

3. Miljøeffekter som følge av utslipp av løste næringsalter fra fiskeoppdrett

Vivian Husa

Havforskningsinstituttet

Dette er vedlegg til Kapittel 3. «Miljøeffekter som følge av utslipp av næringsalter fra fiskeoppdrett» i Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2019 ([Risikorapport norsk fiskeoppdrett 2019 | Havforskningsinstituttet](#))

Dokumentet utgjør kunnskapsgrunnet for risikovurderingen og gir også en oversikt over status på fagområdet.

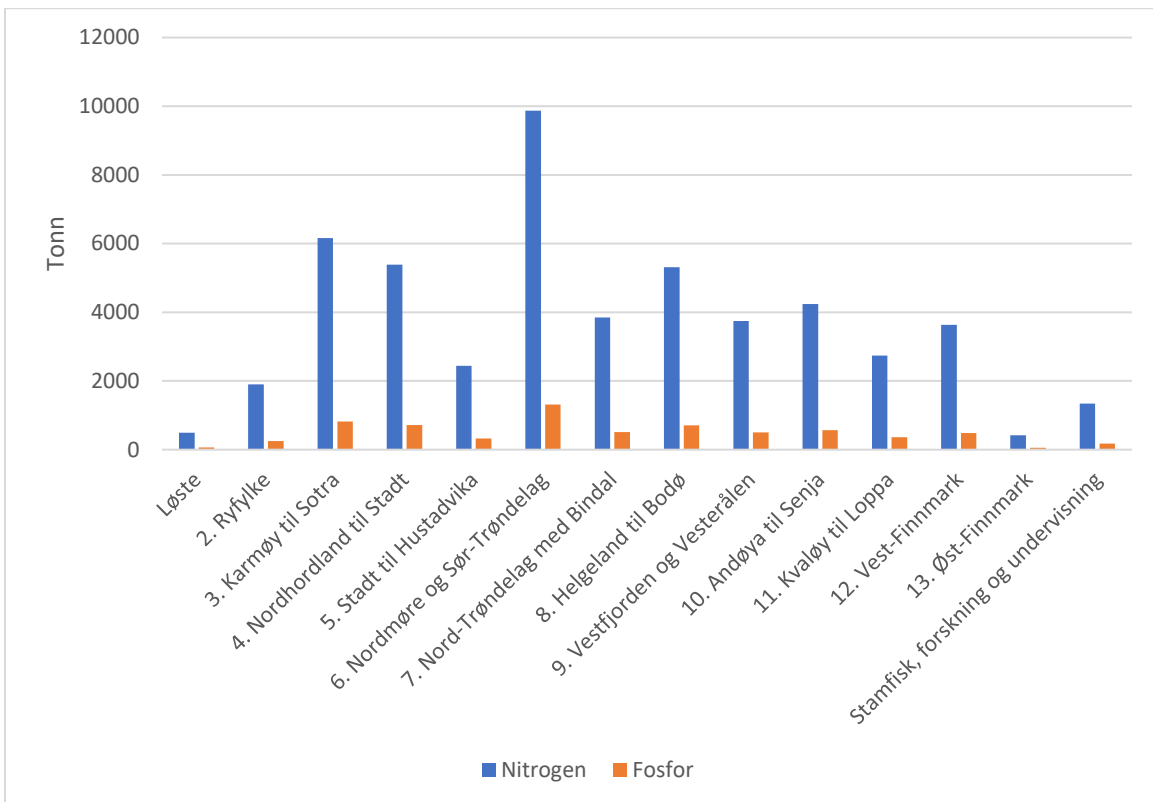
3.1 Utslippsmengde.....	1
3.2 Spredning og fortykning.....	2
3.2 Effekter av utslipp av løste næringsalter	3
3.2.1. Endring i planteplanktonproduksjonen (eutrofi)	3
3.2.2. Teoretisk beregning av respons i planteplanktonproduksjon.....	4
3.2.3. Endringer i makroalgesamfunn på hardbunn.....	5
3.3. Overvåking av miljøtilstand i kystvann.....	5
3.4 Referanser	7

