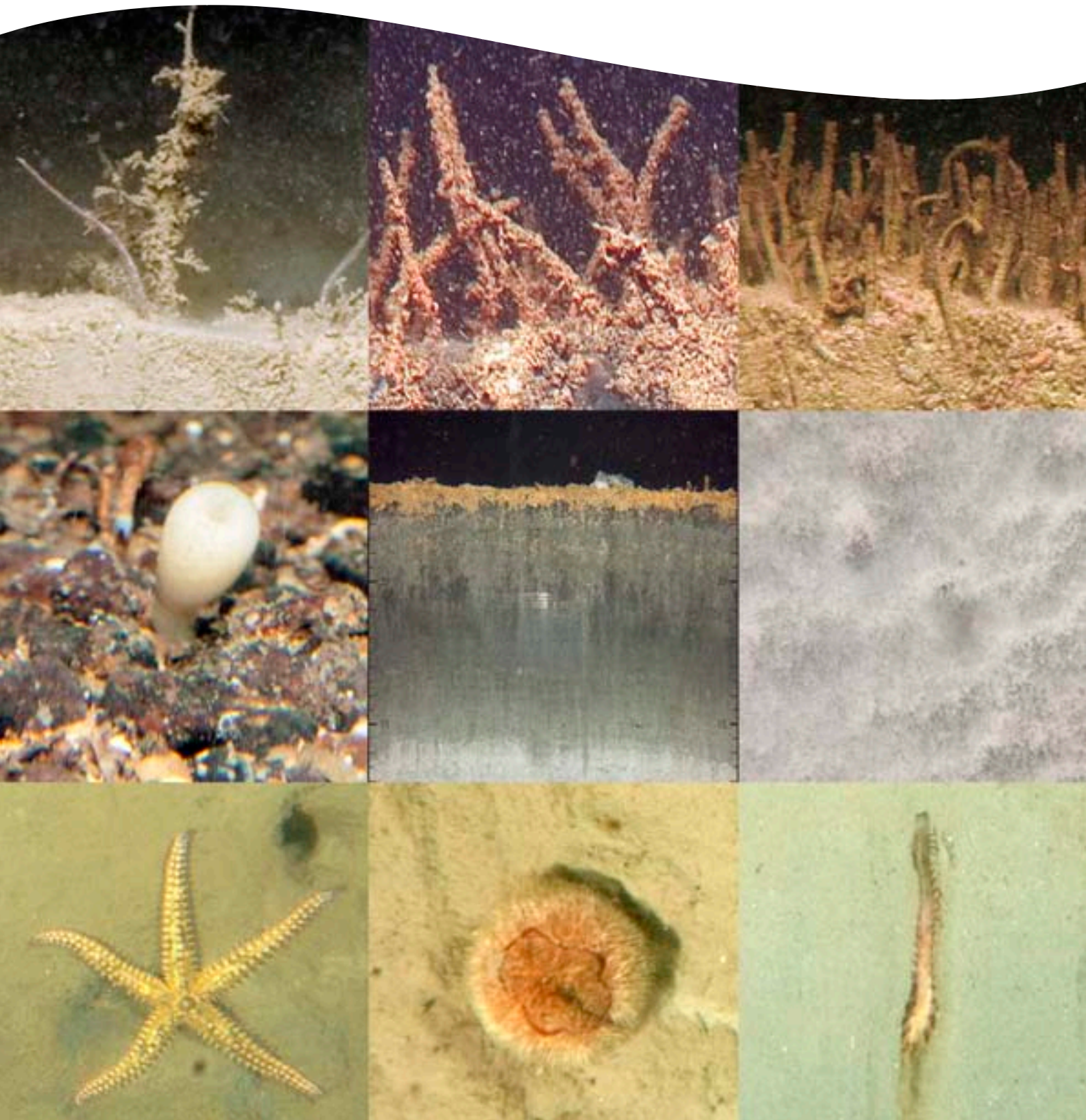


Naturindeks; Videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for bløtbunnsindikator for kystvann - Et utviklingsprosjekt under Naturtyper i Norge (DN)



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internett: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Jon Lilletuns vei 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 59
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Thormøhlensgate 53 D
5006 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 31 22 14

NIVA Midt-Norge

Pirsenteret, Havnegata 9
Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Naturindeks; Videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for bløtbunnsindikator for kystvann - Et utviklingsprosjekt under Naturtyper i Norge (DN)	Løpenr. (for bestilling) 6071-2010	Dato 14.02.2011
	Prosjektnr. Undernr. O-10298	Sider Pris 32
Forfatter(e) Hege Gundersen, Karl Norling, Trine Bekkby, Eivind Oug, Brage Rygg, Mats Walday	Fagområde Bløtbunnsøkologi	Distribusjon Åpen
	Geografisk område Norskekysten	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning (DN)	Oppdragsreferanse DN-prosjektkode 10040037
--	--

<p>Sammenheng</p> <p>Denne rapporten er utarbeidet for Direktoratet for naturforvaltning (DN) under prosjektet "Naturindeks; Videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for bløtbunnsindikator for kystvann". Ved statistiske analyser og Geografiske Informasjonssystemer (GIS) viser vi her en metode for produksjon av arealrepresentative kart over referanseverdier. Vi har beregnet 5 ulike indekser: Shannon-Wiener diversitetsindeks (H'), artsrikhet (ES₁₀₀), ømfintlighetsindeks (ISI) og Norsk kvalitetsindeks 1 og 2 (NQI1 og NQI2) basert på 30 års data fra Kystovervåkningsprogrammet og andre NIVA-prosjekter. Vi foreslår at resultatene fra dette prosjektet kan inngå i neste leveranse til naturindeksen. På bakgrunn av arbeidet vi har gjort i dette prosjektet vil vi sterkt anbefale å bruke samme eller lignende metodikk for utarbeidelse av referanseverdier med full geografisk og habitatspesifikk representativitet, der man har tilstrekkelig godt datamateriale.</p>

<p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Biomangfold 2. Bløtbunnsdiversitet 3. GIS-modeller 4. Naturtilstand 	<p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Biodiversity 2. Soft sediment diversity 3. GIS models 4. Reference values
--	--



Hege Gundersen
Prosjektleder



Mats Walday
Forskningsleder



Bjørn Faafeng
Seniorrådgiver

**Videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for
bløtbunnsindikator for kystvann**

Et utviklingsprosjekt under Naturindeks for Norge (DN)

Forord

Denne rapporten er utarbeidet for Direktoratet for naturforvaltning (DN) under prosjektet "Naturindeks; Videreutvikling av kunnskapsgrunlaget for bløtbunnsindikator for kystvann". I dette utviklingsprosjektet presenterer vi tilstand og referansetilstand for ulike diversitetsindekser på artsrikhet, -mangfold og følsomhet for bløtbunnsfauna for kystkommuner og -fylker i Norge. Vi viser her en metode for produksjon av heldekkende kart over referanseverdier ved bruk av GIS- og statistikkanalyser. Resultatet fra prosjektet er tenkt å inngå i naturindeks for Norge. Takk til samarbeidspartnere ved Norsk institutt for vannforskning (NIVA) og Signe Nybø og Knut Simensen ved DN.

