



MILJØ-
DIREKTORATET

RAPPORT

M-788 | 2017

Nye klassegrenser for ålegress og makroalger i vannforskriften



KOLOFON

Utførende institusjon

Norsk institutt for vannforskning, Havforskningsinstituttet

Oppdragstakers prosjektansvarlig

Hege Gundersen

Kontaktperson i Miljødirektoratet

Maria Pettersvik Arvnes

M-nummer

År

2017

Sidetall

77

Miljødirektoratets kontraktnummer

16040039

Utgiver

Miljødirektoratet

Prosjektet er finansiert av

Miljødirektoratet

Forfattere

Hege Gundersen, Mats G. Walday, Janne K. Gitmark, Trine Bekkby, Eli Rinde, Tron H. Syverud, Camilla W. Fagerli, Jens Vedal, Lise A. Tveiten, Hartvig Christie, Frithjof E. Moy

Tittel - norsk og engelsk

Nye klassegrenser for ålegress og makroalger i vannforskriften
New class boundaries for eelgrass and macroalgae in the Norwegian Water Regulation

Sammendrag

Miljødirektoratet ønsket å videreutvikle vannforskriftens indekser og klassifiseringssystem for de biologiske kvalitetselementene på makroalger og ålegress. Hovedformålet var å utvide det geografiske området for eksisterende indekser, men også å utvikle en ny kombinasjonsindeks basert på den eksisterende fjæreindeksen og en enklere variant av indeksen for nedre voksedyp. Vi har vurdert kvaliteten og egnetheten til data for utvikling av indeksene og for anvendelse av eksisterende indekser for nye områder. Med bakgrunn i eksisterende indekser, tilgjengelige data, statistisk analyse og ekspertvurdering, har vi videreutviklet indekser til å gjelde for nye økoregioner og vann typer, samt foreslått noen endringer i de eksisterende indeksene.

The Environmental Agency wanted to further develop the WFD indices and classification system for the biological quality elements on macroalgae and eelgrass. The main objective was to expand the geographical area of existing indices, but also to develop a new combination index based on RSL(A) for the littoral zone and a simplified variant of the depth limit index. We have assessed the quality and suitability of the available data for a further development of the indices and for expanding into new areas. Based on existing indices, available data, statistical analyses, and expert judgement, we have further developed indices to apply to new ecoregions and water types, as well as suggested some changes to existing indexes.

4 emneord

Makroalger, vannforskriften, klassegrenser, økologisk tilstand

4 subject words

Macrofauna, WFD, class boundaries, ecological status

Forsidefoto

Janne K. Gitmark

Forord

Denne rapporten er utført på oppdrag fra Miljødirektoratet og skal bidra til arbeidet med revidering av klassegrenser for makroalger og ålegress i ny klassifiseringsveileder for vannforskriften. Norsk institutt for vannforskning (NIVA) har vært hovedansvarlig for leveransene, mens Havforskningsinstituttet (HI) v/Frithjof E. Moy har vært dataleverandør og medvirkende i rapporteringsarbeidet. Prosjektet "Nye klassegrenser for ålegress og makroalger" har vært ledet av Hege Gundersen, som også har utført det statistiske arbeidet med rapporten. Datasammenstillingen er utført av Janne K. Gitmark, Trine Bekkby og Mats G. Walday. Modelleringsarbeidet med lysmodellen er utført av Eli Rinde, mens databaseoppdatering og -oppgradering har vært gjort av Tron H. Syverud og Jens Vedal. Alle har medvirket til skrivearbeidet. Camilla W. Fagerli har kvalitetssikret rapporten. Oppdraget startet 1. juni 2016 og ble sluttført 26. april 2017. Vi takker databasepersonale ved NIVA og HI for leveranse av data, samt NVE, Artsdatabanken og EMODnet for GIS-filer med henholdsvis vanntypologi, artslister og lysmodeller.

Oslo, 3. mai 2017



Hege Gundersen
prosjektleder

Innhold

1. Innledning	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Målet med prosjektet	5
1.3 Indekser på makroalger og ålegress	5
1.3.1 Nedre voksegrense for makroalger (MSMDI)	7
1.3.2 Fjæresamfunn (RSL/RSLA)	8
1.3.3 Ny kombinasjonsindeks	13
1.3.4 Indeks for ålegress	13
1.4 Regioner og vanntyper med gjeldende indekser	17
2. Materiale og metoder	20
2.1 Data på makroalger	20
2.1.1 NIVA	20
2.1.2 Artskart	22
2.2 Data på ålegress	23
2.2.1 Ålegressdata fra Nasjonalt program	23
2.2.2 Kriterier for ekte nedre voksegrense	23
2.2.3 Datautvalg	24
2.3 GIS-modeller og -variable	25
2.3.1 Typologi fra NVE	25
2.3.2 Påvirkningsfaktorer og -kilder	25
2.3.3 NIVAs geofysiske GIS-modeller og -variable	26
2.3.4 Lysmodeller fra EMODnet	26
2.4 Utvikling av nye indekser	26
2.4.1 Nye indekser for RSL/RSLA	26
2.4.2 Nye artslister for MSMDI	28
2.4.3 Ny kombinasjonsindeks	28
2.4.4 Nedre voksegrense for ålegress	31
3. Resultater	33
3.1 RSL/RSLA	33
3.1.1 Endringer i eksisterende artslister	33
3.1.2 Test av revidert artsliste for Nordsjøen N og Norskehavet S	36
3.1.3 Test av nye artslister og klassegrenser for Nordsjøen S	38
3.1.4 Klassegrenser for RSL/RSLA	39
3.2 MSMDI	40
3.2.1 Artslister for MSMDI	40

3.2.2	Klassegrenser for MSMDI	41
3.3	Ny kombinasjonsindeks	41
3.3.1	Metoder for feltregistrering ved bruk av droppkamera	41
3.3.2	Registrering av nedre voksedyp for stortare og rødalger	42
3.3.3	Registrering av trådformete alger	42
3.3.4	Referanseverdi og klassegrenser for masseforekomst av trådalger	44
3.3.5	Referanseverdi og klassegrenser for stortarens nedre voksegrense	45
3.3.6	Referanseverdi og klassegrenser for rødalgers nedre voksegrense	47
3.3.7	Beregning av komboindeksen	50
3.3.8	Tabeller for referanseverdier og klassegrenser for komboindeksen	51
3.4	Ålegress	53
3.4.1	Referanseverdi for nedre voksegrense for ålegress	53
4.	Diskusjon	56
4.1	Økoregioner og vanntyper som har blitt vurdert	56
4.1.1	RSL/RSLA	59
4.1.2	Komboindeksen	61
4.1.3	Ålegress	63
4.2	Forslag til endringer i eksisterende veileder	64
4.2.1	Stasjonsvalg	64
4.2.2	Gode eksempler og bildebruk	65
4.2.3	Registrering i felt	65
4.2.4	Diverse småfeil og uklarheter i klassifiseringsveilederen	66
5.	Konklusjon	67
6.	Litteratur	68
7.	Vedlegg	71

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

EUs vanndirektiv 2000/60/EC setter rammer for vannforvaltningen ved å sette miljømål og krav til overvåking. I Norge er disse pliktene implementert gjennom vannforskriften av 15. desember 2006. For å fastslå økologisk tilstand i kystvann, undersøkes biologiske kvalitetselementer, samt fysisk-kjemiske og hydromorfologiske kvalitetselementer ved bruk av metoder beskrevet i Veileder 02:2013 (revidert 2015) "Klassifisering av miljøtilstand i vann" (ofte kalt klassifiseringsveilederen). Målet med miljøovervåking i henhold til Vanndirektivet er å skaffe et godt kunnskapsgrunnlag om økologisk tilstand og utvikling for tiltak og politiske beslutninger og å sikre befolkningen rett til informasjon i tråd med miljøinformasjonsloven (miljodirektoratet.no).

1.2 Målet med prosjektet

Prosjektet «Nye klassegrenser for ålegress og makroalger» har hatt til hensikt å gjøre en grundig vurdering av vannforskriftens indekser for de biologiske kvalitetselementene «makroalger» og «ålegress» og vurdere hvorvidt det er mulig å utvikle klassegrenser for økoregioner og vanntyper der disse ikke finnes i dag. Videre skulle det redegjøres for i hvilke økoregioner og vanntyper en eventuell ny indeks som kombinerer fjæresamfunn med undersøkelser av nedre voksegrense basert på bruk av droppkamera, den såkalte komboindeksen, kan være et alternativ eller supplement til eksisterende indekser (Walday m.fl. 2016). Tabell 1 viser en oversikt over økoregioner og vanntyper der indekser for makroalger og ålegress skulle utvikles eller nærmere vurderes.

1.3 Indekser på makroalger og ålegress

Per i dag er det utviklet indekser og klassegrenser for fire hovedgrupper biologiske kvalitetselementer i kystvann. Disse er planteplankton, makroalger, ålegress og bløtbunnsfauna (Veileder 02:2013 - rev 2015). For fastsittende makroalger gjelder to indekser: algenes nedre voksegrense (MSMDI) og artssammensetning i fjæresonen, såkalt fjæresamfunn, som enten beregnes med eller uten dekningsgrad, henholdsvis som RSLA og RSL. Begge indekser skal være indikatorer for påvirkningstypen eutrofiering (overgjødning). Systematisk tilhører makroalgene tre ulike rekker (phylum) i planteriket (Plantae). Disse er grønnalger (Chlorophyta), rødalger (Rhodophyta), og brunalger (klassen Phaeophyceae under rekken Ochrophyta). Fastsittende makroalger lever på fjell og stein eller andre faste strukturer langs kysten og ulike arter finnes i soner nedover i fjæra og ned til nederste voksedyp for alger. Artssammensetning og sonering varierer med lysforhold, temperatur, saltholdighet, bølgeeksponering, strøm og næringstilgang som nitrogen og fosfor. Ulike arter lever i konkurranse med hverandre om tilgjengelig substrat og algesamfunnet vil reflekteres av de arter som er best tilpasset de fysiske forholdene. Dersom tilgangen til næring endres vil også artssammensetningen og soneringen endre seg.

Tabell 1. Oversikt over økoregioner og vanntyper hvor det foreligger behov for videreutvikling av indekser og klassegrenser for makroalger og ålegress (behovene er definert av Miljødirektoratet og tabellen er hentet fra prosjektbeskrivelsen).

Regioner og vanntyper der indekser for makroalger og ålegress skal vurderes			
Indeks	Økoregion	Vanntype	Kommentar fra Miljødirektoratet
RSL/RSLA	Barentshavet	Alle	Ønsker en grundigere vurdering av om det er mulig å utvikle klassegrenser for RSLA for noen/alle vanntyper
	Norskehavet N	Alle	
	Nordsjøen S	1, 2, 3 og muligens 4	Utarbeide klassegrenser for vanntype 1,2 og 3. Ønsker en grundigere vurdering av mulighetene for vanntype 4
Komboindeksen	Barentshavet	Alle	En redegjørelse for hvor det er mulig å bruke denne indeksen, samt utarbeidelse av grenseverdier der det er mulig
	Norskehavet N	Alle	
	Norskehavet S	Alle	
	Nordsjøen N	Alle	
	Nordsjøen S	Alle	
	Skagerrak	Alle	
Ålegress	Barentshavet	Ingen	Svært begrenset med data, fordi Barentshavet ikke er kartlagt i det nasjonale kartleggingsprogrammet
	Norskehavet N	1, 2, 3 og muligens 4	Utarbeide klassegrenser for ålegress for vanntyper med tilstrekkelig datagrunnlag
	Norskehavet S	1, 2, 3 og muligens 4	
	Nordsjøen N	1, 2, 3 og muligens 4	
	Nordsjøen S	1, 2, 3 og muligens 4	
	Skagerrak	1, 2, 3 og muligens 4	

Ålegress vokser på bløtbunn i saltvanns- og brakkvannsområder. Ålegressplantene vokser for det meste på mindre enn 10 meters dyp i relativt rolig sjø, hvor det kan danne tette undersjøiske enger. Det finnes to arter ålegress i Norge, den største og vanligste er *Zostera marina*. Dvergålegress (*Zostera noltii*) er svært sjelden i Norge og er kategorisert som sterkt truet på den nasjonale rødlista (Henriksen og Hilmo 2015). Utbredelsen av ålegress påvirkes av mange faktorer hvor lys, bølgeeksponering og egnet substrat setter begrensninger for utbredelse.

Ålegress og makroalger påvirkes negativt av høy næringsbelastning, både gjennom reduserte lysforhold og på grunn av økt påvekst av begroingsalger og kan derfor brukes som indikator for eutrofi. Det nedre voksedypet er i stor grad styrt av mengden lys som når ned til sjøbunnen.

Lysmengden varierer med mengde innstrålt lys på overflaten (som vil variere med breddegrad og klima på grunn av forskjeller i daglengde og mengde skyer), lokalitetens dybde (som gjenspeiler hvor mye vann lyset må trenge gjennom for å nå sjøbunnen), samt fargen på vannet og mengde partikler som blant annet planteplankton. Mens lys på overflaten og dypet varierer naturlig, er de to sistnevnte faktorene (farge og partikler) knyttet til eutrofi.

1.3.1 Nedre voksegrense for makroalger (MSMDI)

Videreutvikling av indeks for nedre voksegrense for makroalger (MSMDI) er i utgangspunktet ikke en del av mandatet gitt av Miljødirektoratet i dette prosjektet. Allikevel har vi valgt å kommentere denne indeksen, blant annet fordi den er relevant for deler av komboindeksen (1.3.3) og i diskusjonen om fordeler og ulemper ved bruk av droppkamera (foreslått metodikk for komboindeksen) og dykking (anvendt metodikk for MSMDI). I tillegg kommer vi med forslag til nye artslister for MSMDI for Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet som kan ligge til grunn for en eventuell videreutvikling av MSMDI for andre økoregioner enn Skagerrak.

Beskrivelse av indeksen

MSMDI står for Multi Species Macroalgae Depth Index og beregnes som nedre voksegrense for et utvalg av lett gjenkjennelige opprette (altså ikke skorpedannende) algearter. Valget av nedre voksegrense som indikator for disse algene er basert på kunnskapen om at algenes vekst begrenses av lysgjennomtrengeligheten, som reduseres av overgjødning (eutrofiering) og blant annet mengden partikler i vannmassene. Artslisten for Skagerrak inkluderer per i dag ni slike arter. Disse er krusflik (*Chondrus crispus*), hummerblekke (*Coccolytus truncatus*), fagerving (*Delesseria sanguinea*), svartkluft (*Furcellaria lumbricalis*), skolmetang (*Halidrys siliquosa*), eikeving (*Phycodrys rubens*), krusblekke (*Phyllophora pseudoceranoides*), teinebusk (*Rhodomela confervoides*) og sukkertare (*Saccharina latissima*).

Metoder for feltregistrering

For å sikre mest mulig sammenlignbare forhold anbefaler veilederen at stasjonenes plassering bør følge visse kriterier. Stasjonen bør ha kontinuerlig hardbunn (fjell, stein) ned til 30 meter og det bør unngås områder med lite strøm og høy sedimenteringsrate. Videre påpekes det at stasjonene «forsøkes plassert så likt som mulig med hensyn til helningsgrad i sjøsonen (sublittoralen, altså nedenfor tidevannssonen), himmelretning, eksponeringsgrad, strøm og substrattypen». Imidlertid gis det ingen retningslinjer om hvilken helningsgrad, himmelretning, osv. som er ønskelig. På stasjonsnivå skal følgende faktorer registreres: substrat (fjell, stein, grus, sand, skjellsand eller bløtbunn), helningsgrad (%), strømhastighet, sikt og sedimentasjonsgrad (ubetydelig-liten, moderat, høy og meget høy).

Registrering av nedre voksedyp til de nevnte artene gjøres ved dykking. Dykkerne som utfører registreringene må ha god artskunnskap for å kunne identifisere artene. Enkelte av artene kan være vanskelig å skille fra andre arter som ikke er på MSMDI-listen. Ved usikkerhet anbefales det at en tar med en prøve for nærmere identifisering. Dykkeren starter på laveste dyp (maksimalt 30 meter) hvor det er egnet substrat for makroalger. Ifølge klassifiseringsveilederen er det ingen krav til hvor stort areal dykkeren skal dekke, men det er anbefalt at dykkeren beveger seg oppover langs et belte på ca. 10 meter eller bredere. Nedre voksedyp for en art er det nederste dyp hvor en art forekommer som minst spredt, eller med en dekningsgrad større enn ca. 5 % (se Kapittel 1.3.2 for definisjon av tetthetsklasser). Veilederen anbefaler også at dypet hvor det blir registrert enkeltfunn og vanlig forekomst av artene, samt tett forekomst av andre arter, noteres. For eksempel vil høye tettheter av sekkyr eller kråkeboller kunne påvirke vekstforholdene til algene.

Nedre voksedyp kan også registreres ved bruk av droppkamera, men erfaring har vist at flere av algene på MSMDI-listen er vanskelige å oppdage og artsbestemme ved bruk av denne metoden. En annen ulempe er at det ikke kan tas prøver av algene ved bruk av droppkamera. Bruk av droppkamera egner seg derfor ikke til bestemmelse av MSMDI.

Beregning av indeksen

For å kunne beregne indeksen må minst tre av artene være til stede på stasjonen. Artenes nedre voksegrense må ikke være begrenset av mangel på substrat eller at dykkeren ikke kan gå dypt nok. For eksempel vil en stasjon ikke være egnet til å måle nedre voksegrense dersom substratet går over i bløtbunn i de nederste delene av transektet, før dypet er begrensende for algeveksten. I visse tilfeller, dersom man ikke har egnet substrat helt ned, kan man droppe de dypest voksende artene og kun beregne MSMDI for et utvalg av artene.

For hver av de ni artene som er med i beregningen av MSMDI er det satt en referanseverdi som representerer det dypet hvor en vil forvente å finne arten dersom påvirkning fra menneskelig aktivitet er minimal. I tillegg finnes klassegrenser for ulike intervaller av nedre voksegrense dårligere enn referansetilstand. MSMDI er per i dag kun utviklet for vanntype 1, 2 og 3 i økoregion Skagerrak. Både referanseverdien og klassegrensene er ulike for de tre vanntypene indeksen gjelder for (Tabell 2). I utregningen av indeksen gis det poeng avhengig av hvor langt ned arten er observert. Den dypeste klassen gir 5 poeng, den neste gir 4 poeng, osv. ned til 2 poeng. Verdien 0 gis dersom arten er forsvunnet men har vært funnet der tidligere. Arter som aldri er blitt funnet på stasjonen er ikke med i beregningen. Til slutt beregnes gjennomsnittlig poengsum for alle artene. EQR-verdien fås ved å dividere gjennomsnittsverdien med 5 (se regneeksempel i V8.2.2. i Veileder 02:2013 - rev 2015).

1.3.2 Fjæresamfunn (RSL/RSLA)

Beskrivelse av indeksen

Indeks for fjæresamfunn (RSL/RSLA) er en multimetrisk indeks som beregnes ut fra artssammensetningen av makroalger i fjæresonen, samt en artsmessig justering for fysiske forhold i fjæra. RSL og RSLA står for "Reduced Species List" med og uten dekningsgrad (Abundance). Med andre ord, for RSL registreres kun om artene er tilstede eller ikke, mens for RSLA gis det i tillegg en mengdeangivelse for den enkelte art. En artsliste ligger til grunn for hvilke arter som skal brukes i beregningen av indeksen. Listen inneholder arter som har naturlig tilhørighet i vanntypen og som man forventer å finne i hele vanntypens utbredelse. Per i dag er det utviklet indekser for fjæresamfunn for økoregionene Nordsjøen N og Norskehavet S. Artslistene (også kalt artsskjema) er de samme for begge økoregioner, men er ulike mellom vanntyper. De tre som eksisterer i dag gjelder for vanntype 1 og 2 (RSLA 1-2), vanntype 3 (RSLA 3) og vanntype 4 og 5 (RSL 4-5). Antallet arter i disse listene er langt flere enn for MSMDI og ligger på henholdsvis 62, 65 og 80 ulike arter, fordelt på de tre indeksene (1-2, 3 og 4-5) (Tabell 3).

Tabell 2. Oversikt over klassegrenser for nedre voksegrense som ligger til grunn for beregning av EQR-verdier for MSMDI i tre ulike vanntyper i økoregion Skagerrak.

MSMDI 1		POENG (hvis dyp > X) (sett 0 hvis forsvunnet)			
Arter	Ref.verdi	5 poeng	4 poeng	3 poeng	2 poeng
Krusflik	18	13	9	5	0
Svartkluft	16	12	9	5	0
Skolmetang	14	10	8	4	0
Sukkertare	16	12	9	5	0
Krus-/Hummerblekke	30	22	18	9	0
Teinebusk	16	12	9	5	0
Fagerving	30	22	18	9	0
Eikeving	29	22	17	9	0
MSMDI 2		POENG (hvis dyp > X) (sett 0 hvis forsvunnet)			
Arter	Ref.verdi	5 poeng	4 poeng	3 poeng	2 poeng
Krusflik	12	8	5	3	0
Svartkluft	16	10	7	4	0
Skolmetang	10	8	5	3	0
Sukkertare	16	10	7	4	0
Krus-/Hummerblekke	22	18	12	6	0
Teinebusk	16	12	7	4	0
Fagerving	25	18	12	6	0
Eikeving	22	15	10	5	0
MSMDI 3		POENG (hvis dyp > X) (sett 0 hvis forsvunnet)			
Arter	Ref.verdi	5 poeng	4 poeng	3 poeng	2 poeng
Krusflik	12	10	7	4	0
Svartkluft	15	12	8	4	0
Skolmetang	12	10	7	4	0
Sukkertare	12	8	6	3	0
Krus-/Hummerblekke	14	10	8	4	0
Teinebusk	15	12	8	4	0
Fagerving	17	13	9	5	0
Eikeving	16	13	8	4	0

For hver av artene på listen oppgis også egenskaper knyttet til hvorvidt arten har opportunistiske trekk eller ikke og hvilken økologisk statusgruppe (Ecological Status Group, ESG) de tilhører. Flerårige arter eller arter som kommer senere i en suksesjon eller reetablering av et makroalgesamfunn kategoriseres som ESG 1, mens ettårige og/eller rasktvoksende arter kategoriseres som ESG 2. Hver arts opportunistklasse og økologiske statusgruppe er lik i alle vanntypene. Opportunist- og ESG-klassifiseringen inngår i enkelte av parameterne i indeksen.

Tabell 3. Eksisterende artslister for RSL/RSLA i vanntypene 1-5 for økoregionene Nordsjøen N og Norskehavet S. Forslag til endring av disse på grunn av påviste feil og mangler er gitt i Kapittel 3.1.1 og Vedlegg 2.

GRØNNALGER	Opport.	ESG	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5
Acrosiphonia sp./Spongomorpha sp.		2	X	X	
Blidingia sp.	1	2	X	X	X
Chaetomorpha melagonium		2	X	X	X
Chaetomorpha/Rhizoclonium	1	2	X	X	X
Cladophora rupestris		2	X	X	X
Cladophora sp.	1	2	X	X	X
Codium fragile		1		X	
Monostroma grevillei	1	2	X		
Prasiola sp.		2	X		
Spongomorpha sp.		2			X
Ulothrix/Urospora	1	2	X	X	
Ulva lactuca	1	2	X	X	X
Ulva sp.	1	2	X	X	X
BRUNALGER	Opport.	ESG	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5
Alaria esculenta		1	X		
Ascophyllum nodosum		1	X		X
Asperococcus fistulosus		1	X		
Chorda filum		1	X	X	X
Chorda tomentosa		1	X		
Chordaria flagelliformis		2	X	X	X
Cladostephus spongiosus		2	X		
Desmarestia aculeata		2	X		
Dictyosiphon foeniculaceus		2	X	X	X
Dictyota dichotoma		2	X	X	
Ectocarpus sp.	1	2	X	X	X
Elachista fucicola		2	X	X	X
Fucus ceranoides		1		X	X
Fucus evanescens		1	X		
Fucus serratus		1	X	X	X
Fucus spiralis		1	X	X	X
Fucus vesiculosus		1	X	X	X
Halidrys siliquosa		1	X		
Himanthalia elongata		1	X		
Laminaria digitata		1	X	X	X
Laminaria hyperborea		1	X	X	X
Leathesia difformis		1	X	X	X
Mesogloia vermiculata		2	X	X	X
Pelvetia canaliculata		1	X	X	X
Petalonia fascia		2	X		
Pilayella littoralis	1	2	X	X	X
Ralfsia sp.		1	X	X	X
Saccharina latissima		1	X	X	
Scytosiphon lomentaria		1	X	X	X
Sphacelari cirrosa		2	X	X	X
Sphacelaria caespitula		2	X		X
Sphacelaria sp.		2		X	
Spongonema tomentosum	1	2	X	X	X

RØDALGER	Opport.	ESG	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5
Acrochaetium alariae		2	X		
Aglaothamnion/Callithamnion		2	X	X	X
Aglaothamnion sepositum		2	X		
Ahnfeltia plicata		1	X	X	X
Audouinella purpurea		2	X	X	X
Audouinella sp.		2	X	X	X
Bangia atropurpurea		2	X		
Broggiartella byssoides		2	X		
Calcareous encrusters		1	X	X	X
Ceramium nodulosum		2	X	X	X
Ceramium shuttleworthianum		2	X	X	X
Ceramium sp.	1	2	X	X	X
Chondrus crispus		1	X	X	X
Corallina officinalis		1	X	X	X
Cystodinium purpureum		1	X	X	X
Dumontia contorta		1	X	X	X
Erythrotrichia sanguinea		2	X		
Furcellaria lumbricalis		1	X	X	X
Gloeosiphonia capillata		1		X	
Heterosiphonia plumosa		2	X	X	X
Hildenbrandia rubra		1	X	X	X
Lomentaria articulata		1	X		
Lomentaria clavellata		1	X	X	X
Mastocarpus stellatus		1	X	X	X
Melobesia membranacea		1	X	X	X
Membranoptera alata		2	X	X	X
Nemalion helminthoides		1	X	X	X
Osmunda sp.		1	X	X	X
Palmaria palmata		1	X	X	X
Phycodrys rubens		2	X		
Phyllophora sp.		1		X	X
Phyllophora sp. inkl. Coccothylus truncata		1	X		
Plocamium cartilagineum		2	X	X	X
Plumaria plumosa		2	X	X	X
Polyides rotundus		1	X		
Polysiphonia fucoides		2	X	X	X
Polysiphonia lanosa		2	X	X	X
Polysiphonia sp.		2	X	X	X
Porphyra sp.	1	2	X	X	X
Ptilota gunneri		2	X	X	X
Rhodomela confervoides		2		X	X
Rhodothamniella floridula		2			X

Metoder for feltregistrering

Feltregistrering for fjæresamfunn er sertifisert etter Norsk Standard (Norsk Standard NS-EN ISO 19493). Ved valg av stasjoner for prøvetaking av indeks for fjæresamfunn bør en unngå områder med utpreget isskuring og sandskuring. Og, som for MSMDI, bør prøvestasjonene plasseres under så like forhold som mulig, både når ulike stasjoner skal sammenlignes og ved gjentatte undersøkelser ved samme stasjon. Dette gjelder spesielt faktorer som himmelretning, men også helningsgrad i fjæra (tidevannssonen eller eulittoralen), eksponeringsgrad, strøm og habitattype, selv om mye av dette tas hensyn til ved fastsettelse av fjærepotensialet (se nedenfor). Det gis ingen retningslinjer om anbefalt himmelretning i veilederen, slik at sjansen for at denne faktoren varierer mellom institusjoner og personer som foretar registreringene er stor. Se for øvrig Kapittel 4.2.1 om forslag til endringer av eksisterende klassifiseringsveileder.

Feltregistreringene gjøres best ved snorkling ved høyvann slik at plantene ses oppreist i vannet og ikke ligger kollapse i fjæra. Anbefalt registreringstid er ca. 30 minutter ved hver stasjon. Dersom man må ta prøven ved lavvann bør en bruke minst én time per stasjon. Arter som ikke kan artsbestemmes i felt tas med for identifisering i lupe/mikroskop. Mangelfull registrering kan føre til uriktig klassifisering. En fjærelokalitet med 10-12 meter (maks 15 meter) strandlinje kartlegges. Alle fastsittende alger registreres så i hele stasjonens vertikale utstrekning som går fra supralittoralen (helt øverst i fjæresonen, også kalt sprutsonen) til grensen mellom fjæresonen og sjøsonen (sublittoralen, altså kalt laveste lavvann, se Norsk Standard NS-EN ISO 19493). For områder med smal tidevannssone, som i Nordsjøen S, inkluderes øverste del av sjøsonen (1-1,5 dybdemeter) i registreringene. Alle makroalger og (i hvert fall) de vanligste dyrene registreres. Kun algene brukes for å beregne indeks for fjæresamfunn, men forekomsten av dyr (f.eks. blåskjell, rur, albuesnegl, strandsnegl og kråkeboller) kan gi forklaringer på hvorfor det eventuelt er lite alger. Artene registreres etter en semikvantitativ skala. Før 2011 ble som regel en firedelt skala brukt, der E = enkeltfunn, S = spredt, V = vanlig og D = dominerende (evt. skalert fra 1 til 4). Etter 2011 har en seksdelt skala blitt anbefalt, der S og V er blitt delt i henholdsvis to klasser hver (2-3 og 4-5) (se Tabell V8.2 i Veileder 02:2013). Den seksdelte skalaen kan også gis i prosent der klassene 2-6 tilsvarer dekningsgrad på henholdsvis 0-5 %, 5-25 %, 25-50 %, 50-75 % og 75-100 %. Klasse 1 gis ikke i form av prosent, men betegnes «enkeltpunkt», som tidligere. Assosiasjonsdannende arter (Sundene 1953) gis høyeste verdi (prosent eller poeng), uansett utstrekning.

Stasjonens fysiske forhold registreres på et skjema for verdisetting av fjæra (fjærepotensialet). Her angis hvorvidt vannet er turbid (grumsete) og om det er synlige tegn på sandskuring eller isskuring. Videre gis en individuell score for ulike karaktertrekk ved habitatet, for eksempel om fjæra er dominert av små kløfter, oppsprukket fjell, små eller store steiner og andre strukturer som gjør at overflaten øker og at habitatet har mange ulike nisjer for algevekst. Fjærepytter, huler og overheng er eksempler på egenskaper på sub-habitat-nivå som også bidrar til høyt forventet artsantall. Disse fysiske karaktertrekkene ved stasjonen gir grunnlag for en poengsum som omregnes til en normaliseringsfaktor, såkalt fjærepotensiale (F-verdi), der artsantallet blir justert i forhold til hvor godt egnet stasjonen er for vekst av alger. Jo bedre fjærepotensiale, dess flere arter kreves for å få god indeksverdi.

Beregning av indeksen

En rekke ulike parametere inngår i indeksen for fjæresamfunn, derav betegnelsen «multimetrisk». Disse er 1) justert (normalisert) artsantall, 2) prosentvis andel grønnalger, 3) prosentvis andel rødalger, 4) prosentvis andel brunalger, 5) summert forekomst av grønnalger, 6) summert forekomst av brunalger, 7) forholdstall mellom ESG 1 og ESG 2-arter og 8) prosentvis andel opportunistar. Ulike parametere inngår i indeksene for de ulike vanntypene. For hvilke parametere som brukes i hver av RSL/RSLA-indeksene, se Tabell 4 hentet fra klassifiseringsveilederen, der også parameternes individuelle klassegrenser vises. Se også veilederen for flere detaljer ved utregning av indeksen.