3.1 Utslippsmengde

Norsk produksjon av laks og regnbueørret var i 2018 om lag 1 340 000 tonn (uttak til slakt) og innrapportert fôrforbruk var i 2018 på om lag 1 600 000 tonn (kilde: Fiskeridirektoratet). Oppløst nitrogen og fosfor slippes ut fra matfiskanlegg som uorganiske forbindelser dannet ved fiskens metabolisme. Utslippsmengden av løste næringsalter vil være proporsjonal med fiskeproduksjonen. Det er stor usikkerhet rundt mengden av utslipp av løste næringsalter fra matfiskanlegg. Det finnes ulike modeller og massebudsjett for beregning av løste næringsalter (Wang mfl. 2012; Norderhaug mfl. 2016a; Svåsand mfl. 2016; Torrissen mfl. 2016), men ingen av modellene eller beregningsmetodene er godt nok verifiserte. Modellberegninger av utslippene av løst uorganisk nitrogen (DIN) varierer fra 20 kg til 38,4 kilo per tonn produsert fisk, mens utslippene av løst uorganisk fosfor (DIP) varierer fra -1,5 (negativt fosforbudsjett) til 5,1 kilo per tonn produsert fisk (tabell 3.1). Vi har i risikovurderingen derfor valgt å bruke TEOTIL modellen som estimerer de høyeste utslippene av løste næringsalter (38,4 kg løst nitrogen og 5,1 kg løst fosfor per tonn laks produsert), for å ikke underestimere utslippene. Dette vil gi estimerte utslipp på 51 538 tonn løst nitrogen og 6845 tonn løst fosfor i 2018. Til sammenligning slippes det årlig ut om lag 48 000 tonn nitrogen og 2600 tonn fosfor til vann fra jordbruk, avløp og landbasert industri (SSB). Figur 3.1 viser utslippsmengde av løst nitrogen og fosfor fra matfiskproduksjon i produksjonsområdene langs kysten.

Tabell 3.1 Utslipp av løst uorganisk nitrogen (DIN) og løst uorganisk fosfor (DIP) (kg) per tonn produsert laks og regnbueørret beregnet med to ulike massebalansebudsjett og to modeller.

	DIN-kg/tonn fisk	DIP kg/tonn fisk
Massebalansebudsjett I (Wang mfl. 2012)	36	2,45
Massebalansebudsjett II (Torrissen mfl. 2016)	23	- 1,5
ANCYLUS (Svåsand mfl. 2016)	20	3
TEOTIL (Norderhaug 2016 mfl. 2016a)	38,4	5,1

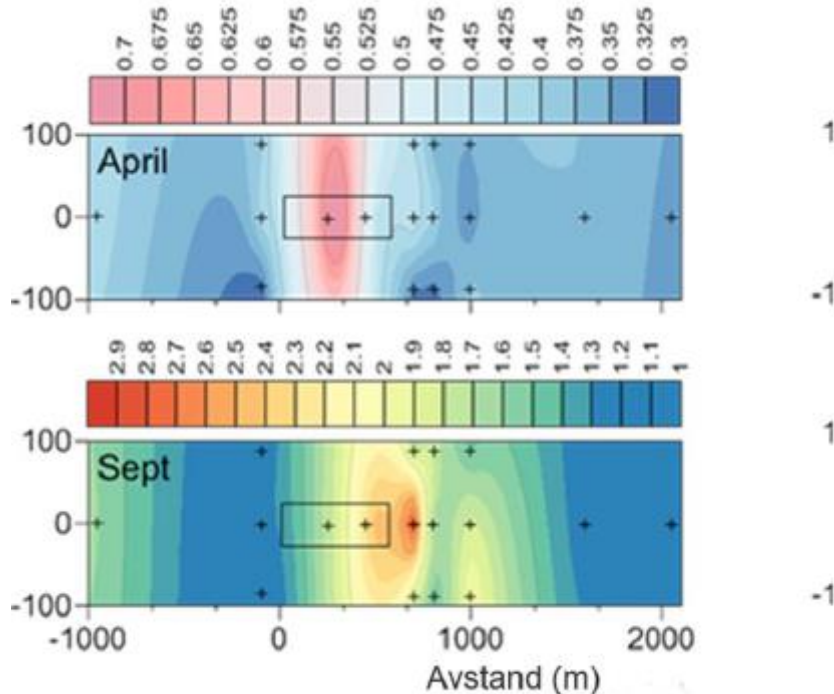


Figur 3.1 Årlig (2018) utslippsmengde av løst nitrogen og fosfor fra fiskeoppdrett i produksjonsområdene langs norskekysten.

