *Alexandrium ostenfeldii*. De cykliske iminene gir meget kraftig utslag i den tradisjonelle musetesten for fettløselige toksiner, men deres orale toksisitet er langt lavere. Hittil er det ikke holdepunkter for at disse toksinene representerer en helserisiko for mennesker. Følgelig utgjør de et problem, både for skjellnæringen og forvaltningsmyndighetene. Så lenge EUs CRL forlanger at musetesten er den som avgjør om skjell kan omsettes eller ei, vil alle disse toksinene kunne bidra til resultatet, selv om de ikke representerer et helseproblem etter dagens kunnskap. Det foreligger ingen grenseverdier for de cykliske iminene foreløpig, siden dette er en "ny" gruppe algetoksiner i skjell.

### ***Forskningsbehov:***

Man mangler fortsatt kunnskaper om toksiske egenskaper ved oral eksponering for gruppen

cykliske iminer. Dersom de blir regulert, er det behov for forbedringer av analysemetodene for denne toksingruppen.

**Tabell: Grenseverdier for marine algetoksiner i skjell, per kg skjellmat (EU og Norge):**

<b>Toksingruppe</b>	<b>Gjeldende grenseverdier i EU/Norge</b>
STX (PSP-toksiner)	800 µg STX-ekvivalenter
OA (DSP-toksiner)	160 µg OA-ekvivalenter
AZA (Azaspiracider)	160 µg AZA-1-ekvivalenter
Domoinisyre (ASP-toksiner)	20 mg DA-ekvivalenter
Brevetoksiner (NSP-toksiner)	800 µg PbTx-2-ekvivalenter
PTX (pectenotoksiner)	160 µg OA-ekvivalenter (!)
YTX (yessotoksiner)	1000 µg YTX-ekvivalenter
Cykliske iminer	Ikke regulert

### 7.2.9 Beredskap mot "nye" toksiner

Listen av nye skadelige algearter øker hele tiden, samtidig med at man oppdager nye giftstoffer. I tillegg økes stadig kunnskapen om forekomster av metabolitter og konjugerte former av de allerede kjente toksiner, uten at man har like god kunnskap om den toksiske effekten av disse. Stigningen i mengden av skadelige alger kan være et resultat av økt oppmerksomhet, kombinert med en mer intensiv forskning på giftige planktonalger. Det er også sannsynlig at økt tilførsel av næringsstoffer og klimaendringer har økt mengden av planteplankton.

Nye toksiner som identifiseres, samt nye analoger og metabolitter av kjente toksiner, må testes for toksisitet.

#### **Forskningsbehov:**

Forskning for å være beredt til å etablere analysemetoder og skaffe til veie toksinstandarder for eventuelle nye algegifter som kan opptre langs kysten.

Selv om evt. nye toksiner krever toksikologiske studier i dyr, fortrinnsvis med oral eksponering, er det ønskelig å utvikle og øke bruken av *in-vitro* tester som et alternativ eller supplement til dyreforsøk.

## 7.3 Oppsummering, skjelltoksiner

Dersom grenseverdiene for YTX- og PTX-toksinene endres/økes (og man etablerer grenser for cykliske iminer), vil man ikke kunne bruke musemetoden under noen omstendigheter, siden man ikke kan skille bidragene fra en blanding av fettløselige toksiner med en metode som kun måler akutt letal effekt av det ekstraktet som injiseres.

Det vil være opp til EU kommisjonen og FNs Codex Committee for Fish and Fishery Products (CCFFP) om en velger å la være å regulere alle de toksingruppene hvor det ikke er påvist negativ helseeffekt for mennesker (YTX-, PTX- og cykliske imingruppen). En forutsetning for å benytte et slikt prinsipp er at man endelig går bort fra å benytte injeksjoner i bukhulen på mus som den overordnede analysemetoden. Det er signaler som tyder på at ovennevnte toksingrupper ikke vil bli regulert under den pågående prosessen innen CCFFP. Alternative, kvantitative metoder med mye bedre sensitivitet og spesifisitet foreligger allerede. Dette er metoder først og fremst basert på høytrykks væskrokromatografi/massespektrometri (LC-MS). Et stort problem har vært fortsatt mangel på kommersielt tilgjengelige standarder og referansemateriale for noen av toksingruppene, men dette vil være på plass i løpet av kort tid, primært som resultat av stor innsats ved "National Research Council", Canada. Ved Veterinærinstituttet arbeides det også med isolering av toksiner, noe som er nødvendig for produksjonen av standarder og referansemateriale.

Ved Norges veterinærhøgskole, som er nasjonalt referanseinstitutt for marine algetoksiner, har de alternative metodene (HPLC og LC-MS) vært i bruk i flere år, parallelt med musemetoden, og laboratoriet er akkreditert for de alternative metodene.

Brevetoksiner finner man ikke i våre farvann. De er stort sett kjent fra den meksikanske gulf. De er assosiert med den humane forgiftningen “Neurotoxic Shellfish Poisoning”, NSP.

## 7.4 Ichthyotoksiner (“fisketoksiner”)

Algetoksiner som dreper fisk og andre organismer som “puster” med gjeller, har vært kjent i mange år. Mest kjent er toksiner produsert av slektene *Prymnesium* og *Gyrodinium*. I den senere tid har også visse arter av slekten *Chrysochromulina* og *Chattonella* bidratt til betydelig fiskedød. Tapet for fiskeoppdretterne kan være stort når man får algeinvasjoner i områder med fiskeoppdrettsanlegg, siden fisken i mærene ikke kan flykte fra de giftige algene. Virkningen av toksinene fra *Gyrodinium* spp., *Prymnesium* spp. og *Chrysochromulina* spp. på fiskens gjeller skyldes sannsynligvis endringer av cellenes membranpermeabilitet, og derigjennom forstyrrelser av elektrolyttbalansen. Ekstrakter av ichthyotoksinene er både leverskadelig og får røde blodlegemer til å gå i oppløsning (hemolyse) som et tegn på cellemembranskadelig egenskaper.

*Gyrodinium aureolum* har vært kjent i våre farvann siden 1966, og man har registrert algeoppblomstringer hvor cellekonsentrasjonen overskrider 1 million celler/liter av denne toksinproduserende algen nesten hvert eneste år etter den tid. Oppblomstringene inntreffer vanligvis om sommeren eller høsten, og når cellekonsentrasjonen blir stor, kan sjøen få et kaffefarget utseende. Fiskedød registreres gjerne når celletallet overskrider 10 millioner/liter.

I 1989 registrerte man for første gang omfattende fiskedød forårsaket av *Prymnesium parvum* i et stort marint økosystem. Uheldigvis skjedde dette i Hylsfjorden i Norge. Tidligere har denne algen vært kjent internasjonalt for å gi periodiske problemer i brakvannsdammer. Under episoden i 1989 tapte man hele 750 tonn laks og ørret i fiskeoppdrettsanlegg. Pga. store ferskvannsutslipp fra en kraftstasjon i Hylsfjorden hadde man en meget lav saltholdighet (5 promille) som kan ha fremmet algeoppblomstringen. Algen var oppe i konsentrasjoner på ca. 20 millioner celler/liter da fiskedøden inntrådte. Toksisiteten av *P. parvum* øker ved underskudd av fosfor i vannet.

Store tap av oppdrettsfisk de senere årene har ved flere anledninger vært forårsaket av de “nye” toksinene som produseres av alger fra slekten *Chrysochromulina*. I slutten av 1980-årene og begynnelsen av 90-årene hadde vi to meget alvorlige forgiftningsepisoder, hvor tapet av oppdrettsfisk økonomisk kom opp i flere hundre millioner kroner. Den første episoden skyldtes voldsomme oppblomstringer av *C. polylepis* (konsentrasjonene kom opp i over 50 millioner celler/liter sjøvann). Episoden startet i vannmassene mellom Danmark, Sverige og Norge, og berørte store deler av kysten på Østlandet, Sørlandet og sørlige deler av Vestlandet. Den andre episoden skyldtes en stor oppblomstring av *C. leadbeateri*, og denne gangen var problemene lokalisert til Vestfjorden i Nord-Norge. Fisken dør hurtig ved eksponering for disse toksinene, men studier tyder på at toksinene i hovedsak finnes i fiskens innmat, og ikke transporteres over i muskulaturen. Dette er meget viktig informasjon i forbindelse med omsetning av oppdrettsfisk som kan ha vært eksponert for ikke-letale konsentrasjoner av slike toksiske alger.

Strukturen for *Chrysochromulina*-toksinet(ene) ser ut til å ha store likhetstrekk med toksinene fra *Prymnesium parvum* (galactoglycerolipider). Hos begge slektene later det til at algecellene blir mer toksiske under fosformangel. Man har foreløpig ikke holdepunkter for at disse fisketoksinene representerer et helseproblem for mennesker. I de senere årene har norske lakseoppdrettere i perioder tapt store mengder fisk pga. av alger av slekten *Chattonella*. Heller ikke denne later til å representere et helseproblem ved konsum av fisk.



### ***Forskningsbehov:***

Man mangler fortsatt kunnskaper om toksiske mekanismer overfor fisk og andre marine organismer med de alger og algetoksiner som er mest aktuelle i norske farvann. Man mangler data om de aktuelle toksinens opptak og fordeling i fisk. Slik informasjon er viktig for å kunne estimere konsentrasjoner i spiselige vev siden det fortsatt er noe usikkert om de kan ha negative effekter på mennesker.