Tabell 4. Oversikt over hvilke parametere som inngår i de eksisterende RSL og RSLA-indeksene og deres individuelle klassegrenser (hentet fra Veileder 02:2013 - rev 2015).

RSLA 1-2					
EQR	0,8 – 1,0	0,6 – 0,8	0,4 – 0,6	0,2 – 0,4	0 – 0,2
Tilstandsklasser →	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Parametere					
Normalisert Artsantall	>30 – 80	>15 – 30	>10 – 15	>4 – 10	0 – 4
% antall grønnealger	0 – 20	>20 – 30	>30 – 45	>45 – 80	>80 – 100
% antall rødalger	>40 – 100	>30 – 40	>22 – 30	>10 – 22	0 – 10
ESG I/ESG II	>0,8 – 2,5	>0,6 – 0,8	>0,4 – 0,6	>0,2 – 0,4	0 – 0,2
% andel opportunister	0 – 15	>15 – 25	>25 – 35	>35 – 50	>50 – 100
Sum forekomst brunalger	>90 – 450	>40 – 90	>25 – 40	>10 – 25	0 – 10

RSLA 3					
EQR	0,8 – 1,0	0,6 – 0,8	0,4 – 0,6	0,2 – 0,4	0 – 0,2
Tilstandsklasser →	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Parametere					
Normalisert Artsantall	>30 – 65	>20 – 30	>12 – 20	>4 – 12	0 – 4
% antall grønnealger	0 – 20	>20 – 25	>25 – 30	>30 – 36	>36 – 100
% antall rødalger	>40 – 100	>30 – 40	>21 – 30	>10 – 21	0 – 10
ESG I/ESG II	>1 – 1,5	>0,7 – 1	>0,4 – 0,7	>0,2 – 0,4	0 – 0,2
% andel opportunister	0 – 25	>25 – 32	>32 – 40	>40 – 50	>50 – 100
Sum forekomst grønnealger	1 – 14	>14 – 28	>28 – 45	>45 – 90	>90 – 300
Sum forekomst brunalger	>120 – 300	>60 – 120	>30 – 60	>15 – 30	0 – 15
% antall brunalger	>40 – 100	>30 – 40	>20 – 30	>10 – 10	0 – 10

RSL 4					
EQR	0,8 - 1,0	0,6 - 0,8	0,4 - 0,6	0,6 - 0,2	0 - 0,2
Tilstandsklasser →	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Parametere					
Normalisert artsantall	>25 - 40	>16 - 25	>9 - 16	>4 - 9	0 - 4
% antall grønnealger	0 - 25	>25 - 30	>30 - 40	>40 - 60	>60 - 100
% antall rødalger	>30 - 100	>23 - 30	>16 - 23	>10 - 16	0 - 10
ESG1/ESG2	>0,65 - 1	>0,5 - 0,65	>0,35 - 0,5	>0,1 - 0,35	0 - 0,1
% andel opportunister	0 - 16	>16 - 23	>23 - 36	>36 - 41	>41 - 100

RSL 5					
EQR	0,8 - 1,0	0,6 - 0,8	0,4 - 0,6	0,6 - 0,2	0 - 0,2
Tilstandsklasser →	Svært god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Parametere					
Normalisert artsantall	>18 - 30	>9 - 18	>5 - 9	>3 - 5	0 - 3
% antall grønnealger	0 - 30	>30 - 36	>36 - 44	>44 - 60	>60 - 100
% antall rødalger	>29 - 100	>20 - 29	>15 - 20	>9 - 15	0 - 9
ESG1/ESG2	>0,65 - 1	>0,5 - 0,65	>0,35 - 0,5	>0,1 - 0,35	0 - 0,1
% andel opportunister	0 - 16	>16 - 23	>23 - 36	>36 - 41	>41 - 100

1.3.3 Ny kombinasjonsindeks

I Miljødirektoratets rapport M437 (Walday m.fl. 2016) anbefales utvikling av en kostnadseffektiv indeks som baserer seg på registreringer i fjæresonen i kombinasjon med enkle registreringer i sjøsonen med droppkamera. I rapporten ble forslaget referert til som en «komboindeks».

Undersøkelser hvor tilstandsklassifisering av lokaliteter gjøres på bakgrunn av fjæresoneundersøkelser (RSL/RSLA) har vist at indeksen ofte klassifiserer bedre tilstand på lokaliteten enn de biologiske forholdene litt dypere i sjøsonen tilsier. Forslaget om utvikling av en komboindeks baserer seg på disse erfaringene. Problemstillingen er senest diskutert av Gitmark m.fl. (2016) i deres arbeid fra Ryfylke og Sognefjorden. De fant store forekomster av trådformete alger (også kalt påvekstalger eller lurv) på tareplantene og på sjøbunnen, mens forholdene i fjæra var gode. De trådformete algene er en sannsynlig forklaring på bortfallet av sukkertareplanter som ble observert gjennom sommersesongen i Ryfylke. Det er tidligere rapportert om årlig oppblomstring av trådalger som har påvirket sukkertare på Sørlandet og Vestlandet de siste årene, mens Gitmark m.fl. (2016) viste at også stortare (*Laminaria hyperborea*) blir berørt.

Det er sterke indikasjoner på at fenomenet med masseforekomster av trådalger er knyttet til eutrofi. Men det er også viktig å være klar over at andre faktorer som havoppvarming, overfiske og kystnær urbanisering er antatt å ha en betydning og den relative betydningen av disse faktorene og hvordan de samspiller er foreløpig ukjent. Uansett er det grunn til å tro at masseforekomster av trådalger kan ses på som et «early warning»-signal før enkelte flerårige alger forsvinner helt eller at voksedypet reduseres. Vi vet at trådalger raskt kan nyttiggjøre seg tilførte næringssalter og at store forekomster og hurtig vekst av trådalger kan være en indikasjon på forhøyede nivåer av næringssalter (eutrofiering). Når en flerårig alge, slik som sukkertare, blir begrodd vil begroingsorganismene dekke til og redusere lystilgangen til algen (taren). Begroing i form av skorpeformete mosdyr vil i henhold til Andersen (2013) redusere lystilgangen med rundt 10 %, mens et tett dekke av trådalger kan redusere lyset med over 80 %. Et tett dekke av sekkydet *Ciona intestinalis*, som vi av og til finner på tareplanter, kan stjele opp mot 90 % av det tilgjengelige lyset for taren. Tett påvekst vil ha fatale følger for de algene som er begrodd, mens en moderat påvekst som stjeler mindre lys vil ha størst negativ betydning for de algene som vokser dypest, og som dermed er mest sårbare for redusert lystilgang.

Walday m.fl. (2016) foreslår en indeks for makroalger hvor 1) fjæresonen undersøkes som før med RSL/RSLA ved snorkling, og 2) nedre voksegrense for noen få, lett gjenkjennelige makroalger registreres med droppkamera i sjøsonen. Vi foreslår i tillegg at kvantifisering av trådformede påvekstalger inkluderes som en del av registreringene i sjøsonen. Det samlede resultatet fra fjæresonen og sjøsonen representerer komboindeksen. Se mer om forslag til utvikling av denne indeksen i Kapittel 2.4.3 og 3.3.

1.3.4 Indeks for ålegress

Sjøgress, eller angiospermer, har stor utbredelse i Europa og er følgelig et sentralt kvalitetselement i mange EU-land. I Norge har imidlertid vår sjøgressart, ålegress, en begrenset utbredelse sammenliknet med makroalger. Arten er likevel viktig i vannforskriftssammenheng da den kan vokse i vanntyper (resipienter) med lav vannutskiftning og som vil være mer følsomme for overgjødning enn vanntyper med stor vannutskiftning.

Disse områdene er ofte dominert av bløtbunn hvor makroalger har mindre utbredelse. Ålegress komplimenterer i så henseende makroalgene.

Historikk

Arbeidet med indeksutvikling i Norge ble startet opp i 2008 og utviklingsarbeidet ble utført i 2009-2010 i samarbeid med Sverige og Danmark for vannregion Skagerrak. Forslag til indekser og grenseverdier for ålegress ble foreslått i 2011 og inkludert i Veileder 02:2013. Disse grenseverdiene ble også videreført i revisjonen i 2015. Gjennom det nordiske samarbeidet ble det valgt fem ålegressparametere: 1) nedre voksegrense (dybdeutbredelse) av ålegress, 2) tetthet av ålegress (forekomst), 3) høyde på eng (lengde av ålegresset) og 4) artssammensetning (av ålegressarter), og 5) utbredelse (areal). Den siste med sikte på tiltaksovervåking.

Under utviklingsarbeidet ble det dokumentert at Norge, Sverige og Danmark ikke hadde felles vanntyper for interkalibrering av ålegress. Prinsippet for norsk nasjonal ålegressindeks ble utviklet etter dansk metodikk, mens grenseverdier for nedre voksedyp ble avledet fra svenske grenseverdier fastsatt for svensk vestkyst, kombinert med en vurdering av nedre voksedyp registrert for ålegress i Skagerrak, innsamlet gjennom Nasjonalt program for kartlegging av biologisk mangfold - kyst (heretter kalt Nasjonalt program eller Nasjonalt kartleggingsprogram).

Beskrivelse av indeksen

Den nasjonale indeksen for ålegress (angiospermer, beskrevet i Veileder 02:2013 - rev 2015) inneholder foreløpig tre parametere basert på metoder som brukes i det europeiske vanddirektivarbeidet, med forslag til nasjonale grenseverdier for region Skagerrak:

1. Nedre voksegrense, dvs. dybdeutbredelse av ålegress
2. Tetthet av ålegress (forekomst, dekningsgrad)
3. Artssammensetning, dvs. mengde begroingsalger i det norske klassifiseringssystemet.

I tillegg anbefales det at en registrerer høyde på eng (80 % av bladlengden til ålegress) og arealutbredelsen til engen, tilsvarende som i Nasjonalt program, ved referanseovervåking, trendovervåking og tiltaksovervåking. De foreliggende klassegrenser for nedre voksegrense er gjengitt i Tabell 5.

Tabell 5. Foreslåtte klassegrenser for nedre voksedyp (m) for ålegress i Skagerrak (hentet fra Veileder 02:2013 - rev 2015).

Tabell 8.3.1. Dybdegrenser for ålegress i 3 vanntyper definerte i økoregion Skagerrak. Grenseverdiene gir nedre grense for tilstandsklassen.					
Region Skagerrak	Vanntype	Naturtilstand			
		Svært god	God	Moderat	Dårlig
IC NEA10	Åpen eksponert kyst	9	7	5	3
IC NEA8a	Moderat eksponert	7	5	4	3
IC NEA9	Beskyttet kyst/fjord	5	4	3	2

I denne utredningen har vi fokusert på parameteren nedre voksegrense, da denne parameteren er gitt størst vekt (50 %) i formelen for beregning av EQR og er den eneste parameteren hvor referanseverdi varierer med vanntype (Tabell 6). Tetthet av ålegress og

mengde begroing er gitt tilstandsverdier som er lik for alle vanntyper, og er derfor ikke blitt utredet nærmere i dette arbeidet.

Registrering av nedre voksedyp for en eng i Nasjonalt kartleggingsprogram er tilsvarende som beskrevet i Veileder 02:2013 - rev 2015. Nedre voksedyp representeres altså av den dypeste observasjonen gjort i enga, det vil si der enga slutter og det bare observeres enkelte planter som vokser dypere. Men for at en observasjon skal kunne kalles ekte nedre voksegrense, må man forsikre seg om at det faktisk er vannkvaliteten som er begrensende for engas utstrekning og ikke mangel på egnet substrat på dypere vann (for eksempel finkornet mudder eller grov sand, grus eller stein) eller for høy bølgeeksponering som er begrensende (noe som kan skje dersom en ålegresseng ligger beskyttet inni en grunn bukt, og bølgeeksponeringen utenfor bukten hindrer engen i å vokse dypere). Hvis ålegress skal benyttes som et biologisk kvalitetselement, er det viktig å velge stasjoner der det faktisk er mulig å måle ekte nedre voksegrense.

Metoder for kartlegging av ålegress beskrevet i Veileder 02:2013 - rev 2015

Undersøkelsene kan gjøres ved bruk av et undervannskamera (droppkamera eller slepekamera). Dersom det er behov for innsamling av materiale til artsbestemmelser, anbefales det innsamling ved dykking. Observasjoner ved bruk av droppkamera gjøres ved hjelp av en monitor i båten. Kameraet må ha en kalibrert dybdesensor slik at registrering av nedre voksedyp og høyde på gresset kan måles. Registrering av parameterne foreslås utført ved å krysse engen i et sikk-sakk-mønster slik at parameter 1-4 kan måles 5-10 ganger per lokalitet. Areal (geografisk utbredelse) fastsettes ved å finne endepunkter rundt ålegressengen.

Nedre voksegrense skal registreres både som nedre voksedyp for ålegresseng (minimum 10 % dekningsgrad = spredt forekomst) og dypeste observerte ålegressplante (maks dyp), mens det er nedre voksegrense for eng som skal brukes i beregning av indeksverdi. **Tetthet** av ålegress uttrykkes i prosent eller dekningsklassene 1) enkeltfunn (enkelte planter), 2) spredte planter (glissen eng), 3) flekkvis tett eng (markert flekkvis forekomst) og 4) tett ålegresseng. **Høyde på eng** er avhengig av vekstsesong og skal måles forsøksvis midt i enga hvor ålegresset har sin mest frodige utforming i juni-september. Per i dag finnes det ikke tilstrekkelig kunnskap om hvordan denne parameteren påvirkes av eutrofi i kombinasjon med andre faktorer som bølgeeksponering, saltholdighet og temperatur. Denne parameteren er derfor ikke inkludert i beregning av ålegressindeksen i dagens veileder (Veileder 02:2013 - rev 2015). Parameteren **artssammensetning** er redusert til mengde begroingsalger på ålegresset, som registreres ved bruk av den firedelte skalaen for dekningsgrads (E = enkeltfunn, S = spredt, V = vanlig og D = dominerende, skalert fra 1 til 4). Undersøkelsene anbefales utført i perioden august - september for å fange opp både vekstsesong og forekomst av begroingsalger. Parameteren **arealutbredelse** kan benyttes i overvåking for å måle endringer over tid.

Beregning av indeks for ålegress i henhold til Veileder 02:2013 - rev 2015

Etter Veileder 02:2013 - rev 2015 skal EQR beregnes ved følgende formel:

$$\text{EQR angiospermer} = 0,5 \cdot \text{NV} / \text{RefNV} + 0,3 \cdot \text{T} / \text{RefT} + 0,2 \cdot \text{B} / \text{refB}$$

, der NV = nedre voksegrense, T = tetthet av ålegress og B = begroingsalger (mengde).

Numeriske verdier for tilstandsklasser vist i Tabell 6 er hentet fra klassifiseringsveilederen. Nedre voksegrense er gitt størst vekt (50 %). Målt nedre voksegrense skal divideres med

referansedyp for gitt vanntype. Om nedre voksedyp er dypere enn referanseverdi settes den lik referanseverdi for vanntypen. Tetthet (dekningsgrad, firedelt skala) for eng skal divideres med referanseverdi lik 4. Tetthet teller 30 %. Poengverdien til mengde begroing er reversert slik at dominerende begroing (det vil si dårlig tilstand) får verdi 1, og ingen påvekst får verdi 4, som tilsvarer referanseverdi. Begroing teller 20 % av den totale EQR-verdien.

Tabell 7 viser foreslåtte verdiintervaller fra 0 til 1 for beregnet EQR for å fastsette tilstandsklasse. Tabellen er hentet fra Veileder 02:2013 - rev 2015. Formelen for beregning av EQR er satt sammen på en slik måte at den vil gi et tall mellom ca. 0,13 og 1. Verdien vil aldri bli så lav som 0.

Tabell 6. Numeriske verdier for tilstandsklasser for ålegress. Nedre voksegrense er angitt i dyp (meter) for tre vanntyper i Skagerrak. Numeriske verdier for tetthet og begroing angis etter en firedelt skala fra Svært god (referanseverdi) til Dårlig. Tabellen er hentet fra Veileder 02:2013 - rev 2015.

1. Nedre voksegrense				2. Tetthet av ålegress	4. Begroing
	NEA10	NEA8	NEA9		
Høy (ref)	9	7	5	4	4
God	7	5	4	3	3
Moderat	5	4	3	2	2
Dårlig	3	3	2	1	1

Tilstandsklasse	EQR-intervall
Svært dårlig	0,00 - 0,20
Dårlig	0,21 - 0,39
Moderat	0,40 - 0,59
God	0,60 - 0,79
Svært God	0,80 - 1,00

Tabell 7. Grenseverdier for tilstandsklasser for beregnet ålegress-EQR (etter Veileder 02:2013 - rev 2015).

Metoder for kartlegging av ålegress i Nasjonalt program

Dataene som forsøksvis er benyttet i denne rapporten til å utvikle norske referanseverdier og klassegrenser for nedre voksegrense i Skagerrak og andre regioner er samlet inn under Nasjonalt kartleggingsprogram. Nedenfor beskriver vi derfor metodikken benyttet for innsamling av disse dataene.

I Nasjonalt program har ålegress blitt systematisk (fylkesvis) kartlagt for store deler av Norge siden 2003. I forkant av feltarbeid, benyttes modeller (basert på dyp, helningsgrad og bølgeeksponering) og «Norge i bilder» (norgeibilder.no) for å peke ut områder hvor en med stor sannsynlighet kan finne ålegress. Gamle data og tips fra forvaltere, planleggere, dykkere, forskere og andre blir brukt til å prioritere hvilke områder som skal besøkes.

Ålegress registreres ved direkte observasjon eller ved bruk av droppkamera fra båt. Man følger da 2 meter-koten langs land til ålegress observeres. Når ålegress blir registrert, tas det ett transekt i engens utstrekning langs land, og minimum tre transekter fra innerst ved land og ut til et godt stykke utenfor nedre voksedyp. Hvis engen er veldig bred tas flere transekter

fra grunt til dypt vann. Hvis engen er liten, tas færre. Nedre voksedyp noteres som det dypeste punktet med ålegress innen en eng.

Langs transektene registreres posisjoner med GPS. For hvert punkt registreres da plantetetthet etter samme kriterier som for makroalger (Kapittel 1.3.1 og 1.3.2). Videre registreres plantenes høyde og tetthet av trådformede alger på eller rundt ålegresset. Substrattype, mengden tang og tare (som regel sukkertare) og total tetthet av tang-ålegress-mosaikken registreres også. Andre arter registreres hvis mulig, for eksempel rødlistede og svartelistede arter, mengde skjell, gravende mark eller annet. Avgrensning av ålegressengen (arealer) blir gjort i GIS basert på punktobservasjonene.

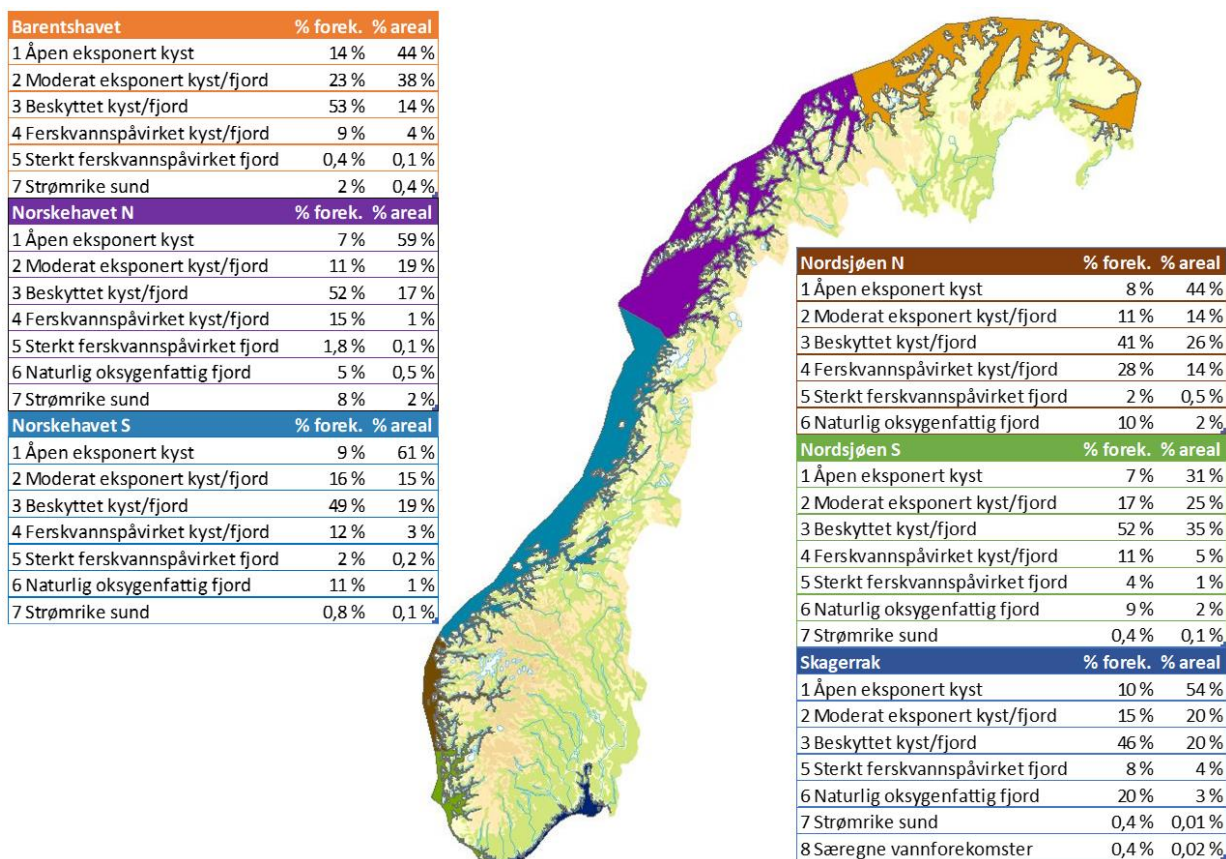
Utredning av klassegrenser for ekte nedre voksegrænse for ålegress

I mangel av ekte dose-responsdata for ålegress har vi brukt samme metode som for makroalger, nemlig å anta at klassegrensene avtar lineært fra referanseverdi og ned til verdien 0. Dette er en konservativ tilnærming når vi ikke vet det faktiske dose-responsforholdet.

1.4 Regioner og vanntyper med gjeldende indekser

Norges kyst er delt inn i seks økoregioner (Figur 1). Inndelingen er basert på ulikheter i naturgitte forhold som lys, tidevann og saltholdighet, men også den geografiske utbredelsen av arter. Innenfor disse økoregionene er vannforekomstene inndelt i ulike vanntyper, i hovedsak karakterisert etter grad av bølgeeksponering og ferskvannspåvirkning (Figur 1). Til sammen er det åtte ulike vanntyper i norske kystvann (Vanntype 1-8), men noen av dem har liten utbredelse og forekommer heller ikke i alle økoregioner. Arealmessig er åpen eksponert kyst (1) mest utbredt, mens beskyttet kyst/fjord (3) representerer det største antallet vannforekomster. Sterkt ferskvannspåvirkede fjorder (4), naturlig oksygenfattige fjorder (6) og strømrrike sund (7) er vanntypene med minst utbredelse. Når det gjelder særegne vannforekomster (8) er denne kun tatt i bruk i Skagerrak og finnes derfor ikke i andre økoregioner per i dag (Veileder 02:2013 - rev 2015).

Indeksen for makroalgenes nedre voksegrænse er per i dag kun utviklet for vanntypene åpen eksponert kyst (1), moderat eksponert kyst (2) og beskyttet kyst/fjord (3) i økoregion Skagerrak (Tabell 8, Figur 1). Artslisten er den samme for alle tre vanntypene, men en egen indeks, henholdsvis MSMDI 1, MSMDI 2 og MSMDI 3 og egne klassegrenser for parameterne som inngår er definert for hver av dem. Indeks for fjæresamfunn er etablert med klassegrenser for økoregionene Nordsjøen N og Norskehavet S for vanntype 1-5 (Tabell 8, Figur 1). For vanntypene 1 og 2 gjelder de samme klassegrensene og artslistene og RSLA 1-2 skal benyttes i disse vanntypene. I vanntype 3 benyttes egne artslistene og klassegrenser for indeksen, som her betegnes RSLA 3. I vanntype 4 og 5 gjelder RSL 4 og RSL 5 med egne klassegrenser og artslistene.



Figur 1. Marine økoregioner langs norskekysten, inkludert fordeling av ulike vanntyper i hver av økoregionene, gitt som prosent av antall vannforekomster og prosentvis areal.

Klassegrensene til RSLA og MSMDI i disse tre økoregionene er interkalibrert og godkjent i EU. For de ferskvannspåvirkede vanntypene (vanntype 4 og 5) i Nordsjøen N og Norskehavet S som bare gjelder for Norge er det utviklet klassegrenser for bruk av RSL. For økoregionene Nordsjøen S, Norskehavet N og Barentshavet eksisterer det altså i dag ingen indekser og klassegrenser for hverken nedre voksegrense for makroalger eller fjæresamfunn (Tabell 8). De syv vanntypene i Nordsjøen S finnes bare i Norge og indekser for disse vanntypene kunne derfor utvikles uten at arbeidet måtte interkalibreres med andre land.

Hovedårsaken til at det mangler indekser og klassegrenser i mange områder er mangel på data. I tillegg preger kråkebollebeiting i stor grad makroalgessamfunn fra Midt-Norge og nordover og i fjorder lenger sør. Det er derfor en utfordring å både utvikle og anvende indekser for makroalger i sjøsonen i disse beitede områdene.

Vanntypene strømrrike sund (7) og naturlig oksygenfattig fjord (6) er lokalitetsspesifikke og karakterisert av lokale, fysiske og hydrografiske forhold og er derfor vanskelig å sette generelle referanseverdier for. Det bør utarbeides spesifikke mål for vannforekomster med slike vanntyper, slik det som gjøres for ferskvann av typen sterkt modifiserte vannforekomster.

Gjennom ØKOKYST og andre undersøkelser er det de siste årene gjort nye registreringer av makroalgforekomster rundt om i landet. NIVA gjorde i 2015 en vurdering av tilgjengelige data for å se på muligheten for om indikatorene for nedre voksegrense og fjæresone kan videreutvikles til å gjelde flere økoregioner (Walday m.fl. 2016). Anbefalingene fra denne

rapporten var at indeks for fjæresamfunn bør kunne utvikles også for Skagerrak og Nordsjøen S, mens nedre voksegrense også bør kunne utvides til å gjelde for Nordsjøen S, samt Nordsjøen N og Norskehavet S. Det ble også pekt på et behov for mer data på næringssalter og noe biologi i disse områdene, samt generelt store databehov i Norskehavet N og Barentshavet.

Indekser for sjøgress (angiospermer), er utviklet og interkalibrert i flere av landene som er tilknyttet EUs vanndirektiv, men i mangel på felles vanntyper med andre land er indeks for ålegress i Norge ikke interkalibrert. Klassifiseringsveilederen foreslår klassegrenser for ålegressets nedre voksegrense for vanntypene åpen eksponert kyst (1), moderat eksponert kyst (2) og beskyttet kyst/fjord (3) i økoregion Skagerrak (se Tabell 8.3.1 i Veileder 02:2013 - rev 2015).

Tabell 8. Oversikt over norske marine økoregioner og vanntyper der det eksisterer indekser og klassegrenser for makroalger og ålegress per 2016. Tom celle betyr at det ikke finnes indekser og klassegrenser. NA betyr at vanntypen ikke eksisterer eller at den ikke er tatt i bruk i den gitte økoregionen (hentet fra Veileder 02:2013 - rev 2015). «ÅL» indikerer at ålegressindeks er utviklet. For økoregionene Nordsjøen S, Norskehavet N og Barentshavet, samt vanntypene 6-8 er det i dag ikke utviklet noen indekser for biologiske kvalitetselementer.

Indekser og klassegrenser for marine økoregioner og vanntyper						
Vanntype	Økoregion	Skagerrak	Nord-sjøen S	Nord-sjøen N	Norske-havet S	Norske-havet N
1 Åpen eksponert kyst	MSMDI 1 ÅL			RSLA 1-2	RSLA 1-2	
2 Moderat eksponert kyst/fjord	MSMDI 2 ÅL			RSLA 1-2	RSLA 1-2	
3 Beskyttet kyst/fjord	MSMDI 3 ÅL			RSLA 3	RSLA 3	
4 Ferskvannspåvirket kyst/fjord	NA			RSL 4	RSL 4	
5 Sterkt ferskvannspåvirket fjord				RSL 5	RSL 5	
6 Naturlig oksygenfattig fjord						NA
7 Strømrrike sund				NA		
8 Særegne vannforekomster			NA	NA	NA	NA

2. Materiale og metoder

I dette prosjektet har det blitt opprettet et GIS-prosjekt i ArcView (versjon 10.1) der relevante GIS-lag er lagt til. Dette inkluderer alle artsdata på makroalger, nedre voksegrense på ålegress og stortare, shapefiler med økoregioner og vannforekomster, inkludert vanntype/typologi. Alle artsdata er gitt tilhørighet til økoregion og vanntype gjennom funksjonen *Join*. GIS-lagene knyttet til utslippspunkter for industri, avløpspunkt, tettsted, by, akvakulturanlegg og fiskerimottak ble også inkludert i GIS-prosjektet. De to prosjektene «Nye klassegrenser for ålegress og makroalger» og «SOFTREF» (kontrakt nr. 16040021, Pedersen m.fl. 2016) har profitert på flere delte oppgaver og synergier ved etablering av GIS-prosjekt, innhenting av GIS-lag, samt utvikling av R-script for statistisk analysing av referanseverdier.

2.1 Data på makroalger

En stor del av prosjektet har bestått i å få tilgang til, vurdere og sammenstille tilgjengelig utbredelsesdata på makroalger. Materialet på makroalger er først og fremst hentet fra NIVAs hardbunnsdatabase (Kapittel 2.1.1) og Artsdatabankens karttjeneste Artskart (Kapittel 2.1.2). Vannmiljøs data på makroalger ble også vurdert brukt, men da det var vanskelig å få tilgang til koordinater, ble ikke dette datasettet benyttet. Imidlertid bestod størsteparten av Vannmiljøs data på makroalger av NIVAs registreringer (95 % av i alt 15297 observasjoner), som vi hadde tilgjengelig i egen database.

Walday m.fl. (2016) påpekte spesielt at data på makroalger fra nordlige områder (Barentshavet og Norskehavet N) var svært begrenset, derfor har vi gjort en ekstra innsats for å spore opp data fra denne regionen. Det viste seg at det eksisterte noe data innsamlet av Tor Eiliv Lein ved Universitetet i Bergen, men disse var verken ferdig behandlet eller publisert, så de kunne dessverre ikke gjøres tilgjengelig for vårt formål. Undersøkelser fra 33 stasjoner i Barentshavet i regi av Akvaplan-niva er sammenstilt med dataene fra NIVAs hardbunnsdatabase, og har blitt inkludert i utviklingen av artslistene for denne økoregionen.