3.2 Spredning og fortykning

Når fisk produseres i åpne merdanlegg slippes det ut næringsalter direkte til miljøet. Disse omfatter nitrogen (nitrat, nitritt og ammonium) og fosfor (fosfat) i form av løste uorganiske forbindelser som dannes under fiskens metabolisme og skilles ut via gjeller og nyrer. De løste forbindelsene som slippes ut fra anlegget vil spre seg med overflatestrømmen hovedsakelig i merddyp (0-30 meter). De fortynnes relativt raskt i vannmassene og gjør at det kan være vanskelig å måle forhøyde konsentrasjoner av ammonium ved anlegget, men under fôring av fisken representerer de stadige pulser av lett omsettelige nitrogenforbindelser. En rekke studier har vært gjort av løste næringsalter fra oppdrettsanlegg, og de fleste konkluderer med relativt svake pulser i inntil 1-2 km fra merdene (sammenstilt i Price mfl. 2015). Hvor langt disse pulsene med forhøyde næringsaltverdier strekker seg, vil variere med lokale forhold (vannutskiftning, strømforhold o.a.) og biomassen av fisk i

anleggene. Utslippsmengde fra fiskeproduksjonen vil også variere med årstiden siden fisken vokser mest om sommeren, noe som gir høyest utslipp i denne perioden. Figur 3.2 viser et eksempel på fordelingen av ammonium (nitrogen) ved et stort lakseanlegg (5000 tonn) på åpen kyst nær Florø i Sogn og Fjordane ved lav og høy produksjon i anlegget (Jansen mfl. 2018).



Figur 3.2 Ammoniumkonsentrasjoner (dybdeintegrerte middelverdier) målt ved et anlegg på åpen bølgeeksponert kyst ved Florø under lav (april) og høy (september) produksjon av fisk. Figuren viser konsentrasjoner i overflatevannet (0–20 meter) sett ovenfra. Anlegget er markert med svart firkantet boks og prøvetakingspunktene er markert med kryss (verdier i $\mu\text{mol/l}$, merk ulik fargeskala på figurene) (figur fra Jansen mfl. 2018).

Utslipp fra akvakultur står for det største menneskeskapte bidraget av næringssalter til norsk kystvann på strekningen Rogaland–Finnmark. Utslipp av ekstra næringssalt i områder med dårlig vannutskifting kan føre til at næringssaltkonsentrasjonen i sjøvannet øker lokalt. Tidligere lå en rekke anlegg delvis innelukkede områder, noe som førte til lokale overgjødslingsprosesser. De fleste norske oppdrettsanlegg ligger i dag lokalisert i områder med god overflatestrøm. Dette er nødvendig for at fisken i anleggene skal trives og få nok oksygen. Samtidig sørger overflatestrømmen for utskifting av overflatevannet og er med på å spre og forynne de løste næringssaltene.

3.2 Effekter av utslipp av løste næringssalt

3.2.1. Endring i planteplanktonproduksjonen (eutrofi)

Effekten av næringssaltutslippene på planteplanktonproduksjonen vil avhenge av sjøareal, oppholdstid og grad av innblanding av andre vannmasser (vannsirkulasjon). Langs norskekysten er uorganisk fosfor sjelden en begrensende faktor for planteplankton, og en ytterligere tilførsel av fosfor vil derfor ikke gi en direkte respons i planteplanktonproduksjonen. Betydelige utslipp av uorganisk nitrogen, som det normalt blir for lite av i sommerhalvåret, kan derimot føre til økt

planteplanktonproduksjon, økt nedbrytning av algebiomasse i dypet og oksygenmangel i bunnvannet. Denne tilstanden kaller vi eutrofi.