Alle kart og tabeller i denne rapporten kan bli gjort tilgjengelig for DN på digitalt format (henholdsvis jpg-filer og xls-filer).

Oslo, 15. februar 2011



Hege Gundersen

Prosjektleder

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1. Innledning	7
1.1 Norsk naturindeks - Indikator "Bløtbunn arts mangfold fauna"	7
1.2 Prosjektets formål og beskrivelse	7
1.3 Prediksjonsmodellering	7
2. Metoder	9
2.1 Datamateriale	9
2.2 Diversitetsindekser	10
2.3 Statistisk modellering og prediksjonskartlegging	11
2.3.1 Statistisk modellering	11
2.3.2 GIS-analyser	11
3. Resultater	12
3.1 Datamateriale	12
3.2 Statistiske modeller	12
3.3 Prediksjonskart over referansetilstand	13
3.4 Tilstandsverdier	29
4. Diskusjon	32
5. Referanser	34

Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet for Direktoratet for naturforvaltning (DN) under prosjektet "Naturindeks; Videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for bløtbunnsindikator for kystvann". Ved statistiske analyser og Geografiske Informasjonssystemer (GIS) viser vi her en metode for produksjon av heldekkende (arealrepresentative) kart over referanseverdier. Dette anser vi som en stor forbedring i forhold til tidligere leveranser hvor samme referanseverdi ble brukt i alle regioner, fylker og kommuner i Norge og vi ser for oss at resultatene fra dette prosjektet kan inngå i neste leveranse til naturindeksen.

Gjennom Kystovervåkningsprogrammet (1990-2010) og andre prosjekter har NIVA tilgjengelig data med høy romlig og tidsmessig dekning fra en periode på mer enn 30 år. For disse er det beregnet 5 ulike indekser: Shannon-Wiener diversitetsindeks (H'), artsrikhet (ES_{100}), ømfintlighetsindeks (ISI) og Norsk kvalitetsindeks 1 og 2 (NQI1 og NQI2). Datamaterialet er videre koblet til økoregion (Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet) og viktige geofysiske prediktorvariable: dybde, skråning, bølgeeksponering, terrengkurvatur og basseng) i GIS.

Modellene anses som middels gode, men kunne med fordel også vurderes kvalitativt ved en grundigere gjennomgang av personer med kjennskap til lokale forhold. En mulig forbedring av modellene kunne innebære en ytterligere differensiering mellom ulike vannforekomster og vanntyper i tillegg til andre relevante forklaringsvariable (f.eks strømmode) som man sannsynligvis får tilgang til i fremtiden. En slik jobb vil ikke være veldig omfattende, nå som det grunnleggende kartarbeidet er utført.

På bakgrunn av arbeidet vi har gjort i dette prosjektet vil vi sterkt anbefale å bruke samme eller lignende metodikk for utarbeidelse av referanseverdier med full geografisk og habitatspesifikk representativitet, der man har tilstrekkelig godt datamateriale.

Summary

Title: Nature Index of Norway: Further development of soft sediment indicators of coastal water

Year: 2010

Authors: Hege Gundersen, Karl Norling, Trine Bekkby, Eivind Oug, Brage Rygg, and Mats Walday

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 978-82-577-5806-6

This report is made on commission for the Directorate for Nature Management (DN). By statistical analyses and Geographic Information Systems (GIS), we show here a method for production of area representative maps of reference values for various indices. This we consider as a great improvement over earlier deliveries in which the same reference value was used in all regions, counties and municipalities in Norway, and we suggest that the results from this project may be included in the next delivery to the nature of the index.

Through the Norwegian Coastal Monitoring Programme (1990-2010) and other projects, NIVA have available data with high spatial and temporal coverage from a period of more than 30 years. Five different indices are estimated based on these data: Shannon-Wiener diversity index (H'), species richness (ES_{100}), Indicator Species Index (ISI) and the Norwegian Quality Index 1 and 2 (NQI1 and NQI2). The data is specified to ecoregion (Skagerrak, North Sea, Norwegian Sea, and Barents Sea) and important geophysical predictor variables: depth, slope, wave exposure, terrain-, and basin structures) in GIS.

We considered the models as being relatively good, but could with advantage also have been evaluated qualitatively by persons with local knowledge. A possible improvement of the models could be a further differentiation between different types of water bodies as well as including other relevant explanatory variables (e.g. a current speed model).

On the basis of the work we have done in this project, we strongly recommend using the same or similar methodology for preparation of reference values with full geographic and habitat-specific representation, where adequate data exists.

1. Innledning

1.1 Norsk naturindeks - Indikator "Bløtbunn artsmangfold fauna"

Norsk naturindeks skal gi et overblikk over utviklingen av biologisk mangfold i Norge og identifisere viktige kunnskapsbehov for å kunne følge utviklingen framover (Nybø 2010). Indeksen bygger på en rekke indikatorer som samlet skal gi et representativt bilde av tilstanden til biologisk mangfold. Naturindeksen etterspør referanseverdier for hver geografiske enhet som registreres (for eksempel kommuner eller fylker).