## **7.5 Skadelige algers biologi og økologi**

Man mangler fortsatt informasjon om de enkelte arters biologi og økologi. Det gjelder faktorer som veksthastighet, atferd, betydningen av næringssalter, toleransegrenser, beitetrykk osv. under ulike miljøforhold. Videre er det mangelfull kunnskap om faktorer som initierer, begrenser, opprettholder og avslutter større oppblomstringer. Det er behov for kunnskap om denne dynamikken for å være i stand til å forbedre varslingsystemene mht potensielt skadelige alger. Det er behov for forbedring av modeller til å predikere forløpet av oppblomstringer.

Bruk av passive prøvetakere får stadig større anvendelse i overvåkningsprogram av marin forurensning. Siden slutten av 80-årene er det utviklet teknologi som muliggjør overvåkning av et bredt spekter av prioriterte miljøgifter. Prinsippet baseres på passiv adsorpsjon av analytter til prøvetakeren. Metoden har i de senere år også vist seg å være et nyttig verktøy for bestemmelse av algetoksiner løst i sjøvann. Veterinærinstituttet har utviklet en prøvetaker som er meget enkel og billig i bruk, samtidig som den måler gjennomsnittlig konsentrasjon av toksiner i sjøvann gjennom et lengre tidsintervall i stedet for å gi et øyeblikksbilde av toksinforekomst.

I Norge har man lite informasjon om akkumulering av algetoksiner i andre skjellarter enn blåskjell. Følgelig er det behov for komparative studier når det gjelder akkumulering, biotransformasjon og avgiftning av toksiner i ulike arter av kommersiell interesse. Det er også behov for mer kunnskap om lokalisering av skjellanlegg, bl.a. ved å undersøke betydningen av faktorer som topografi, strøm, og optimale vekstforhold. Forskning har vist at det kan være store forskjeller i toksinnivå innen et anlegg. Faktorer av betydning er plassering skjell innen anlegget, dybde, strømforhold, mottilgang osv. Mer kunnskap på dette feltet er ønskelig. Økt mattrygghet forutsetter også økt kunnskap om prøvetaking.

## **7.6 Forskningsbehov, oppsummering**

### **7.6.1 Skjelltoksinene**

- Det er behov for studier av de enkelte toksingruppene og studier av mulig samvirkende effekter når toksiner fra flere grupper forekommer i samtidig i skjellene.
- Videreutvikling av analysemetoder for de ulike toksingruppene, både kjemisk analytiske og hurtigmetoder.
- Videreføring av studier angående akkumulering, metabolisme og avgiftning av algetoksiner i skjell og andre skalldyr.
- Økt kunnskap om variasjonene i toksinnivå i skjell innen det enkelte anlegg, samt økte kunnskaper om optimal lokalisasjon av anleggene.

### **7.6.2 Fisketoksinene**

- Toksikologiske studier (effekter på fisk og andre marine organismer og akkumulering i ulike organer).
- Overvåkingsmetoder/beredskap for å unngå store tap av oppdrettsfisk.

### 7.6.3 "Toksinproduserende alger"

- Økte kunnskaper om faktorer som influerer på oppblomstring av toksinproduserende alger, samt forbedring av varslingsystemer.
- Videreutvikling av metoder for bestemmelse og kvantifisering av toksinproduserende alger, samt videreutvikling av prøvetakingsmetoder av toksiner i alger og i fri vannmasser.

Forbedring av den vitenskapelig basis for risikovurderinger, vil gi tryggere næringsmidler samtidig som et mer adekvat regelverk og grenseverdier kan utvikles for skjellnæringen.

#### ***Bakgrunns litteratur – marine algetoksiner***

Aune, T., Torgersen, T., Aasen, J., Castberg, T., Naustvoll, L.-J. and Woll, A., 2006: Risk assessment of DSP toxins in brown crabs (*Cancer pagurus*). In: Molluscan Shellfish Safety. Henshilwood, K., Deegan, B., McMahon, T., Cusack, C., Keaveney, S., Silke, J., O'Conneide, M., Lyons, D., and Hess, P., Eds. Proceedings of the 5th International Conference on Molluscan Shellfish Safety, Galway, Ireland, June 14th-18th, 2004, pp. 464-38.

COT, UK Committee on Toxicity. Statement on risk assessment and monitoring of paralytic shellfish poisoning (PSP) toxins in support of human health. Report, 2006.

FAO/IOC/WHO, Report of the Joint FAO/IOC/WHO ad hoc Expert Consultation on Biotoxins in Bivalve Molluscs, Oslo, Norway, Sept. 26-30, 2004. [http://www.fao.org/ag/agn/food/risk\\_biotoxin\\_en.stm](http://www.fao.org/ag/agn/food/risk_biotoxin_en.stm)

Fernandez, M.L. and Cembella, A.D. Mammalian Bioassays. In, Manual on Harmful Marine Microalgae. Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D., and Enevoldsen, H.O., Eds., Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO Manuals and Guides 33, pp. 213-228, 1995.

Food Safety Authority of Ireland: Risk assessment of Azaspiracids (AZAs) in shellfish, August 2006 (FSAI 2006).

Ito, E., Satake, M., Ofuji, K., Kurita, N., McMahon, T., James, K.J., and Yasumoto, T. Multiple organ damage caused by a new toxin Azaspiracid, isolated from mussels produced in Ireland. *Toxicon* 38, 917-930, 2000.

MacKenzie, A.L., Beuzenberg, V., Holland, P., McNabb, P., Selwood, A. Solid phase adsorption toxin tracking (SPATT): a new monitoring tool that simulates the biotoxin contamination of filter feeding bivalves. *Toxicon* 44, pp 901-918, 2004.

Marine Institute (Ireland): Isolation and purification of AZAs from naturally contaminated materials, and evaluation of their toxicological effects (ASTOX). *Marine Environment & Health Series*, No. 28, 2007.

Richard, D., Arsenault, E., Cembella, A., and Quilliam, M. Investigations into the toxicology and pharmacology of spirolides, a novel group of shellfish toxins. In, Harmful Algal Blooms. Proceedings, 9th International Conference on Harmful Microalgae. Hallegraeff, G.M., Blackburn, S.I., Bolch, C.J., and Lewis, R.J., Eds., Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, pp. 383-386, 2001.

Seafood and Freshwater Toxins: Pharmacology and Detection. Ed. Luis Botana, Second Ed. 2007.

Toyofuku, H.: Joint FAO/IOC/WHO activities to provide scientific advice on marine biotoxins (research report). *Marine Pollution Bulletin*, Elsevier, 2006.

# 8 Human helse

## 8.1 Inntak av fisk og annen sjømat i Norge

Fiskeinntaket i Norge gikk ned i perioden 1990 til 1995, mens inntaket har steget noe igjen frem til 2004. Det gjennomsnittlige inntaket av fisk er relativt høyt i forhold til andre europeiske land og ligger på ca. 65 g per dag (VKM 2006). Likevel er det grupper i befolkningen som spiser lite fisk. Omtrent halvparten av 4-, 9-, og 13-åringer i Norge oppgir at de sjelden eller aldri spiser fisk og annen sjømat. Unge kvinner (i fertil alder) spiser også mindre fisk og annen sjømat enn gjennomsnittet i den voksne befolkningen. Norske gravide kvinner spiser bare halvparten så mye fisk som gravide kvinner i Barcelona (VKM 2006). Kunnskapen om konsumet av fisk og sjømat i den norske befolkningen er likevel mangelfull. Kostholdsundersøkelsene er opp til 10 år gamle og mangelfulle både når det gjelder hvilke fiskeslag og skalldyr som konsumeres, hvordan de anvendes i husholdningen - og utvikling av konsumet over tid.

## 8.2 Totalvirkning av fisk og sjømat på helse

Tradisjonelt har fisk vært betraktet som sunn mat og ernæringsmyndighetene har oppfordret til økt inntak. En av konklusjonene i Rapporten "Et helhetssyn på fisk og annen sjømat i norsk kosthold" fra Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM 2006) er at det vil være helsemessig gunstig å øke inntaket av fisk og annen sjømat, særlig for personer og grupper av personer som ikke eller i liten grad spiser fisk eller annen sjømat.

### 8.2.1 Studier av effekt av fisk i kostholdet på helse – metoder og metodeproblemer

Det foreligger mange epidemiologiske studier med ulik design hvor forholdet mellom fiskeinntak og intermediære markører (for eksempel kolesterol, triglyserider) eller sykdom er undersøkt. Observasjonsstudier er i stort flertall. Disse kan gi verdifull informasjon om assosiasjoner mellom eksponering og ulike helseutfall, men vil aldri kunne si noe sikkert om årsakssammenhenger. Overbevisende sammenheng (convincing evidence) etableres først når observasjonsstudier støttes av kontrollerte kliniske forsøk. Bortsett fra studier der en bruker intermediære markører for sykdomsrisiko og ikke sykdomsforekomst, er det svært vanskelig å utføre kliniske studier som påviser effekt av kostholdsendringer over lang tid. Derfor har oftest epidemiologiske studier av kosthold benyttet observasjonsstudier (kohortstudier, kasus-kontroll studier eller tverrsnittstudier). Når klare assosiasjoner er funnet i observasjonelle befolkningsstudier er det derfor svært viktig at disse etterprøves i klinisk kontrollerte studier. I tillegg må funnene støttes av et godt biologisk rasjonale og av eksperimentelle studier i dyr eller celler *in vitro*. Vi har flere eksempler på at antatte sammenhenger funnet i observasjonsstudier ikke er bekreftet i kontrollerte kliniske studier.