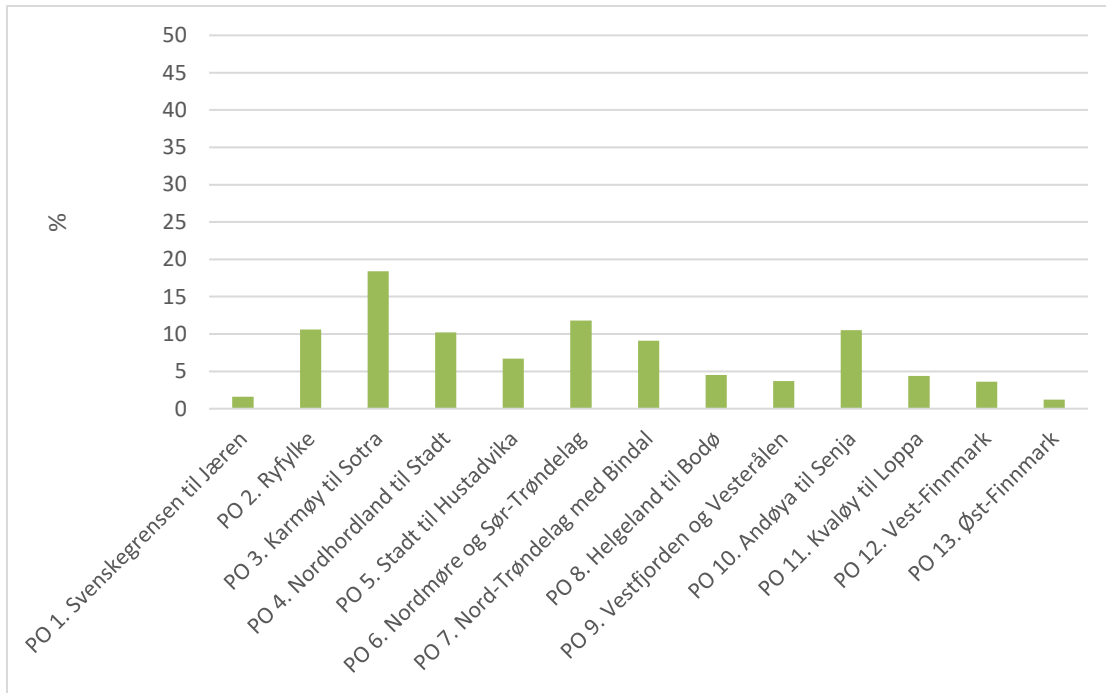
Overgjødsling (eutrofiering) av de kystvann defineres av OSPAR som ekstra tilførsler av næringsalter som forårsaker en økt vekst av alger eller vannplanter og fører til uønsket forstyrrelse av balansen mellom organismer i vannet og av kvaliteten på vannet de lever i (Anon 2017). Regionale effekter av utslipp av næringsalter er kjent fra flere deler av verden der menneskeskapte utslipp fra jordbruk og kloakk har skapt store problemer.

En rekke studier har undersøkt planteplanktonforekomstene nært oppdrettsanlegg, men har ikke kunnet påvise forhøyede verdier ved anleggene (Taylor mfl. 1992; Pitta mfl. 1999, 2006; Price mfl. 2015). Årsaken til dette er mest sannsynlig at planteplanktonets oppholdstid i området med forhøyede verdier er for kort til at planktonalgene kan respondere med økt produksjon. Noen studier har vist forhøyet planteplanktonproduksjon i oppdrettsområder, men dette har særlig vært i Middelhavet og i Asia (sammenstilt i Price mfl. 2015).

Målinger fra områder med høy tetthet av oppdrettsanlegg i Chile, Skottland, Middelhavet (Gowen & Ezzi 1994; Soto & Norambuena 2004; Pitta mfl. 2006) har ikke vist verdier som tyder på regional overgjødsling av frie vannmasser i områder med god vannutskifting. Planktonmengde og artssammensetning overvåkes ukentlig langs norskekysten i regi av Mattilsynet gjennom overvåkningsprogrammet for skadelige alger. Det er stor naturlig variasjon i planteplanktonbiomassen og artssammensetningen i løpet av året og mellom årene, og det registreres også betydelige ulikheter innenfor små geografiske områder. En tre-års studie av regionale effekter i oppdrettsintensive Hardangerfjorden viste heller ingen økte næringsalt- eller klorofyllverdier i de åpne vannmassene (Husa mfl. 2014a).