Bløtbunnsområder dekker mesteparten av havbunnen og inneholder ofte bunnsamfunn med høy biodiversitet. Artssammensetning og biodiversitet brukes ofte som en miljøindikator i ulike overvåkingsprogrammer, og bløtbunnsfauna har blitt valgt ut som et av de biologiske kvalitetselementene i EUs vanddirektiv. Dette fordi forurensning før eller senere ender opp på bunnen og at marine bentiske samfunn i relativt stabile miljøer endrer seg lite over tid under naturlige forhold (Rosenberg m. fl. 2004). For naturindeksens indikator "Bløtbunn artsmangfold fauna" under hovednaturtypen/økosystem "Kystvann bunn" har Norsk institutt for vannforskning (NIVA) tidligere levert tilstandsdata for 1-2 overvåkingslokaliteter i hvert kystfylke fra Østfold til Finnmark. I tillegg har NIVA levert data for samme indikator under hovednaturtypen "hav bunn" for regionene Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. Referansetilstanden for indikatoren (Shannon-Wiener diversitetsindeks H') som til nå er rapportert er delvis basert på eksisterende data og delvis på en ekspertvurdering (bidragsyter: Brage Rygg, NIVA). Referanseverdien har vært fastsatt som 90-persentilen av stasjoner utaskjærs i Skagerrak (dvs. 10 % av prøvene hadde høyere verdi) og fikk for dette datamaterialet verdien 4,4. Denne verdien er altså inntil videre brukt for alle regionene, fylker og kommuner i Norge. Samme verdi er også benyttet for havområder. Denne referanseverdien har ikke den vanntypeavhengige differensieringen som er ønsket i beregningen av naturindeksen, da vi vet at bløtbunnsamfunn varierer naturlig mellom ulike vanntyper, kystavsnitt, dyp, eksponeringsforhold etc.

1.2 Prosjektets formål og beskrivelse

Prosjektets formål var å levere tilstandsverdier for bløtbunnsfauna og produsere forventet referansetilstand med full geografisk representativitet. I prosjektet skulle det modelleres referanseverdier for artsindeks for alle hav- og kystområder og produseres kart for referanseverdier på den geografiske skalaen som er mest egnet for dette datasettet ned på kommune-, fylkes og økoregionsnivå (Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet). Arbeidet med utviklingsprosjektet har bestått av mange ulike delaktiviteter, hvorav en stor del er finansiert innenfor andre prosjekter i NIVAs regi (**Tabell 1**).

1.3 Prediksjonsmodellering

Bruk av modeller er i praksis den eneste måten å få fullstendig geografisk (habitatspesifikk) representativitet for en indikator. Analyser som kobler faunasamfunn med viktige geofysiske prediktorvariable gjør oss i stand til å predikere mer realistiske tilstandsindekser innen ulike økoregioner/kystvannssoner og vanntyper, samt ulike administrative enheter på fylkes- eller kommunenivå. Prediksjonsmodeller har vist seg å være et svært nyttig og kostnadseffektivt supplement ved kartlegging og overvåking av arter, habitater og naturtyper i norske kyst- og havområder. Slike heldekkende kart, utviklet med modeller basert på innsamlet datamateriale med god romlig representativitet, er i økende grad etterspurt i forbindelse med innføring av EUs Vanddirektiv og marine strategier, samt marine verneområder, nasjonalt program for kartlegging og overvåking av marint biologisk mangfold, storskalaendringer relatert til klima og mer intensiv bruk av kystområdene i næringsvirksomhet (blant annet økt akvakultur, oljevirkosomhet og transport). Per i dag har NIVA utviklet modeller som gir gode prediksjoner for blant annet utbredelse av stortare, sukkertare, ålegras,

skjellsand og bunntype (hard- og bløtbunnsområder) for hele regioner eller lokale deler av Norskekysten (f.eks. Bekkby m.fl. 2008).

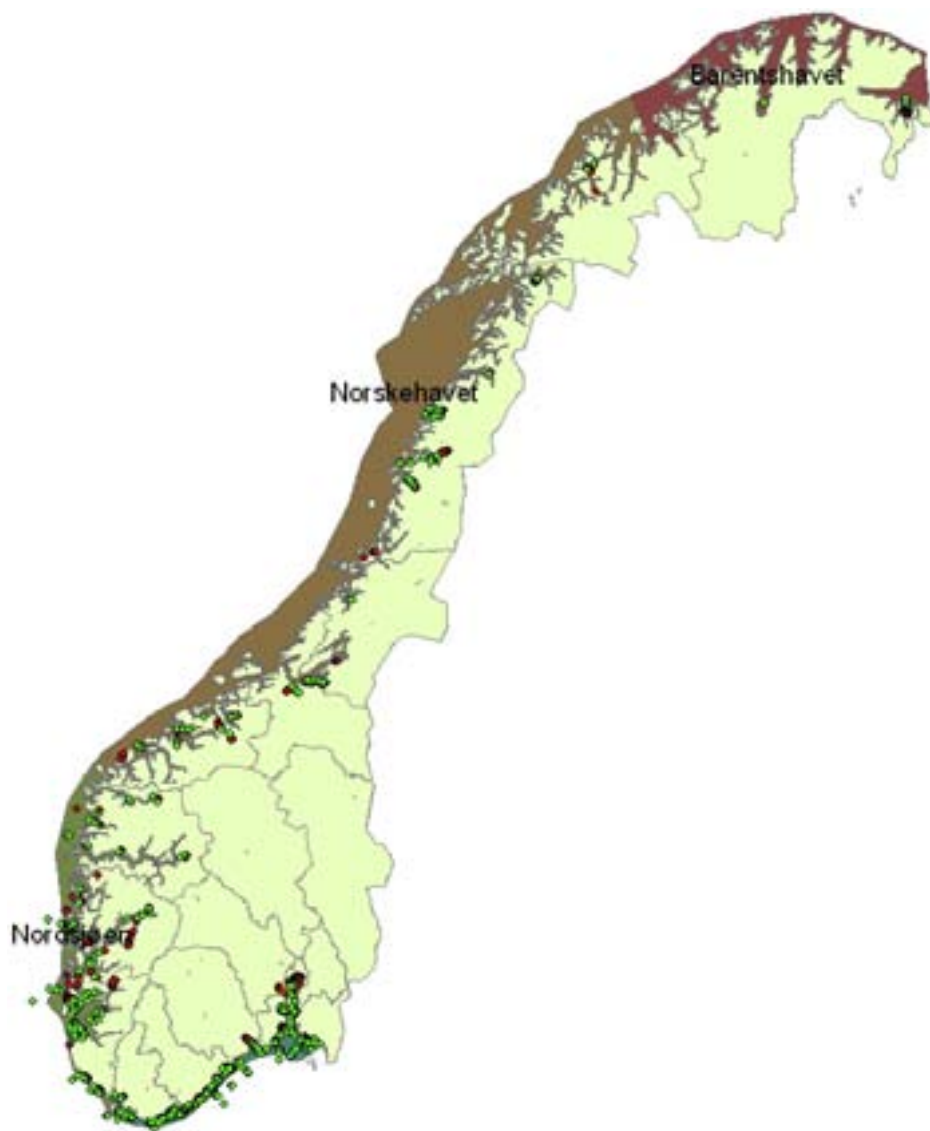
Tabell 1. Delaktiviteter innenfor utviklingsprosjektet fordelt på finansieringsmidler fra DN og NIVAs egne prosjekter.