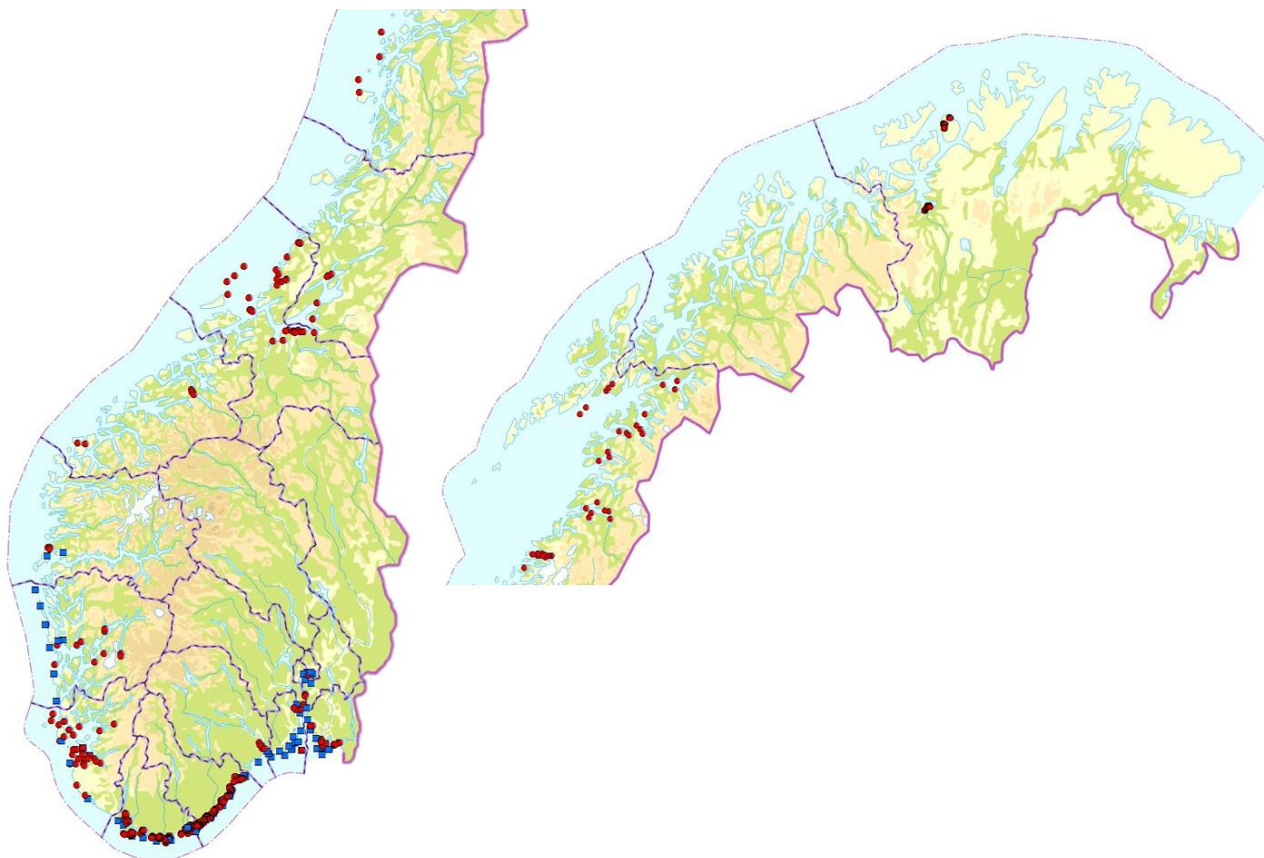
2.1.1 NIVA

NIVAs hardbunnsdatabase

NIVAs database på hardbunnsarter inneholder registreringer fra NIVAs aktiviteter som omfatter dykketransekter og fjæresoneundersøkelser fra 1981 frem til i dag (Figur 2, Vedlegg 1). Data fra denne basen ble brukt som grunnlag for å utvikle artslistene for sjøsonen og fjæresamfunn for indeksene MSDI og RSL/RSLA, samt for å finne nedre voksegrense for stortare og rødalger (Komboindeksen). For å skille mellom alger som lever i fjæresonen og de som vokser dypere (sjøsonen) satt vi et kriterium på maks 5 meters dyp. I alt bestod NIVAs database av 226 223 observasjoner av henholdsvis 64 816 brunalger, 15 670 grønналger og 145 737 rødalger, hvorav 29 % var fra fjæresonen og 71 % fra sjøsonen.

Mesteparten av datamaterialet i NIVAs hardbunnsdatabase stammer fra store overvåkingsprogrammer som kystovervåkingsprogrammet (KYO, senere ØKOKYST), sukkertareovervåkingen (KYS), samt overvåkingsprogrammene for Indre- og Ytre Oslofjord (IO og YO). Flere av stasjonene som inngår i disse programmene inngår også i programmet «Lange

tidsserier». Databasen inneholder også data fra mindre prosjekter, resipientundersøkelser og utredninger, som er verdifulle fordi de dekker områder som ikke er en del av overvåkingsprogrammene.

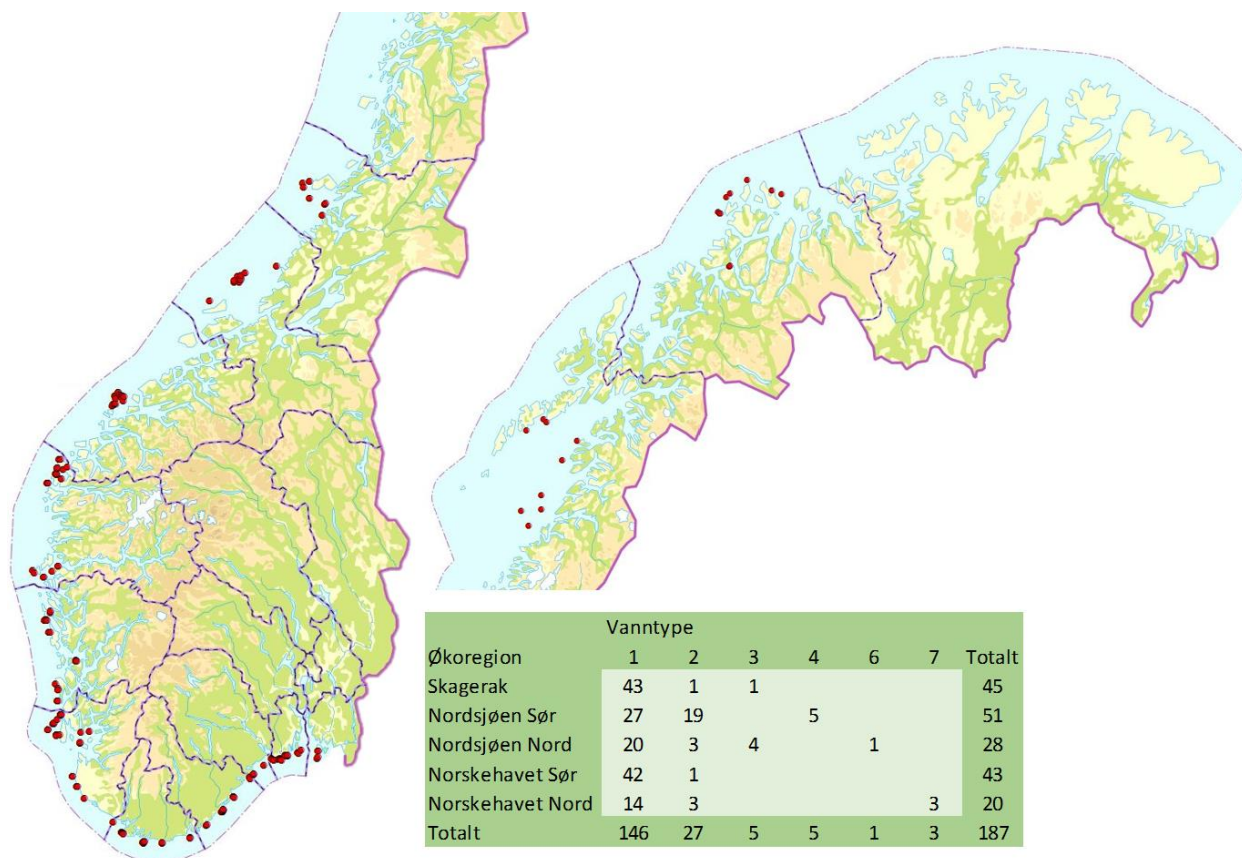


Figur 2. Oversikt over stasjoner fra NIVAs hardbunnsdatabase der opprette makroalger er funnet. Blå firkanter er dykketransekt og røde punkter er fjæresoneundersøkelser. Se Vedlegg 1 for hvordan dataene fordeler seg mellom økoregioner og vanntyper.

Taredata fra Nasjonalt kartleggingsprogram

I Nasjonalt program kartlegges stortare systematisk region for region i hele Norge (Bekkby m.fl. 2012). Gjennom dette arbeidet har NIVA og HI samlet store mengder forekomstdata på tare (Figur 3). Datasettet består hovedsakelig av stortare, da dette har vært hovedfokus i programmet, men også andre tarearter som sukkertare og fingertare har blitt registrert der de har blitt funnet. I det NIVA-finansierte prosjektet «DenGrense» (prosjektleder Trine Bekkby) har disse dataene blitt sammenstilt og det har blitt gjort en innsats i å bestemme hvilke av registreringene som representerer ekte nedre voksedyp for tare. Datasettet fra DenGrense består av 187 datapunkter og er blitt brukt til å beregne referanseverdier for ekte nedre voksegrense for stortare i komboindeksen.

Utvelgelsen må gjøres på tidevannskorrigererte data og ellers baseres på et kriteriesett som i store trekk ligner på det som er foreslått for ålegress (Kapittel 1.3.4). For hver stasjon identifiseres nederste registrerte dyp for taren. Registreringen er imidlertid kun gjeldende som ekte nedre voksedyp dersom taren er tydelig lysbegrenset, altså i tetthetsklasse enkeltplanter (etter firedelt semikvantitativ skala), og at substrattypen ikke har vært begrensende. Taredataene fra Nasjonalt kartleggingsprogram har blitt brukt for beregning av referanseverdi for stortare, foreslått i den nye komboindeksen (Kapittel 2.4.3).

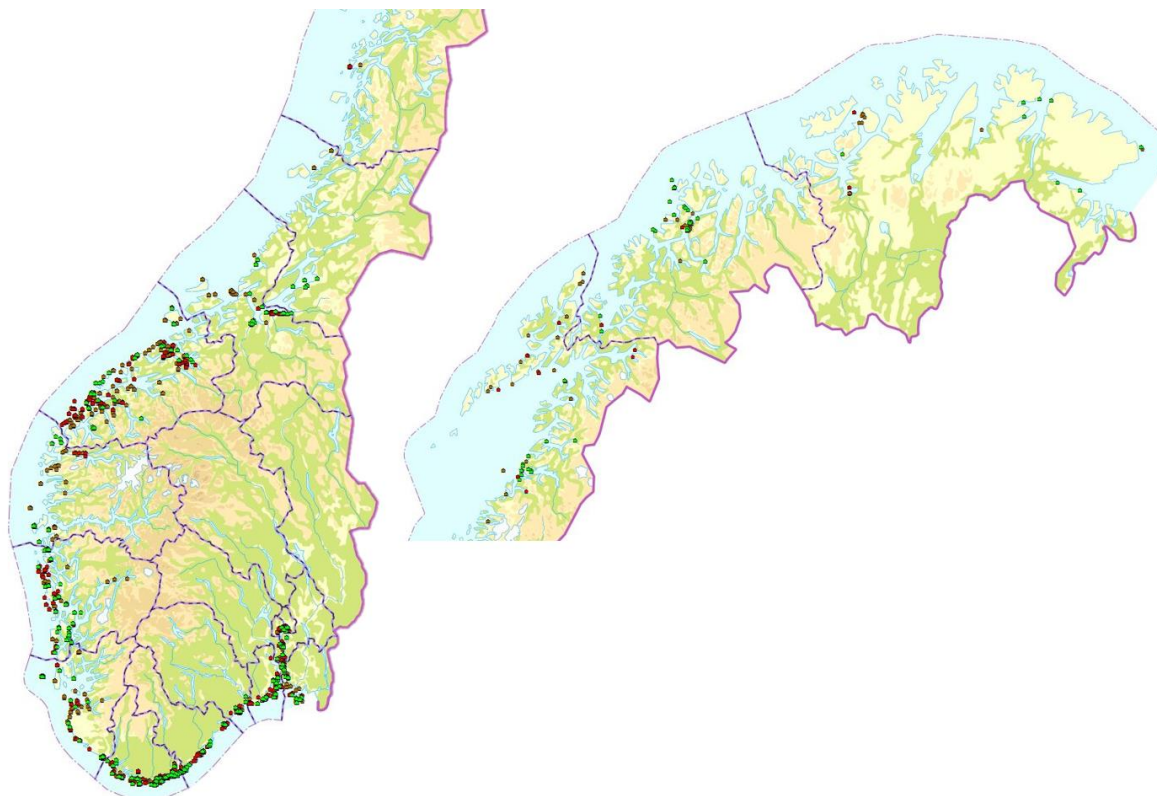


Figur 3. Oversikt over tareregistreringer samlet inn under Nasjonalt kartleggingsprogram som oppfyller kriterier for ekte nedre voksegrense, altså at taren er tydelig lysbegrenset, og kun forekommer i tetthetsklasse 1 (enkeltplanter).

2.1.2 Artskart

Artsdatabankens database Artskart (www.artsdatabanken.no/artskart) inneholder artsdata fra både terrestriske og akvatiske miljøer og per januar 2017 bestod dette av hele 23 millioner observasjoner gjort i Norge helt tilbake til 1800-tallet. Av disse har vi hentet ut alle marine (opprette) makroalger av typen grønnalger, rødalger og brunalger - i alt 74751 registreringer (Figur 4, Vedlegg 1). Rød- og svartelistede arter ble her fjernet da det ikke er relevant å ta med disse i artslistene som skal representere den vanlige/naturlige artssammensetningen. Videre har vi redusert dette datasettet etter krav vi satt for geoposisjonering og tidspunkt for registrering. Blant annet har vi ekskludert et stort antall observasjoner gjort på 1800- og første halvdel av 1900-tallet, samt observasjoner som var åpenbart feilposisjonert eller upresise. En maksimumsgrense på 100 meter fra nærmeste vannforekomst ble derfor satt som avstandskriterium for observasjoner som falt utenfor vannforekomstenes yttergrenser. For å unngå duplikate registreringer ved senere sammenslåing av databaser ble alle NIVAs data som lå inne i Artskart fjernet. Disse utgjorde i overkant av 40 % av makroalgedataene i Artskart. I tillegg har vi fjernet alle registreringer lagt inn av «Miljølære» som inneholder observasjoner gjort av barnehager og skoler, da vi ikke kan være sikre på at disse er kvalitetssikret av en marin botaniker. Ved å være konservative på dette punktet minimerer vi muligheten for å inkludere feilbestemte arter. Også her ønsket vi å skille mellom alger som lever i fjæresonen og de som vokser dypere enn dette, men siden NIVAs data allerede var fjernet var det ingen registreringer igjen dypere enn 5 meter. Det endelige datamaterialet fra Artskart bestod av 6867 registreringer av opprette makroalger, fordelt på henholdsvis 637 grønnalger, 2943

rødalger og 3287 brunalger. Data fra Artskart ble brukt som grunnlag for artslister for RSL/RSLA.



Figur 4. Oversikt over hvor data er hentet fra Artskart, begrenset til marine alger av typen grønnalger (grønne punkter), rødalger (røde punkter) og brunalger (brune punkter), samt kriteriene for utvalgelse gitt i Kapittel 2.1.2. Se Vedlegg 1 for hvordan dataene fordeler seg mellom økoregioner og vanntyper.

2.2 Data på ålegress

2.2.1 Ålegressdata fra Nasjonalt program

Eksisterende data på ålegress er stort sett samlet inn i regi av Nasjonalt kartleggingsprogram (Kapittel 1.3.4). I Naturbasen ligger det, per februar 2017, 3733 ålegressenger angitt som polygoner (arealer). For mange av disse forekomstene har NIVA og HI punktobservasjoner (Figur 5). For punktdataene er det også samlet inn informasjon om dyp og ålegressets tetthet, noe som er grunnlaget for avgrensingen til de ålegressarealer som sendes til Naturbasen. Det er punktdataene som benyttes videre i denne rapporten. Til nå har Nasjonalt program kartlagt hele Norskekysten med unntak av Finnmark og mesteparten av Møre og Romsdal som står for tur de kommende to feltsesonger (2017-18). Noen registreringer er allerede blitt gjort i Møre og Romsdal og dataene herfra har blitt bearbeidet for å bli inkludert i dette prosjektet, men er ennå ikke avgrenset til polygoner, slik at disse arealene finnes ennå ikke i Naturbase.

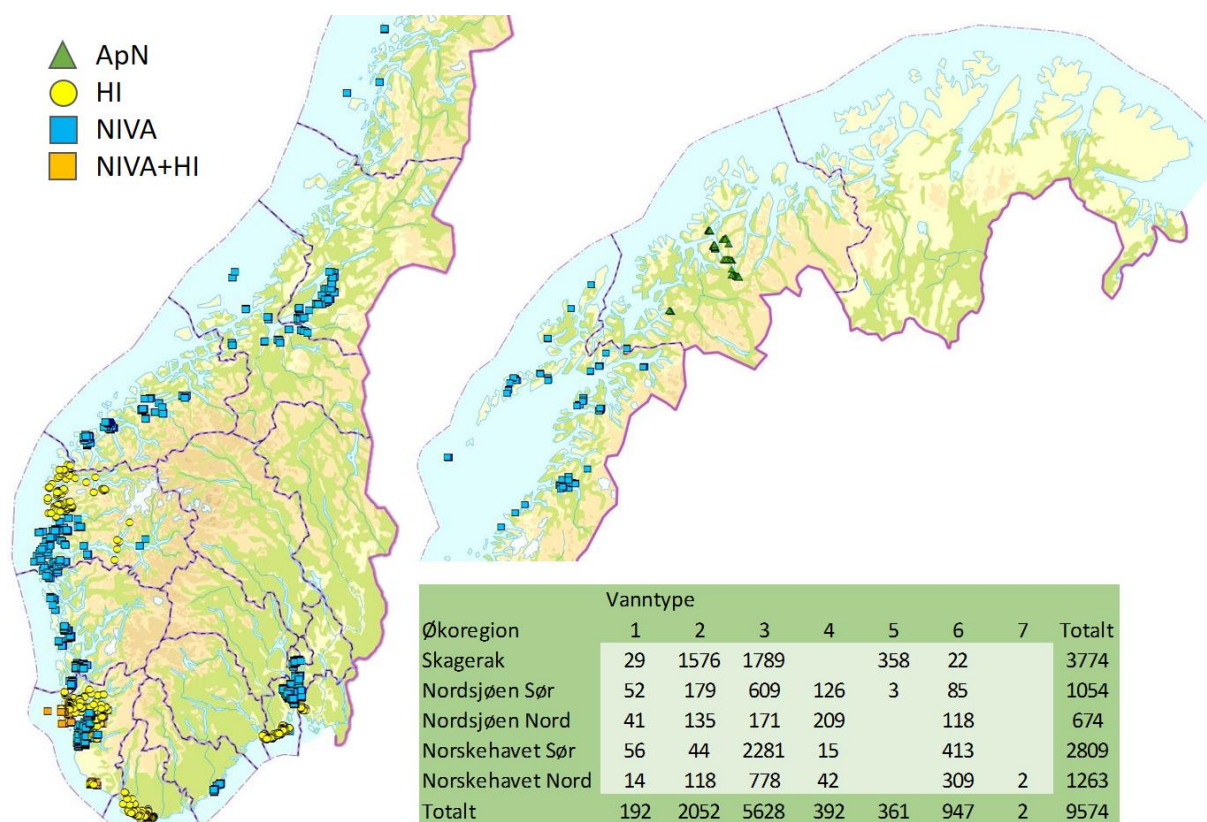
2.2.2 Kriterier for ekte nedre voksegrense

Nedre voksegrense for ålegress defineres på engnivå (Kapittel 1.3.4). Framgangsmåte for uttrekk av ålegressdata til analyse er noe ulik på HI og NIVA, men det berører ikke kvaliteten på grunnlagsdataene til analysene i denne rapporten. På HI er alle målepunkter

(observasjoner) i en ålegresseng knyttet til et lokalt ID-nummer for engen med posisjon lik engens midtpunkt. Verdi for nedre voksedyp (og andre måleparametere) er koblet direkte til engens ID-nummer og tas ut som en verdi per eng. For uttrekk av nedre voksedyp fra NIVAs database er eng-ID (kalt LOKALID) fra Naturbasen brukt til å identifisere alle punkter som enten overlapper eller ligger maks 50 meter fra engen. Dette er gjort ved funksjonen *Join* i ArcGIS. NIVAs ålegressdatasett inneholdt også andre punkter som ennå ikke er ferdig verdisatt eller samlet inn på andre prosjekter og dermed ikke finnes i Naturbasen. For å også gi disse punktene en eng-tilhørighet har enkeltpunkter som ligger nærmere hverandre enn 50 meter blitt samlet ved hjelp av *Buffer*-, *Dissolve*- og *Join*-funksjonene i ArcGIS. Blant alle observasjoner med eng-ID (n=8961) har vi pekt ut de som representerer ekte nedre voksedyp for hver eng.

2.2.3 Datautvalg

Ut fra i alt 14188 tilgjengelige punktopbservasjoner var registreringstidspunkt kun gitt for 9574 av dem. Klokkeslettet er nødvendig for tidevannskorrigerings av dypet, noe som er spesielt viktig i områder der tidevannsforskjellene er store. For Oslofjord-regionen, Agder og Hordaland er tidevannsforskjellene såpass små at det ikke har vært nødvendig med noen tidevannskorrigerings. Av de 9574 observasjonene med korrekt dybdeangivelse bestod 616 av enkeltobservasjoner som ikke tilhørte noen eng - disse ble også fjernet (Tabell 9). Etter denne seleksjonsrunden satt man igjen med 8958 punktopbservasjoner fordelt på 840 eng, der det dypeste punktet for hver eng ble brukt i videre analyser. Av disse igjen var 80 definert i tetthetsklasse enkeltplanter, 393 spredt, 101 middels tett og 266 tett. Tabell 10 viser hvordan observasjonene er fordelt mellom økoregioner og vanntyper.



Figur 5. Tilgjengelige punktdata på ålegress fra Nasjonalt kartleggingsprogram innsamlet av henholdsvis Akvaplan-NIVA, NIVA og HI.

Tabell 9. Antall punktobservasjoner av ålegress fordelt på tetthetsklasser og andre kriterier for utvelgelse for beregning av ålegressets nedre voksegrense. Kun tidevannskorrigererte data med eng-ID kan brukes for en eventuell beregning av referanseverdier for nedre voksegrense.

	Enkelt-planter	Spredt	Middels tett	Tett	Usikker	Totalt
Totalt antall punkter	702	7 348	2 480	6 438	220	14 188
Herav tidevannskorrigererte punkter	385	2 801	1 350	4 919	119	9 574
Herav punkter med eng-ID	359	2 696	1172	4 731	266	8 958
Antall enger	80	393	101	266	0	840

Tabell 10. Tilgjengelige nedre voksegrenseobservasjoner med tidevannskorrigererte data på ålegress fordelt på økoregion og vanntype.

Vanntype	1	2	3	4	5	6	7	8	Totalt
Økoregion									
Skagerrak		99	128		26				253
Nordsjøen S	3	19	53	8		6			89
Nordsjøen N	13	19	30	26		24			112
Norskehavet S	11	12	146	2		34			205
Norskehavet N	2	30	89	9		50	1		181
Barentshavet									
Totalt	29	179	446	45	26	114	1		840

2.3 GIS-modeller og -variable

2.3.1 Typologi fra NVE

En geodatabase (GDB) med alle Norges kystvannforekomster ble tilsendt fra Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) den 14.12.2016. Basen skal da ha vært oppdatert, inkludert endringer av feil som ble oppdaget under Miljødirektoratets SOFTREF-prosjekt (Pedersen m.fl. 2016), der 12 vannforekomster i Skagerrak var feilaktig klassifisert som ferskvannspåvirket kyst/fjord. Fordelingen av ulike vanntyper per økoregion er vist i Figur 1.

2.3.2 Påvirkningsfaktorer og -kilder

Det ble samlet inn kjemi- og hydrologidata fra blant annet Vannmiljø og NIVAs database «AquaMonitor» i forbindelse med SOFTREF-prosjektet (Pedersen m.fl. 2016), som også var tenkt brukt i analyser av effekten av påvirkningsfaktorer på ålegress- og makroalgeindeksene. Imidlertid ble ikke disse dataene brukt, da vi i løpet av prosjektperioden, og ikke minst gjennom erfaringene gjort i SOFTREF, konstaterte at det er svært vanskelig å gjøre gode koblinger mellom biologiske data og påvirkningsfaktorer når de ulike programmene ikke er koordinert i tid og rom. Dette gjelder i stor grad også for makroalger og ålegress, som har enda lavere romlig og tidsmessig oppløsning enn bløtbunnsdataene. Miljødirektoratets prosjekt Tallknusing av sukkertaredata (kontrakt nr. 14128193, Gundersen m.fl. 2014) er også et eksempel på at det er vanskelig å forklare variasjonen i biologiske data, i dette tilfellet sukkertare, ut fra data på eutrofi og klima (nitrogen- og fosforforbindelser, klorofyll a, siktedyp, temperatur, salinitet, med mer), til tross for gode overvåkingsdata- og programmer.

Gjennom SOFTREF og NIVAs prosjekt SOFTMOD (Gundersen m.fl. innsendt) ble det vist at avstand til potensielle forurensningskilder (industri, avløpspunkt, tettsted, by, akvakulturanlegg og fiskerimottak) kan fungere som proxier for faktiske målinger av næringssalter. Denne tilnærmingen har vi derfor valgt å bruke også i dette prosjektet. Gjennom SOFTREF hadde NIVA allerede tilgjengelig GIS-lag med informasjon om beliggenhet til ulike potensielle påvirkningskilder. Disse var industri (fra Miljødirektoratet), avløp (SSB/Kostra), byer og tettsteder (WMS fra Kartverket), samt akvakulturanlegg og fiskerimottak (fra Fiskeridirektoratet).

2.3.3 NIVAs geofysiske GIS-modeller og -variable

NIVA har tilgjengelig modeller på geofysiske variabler på dyp, helningsgrad, kurvatur, bølgeeksponering og lysinnstråling. Disse variablene har vist seg å være viktige kilder til variasjon i indeksverdier for bløtbunn (Gundersen m.fl. innsendt, Pedersen m.fl. 2016) og var derfor tenkt å bli brukt som kovariabel i analysene av makroalgenes nedre voksegrense. Imidlertid fant vi at oppløsningen på disse modellene, som var 25x25 meter, var for grov i forhold til den faktiske variasjonen langs dykketransektene. Geofysiske modeller ble derfor ikke inkludert i analysene.

2.3.4 Lysmodeller fra EMODnet

For modellering av nedre voksegrense for opprette alger og ålegress ved hjelp av lysmodeller (se Kapittel 2.4.4) har vi brukt arealdekkende modeller (grid) basert på satellittdata for overflatelys, lysintensiteten på sjøbunnen, samt for svekningskoeffisienten til sjøvann, for hele norskekysten beregnet i EU-prosjektet EMODnet (EMODnet 2016). Modellen for overflatelys (målt som PAR, «Photosynthetically Active Radiation»), har en romlig oppløsning på ca. 220x220 meter. Den romlige oppløsningen til svekningskoeffisientgridet er 184x184 meter. Ut fra informasjon om overflatelyselset, svekningskoeffisienten og dybden til hver gridcelle i en dybdemodell med 25x25 meter oppløsning, er lysintensiteten som når sjøbunnen beregnet i EMODnet. Både den estimerte lysintensiteten og lysprosenten på sjøbunnen, samt estimert maksimum lysinnstråling på pixelnivå, er benyttet til å beregne nedre voksegrense for opprette alger i komboindeksen (2.4.3) og for ålegress (2.4.4).

2.4 Utvikling av nye indekser

2.4.1 Nye indekser for RSL/RSLA

Oppdatering av eksisterende artslister for Nordsjøen N og Norskehavet S

Før arbeidet med utvikling av indekser for nye økoregioner og vanntyper ble det gjort en vurdering av de allerede eksisterende artslistene for RSL/RSLA. Selv om dette egentlig ikke var en del av prosjektets oppgaver mente vi allikevel det var nødvendig, siden de eksisterende listene skulle brukes som utgangspunkt for nye lister i nye økoregioner, og det var viktig å ikke videreføre eventuelle feil og mangler. Arbeidet dreide seg i første omgang om å oppdatere artslistene for RSL/RSLA gitt i klassifiseringsveilederen med hensyn til ny nomenklatur og å sjekke hvorvidt gruppeinndelingen av arter var hensiktsmessig. Vurderingene ble gjort i henhold til eksisterende artsdata fra NIVAs hardbunnsdatabase og Artskart og relevant litteratur (www.artsdatabanken.no, Brattegard og Holthe 2001, Ruess 1976). Algbase er benyttet for korrekt nomenklatur (www.algbase.org). Endringer gjort i eksisterende liste er dokumentert i Kapittel 3.1.1.

Utarbeidelse av nye artslister for Nordsjøen S, Norskehavet N og Barentshavet

Ved utarbeidelse av artslister for nye økoregioner har vi tatt utgangspunkt i vår reviderte artsliste for Nordsjøen N og Norskehavet S og justert denne for henholdsvis Nordsjøen S og Norskehavet N og Barentshavet. For vanntyper der abundance-varianten (RSLA) er utviklet videreføres denne indeksen for de samme vanntypene i Nordsjøen S. Dette gjelder vanntype 1, 2 og 3. Likeledes videreføres RSL for vanntype 4 og 5 i de nye økoregionene.

For hver kombinasjon av økoregion og vanntype har vi for hver art på den eksisterende listen vurdert om arten bør videreføres eller fjernes. Også her er det tatt utgangspunkt i artsdata fra NIVA og Artskart, samt listen over utbredelsen til makroalger gitt i Brattegard og Holthe 2001. Dersom en art i de eksisterende artslistene, ifølge Brattegard og Holthe (2001), ikke har utbredelse som dekker hele økoregionen, er den fjernet fra listen, med mindre tilgjengelig artsdata viser det motsatte.

For de nye økoregionene er det antatt at arten forekommer i samme vanntyper som gitt i eksisterende artslistene. Dersom artsdata viser at en art er vanlig i en vanntype den per i dag ikke er gjeldende for, er det foreslått å legge denne til i artslisten. I tilfeller der vi har fjernet en art fra artslistene, er det forsøkt å erstatte den med en annen art med noenlunde samme økologiske nisje, opportunist- og ESG-klasse. Fjerning av en art kan for eksempel skyldes at arten er vanskelig eller umulig å bestemme i felt, eller at den av andre grunner sjeldent eller aldri er funnet i det gjeldende området. I Norskehavet N og Barentshavet er det relativt lite artsdata tilgjengelig (Figur 2-3, Vedlegg 1), og det er ikke mulig å gjøre et slikt «kvalitativt» bytte for alle artene som ble fjernet fra listen. Når det gjelder de to nordligste økoregionene, er det et anerkjent mønster i økologien, kalt «The latitudinal diversity gradient», at det generelt er en reduksjon i biodiversitet fra sørlige til nordlige breddegrader. Artslistene for Norskehavet N og Barentshavet har derfor en del færre arter enn i de øvrige økoregionene. Forslag til reviderte artslistene er vist i Vedlegg 2.