3.2.2. Teoretisk beregning av respons i planteplanktonproduksjon

Effekten av utslippene på planteplanktonproduksjonen vil avhenge av sjøareal, oppholdstid og grad av innblanding av andre vannmasser (vannsirkulasjon). Det er mulig å gjøre enkle beregninger av responsen i planteplanktonproduksjonen. Midlere planteplanktonproduksjon i norske kyst og fjordområder er ca. 135 gram C/m² /år (Wassmann 1990 a, b). Hvis en antar at 100 % av det løste nitrogenet som slippes ut fra matfiskanlegg omsettes til planktonproduksjon, ser vi av figur 3.3 at det vil være størst relativ økning i de naturlige nivåene av planteplanktonbiomasse i produksjonsområde 3 Karmøy til Sotra (18,4 %) og minst i produksjonsområde 12 Øst-Finnmark (1,2 %). Med en teoretisk økning på 18,4 % i planteplanktonproduksjonen, slik som i produksjonsområde 3, vil klorofyll-a-verdiene fremdeles ligge innenfor grensen for god vannkvalitet (Svåsand mfl. 2016). Som mål på overgjødsling benyttes her at konsentrasjonen av planteplankton ikke skal være mer enn 50 % over naturlig referansetilstand. Utslippene er beregnet på grunnlag av data fra Fiskeridirektoratets biomassestatistikk for 2018 fordelt på produksjonsområder. Sjøarealene i de ulike produksjonsområdene vil variere, derfor er utslippsmengden vurdert per kystnært sjøareal. Kystnært sjøareal er her definert som arealet innenfor 2 km fra kystlinjen. Dette er gjort fordi samme utslippsmengde vil kunne ha større effekt i et lite sjøareal enn den vil ha i et stort. Beregningene er utført på det totale sjøarealet i hvert produksjonsområde og tar ikke hensyn til lokale forskjeller som områder med mindre vannutskifting og områder med spesielt høy fiskeproduksjon, som kan gi betydelig høyere prosentvis økning enn verdiene vist i figur 3.3.



Figur 3.3 Estimert prosentvis økning i planteplanktonproduksjonen som følge av utslipp av løst nitrogen fra matfiskanlegg i 2018 fordelt på produksjonsområder (basert på 100 prosent utnyttelse av nitrogen til karbonfiksering).

3.2.3. Endringer i makroalgesamfunn på hardbunn

Makroalgesamfunn kan respondere raskt på ekstra nitrogentilførsel med redusert biodiversitet og økt forekomst av opportunistiske grønnalger på bekostning av flerårige habitatbyggende arter som tang og tare (Klavestad 1967, 1978; Bokn & Lein 1978; Bokn mfl. 1992; Munda 1996; Bartsch & Kuhlenskamp 2000, 2009). Dette fenomenet har vi sett i Oslofjorden i perioden med høye nitrogenverdier på grunn av utslipp fra kloakk, industri og landbruk. Økt forekomst av planteplankton kan redusere tilgangen på lys for makroalger, og kan dermed redusere voksedypet betydelig (Rueness & Fredriksen 1991). Massive oppblomstringer av opportunistiske makroalger i overgjødelse områder er kjent fra flere deler av verden (Liu mfl. 2010; Pang mfl. 2010; Ménesguen 2010). En undersøkelse av makroalger på hardbunn i Hardangerfjorden, der man har hatt lengre tid med høy oppdrettsintensitet, viste ingen overgjødslingseffekter på makroalgesamfunn i fjorden (Husa mfl. 2014b).

3.3. Overvåking av miljøtilstand i kystvann

Næringssaltkonsentrasjoner, klorofyll-a verdier (planteplankton) og makroalgesamfunn på hardbunn inngår i overvåking av miljøkvalitet i kystvann. Som ett ledd i implementeringen av vannforskriften i Norge ble det i 2013 startet opp en trendovervåking av miljøtilstanden i norske kystområder (ØKOKYST). Denne overvåkingen dekker foreløpig bare noen utvalgte stasjoner i fylkene og er for det meste plassert i upåvirkede områder. Det er planlagt et utvidet nettverk med stasjoner for denne overvåkingen slik at man etter hvert får mer data fra norskekysten.

I Rogaland, Hordaland og i seks fjorder i Nordland startet det i 2012-2013 opp overvåking av vannkvalitet på ett relativt dekkende stasjonsnett i områder med matfiskproduksjon. Overvåkningsprogrammet følger veiledere gitt etter Vannforskriften (Direktoratsgruppen vandirektivet, Veileder 02:2018), finansieres av lokale oppdrettere, koordineres av Blue Planet og

utføres av akkrediterte, uavhengige firma. Data fra disse tre fylkene gir foreløpig det beste grunnlaget for å si noe om miljøtilstanden i områder med matfiskproduksjon.