En av de største utfordringene i epidemiologiske observasjonsstudier har vært å måle fiskeinntak som eksponeringsvariabel på en presis nok måte. Dette krever svært nøyaktig angivelser av fiskekonsumet både med hensyn til type fisk og porsjonsstørrelser. I flere studier er det for eksempel registrert inntak av fisk sammen med inntak av annet såkalt hvitt kjøtt som kylling. Vi har ingen gode biomarkører for inntak av fisk. Videre er det ofte vanskelig å skille effekten av fisk fra betydningen av måltidssammensetningen. For eksempel konsumeres torsk i Spania i form av bacalao med olivenolje og tomater, mens den i Norge spises sammen med smør og poteter eller som fiskepinner. Det også avgjørende hva slags mat som er alternativet til fisk i gruppene det sammenliknes med.

### 8.2.2 Kjente sammenhenger mellom fiskeinntak og helse

Det er gode holdepunkter for at fisk i kostholdet kan påvirke flere kardio-vaskulære sykdoms- endepunkter, men sammenhengen er komplisert. Effektene synes i mange tilfeller å være tilstede uavhengig av om man spiser fet eller mager fisk. Det har vært vanskelig å forklare effektene ut fra

kjente gunstige effekter av n-3 fettsyrer (EPA og DHA) fra fisk alene. Videre er det vist at kvikksølv fra fisk kan modifisere effekten på kardiovaskulær sykkelighet og dødelighet i ugunstig retning. Dette gjelder spesielt innlandsfisk som kan inneholde mye kvikksølv (VKM 2006).

I Norge er det bare gjennomført ett randomisert dobbelblindet kontrollert klinisk spiseforsøk. (Seierstad et al 2005). I denne studien spiste pasienter med stabil hjerte-karsykdom 700 g laks per uke i seks uker. Både positive og negative komponenter fra laksen ble undersøkt opp mot en rekke biomarkører for sykdomsrisiko hos pasientene. Studien viste en klar helsefordel for de fleste pasientene, men det må understrekes at studien kun inkluderte i underkant av 60 deltakere.

For kreftsykdommer foreligger også et stort antall studier. Samlet sett viser disse ingen sammenheng mellom fiskekonsum og de vanligste kreftformene. En ny norsk studie viser at regelmessig konsum av fiskelever muligens kan redusere total kreftrisiko hos kvinner (Brustad et al 2007).

Betydningen av fisk i kostholdet for fosterutvikling og svangerskap er gjennomgående funnet å være gunstig (VKM 2006), men motstridende funn er også gjort. Studier har vist at fisk i kostholdet hos gravide har gitt økt fødselsvekt og forlenget svangerskap, mens en ny dansk studie viste at fet fisk gav nedsatt fødselsvekt (Halldorsson et al 2007). Redusert forekomst av for tidlig fødsel ble funnet i en ny norsk klinisk studie av kvinner som spiste såkalt middelhavskosthold der fisk er en sentral komponent (Khoury et al 2007). Et svært høyt inntak av marine n-3 fettsyrer tidlig i svangerskapet ser ut til å øke risikoen for hypertensjon og pre-eklampsi (VKM 2006).

For mange helsetilstander er betydningen av fisk og sjømat i kostholdet lite kjent eller dårlig dokumentert. Det er et behov for ytterligere kunnskap for å bekrefte eller avkrefte hypotesen om at et høyt inntak av sjømat er helsemessig gunstig for flere sykdomstilstander. Det er videre behov for mer kunnskap om betydningen av ulike typer sjømat, fet vs. mager fisk, grad av prosessering samt bidrag fra andre ingredienser i kostholdet ved forskjellige helsetilstander.

### **8.3 Næringsstoffer og andre helsebringende komponenter i fisk**

Fisk og annen sjømat er en viktig kilde til mange sentrale næringsstoffer som proteiner, vitaminer (vitamin A og D), jod og selen (Dahl *et al.*, 2006). I tillegg er fisk og sjømat kilde til de marine n-3 fettsyrene (langkjedete n-3 fettsyrene, EPA og DHA). Selv om hovedkilden til jod i Norge er meieriprodukter, pga tilsetning til dyrefôr, er også fisk en viktig kilde. Det viser seg at det blant gravide kvinner er en betydelig andel med lavt jodinntak. Inntaket av vitamin D ligger lavere enn anbefalt i den norske befolkning. Et lavt inntak av fisk vil forsterke dette. Importert korn har vært den viktigste selenkilden i norsk kosthold. Med en økende selvforsyningsgrad går inntaket ned og fiskens bidrag har relativt sett blitt viktigere enn korn (Meltzer, upublisert).

Flerumettede n-3 fettsyrer er viktig for flere sentrale kroppsfunksjoner. Ved et gjennomsnittlig norsk inntak av fisk som består av 1/3 fet fisk i tillegg til kortere n-3 fettsyrer fra matplanter vil vi nå anbefale inntak av n-3 fettsyrer, Langkjedete n-3 fettsyrer er positive for utviklingen og funksjonen av sentralnervesystemet, inklusive synsfunksjonen. Hjernen og sentralnervesystemet har behov for den langkjedete n-3 fettsyren DHA, spesielt under fosterutviklingen og tidlig barnealder, men også resten av livet. En god n-3 status er viktig for gravide kvinner siden mor har begrenset kapasitet for syntese. Hennes lagre tappes under svangerskapet for å sikre tilstrekkelig tilgang til utvikling av sentralnervesystemet i fosteret. Nyere studier har vist positiv utvikling av kognitive funksjoner målt som IQ hos barn som har fått tran (Helland et al 2003). Norge er et av de land i verden som har høyest forekomst av diabetes 1 i befolkningen. Nyere studier har også indikert at tran kan være av betydning for og muligens beskytte mot utvikling av diabetes type1 (Stene et al 2000, 2003). Betydning av fiskeinntak for utvikling av denne sykdommen bør undersøkes videre.

Mesteparten av forskning innen dette feltet har benyttet ulike preparater med langkjedete n-3 fettsyrer fra fisk (tran, oljekapsler etc.) og ikke fisk eller annen sjømat. Effekten av et regelmessig inntak av marine n-3 fettsyrer fra fisk eller annen sjømat i kostholdet er lite studert.

I forlengelse av studiene omkring den positive effekten på kognitiv utvikling av n-3 fettsyrer fra tran er det viktig å undersøke dette helt fra fosterstadiet, gjennom barndommen og opp til voksen alder.

Risiko er knyttet til både for lavt og for høyt inntak av fisk i befolkningen, hva slags fisk som inntas, men også til fiskens sammensetning og ernæringsmessige verdi for mennesker og fiskens innhold av helseskadelige forurensninger. Fiskefôrets betydning som kilde for n-3 fettsyrer i fisken er klart vist i det tidligere nevnte klinisk forsøk fra Ullevål Universitetssykehus (Seierstad et al 2005). Fisk som var fôret opp på en stor mengde n-6 plantefett hadde ikke de samme gunstige effekter på hjertepasienter som fisk fôret opp med marine fettsyrer.

Fisk er viktigste kilden til vitamin D i kosten i tillegg til bidraget fra sollys. Vitamin D beskytter ikke bare mot engelsk syke (rakitt), men har de senere år vist seg å være viktig for en rekke kroppsfunksjoner, bl.a. for immunsystemet og for celledifferensiering og ser ut til å være kreftforebyggende. Vitamin D status i den norske befolkning ligger under ønskelig nivå viser en utredning fra Sosial og helsedirektoratet (2006), og tiltak for å bedre på dette er foreslått. Det er behov for økt kunnskap om bidraget av vitamin D fra ulike fiskeslag og hvordan endringer i fiskekonsumet og fiskefôret virker inn på befolkningen.

Med fallende import av selenrikt korn til Norge øker fiskens betydning som selenkilde. Svært lite er imidlertid kjent om formene for selen i fisken - deres biotilgjengelighet og næringsverdi for mennesker. Vi vet også lite om naturlige selenkilder for fisken og hva som skjer med selen tilført i fôret. Det finnes nå gode kjemiske metoder for spesiering av selen slik at de ulike kjemiske formene kan identifiseres.

Ingredienser fra fisk og sjømat i andre matvarer (for eksempel n-3 fettsyrer i brød, i yoghurt eller fruktjuice) for å markedsføre helsebringende effekt brukes stadig mer av næringsmiddelindustrien. Industrien ønsker å benytte positive helsepåstander i sin markedsføring. Det kreves forskning for å kunne dokumentere slike påstander.

## **8.4 Helse og forurensninger i fisk: Metaller, halogenerte persistente forbindelser etc.,**

Det er velkjent at fisk kan inneholde forurensningen og helseskadelige forbindelser. Vi kan dele disse inn i metaller og persistente organiske forbindelser. Sistnevnte forekommer hovedsakelig i fet fisk og oppkonsentreres i næringskjeden. Kunnskap om helsevirkninger av helseskadelige forurensninger i fisk stammer dels fra toksikologiske studier av stoffene i forsøksdyr og dels fra epidemiologiske observasjonsstudier. Store observasjonsstudier ligger for eksempel til grunn for anbefalte øvre inntaksnivåer av metylkvikksølv fra fisk.