Testing av endrede artslistene og klassegrenser (Nordsjøen N og Norskehavet S)

For å undersøke hvorvidt endringene i eksisterende artslistene for Nordsjøen N og Norskehavet S krever en påfølgende endring av klassegrenser gjorde vi systematiske tester på eksisterende data. Tre tilfeldige stasjoner, der hver av dem representerte vanntypene 1 (fjæreundersøkelser fra Lutelandet i Sogn- og Fjordane), 2 (Jønnesholmen fra program ØKOKYST Helgeland) og 3 (Glomfjord 1 fra programmet Marin overvåking i Nordland), ble tilfeldig valgt for dette formålet. Teststasjonene i vanntype 1 og 3 er klassifisert som God tilstand, mens stasjonen i vanntype 2 har Svært god tilstand. Artsregistreringene fra hver av stasjonene ble lagt inn i henholdsvis gammel og revidert liste og prosentvis endring i EQR-verdier, samt del-parametere ble målt. Endringene ble gjort én og én og prosentvis utslag ble målt på del-parametere og den samlede EQR-verdien. Følgende endringer ble testet (må ses i sammenheng med foreslåtte revideringer av artslistene gitt i Kapittel 3.1.1):

1. La til spredt forekomst av *Delesseria sanguinea* i ny artsliste på stasjonene i vanntype 1 og 3.
2. La til spredt forekomst av *Halosiphon tomentosus* i vanntype 3.
3. La til spredt forekomst av *Rhodomela confervoides* i vanntype 2.
4. Erstattet *Audouinella purpurea* og *Audouinella* sp. med den nye foreslåtte gruppen som inneholder slektene *Audouinella*, *Acrochaetium*, *Colaconema*, *Meiodiscus*, *Rubrointrusa* og *Rhodothamniella* i ny liste for vanntype 1 og vanntype 3.

Testing av nye artslister og klassegrenser for Nordsjøen S

For å teste de nyopprettede artslistene for områder der indeksen ikke før har vært gjeldende (Nordsjøen S, Norskehavet N og Barentshavet) var det en utfordring å finne teststasjoner, da vi naturlig nok ikke har EQR-verdier å sammenligne med for disse områdene. For Norskehavet N og Barentshavet mener vi at datamaterialet er såpass begrenset (Kapittel 2.1 og Vedlegg 1) at vi verken kan lage nye klassegrenser eller videreføre (og teste) eksisterende klassegrenser.

For å teste ut de nye artslistene for Nordsjøen S ble klassegrenser for Nordsjøen N brukt. Vi valgte en fremgangsmåte der vi tok utgangspunkt i stasjon HR19 og HR26 fra henholdsvis ØKOKYST Rogaland og ØKOKYST Hordaland, som Miljødirektoratet har pekt ut som referansestasjoner da de er antatt lite påvirket av menneskelig belastning (Bekkby m.fl. 2007). Registreringer fra HR19 (2015 og 2016) og HR26 (2016) ble brukt i beregning av EQR-verdier etter gammel og revidert artsliste. «Fasiten» for disse stasjonene er da at testene bør resultere i Svært god eller God tilstand, dersom klassegrensene er riktig satt. Videre hadde vi tilgjengelig registreringer fra resipientundersøkelser gjort på stasjon Søl1 innerst i Sørfjorden i Hardanger, som tidligere har blitt tilstandsklassifisert som Dårlig ved bruk av eksisterende artslister og klassegrenser for Nordsjøen N og Norskehavet S, samt subjektiv vurdering. Til slutt hadde vi tilgjengelig registreringer fra åtte stasjoner i Stavanger der Pedersen m.fl. (2012) har benyttet en såkalt justert fjæreindeks og tilstandsklassifisert seks av stasjonene som God og resten som Moderat, ved en form for subjektiv vurdering. Testene er oppsummert slik:

1. EQR beregnet for referansestasjonen HR19 i Rogaland (vanntype 3) basert på ØKOKYST-data fra 2015 og 2016. Forventet resultat for begge årene: God eller Svært god tilstand.
2. EQR beregnet for referansestasjonen HR26 i Hordaland (vanntype 4) basert på ØKOKYST-data fra 2016. Forventet resultat: God eller Svært god tilstand.
3. EQR beregnet for Søl1 i Hordaland (vanntype 4), basert på resipientundersøkelser fra tiltaksrettet overvåking av kystvann i vannområdet Hardanger 2015. Forventet resultat: Dårlig tilstand.
4. EQR ble beregnet for åtte stasjoner ved Stavanger (Rogaland) i vanntypene 1-4 utført av Pedersen m.fl. (2012). Forventet resultat var God for seks og Moderat for to av stasjonene.

2.4.2 Nye artslister for MSMDI

På samme måte som for RSL/RSLA, ble den eksisterende MSMDI-artslisten for Skagerrak gjennomgått av en marin botaniker, for å vurdere behovet for å rette opp feil og gjøre noen endringer i eksisterende liste. Den eksisterende listen ble brukt som utgangspunkt for nye lister i de øvrige økoregionene, Nordsjøen S/N, Norskehavet S/N og Barentshavet der hver art ble vurdert i lys av artsdata fra NIVAs hardbunnsdatabase og Artskart, samt litteratur (Brattegard og Holthe 2001, Rueness 1976). Forslag til ny liste er gitt i Kapittel 3.2.

2.4.3 Ny kombinasjonsindeks

Arbeidet med utvikling av en ny kombinasjonsindeks for makroalger har omfattet forslag til ny metodikk ved bruk av droppkamera for registrering av nedre voksegrense for opprette alger (i praksis stortare og rødalgene eikeving og fagerving), samt forekomst av trådformete påvekstalger. Beregninger av referansetilstand for nedre voksegrense for stortare (og forsøksvis rødalger) er gjort ved statistisk modellering (se nedenfor). Videre legges det frem her et forslag til hvordan disse parameterne skal kombineres med den allerede eksisterende multimetriske indeksen RSL/RSLA til en komboindeks (Kapittel 3.3).

Datamateriale

For modellering av referanseverdier for stortarens nedre voksegrense brukte vi data på ekte nedre voksedyp samlet inn gjennom Nasjonalt kartleggingsprogram og videreførdet gjennom DenGrense (n = 171, Kapittel 2.1.1), samt transektdata fra NIVAs hardbunnsdatabase (n = 215, Kapittel 2.1.1). Totalt hadde vi 386 datapunkter tilgjengelig for disse analysene (Tabell 11). Kriteriene for ekte nedre voksegrense er beskrevet i Kapittel 2.1.1. De samme kriterier er også brukt for utvelgelse av ekte nedre voksegrense fra transektdataene. Imidlertid er det en viss sjanse for at transektdataene representerer et noe skjevt («biased») utvalg siden tare som er målt på dypeste dykkerdyp (oftest på 30 meter) er ekskludert, fordi vi da ikke kan si at de representerer ekte nedre voksedyp. For å håndtere dette tar vi med variabelen «metode» (droppkamera vs. transektdykking) som en faktor i analysene og estimerer eventuelle forskjeller som skyldes metode. Predikeringen (se nedenfor) gjøres for parameteren «DenGrense», da disse dataene er antatt å være «unbiased».

Datamaterialet for modellering av referanseverdier for rødalgenes nedre voksegrense er i sin helhet hentet fra NIVAs hardbunnsdatabase, der kun data fra dykkertransekt har vært aktuelle. Totalt hadde vi 1242 observasjoner tilgjengelig for denne analysen (Tabell 12).

Tabell 11. Antall datapunkter brukt i analysene av referanseverdier for ekte nedre voksegrense for stortare basert på data fra Nasjonalt kartleggingsprogram (44 %) og NIVAs hardbunnsdatabase (56 %).

Økoregion	Vanntype							Totalt
	1	2	3	4	5	6	7	
Skagerak	92	39	31		1	16		179
Nordsjøen Sør	35	37	18	10				100
Nordsjøen Nord	34	3	8			1		46
Norskehavet Sør	36	2	2	1				41
Norskehavet Nord	14	3					3	20
Totalt	211	84	59	11	1	17	3	386

Tabell 12. Antall datapunkter brukt i analysene av referanseverdier for ekte nedre voksegrense for rødalger basert på data fra NIVAs hardbunnsdatabase.

Økoregion	Vanntype						Totalt
	1	2	3	4	5	6	
Skagerak	237	235	262		3	121	858
Nordsjøen Sør	45	74	84	8			211
Nordsjøen Nord	95	11	25			4	135
Norskehavet Sør			36	2			38
Totalt	377	320	407	10	3	125	1242

Statistiske analyser

For å komme frem til referanseverdier for stortarens og rødalgers nedre voksegrense i den nye komboindeksen ble Generalized Additive Mixed Models (Mixed GAM; Zuur m.fl. 2009) benyttet. Dette ble gjort ved bruk av *mgcv*-biblioteket (Wood 2011) i statistikkprogrammet R (R Development Core Team 2012). Slike additive modeller tillater ikke-lineære (avtagende, asymptotiske, konkave eller konvekse) kurveforløp og er som regel bedre egnet til å modellere naturlige sammenhenger enn lineære metoder.

Nedre voksedyp for stortare og rødalger ble beregnet i separate analyser der hovedfaktorene inkludert i analysene var økoregion og vanntype. Stasjons-ID ble inkludert som

grupperingsvariabel (random faktor) for å ta hensyn til ikke-uavhengige målinger der samme stasjon er blitt undersøkt flere ganger. For å ta hensyn til romlig autokorrelasjon ble interaksjonen mellom breddegrad og lengdegrad også inkludert i modellene (Wood 2006). Også registreringsår ble inkludert som en variabel i analysene, da vi ved flere tilfeller har sett en generell endring i indeksverdier over tid (e.g. Pedersen m.fl. 2016). En generell forverring av makroalgenes indeksverdier kan for eksempel skyldes forhold relatert til klimaendringer. Dette er diskutert mer i Kapittel 4.

I de statistiske analysene av nedre voksegrense for stortare og rødalger er Nordsjøen S og N slått sammen. Dette er først og fremst gjort fordi enkelte økoregion-vanntype-kombinasjoner hadde lite data (Tabell 11-12). I tillegg er det grunn til å tro at forskjellene i nedre voksegrense mellom Nordsjøen S og N er små, da denne regionen i utgangspunktet ble delt på grunn av tidevannsforskjellene (Tabell 3-8 i Veileder 02:2013 - rev 2015) og som derfor i liten grad påvirker sublittoralsonen. Norskehavets inndeling i en sørlig og en nordlig økoregion skyldes forskjellene i lysforhold, der Norskehavet N (nord for polarsirkelen) har mørketid, mens Norskehavet S ikke har det (Tabell 3-8 i Veileder 02:2013 - rev 2015). Dette kan potensielt påvirke nedre voksegrense for artene som lever der, men siden innledende analyser viste små forskjeller mellom sør og nord, samt et ønske om å unngå analysegrupper med lite data, ble disse to økoregionene også slått sammen i de statistiske analysene.

Beregning av referansetilstand

Når man skal beregne referansetilstand har det vært vanlig å bruke data som kun er hentet fra upåvirkede områder, altså områder med antatt tilnærmet referansetilstand. Dersom vi skulle brukt denne tilnærmingsmåten også for beregning av referansetilstand for nedre voksegrense, hadde vi vært nødt til å ekskludere store deler av datasettet. I stedet valgte vi å bruke en metode utviklet og beskrevet i SOFTREF (Pedersen m.fl. 2016), der påvirkningskilder inkluderes i modellene og referansetilstanden beregnes ved å velge parameterverdier i modellen som representerer bakgrunnsnivåer av påvirkningsfaktorene. Bakgrunnsnivåene settes ut fra kurveforløpene der vi ser at indeksverdiene flater av ved økende avstand fra påvirkningskilden. For eksempel dersom vi ser at indeksverdiene avflater på avstander over 10 km fra industrianlegg, setter vi parameteren for denne variabelen til 10 000 meter når vi skal beregne referansetilstand. På samme måte ble registreringsår satt til 2015, siden vi ønsker å beregne referanseverdier som gjelder for i dag.

Denne metoden krever tilgang til data på potensielle påvirkningsfaktorer. I vårt tilfelle (og i SOFTREF) har vi håndtert dette ved å bruke avstander til potensielle kilder for forurensning som proxier for reelle dose-variable (se Kapittel 2.3.2). Denne metoden er tidligere brukt i interkalibreringsarbeidet av indekser for makroalger i fjæresonen (NEA-GIG 2013). Metoden innebærer at man kan beregne referansetilstanden for en tenkt situasjon, for eksempel en fjord i en gitt økoregion og vanntype, med lang avstand til alle mulige påvirkningskilder, selv om slike områder ikke nødvendigvis finnes i virkeligheten. I forhold til andre metoder der man kun bruker data fra referanseområder, er fordelene her at man kan bruke hele datasettet (mange av dataene er nettopp samlet inn i belastede områder), samt at man kan beregne naturtilstand også for områder man ikke har gjort målinger i. I tillegg til de individuelle avstandsvariablene ble det laget en samlev variabel som målte nærmeste avstand til påvirkning, uavhengig av kilde, og testet i en enklere (mer «parsimonious») kandidatmodell.

Bruk av lys- og svekningsmodeller for beregning av nedre voksegrense for makroalger

Nedre grense i infralittoralsonen, tilsvarer nedre voksegrense for opprette makroalger (Hiscock 1996, Connor m.fl. 2004). Infralittoralsonen er dominert av tettvekst tareskog i øvre

del, mens nedre del har spredte forekomster av tare, og tett vegetasjon av bladformede alger. Vi har laget et kart (grid- og shapefil) over alle områder langs Norskekysten som har tilstrekkelig mengde lys på sjøbunnen for makroalger. Identifiseringen av disse områdene er basert på informasjon om nedre voksegrense for makroalger langs Atlanterhavskysten i Nord-Europa beregnet i EU-prosjektet EMODnet (EMODnet 2016). Disse beregningene er gjort med utgangspunkt i tilstede- og fraværdata for stortare i Norge og UK, og statistiske analyser til å finne den lysintensiteten på sjøbunnen som tilsvarer nedre voksegrense for arten. Vi har også identifisert hvilke dyp som får 1 % av overflatelystet (målt som PAR, «Photosynthetically Active Radiation») i ulike regioner og vanntyper, siden 1 % lysdypet ofte er betraktet som en tommelfingerregel for nedre voksegrense for infralittoralsonen og også er anvendt i EU-prosjektet.

Siden cellene (pixlene) i lysmodellene er grove og ikke overlapper med kystlinjen, inkluderer ikke modellene de grunneste kystnære områdene. Men siden hver av vannforekomstene er dekket med mange pixler, vil pixelverdiene likevel gi et representativt bilde av vannforekomstens lysforhold. Imidlertid er dette en svakhet som bør vurderes i en videreutvikling av modellen. Modellen gir heller ikke direkte informasjon om hvordan nedre voksegrense varierer mellom regioner eller vanntyper. For å skaffe denne type informasjon fra lysmodellen og modellen for infralittoralsonen analyserte vi variasjonen til nedre grense for infralittoralsonen mellom regioner og vanntyper. Dette ble gjort ved å plukke ut områder (pixler) som fanger opp den estimerte lysverdien til den nedre voksegrensen, det vil si 1 % PAR per m² per dag og analysere hvordan dybdeverdiene til disse punktene varierer med hensyn til region og vanntypetilørighet, samt hvordan denne dybdegrensen varierer med hensyn til terreng (skråning og kurvatur, som begge påvirker lysmengden som treffer en lokalitet), grad av bølgeeksponering (gir blant annet informasjon om nærhet til land) og himmelretning. Siden noen av regionene er svært langstrakte langs nord-sør gradienten, har vi også testet bruken av breddegrad (latitude) som faktor i analysene. Men siden dette ikke forbedret modellene, ble denne faktoren utelatt i resten av analysene. De statistiske analysene viser i hvilken grad det er signifikante forskjeller mellom regioner og kystvanntypene i nedre voksegrense for opprette makroalger, ut fra tilgjengelig lys. Siden ingen celler på sjøbunnen har akkurat verdien 1 % PAR per m² per dag, har vi valgt et intervall rundt denne lysverdien (0,9 til 1,1) som fanger opp et tilstrekkelig antall punkter til å kunne lage statistikk for dybder med tilnærmet denne lysverdien.

Klassegrenser for nedre voksegrense

I mangel av ekte dose-responsdata på både stortare og rødalger har vi gjort en antagelse om at klassegrensene avtar lineært fra referanseverdi og ned til verdien 0. Dette er antageligvis en forenkling av faktiske forhold, men i det minste en konservativ tilnærming når vi ikke vet det faktiske forløpet. Samme tilnærming har med stor sannsynlighet blitt brukt tidligere ved fastsetting av klassegrenser for MSMDI-indeksen (funnet ved re-analysering av klassegrensene gitt i Veileder 02:2013 - rev 2015).

2.4.4 Nedre voksegrense for ålegress

For beregning av referanseverdier for ålegressets nedre voksegrense er det brukt to uavhengige metoder. I den ene metoden beregnes nedre vokse grense for ålegress ved statistisk modellering av de dybdekorrigerte dataene fra Nasjonalt kartleggingsprogram. Den andre metoden går på beregning av vekstforhold basert på modeller for lysintensitet langs hele Norges kyst.

Statistisk modellering av ålegressdata fra Nasjonalt program

Denne metoden er den samme som ble brukt for stortare i komboindeksen. Metoden tok utgangspunkt i de dybdekorrigererte punktdataene fra Nasjonalt kartleggingsprogram (n = 840) koblet til avstand til viktige utslippskilder for næringssalter. På samme måte som for stortare inkluderte vi de ulike påvirkningsfaktorene (avstand til akvakultur, industri, by/tettsted og avløp), samt økoregion, vanntype, år og interaksjonen mellom breddegrad og lengdegrad i en GAM-analyse. I tillegg ble tetthetsklasse inkludert for å skille mellom observasjoner som representerte ekte nedre voksedyp (tetthetsklasse 1 og 2) fra resten. Norskehavet S og N ble slått sammen for å unngå analysegrupper med få observasjoner. Vanntype 1 og 2 er også slått sammen da det er grunn til å tro at det for ålegress er liten forskjell mellom disse to vanntypene. Ålegress lever uansett i de deler av en vannforekomst som ikke er særlig eksponert (totalt bare 29 enger i vanntype 1, jfr Tabell 10). Vanntype 4 og 5 er egentlig ikke slått sammen, men da Skagerrak ikke har vanntype 4 og de resterende økoregionene ikke har data fra vanntype 5 var det enklere analysemessig å slå disse to sammen. Analyseprosedyren bestod i å inkludere alle variablene i en full modell, for deretter å fjerne ikke-signifikante ($p > 0,05$) variabler i en tilbakeseleksjonsprosedyre. Prediksjonen av ekte nedre voksegrense ble gjort ved å sette inn parametere tilsvarende bakgrunnsnivå for avstander til påvirkningsfaktorer i modellen, som for år var siste året i serien (2016) og for industri, by/tettsted og avløp var representert ved datasettets maksverdier, altså henholdsvis 37000, 20000 og 0 meter. Prediksjonen ble gjort for tetthetsklasse 1 og 2 samlet.

Bruk av lys- og svekningsmodeller for beregning av nedre voksegrense for ålegress

På grunn av stor variasjon i rapportert verdi for nødvendig lysinnstråling på sjøbunnen for vekst og overlevelse av ålegress (mer beskrivelse nedenfor) og tilgjengelig formel for å kunne beregne kompensasjonsdypet for *Zostera marina* ut fra mengde lys og temperaturforhold gitt i en japansk studie (Abe m.fl. 2003), er nedre voksegrense for ålegress beregnet ved bruk av en litt mer avansert fremgangsmåte enn for opprette alger.

Formelen for bruttofotosyntese er:

$$P_g = b Z I_{\max} \sin^{1.4}(\pi t/D) / [1 + a Z I_{\max} \sin^{1.4}(\pi t/D)]$$

Og for nettofotosyntese:

$$P_{n.d.} = \int_0^D (P_g) dt - 24R$$

, der R er respirasjonsraten per time, $I_{\max}$ er maksimum lysinnstråling midt på dagen, t er antall timer etter soloppgang, D er lik daglengden, og Z er lysprosenten på sjøbunnen.

Som andre planter, trenger ålegress å ha positiv nettofotosyntese. Det vil si at produksjonen må overstige respirasjonen for at planten skal kunne vokse og overleve. Kompensasjonsdypet er det dypet der fotosynteseraten er lik respirasjonsraten, og vil dermed representere nedre voksedyp for ålegress med hensyn til lys. Både fotosyntesen og respirasjonen påvirkes av temperatur, og den japanske studien (Abe m.fl. 2003) gir parameterverdier som kan benyttes til å beregne nettofotosyntese gitt et bredt spekter av temperaturforhold (10-25°C).

Gjennom NIVA-prosjektet RestoreFunction har NIVA fått utviklet et script til å beregne nettofotosyntese på pixelnivå i ArcGIS basert på formelen i Abe m.fl. (2003). Scriptet er kjørt på pixelnivå (25x25 m) og nettofotosyntese er beregnet for hele norskekysten.

For å velge riktige parameterverdier for beregningen i de ulike økoregionene, har vi tatt utgangspunkt i Hadley Centre sitt temperaturdatasett for overflatevann (HadSST), som har tilgjengelige observasjoner på grov skala fra 1875 og fram til i dag. Disse dataene er brukt til å finne gjennomsnittlig overflatetemperatur i juni-juli for ulike 10-årsperioder (1900, 1930, 1960, 1990 og årene fra 2010-2015). Disse er videre benyttet til å estimere parameterverdier som inngår i formelen (Tabell 13). Vi har benyttet lineær regresjon av de estimerte verdiene til parameterne i den japanske studien for å estimere verdier til de regionspesifikke sommertemperaturene.

Ved å identifisere alle punkter (pixler) med nettofotosyntese rundt $0 (\pm 10 \mu\text{l O}_2 \text{ per cm}^2)$ og hvilke dybder disse punktene representerer, har vi beregnet potensielt nedre voksedyp for ålegress for hver økoregion og vanntype.

Tabell 13. Oversikt over parameterverdiene som er brukt til å beregne nettofotosyntese for de ulike regionene. Parameter b varierer i liten grad med temperatur, og har fått verdi 0,27, det vil si gjennomsnittlig verdi for parameteren i det studerte temperaturintervallet 10-25°C i Abe m.fl. (2003).

Region	Snitt sommer temp	Est a	b	Est R
Skagerak	16	0,016	0,27	2,82
Nordsjøen S	14	0,017	0,27	2,54
Nordsjøen N	12	0,019	0,27	2,25
Norskehavet S	11	0,020	0,27	2,11
Norskehavet N	9	0,021	0,27	1,83
Barentshavet	8	0,022	0,27	1,69

3. Resultater

3.1 RSL/RSLA

For videreutvikling av RSL/RSLA-indeksene foreslås reviderte artslister for Nordsjøen N og Norskehavet S (Kapittel 3.1.1), opprettelse av nye artslister for Nordsjøen S (Kapittel 3.1.2), samt Norskehavet N og Barentshavet (Kapittel 3.1.3). De nye artslistene er vist i Vedlegg 2. Basert på endringene og opprettelse av artslister for økoregioner som manglet indekser, var det nødvendig å teste hvorvidt klassegrensene kunne videreføres, eller om endringene i artslistene medførte et behov for å tilpasse klassegrenser deretter. En beskrivelse av endringene og resultatet av testene er gitt nedenfor.

3.1.1 Endringer i eksisterende artslister

Ved gjennomgang av de eksisterende artslistene for RSL/RSLA avdekket vi en del feil og mangler som vi anbefaler å få rettet opp i ny klassifiseringsveileder. Noen arter har fått nytt navn, andre er blitt delt i flere nye taksonomiske grupper, mens andre igjen er foreslått slått sammen da de morfologisk er vanskelig å skille fra hverandre. Forslag til endringer er listet opp nedenfor for hver av algegruppene.

Rødalger

- Slå sammen *Acrochaetium alariae* og *Audouinella purpurea* med *Audouinella* spp. Disse artene er svært vanskelige å artsbestemme og blir sjelden registrert til art.
- Arter i slekten *Audouinella* som vi finner i Norge, er nå fordelt på flere ulike slekter. F.eks. *Audouinella purpurea* heter nå *Rhodochorton purpureum*, sp., *Audouinella alariae* heter nå *Acrochaetium alaria*, *Audouinella membranacea* heter nå *Rubrointrusa membranacea*, *Audouinella concrescens* heter nå *Meiodiscus concrescens* og *Audouinella daviesii* heter nå *Colaçonema daviesii*. *Audouinella* sp. bør derfor endre navn til *Audouinella*/*Acrochaetium*/*Colaçonema*/*Meiodiscus*/*Rubrointrusa*/ *Rhodothamniella* spp.
- *Bangia atropurpurea* er en ferskvannsart og finnes ikke i kystvann. Artsnavnet er forvekslet med *Bangia fuscopurpurea* som må inn i listen i stedet for *B. atropurpurea*.
- *E. sanguinea* er kun oppført i artslistene for RSLA 1-2, men det finnes ingen art med navn *Erythrotrichia sanguinea*. Sannsynligvis har det skjedd en sammenblanding av artene *Erythrotrichia carnea* og *Delesseria sanguinea*. Begge artene er ifølge Wells m.fl. (2014) klassifisert som ESG 2, slik som *E. sanguinea*. *E. carnea* og *D. sanguinea* er ifølge artsdata vanlig i vanntype 1-3. *D. sanguinea* har utbredelse langs hele Norge, mens *E. carnea* finnes fra Østfold til sørlige deler av Troms (Brattegard og Holthe 2001). Arten med feil navn foreslås erstattet med de to nevnte artene i artslistene for RSLA 1-3.
- Slå sammen *Phyllophora* sp. (RSLA 3 og RSL 4-5) med *Coccotylus truncatus* (RSLA 1-2). *C. truncatus* er vanligst å finne på mer eksponerte områder, men artslistene indikerer at den også finnes i mer beskyttede områder. *C. truncatus* kan ofte forveksles med andre arter innen slekten *Phyllophora*, så vi anser det som mest hensiktsmessig å slå disse to artene sammen til en gruppe.
- Arter i slekten *Polysiphonia* som finnes i Norge, er nå fordelt på ulike slekter. For eksempel heter *Polysiphonia fucoidea* nå *Vertebrata fucoidea* og *Polysiphonia arctica* heter nå *Polyostea arctica*. Gruppen *Polysiphonia* sp. bør derfor endre navn til *Polysiphonia*/*Polyostea*/*Vertebrata* spp.
- Arter i slekten *Porphyra* som vi finner i Norge, er nå fordelt på ulike slekter. For eksempel heter *Porphyra miniata* nå *Wildemania miniata* og *Prophyra leucosticta* heter nå *Pyropia leucosticta*. *Porphyra* sp. bør derfor endre navn til *Porphyra*/*Pyropia*/ *Wildemania* spp.
- *Rhodothamniella floridula* finner man hovedsakelig på bløtbunn i varmtvannspoller og er vanlig og vidt utbredt på De britiske øyer, men har små, marginale nordlige populasjoner i Norge og er ellers ikke utbredt i Skandinavia. Det finnes syv kjente voksesteder på Sørvestlandet (www.artsdatabanken.no). Da arten er lett å overse og må mikroskoperes for sikker identifikasjon foreslår vi å fjerne denne arten fra artslisten. Det finnes ingen registreringer av *R. floridula* verken i artskart eller i NIVAs artslist.

Brunalger

- *Sphacelaria caespitula* er vanskelig å artsbestemme og blir sannsynligvis ofte kun bestemt til slekt. *Sphacelaria* sp. benyttes kun i RSLA 3, men en gjennomgang av artslistene fra NIVA og Artskart viser at man finner slekten i både vanntype 1, 2, 3 og 4. Det foreslås derfor å slå sammen *Sphacelaria caespitula* med *Sphacelaria* spp. og gjøre denne gruppen gjeldende for RSLA 1-2, RSLA 3 og RSL 4-5.
- Arter i slekten *Sphacelaria* som vi finner i Norge, er nå fordelt på flere ulike slekter. For eksempel heter *Sphacelaria radicans* nå *Proloapteris radicans*, *Sphacelaria plumosa* heter nå *Chaetopteris plumosa* og *Sphacelaria caespitula* heter nå *Sphaceloderma caespitulum*. *Sphacelaria* sp. bør derfor endre navn til *Sphacelaria*/*Sphaceloderma*/*Proloapteris*/*Chaetopteris*/ *Battersia* spp.

Grønnalger

- De vanlige artene i slekten *Enteromorpha* er nå flyttet til slekten *Ulva* (Rueness 1976, www.algaebase.org). Dette er riktig angitt i eksisterende lister for RSLA 3 og RSL 4-5, mens for RSLA 1-2 er fremdeles gammelt navn oppgitt. Navnet *Enteromorpha* er derfor foreslått endret til *Ulva* for RSLA 1-2, men med det gamle navnet vist i parentes.

Annet

- Alle slektene som er merket med sp. bør endre navn til spp. for å vise tydelig at gruppen inkluderer flere arter innen slekten.
- Flere av artene i listen har endret navn og vi foreslår følgende endringer:
 - *Chorda tomentosa* endres til *Halosiphon tomentosus*
 - *Ceramium nodulosum* endres til *Ceramium virgatum*
 - *Leathesia difformis* endres til *Leathesia marina*
 - *Polysiphonia fucoidea* endrestil *Vertebrata fucoidea*
 - *Polysiphonia lanosa* endres til *Vertebrata lanosa*
- Listen inneholder enkelte feilstavinger. Vi foreslår følgende rettelser:
 - *Aglathamnion sepositum* = *Aglaothamnion sepositum*
 - *Brogniartella byssioidea* = *Brongniartella byssoides*
 - *Ceramium shuttleworthianum* = *Ceramium shuttleworthianum*
 - *Coccolithus truncatus* = *Coccolithus truncatus*
 - *Gloeosiphonia capillata* = *Gloeosiphonia capillaris*
 - *Monostroma grevillei* = *Monostroma grevillei*
 - *Osmunda* sp. = *Osmundea* sp.
 - *Pilayella littoralis* = *Pylaiella littoralis*
 - *Polyides rotundus* = *Polyides rotunda*

Nedenfor gis en oversikt og begrunnelsen for arter som er lagt til i revidert artsliste, eller som er anvendt for flere vanntyper og regioner enn tidligere.

- *Halosiphon tomentosus* - I eksisterende artslister er arten kun gjeldende for vanntype 1-2. I NIVAs registreringer er det gjort over 120 observasjoner av arten i vanntype 3, og den bør derfor gjøres gjeldende også for denne vanntypen.
- *Rhodomela confervoides* - I eksisterende artslister er arten kun gjeldende for vanntype 3. I NIVAs registreringer er det gjort over 800 observasjoner av arten i vanntype 1 og 2, og den bør derfor gjøres gjeldende også for disse vanntypene.
- *Saccorhiza dermatodea* - Dette er en nordlig tareart (brunalge, ESG 1) med utbredelse fra Nord-Trøndelag til Finnmark (Brattegard og Holthe 2001). Arten vokser fra tidevannssonen og dypere og foreslås inkludert for artslistene for Norskehavet N og Barentshavet i vanntype 1-3. Det er ikke gjort mange registreringer av arten (4 observasjoner fra Artskart i vanntype 2), men dette kan skyldes få undersøkelser (lite data) fra områdene.
- *Fucus distichus* - Dette er en tangart (brunalge, ESG 1) med utbredelse mellom Vest-Agder og Finnmark (Brattegard og Holthe 2001). Den er vanligst på eksponerte områder, men finnes også på mer beskyttede steder. Arten foreslås inkludert i artslistene for Nordsjøen S, Norskehavet N og Barentshavet i vanntype 1-3. I NIVAs hardbunnsbase og i Artskart er det 23 registreringer av arten fra Barentshavet, Norskehavet N og Nordsjøen S i vanntype 1-3.
- *Eudesme virescens* - Dette er en brunalge av typen ESG 2 med utbredelse langs hele Norskekysten (Brattegard og Holthe 2001). Den vokser fra tidevannssonen og dypere og

kan likne på *Mesogloia vermiculata*. Arten foreslås inkludert for artslistene for Norskehavet N i vanntype 3. I NIVAs hardbunnsbase er det 17 registreringer av arten i Norskehavet N i vanntype 3.