3.4. Lokale effekter av utslipp av løste næringsalter

Lokale effekter av utslipp av nærings salt på makroalger på hardbunn eller spesielle grunne naturtyper er ikke vurdert i denne omgang, men dette er problemstillinger som det arbeides med. Slike lokale effekter i grunne områder inngår i dag ikke i noen systematisk overvåkning ved matfiskanlegg.

I matfiskanleggenes påvirkningssone kan det forekomme effekter fra utslipp av næringsalter i strandsonen eller der anlegget er plassert i grunne skjellsandsområder og på tarebanker, slik moderne kystanlegg gjerne ligger i dag. Kontinuerlige pulser av næringsalter kan forårsake lokale overgjødslingseffekter. Effekten av utslippene i grunne områder vil i høy grad bestemmes av faktorer som strømhastighet og bølgepåvirkning. Studier av makroalgesamfunn i overgjødslede områder viser at en etter hvert utvikler et samfunn med redusert biodiversitet og en overvekt av grønne alger i artssamfunnet (Munda 1996). Ammonium som slippes ut fra matfiskanlegg tas lett opp i alger. Studier har vist at økte ammoniumstilførsler stimulerer til økt vekst av hurtigvoksende makroalger med høy volum-/overflateratio, slik som tynne, bladaktige og trådformede arter. Dette kan føre til økte mengder av påvekstalger som kan redusere lystilgangen og konkurrere effektivt om næringsaltene slik at man over tid kan få en reduksjon av flerårige, seintvoksende arter som tang og tare (Worm & Sommer 2000). En studie av makroalgesamfunn ved fiskeoppdrettsanlegg i Tasmania viste høyere biomasse av opportunistiske alger på korallrev i nærheten av fiskeoppdrettsanlegg (100-400 m), men fant ingen reduksjon i de habitatbyggende artene (Oh mfl. 2015). Fiskeoppdrettsanleggene i Tasmania er plassert på svært grunne og innstengte lokaliteter og er ikke direkte sammenlignbare med norske forhold.

Stortareskog er en viktig naturtype på bølgeeksponert kyst og fungerer som levested og oppvekstområde for en rekke andre arter. Økende forekomst av store matfiskanlegg på eksponert kyst kan potensielt påvirke denne naturtypen. Studier av effekten av utslipp av løste næringsalter i stortareskog viser liten respons i assosiert fauna og flora. Tareskogssamfunnene både på blader, stilkene og i hapterene (festerøtter) viser kun små forskjeller mellom anlegg og referansestasjoner og viser at dette samfunnet er relativt robust mot utslipp fra oppdrett (Haugland 2019).

Løsliggende kalkalger (ruglbunn): Utslipp av næringsalter kan føre til at kalkalgene blir overgrodd av ettårige, hurtigvoksende algearter, noe som kan nedsette vekstraten til kalkalgene. Undersøkelser fra Skottland, Spania og Middelhavet har vist at kalkalger generelt er sensitive for økt sedimentering av organiske partikler. Dersom planten blir dekket av et lag med finkornet sediment, vil gassutvekslingen i cellene forhindres, og plantens mulighet til å drive fotosyntese vil svekkes. Sediment som inneholder hydrogensulfid (H_2S), som kan dannes i nærheten av oppdrettsanlegg, kan være fatalt for kalkalger, og 14 dagers dekke av slikt sediment førte til 100 % dødelighet (Wilson mfl. 2004). Utslipp av organisk materiale påvirker også dyr som har kalkalgeforekomster som levested. Typisk vil de fleste krepsdyr forsvinne og bli erstattet med opportunistiske børstemark (Sanz-Lazaro mfl. 2011; Hall-Spencer 2006). Det pågår arbeid ved Havforskningsinstituttet for å undersøke effekter av utslipp på denne naturtypen.

Ålegressenger: Hvordan utslipp av næringsalter fra matfiskanlegg påvirker ålegressenger har ikke blitt studert i Norge (Husa mfl. 2016). En rekke studier fra andre områder har imidlertid vist at ålegressenger kan påvirkes ved at det etableres større mengder påvekstalger på ålegresset som skygger for lyset. Dette fører til redusert vekst hos ålegresset og vil på sikt kunne redusere forekomsten av ålegress (Munda 1996; Worm & Sommer 2000; Diaz-Almela mfl. 2008; Duarte mfl. 2008).