### **8.4.1 Metaller**

#### ***Kvikksølv***

Av metallene er det særlig metylkvikksølv som kan gi utviklingsforstyrrelser av nervesystemet og øke risiko for hjerte- og karsykdommer. Vi har gode kunnskaper om nivåer som skader nervesystemet, mens kunnskapene om nivåer og mekanismer involverer hjerte- og kar-risiko er lite undersøkt. Med unntak av personer med et høyt inntak av visse typer ferskvannsfisk ligger eksponeringen i Norge mest sannsynlig under nivåer som vil innebære risiko for utviklingsfor-

styrrelser av nervesystemet, men det ville være svært ønskelig å få dette bekreftet.

### ***Kadmium***

Høye nivåer av kadmium kan forekomme i brunmaten hos krabber. Kadmium akkumulerer hos mennesker hele livet og kan skade nyrene. Opptaket fra tarmen er avhengig av jernstatus lav jernstatus øker opptaket. Ca 20-30 % av kvinner i fertil alder har lave eller tomme jernlagre og vil kunne ta opp mer kadmium fra maten. Vi kjenner godt til kadmiums toksisitet, men kunnskap om eksponering fra sjømat og hvilken betydning det har i befolkningen er lite undersøkt. Kadmium fra føret vil akkumulere seg i lever og andre innvoller i fisken.

### ***Bly***

Fisk og sjømat har liten betydning som kilde for bly.

### ***Tinn***

Organiske tinnforbindelser er immuntoksiske og kan akkumulere seg i skjell der det har vært forurensning fra bunnstoff brukt på båter. Disse er nå forbudt, men kan innebære en risiko ved skjelloppdrett. Det har også vært påvist tinnforbindelser i fiskemuskel og inntaksberegninger har vist at tolerabelt daglig inntak kan overskrides (VKM 2007). Det meste av den toksikologiske informasjonen stammer fra undersøkelser i forsøksdyr og vi vet lite om effektene i mennesker.

Fisk er en viktig kilde til arsen. Det finnes en hel rekke uorganiske og organiske arsenforbindelser i fisk og sjømat. Disse er til dels dårlig karakterisert. Ulike arsenforbindelser er svært forskjellige med hensyn til toksisitet. Uorganisk arsen, som utgjør en liten fraksjon av fiskens arsen, er kreftfremkallende. Det foreligger gode studier av uorganisk arsens helseeffekter. Senere studier viser kreftisiko, særlig hudkreft ved de laveste inntak. Hovedkilden er vanligvis drikkevann med høyt arseninnhold. Dette er ikke et problem i Norge, men i visse deler av Sentral-Europa og i andre verdensdel. De organiske arsenforbindelser som finnes i sjømat, har vært ansett for å være lite toksiske i tillegg til at de raskt skilles ut. Dokumentasjonen for disse påstander er imidlertid meget svak, både omsetning og mulige toksisitet er dårlig undersøkt. I tillegg er stabiliteten av forbindelsene ikke undersøkt, heller ikke om de under visse forhold kan omdannes til uorganisk arsen. I de senere år er det utviklet analysemetoder som muliggjør kjemisk spesiering av arsen, men feltet er fortsatt kommet kort.

## **8.4.2 Persistente organiske forbindelser**

### ***Dioksiner og PCB***

De mest sentrale persistente klororganiske forbindelser er klorerte dibensodioksiner og -furaner og PCB. Nivået av disse er for nedadgående og de helseskadelige effektene er godt studert, særlig i dyreforsøk. Marginene til nivåer som kan medføre økt risiko for helseskader er imidlertid relativt små. Vitenskapskomiteen for mattrygghet (VKM 2006) anbefalte derfor at mengden av dioksiner og PCB i fiskefôr burde reduseres for å minske eksponeringen fra fisk. Dette er den viktigste måten en kan påvirke eksponeringen på kort sikt.

Viktige effekter er også funnet på utvikling av sentralnervesystemet med hemmet kognitiv og motorisk utvikling. Det er behov for å dokumentere at nivået fosteret og barn kan få i seg av dioksiner og PCB fra fisk og produkter av fisk ikke fører til helseskader.

### ***Klorholdige persistente plantevernmidler***

En rekke klorerte persistente plantevernmidler som ikke lenger er i bruk har akkumulert seg i den marine næringskjeden. Bortsett fra kamferklor der eksponeringer for høykonsumenter av fisk ligger på opp til 60 prosent av tolererbar inntaksmengde, er eksponeringen for denne gruppen forbindelser meget lav.

### ***Andre halogenerte forbindelser***

Man har også i de senere år blitt oppmerksom på flere klorerte forbindelser som forekommer i det marine miljø: klorerte parafiner, naftalener og styren. Særlig førstnevnte gruppe er dårlig studert med hensyn til eksponering og effekter (VKM 2006).

Flere ”nye” persistente stoffer har dukket opp i miljøet. Nivået av bromerte forbindelser i fisk, bortsatt fra fisk fra spesielt forurensende områder som f. eks. Mjøsa, er lavt. Bromerte difenyletere skader lever, sentralnervesystem og skjoldbruskkjertel. Det mangler fortsatt toksikologisk kunnskap. Fluorerte forbindelser – perfluoralkylsulfonater og – alkansyrer har en rekke helseskadelige effekter. Betydningen av fisk som mulig kilde er foreløpig ukjent.

## **8.5 Helse og sjømat i forhold til biotoksiner**

Algetoksiner forekommer først og fremst i skjell og meget sjelden i fisk som konsumeres i Norge. Algetoksiner er utførlig omtalt under kapittel 6. Avstanden mellom nivåer som kan utløse akuttoksiske effekter og nivåer som kan forekomme i skjell er liten, og akutte forgiftningstilfeller opptrer jevnlig. Den toksikologiske kunnskapen er svært mangelfull for de fleste toksinene. Særlig gjelder dette gode undersøkelser av orale toksisitetsnivåer av det store antallet kjemiske analoger, langtidsstudier og den toksikologiske betydningen av at flere toksiner kan opptre samtidig.

Det fleste mykotoksiner vil nedbrytes i organismer som fisk. Enkelte mykotoksiner som for eksempel aflatoxin kan omdannes av dyreorgansimer til metabolitter som fortsatt har toksikologisk aktivitet. Mulighet for overføring til menneskemat av enkelte mykotoksiner fra vegetabiliske føremidler i fiskefôr er imidlertid lite undersøkt..

## **8.6 Helse og sjømat i forhold til biologiske risikofaktorer**

Fisk fra kalde farvann inneholder lite humanpatogene mikroorganismer, men kan forurennes under spesielle forhold og ved videreforedling eller omsetning og transport. Dette er omtalt i kapittel 4..

## **8.7 Allergi**

Det er kjent at fisk kan utløse kraftige allergiske reaksjoner, og at personer med fiskeallergi generelt føler dette så truende at de vegrer seg for å teste ut om det er noen bestemte typer fiskearter som de likevel kan tåle. I andre populasjoner som spiser mye fisk er det funnet spesifikke IgE antistoffer mot anisakis (kveis) (Puente et al, 2007). Det er foreløpig ukjent hvor stor andel av Norges befolkning som er sensibilisert og har antistoffer (IgE) mot anisakis. En foreløpig undersøkelse viser at anslagsvis opp til 30 % har IgE antistoffer (Florvåg, pers. meddelelse). Personer med anisakisallergi kan tenkes å feiltolke reaksjoner på fisk som fiskeallergi og derfor velger å avstå fra alt fiskeinntak. Det kan foreligge kryssreaksjoner mot andre allergener, for eksempel midd. Kryssreaksjoner vs. primærsensibilisering samt den kliniske relevansen av folks IgE mot anisakis bør undersøkes videre.

## **8.8 Forskningsbehov**

### ***Eksponeeringsforskning***

#### ***Kunnskap om inntaket av fisk og sjømat***

Det mangler god kunnskap om inntaket av fisk og sjømat i befolkningen, når det gjelder hele bredden av fiskeslag og annen sjømat. Det er også et behov for oppdatert informasjon om forbruksmønstre i ulike befolkningsgrupper

### ***Kunnskap om innhold i fisk og sjømat***

Det er en mangel på organisert kunnskap om innhold av helseskadelige stoffer i fisk og sjømat både med hensyn til villfisk fanget i ulike områder, ulike arter, aldre etc. og for oppdrettsfisk og om helsebringende stoffer i fisk som n-3 fettsyrer, jod, taurin etc., utover det som er listet i næringsmiddeltabellen.

Oppdatert kunnskap om kostholdet og innhold av skadelige og helsebringende stoffer er en nødvendig forutsetning for å kunne beregne inntaket av næringsstoffer og andre gunstige stoffer – i tillegg til å beregne inntaket av helseskadelige stoffer. En slik kunnskap er derfor en forutsetning for å utføre god forskning på virkninger av fisk og sjømat på når det gjelder risiko for folkehelsen

Med god organisert kunnskap om innholdsstoffer er det mulig å utnytte en del allerede eksisterende helsekohorter med tanke på helseeffekter av stoffer i fisk og sjømat.

Det er et spesielt behov for å følge nivåene av dioksiner og PCB i fisk og sjømat og undersøke om eksponeringen for disse innebærer helserisiko for befolkningen

### ***Betydning av fisk i kostholdet for helse***

På tross av utfordringene ved å gjennomføre klinisk kontrollerte studier med mat er det et stort behov for flere studier av sammenhengen mellom fisk som sådan i kostholdet og risiko for flere typer sykdom, særlig kroniske sykdommer.

Det bør gis prioritet til studier som har design som klinisk kontrollerte studier. Særlig har vi behov for studier av lengre varighet.