- *Erythrotrichia carnea* - Dette er en rødalge av typen ESG 2 som sannsynligvis er feilaktig inkludert som arten *Erythrotrichia sanguinea*. Arten forekommer fra Østfold til Troms (Brattegard og Holthe 2001) og foreslås inkludert i artslistene for Nordsjøen S, Nordsjøen N og Norskehavet S. Det er ikke gjort mange registreringer av arten (4 observasjoner fra NIVAs hardbunnsbase i vanntype 3).
- *Delesseria sanguinea* - Dette er også en rødalge av typen ESG 2, og som sannsynligvis er feilaktig inkludert under navnet *Erythrotrichia sanguinea* i eksisterende artslist. Arten har utbredelse langs hele Norskekysten (Brattegard og Holthe 2001) og foreslås inkludert for alle artslistene fra Nordsjøen S til Barentshavet, i vanntype 1-3. Arten er vanligst i sjøsonen, men forekommer også i nedre del av tidevannssonen. I NIVAs hardbunnsbase er det over 380 registreringer av arten fra Nordsjøen S til Norskehavet N i vanntype 1-3.
- *Lomentaria orcadensis* - Dette er en rødalge (ESG 1) som har utbredelse fra Østfold til Midt-Nordland (Brattegard og Holthe 2001). Arten vokser nederst i tidevannssonen og dypere. Arten foreslås inkludert for Nordsjøen S i vanntype 1-2. Det er gjort 10 observasjoner av arten i Artskart og NIVAs hardbunnsbase i Nordsjøen S i vanntype 1-3.
- *Devalerae ramentacea* - Dette er en nordlig rødalge (ESG 1) med utbredelse fra Nordmøre til Finnmark Nordland (Brattegard og Holthe 2001). Arten foreslås inkludert for Norskehavet N og Barentshavet. Det er 17 registreringer av arten i Artskart, fra Barentshavet og Norskehavet N i vanntype 2.

3.1.2 Test av revidert artsliste for Nordsjøen N og Norskehavet S

Effekten av de endrede artslistene for EQR-verdier for indeksene RSL/RSLA ble testet for 3 stasjoner innen vanntype 1-3 i økoregionene Nordsjøen N og Norskehavet S. Resultatet av testene er listet opp nedenfor.

1. Inkludering av *Delesseria sanguinea* i artslisten for vanntype 1 førte til <2 % økning i parameterne normalisert artsrikhet, andel grønnalger, andel rødalger og andel opportunist, mens ESG-ratioen ble redusert med 1 % (Tabell 13). Totalt resulterte inkluderingen av denne arten i en 1 % forbedring av total EQR-verdi, noe som i dette tilfellet ikke førte til noen kvalitativ endring av tilstandsklasse (God). Den samme øvelsen førte til noe større endringer i delparameterne for vanntype 3, der normalisert artsantall, andel grønnalger, andel rødalger, samt andel opportunist økte med henholdsvis 4, 1, 4 og 6 %, mens ESG-ratioen og forekomst av brunalger ble redusert med henholdsvis 5 og 1 % (Tabell 13). Totalt oppveiet endringene seg noenlunde slik at samlet endring kun utgjorde 2 % og tilstandsklassen God ble beholdt også her.

Tabell 13. Endrede EQR-verdier som følge av inkludering av arten *Delesseria sanguinea* i artslistene for vanntype 1 og vanntype 3. Fargekodene representerer vanndirektivets klasser for økologisk status (se Tabell 4).

Test av <i>Delesseria sanguinea</i>	Vanntype 1		Vanntype 3	
	Gammel	Revidert	Gammel	Revidert
Normalisert rikhet (ant arter)	0,77	0,79	0,58	0,62
Andel grøninalger	0,76	0,78	0,81	0,82
Andel rødalger	0,81	0,82	0,76	0,80
ESG1/ESG2	0,86	0,85	0,65	0,60
Andel opportunist	0,66	0,68	0,63	0,69
Sum forekomst grøninalger			0,52	0,52
Sum forekomst brunialger	0,80	0,80	0,64	0,64
Andel brunialger			0,81	0,80
nEQR	0,78	0,79	0,67	0,69

- Inkludering av *Halosiphon tomentosus* i artslisten for vanntype 3 førte til noe bedre verdier for artsantall, andel grøninalger, ESG-ratio, andel opportunist og forekomst- og andel av brunialger, med prosentvise endringer på henholdsvis 3, 1, 8, 4, 3 og 1 % (Tabell 14). Parameteren andel rødalger ble redusert med 5 %. Totalt resulterte inkludering av denne arten til en forbedring på 3 % i total EQR-verdi, noe som i dette eksempelet ikke medførte noen kvalitativ endring av tilstandsklasse (God).

Tabell 14. Endrede EQR-verdier som følge av inkludering av arten *Halosiphon tomentosus* i artslistene for vanntype 3. Fargekodene representerer vanndirektivets klasser for økologisk status (se Tabell 4).

Test av <i>Halosiphon tomentosus</i>	Vanntype 3	
	Gammel	Revidert
Normalisert rikhet (ant arter)	0,58	0,61
Andel grøninalger	0,81	0,82
Andel rødalger	0,76	0,71
ESG1/ESG2	0,65	0,73
Andel opportunist	0,63	0,67
Sum forekomst grøninalger	0,52	0,52
Sum forekomst brunialger	0,64	0,67
Andel brunialger	0,81	0,82
nEQR	0,67	0,69

- Inkludering av *Rhodomela confervoides* i artslisten for vanntype 2 førte til en forbedring av parameterne artsantall og andel rødalger med henholdsvis 2 og 3 %, mens ESG-ratioen ble redusert med 4 % (Tabell 15). Til sammen oppveiet endringene seg og total EQR-verdi (og statusklasse) ble uforandret.

Tabell 15. Endrede EQR-verdier som følge av inkludering av arten *Rhodomela confervoides* i artslistene for vanntype 2. Fargekodene representerer vanndirektivets klasser for økologisk status (se Tabell 4).

Test av <i>Rhodomela confervoides</i>	Vanntype 2	
	Gammel	Revidert
Normalisert rikhet (ant arter)	0,77	0,79
Andel grønnalger	0,87	0,87
Andel rødalger	0,78	0,81
ESG1/ESG2	0,98	0,94
Andel opportunist	0,83	0,83
Sum forekomst brunalger	0,81	0,81
nEQR	0,84	0,84

4. Erstatningen av *Audouinella purpurea* og *Audouinella* sp. med den nye gruppen i artslisten for vanntype 1 og 3 førte til <2 % reduksjon i verdiene for artsrikhet, andel grønnalger, andel rødalger og andel opportunist, mens ESG-ratio økte med 2 % for vanntype 1 og 4 % for vanntype 3 (Tabell 16). Parameteren andel brunalger, som kun gjelder for vanntype 3, økte med 2 %. For begge vanntyper ble den totale EQR-verdien uforandret.

Tabell 16. Endrede EQR-verdier som følge av å erstatte *Audouinella purpurea* og *Audouinella* sp. med ny gruppe for vanntype 1 og 3. Fargekodene representerer vanndirektivets klasser for økologisk status (se Tabell 4).

Test av ny gruppe som erstatter <i>Audouinella</i> og <i>A. purpurea</i>	Vanntype 1		Vanntype 3	
	Gammel	Revidert	Gammel	Revidert
Normalisert rikhet (ant arter)	0,80	0,79	0,64	0,62
Andel grønnalger	0,80	0,78	0,83	0,82
Andel rødalger	0,83	0,82	0,81	0,80
ESG1/ESG2	0,83	0,85	0,56	0,60
Andel opportunist	0,70	0,68	0,71	0,69
Sum forekomst grønnalger			0,52	0,52
Sum forekomst brunalger	0,80	0,80	0,64	0,64
Andel brunalger			0,78	0,80
nEQR	0,79	0,79	0,69	0,69

3.1.3 Test av nye artslister og klassegrenser for Nordsjøen S

Testen av nye artslister og overføringen av eksisterende klassegrenser til Nordsjøen S ble utført for to av ØKOKYSTs referansestasjoner, for én stasjon i Sørfjorden, samt for åtte stasjoner ved Stavanger. Resultatene av testene er oppsummert i Tabell 17 og viser at beregnet EQR verdi for alle de 12 enkelttestene var i overensstemmelse med tidligere vurdering av økologisk tilstand. Dette tyder på at de reviderte artslistene og klassegrensene foreløpig kan ses på som brukbare.

Tabell 17. Testresultatet for vurdering av nye artslister og klassegrenser for stasjoner i Nordsjøen S. EQR-verdier er beregnet ved bruk av reviderte artslister og klassegrenser og sammenlignet mot definerte referansestasjoner i ØKOKYST og økologisk tilstand for stasjoner som tidligere er vurdert av eksperter. Fargekodene representerer vanndirektivets klasser for økologisk tilstand (se Tabell 4).

Stasjon	Vanntype	Tidligere vurdering	Ny indeks
ØKOKYST Rogaland HR19 (2015)	3	God	0,72
ØKOKYST Rogaland HR19 (2016)	3	God	0,70
ØKOKYST Hordaland HR26 (2016)	4	Meget god	0,87
Sørfjorden (SøI1)	4	Dårlig	0,31
Stavanger (OG2)	1	God	0,75
Stavanger (SA1)	1	God	0,76
Stavanger (G3)	2	God	0,77
Stavanger (B9)	3	Moderat	0,54
Stavanger (B10)	3	Moderat	0,49
Stavanger (B5)	3	God	0,68
Stavanger (HØG4)	3	God	0,68
Stavanger (SA4)	4	God	0,68

3.1.4 Klassegrenser for RSL/RSLA

Testingen vi gjorde av artslister og klassegrenser for Nordsjøen S gjør at vi kan foreslå å innføre fjæreindeksen også i denne økoregionen for vanntype 1-6. Foreslåtte klassegrenser for RSL/RSLA i norske kystvann vil da bli som vist i Tabell 18.

Tabell 18. Eksisterende klassegrenser for Nordsjøen N og Norskehavet S som også er foreslått videreført for Nordsjøen S.

FJÆRESØNEN	EQR og tilstandsklasser				
	0,8-1,0	0,6-0,8	0,4-0,6	0,2-0,4	0-0,2
Nordsjøen S, Nordsjøen N, Norskehavet S	Meget god	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Vanntype 1-2					
Normalisert artsantall	>30-80	>15-30	>10-15	>4-10	0-4
% antall taxa grønnaalger	0-20	>20-30	>30-45	>45-80	>80-100
% antall taxa rødalger	>40-100	>30-40	>22-30	>10-22	0-10
ESG I / ESG 2	>0,8-2,5	>0,6-0,8	>0,4-0,6	>0,2-0,4	0-0,2
% antall taxa opportunist	0-15	>15-25	>25-35	>35-50	>50-100
Sum forekomst brunalger	>90-450	>40-90	>25-40	>10-25	0-10
Vanntype 3					
Normalisert artsantall	>30-65	>20-30	>12-20	>4-12	0-4
% antall taxa grønnaalger	0-20	>20-25	>25-30	>30-36	>36-100
% antall taxa rødalger	>40-100	>30-40	>21-30	>10-21	0-10
ESG I / ESG 2	>1-1,5	>0,7-1	>0,4-0,7	>0,2-0,4	0-0,2
% antall taxa opportunist	0-25	>25-32	>32-40	>40-50	>50-100
Sum forekomst grønnaalger	1-14	>14-28	>28-45	>45-90	>90-300
Sum forekomst brunalger	>120-300	>60-120	>30-60	>15-30	0-15
% antall brunalger	>40-100	>30-40	>20-30	>10-20	0-10
Vanntype 4					
Normalisert artsantall	>25-40	>16-25	>9-16	>4-9	0-4
% antall taxa grønnaalger	0-25	>25-30	>30-40	>4-60	>60-100
% antall taxa rødalger	>30-100	>23-30	>16-23	>10-16	0-10
ESG I / ESG 2	>0,65-1	>0,5-0,65	>0,35-0,5	>0,1-0,35	0-0,1
% antall taxa opportunist	0-16	>16-23	>23-36	>36-41	>41-100
Vanntype 5					
Normalisert artsantall	>18-30	>9-18	>5-9	>3-5	0-3
% antall taxa grønnaalger	0-30	>30-36	>36-44	>44-60	>60-100
% antall taxa rødalger	>29-100	>20-29	>15-20	>9-15	0-9
ESG I / ESG 2	>0,65-1	>0,5-0,65	>0,35-0,5	>0,1-0,35	0-0,1
% antall taxa opportunist	0-16	>16-23	>23-36	>36-41	>41-100
Vanntype 6					
Normalisert artsantall	Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet				
% antall taxa grønnaalger					
% antall taxa rødalger					
ESG I / ESG 2					
% antall taxa opportunist					

3.2 MSMDI

3.2.1 Artslister for MSMDI

Gjennomgangen av eksisterende artsliste for MSMDI Skagerrak viste at det ikke er behov for å gjøre noen endringer. For Nordsjøen S/N foreslår vi å videreføre artslisten for Skagerrak, da alle artene i listen også er naturlig forekommende i disse regionene. I ny liste for Norskehavet og Barentshavet foreslår vi også samme liste, med ett unntak, at arten *Halidrys siliquosa* fjernes. Det ble vurdert om arten kunne byttes ut med *Saccorhiza dermatodea* (bladtare) som forekommer i nordlige strøk, men da denne som regel ikke lever dypere enn ca. 10 meter er de sjeldent lysbegrenset og derfor ikke egnet å inngå i MSMDI. Forslag til artslistene for MSMDI for alle økoregioner og vanntyper er vist i Tabell 19.

3.2.2 Klassegrenser for MSMDI

Det er ikke utviklet nye klassegrenser for MSMDI i dette prosjektet. Eksisterende klassegrenser for Skagerrak er vist i Tabell 2. Det er sannsynlig at en gjennomgang av eksisterende og eventuelt fremtidig innsamlede transektdata vil kunne muliggjøre en utvikling av MSMDI for enkelte vanntyper i Nordsjøen S og N (Figur 2) og eventuelt lenger nord ved hjelp av lysmodeller.

Tabell 19. Forslag til artslistor for MSMDI for alle økoregioner. Den eksisterende listen for Skagerrak er uforandret og videreført til Nordsjøen. Samme liste gjelder også for Norskehavet og Barentshavet, med unntak av arten skolmetang. For alle økoregioner gjelder artslistene for vanntype 1-3.

Art	Skagerrak	Nordsjøen S/N	Norskehavet S/N og Barentshavet
Krusflik – <i>Chondrus crispus</i>	X	X	X
Svartkluft – <i>Furcellaria lumbricalis</i>	X	X	X
Skolmetang – <i>Halidrys siliquosa</i>	X	X	
Sukkertare – <i>Saccharina latissima</i>	X	X	X
Krusblekke – <i>Phyllophora pseudoceranoides</i>	X	X	X
Hummerblekke – <i>Coccytylus truncata</i>	X	X	X
Teinebusk – <i>Rhodomela confervoides</i>	X	X	X
Fagerving – <i>Delesseria sanguinea</i>	X	X	X
Eikeving – <i>Phycodrys rubens</i>	X	X	X

3.3 Ny kombinasjonsindeks

3.3.1 Metoder for feltregistrering ved bruk av droppkamera

Det er viktig å være klar over at bruk av droppkamera som registreringsmetode har sine begrensninger i forhold til andre mer grundige undersøkelser i sjøsonen, som kan gjennomføres ved for eksempel dykking (Walday m.fl. 2016). Kvaliteten på videokameraet og opptaksutstyret på overflaten er kritiske komponenter for utbyttet av undersøkelser med hensyn på biologi. Kameraet må ha best mulig bildeoppløsning og fargegjengivelse, og opptaksutstyret må gi god bildekvalitet siden all informasjon skal leses fra filmen. Kameraet som brukes må ha integrert dybdemåler. Det er også viktig å ha en god skjerm å se på når droppkameraet er i bruk i båt.

Kameraet opereres fra en båt som er enkel å manøvrere, ofte er en lettbåt godt egnet. Det vil i de fleste tilfeller være best å begynne registreringen på dypet og kjøre båten sakte mot land samtidig som kameraet trekkes oppover slik at det følger bunnens profil. Startpunktet for droppkamerate transektet bør være på et dyp som er større enn nedre voksegrense for opprette alger. Dette dypet er tilstrekkelig for tilstandsklassifisering av nedre voksegrense. Imidlertid, dersom innsamlingen av data også skal brukes for videreutvikling av indeksen er det viktig å registrere ekte nedre voksegrense (diskuteres videre i Kapittel 4). Ekte nedre

voksegrense defineres som den nedre lysbegrensede dybdegrensen for makroalger. Hvis bunnområdet under den registrerte nedre voksegrense består av uegnet substrat vil det være tvil om hvorvidt dette er den ekte nedre voksegrense eller kun viser hva nedre voksegrense minst er lik. Droppkameraundersøkelsen utføres med 3-5 replikate registreringer på hver lokalitet.

Eksisterende overvåkingsstasjoner for fjæreindeksen er ikke posisjonert med tanke på at de også skal være egnet til å kunne registrere nedre voksegrense med droppkamera. Det anbefales derfor å sjekke dybdeforholdene ved stasjonen på sjøkart eller i GIS før feltarbeidet starter slik at alternative områder for droppkameraundersøkelser i nærheten av stasjonen kan identifiseres i tilfelle stasjonen ikke har de dyp som må til for registrering av nedre voksegrense. Det alternative området bør ligge nært opp til den eksisterende stasjonen, og i det minste være i samme vannforekomst.

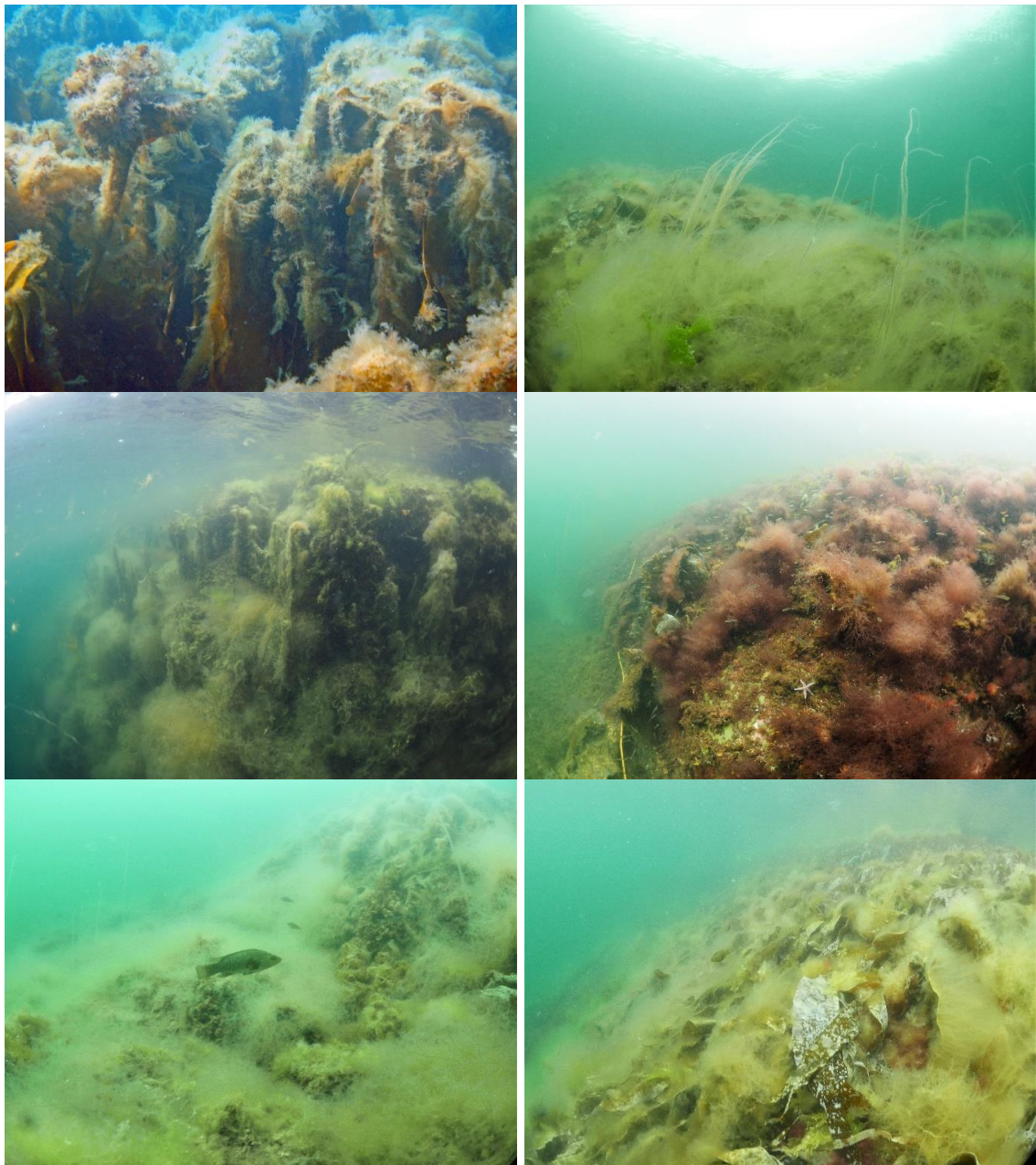
I tillegg til de nevnte parameterne bør det gjøres en del tilleggsregistreringer som kan være med på å forklare eventuelle avvik fra referanseverdier. Følgende registreringer bør være et minimum: 1) hvorvidt det er synlig tare under de trådformete påvekstalgene og 2) om det er store mengder eller masseforekomster av kråkeboller, sekkdyr eller andre dyr som kan være viktige for å forklare tilstanden i en vannforekomst.

3.3.2 Registrering av nedre voksedyp for stortare og rødalger

Nedre voksedyp for stortare og nedre voksedyp for rødalger er tenkt som to uavhengige parametere i komboindeksen. Begge deler registreres ved det dypet de første gang observeres langs transektet. I tillegg bør det dypet hvor algene har tett forekomst (dvs. dekningsgrad >25 %) registreres. Dette er informasjon som ikke nødvendigvis skal brukes for beregning av indeksen slik den er foreslått i dag, men er ment for å få bedre datagrunnlag for en eventuelt fremtidig videreutvikling av indeksen.

3.3.3 Registrering av trådformete alger

På grunn av de trådformede algenes innvirkning på tarens lystilgang, og dermed potensielt dens utbredelse, foreslår vi å inkludere en kvantifisering av trådalgeforekomster i sjøsonen ved bruk av droppkamera. Vi foreslår at dybdeutbredelsen av masseforekomster av trådformete alger registreres. Masseforekomst har vi her definert at forekommer når dekningsgraden av trådformete alger er større enn 50 %. Denne er satt såpass grov, da det er veldig vanskelig å angi dekningsgraden med noe særlig større presisjon enn dette ved hjelp av droppkamera. I Figur 6 og 7 vises noen bilder fra NIVAs bildearkiv som representerer dekningsgrad av trådformede alger på henholdsvis over og under 50 %. Dybdeutbredelsen er definert som differansen mellom dypeste og grunneste dyp for masseforekomst av trådformete alger.



Figur 6. Et utvalg av bilder fra NIVAs bildearkiv som illustrerer hvordan dekningsgrad av trådformede alger på over 50 % kan se ut.



Figur 7. Et utvalg av bilder fra NIVAs bildearkiv som illustrerer hvordan dekningsgrad av trådformede alger på under 50 % kan se ut.

3.3.4 Referanseverdi og klassegrenser for masseforekomst av trådalger

Referanseverdi og klassegrenser for masseforekomst av trådalger er satt ut fra en ekspertvurdering. For alle vanntyper har vi satt referanseverdien for masseforekomster av trådalger til 0 meter, men siden vi forventer mer naturlig påvekst i beskyttede områder har vi satt mer liberale klassegrenser for beskyttede vanntyper (vanntype 3-5) enn for de mer eksponerte vanntypene (vanntype 3-5). Altså aksepterer vi masseforekomst i opptil 2 dybdemeter i beskyttede vanntyper i klassen Svært god tilstand. I eksponerte vanntyper, derimot, vil all form for masseforekomst av trådformede alger føre til tilstandsklasse God eller dårligere (Tabell 20). Registreringstidspunktet er viktig, og bør sannsynligvis skje om høsten for å være sikker på å fange opp eventuell dårlig tilstand. Men merk at man i dag har begrenset kunnskap om i hvilken grad eutrofi samvirker med andre faktorer, for eksempel klima og overfiske, i påvirkningen av forekomst av trådalger.

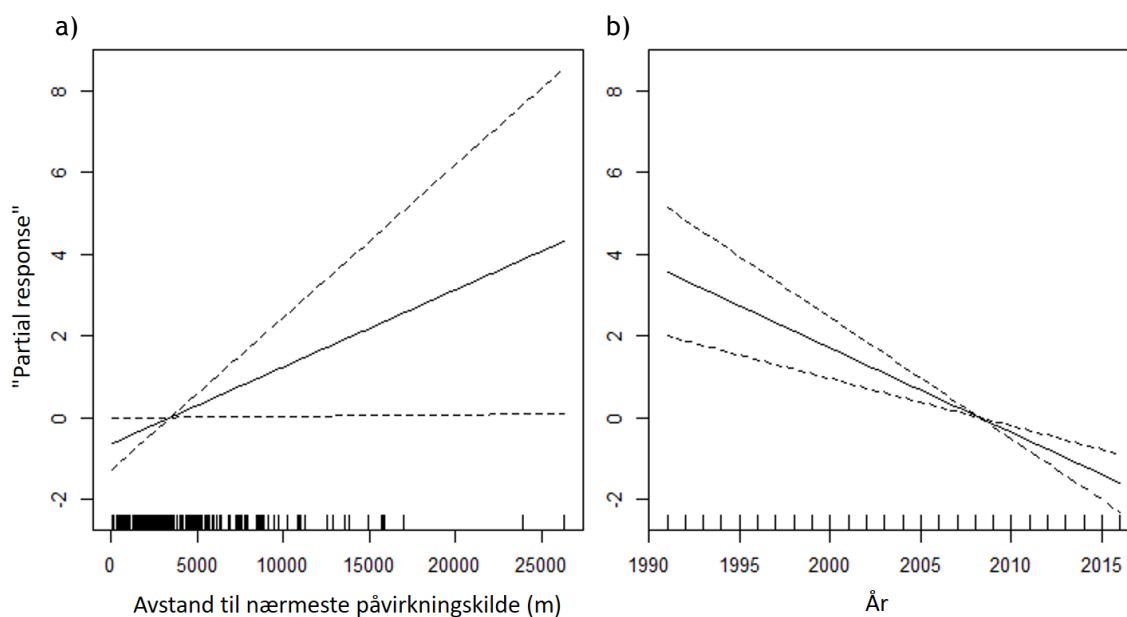
Tabell 20. Referanseverdier og klassegrenser for dybdeutbredelse til masseforekomster av trådformede alger (gitt i meter). Klassegrensene er basert på ekspertvurdering og er differensiert mellom eksponerte (1-2) og beskyttede vanntyper (3-5).

Trådformete alger	Ref. verdi	Meget God	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
	5	4	3	2	1	0
Vanntype 1-2	0	0	>0-1	>1-4	>4-6	>6
Vanntype 3-5	0	>0-2	>2-4	>4-6	>6-10	>10

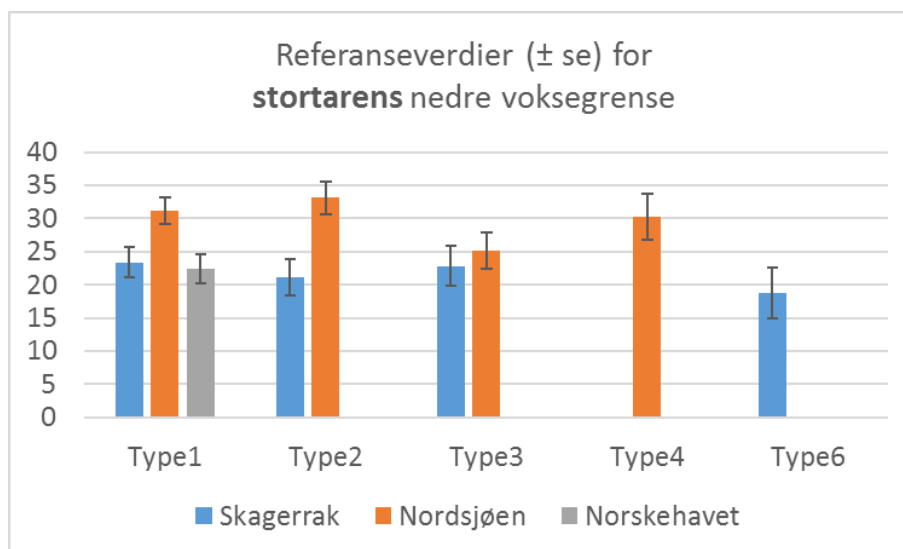
3.3.5 Referanseverdi og klassegrenser for stortarens nedre voksegrense

Den statistiske analysen beskrevet i Kapittel 2.4.3 resulterte i en modell som med forsiktighet kunne brukes til fastsettelse av referanseverdier for nedre voksegrense for stortare (se for øvrig kommentar om bruk av komboindeksen ved klassifisering i Kapittel 4.1.2). I tillegg til en faktorvariabel for økoregion og vanntype-kombinasjon inneholdt modellen andre prediktorvariable som kunne forklare en del av observert variasjon i nedre voksedyp (Kapittel 2.4.3). Variabelen minimumsavstand til nærmeste påvirkningskilde ble brukt for å predikere referansetilstand, gitt fravær av menneskelig påvirkning. Som antatt, øker nedre voksegrense med økende avstand fra påvirkningskilde ($p = 0,04$, Figur 8a). Imidlertid hadde vi forventet at kurven flatet av ved en avstand der stasjonene ikke lenger var påvirket, men siden datasettet inneholdt svært få observasjoner med stor avstand til menneskelig påvirkning, er det stor usikkerhet rundt kurveforløpet i denne enden av skalaen (se stort konfidensintervall i Figur 8). Modellen viste også at det er en generell forverring i nedre voksegrense gjennom perioden som datamaterialet er samlet over (1990-2015) ($p < 0,001$, Figur 8b). Årsaken til denne forverringen er ikke kjent, men kan trolig være klimarelatert (se videre diskusjon i Kapittel 4). Også interaksjonen mellom breddegrad og lengdegrad var svært signifikant ($p < 0,001$). Totalt var 49 % av variasjonen i datasettet forklart av modellen ($R^2 = 0,49$). I beregningen av referansetilstand har vi parameterisert modellen for å gjelde for avstander på 26 000 meter fra påvirkningskilde og år 2015. Beregnede referansetilstander og klassegrenser er vist i henholdsvis Figur 9 og 10, der vi har antatt at klassegrensene avtar lineært fra referanseverdi og ned til verdien 0.