3.4 Referanser

- Anon 2017. Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area Third Integrated Report on the Eutrophication Status of the OSPAR Maritime Area. OSPAR Commission, Eutrophication Series 2017.
- Direktoratsgruppen vanndirektivet 2018. Veileder 2:2018 Klassifisering.
- Bartsch I, Kuhlenkamp R. (2000). The marine macroalgae of Helgoland (North Sea): An annotated list of records between 1845 and 1999. *Helgoland Marine Research* 54, 160-189.
- Bartsch I, Kuhlenkamp R. (2009). Entwicklung der Makrophyten. Vegetation bei Helgoland vor dem Hintergrund der Wasserrahmenrichtlinie. Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH), Hamburg. *Meeresumwelt Aktuell: Nord- und Ostsee* 1, 1-8.
- Bokn T, Lein T.E. (1978). Long-term changes in furoid association of the inner Oslofjord, Norway. *Norwegian Journal of Botany* 25, 9-14.
- Bokn T, Murray SN, Moy FE, Magnusson JB. (1992). Changes in furoid distribution and abundances in the inner Oslofjord, Norway: 1974–80 versus 1988–90. *Acta Phytogeographica Suecia* 78, 117-124.
- Diaz-Almela E, Marba N, Alvarez E, Santiago R, Holmer M, Grau A, Mirto S, Danovaro R, Petrou A, Argyro M, Karakassis I, Duarte CM. (2008). Benthic input rates predict seagrass
- Duarte CM, Frederiksen M, Grau A, Karakassis L, Marba N, Mirto S, Pérez P, Pusceddu A, Tsapakis M. (2008). Effects of fish farm waste on *Posidonia oceanica* meadows; Synthesis and provision of monitoring and management tools. *Marine Pollution Bulletin* 56, 1618-1629.
- Gowen RJ, Ezzi IA. (1994). Assessment and prediction of the potential for hypernutrification and eutrophication associated with cageculture of salmonids in Scottish waters. *Dunstaffnage Marine Laboratory, Oban Scotland*, 137 s.
- Hall-Spencer J, White N, Gillespie E, Katie G, Foggo A. 2006. Impact of fish farms on maerl beds in strongly tidal areas. *Marine Ecology Progress Series* 326, 1-9.
- Haugland BT. 2019 Effects of fish farm effluents on kelp forest ecosystems: Kelp performance, associated species, and habitats. PhD thesis, Universitetet i Bergen.
- Husa V, Kutti T, Grefsrud ES, Agnalt AL, Karlsen Ø, Bannister R, Samuelsen O, Grøsvik BE. (2016). Effekter av utslipp fra akvakultur på spesielle marine naturtyper, rødlista habitat og arter. Rapport fra Havforskningen Nr. 8-2016. 52 s.
- Husa V, Kutti T, Ervik A, Sjøtun K, Hansen PK, Aure J. 2014a. Regional impact from finfish farming in an intensive production area (Hardangerfjorden, Norway). *Marine Biology Research*. 3, 241-252.
- Husa V, Steen H, Sjøtun K. 2014b. Historical changes in the macroalgal communities in Hardangerfjorden. *Marine Biology Research*. 3, 226-240.
- Jansen HM, Broch OJ, Bannister R, Cranford P, Handå A, V Husa, Zeng Jie Jiang, Strohmeier T, Strand H. (2018). Spatio-temporal dynamics in the dissolved nutrient waste plume from Norwegian salmon cage aquaculture. *Aquaculture Environment Interactions* 10:385-399.
- Klavestad N. (1967). Undersøkelser over benthos-algevegetasjonen i indre Oslofjord i 1962-1965. Delrapport 9. NIVA. 119 s.
- Klavestad N. (1978). The marine algae of the polluted inner part of the Oslofjord. *Botanica Marina* 21, 71-97.
- Liu D, Keesing JK, Dong Z, Zhen Y, Di B, Shi Y, Fearn P, Shi P. (2010). Recurrence of the world's largest green-tide in 2009 in Yellow Sea, China: *Porphyra yezoensis* aquaculture rafts confirmed as nursery for macroalgal blooms. *Marine Pollution Bulletin* 60, 1423-32.
- Norderhaug KM, Gundersen H, Høgåsen T, Johnsen TM, Severinsen G, Vedal J, Sørensen K, Walday M. (2016a). Eutrophication status for Norwegian waters. National report for the third application of OSPARs Common Procedure. Rapport frå Miljødirektoratet M- 589.