Aktivitet	Finansiering
Sammenstilling av data og kvalitetssikring	NIVA
Beregning av diversitetsindekser	NIVA
Produsere GIS-lag med geofysiske variable i Skagerrak	NIVA
Koble til GIS-lag med geofysiske faktorer i Skagerrak	NIVA
Utvikle GIS-lag med geofysiske faktorer for resten av Norskekysten	DN
Analysér, modellseleksjon og evaluering for Skagerrak	NIVA
Lage kart med beregnet referansetilstand for Skagerrak	NIVA
Beregne referanseverdier (gjennomsnitt ± variasjon) på kommunenivå	DN
Produsere GIS-lag med geofysiske variable for resten av Norskekysten	NIVA
Koble til GIS-lag med geofysiske faktorer i resten av Norskekysten	DN
Analysér, modellseleksjon og evaluering for resten av Norskekysten	DN
Lage kart med beregnet referansetilstand for resten av Norskekysten	DN
Fremdriftsrapportering til DN	DN
Rapportering/leveranse, administrasjon	DN

2. Metoder

2.1 Datamateriale

Gjennom Kystovervåkningsprogrammet (1990-2010) og andre prosjekter har NIVA i mer enn 30 år samlet prøver av bløtbunnsfauna ved bruk av grabb og analysert disse i laboratoriet. I 2009 ble det gjort et omfattende arbeid med å sammenstille disse dataene, kvalitetssikre dem med hensyn på stedfesting og beregne indekser for tilstand (**Figur 1**). Stasjonene i dette datamaterialet er klassifisert med hensyn til vannforekomster og hvorvidt stasjonen anses for å være i områder med liten menneskelig påvirkning (dvs. referanse-/naturtilstand). Kriterier som er brukt for å velge ut disse områdene er stasjoner som ligger dypere enn 5 meter og/eller ikke er ferskvannspåvirket og/eller ikke ligger nær forurensningskilder. I alt er det beregnet 5 ulike indekser på artsrikhet, artsmangfold og følsomet for forurensninger for alle stasjonene i materialet (Tabell 2). Datamaterialet er videre koblet til økoregion (Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet) og viktige geofysiske prediktorvariable: dybde, skråning, bølgeeksponering, terrengkurvatur og basseng) i GIS.



Figur 1. Oversikt over det totale datamaterialet brukt i prosjektet, fordelt på klassifisering av naturtilstand (grønn) og forurenset/ferskvannspåvirket (rød) og de ulike økoregionene (Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet).

2.2 Diversitetsindekser

I utviklingsarbeidet til naturindeksen har vi produsert kart som viser referansetilstand for et utvalg indekser. I tillegg til Shannon-Wiener (H'), som hovedsakelig ble brukt i tidligere Naturindeksarbeid, har vi modellert andre indekser som er vanlige i norsk vannforvaltning i tillegg til at de er interessante på grunn av ulike beregningsmåter. Disse er artsrikhet (ES_{100}), ømfintlighetsindeks (ISI) og Norsk kvalitetsindeks 1 og 2 (NQI1 og NQI2) (se **Tabell 2** for kort beskrivelse av indeksene og henvisning til litteratur). For samtlige fem indekser er det etablert klassegrenser i henhold til vanddirektivet (Molvær m.fl. 2009, **Tabell 3**), og NQI1 er i tillegg interkalibrert i EUs Vanddirektiv. Utvalget representerer en kombinasjon av indikatorer som viser biomangfold og indekser for følsomhet som kan være særlig aktuelle som "early warning" for påvirkninger i naturindeksen.

Tabell 2. Indekser på artsrikhet, artsmangfold og følsomhet for forurensninger beregnet for alle stasjonene.

Indeks	Symbol	Beskrivelse/formel	Referanse
Shannon-Wiener diversitetsindeks	H'	$H' = -\sum(p_i) * (\log_2 p_i)$, der p_i er proporsjonen av individer i prøven som tilhører arten i	Shannon & Weaver 1963
Hurlberts diversitetsindeks (100)	ES_{100}	Forventet antall arter pr. 100 individer	Hurlbert 1971
Indicator Species Index (ømfintlighetsindeks)	ISI	Gjennomsnittet av sensitivitetsverdier (ES_{100min_s}) av artene i prøven	Rygg 2002
Norsk kvalitetsindeks, versjon 1	NQI1	$0.5 * (1 - AMBI/7) + 0.5 * (SN/2.7) * (N/(N+5))$	Molvær m.fl. 2009
Norsk kvalitetsindeks, versjon 2	NQI2	$0.5 * (1 - AMBI/7) + 0.5 * (H'/6)$	Molvær m.fl. 2009

Tabell 3. Oversikt over klassegrenser for ulike indekser i henhold til EUs Vanddirektiv (Molvær m.fl. 2009). De samme fargekodene er brukt i kartene som viser predikert referansetilstand i kapittel 3.

Indikativ parameter	Dagens referanse-verdi	Økologiske tilstandsklasser basert på observert verdi av indikativ parameter				
		Meget god	God	Moderat	Dårlig	Meget dårlig
NQI1	0,78	>0,72	0,63-0,72	0,49-0,63	0,31-0,49	<0,31
NQI2	0,73	>0,65	0,54-0,65	0,38-0,54	0,20-0,38	<0,20
H'	4,4	>3,8	3,0-3,8	1,9-3,0	0,9-1,9	<0,9
ES_{100}	32	>25	17-25	10-17	5-10	<5
ISI	9,0	>8,4	7,5-8,4	6,1-7,5	4,2-6,1	<4,2

2.3 Statistisk modellering og prediksjonskartlegging

2.3.1 Statistisk modellering

De statistiske analysene for beregning av referansetilstand for de 5 indikatorene ble basert på prøver hentet fra upåvirkede områder, ut fra kriteriene nevnt i kapittel 2.1. På grunn av ulike miljøforhold i de ulike økoregionene har vi valgt å splitte opp analysene til økoregionsnivå. I Barentshavet hadde vi imidlertid begrenset med stasjoner, slik at denne regionen ble analysert sammen med Norskehavet. Total ble det gjort 15 analyser (5 indekser i 3 regioner). For å unngå pseudoreplikering på grunn av gjentatte målinger på stasjonene, har vi basert analysene på gjennomsnittsverdier fra hver stasjon. Gjennomsnittene er først beregnet på replikate målinger innen hvert år, deretter på gjentatte målinger i ulike år.