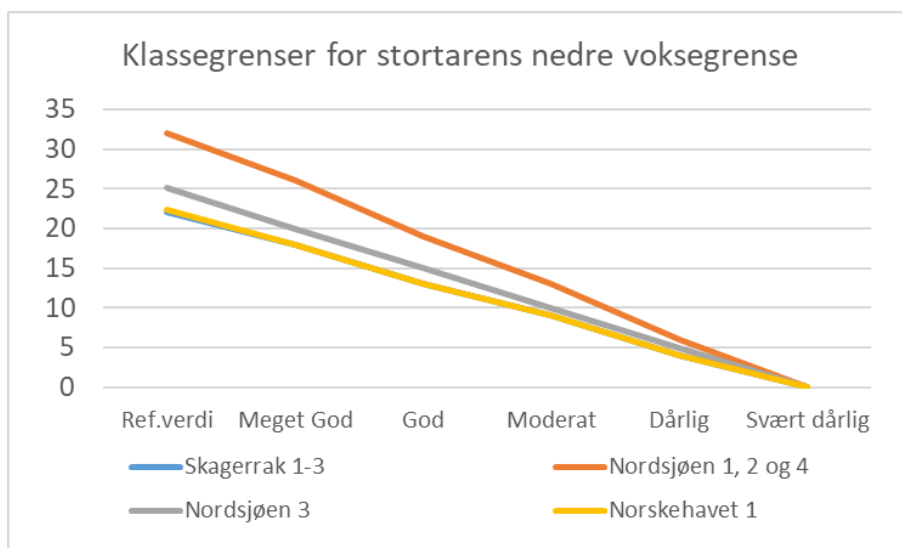
Generelt ligger estimerte referanseverdier en god del høyere i Nordsjøen enn de gjør for Skagerrak og Norskehavet. Dette er i tråd med studier gjort av Christie m.fl. (2014) som viser at vekstforholdene for stortare er best i Midt-Norge. Siden estimatene for vanntype 1-3 er tilnærmet like for Skagerrak har vi valgt å anbefale én samlet referanseverdi for disse tre vanntypene, basert på gjennomsnittet for de tre estimatene (Tabell 21). Det samme gjelder vanntype 1, 2 og 4 for Nordsjøen. Når det gjelder vanntype 6, er dette en vanntype som ikke nødvendigvis bør ha egen referanseverdi og klassegrenser, da grunnere deler av vannforekomster i denne vanntypen ofte er lite preget av de oksygenfattige forholdene på dypt vann og dermed har like forhold som andre vanntyper. Den heterogene sammensetningen av vannforekomstene innen denne vanntypen gir seg også utslag i våre analyser ved noe større konfidensintervall (7,6 i Skagerrak) i forhold til de andre vanntypene (konfidensintervall mellom 4,6 og 6,0). Derfor har vi valgt å ikke bruke de estimerte verdiene for denne vanntypen og heller støtte oss på klassegrensene til den vanntypen som har mest lignende bølgeeksponeringsforhold og saltholdighet (se Kapittel 4.1.1 og 4.1.2). For de resterende økoregioner og vanntyper (Nordsjøen 3 og Norskehavet 1) anbefaler vi estimerte verdier som vist i Figur 9.



Figur 8. Predikerte kurver basert på GAM-modellen som viser økte verdier for stortarens nedre voksegrense ved økende avstand til nærmeste påvirkningskilde (a) og en generell forverring gjennom tidsperioden 1990-2015 (b).



Figur 9. Estimerte referanseverdier for stortarens nedre voksegrense basert på statistisk modell som inneholder faktorene økoregion, vanntype og en proxy for påvirkningsfaktorer som måler avstand til nærmeste påvirkningskilde. Verdiene er brukt i vårt forslag til referanseverdier for komboindeksen, men referanseverdiene for vanntype 1-3 for Skagerrak og vanntype 1, 2 og 4 for Nordsjøen er slått sammen til gjennomsnittlige referanseverdier på henholdsvis 22 og 32. I tillegg foreslås referanseverdi for vanntype 6 hentet fra annen nærliggende/lignende vanntype med tilnærmet samme eksponering og salinitet.



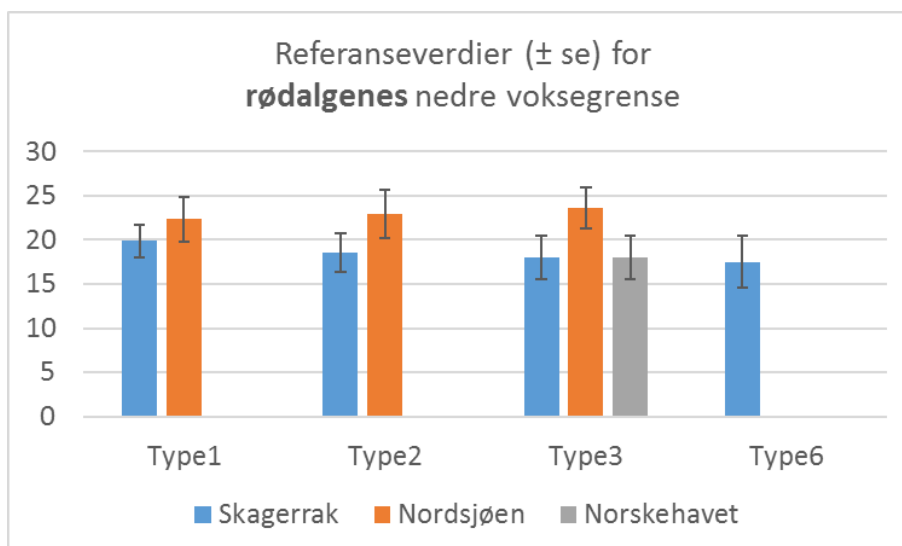
Figur 10. Estimerte klassegrenser for stortarens nedre voksegrense basert på en antagelse om et lineært forhold mellom statusklasse og respons.

Tabell 21. Referanseverdier og klassegrenser for stortare (gitt i meter). Klassegrensene er basert på statistisk analyse og er brukt i vårt forslag til referanseverdier og klassegrenser for komboindeksen.

Stortare	Ref.verdi	Meget God	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Økoregion og vanntype	5	4	3	2	1	0
Skagerrak 1-3	22	18	13	9	4	0
Skagerrak 6		Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende				
Nordsjøen 1, 2 og 4	32	26	19	13	6	0
Nordsjøen 3	25	20	15	10	5	0
Nordsjøen 6		Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende				
Norskehavet 1	22	18	13	9	4	0

3.3.6 Referanseverdi og klassegrenser for rødalgens nedre voksegrense

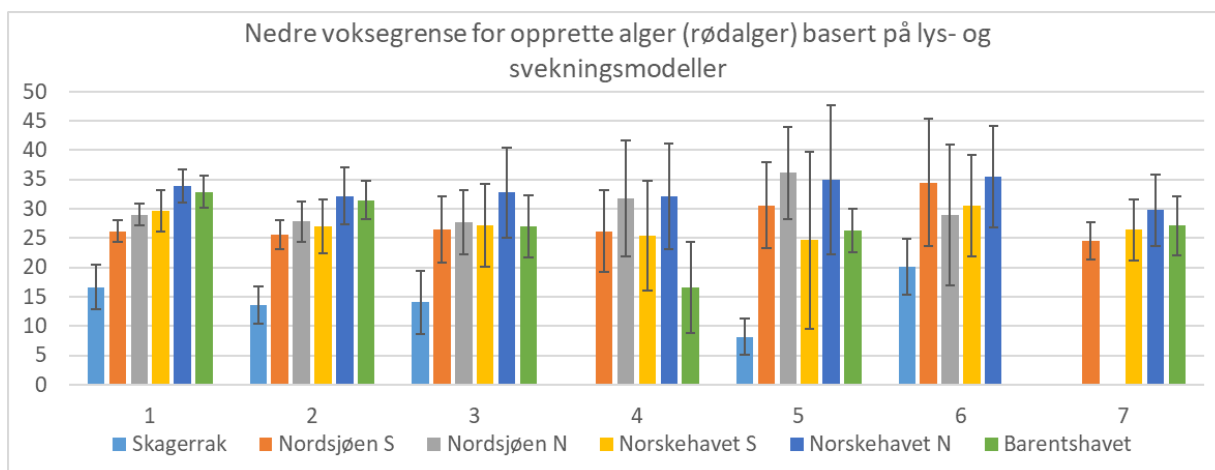
Samme prosedyre som vist for stortare er også brukt for beregning av referanseverdier for rødalgens nedre voksegrense. Imidlertid predikerer modellen langt lavere referanseverdier enn vi kjenner til ut fra feltobservasjoner og annen kunnskap (Figur 11). Vi har grunn til å tro at dette avviket skyldes at datamaterialet ikke er representativt («biased»), siden det er samlet på dykkertransekter som maksimalt strekker seg ned til 30 meter (laveste tillatte dyp for vitenskapelige dykkere), mens nederste voksedyp for rødalger ofte går dypere enn dette. Vi har derfor konkludert med at datasettet brukt her ikke er egnet for formålet.



Figur 11. Estimerte referanseverdier for rødalgenes nedre voksegrense basert på statistisk modell som inneholder faktorene år, økoregion, vanntype, interaksjonen mellom lengde- og breddegrad, samt avstand til nærmeste påvirkningsfaktor. Verdiene er ikke brukt i vårt forslag til referanseverdier for komboindeksen, da modellen predikerer for lavt i forhold til feltobservasjoner og annen kunnskap.

I tillegg til de statistiske analysene har vi beregnet nedre voksedyp for rødalger basert på lys- og svekningsmodeller (Figur 12) som estimerer mye dypere voksegrenser enn den statistiske modellen (Figur 11). Resultatene fra lysmodellen viser påfallende lavere verdier for Skagerrak i forhold til de andre økoregionene. Dette er ikke i tråd med hva man har observert i Skagerrak (H. Christie pers. obs.) og indikerer at svekningskoeffisienten for denne regionen er estimert for høyt, altså at modellen antageligvis antar mer svekning enn faktiske forhold. En forbedret svekningsmodell, samt analyse der andre mulige miljøfaktorer (temperatur, etc.) også er inkludert, vil forhåpentligvis resultere i riktigere prediksjoner for Skagerrak, men slike modeller er ikke utarbeidet ennå. For vanntype 1-3 i Skagerrak har vi uansett referanseverdier og klassegrenser for rødalgene fagerving og eikeving fra MSMDI (Tabell 2) og bruker derfor disse verdiene i våre anbefalinger for Skagerrak.

For vanntype 1, 2 og 3 indikerer lysmodellen at nedre voksedyp øker nordover fra ca. 26 meter i Nordsjøen S til ca. 33-34 meters dyp i Norskehavet N og i Barentshavet (Figur 12). Unntaket er vanntype 3 i Barentshavet som viser noe lavere verdier enn de to andre vanntypene, men estimatet er også mer usikkert i vanntype 3. Estimaten for vanntype 4-7 er generelt svært usikre med store konfidensintervaller. Dette skyldes antageligvis dårligere lysmodeller i kystnæreområder, spesielt inne i fjorder. Vi velger derfor å ikke bruke estimaten for vanntypene 4-6 i våre anbefalinger. For vanntype 6 anbefaler vi for øvrig å bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet (slik det også ble gjort for stortare).



Figur 12. Beregnede referanseverdier for nedre voksegrense for rødalger basert på lys- og svekningsmodeller.

Siden estimatene var noenlunde like for vanntype 1, 2 og 3 i Nordsjøen S, Nordsjøen N og Norskehavet S har vi valgt å gruppere disse. Gjennomsnittsdypet for denne gruppen var 27 meter. Imidlertid når vi sammenligner dette estimatet (27 m) med eksisterende (og interkalibrert) verdi for Skagerrak 1 fra MSMDI (30 m), så virker det usannsynlig at Skagerrak skal ligge høyere enn de andre regionene. Vi velger derfor å justere anbefalt verdi opp til 30 m for å i hvert fall ikke ligge lavere enn Skagerrak. Dette kan ses på som en ekspertvurdering, der vi antar at lysmodellen underestimerer nedre voksegrense for rødalger i Midt-Norge, da vi vet at rødalger kan vokse dypere enn 27 meter i disse økoregionene (J.K. Gitmark pers. obs.). Tilsvarende ekspertvurdering er også gjort for Norskehavet N og Barentshavet der vi antar at nederste voksedyp for rødalger bør ligge på omtrent samme dyp som lenger sør.

Anbefalte referanseverdier og klassegrenser for rødalgers nedre voksegrense er vist i Tabell 22, der klassegrensene er beregnet ved å anta en lineær sammenheng mellom statusklasse og respons. For Skagerrak 1-3 har vi altså brukt eksisterende interkalibrerte referanseverdier fra MSMDI, mens de resterende kan betraktes som ekspertvurderinger.

Tabell 22. Referanseverdier og klassegrenser for rødalger (gitt i meter). Verdier for Skagerrak 1-3 er gjennomsnittlige referanseverdier for fagerving og eikeving MSMDI (Tabell 2). Resten er basert på faglig skjønn.

Rødalger	Ref.verdi	Meget God	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
	5	4	3	2	1	0
Skagerrak 1	30	24	18	12	6	0
Skagerrak 2	24	19	14	9	5	0
Skagerrak 3	17	13	10	7	3	0
Skagerrak 6		Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet				
Nordsjøen S 1, 2, 3	30	24	18	12	6	0
Nordsjøen S 6		Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet				
Nordsjøen N 1, 2, 3	30	24	18	12	6	0
Nordsjøen N 6		Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet				
Norskehavet S 1, 2, 3	30	24	18	12	6	0
Norskehavet N 6		Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet				
Barentshavet 1, 2, 3	30	24	18	12	6	0
Barentshavet 6		Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet				

3.3.7 Beregning av komboindeksen

Vi foreslår her en komboindeks for vanntypene 1-6. Resultatene fra droppkameraregistreringen (dypeste enkeltfunn blant 3-5 replikater) benyttes til å beregne følgende tre uavhengige parametere for sjøsonen:

1. Nedre voksedyp for stortare
2. Nedre voksedyp for rødalger (i praksis fagerving og eikeving)
3. Dybdeutbredelse av trådformete alger

En felles EQR for sjøsonen kan videre beregnes som et gjennomsnitt av disse tre delparameterne, noe som innebærer at hver delparameter vektes likt.

$$EQR \text{ sjøsone} = \frac{EQR \text{ stortare} + EQR \text{ rødalger} + EQR \text{ påvekstlger}}{3}$$

Dersom én eller to av delparameterne i sjøsonen ikke er målbar, kan EQR fremdeles beregnes på bakgrunn av den/de eksisterende. Hvis nedre voksegrense er målt grunnere enn grenseverdien mellom Svært god og God og det er usikkerhet om hvorvidt registrert nedre voksegrense (for stortare eller rødalger) er ekte, bør ikke denne parameteren inngå i beregningen av EQR for sjøsonen. I slike tilfeller bør man kun bruke fjæresoneindeksen RSL/RSLA. Den samlede komboindeksens EQR får man ved å beregne gjennomsnittet av EQR for fjæresonen (RSL/RSLA) og EQR for sjøsonen.

$$EQR \text{ komboindeks} = \frac{EQR \text{ fjæresone} + EQR \text{ sjøsone}}{2}$$

Utvidelsen av tradisjonell RSL/RSLA til komboindeksen er da at ved tilstandsklassifisering vil forholdene i sjøsonen bli tillagt like stor betydning som forholdene i fjæresonen. For beregning av RSL/RSLA viser vi til klassifiseringsveilederen (Veileder 02:2013 - rev 2015).

3.3.8 Tabeller for referanseverdier og klassegrenser for komboindeksen

I Tabell 23 er klassegrenser for sjøsonedelen av komboindeksen vist. Bakgrunnen for de oppgitte verdier er gitt i Kapittel 3.3.4 - 3.3.6. Merk at begrenset datatilgang medfører at ikke alle vanntyper har klassegrenser for alle de tre parameterne som inngår i sjøsonen.

Tabell 23. Referanseverdier og klassegrenser for sjøsonedelen av komboindeksen differensiert mellom økoregion og vanntype.

SJØSONEN	EQR og tilstandsklasser				
Økoregion og vanntype	0,8-1,0 Meget god	0,6-0,8 God	0,4-0,6 Moderat	0,2-0,4 Dårlig	0-0,2 Svært dårlig
Skagerrak 1					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare	> 18	> 14-18	> 9-14	> 5-9	0-5
Forekomst trådformete alger	0	> 0-1	> 1-4	> 4-6	> 6
Skagerrak 2					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 19	> 14-19	> 9-14	> 5-9	0-5
Nedre voksegrense stortare	> 18	> 14-18	> 9-14	> 5-9	0-5
Forekomst trådformete alger	0	> 0-1	> 1-4	> 4-6	> 6
Skagerrak 3					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 13	> 10-13	> 7-10	> 3-7	0-3
Nedre voksegrense stortare	> 18	> 14-18	> 9-14	> 5-9	0-5
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Skagerrak 5					
Nedre voksegrense for opprette rødalger					
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Skagerrak 6					
Nedre voksegrense for opprette rødalger		Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet			
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger					
Nordsjøen N/S 1					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare	> 26	> 20-26	> 13-20	> 7-13	0-7
Forekomst trådformete alger	0	> 0-1	> 1-4	> 4-6	> 6
Nordsjøen N/S 2					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare	> 26	> 20-26	> 13-20	> 7-13	0-7
Forekomst trådformete alger	0	> 0-1	> 1-4	> 4-6	> 6
Nordsjøen N/S 3					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare	> 20	> 15-20	> 10-15	> 5-10	0-5
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Nordsjøen N/S 4					
Nedre voksegrense for opprette rødalger					
Nedre voksegrense stortare	> 26	> 20-26	> 13-20	> 7-13	0-7
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Nordsjøen N/S 5					
Nedre voksegrense for opprette rødalger					
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Nordsjøen N/S 6					
Nedre voksegrense for opprette rødalger		Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet			
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger					

Tabell 23 forts.

SJØSONEN (forts.) Økoregion og vanntype	EQR og tilstandsklasser				
	0,8-1,0 Meget god	0,6-0,8 God	0,4-0,6 Moderat	0,2-0,4 Dårlig	0-0,2 Svært dårlig
Norskehavet N/S 1					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare	> 18	> 13-18	> 9-13	> 4-9	0-4
Forekomst trådformete alger	0	> 0-1	> 1-4	> 4-6	> 6
Norskehavet N/S 2					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	0	> 0-1	> 1-4	> 4-6	> 6
Norskehavet N/S 3					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Norskehavet N/S 4					
Nedre voksegrense for opprette rødalger					
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Norskehavet N/S 5					
Nedre voksegrense for opprette rødalger					
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Norskehavet N/S 6					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet				
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger					
Barentshavet 1					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	0	> 0-1	> 1-4	> 4-6	> 6
Barentshavet 2					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	0	> 0-1	> 1-4	> 4-6	> 6
Barentshavet 3					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	> 24	> 18-24	> 12-18	> 6-12	0-6
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Barentshavet 4					
Nedre voksegrense for opprette rødalger					
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Barentshavet 5					
Nedre voksegrense for opprette rødalger					
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger	> 0-2	> 2-4	> 4-6	> 6-10	> 10
Barentshavet 6					
Nedre voksegrense for opprette rødalger	Kan bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende eksponering og salinitet				
Nedre voksegrense stortare					
Forekomst trådformete alger					

3.4 Ålegress

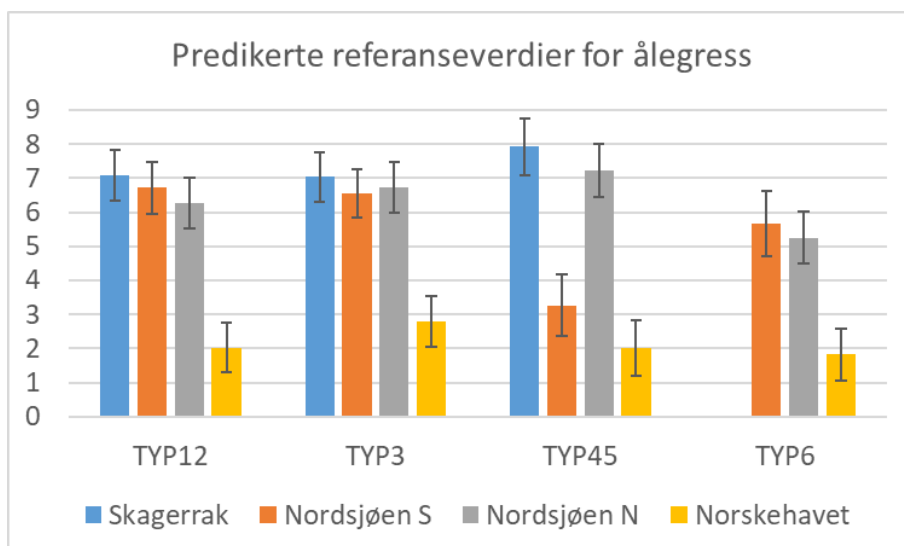
Det var nødvendig å sette veldig strenge kriterier for datautvelgelse for å være sikre på at vi har fanget opp ekte nedre voksegrensen for ålegress. Resultatet av datavask ble et datasett bestående av 840 enger, som i mange økoregioner var for begrenset til å kunne gjøre gode beregninger på ålegressets nedre voksegrense. Som for makroalger er mangel på eutrofidata (dose) en stor svakhet i analyse av respons (nedre voksedyp) og avstand til industri, by/tettsted og avløp ble brukt som proxier for belastningsdata. Som et tillegg til målt nedre voksedyp, har vi laget et forslag til en alternativ metode for å beregne referanseverdier og klassegrenser for nedre voksegrense for ålegress, basert på lys- og svekkelsesmodeller, samt kjent kunnskap om ålegressets krav til lys. Dette kan være en meget god og ikke minst kostnadseffektiv metode som kan gi oss referanseverdier og klasseverdier for alle økoregioner og vanntyper. Metoden kan også brukes for makroalger. Metoden er beskrevet i et eget NIVA-notat kalt «Bruk av lys- og svekningsmodeller til å beregne nedre voksegrense for opprette makroalger og ålegras» (journalnummer 0265/17).

3.4.1 Referanseverdi for nedre voksegrense for ålegress

Predikerte referanseverdier basert på statistisk modellering

De statistiske analysene av nedre voksedyp basert på 840 enger fra det Nasjonale kartleggingsprogrammet resulterte i de predikerte verdiene vist i Figur 13. Etter en tilbakeseleksjonsprosedyre endte vi opp med en modell bestående av variablene avløp ($p = 0,009$), by/tettsted ($p = 0,019$) og interaksjonen mellom breddegrad og lengdegrad ($p < 0,001$). Modellen forklarte hele 58 % av variasjonen i datamaterialet ($R^2 = 0,58$). Sammenhengen mellom påvirkningsfaktorene og nedre voksegrense var negativ i alle tilfelle (unntatt for avløp, uvisst av hvilken grunn), slik at nedre voksedyp økte med økende avstand til påvirkningskilde. Prediksjonen ble gjort ved å sette inn verdier tilsvarende bakgrunnsnivå for avstander til påvirkningsfaktorer i modellen, som for år var siste året i serien (2016) og for industri, by/tettsted og avløp var representert ved datasettets maksverdier, altså henholdsvis 37000, 20000 og 0 meter.

Figur 13 viser at referanseverdi for nedre voksedyp generelt avtar med økoregion fra Skagerrak i sør til Norskehavet i nord, men at dette mønsteret avvikes for vanntype 4 og 5. For å se på hvilke dyp som faktisk er målt for ålegress gjennom Nasjonalt program presenterer vi i Tabell 24 maksimalt dyp observert i de ulike økoregioner og vanntyper. Her er det viktig å være oppmerksom på at Nasjonalt Program rekker på langt nær over alle ålegressforekomster og mange både kjente og ukjente ålegressenger blir aldri registrert, slik at maksimalt dyp viser hva som er målt/funnet og ikke nødvendigvis hva som finnes.



Figur 13. Predikerte referanseverdier for nedre voksegrense for ålegress basert på statistisk analyse av data fra Nasjonalt kartleggingsprogram. Prediksjonen er gjort ved å sette antatte bakgrunnsnivåer for proxier for påvirkningsfaktorer inkludert i modellen, nemlig avstand til industri, by/tettsted og avløp.

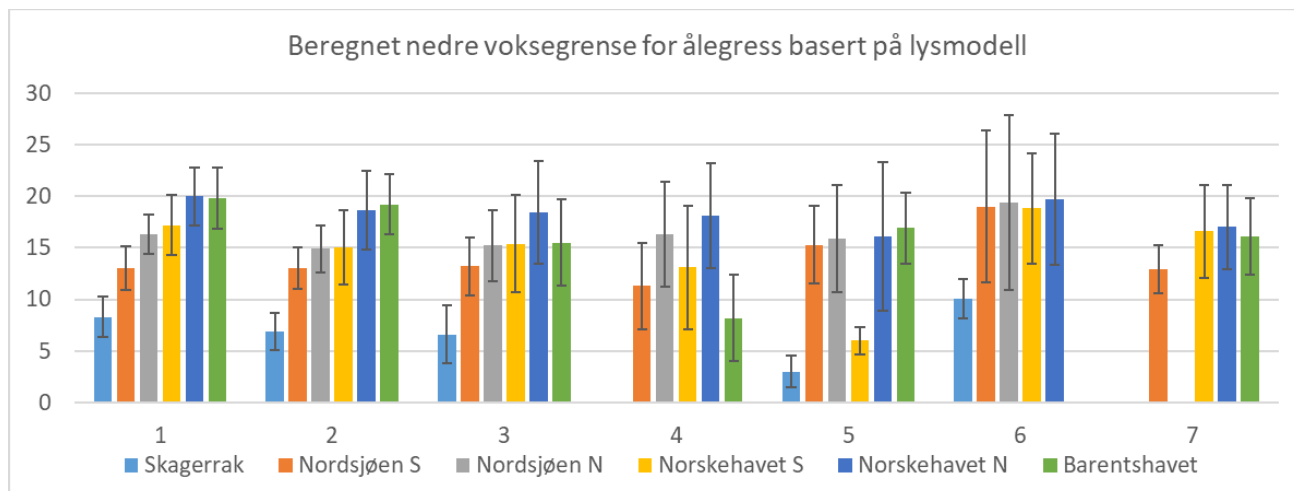
Tabell 24. Maksimalt dyp for ålegress observert i Nasjonalt kartleggingsprogram.

Vanntype Økoregion	1	2	3	4	5	6	7
Skagerrak		8,5	8,2		6,0		
Nordsjøen S	11,7	7,5	8,0	3,1		4,1	
Nordsjøen N	3,5	5,7	6,7	7,5		5,6	
Norskehavet S	4,3	6,7	7,6	1,6		6,6	
Norskehavet N	1,3	1,1	4,6	0,8		3,2	-1,3

Beregnete referanseverdier basert på lysmodeller

Resultatet fra lysmodellene indikerer at ålegress kan vokse ned til ca. 20 m dyp langs norskekysten (vanntype 1 og 2 i Norskehavet N og Barentshavet, og i vanntype 6 i Nordsjøen S og N, og Norskehavet S og N) ut fra tilgjengelig lys- og temperaturforhold (Figur 14). Generelt ser vi at modellene predikerer betraktelig lavere voksedyp i Skagerrak enn for de resterende økoregionene. Dette reflekterer at denne regionen har generelt dårligere lysgjennomtrengelighet enn de øvrige regionene, men siden rødalgene er observert dypere i Skagerrak enn lysmodellene tilsier (Kapittel 3.3.6), kan dette tyde på at lysmodellen overestimerer svekningskoeffisienten til kystvannet i denne regionen (se også Kapittel 3.3.6). I tillegg ser vi at forskjellene er små mellom vanntype 1, 2 og 3, noe som kan indikere at lysmodellen ikke fanger opp gradienter i kystvannets svekningskoeffisient fra åpen til beskyttet kyst. Beregnede voksedyp for Norskehavet N er generelt høye, det samme gjelder for Barentshavet, spesielt i vanntype 1-2. Ferskvannspåvirkede vanntyper (vanntype 4-5) viser stor variasjon mellom økoregioner, med spesielt lave verdier for Skagerrak og Norskehavet S. Naturlig oksygenfattige fjorder (vanntype 6) preges av stor variasjon innen økoregionene (sd),

noe som også gjenspeiler at denne vanntypen ofte kan være svært variert i vannforekomstens grunnere deler. Strømrrike sund (vanntype 7) er tilnærmet fraværende i Skagerrak og mangler helt i Nordsjøen N.



Figur 14. Beregnede nedre voksegrenser for ålegress basert på lys- og svekningsmodeller for alle økoregioner og vanntyper.

Tabeller med referanseverdi og klassegrenser for ålegress

Lysmodellene viser at lysforholdene er tilstrekkelige for at ålegress kan vokse mye dypere enn de faktisk er observert i de fleste økoregioner og vanntyper. Når ålegress allikevel sjeldent eller aldri observeres på disse dydene indikerer dette at det må være andre faktorer enn lys som begrenser disse plantenes nedre voksegrense. Alternativt viser det at lysmodellen ikke gir en god prediksjon på nedre voksedyp. Faktorer som kan påvirke nedre voksedyp foruten lys, kan være strøm og bølger som river plantene løs, eller mangel på egnet substrat.

For Skagerrak (vanntype 1-3) og Nordsjøen S (vanntype 1), er det relativt god overensstemmelse mellom målt nedre voksedyp og beregnet lysdyp (Figur 13 og Figur 14). Dette styrker grunnlaget for å beholde eksisterende klassegrenser for Skagerrak vanntype 1-3 (9-5 meter) slik de er foreslått i Veileder 02:2013 - rev 2015. For vanntype 1 i Nordsjøen S har vi for få observasjoner til å kunne si noe mer enn at predikert lysdyp (på ca. 13 m) er relativt lik med observert maksimum dybdeverdi for vanntype 1 i Nordsjøen S (ca. 12 m), så da anbefaler vi referanseverdi på 12 meter for vanntype 1 i Nordsjøen S. Det samme gjelder for Nordsjøen S 2 og 3 som begge settes til 8 m. For Nordsjøen N stemmer referanseverdiene fra statistisk modell godt overens med observert nedre voksedyp med henholdsvis 7, 7 og 6 for vanntypene 3, 4 og 6. For de resterende økoregionene predikerer lysmodellen mye dypere voksedyp enn faktisk observert (Tabell 24) og vi har ikke grunnlag for å kunne foreslå referanseverdier og klassegrenser for disse regionene. Tabell 25 oppsummerer anbefalte referanseverdier for ålegress. På samme måte som for stortarens nedre voksegrense har klassegrenser blitt beregnet ved hjelp av lineær regresjon og antagelsen om at grenseverdiene avtar lineært fra referanseverdi til dårligste klasse. Dette er en konservativ tilnærming gjort i mangel på gode dose-respons-sammenhenger.

Tabell 25. Anbefalte referanseverdier og klassegrenser for ålegressets nedre voksegrense.