- Ménesguen A, Perrot T, Dussauze M. (2010). Ulva Mass Accumulations on Brittany Beaches: Explanation and Remedies Deduced from Models. Mercator Ocean Quarterly Newsletter, October 2010.
- Munda IM. (1996). The northern Adriatic Sea. In Ecological studies Vol 123. Eds. Scramm & Nienhaus. Marine benthic vegetation. Kap 16, 369-402
- Oh ES, Edgar GJ, Kirkpatrick JB, Stuart-Smith RD, Barrett NS. 2015. Broad -scale impacts of salmon farms on temperate macroalgal assemblages on rocky reefs. Marine Pollution Bulletin 98: 201-209.
- Pang SJ, Liu F, ShanTF, Xu N, Zhang ZH, Gao SQ, Chopin T, Sun S. (2010). Tracking the algal origin of the Ulva bloom in the Yellow Sea by a combination of molecular, morphological and physiological analyses. Marine Environmental Research 69, 207-215.
- Pitta P, Karakassis I, Tsapakis M, Zivanovic S. (1999). Natural vs. Mariculture derived nutrients and plankton in the Mediterranean Sea. Hydrobiologia 391, 181-194.
- Pitta P, Apostolaki ET, Tsagaraki T, Tsapakis M, Karakassis I. (2006). Fish farming effects on the chemical and microbiological variables of the water column: a spatio-temporal study along the Mediterranean Sea. Limn. Hydrobiologia 563, 99-108.
- Price C, Black KD, Hargrave BT, Morris JA. (2015). Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. Aquaculture Environmental Interactions 6,151-174.
- Rueness J. og Fredriksen S. (1991). An assessment of possible pollution effects on the benthic algae of the outer Oslofjord, Norway. *Oealia* 17, 223-235.
- Sanz-Lazaro C, Belando MD, Marin-Guirao L, Navarrete-Mier F, Marin A. (2011). Relationship between sedimentation rates and benthic impact on Maerl beds derived from fish farming in the Mediterranean. Marine Environmental Research 71, 22-30.
- Soto D, Norambuena F. 2004. Evaluation of salmon farming effects on marine systems in the inner seas of southern Chile: a large-scale mensurative experiment. Journal of Applied Ichthyology 20,493-501.
- Svåsand T, Karlsen Ø, Kvamme BO, Stien LH, Taranger GL, Boxaspen K. (2016). Risikovurdering av norsk fiskeoppdrett 2016. Fisken og havet, særnummer 2-2016. 192.
- Taylor BE, Jamieson G, Carefoot TH. (1992). Mussel culture in British Columbia: the influence of salmon farms on growth of *Mytilus edulis*. Aquaculture 108, 51-66.
- Torrissen O, Hansen PK, Aure J, Husa V, Andersen S, Strohmeier T, Olsen RE. (2016). Næringsutslipp fra havbruk- nasjonale og regionale perspektiv. Rapport fra Havforskningen Nr. 12-2016. 19 s.
- Wassmann P. 1990a. Relationship between primary and export production in the boreal coastal zone of the North Atlantic. Limnology and Oceanography 35: 464-471
- Wassmann P. 1990b. Calculating the load of organic carbon to the aphotic zone in eutrophicated coastal waters. Marine Pollution Bulletin 21: 183-187.
- Wang X, Olsen LM, Reitan KI, Olsen Y. (2012). Discharge of nutrient wastes from salmon farms: environmental effects, and potential for integrated multi-trophic aquaculture. Aquaculture Environment Interactions 2, 267-283.
- Wilson S, Blake C, Berges JA, Mags CA. (2004). Environmental tolerances of free-living coralline algae (maerl): implications for European marine conservation. Biological Conservation 120, 283-293.
- Worm B, Sommer U. (2000). Rapid direct and indirect effects of a single nutrient pulse in a seaweed-epiphyte grazer system. Marine Ecology Progress Series 2002, 283-288.