Enkelte av responsvariablene (indeksene) ble transformert (kvadrert- eller \log_{10} -transformert) for å oppnå en optimal fordeling. Også enkelte av forklaringsvariablene er \log_{10} -transformerte for å oppnå en bedre fordeling og unngå at noen få enkeltobservasjoner får uforholdsmessig stor innflytelse på modellene. Som forklaringsvariable i full modell (før modellseleksjon) har vi brukt relevante, geofysiske variable som vi har hatt tilgjengelige GIS-lag på: dybde, skråning, bølgeeksponering, terrengkurvatur og basseng (se Bekkby m.fl. 2009 for beskrivelse av disse variablene). Dette er prediktorer som tidligere har vist å være potensielt viktige for utbredelsen av ulike habitattyper. Alle GIS-lagene har 25*25 m celleoppløsning.

De statistiske analysene ble utført i statistikkprogrammet R versjon 2.8.1, ved bruk av gam-modeller i analyseverktøyet GRASP. For å finne den beste modellen som samtidig inneholdt færrest mulig parametre, ble AIC (Akaike Information Criteria, Burnham og Anderson 2001) brukt som seleksjonskriterium i alle analysene. Vi har valgt å ikke sette av noe av datamaterialet til uavhengig validering (testdatasett), da vi ønsket å ha størst mulig datasett i de statistiske analysene og dermed oppnå best mulig prediksjonsevne på modellene. Vi har derfor validert prediksjonsmodellene med en intern kryssvalidering beregnet ved korrelasjonsanalyse og kryssvalidert korrelasjonsanalyse mellom predikerte og observerte verdier (COR og cvCOR).

For presentasjon av tilstandsdata har vi brukt både prøver klassifisert som forurenset (F) og naturlig (N). for å tilnærme oss metodikken brukt i naturindeksen presenterer vi tilstand som observerte verdier dividert på referansetilstanden og bruker naturindeksens fargeskala slik de fremgår i Nybø (2010). Tilstandsverdier for de 5 indeksene er her presentert som gjennomsnittsverdier for årene 1985-1990, 1995-2000 og 2005-2010. Her finnes imidlertid data lengre tilbake i tid (tidligste registrering er fra 1974) og i tidsintervaller som ikke er representert her. Ved en eventuell senere registrering av tilstandsdata i naturindeks-databasen vil vi være fleksible m.h.t rapporteringsintervaller og sammenslåing av perioder. Vi fant det ikke naturlig å modellere tilstandsverdier, til det anså vi datamaterialet for begrenset.

2.3.2 GIS-analyser

GIS-arbeidet er utført i ArcView versjon 9.3 og 3.3. Kartleggingen av referanseverdier for indeksene er basert på modellene fra de statistiske analysene. Det ble produsert ett kart for hver referanseverdi – alle med en romlig oppløsning på 25x25 m. Siden indeksene gjelder for kystvann begrenset vi prediksjonen til kystsonen, dvs. innenfor 1 nautisk mil fra kystlinja. Tabeller og kart med gjennomsnittsverdier ble deretter beregnet for hver kommune, fylke og økoregion, basert på celleverdiene i kartet.

3. Resultater

3.1 Datamateriale

Det totale datasettet var på 3730 prøver fra 1974 til 2009. Alle fem indekser var beregnet for de fleste av disse prøvene, selv om noen få unntak forekommer. Etter sammenslåing av ikke-uavhengige prøver fra samme stasjon og år endte vi opp med 1159 uavhengige prøver, fordelt på 537 fra områder klassifisert som forurenset (F) og 622 fra områder klassifisert som naturtilstand (N). Analysen av naturtilstand er altså basert på de sistnevnte 622 observasjonene, selv om noen av stasjonene måtte ekskluderes pga manglende verdier. For presentasjon av tilstandsverdier inkluderte vi både prøver klassifisert som "F" og "N". Etter sammenslåing i årsperioder fikk vi her 1477 datapunkter. Datamaterialet fordeler seg imidlertid svært ujevnt mellom regioner, fylker og kommuner, slik at presisjonen på predikeringen av referansetilstand og presentasjonen av tilstandsverdier varierer mye fra område til område.

3.2 Statistiske modeller

De statistiske analysene av referansetilstand resulterte i en selektert modell for hver indeks og område (**Tabell 4**), som igjen er brukt til å lage prediksjonskartene (**Figur 2-5**). COR-verdiene viser intern (COR) og kryssvalidert intern (cvCOR) korrelasjonskoeffisient for korrelasjonen mellom predikert og observert verdi, med maksimumsverdi på 1. Modellene anses som middels gode, med generelt best prediksjoner i Norskehavet og Barentshavet, deretter Nordsjøen og til slutt Skagerrak. Dette til tross for at datamaterialet var størst i Skagerrak.

Tabell 4. Sluttmodell, utvalgsstørrelse (n) og korrelasjonskoeffisienter for hver indeks og region, basert på gam-modeller og AIC-seleksjon.

Økoregion og indeks	Selektert modell	n	COR	cvCOR
Skagerrak				
H'	kurvatur+basseng+bølge	336	0,423	0,345
ES ₁₀₀	dyp+slope+kurvatur+bølge	302	0,396	0,252
ISI	dyp+kurvatur+basseng+bølge	326	0,557	0,493
NQI1	kurvatur+basseng+bølge	322	0,447	0,363
NQI2	kurvatur+basseng+bølge	334	0,434	0,379
Nordsjøen				
H'	slope+kurvatur+basseng+bølge	162	0,536	0,341
ES ₁₀₀	kurvatur+basseng+bølge	145	0,560	0,389
ISI	dyp+slope+basseng+bølge	160	0,760	0,692
NQI1	dyp+slope+kurvatur+basseng+bølge	160	0,627	0,420
NQI2	dyp+slope+kurvatur+basseng+bølge	160	0,587	0,363
Norskehavet og Barentshavet				
H'	dyp+slope+bølge	113	0,682	0,591
ES ₁₀₀	dyp+slope+bølge	107	0,632	0,465
ISI	dyp+basseng+bølge	113	0,727	0,654
NQI1	dyp+kurvatur+basseng+bølge	113	0,718	0,611
NQI2	dyp+slope+kurvatur+basseng+bølge	113	0,733	0,615