Ålegress	Ref.verdi	Meget God	God	Moderat	Dårlig	Svært dårlig
Økoregion og vanntype	5	4	3	2	1	0
Skagerrak 1	9	7	5	4	2	0
Skagerrak 2	7	6	4	3	1	0
Skagerrak 3	5	4	3	2	1	0
Nordsjøen S 1	12	10	7	5	2	0
Nordsjøen S 2	8	6	5	3	2	0
Nordsjøen S 3	8	6	5	3	2	0
Nordsjøen N 3	7	6	4	3	1	0
Nordsjøen N 4	7	6	4	3	1	0
Nordsjøen N 6	6	5	4	2	1	0

4. Diskusjon

4.1 Økoregioner og vanntyper som har blitt vurdert

Miljødirektoratet ønsket å videreutvikle vannforskriftens indekser og klassifiseringssystem for de biologiske kvalitetselementene på makroalger og ålegress. Hovedformålet var å utvide det geografiske området for eksisterende indekser, men også å utvikle en ny kombinasjonsindeks basert på den eksisterende fjæreindeksen og en enklere variant av indeksen for nedre voksedyp. Vi har vurdert kvaliteten og egnetheten til data for utvikling av indeksene og for anvendelse av eksisterende indekser for nye områder. Med bakgrunn i eksisterende indekser, tilgjengelige data, statistisk analyse og ekspertvurdering, har vi videreutviklet indekser til å gjelde for nye økoregioner og vanntyper, samt foreslått noen endringer i de eksisterende indeksene. Tabell 26 oppsummerer, for hver indeks, hvilke økoregioner og vanntyper Miljødirektoratet ønsket utarbeidede klassegrenser for (se også Tabell 1 der Miljødirektoratets kommentarer er inkludert). For hver post i tabellen har vi oppsummert status for indeksene som en følge av dette prosjektet. Hver av indeksene er kommentert i mer detalj i Kapitlene 4.1.1 - 4.1.3.

Når det gjelder MSMDI var ikke utvikling av nye klassegrenser en del av oppdraget i dette prosjektet. Imidlertid har vi gjort en gjennomgang av eksisterende artsliste for Skagerrak og utvidet denne til også å gjelde for alle de øvrige økoregionene. Det er sannsynlig at en eventuell gjennomgang av eksisterende transektdata vil gjøre det mulig å utvikle MSMDI for enkelte vanntyper i Nordsjøen S og N (Figur 2) og eventuelt også lenger nord ved hjelp av lysmodeller.

Tabell 26. Oversikt over økoregioner og vanntyper der det var behov for videreutvikling av indekser og klassegrenser for makroalger og ålegress, samt kommentarer fra oppdragstaker som viser status ved prosjektets slutt.

Regioner og vanntyper der indekser for makroalger og ålegress skal vurderes

[Undertittel]

Indeks Økoregion	Status for artslister og klassegrenser
RSL/RSLA	
Barentshavet	• Foreslår artslister for vanntype 1-5 (kan også brukes for vanntype 6). • Foreløpig for lite data til å sette klassegrenser i alle vanntyper, men her samles data i følgende programmer: ◦ ØKOKYST Finnmark (2014) har data fra 2 stasjoner i vanntype 2 og 2 stasjoner i vanntype 3. ◦ ØKOKYST Barentshavet (2017-) har 1 stasjon i vanntype 1, 4 stasjoner i vanntype 2, 5 stasjoner i vanntype 3 og 2 stasjoner i vanntype 4 (samt opsjoner for 1 stasjon i vanntype 1, 2 stasjoner i vanntype 2 og 1 stasjon i vanntype 4).
Norskehavet N	• Foreslår artslister for vanntype 1-5 (kan overføres til vanntype 6). • Foreløpig for lite data til å sette klassegrenser i alle vanntyper, men her samles data i følgende programmer: ◦ Marin overvåking Nordland (2013-) har 14 stasjoner i vanntype 3 og 2 stasjoner i vanntype 4. ◦ ØKOKYST Nordland (2015) har 1 stasjon i vanntype 1 og 1 stasjon i vanntype 2. ◦ ØKOKYST Norskehavet I og II (2017-) har 9 stasjoner (+1 opsjon) i vanntype 3 og 4 stasjoner i vanntype 4 ◦ Miljøundersøkelser i Skjerstadfjorden (2013) har 7 stasjoner i vanntype 3.
Nordsjøen S	• Foreslår artslister for vanntype 1-5 (kan også brukes for vanntype 6). • Klassegrenser for Nordsjøen N testet ut og foreslått brukt i Nordsjøen S for vanntype 1-5 (kan også brukes for vanntype 6).
Komboindeksen	
Barentshavet	• Fjæresonen: se RSL/RSLA lenger opp i tabellen • Sjøsonen ◦ Mangler data på stortare ◦ Foreslår klassegrenser for rødalger i vanntype 1-3 basert på ekspertvurdering (kan i noen tilfeller også brukes for vanntype 6). ◦ Foreslår klassegrenser for trådalger i vanntype 1-5 basert på ekspertvurdering.
Norskehavet N	• Fjæresonen: se RSL/RSLA lenger opp i tabellen • Sjøsonen ◦ Foreslår klassegrenser for stortare i vanntype 1. ◦ Foreslår klassegrenser for rødalger i vanntype 1-3 basert på ekspertvurdering (kan i noen tilfeller også brukes for vanntype 6). ◦ Foreslår klassegrenser for trådalger i vanntype 1-5 basert på ekspertvurdering.
Norskehavet S	• Fjæresonen ◦ Det eksisterer klassegrenser for vanntype 1-5 (kan også brukes for vanntype 6).

Regioner og vanntyper der indekser for makroalger og ålegress skal vurderes

[Undertittel]

Indeks Økoregion	Status for artslister og klassegrenser
	• Sjøsonen ○ Foreslår klassegrenser for stortare i vanntype 1. ○ Foreslår klassegrenser for rødalger i vanntype 1-3 basert på ekspertvurdering (kan i noen tilfeller også brukes for vanntype 6). ○ Foreslår klassegrenser for trådalger i vanntype 1-5 basert på ekspertvurdering.
Nordsjøen N	• Fjæresonen ○ Det eksisterer klassegrenser for vanntype 1-5 (kan også brukes for vanntype 6). • Sjøsonen ○ Foreslår klassegrenser for stortare i vanntype 1-4 basert på modellering (kan i noen tilfeller også brukes for vanntype 6). ○ Foreslår klassegrenser for rødalger i vanntype 1-3 basert på ekspertvurdering (kan i noen tilfeller også brukes for vanntype 6). ○ Foreslår klassegrenser for trådalger i vanntype 1-5 basert på ekspertvurdering.
Nordsjøen S	• Fjæresonen ○ Foreslår klassegrenser for vanntype 1-5 (kan også brukes for vanntype 6). • Sjøsonen ○ Foreslår klassegrenser for stortare i vanntype 1-4 basert på modellering (kan i noen tilfeller også brukes for vanntype 6). ○ Foreslår klassegrenser for rødalger i vanntype 1-3 basert på ekspertvurdering (kan i noen tilfeller også brukes for vanntype 6). ○ Foreslår klassegrenser for trådalger for vanntype 1-5 basert på ekspertvurdering.
Skagerrak	• Fjæresonen: RSL/RSLA er ikke utviklet for Skagerrak • Sjøsonen ○ Foreslår klassegrenser for stortare i vanntype 1-3 basert på modellering (kan i noen tilfeller også brukes for vanntype 6). ○ Har klassegrenser for rødalger i vanntype 1-3 hentet fra MSMDI (kan i noen tilfeller også brukes for vanntype 6). ○ Foreslår klassegrenser for trådalger i vanntype 1-5 basert på ekspertvurdering.
Ålegress	
Barentshavet	• Mangler data for alle vanntyper. • Lysmodell overestimerer antageligvis nedre voksegrense. • Konklusjon: Ikke nok data eller kunnskap til å foreslå grenseverdier for nedre voksegrense.
Norskehavet N	• Totalt 181 observasjoner med henholdsvis 30, 89 og 50 observasjoner i vanntypene 2,3 og 6. • Referanseverdier fra statistisk modell er underestimert i forhold til observert maksimal dyp.

Regioner og vanntyper der indekser for makroalger og ålegress skal vurderes

[Undertittel]

Indeks Økoregion	Status for artslister og klassegrenser
	- Referanseverdier fra lysmodell er overestimert i forhold til observert maksimal dyp. - Konklusjon: Ikke nok kunnskap til å foreslå grenseverdier for nedre voksegrense.
Norskehavet S	- Totalt 205 observasjoner og godt datagrunnlag (n = 146) for vanntype 3. - Referanseverdier fra statistisk modell er underestimert i forhold til observert maksimal dyp. - Referanseverdier fra lysmodell er antageligvis overestimert i forhold til observert maksimal dyp. - Konklusjon: Ikke nok kunnskap til å foreslå grenseverdier for nedre voksegrense.
Nordsjøen N	- Totalt 112 observasjoner, hvorav 30, 26 og 24 observasjoner i vanntypene 3, 4 og 6. - Referanseverdier fra statistisk modell stemmer godt med observert nedre voksedyp for vanntype 3, 4 og 6. - Referanseverdier fra lysmodell er antageligvis noe overestimert i forhold til observert maksimal dyp. - Konklusjon: Referanseverdier og klassegrenser kan foreslås for vanntypene 3, 4 og 6.
Nordsjøen S	- Totalt 89 observasjoner, hvorav 53 i vanntype 3. - Referanseverdier fra statistisk modell sammenfaller med observert nedre voksedyp for vanntype 1-3. - Referanseverdier fra lysmodell er muligens noe overestimert i forhold til observert maksimal dyp. - Konklusjon: Grenseverdier for nedre voksegrense kan foreslås for vanntype 1-3.
Skagerrak	- Totalt 253 observasjoner, hvorav 99 og 128 for henholdsvis vanntype 2 og 3. - Referanseverdier fra statistisk modell sammenfaller med observert nedre voksedyp for vanntype 2 og 3. - Referanseverdier fra statistisk modell sammenfaller også med foreslått klassegrense (7 m) i Veileder 02:2013 (rev 2015) for vanntype 2. - Referanseverdier fra statistisk modell for vanntype 3 er lik med vanntype 2 (7 m), mens veileder 02:2013 - rev 2015 foreslår grenseverdi på 5 meter. - Referanseverdier fra lysmodell predikerer grenseverdier relativt lik med Veileder 02:2013 - rev 2015. - Konklusjon: Nedre voksegrense egner seg som indikator for eutrofi. Det er samsvar mellom de eksisterende og de modellerte verdiene.

4.1.1 RSL/RSLA

Utviklingen av RSL/RSLA-indekser for Nordsjøen S har hatt høy prioritering i dette prosjektet. Miljødirektoratet har lenge etterspurt indekser for denne regionen, som ligger midt mellom Skagerrak, der MSMDI gjelder, og Nordsjøen N, der RSL/RSLA gjelder. I følge oppdraget fra Miljødirektoratet skulle det utvikles indekser for RSL/RSLA i vanntype 1-4 i Nordsjøen S.

For å kunne utvikle indeksen for Nordsjøen S måtte det etableres artslister for regionen, og det var behov for også å revidere artslistene for vanntype 1-5 for Nordsjøen N og Norskehavet S. Ved å ta utgangspunkt i de reviderte artslistene ble det også utviklet artslister for de samme vanntypene (1-5) i Norskehavet N og Barentshavet (Vedlegg 2).

Etter nøye vurdering og testing har vi valgt å bruke klassegrensene fra Nordsjøen N og Norskehavet S også i Nordsjøen S (Tabell 18). Dersom testene hadde gitt store avvik i EQR-verdiene i forhold til de forventede verdiene, ville det være nødvendig med en endring i de individuelle parameterens klassegrenser. Imidlertid viste testene kun små avvik (Kapittel 3.1.2), så noen videre utvikling av individuelle klassegrenser for nye regioner var ikke nødvendig. Dette er en konservativ tilnærming som vi mener er riktig på dette tidspunktet. Imidlertid anbefaler vi å gjøre en ny vurdering av klassegrensene for Nordsjøen S når mer data foreligger.

For Norskehavet N og Barentshavet er datagrunnlaget for tynt til å kunne lage og teste klassegrenser for fjæresamfunn. Imidlertid dekker det nye programmet ØKOKYST Barentshavet undersøkelser i fire vanntyper (1-4) og vil etter hvert skaffe data som kan benyttes for utvikling av klassegrenser i denne økoregionen. For Norskehavet N er det også flere pågående og fremtidige programmer som etter hvert vil gjøre det mulig å utvikle klassegrenser for vanntype 3 og 4 (men ikke for vanntype 1 og 2) for denne økoregionen:

- Marin overvåking Nordland (2013-) har 14 stasjoner i vanntype 3 og 2 stasjoner i vanntype 4.
- ØKOKYST Nordland (2015) har 1 stasjon i vanntype 1 og 1 stasjon i vanntype 2.
- ØKOKYST Norskehavet I og II (2017-) har 9 stasjoner (+1 opsjon) i vanntype 3 og 4 stasjoner i vanntype 4
- Miljøundersøkelser i Skjerstadvfjorden (2013) har 7 stasjoner i vanntype 3.

Generelt foreligger det svært lite data for vanntype 5, men basert på tidligere beslutning om å slå sammen artslistene for 4 og 5 i Nordsjøen N og Norskehavet S (Veileder 02:2015 - rev), har vi også for de øvrige økoregionene antatt at vi kan bruke samme artsliste for vanntype 4 og 5 for Norskehavet N.

Når det gjelder naturlig oksygenfattige fjorder (vanntype 6) er dette vannforekomster der det er observert områder med naturlig lave oksygenkonsentrasjoner på grunn av lite eller ingen vannutskifting i vannforekomstens dypere deler. Dette er vannforekomster som ellers kan ha ganske ulike fysiske karakterer, for eksempel i fjæresonen som sjeldent er påvirket av lav utskifting. Det er derfor vanskelig, og kanskje umulig, å definere egne artslister og klassegrenser for denne vanntypen, da den i praksis er veldig variert. Det har vært utført ulik praksis i hvordan man har klassifisert vanntype 6, for eksempel å bruke nabovannforekomstens vanntype, eller å betrakte den som en vanntype 3 (Pedersen m.fl. 2012). I ØKOKYST Skagerrak er stasjonen HR106 Tvillingholmen definert som vanntype 6, men her har det vært vanlig praksis å betrakte denne stasjonen som en vanntype 3, da den har bølgeeksponeringsgrad og saltholdighetsnivåer som best samsvarer med denne vanntypen. Tvillingholmen er riktig nok en stasjon der det måles MSMDI, men vi mener denne fremgangsmåten bør gjelde i enda større grad for RSL/RSLA som er enda mindre påvirket av eventuelle oksygenfattige forhold på dypet. Informasjon om bølgeeksponering og saltholdighet for vannforekomster skal være tilgjengelig i Vann-nett.

RSL og RSLA skal være indekser som responderer på eutrofi og utviklingen av disse indeksene har blitt gjort tidligere (Veileder 02:2013 - rev 2015). Imidlertid gjenstår fremdeles å påvise koblingen mellom påvirkning og indeksverdier, noe som krever gode dose-responsdata og som i dag ikke finnes.

4.1.2 Komboindeksen

I sitt oppdrag ønsket Miljødirektoratet en redegjørelse for hvor det er mulig å bruke en komboindeks og at klassegrenser ble utarbeidet der det er mulig (Tabell 1). Komboindeksen består av en fjæresonedel og en sjøsonedel som begge skal vektlegges like mye i en samlet EQR. Fjæresonen er i sin helhet basert på tradisjonell RSL/RSLA-indeks, mens sjøsonen er foreslått å inkludere de tre delparameterne nedre voksegrense for stortare, nedre voksegrense for opprette alger (i praksis rødalgene fagerving og eikeving) og dybdeutbredelse av trådformete alger. Utviklingen av komboindeksens sjøsonedel er på mange måter et skrivebordsarbeid og ennå ikke testet ut i praksis. Av denne grunn, og fordi man fremdeles er noe usikker på i hvilken grad eutrofi samvirker med klima og overfiske, mener vi at denne delen av komboindeksen er for prematur til å tas i bruk i klassifiseringsarbeidet i dag. Vi anbefaler derfor at metodikken foreslått i denne rapporten brukes for å samle inn nye data og at foreslåtte klassegrenser testes ut på disse før sjøsoneparameterne tas i bruk i klassifiseringsarbeidet.

For nedre voksegrense av stortare har vi brukt statistisk modellering av eksisterende data på ekte nedre voksegrense og kommet frem til predikerte referanseverdier og klassegrenser for Skagerrak i vanntype 1-3, Nordsjøen S/N i vanntype 1-4 og Norskehavet S/N i vanntype 1 (Tabell 23). Som for RSL/RSLA, anbefaler vi å bruke klassegrensene til annen vanntype med lignende bølgeeksponering og saltholdighet, for vanntype 6 (Kapittel 4.1.1). På grunn av begrenset datamateriale valgte vi å ikke differensiere for mye mellom økoregioner og heller slå sammen Nordsjøen N og S, samt Norskehavet N og S i de statistiske analysene. Dette bør etterprøves på et senere tidspunkt, når mer data er tilgjengelig.

For nedre voksegrense av rødalger brukte vi eksisterende klassegrenser for algene eikeving og fagerving som allerede er inkludert i artslistene for MSMDI. Disse kunne derfor direkte overføres for vanntypene 1-3 i Skagerrak (Tabell 23). For vanntype 1-3 i Nordsjøen S/N og vanntype 3 i Norskehavet S/N forsøkte vi å bruke samme type statistisk modellering som for stortare, men dette feilet på grunn av at dataene ikke var samlet inn dypt nok til å detektere ekte nedre voksegrense. Også lysmodeller predikerte tilsynelatende for grunt i Nordsjøen og Norskehavet S og muligens for dypt lenger nord. I stedet brukte vi ekspertvurdering for å komme frem til referanseverdier og klassegrenser for rødalger for vanntype 1-3 i alle de resterende økoregionene (Nordsjøen S/N, Norskehavet S/N og Barentshavet) (Tabell 23).

Rødalgenes nedre voksegrense er med andre ord i stor grad basert på faglig skjønn. Det som foreligger av data på rødalger er kun basert på dykkerundersøkelser hvor største tillatte dyp er 30 meter, mens rødalgene kan leve en god del dypere enn dette. En fremtidig bruk av droppkamera som innsamlingsmetode vil øke datatilgangen for de dyptlevende rødalgenes nedre voksegrense og således gjøre det mulig å forbedre denne indeksen i fremtiden. Det er viktig å påpeke her at det er forskjell mellom å samle inn data for tilstandsklassifisering av rødalgers nedre voksegrense og å samle inn data for videreutvikling av indeksen. For tilstandsklassifisering kreves kun registreringer som går ned til grensen mellom Svært god og God, mens for videreutvikling av indeksen kreves registreringer som viser ekte nedre voksedyp for rødalger.

Den tredje parameteren vi foreslår i sjøsonen omfatter dybdeutbredelsen av trådformede alger som ofte observeres i store forekomster, men ikke fanges opp av eksisterende indekser for de biologiske kvalitetselementene for kyst. Vi erfarer at det er økende forekomster av trådformete påvekstalger, men for denne delparameteren finnes verken data eller annen kunnskap i noen særlig grad. Forslag til referanseverdier, klassegrenser og feltmetodikk for trådformete alger er derfor satt ut fra faglig skjønn (Tabell 23). Imidlertid har NIVA invitert til workshopen TURFALGAE som vil foregå 31. mai - 2. juni 2017 der fagpersoner fra hele verden (Australia, Canada, EU, Norge) skal diskutere problematikken rundt trådformete alger og mulige årsaker til fenomenet. Forhåpentlig vil workshopen resultere i økt kunnskap, samt et initiativ om en felles internasjonal forskningssøknad på temaet.

Komboindeksen er tenkt som et supplement til eksisterende indekser. Fordelen med komboindeksen er at den på en enkel og kostnadseffektiv måte kan supplere fjæreindeksen med informasjon om miljøtilstanden i sjøsonen. I ØKOKYST-programmet (2017-2020) er det planlagt registreringer med droppkamera på hardbunnstasjonene i samtlige økoregioner unntatt Skagerrak. Registreringene vil gi viktig erfaring og betydningsfulle data for utvikling av kombinasjonsindeksen og fastsettelse av klassegrenser for de ulike vanntyper den skal brukes i. Vi anbefaler imidlertid at Miljødirektoratet gir en noe mer presis metodeinstruks for bruken av droppkamera i god tid før feltarbeidet under ØKOKYST starter opp, slik at nødvendige data blir samlet inn på en lik og relevant måte i alle delprogrammer.

Det må også presiseres at man taper en del informasjon hvis man går fra MSMDI-indeksen ved dykking til den foreslåtte komboindeksen med droppkamera. Det åpenbare er selvfølgelig at vi kun får informasjon om utbredelsen til tre alger/algegrupper (tare, rødalger, trådalger), i stedet for de ni arter som inngår i MSMDI, og dermed får en mindre robust indeks for nedre voksegrense. Videre er MSMDI-indeksen per i dag den eneste gyldige indeks i økoregion Skagerrak, hvor den er interkalibrert med Sverige for vanntype 1-3. Registreringene en gjør ved tradisjonelle transektdykk er spesielt verdifulle fordi de gir oss data om biologisk mangfold. Utviklingen av nye indekser for makroalger i dette prosjektet hadde vært umulig uten tilgang på data fra detaljerte feltundersøkelser. Vi anbefaler derfor at eksisterende dykkestasjoner med lange tidsserier opprettholdes og at det etableres et nettverk av dykkestasjoner med tradisjonelle transektdykk der hvor det i dag mangler.

Det finnes ikke like mye norske data på nedre voksegrense for rødalger som for stortare, og heller ikke for utbredelsen av masseforekomster av trådformete alger. De grenseverdier som foreslås for sjøsonen (droppkameradelen) av komboindeksen må derfor ses på som foreløpige og de krever verifisering. Videre innsamling av data gjennom ØKOKYST vil imidlertid være et godt utgangspunkt for verifisering og videreutvikling av denne delen av komboindeksen. Av disse grunner bør det også gjøres videoopptak av samtlige droppkameraregistreringer. Startpunktet for droppkameratransektet bør være på et dyp som fanger opp ekte nedre grenseverdi for opprette alger.

For stortarens nedre voksegrense fant vi en generell forverring over tid i perioden som vi har data for (1990-2015). Dette kan ha med generelle klimatiske endringer å gjøre. Endringene i nedre voksegrense kan ha en sammenheng med økt tilførsel av humusstoffer og partikler til kystvann. Flere undersøkelser har rapportert om brunere vann i våre vassdrag og kystfarvann (for eksempel Finstad m.fl. 2016, Aksnes m.fl. 2009) og økte mengder suspendert materiale i kystvann (Frigstad m.fl. 2013). Dette er blitt koblet til endringer i avrenningsmønstre fra land

som i stor grad er knyttet til klimaendringer (Skarbøvik m.fl. 2015). En endring over tid fant vi også for bløtbunnsindeksene i prosjekt SOFTREF (Pedersen m.fl. 2016), men da som en forbedring som ble forklart ut fra redusert langtransportert forurensing. I og med at klimaendringer ikke er egen påvirkningsfaktor i vanndirektivet, skal indeksenes referansetilstand (og klassegrenser) representere dagens klimaregime. Derfor, da vi skulle predikere referansetilstander på bakgrunn av modellene som blant annet inneholdt en tidsvariabel, predikerte vi for det siste året i datamaterialet (2015).

Fredriksen og Rueness (1990) sammenlignet egne data på nedre voksegrense i Ytre Oslofjord med data fra 1947-52 (Sundene 1953) og fant en klar reduksjon, blant annet for fagerving. Fredriksen og Rueness registrerte en nedre voksegrense på 15 meter for fagerving på stasjonene i de midtre- og ytre deler av Ytre Oslofjord. Ved Sundenes undersøkelser i perioden 1947-52 ble fagerving registrert på drøyt 30 meters dyp i de midtre- og ytre deler av Ytre Oslofjord. Undersøkelsene ble gjennomført med trekantskrape og er derfor omfattet av større grad av usikkerhet enn dykkeregistreringer. Fredriksen og Rueness (1990) tolket imidlertid resultatene som et uttrykk for at det hadde skjedd en reduksjon i lystilgangen til dypet mellom Sundenes og deres undersøkelser i 1989, og at denne var eutrofi-betinget. Nedre voksegrenseundersøkelser i Ytre Oslofjord i 2007, 2010 og 2016 gir ingen indikasjoner på at lystilgangen har bedret seg i noen særlig grad siden 1989 (Gitmark m.fl. in press).

I tillegg til de statistiske analysene har vi beregnet nedre voksegrense for rødalger basert på lys- og svekningsmodeller (Figur 12). Det er påfallende at lysmodellene beregner mye lavere verdier for Skagerrak i forhold til de andre økoregionene. Dette er ikke i tråd med hva man har observert i Skagerrak (H. Christie pers. obs.) og indikerer at svekningskoeffisienten for denne regionen er estimert for høyt i forhold til faktiske forhold. En forbedret svekningsmodell, samt analyse der andre mulige miljøfaktorer (temperatur etc.) også er inkludert, vil forhåpentligvis resultere i riktigere prediksjoner for Skagerrak, men slike modeller er altså ikke utarbeidet ennå. For vanntype 1-3 i Skagerrak har vi uansett referanseverdier og klassegrenser for rødalgene fagerving og eikeving fra MSMDI (Tabell 2) og bruker derfor disse verdiene i våre anbefalinger for Skagerrak.

4.1.3 Ålegress

Vi har her vurdert endringer i referanseverdier og klassegrenser for nedre voksegrense for ålegress og konklusjonen er at analysene generelt finner liten sammenheng mellom nedre voksegrense og belastningsdata. Det kan indikere at ålegress ikke egner seg som indikator for økologisk status for de fleste økoregioner og vanntyper, men det kan også være at mangel på relevante belastningsdata gir feil i analysene. Nedre voksegrense er først og fremst respons på de lokale lysforholdene og eutrofi som fører til mer grumsete vann som igjen vil forårsake redusert voksedyp for ålegresset (og makroalger). Avvik i analysene kan også indikere at det er andre faktorer enn lys som også bestemmer deres nedre voksegrense for ålegress.

I Skagerrak ble det funnet godt samsvar mellom modellert dyp for ålegress og predikert nedre voksedyp ut fra belastningsdata og observerte verdier. Beregnede verdier ligger så nær grenseverdier i Veileder 02:2013 - rev 2015 at vi velger å beholde referanseverdiene.

Mangelen på data der ekte nedre voksegrense for ålegress er registrert og mangel på relevante belastningsdata, gjorde det vanskelig i dette prosjektet å beregne referanseverdier og klassegrenser for denne indeksen. En alternativ tilnærming til bestemmelse av referansedyp for ålegress ved bruk av modeller for lys og lyssvekking for norske kystområder,

som beregner kompensasjonsdypet basert på formler og tilgjengelige parameterverdier for denne ble utviklet (Kapittel 2.4.4). Dette modelleringsarbeidet har ikke vært en del av prosjektets oppgaver, men ble utført for å kunne framskaffe referanseverdier og klassegrenser der ålegressdata manglet, hvis modellen beregner riktig i kystnært farvann. Modellen beregner et teoretisk langt dypere voksedyp for ålegress enn hva som observeres. Dette kan tyde på at det er andre faktorer enn lys som begrenser nedre voksedyp for ålegress langs store deler av kysten. Det kan også indikere at lysmodellen overestimerer i kystfarvann. Vi synes metoden likevel er så interessant at man bør videreutvikle denne modellen ved å ta i bruk nyere algoritmer for å bestemme svekningskoeffisienten. Ved å inkludere data fra de grunneste kystområdene, og ved å inkludere andre faktorer som bølger og strøm som påvirker nedre voksedyp, kan det være mulig å forbedre modellens evne til å predikere nedre voksedyp for både ålegress og makroalger.

I tillegg til at nedre voksedyp for ålegress kan være en problematisk indeks for økologisk tilstand, kan også bruken av mengde trådalger i ålegressenger være problematisk, siden masseforekomster av trådalger kan skyldes mangel på topp-predator, et fenomen som kalles «pseudoeutrofi» (Östman m.fl. 2016). Vi anbefaler derfor inntil videre å være forsiktig med å bruke denne parameteren i klassifisering av vannforekomster, så lenge man ikke vet hvordan eutrofi samvirker med andre faktorer, som overfiske og klima.

For videreutvikling og testing av indekser for ålegressenger, anbefaler vi at det ved overvåking av ålegressenger legges opp til registrering av de 5 parameterne som er inkludert i veileder. Samtidig er det viktig med overvåkingsprogram som måler belastningsdata. Dette vil gi nødvendige data til å kunne vurdere økologisk status når en får mer kunnskap om for eksempel dose-respons forhold mellom eutrofi og mengde begroingsalger.

4.2 Forslag til endringer i eksisterende veileder

I dette kapitlet har vi listet opp en del forslag til endringer som vi mener bør være med i en ny revidert klassifiseringsveileder.

4.2.1 Stasjonsvalg

Det er viktig at stasjonsvalget følger et visst kriteriesett. I dagens klassifiseringsveileder står det at man bør «velge stasjoner med mest mulig like fysiske forhold, dvs. helning på transekt ned i dypet og fjæra, substrat, fjærepytter, himmelretning, strømforhold, utsatthet for isskuring/sandskuring, eksponering og sedimentering». Imidlertid er det ikke gitt noen retningslinjer for hvilken helning, etc. som bør velges. Dette er viktig å få på plass i størst mulig grad da det vil være ulike aktører/institusjoner som samler inn data for indeksberegninger. Dette gjelder spesielt for MSMDI, mens for RSL/RSLA er mange av disse faktorene tatt hensyn til i fjærepotensialet. I utgangspunktet er det viktigst at stasjonen er representativ for den vanntypen som stasjonen ligger i, derfor bør stasjoner for eksempel ikke legges i le bak et nes hvis de ligger i en eksponert vanntype.

Ved bruk av komboindeksen må en i tillegg til fjæresonen vurdere bunnforhold i sjøsonen ved etablering av en ny stasjon. Bunnen ved stasjonen bør skråne jevnt ned mot 30 meter eller mer for å gi egnet substrat for stortare og rødalger som skal registreres i komboindeksen.

Faktorer som hindrer måling av ekte voksegrense for makroalger er som regel at substratet endrer seg (hardbunn går over i bløtbunn på dypere vann), men kan også skyldes for kort kommunikasjonskabel på grunn av slakt skrånende terreng i transektundersøkelser. I kystområder med klart vann kan det også skyldes at maksimalt tillatt dykkedyp er nådd (30 meter). Dette er faktorer som må tas hensyn til i valg av stasjoner.

For ålegress er stasjonsvalget viktig, da erfaring tilsier at de fleste ålegressenger er naturlig begrenset av bølgeeksponering, substrat og andre faktorer, slik at det i realiteten ikke er levevilkår ned til nederste mulige voksedyp. Dersom nedre voksegrense for ålegress skal måles i en vannforekomst må det for det første velges ut en lokalitet der ålegress faktisk finnes. Det er mange vannforekomster som tilsynelatende har gode forhold for ålegress, men der disse allikevel ikke finnes. Så lenge man ikke er sikre på at eutrofiering er årsaken til at engen ikke finnes, kan ikke denne indeksen vurderes for dette området. Deretter må man forsikre seg om at ålegressengens utbredelse er begrenset av dyp/lys og ikke andre faktorer som substrat eller bølgeeksponering.

4.2.2 Gode eksempler og bildebruk

Klassifiseringsveilederen bør inneholde bilder av makroalger etter tetthetsklassene spredt, middels tett, etc. slik at dette blir gjort mest mulig enhetlig av ulike personer/institusjoner. Bildeeksempel på hvordan en dekningsgrad på 5 % ser ut (brukes som minimum dekningsgrad for at en alge skal registreres i MSMDI) kan være nyttig å ha med i en veileder. Det er også et krav om at registreringene skal gjøres på «utvokste individer i stand til å reproducere». Et bildeeksempel på hvordan en reproduktiv makroalge ser ut, kan også være til hjelp (selv om dette bør være kjent hos prøvetakeren/konsulenten/biologen).