### **Biomarkører**

- Siden fisk som eksponering er vanskelig å måle, er det viktig å utvikle biomarkører for fiskeinntak.
- Siden det er vanskelig å måle helseeffekter ved bruk av sykkelighet som endepunkt av fisk i kostholdet, er det viktig å utvikle bruk av intermediære biomarkører for sykdom og helse til bruk i epidemiologiske og kontrollerte kliniske studier.
- Med nye metoder innen ”genomics” og ”metabolomics” kan det være aktuelt å studere om inntak av fisk påvirker genespresjon eller metabolske profiler.

Det er velkjent at fisk kan utløse allergi, men det er behov for økt kunnskap om fisks evne til å utløse intoleranse via andre mekanismer og fiskens betydning for andre kroniske sykdommer av immunologisk karakter. Det er behov økt kunnskap om den kliniske betydningen av sensibilisering og allergiske reaksjoner mot parasitter som anisakis i fisk.

Det er behov for større kunnskap om helseeffekter (på kognitiv utvikling og en rekke andre fysiologiske funksjoner) av n-3 fettsyrer tilført i form av fiske og sjømat.

I forlengelse av studiene omkring den positive effekten på kognitiv utvikling av n-3 fettsyrer fra tran er det viktig å undersøke dette fra fosterstadiet - under den videre utvikling i barndommen - og videre opp mot voksen alder.

De senere år er det blitt økt fokus på om ernæring og kosthold kan ha betydning for psykisk helse og det er derfor viktig å undersøke om fiskeinntak kan ha betydning for psykisk helse

Det er behov for å dokumentere at eksponering for dioksiner og PCB fra fisk og produkter av fisk ikke fører til helseskader hos foster og barn ved å undersøke både kjente endepunkter og hittil ikke undersøkte endepunkter.



Det er behov for kunnskap om fisk som selenkilde i kostholdet. Det gjelder både villfisk og oppdrettsfisk. Kjemiske former av selen i fisken bør undersøkes samt hvilken næringsverdi og mulig toksisitet de har.

Det er et stort behov for forskning omkring den helsemessige betydningen av ulike arsenforbindelser som finnes i fisk og sjømat

Det er behov for å studere toksikologisk betydningen av og eksponering for andre halogenerte organiske forbindelser i fisk og sjømat, for eksempel klorerte fettsyrer.

Det bør undersøkes i hvilken grad fisk og sjømat kan være eksponeringskilde for perfluorerte organiske forbindelser

Det vises til forskningsbehov av betydning for human helse som fremkommer i de øvrige kapitler

## 8.9 Kunnskapsbehov, oppsummering

- Det er behov for bedre data omkring konsumet av sjømat. Det gjelder både hvilke fiskeslag og skalldyr som konsumeres, hvordan de anvendes i husholdningen og utvikling av konsumet over tid.
- Det er behov for oppdatert, organisert kunnskap om innhold av helseskadelige stoffer samt næringsstoffer og andre helsebringende komponenter.
- Det er behov for mer kunnskap om helseeffekter av sjømat i kostholdet og av enkelt komponenter (helseskadelige stoffer, næringsstoffer og helsebringende stoffer).

### ***Bakgrunns litteratur – human helse***

Dahl L, Bjørkkjaer T, Graff IE, Malde MK, Klementsens B. Fisk mer enn bare omega-3. Tidsskr Nor Lægeforen. 2006;126(3):309-11.

Halldorsson TI, Meltzer HM, Thorsdottir I, Knudsen V, Olsen SF. Is high consumption of fatty fish during pregnancy a risk factor for fetal growth retardation? A study of 44,824 Danish pregnant women. Am J Epidemiol. 2007;166:687-96.

Helland IB, Smith L, Saarem K, Saugstad OD, Drevon CA. Maternal supplementation with very-long-chain n-3 fatty acids during pregnancy and lactation augments children's IQ at 4 years of age. Pediatrics. 2003;111(1):e39-44.

Nasjonalt råd for ernæring. Tiltak for å sikre en god vitamin D-status i befolkningen. Ernæringsrådet, Oslo 2006. [http://www.shdir.no/ernaeringsraadet/publikasjoner/tiltak\\_for\\_å\\_sikre\\_en\\_god\\_vitamind-status\\_i\\_befolkningen\\_60715](http://www.shdir.no/ernaeringsraadet/publikasjoner/tiltak_for_å_sikre_en_god_vitamind-status_i_befolkningen_60715) Access date: 26022008

Puente P, Anadón AM, Rodero M, Romarís F, Ubeira FM, Cuéllar C. Anisakis simplex: the high prevalence in Madrid (Spain) and its relation with fish consumption. Exp Parasitol. 2008;118(2):271-4.

Seierstad SL, Seljeflot I, Johansen O, Hansen R, Haugen M, Rosenlund G, Frøyland L, Arnesen H. Dietary intake of differently fed salmon; the influence on markers of human atherosclerosis. Eur J Clin Invest. 2005;35:52-9.

Vitenskapskomiteen for mattrygghet. Et helhetssyn på fisk og sjømat i norsk kosthold. VKM, Oslo 2006. [http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=0&oid=-2&trg=\\_\\_new&\\_\\_new=-2:16526](http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=0&oid=-2&trg=__new&__new=-2:16526) Access date: 26022008

Vitenskapskomiteen for mattrygghet. Risikovurdering av organiske tinnforbindelser i sjømat VKM, Oslo 2007. [http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=261&trg=MainLeft\\_4950&Main\\_4924=4950:0:10,1647:1:0:0:::0:0&MainLeft\\_4950=-2:17136](http://www.vkm.no/eway/default.aspx?pid=261&trg=MainLeft_4950&Main_4924=4950:0:10,1647:1:0:0:::0:0&MainLeft_4950=-2:17136) Access date: 26022008

## 9 Markeds- og forbrukeroppfatninger

I dette kapittelet ser vi på kunnskapsbehovet for risikofaktorer knyttet til markeds- og forbrukeroppfatninger. Kunnskap om slike oppfatninger er absolutt nødvendig for å kunne opprettholde forbruket av sjømat og for å kunne utvikle nye produksjonsteknikker, markeder og produkter.

Fangst, produksjon, bearbeiding og omsetning av sjømat skjer gjennom til dels sammensatte distribusjonsskjeder. Sjømat er lett bedervelige produkter og det gir ekstra store utfordringer når transportavstandene er lange og verdikjeden kompleks.

I atferdsvitenskapene er det mange forklaringer på hvorfor risiko blir et tema. Endringer i forbruksmønstre, livsstil, holdninger og verdier, og forandringer i ytre faktorer som for eksempel miljø, klima osv gjør at nye typer risikooppfatninger oppstår. Samtidig kan mer kunnskap, nye produksjonsmåter og teknikker synliggjøre risikofaktorer som tidligere ikke har vært kjent. I samfunnsforskningen beskrives denne prosessen som et paradoks. Økt kunnskap avdekker nye farer og ny risiko. Samtidig skaper ny teknologi forventninger i befolkningen om trygghet og fravær av risiko som samfunnet selv ikke er i stand til å kunne oppfylle. Derfor blir risiko et konflikttema der det er strid om hvem som skal utsettes for risiko, hvor mye en skal tåle og hvor mye sikkerhet vi egentlig ønsker. Slik sett blir ikke risiko bare et rent kalkulasjonsproblem, men også et samfunnsmessig problem. Kunnskaper og oppfatninger av risikofaktorer blir viktig.

Risikooppfatninger handler derfor ikke bare om objektive naturvitenskapelige vurderinger av hvordan trygg mat skal sikres, men også hvordan myndigheter, markedsaktører, forskere, pressgrupper og media håndterer og formidler risiko.

I utgangspunktet må vi forutsette at faktisk kunnskap om risikofaktorer varierer sterkt både blant markedsaktører og forbrukere. Snakker vi om forbrukere generelt kan vi anta at de fleste er lekfolk og ikke eksperter. Det medfører at de aller fleste forbrukere vil ha store problemer med å bearbeide og fortolke all den risikorelaterte informasjonen som kontinuerlig formidles gjennom media og i offentligheten, enten det gjelder bærekraftig bestand av villfisk, innslag av miljøgifter, dyrehelsen i oppdrett, trygg mat osv.

All teori om markedsatferd enes om at kunder og forbrukere forsøker å håndtere kompleksitet og risiko i hverdagen gjennom til dels enkle rutiner og vaner. Selv om rutiner er en rasjonell måte å håndtere risiko på, er det ikke alltid sikkert at de samsvarer med det eksperter oppfatter som vitenskapelige sannheter. Forbrukere må tilpasse sin kunnskap om risiko til hverdagslivets krav om det som er praktisk mulig å gjennomføre i husholdet. Faktiske handlinger blir således et kompromiss mellom mange ulike hensyn, slik som tidsbruk, omsorg, matglede og ernæring. Like fullt er disse elementene av avgjørende betydning for å forstå forutsetningene for forbrukernes valg. Kommunikasjon forutsetter forståelser av folks måltidsvaner og rutiner.

Fra et ståsted kan risikooppfatninger i markedet oppfattes som mistillit og en trussel for å få omsatt produkter. Men de kan også være en ressurs. Oppfatninger om risiko er en viktig tilbakemelding til næringsaktørene og innebærer muligheten til å styrke verdiskapning gjennom forbedret markedstilpasning. Åpenhet omkring risiko kan slik sett bidra til å konsolidere tillit, og skape en positiv dynamikk mellom tilbuds- og etterspørselssiden.