3.3 Prediksjonskart over referansetilstand

Hver av sluttmodellene vist i **Tabell 4** har gitt grunnlag for prediksjonskart for referansetilstand med romlig oppløsning på 25x25 m for kystsonen i de fire økoregionene Skagerrak, Nordsjøen, Norskehavet og Barentshavet. Noen steder finner man åpne felter der grunnlagskartene (for eksempel dybdemodellen) mangler dekning. Dette er for eksempel tilfellet i kommunene Moskenes, Værøy og Røst ytterst i Lofoten i Norskehavet. I tillegg ønsker vi ikke å predikere ut over det spennet av variabelverdier som datamaterialet faktisk støtter. Der det for eksempel ikke har blitt innhentet prøver fra områder med høy bølgeeksponering eller dype områder vil vi unngå å ekstrapolere modellen utover det variabelverdiområdet som modellen er basert på. Dette gjelder stort sett ytre områder av Norskehavet og Barentshavet. Prediksjonskartene er vist på økoregionsnivå i **Figur 2-5**. Disse kartene er videre lagt til grunn for kart med gjennomsnittlige referanseverdier for kommuner (**Figur 6-9**) og fylker (**Figur 10**). Alle kart er også levert DN på digitalt format (jpg og shp) der oppløsningen og detaljnivået er atskillig bedre. Gjennomsnittlige referanseverdier for økoregioner, fylker og kommuner er også gjengitt i **Tabell 5-6**. Disse tabellene er også levert DN på digitalt format (Excel-fil), slik at verdiene blir enkelt tilgjengelig for framtidig oppdatering av naturindeksen.

Tabell 5. Beregnede referanseverdier (gjennomsnitt ± standard avvik, sd) for alle indekser og økoregioner i Norge.

Økoregion	H'	sd	ES ₁₀₀	sd	ISI	sd	NQI1	sd	NQI2	sd
Skagerrak	3,84	0,44	27,33	3,25	8,22	0,79	0,70	0,03	0,63	0,06
Nordsjøen	4,35	0,58	31,15	5,68	9,01	0,96	0,76	0,05	0,72	0,07
Norskehavet	4,32	0,63	29,69	5,41	8,74	0,68	0,77	0,05	0,73	0,08
Barentshavet	4,44	0,56	30,32	4,70	8,83	0,63	0,74	0,07	0,78	0,05

Tabell 6. Beregnede referanseverdier (gjennomsnitt ± standard avvik, sd) for alle indekser og kystfylker i Norge.

Fylke	H'	sd	ES ₁₀₀	sd	ISI	sd	NQI1	sd	NQI2	sd
Akershus	3,29	0,39	7,42	0,44	7,42	0,44	0,65	0,04	0,56	0,06
Aust-Agder	3,92	0,46	8,12	0,66	8,12	0,66	0,71	0,03	0,64	0,06
Buskerud	3,37	0,41	7,80	0,61	7,80	0,61	0,66	0,04	0,57	0,06
Finnmark	4,45	0,56	8,82	0,63	8,82	0,63	0,78	0,05	0,74	0,07
Hordaland	4,31	0,67	9,11	0,86	9,11	0,86	0,75	0,05	0,71	0,08
Møre og Romsdal	4,20	0,62	8,60	0,65	8,60	0,65	0,75	0,05	0,70	0,07
Nordland	4,39	0,63	8,76	0,66	8,76	0,66	0,77	0,06	0,74	0,08
Nord-Trøndelag	4,20	0,69	8,62	0,73	8,62	0,73	0,75	0,05	0,70	0,08
Oslo	3,36	0,34	7,24	0,37	7,24	0,37	0,67	0,03	0,58	0,05
Rogaland	4,32	0,48	8,89	0,90	8,89	0,90	0,76	0,05	0,72	0,06
Sogn og Fjordane	4,42	0,56	8,98	1,10	8,98	1,10	0,78	0,05	0,74	0,07
Sør-Trøndelag	4,34	0,66	8,88	0,77	8,88	0,77	0,77	0,06	0,73	0,08
Telemark	3,76	0,51	7,92	0,80	7,92	0,80	0,70	0,04	0,63	0,07
Troms	4,27	0,58	8,75	0,60	8,75	0,60	0,76	0,05	0,71	0,07
Vest-Agder	4,18	0,47	8,79	0,98	8,79	0,98	0,74	0,05	0,69	0,07
Vestfold	3,93	0,35	8,38	0,76	8,38	0,76	0,71	0,03	0,65	0,04
Østfold	3,82	0,40	8,23	0,75	8,23	0,75	0,70	0,03	0,63	0,05

Tabell 7. Beregnede referanseverdier (gjennomsnitt \pm standard avvik, sd) for alle indekser og kystkommuner i Norge.