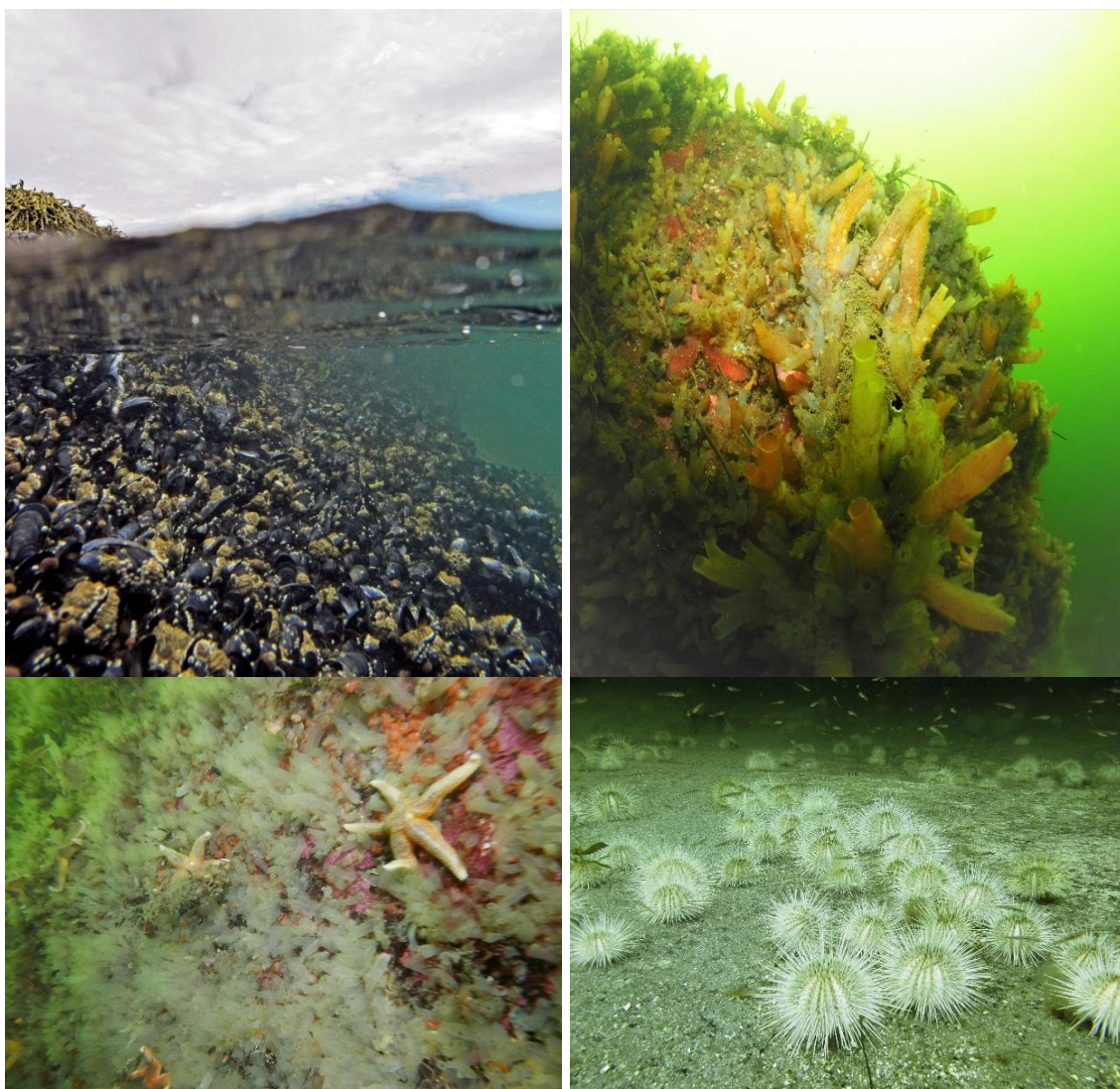
Videre bør det oppfordres til fotografisk dokumentasjon av stasjonsplassering og miljøforhold på stasjonen.

4.2.3 Registrering i felt

Påvirkning på marine samfunn av fremmede arter dekkes i utgangspunktet ikke av de biologiske kvalitetselementene for makroalger og ålegress. Vi mener at det likevel er viktig å dokumentere og rapportere funn av fremmede arter når man er i felt. Samtidig vil vi påpeke viktigheten av at det på hver stasjon alltid registreres alle tilstedeværende arter, og ikke bare de som finnes på artslisten, for å kunne validere og videreutvikle RSL/RSLA.

Når det for komboindeksen skal registreres nedre voksegrense for tare og rødalger, samt utbredelse av trådformete alger i sjøsonen, bør følgende registreringer gjøres i tillegg: 1) hvorvidt det er synlig tare under påvekstalgene, 2) nederste dyp for vanlig forekomst av rødalger (det vil si >25 % dekningsgrad, i tillegg til indeksens enkeltfunn) og 3) dybdeutbredelse for store mengder eller masseforekomster av kråkeboller, sekkdyr eller andre dyr som kan være viktige for å forklare tilstanden i en vannforekomst (Figur 15). Selv om disse registreringene ikke gir data til indeksberegningen, kan slik informasjon være veldig nyttig som forklaringsvariabler og ved en eventuell re-analysering og videreutvikling av indeksen. Noe som vi anbefaler på et senere tidspunkt, når mer data eller kunnskap foreligger.

Ved dykkerundersøkelser av nedre voksegrense (MSMDI) bør det også registreres utbredelse av masseforekomster av trådformete alger, på lik linje som i komboindeksen.



Figur 15. Eksempler som illustrerer hvordan fjæresonen og sjøsonen kan være dekket av masseforekomster av andre organismer (her *Mytilus edulis*, Diverse sekkdyr, *Ciona intestinalis* og *Gracilechinus acutus* tidl. *Echinus acutus*), som ikke er en del av indeksen, men som er årsaken til eventuelle fravær av arten som skal registreres.

4.2.4 Diverse småfeil og uklarheter i klassifiseringsveilederen

- Det mangler ett minustegn i formelen for beregning av EQR for parameterverdiene: Andel grønnalger, Sum av forekomst for grønnalger og Prosent andel opportuniste.
- I RSLA 1-3 heter tilstandsklassen til EQR-verdi 0,8-1 Meget god, mens i RSL 4-5 heter den Svært god.
- Det er feil i bredden til enkelte av klassegrensene. For eksempel % antall grønnalger. Hvis man har verdien 20 for parameteren % antall grønnalger, vil det gi statusklasse Meget god. Ved beregning av EQR-verdien vil du da få en $EQR = 0,8$ som gir statusklasse «God». Det samme gjelder for alle klassegrensene, for % andel opportuniste, og for sum av forekomst grønnalger. Antagelig vil dette kunne rettes opp i ved riktig tegnssetting («>») i EQR-klasser og grenseverdier for parameterne.
- I tabellen for RSLA 3 er klassegrensene for % antall brunalger i statusklasse Dårlig angitt som >10-10. Dette skal være >10-20.
- I tabellen for RSL 4 står EQR-verdien til statusklasse Dårlig som 0,6-0,2. Det skal være 0,4-0,2.

- Ved beregning av ESG I/ESG II i tabellen for klassegrenser for RSL/RLSA er «maks verdi» for statusklasse Svært god satt for lavt, i alle fall for RSL 4 (de andre er ikke testet). Ved utregninger i forbindelse med testene har det ved bruk av RSL 4 gitt ESG-ratio på 1,17, mens klassegrensen for Svært god står som $>0,65-1$.
- Den prosentvise inndelingen av tetthetsklasser som brukes for makroalger burde være inndelt slik at grenseverdiene ikke kan inkluderes i begge klassene. I dag tilsvarer tetthetsklasse 2-6 henholdsvis 0-5 %, 5-25 %, 25-50 %, 50-75 % og 75-100 %, men dersom klassene i ettertid skal konverteres til et firedelt eller sekسدelt system, er det ikke gitt hvilken klasse man havner i dersom tettheten er angitt i 5, 25, 50, eller 75 %, slik angitt i Tabell V8.2 i klassifiseringsveilederen. Vi foreslår å angi hva som er «fra og med» og «til og med», slik: 0-5 %, $>5-25$ %, $>25-50$ %, $>50-75$ % og $>75-100$ %.
- Det er en del uklarheter i beskrivelsen av metodikken for beregning av indekser for ålegress. Det bør komme tydeligere fram at artssammensetning ikke omfatter arter blant ålegressplanter eller assosiert flora og fauna, men at begrepet er benyttet for mengde trådalger. Det er også grunn til å mistolke mengdeangivelsen og poengberegningen til mengde trådalger, siden det ikke er presisert at disse er på motsatt skala.

5. Konklusjon

I den foreliggende rapporten er artslistene for indeks for fjæresamfunn (RSL/RLSA) i Nordsjøen N og Norskehavet S revidert, og artslistene er utviklet for Nordsjøen S, Norskehavet N og Barentshavet. Klassegrenser for denne indeksen er videreført til Nordsjøen S, mens for Norskehavet N og Barentshavet finnes i dag ikke tilstrekkelig med data for å sette klassegrenser for RSL/RLSA. Også artslistene for MSMDI er vurdert og utvidet/justert til også å gjelde Nordsjøen S/N, Norskehavet S/N og Barentshavet. Klassegrenser for MSMDI ut over Skagerrak er ikke forsøkt utarbeidet, da MSMDI ikke var en del av oppdraget. Imidlertid er det sannsynlig at en eventuell gjennomgang av eksisterende transektdata vil gjøre det mulig å utvikle MSMDI for enkelte vanntyper i Nordsjøen S og N og eventuelt også lenger nord ved hjelp av lysmodeller.

Rapporten omfatter et første utkast til beskrivelse av en ny komboindeks som skal omfatte både fjæresonen (tradisjonell RSL/RLSA) og sjøsonen, ved bruk av de tre parameterne nedre voksegrense for stortare, nedre voksegrense for rødalger, samt dybdeutbredelse av masseforekomst av trådformete alger. Arbeidet har inkludert utvikling av prosedyrer for innsamling av data, samt utarbeidelse av referanseverdier og klassegrenser. Økoregioner og vanntyper der klassegrenser er utviklet for alle de tre sjøsoneparameterne er: Skagerrak 1-3, Nordsjøen S/N 1-3 og Norskehavet S/N 1. Imidlertid mener vi at indeksen også bør kunne brukes i tilfeller der kun én eller to av delparameterne kan beregnes. Ut fra dette mener vi at komboindeksens fjæresoneindeks skal kunne brukes for vanntype 1-6 i samtlige økoregioner, slik at den fullstendige komboindeksen (sjøson + fjæresone) i praksis er begrenset av eventuelt manglende klassegrenser for RSL/RLSA.

I årets ØKOKYST-programmer har Miljødirektoratet inkludert innsamling av data ved bruk av droppkamera for en mulig fremtidig komboindeks. Vi anbefaler at Miljødirektoratet gir en presis metodeinstruks for bruken av droppkamera i god tid før feltarbeidet under ØKOKYST starter opp, slik at data blir samlet inn på en lik og relevant måte i alle delprogrammer.

Vi vil understreke at man taper en del informasjon når man går fra registrering ved bruk av dykking til registrering med droppkamera, som foreslått i komboindeksen. Registreringene en gjør ved tradisjonelle transektdykk er verdifulle fordi de kan gi oss detaljert data om biologisk mangfold. Utviklingen av indekser for makroalger i sjøsonen hadde vært umulig uten tilgang på data fra de grundige transektundersøkelser som ligger til grunn for utviklingen av indeksene. Vi anbefaler derfor at eksisterende dykkestasjoner med lange tidsserier opprettholdes og at det etableres et nettverk av dykkestasjoner med tradisjonelle transektdykk der disse mangler, som på sikt vil danne grunnlag for å etablere grenseverdier i disse områdene. En fremtidig bruk av droppkamera som innsamlingsmetode vil kunne øke datatilgangen for de dyptlevende rødalgens nedre voksegrense og således gjøre det mulig å forbedre denne indeksen i fremtiden.

Vi vil understreke at en forsvarlig utvikling og kvalitetssikring av vannforskriftens indekser alltid bør være databasert. Dette betyr at ekspertvurderinger i minst mulig grad bør benyttes. Ekspertvurderinger er ofte benyttet der man mangler kunnskap om hvordan menneskeskapte faktorer påvirker indekser og deres delparametere. Den beste måten å etablere gode dose-responsforhold på er via eksperimentelle studier. Alternativt, dersom observasjonelle data fremdeles skal brukes, vil det være en stor fordel om nasjonale overvåkingsprogrammer blir koordinert, i tid og rom, slik at data fra programmene bedre kan ses i sammenheng. Dette er nødvendig for å koble data om for eksempel hydrografi og kjemi fra overvåking av elver og vannmasser i sjø til biologiske data i kystvann (makroalger, bunnfauna, planktonalger).

Vi har her presentert et sett med førstegenerasjonsmodeller basert på lysmodeller og beregning av fotosyntese og respirasjon, som er brukt til å sette referanseverdier og klassegrenser for ålegress og rødalger. Her mener vi det er store muligheter for videreutvikling og forbedringer, både for disse kvalitetselementene, og for å kunne vurdere framtidige klimaeffekters innflytelse på både nedre voksegrense og forekomst av trådalger.

6. Litteratur

- Abe M, HaShimoto N, Kurashima A, Maegawa M. 2003. Estimation of light requirement for the growth of *Zostera marina* in central Japan. *Fisheries Science* 69:890-895.
- Aksnes DL, Dupont N, Staby A, Fiksen O, Kaartvedt S, Aure J. 2009. Coastal water darkening and implications for mesopelagic regime shifts in Norwegian fjords. *MEPS* 387:39-49.
- Andersen GS. 2013. Growth, survival, and reproduction of the kelp *Saccharina latissima*, seasonal patterns and epiphytisme. Doktorgrad, Universitetet i Oslo, Biologisk fakultet.
- Bekkby T, Moy FE, Olsen H, Bodvin T, Grefsrud ES, Espeland SH, Bøe R og Rinde E. 2012. Nasjonal kartlegging av biologisk mangfold - kyst. Diskusjon og forslag til revidering av kriterier for verdisetting av marine naturtyper og nøkkelområder. NIVA-rapport 6446-2012. 45 s.
- Bekkby T, Pedersen A, Rygg B, Moy F. 2007. Marint stasjonsnett. Forslag til stasjoner for basisovervåking (referanse- og trendverdier) av kystvann. NIVA-rapport nr. 5426.
- Brattegard T og Holthe T (eds) 2001. Distribution of marine, benthic macroorganisms in Norway. Utredning for DN 2001-3. Oppdatert av Utredning for DN 1997-1.
- Christie H, Gundersen H, Rinde E, Bekkby T. 2014. Stortareskog som indikator i «Naturindeks for Norge». NIVA-rapport nr. 6609.

- Connor DW, Gilliland PM, Golding N, Robinson P, Todd D, Verling E. 2006. UKSeaMap: the mapping of seabed and water column features of UK Seas, ISBN 86107 590 1.
- Dennison WC. 1987. Effects of light on seagrass photosynthesis, growth, and depth distribution. *Aquat. Bot.* 27:15-26.
- Direktoratsgruppa. 2013. Veileder 02:2013 (revidert 2015). Klassifisering av miljøtilstand i vann: Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. 229 s.
- Duarte CM. 1991. Seagrass depth limits. *Aquat. Bot.* 40:363-377.
- EMODnet. 2016. Thematic Lot no 3 - Seabed Habitats - Final report. Reporting Period: Sept. 2013 to Sept. 2016. webgate.ec.europa.eu/maritimeforum/en/node/3946.
- Finstad AG, Andersen T, Larsen S, Tominaga K, Blumentrath S, de Wit HA, Tømmervik H, Hessen DO. 2016. From greening to browning: Catchment vegetation development and reduced S-deposition promote organic carbon load on decadal time scales in Nordic lakes. *Sci Rep.* 6:31944.
- Fredriksen S, Rueness J. 1990. Eutrofisituasjonen i Ytre Oslofjord 1989. Benthosalger i Ytre Oslofjord. NIVA-rapport 2388. Statlig program for forurensning, rapport 397/90. 63 s.
- Frigstad H, Andersen T, Hessen DO, Jeansson E, Skogen M, Naustvoll L-J, Miles MW, Johannessen T, Bellerby RGJ. 2013. Long-term trends in carbon, nutrients, and stoichiometry in Norwegian coastal waters: evidence of a regime shift. *Prog Oceanogr* 111:113-124.
- Gitmark JK, Christie H, Fagerli CW, Kile MR. 2016. Høstundersøkelser av makroalgesamfunn ved utvalgte lokaliteter, Rogaland og Sogn og Fjordane. Miljødirektoratet rapport M-640:2016.
- Gundersen H, Bekkby T, Norling K, Rygg B, Walday MG. Spatial modeling of reference conditions for benthic macroinvertebrate indices in coastal waters. *Environmental Modelling and Software* (innsendt).
- Henriksen S og Hilmo O (red). 2015. Norsk rødliste for arter 2015. Artsdatabanken, Norge
- Hiscock K (ed.). 1996. Marine Nature Conservation Review: rationale and methods. Peterborough: Joint Nature Conservation Committee. [Coasts and seas of the United Kingdom. MNCR Series].
- Højerslev NK. 1978. Daylight measurements appropriate for photosynthetic studies in natural sea water. *J Cons Int Explor Mer* 38:131-145.
- NEA-GIG. 2013. North East Atlantic GIG: Coastal Waters - Macroalgae and Angiosperms. Macroalgae - Parameter intertidal or subtidal macroalgae rocky bottom. 128 pp.
- Norsk Standard NS-EN ISO 19493
- Pedersen A, Gitmark JK, Tveiten L, Kile MR. 2012. Makroalgevegetasjon i Stavanger-Sandnes-Jæren-området i 2011. NIVA-rapport 6376-2012. 70 s.
- Pedersen A, Alve E, Alvestad T, Borgersen G, Dolven JK, Gundersen H, Hess S, Kutti T, Rygg B, Velvin R, Vedal J. 2016. Bløtbunnsfauna som indikator for miljøtilstand i kystvann. Ekspertvurderinger og forslag til nye klassegrenser og metodikk. Miljødirektoratet rapport M-633:2016.
- R Development Core Team. 2012. R: A language and environment for statistical computing. [2.8.1.]. Vienna: R Foundation for Statistical Computing.
- Rueness J. 1976. Norsk algeflora. Oslo.
- Skarbøvik E, Allan I, Stålnacke P, Hagen AG, Greipsland I, Høgåsen T, Selvik JR, Beldring S. 2015. Elvetilførsler og direkte tilførsler til norske kystområder - 2014. Miljødirektoratet rapport M-439. 82 s. + vedlegg.
- Sundene O. 1953. The algal vegetation of Oslofjord. *Norske Vidensk. Akad. I. Mat-Nature.* Klasse 1953(2):1-245.

- Walday M, Gundersen H, Gitmark JK, Bekkby T, Norderhaug KM, Pedersen A. 2015. Videreutvikling av makroalgeindeksene for klassifisering av miljøtilstand i kystvann. Miljødirektoratet rapport M-437-2015. 60 s.
- Wells E, Wilkinson M, Wood P, Scanlan C og Best M. 2014. Water Framework Directive development of classification tools for ecological assessment: Macroalgae Species Richness. UKTAG Technical Document. Publ. UKTAG
- Wood SN. 2006. Generalized additive models: an introduction with R. London: Taylor & Francis, CRC Press, 384 s. ISBN, 978-7-58488-474-3.
- Wood SN. 2011. Fast stable restricted maximum likelihood and marginal likelihood estimation of semiparametric generalized linear models. J. Roy. Stat. Soc. B. 73:3-36.
- Zuur A, Leno EN, Walker N, Saveliev AA, Smith GM. 2009. Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, 574 s.
- Östman Ö, Eklöf J, Eriksson BK, Olsson J, Moksnes P-O, Bergström U. 2016. Top-down control as important as nutrient enrichment for eutrophication effects in North Atlantic coastal ecosystems. Journal of Applied Ecology 53:1138-1147.

7. Vedlegg

Vedlegg 1

Oversikt over artsdata brukt for revidering av indeksene fordelt på kilde (Artskart og NIVAs hardbunnsdatabase), økoregion, vanntype og algegruppe der B=brunalger, G=grønnalger og R=rødalger. I tabellen er NIVAs data ekskludert fra Artskart for å unngå duplikater.

Økoregion	Vanntype	Artskart			NIVA			Totalt		
		B	G	R	B	G	R	B	G	R
Skagerrak	1 Åpen	240	39	386	11922	3923	35264	12162	3962	35650
Skagerrak	2 Moderat	245	53	318	8029	1917	19821	8274	1970	20139
Skagerrak	3 Beskyttet	315	64	589	9742	2460	20802	10057	2524	21391
Skagerrak	5 Sterkt fvp.	8	4	5	162	76	324	170	80	329
Skagerrak	6 Oksygenfattig	56	20	50	2696	636	4988	2752	656	5038
Skagerrak	7 Strømrict				15	13	20	15	13	20
Skagerrak	8 Særegne									
Nordsjøen S	1 Åpen	164	28	73	7559	1596	18154	7723	1624	18227
Nordsjøen S	2 Moderat	61	14	117	7565	2268	20885	7626	2282	21002
Nordsjøen S	3 Beskyttet	266	83	283	3140	461	5161	3406	544	5444
Nordsjøen S	4 Ferskvannspåvirket	11	3	43	1377	368	3617	1388	371	3660
Nordsjøen S	5 Sterkt fvp.				4	5	10	4	5	10
Nordsjøen S	6 Oksygenfattig	16		54	12	12	10	28	12	64
Nordsjøen S	7 Strømrict									
Nordsjøen N	1 Åpen	63	16	53	8574	1090	11810	8637	1106	11863
Nordsjøen N	2 Moderat	98	17	90	290	21	397	388	38	487
Nordsjøen N	3 Beskyttet	97	14	40	769	65	1313	866	79	1353
Nordsjøen N	4 Ferskvannspåvirket	19		4				19	0	4
Nordsjøen N	5 Sterkt fvp.									
Nordsjøen N	6 Oksygenfattig	43	7	38	107	24	199	150	31	237
Norskehavet S	1 Åpen	193	20	102	94	32	86	287	52	188
Norskehavet S	2 Moderat	115	10	28	165	52	239	280	62	267
Norskehavet S	3 Beskyttet	501	43	215	1671	376	1987	2172	419	2202
Norskehavet S	4 Ferskvannspåvirket	62	10	20	295	111	299	357	121	319
Norskehavet S	5 Sterkt fvp.	2			7	3	1	9	3	1
Norskehavet S	6 Oksygenfattig	59	9	41				59	9	41
Norskehavet S	7 Strømrict	2						2	0	0
Norskehavet N	1 Åpen	22	3	6	12	3	16	34	6	22
Norskehavet N	2 Moderat	154	34	108	13	5	8	167	39	116
Norskehavet N	3 Beskyttet	126	21	59	553	142	312	679	163	371
Norskehavet N	4 Ferskvannspåvirket	8	1	1	43	11	14	51	12	15
Norskehavet N	5 Sterkt fvp.									
Norskehavet N	6 Oksygenfattig	4						4	0	0
Norskehavet N	7 Strømrict	130	46	68				130	46	68
Barentshavet	1 Åpen									
Barentshavet	2 Moderat	167	74	130				167	74	130
Barentshavet	3 Beskyttet	20	4	17	150	75	120	170	79	137
Barentshavet	4 Ferskvannspåvirket	20		5	234	18	90	254		95
Barentshavet	5 Sterkt fvp.									
Barentshavet	7 Strømrict									
Totalt		3287	637	2943	65200	15763	145947	68487	16382	148890

Vedlegg 2

Artslister for grønnalger, brunalger og rødalger brukt i utregningen av RSL og RSLA der arter eller grupper som er fjernet er angitt med rødt, mens arter eller grupper som er lagt til er angitt i blått. Reviderte artslistene for Nordsjøen N og Norskehavet S er i utgangspunktet de samme som har eksistert tidligere men er nå oppdatert med blant annet ny nomenklatur (Kapittel 5.1.1). For de resterende økoregioner er artslistene resultatet av utviklingsarbeidet gjort i dette prosjektet (Kapittel 2.4.1 og 3.1).

GRØNNALGER	Oppport.	ESG	Reviderte artslistene for Nordsjøen N og Norskehavet S			Forslag til artslistene for Nordsjøen S			Forslag til artslistene for Norskehavet N			Forslag til artslistene for Barentshavet		
			RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5
<i>Acrosiphonia</i> spp./ <i>Spongomorpha</i> spp.		2	X	X		X	X		X	X		X	X	
<i>Blidingia</i> spp.	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetomorpha melagonium</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chaetomorpha/Rhizoclonium</i> spp.	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cladophora rupestris</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cladophora</i> spp.	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Codium fragile</i>		1		X			X							
<i>Monostroma grevillei</i>	1	2	X			X			X			X		
<i>Prasiola</i> spp.		2	X			X			X			X		
<i>Spongomorpha</i> spp.		2			X			X			X			X
<i>Ulothrix/Urospora</i> spp.	1	2	X	X		X	X		X	X		X	X	
<i>Ulva lactuca</i>	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ulva</i> spp. (tidl. <i>Enteromorpha</i> sp.)	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BRUNALGER			RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5
<i>Alaria esculenta</i>		1	X			X			X			X		
<i>Ascophyllum nodosum</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Asperococcus fistulosus</i>		1	X			X			X			X		
<i>Chorda filum</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Halosiphon tomentosus</i> (tidl. <i>Chorda tomentosa</i>)		1	X	X		X	X		X	X		X	X	
<i>Chordaria flagelliformis</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cladostephus spongiosus</i>		2	X			X								
<i>Desmarestia aculeata</i>		2	X			X			X			X		
<i>Dictyosiphon foeniculaceus</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dictyota dichotoma</i>		2	X	X		X	X							
<i>Ectocarpus</i> spp.	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Elachista fucicola</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Fucus ceranoides</i>		1		X	X									
<i>Fucus evanescens</i>		1	X			X			X			X		
<i>Fucus serratus</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Fucus spiralis</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Fucus vesiculosus</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Holidrys siliquosa</i>		1	X			X								
<i>Himantalia elongata</i>		1	X			X			X					
<i>Laminaria digitata</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Laminaria hyperborea</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Leathesia marina</i> (tidl. <i>Leathesia difformis</i>)		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Mesogloia vermiculata</i>		2	X	X	X	X	X	X						
<i>Pelvetia canaliculata</i>		1	X	X	X				X	X	X	X	X	X
<i>Petalonia fascia</i>		2	X			X			X			X		
<i>Pylaiella littoralis</i>	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ralfsia</i> spp.		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Saccharina latissima</i>		1	X	X		X	X		X	X		X	X	
<i>Scytosiphon lomentaria</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Sphacelari cirrosa</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Sphacelaria/Spaceloderma/Prolohapteris/Chaetopteris/Battersia</i> spp.		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Spongonema tomentosum</i>	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Saccorhiza dermatodea</i>		1							X	X		X	X	
<i>Fucus distichus</i>		1				X	X		X	X		X	X	
<i>Eudesme virescens</i>		2								X				

Vedlegg 2 forts.

RØDALGER	Opport.	ESG	Reviderte artslister for Nordsjøen N og Norskehavet S			Forslag til artslister for Nordsjøen S			Forslag til artslister for Norskehavet N			Forslag til artslister for Barentshavet		
			RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5	RSLA 1-2	RSLA 3	RSL 4-5
<i>Aglaothamnion/Callithamnion</i> spp.		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Aglaothamnion sepositum</i>		2	X			X			X			X		
<i>Ahnfeltia plicata</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Audouinella/Acrochaetium/Colaconema/Meiodiscus/Rubrointrusa/Rhodothamniella</i> spp.		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Bangia fuscopurpurea</i>		2	X			X			X			X		
<i>Brongniartella byssoides</i>		2	X			X								
Calcareous encrusters		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceramium virgatum</i> (tidl. <i>Ceramium nodulosum</i>)		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ceramium shuttleworthianum</i>		2	X	X	X	X	X	X						
<i>Ceramium</i> spp.	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Chondrus crispus</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Corallina officinalis</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Cystoclonium purpureum</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Dumontia contorta</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Furcellaria lumbricalis</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Gloiosiphonia capillaris</i>		1		X			X							
<i>Heterosiphonia plumosa</i>		2	X	X	X	X	X	X						
<i>Hildenbrandia rubra</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Lomentaria articulata</i>		1	X											
<i>Lomentaria clavellosa</i>		1	X	X	X	X	X	X						
<i>Mastocarpus stellatus</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Melobesia membranacea</i>		1	X	X	X	X	X	X						
<i>Membranoptera alata</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Nemalion helminthoides</i>		1	X	X	X	X	X	X						
<i>Osmundea</i> spp.		1	X	X	X	X	X	X						
<i>Palmaria palmata</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Phycodrys rubens</i>		2	X			X			X			X		
<i>Phyllophora</i> spp./ <i>Coccotylus truncatus</i>		1	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Plocamium cartilagineum</i>		2	X	X	X	X	X	X						
<i>Plumaria plumosa</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Polyides rotunda</i>		1	X			X			X			X		
<i>Vertebrata fucoides</i> (tidl. <i>Polysiphonia fucoides</i>)		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Vertebrata lanosa</i> (tidl. <i>Polysiphonia lanosa</i>)		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Polysiphonia/Polyostea/Vertebrata</i> spp.		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Porphyra/Pyropia/Wildemania</i> spp.	1	2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Ptilota gunneri</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Rhodomela confervoides</i>		2	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Erythrotrichia carnea</i>		2	X	X		X	X							
<i>Delesseria sanguinea</i>		2	X	X		X	X		X	X		X	X	
<i>Lomentaria orcadensis</i>		1				X								
<i>Devalerae ramentacea</i>		1							X	X	X	X	X	X

Miljødirektoratet

Telefon: 03400/73 58 05 00 | **Faks:** 73 58 05 01

E-post: post@miljodir.no

Nett: www.miljodirektoratet.no

Post: Postboks 5672 Sluppen, 7485 Trondheim

Besøksadresse Trondheim: Brattørkaia 15, 7010 Trondheim

Besøksadresse Oslo: Grensesvingen 7, 0661 Oslo

Miljødirektoratet jobber for et rent og rikt miljø. Våre hovedoppgaver er å redusere klimagassutslipp, forvalte norsk natur og hindre forurensning.

Vi er et statlig forvaltningsorgan underlagt Klima- og miljødepartementet og har mer enn 700 ansatte ved våre to kontorer i Trondheim og Oslo, og ved Statens naturoppsyn (SNO) sine mer enn 60 lokalkontor.

Vi gjennomfører og gir råd om utvikling av klima- og miljøpolitikken. Vi er faglig uavhengig. Det innebærer at vi opptrer selvstendig i enkeltsaker vi avgjør, når vi formidler kunnskap eller gir råd. Samtidig er vi underlagt politisk styring. Våre viktigste funksjoner er at vi skaffer og formidler miljøinformasjon, utøver og iverksetter forvaltningsmyndighet, styrer og veileder regionalt og kommunalt nivå, gir faglige råd og deltar i internasjonalt miljøarbeid.