Vi vil i det følgende skille mellom helsemessige, sensoriske, etiske og institusjonelle risikofaktorer selv om det kan vise seg at slike skiller fra en forbruker- og markedsmessig side oppfattes som unaturlige og i mange tilfeller ulike sider av samme sak.

## 9.1 Helsemessig risiko

For forbrukeren betyr helsemessig risiko i praksis faren for å bli syk eller feilernært. Man kan produsere en på alle måter fortreffelig laks ut fra et foreliggende regelverk om hva som er trygg mat, den vil imidlertid ikke omsettes dersom oppfatningene i markedet er annerledes. Kunnskaper om oppfatninger av risikofaktorer er av helt avgjørende betydning for å kunne hente ut det potensialet som ligger i marin sektor og havbruk.

Både kvalitative og kvantitative undersøkelser viser at norsk sjømat er forbundet med liten sykdomsrisiko, og at tilliten til at sjømat er trygg har vært dypt forankret blant norske forbrukere. Dette har i stor grad sammenheng med den store tillit nordmenn har til mat og er særlig knyttet til tillit til statlig kontroll. Viktige unntak er her skalldyr, der forbrukere rapporterer om en viss skepsis. I tidligere saker der det har vært uttrykt skepsis til norsk sjømat, har det vist seg at utfordringer har vært håndtert på en måte av næringen og myndighetene på en slik måte at mange har oppfattet det som betryggende. Et slikt eksempel er reduksjon av medisinbruk i oppdrettsnæringen. Flere saker kan utfordre forbrukernes tillit.

Økt forbruk av sjømat er et sentralt virkemiddel i forebyggende helsearbeid. Myndigheter, så vel som næringsaktører, er i ferd med å legge mulighetene til rette for økt forbruk av sjømat. Offentlige kampanjer og nye symbolmerker for sunn mat vil øve et press på forbruket i retning av et mer ernæringsriktig kosthold. Det norske fiskeforbruket har de siste 8 årene blitt beskrevet som variabelt, men stabilt. Den såkalte ”helsetrenden” i matforbruket – som er av nyere dato – kan således føre til økt sjømatforbruk spesielt blant de mer helsebevisste delene av befolkningen. Blant annet registreres det en sterk økning i konsumet av laks. Fisk og annen sjømat inneholder stoffer som er positive for folkehelsen, slik som omega -3 fettsyrer. I den anledning er det grunn til å spørre om for eksempel nye typer oppdrettsfôr (animalsk eller vegetabilsk) endrer næringsinnholdet og slik sett reduserer helseargumentet for økt forbruk. Sjømat inneholder samtidig forurensinger og andre uønskede stoffer. Forbruksvekst påvirker således folks eksponering for helserisiko. Spørsmålene er om endringene i spisemønsteret av fisk og sjømat vil nødvendiggjøre en ny vurdering av Vitenskapskomiteens anbefalingene, noe som i seg selv kan bidra til at risikofaktorer som miljøgifter med mer tematiseres i offentligheten og blant forbrukere.

Nye forbrukertrender har ført til ny anvendelse av fisk og sjømat. Et slikt eksempel er konsum av rå fisk tilberedt i ulike varianter, slik som sushi, carpaccio og egenmarinert fisk etc. Konsum av rå fisk setter helt andre krav til mattrygghet i distribusjonskjeden enn sjømat beregnet for koking og steking. Heller ikke de norske forskriftene inneholder spesielle krav til håndtering for alle de typiske sushiråvarer slik som kveite og piggvar, selv om regelverket er i endring. Samtidig har det med jevne mellomrom vært stor oppmerksomhet rundt utilfredsstillende forhold i handelens ferskvaredisker. Slike forhold gjør at folk kan eksponeres for risikoavveininger som de verken er kompetent til, er forberedt på - eller vil gjøre. I tillegg kan selve helserisikoen være vanskelig å fastslå da vi ikke har sikker kunnskap om antall sykdomstilfeller. Symptomene kan i en del tilfeller være milde og kortvarige noe som gjør at den egentlige sykdomsårsaken verken blir avdekket eller registrert. Vi mangler derfor pålitelig kunnskap om hvordan endrede forbruksvaner kan påvirke risikoen for at forbrukerne blir syke.

En annen faktor som kan påvirke folks risikooppfatning er uro rundt kvaliteten på norsk fisk i viktige eksportmarkeder. Et slikt eksempel er russiske kontrollmyndigheters importnekt av norsk laks i 2006 som følge av påstander om for høye verdier av kadmium og bly. I Norge førte dette til en diskusjon i media om rensing av fôr til oppdrettsfisk, og hvilke grenseverdier man skal tolerere. I tillegg har helserisiko forårsaket av miljøgifter som pesticider, dioksiner og PCB i villfisk og oppdrettsfisk vært et tilbakevendende forbrukertema med påstander om at verken risikovurderingen eller lovverket er godt nok. Dette er blant de saker som kan føre til spenninger mellom eksperter og reguleringsorgan på den ene siden og forbrukeroppfatninger på den andre

siden. Fra et myndighetsperspektiv kan slike saker stille nye krav om beredskap knyttet til kommunikasjon og informasjon om risiko. Blant markedsaktører, frivillige organisasjoner og forbrukere kan kravet om mer restriktive grenseverdier og høyere krav til matvaretrygghet oppstå. Internasjonale og nasjonale supermarkedskjeder har her trolig en nøkkelrolle. Mer kunnskap om hvordan deres markedstilpasning skjer og kvalitetssystemer virker vil være viktig.

Matvarekontrollens organisering har vært vesentlig endret de siste årene, med større vekt på egenkontroll og overføring av ansvaret for trygg mat til markedsaktørene selv. Hvordan markedsaktører selv håndterer kriser vil være avgjørende for tilliten i markedet. Videre vil både holdninger til risiko og forventninger om hvordan risiko håndteres variere sterkt mellom ulike land, til på grunn av ulike kulturelle, markedsmessige og politiske forhold. Dette gjør forholdet mellom ekspertenes risikovurderinger, industriens tiltak og forbrukernes risikoppfatninger ekstra komplisert. Innsikt i forbrukernes og markedets forventninger og tillit kan derfor i liten grad overføres fra ett land til et annet. Kunnskap om tillitsrelasjoner og risikoppfatninger i ulike land og eksportmarkeder vil derfor være viktig

### 9.1.1 utfordringer og forskningsbehov

- Undersøke om eventuelle endringer i forbruksmønstre i utvalgte forbrugersegment gjør at flere personer eksponeres for risiko.
- Analyser av nye fôrtyper og effektene på næringsinnhold i fisk for å finne ut om - og hvorledes dette påvirker helseargumenter for økt fiskeforbruk.
- En gjennomgang av om regelverk, kvalitetsforskrifter, kontrollrutiner og håndtering av fersk sjømat ved utsalgssteder mv er tilpasset dagens forbruksmønstre og forbrukernes nye anvendelser av fisk.
- Undersøke omfanget av fritidsfiske, egenfangst av skjell og skalldyr og folks oppfølging av kostholdsråd om helserisiko.
- Hva former folks forståelse av risiko? Finne faktorer som påvirker forbrukernes risikoppfatninger, inkludert forhold rundt matinnkjøp og spising, offentlig debatt, bransjens egen organisering og kontroll og myndighetenes innsats i ulike land.

## 9.2 Sensorisk risiko og kvalitet

Sensorisk risiko betegner situasjoner der den smaksmessige opplevelsen ikke samsvarer med forbrukernes forventninger. Risikoen kan oppleves som så stor at forbrukerens betalingsvilje for kvalitetsprodukter svekkes eller at de unngår å kjøpe bestemte produkter. I verste fall kan slike faktorer undergrave forsøk på verdiskapning i næringen.

Analyser av forbruksmønstre internasjonalt og nasjonalt viser at vekstpotensialet i sjømatsektoren ligger i distribusjonen av ferske og konsumtilpassede produkter. Paradoksalt nok viser innenlandsk omsetningsstatistikk for laks og torsk de siste 8 årene at salget av ferske produkter ikke har økt, men snarere sunket. Det er imidlertid en rekke forhold som påvirker oppfatninger i markedet og hos forbrukerne på en negativ måte.

I utgangspunktet selges og omsettes fersk fisk i distribusjonsskjeden som et standardisert produkt til tross for at det er store kvalitetsforskjeller i leveranser som følge av variasjoner på råvareleddet når det gjelder sammensetning av fangst, opprinnelse, sesong og transport. Dette gjelder særlig villfanget fisk. Uforutsigbar kvalitet gjør at forbrukeren ofte har problemer med å skille mellom god og dårlig kvalitet på fisk.

Flere analyser og oppslag de senere årene har skapt et bilde av kvaliteten på ferske sjømatprodukter i omsetningsleddene som svært variabel (Forbrukerrapporten 2007). Årsakene til kvalitetsproblemene kan være mange: manglende kunnskap om vurdering og håndtering av

råvaren på ulike ledd i verdikjeden (se kapittel 4), mangelfulle kvalitetsforskrifter og kontrollrutiner, forhold i den vertikale organiseringen av verdikjeden og samspillet mellom fangst-, produksjons og salgsledd. I liten grad har tidligere forskning foretatt en helhetlig analyse av årsakssammenhengene.