Kommune	H'	sd	ES ₁₀₀	sd	ISI	sd	NQI1	sd	NQI2	sd
Agdenes	3,63	0,57	24,40	5,30	9,18	0,65	0,70	0,04	0,62	0,06
Alstahaug	4,10	0,47	28,34	4,40	8,65	0,61	0,73	0,03	0,68	0,04
Alta	3,83	0,60	25,80	5,41	8,83	0,49	0,72	0,04	0,65	0,06
Andøy	4,54	0,44	30,75	4,09	8,93	0,69	0,79	0,03	0,76	0,05
Arendal	3,94	0,45	28,88	2,81	8,13	0,66	0,71	0,03	0,65	0,06
Asker	3,30	0,38	24,51	1,95	7,26	0,33	0,66	0,03	0,57	0,06
Askvoll	4,54	0,46	32,90	4,74	8,99	1,00	0,78	0,05	0,75	0,06
Askøy	4,26	0,52	29,78	4,98	8,89	0,72	0,73	0,04	0,68	0,06
Aukra	4,57	0,50	32,02	4,26	8,35	0,71	0,76	0,04	0,73	0,06
Aure	4,21	0,49	29,02	4,44	8,58	0,67	0,75	0,03	0,71	0,05
Austevoll	4,55	0,63	32,43	6,10	9,41	0,91	0,78	0,05	0,74	0,07
Austrheim	4,53	0,57	32,07	4,86	8,98	1,06	0,78	0,05	0,74	0,07
Averøy	4,42	0,42	30,99	3,79	8,33	0,64	0,75	0,03	0,71	0,04
Balestrand	4,04	0,15	31,20	1,31	6,57	0,19	0,74	0,02	0,69	0,03
Ballangen	3,83	0,76	26,05	6,65	8,75	0,75	0,71	0,05	0,65	0,09
Balsfjord	4,18	0,42	28,66	4,14	8,47	0,47	0,74	0,02	0,69	0,03
Bamble	3,81	0,52	26,96	3,26	7,94	0,85	0,70	0,04	0,63	0,07
Beiarn	3,77	0,22	25,94	2,16	7,70	0,48	0,77	0,02	0,71	0,01
Berg	4,86	0,46	34,16	3,92	8,09	0,50	0,80	0,04	0,79	0,06
Bergen	4,05	0,61	27,43	5,37	8,75	0,76	0,72	0,05	0,66	0,07
Berlevåg	4,76	0,39	32,40	3,71	8,91	0,76	0,81	0,03	0,79	0,05
Bindal	4,40	0,80	30,49	6,60	8,78	0,55	0,76	0,07	0,73	0,11
Bjarkøy	4,51	0,54	30,99	4,92	8,96	0,58	0,79	0,04	0,76	0,06
Bjugn	4,49	0,57	30,56	5,22	9,00	0,79	0,79	0,04	0,76	0,06
Bodø	4,26	0,73	29,16	6,25	8,91	0,57	0,77	0,06	0,73	0,09
Bokn	4,24	0,50	29,47	5,09	9,35	0,95	0,76	0,04	0,72	0,06
Bremanger	4,26	0,52	30,48	5,23	8,58	1,01	0,76	0,05	0,72	0,07
Brønnøy	4,63	0,66	32,41	5,53	8,51	0,68	0,78	0,05	0,76	0,08
Bærum	3,34	0,37	24,16	1,91	7,18	0,42	0,67	0,03	0,58	0,05
Bø	4,85	0,44	33,71	3,71	8,50	0,71	0,82	0,04	0,80	0,06
Bømlo	4,57	0,53	33,30	5,27	9,26	0,83	0,78	0,05	0,74	0,07
Båtsfjord	5,08	0,33	35,69	3,07	8,29	0,53	0,82	0,04	0,81	0,05
Drammen	3,03	0,30	22,75	1,49	7,05	0,24	0,63	0,03	0,53	0,04
Dyrøy	3,79	0,57	25,43	5,24	9,00	0,46	0,71	0,03	0,65	0,06
Dønna	4,39	0,54	30,73	4,74	8,74	0,68	0,76	0,04	0,72	0,06
Eid	3,87	0,13	30,76	1,22	8,81	0,93	0,73	0,03	0,69	0,05
Eide	4,31	0,36	29,88	3,52	8,43	0,50	0,74	0,02	0,70	0,03
Eidfjord	3,89	0,72	25,32	5,73	9,00	0,76	0,71	0,05	0,66	0,07
Eigersund	4,54	0,31	34,42	3,10	8,71	0,71	0,78	0,03	0,75	0,04
Etne	4,20	0,65	28,75	5,35	9,19	0,79	0,74	0,04	0,69	0,06
Evenes	3,74	0,67	24,95	6,06	8,97	0,64	0,71	0,04	0,64	0,07
Farsund	4,46	0,43	33,02	4,63	8,65	1,01	0,78	0,05	0,74	0,07
Fauske	3,73	0,83	24,98	7,44	8,41	0,45	0,72	0,04	0,66	0,07
Fedje	4,65	0,67	32,48	6,34	9,59	0,86	0,80	0,04	0,78	0,06
Finnøy	4,20	0,51	29,40	5,10	8,92	0,90	0,74	0,04	0,69	0,06
Fitjar	4,33	0,52	30,41	4,46	8,97	1,00	0,75	0,05	0,71	0,06
Fjaler	4,29	0,54	30,08	4,92	8,96	1,02	0,75	0,04	0,70	0,06
Fjell	4,60	0,52	33,55	5,23	9,15	0,97	0,78	0,05	0,75	0,07
Flakstad	4,61	0,32	31,51	2,57	8,69	0,62	0,81	0,03	0,77	0,04
Flatanger	4,38	0,63	30,77	5,33	8,36	0,66	0,76	0,04	0,73	0,07