Et annet problem er manglende satsing på bearbeiding av konsumtilpassede produkter, eksempelvis måltidstilpassede stykningsdeler og nye forpakkingsformer. Forbruksundersøkelser viser at befolkningens matpreferanser blir mer og mer heterogen, noe som tilsier et større behov for spesialtilpassede produkter. I dag finnes det praktisk talt ingen kvalitetsdifferensiering på laks, som i realiteten selges som et rent bulkprodukt, på tross av uttrykte smakspreferanser for mindre fet laks, ønsker om økologiske produkter mv. En slik differensiering er også ønskelig ut fra andre argumenter. Når for eksempel laksen oppfattes som for fet av forbrukerne, er det ikke bare et sensorisk problem. Fedme hos oppdrettet laks og torsk kan vise seg å være negativ for fiskens helse og stresshåndtering (se kapittel 3).

Ferske produkter er dessuten lite tilpasset hverdagslivets behov både når det gjelder forpakning og bearbeiding. Manglende informasjon om sjømatens ferskhet, holdbarhet og opprinnelse er et annet problem, noe som til dels skyldes bransjens motvilje mot å etablere garantier for kvalitet og ferskhet. I det hele tatt er det en rekke risikooppfatninger som kan begrense potensialet for verdiskapningen sjømatsektoren. Videre kan en stille spørsmål om dette bare gjelder Norge eller om dette også er tilfellet i andre land med andre distribusjonssystemer.

### 9.2.1 Utfordringer og forskningsbehov

- Foreta en helhetlig analyse av kvalitetsproblemene i norsk ferskvaredistribusjon. Fremme kunnskap om betydningen av samspill mellom ledd i distribusjonskjeden for å sikre kvalitet, samtidig som krav til hygiene ivaretas. Markedsstrukturens betydning er også viktig, eksempelvis organiseringen av oppstrøms og nedstrømsaktiviteter for kvalitetssyring i distribusjonskjeden for ferske varer.
- Fremme kunnskap om hvordan obligatoriske og/eller frivillige merkeordninger kan fremme kvalitet. Det må også vurderes om ulike former for kvalitetsmerker, ferskhetsmerking, smaksgarantier mv. fra andre deler av matmarkedet vil ha relevans for sjømat.
- Mer kunnskap om folks måltidsmønster og hvordan fisk kan tilpasses krav til hverdagslivets organisering.
- Fra bulk til produkt differensiering. Få fram kunnskap om spesielle ønsker i befolkningen og hvordan dette tas imot og formidles i mellomleddene mellom råvareledd og forbruker.

## 9.3 Etisk risiko – bærekraftighet og forbrukerverdier

Etisk risiko betegner fangst, bearbeiding og markedsføring av sjømat som oppfattes å være i strid med grunnleggende verdimeslige oppfatninger i samfunnet. Etisk risiko kan oppstå som følge av faktiske brudd på slike verdier eller mangelfull informasjon, noe som gjør at forbrukeren vender seg bort fra produktet.

Havet som spisekammer er følsomt overfor naturmessig forandring – slik som klima - og menneskelig aktivitet. Det skyldes blant annet at marine næringskjeder er mer komplekse og lenger enn tilsvarende kjeder på landjorda. Omfanget av våre naturinngrep har økt både som følge av ny teknologi og mer intensive måter å høste av naturen på. Samtidig er det knyttet stor usikkerhet til effektene av menneskeskapt naturforandring, slik som klima, noe som kan medføre endringer i vanntemperaturen og helt andre betingelser for fangst og oppdrett.

Dette er forhold som har ført til konflikter mellom drift på den ene siden og forvaltning av miljø, bærekraftig vekst, dyrevelferd og fordeling av globale ressurser på den andre siden. Mobilisering rundt verdikonflikter er en utfordring for verdiskapningen i sjømatsektoren, da forbrukere gjennom sine valg i større grad later til å legge til grunn holdninger eller verdier som retter seg mot fellesskapet, slik som miljø og etikk. Tidligere erfaringer viser da også at slike konflikter kan få umiddelbare og dramatiske effekter på etterspørselen. Det kan skape begrensninger for aktivitet, men også nye muligheter for markedstilpasning.

En konsekvens av etisk risiko er økte krav fra forbrukere og innkjøpsallianser om at fangstledd og produsenter må opptre mer i tråd med rådende verdier. I noen tilfeller kan dette bety krav om at lovens minstekrav overholdes (for eksempel bærekraftig fangst). I andre tilfeller etterspør forbrukere løfter og erklæringer som ikke nødvendigvis omfattes av lovverket (økologi, fravær av GMO i fôr etc).

Det er grunn til å tro at kravet om bærekraftig produksjon i sjømatsektoren vil øke som følge av press fra forbrukere, organisasjoner og markedsaktører. Selv om begrepet bærekraft er velkjent, mangler vi innsikt i hvilken rolle begrepet kan ha for framtidig fangst og oppdrett. Det skyldes at det på etterspørselssiden ikke foreligger en entydig forståelse om hva begrepet skal inneholde. Definisjonene spenner fra en snever økologisk betydning med fokus på vern av globale fiskestammer til en utvidet tilnærming som inkluderer klima, forurensning, folkehelse og økonomisk utvikling. Begrepet bærekraftighet kan derfor romme mesteparten av det som forbrukerne anser som risikofaktorer.

Tolkningsmangfoldet medfører til dels motstridende oppfatninger om hvordan begrepet skal operasjonaliseres enten det skjer i form av miljøregnskap, karbontrykk eller annen metodikk. For eksempel kan det argumenteres for at oppdrett i seg selv er bærekraftig i motsetning til fangst ("no catch"), mens denne oppfatningen kanskje ikke anses som tilstrekkelig av alle miljøorganisasjoner. Det gjør det mulig for markedsaktører å fortolke begrepet strategisk ut fra hvorledes de selv er posisjonert i markedet.

Bærekraftig forvaltning har også styringsmessige implikasjoner. Spørsmål som melder seg er hvilken rolle stat og marked skal ha og hvordan samspillet mellom dem er eller bør være. I det globale sjømatmarkedet ser vi at statlige og ikke-statlige aktører responderer på krav i forbrukermarkedet på ulike måter. Statlige aktører har i lengre tid tatt initiativ til frivillige merkeordninger som politisk virkemiddel på nasjonalt plan og overnasjonalt plan. Det siste tiåret har innslaget av frivillige, markedsbaserte merkeordninger i regi av ikke-statlige organisasjoner økt, slik som Marine Stewardship Council (MSC). Vi finner også rene private merkeordninger knyttet opp mot merkevarebygging. I tillegg introduserer en rekke enkeltstående merkevareleverandører enten det er på industri- eller dagligvareledd Corporate social responsibility (CSR) for å styrke omdømme og legitimitet i markedet. I hvilken grad de ulike ordningene er sertifisert og akkreditert vil være avgjørende for innsyn og kontroll utenfra.

For statlige og ikke-statlige organisasjoner vil merkeordninger ventelig bli et svært viktig virkemiddel for å oppnå bærekraftig produksjon i sjømatsektoren. Med Norges posisjon som eksportør på verdensmarkedet for sjømat vil kunnskap om merkeordninger være avgjørende for markedstilpasning og verdiskapning særlig fordi krav og forventninger kan variere mellom ulike nasjonale markeder.

Med dagens bekymring omkring faren for menneskeskapte klimaeffekter er det all grunn til å forvente økt oppmerksomhet om etiske sider. Spørsmål omkring bærekraftige verdikjeder for sjømat vil bli viktige, inkludert bærekraftige bestander, fôr, forurensning, lange transportavstander osv.

### 9.3.1 utfordringer og forskningsbehov

- Fremme kunnskap om effekter av dagens fangst, produksjon og distribusjon/transport sett i forhold til klimaets utvikling.
- Skaffe innsikt i effekter av klimaendringer når det gjelder fangst og oppdrett.
- Politisering av produksjon og forbruk nasjonalt og internasjonalt. Mer kunnskap om hvordan kommersielle drivkrefter og politisk påvirkning former forbruket. Hva er forbrukernes holdninger til ulike private og offentlige merkesystemer?
- Mer kunnskap om definisjoner og standarder rundt etableringen av bærekraftige distribusjonskjeder.
- Merkeordningenes pålitelighet. Ivaretar merkestrategier i regi av ikke-statlige organisasjoner hensynet til åpenhet, innsyn og ansvarlighet?
- Mer kunnskap om hvorledes viten om dyrevelferd vil påvirke forbrukervalg.
- Øke kunnskap om muligheten for å utvikle økologiske sjømatprodukter på det innenlandske markedet.

## 9.4 Institusjonell risiko. Offentlige og private kontrollsystemer

Institusjonell risiko omhandler situasjoner der forbrukere og markedsaktører ikke har tilstrekkelig tillit til institusjoners kommunikasjon og ivaretagelse av sjømatens kvalitets- og helsemessige attributter. Slike institusjoner kan være det offentlige kontrollapparat, produsenter, industri og omsetningsleddene (dagligvarekjeder). Institusjoner kan ha lagt opp til et gjennomarbeidet system for risikokommunikasjon. Det vil ikke hjelpe dersom forbrukere og marked ikke har tillit til den som kommuniserer.

Tradisjonelt oppgir norske forbrukere at de har stor tillit til offentlige kontrollmyndigheter, mens tilliten til industri og dagligvarekjeder er vesentlig mindre. Denne fordelingen kan utfordres. Omorganiseringen av matvarekontrollen som betyr overføring av kontrolloppgaver til bransjen selv (egenkontroll) er eksempel på det. Dette skaper usikkerhet i befolkningen om hvem som har det reelle ansvaret for trygg mat. Samtidig er det en internasjonal trend at dagligvarekjeder etablerer egne systemer for kvalitetskontroll og risikokommunikasjon. Som følge av disse prosesser opplever vi framveksten av en rekke offentlige, kollektive og private kvalitetskontrollsystemer og merkeordninger med en rekke påstander om kvalitet og trygg mat. I sum kan disse forhold forskyve de forventningene forbrukerne har til hvilken rolle offentlig og privat matvarekontroll skal ha. Også på disse områdene må norske sjømatprodusenter og eksportører være klar over at tillitsrelasjoner varierer fra det ene nasjonale marked til det andre, påvirket av dypere liggende strukturelle forhold så vel som mer umiddelbare erfaringer.

Et annet spørsmål gjelder rollen til forskning og kunnskapsproduksjon i samfunnet generelt. Å unngå diskrepans mellom befolkningens kunnskapsbehov og forskningens innretning vil være viktig. For eksempel kan det være relevant å stille spørsmål om hvilke hensyn som ligger bak igangværende forskning, om dette er kortsiktige næringsinteresser, befolkningens ønsker, folkehelse eller andre forhold.

### 9.4.1 utfordringer og forskningsbehov

- Undersøke hvordan folks vaner, forventninger og reaksjoner, inkludert tillit, varierer avhengig av ulike typer distribusjonssystemer (supermarkeder og innkjøpsallianser, korte kjeder med personlige relasjoner, foredlingsindustri-ledet distribusjon av ferdigpakke og merkede varer).
- Frambringe kunnskap om hvorledes omfordeling av ansvar mellom private og offentlige kontrollsystemer påvirker forbrukernes risikooppfatninger og tillitsforhold. Analysere nærmere endringer i offentlig kontrollpraksis og konsekvenser for mattrygghet.

- Fremme mer kunnskap om forskningen og ekspertenes rolle med særlig henblikk på formidlingen av usikker kunnskap og risiko.

## 9.5 Kunnskapsbehov, oppsummering

- Mer kunnskap om hvilke faktorer som former folks oppfatning av risiko.
- Foreta analyse av kvalitetsproblemene i for fersk sjømat i et helkjedeferspektiv.
- Mer kunnskap om hvordan man skal definere bærekraftige distribusjonskjeder for sjømat og vurdere standarder.
- Frambringe kunnskap om hvordan omfordeling av ansvar mellom private og offentlige kontrollsystemer påvirker forbrukernes risikooppfatninger og tillitsforhold og i hvilken grad denne samsvarer med reell risiko.

### ***Bakgrunns litteratur: markeds- og forbrukeroppfatninger***

Bakken, T. 2007. "Forbrukets risiko, sikkerhetens risiko" i Schjelderup, G.E. og Knudsen, W.K. (red) Forbrukersosiologi. Makt, tegn og mening i samfunnet, Oslo: Cappelens akademiske forlag.

Boström, M., Føllesdal, A., Klintmann, M., Micheletti, M. og Sørensen M.P 2005 (red), Political Consumerism: Its motivation, power and conditions in the Nordic countries and elsewhere, København: TemaNord 2005:15.

Dreyer, B og Grønhaug, K. 2004. "Uncertainty, Flexibility and Sustained Competitive Advantage", Journal of Business Research 57, s.484-494

Dulsrud A and Nordberg, H.M. 2006 "Too much or too little information? The significance of origin and traceability for consumer trust in seafood in Norway and Germany" in (ed) JB Luten et al. Seafood research from fish to dish. Wageningen: Wageningen Academic Publishers

Gulbrandsen, L.H. 2005. "Miljømerking og bærekraftig fiskeri- og skogforvaltning" i Internasjonal politikk, 63 (4) s.395-420

Kjærnes, U., Harvey, M. og Warde, A 2007 Trust in Food. An institutional and comparative analysis. London: Palgrave

Lien, K. 2007. Markedsrapport for norsk konsum av sjømat september 2007. Markedseffekt, Eksportutvalget for fisk

Pienak, Z., Verbeke, W., Scholderer, J., Brunsø, K. and Olsen, S.O. 2007. "European consumers' use of and trust in information about fish" in Food quality and preference 18 (2007) s.1050-1063

Wildavsky, A. 1995. But is it true? A citizen's guide to environmental health and safety issues. Cambridge: Harvard University Press.



# 10 Konklusjoner og anbefalinger

I det følgende har vi trukket ut de viktigste kunnskapsbehovene som er identifisert i hvert kapittel. Disse er utdypet i teksten under hvert kapittel.

## *Villfisk og oppdrettsfisk*

- Det er behov for å utvikle analysemetoder for å kartlegge innholdet av helseskadelige stoffer, næringsstoffer og helsebringende stoffer i norsk og importert sjømat.
- Det er behov for mer kunnskap om hvordan årstid, geografi, forurensningsnivå, klima og værforhold påvirker mattrygghet når det gjelder sjømat. Norske fjorder kan med fordel brukes som modell i slike studier.
- Det er behov for kunnskap om genmodifisert fisks egnethet som mat og for utvikling av påvisningsmetoder av genmodifisert fisk.

## *Fôr til oppdrett*

- Det er behov for økt kunnskap om betydningen av fôrets sammensetning for at oppdrettet fisk og sjømat ikke skal tilføres helseskadelige komponenter som organiske miljøgifter, metaller, medisinrester, rester av plantevernmidler mv.
- Der er behov for økt kunnskap om hvordan fôrets sammensetning påvirker fiskens næringsinnhold og helsebringende effekt.
- Det er behov for å videreutvikle egnede analysemetoder for å påvise både helseskadelige stoffer, ulike næringsstoffer og ikke minst andre helsebringende stoffer i fôr og sjømat.

## *Biologiske risikofaktorer*

- Det er behov for økt kunnskap om endringer i biologiske risikofaktorer (bakterier virus, prioner og parasitter) utbredelse (geografisk og i ulike produkter) og egenskaper som har betydning for mattryggheten.
- Det er behov for videreutvikling av egnede analysemetoder for påvisning av biologiske patogene agens i sjømat og miljø.

## *Videreforedling og distribusjon*

- Det er behov for økt kunnskap om hvordan fremtidige videreforedlingsprosesser og distribusjonsmønster påvirker mattrygghet.
- Det er behov for videreutvikling av egnede analysemetoder for påvisning av patogene agens i sjømat på ulike trinn i produksjonsprosessen.

## *Marine algetoksiner*

- Det er behov for studier av de enkelte toksingruppene og studier av mulig samvirkende effekter når toksiner fra flere grupper forekommer i samtidig i skjellene.
- Det er behov for videreutvikling av analysemetoder for de ulike toksingruppene, både kjemisk analytiske og hurtigmetoder.
- Det er behov for videreføring av studier angående akkumulering, metabolisme og avgiftning av algetoksiner i skjell og andre skalldyr.
- Det er behov for økt kunnskap om faktorer som influerer på oppblomstring av toksinproduserende alger, variasjonene i toksinnivå i skjell innen det enkelte anlegg, samt økt kunnskap om optimal lokalisasjon av anleggene og bedre overvåkningsmetoder.
- Det er behov for toksikologiske studier av de såkalte fisketoksinene (effekter på fisk og andre marine organismer og akkumulering i ulike organer).
- Det er behov for å utvikle overvåkningsmetoder/beredskap når det gjelder fisketoksinene for å unngå store tap av oppdrettsfisk.

### ***Human helse***

- Det er behov for bedre data omkring konsumet av sjømat. Det gjelder både hvilke fiskeslag og skalldyr som konsumeres, hvordan de anvendes i husholdningen og utvikling av konsumet over tid.
- Det er behov for databaser over innhold av helseskadelige stoffer samt næringsstoffer og andre helsebringende komponenter.
- Det er behov for mer kunnskap om helseeffekter av sjømat i kostholdet og enkelt komponenter (helseskadelige stoffer, næringsstoffer og andre helsebringende stoffer).

### ***Markedet og forbrukerne***

- Det er behov for mer kunnskap om hvilke faktorer som former folks oppfatning av risiko.
- Det er behov for å foreta analyser av kvalitetsproblemene av fersk sjømat ut fra et helkjedeperspektiv.
- Det er behov for mer kunnskap om hvordan man skal definere bærekraftige distribusjonskjeder for sjømat og vurdere standarder.
- Det er behov for å frambringe kunnskap om hvordan omfordeling av ansvar mellom private og offentlige kontrollsystemer påvirker forbrukernes risikooppfatninger og tillitsforhold og i hvilken grad disse samsvarer med reell risiko.

### ***Kostnadsoverslag***

I følge mandatet er gruppen anmodet om å antyde kostnadene ved gjennomføringen av forskningen med bakgrunn i kunnskapsbehovet. Forskningsoppgavene som er foreslått, er komplekse og flerfaglige i sin natur. Arbeidsgruppen har grovt anslått kostnadene for forskningen og vil for de seks naturvitenskapelige/ medisinske/ veterinærmedisinske områdene anslå omtrent like kostnader, mens det ene samfunnsvitenskapelige området vil være noe mindre kostnadskrevende. For å gi feltet et løft vil dette si henholdsvis 7-9 og 5-7 millioner kroner per år eller samlet sett en forskningsinnsats i størrelsesorden 54 til 66 mill pr. år de første fire årene.