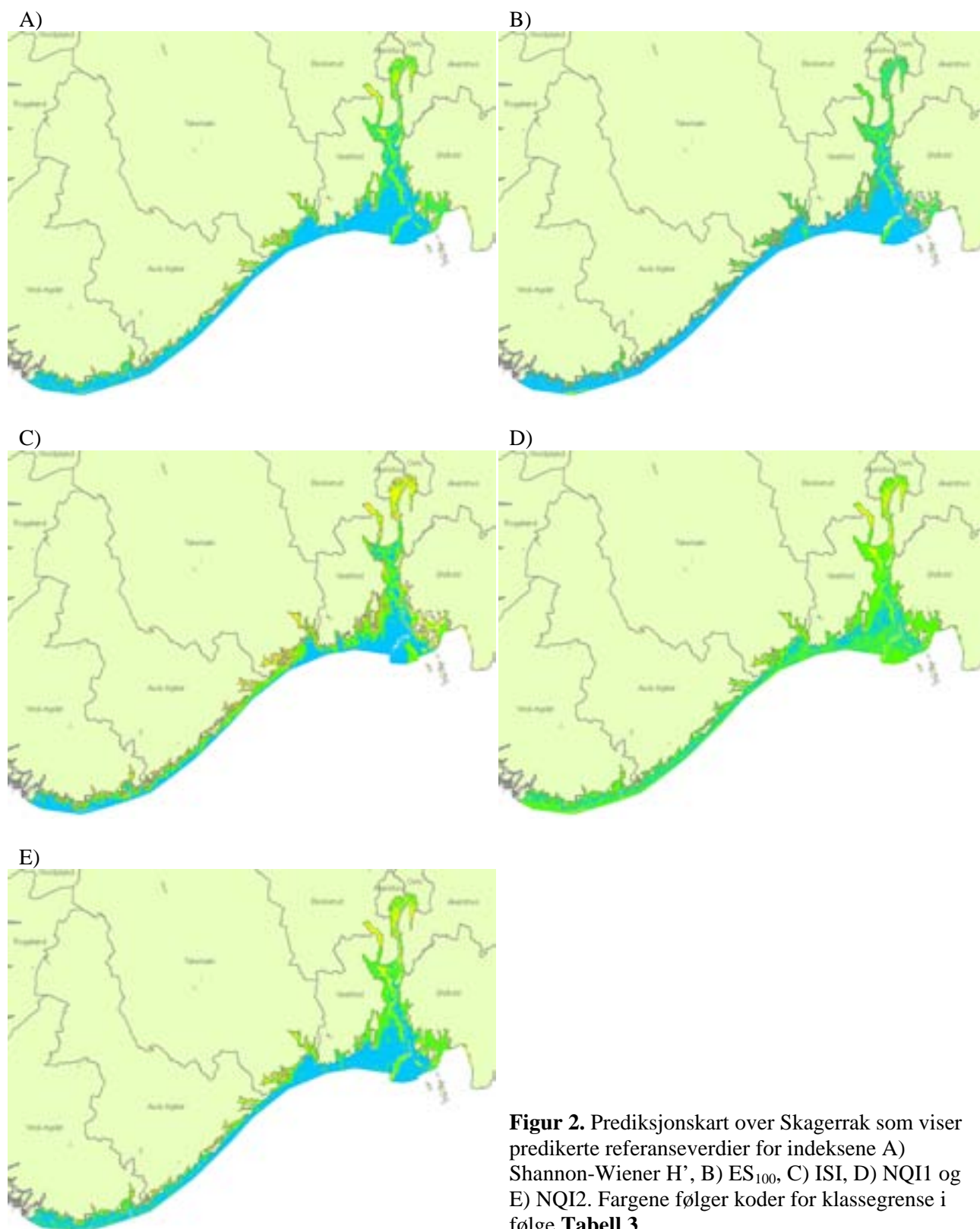
Kommune	H'	sd	ES ₁₀₀	sd	ISI	sd	NQI1	sd	NQI2	sd
Flekkefjord	4,55	0,37	34,08	3,27	9,81	0,98	0,80	0,03	0,76	0,05
Flora	4,50	0,54	32,30	5,25	8,83	1,00	0,77	0,05	0,74	0,07
Forsand	3,85	0,59	24,49	4,77	8,50	0,43	0,69	0,05	0,63	0,06
Fosnes	4,39	0,64	30,43	5,44	8,84	0,62	0,78	0,05	0,74	0,08
Fredrikstad	3,86	0,39	27,19	3,19	8,22	0,71	0,70	0,03	0,64	0,05
Frogn	3,36	0,40	24,17	2,28	7,44	0,48	0,66	0,04	0,57	0,06
Frosta	3,98	0,36	27,09	3,40	8,84	0,70	0,74	0,01	0,67	0,03
Fræna	4,43	0,56	30,86	4,69	8,25	0,75	0,77	0,04	0,74	0,06
Frøya	4,69	0,46	32,27	4,23	8,75	0,75	0,81	0,04	0,78	0,06
Fusa	4,27	0,54	29,88	5,12	9,27	0,79	0,75	0,04	0,70	0,05
Førde	3,91	0,57	25,76	4,97	8,44	0,55	0,69	0,04	0,64	0,06
Gamvik	4,57	0,47	31,58	4,10	8,98	0,62	0,79	0,04	0,76	0,06
Gaular	3,94	0,27	27,71	2,18	8,10	0,74	0,72	0,03	0,65	0,04
Gildeskål	4,35	0,62	30,07	5,38	8,69	0,62	0,77	0,04	0,73	0,07
Giske	4,75	0,42	33,37	3,35	8,15	0,51	0,78	0,04	0,76	0,06
Gjemnes	4,14	0,38	28,67	3,66	8,83	0,47	0,74	0,02	0,69	0,04
Gjesdal	3,98	0,48	27,21	3,08	8,83	0,44	0,70	0,05	0,64	0,06
Gloppen	3,82	0,06	30,39	0,64	6,33	0,15	0,71	0,01	0,65	0,01
Granvin	4,07	1,00	27,38	7,81	9,02	0,64	0,71	0,06	0,66	0,09
Gratangen	3,97	0,34	27,12	3,33	8,77	0,60	0,75	0,03	0,69	0,03
Grimstad	4,03	0,35	29,65	2,54	8,29	0,60	0,71	0,02	0,66	0,05
Gulen	4,40	0,64	30,95	5,76	9,26	1,13	0,77	0,06	0,73	0,08
Hadsel	4,45	0,57	30,39	4,89	8,52	0,52	0,77	0,05	0,74	0,08
Halden	3,22	0,35	22,90	1,79	7,19	0,56	0,66	0,02	0,56	0,05
Halsa	3,98	0,47	27,35	4,28	8,62	0,62	0,73	0,04	0,68	0,06
Hamarøy	4,06	0,42	27,47	4,06	8,85	0,66	0,74	0,03	0,69	0,04
Hammerfest	4,27	0,56	29,44	4,72	8,81	0,59	0,76	0,04	0,71	0,07
Haram	4,55	0,47	31,67	3,89	8,36	0,52	0,78	0,04	0,74	0,06
Hareid	3,68	0,58	24,57	5,11	8,97	0,44	0,71	0,04	0,64	0,06
Harstad	4,17	0,47	28,50	4,22	8,96	0,56	0,75	0,04	0,70	0,06
Hasvik	4,30	0,58	29,05	5,12	8,73	0,68	0,77	0,04	0,73	0,06
Haugesund	4,64	0,34	34,25	3,60	9,40	0,69	0,79	0,03	0,75	0,04
Hemne	3,99	0,43	27,25	4,02	8,77	0,69	0,74	0,03	0,68	0,04
Hemnes	3,87	0,41	26,39	3,78	8,49	0,54	0,74	0,04	0,68	0,05
Herøy (MR)	4,84	0,56	34,16	4,40	7,96	0,60	0,78	0,05	0,77	0,07
Herøy (NL)	4,66	0,52	32,88	4,31	8,58	0,75	0,78	0,04	0,76	0,06
Hitra	4,34	0,52	29,90	4,73	8,84	0,74	0,76	0,04	0,72	0,06
Hjelmeland	4,15	0,60	28,16	5,43	8,70	0,62	0,72	0,04	0,67	0,06
Holmestrand	3,70	0,12	24,06	1,53	7,93	0,43	0,69	0,01	0,63	0,02
Horten	3,60	0,36	24,63	2,21	7,94	0,54	0,68	0,03	0,61	0,05
Hurum	3,47	0,40	24,09	2,30	8,06	0,54	0,67	0,04	0,59	0,06
Hvaler	3,87	0,40	27,30	3,20	8,36	0,78	0,70	0,03	0,64	0,05
Hyllestad	4,44	0,73	30,98	6,09	9,73	1,30	0,78	0,06	0,74	0,08
Høyanger	3,98	0,39	29,89	3,18	8,46	2,25	0,78	0,07	0,74	0,09
Høylandet	4,02	0,22	26,99	2,14	6,70	0,09	0,73	0,01	0,69	0,02
Hå	4,55	0,14	36,39	1,47	7,95	0,61	0,80	0,02	0,78	0,03
Ibestad	3,73	0,56	25,02	4,95	8,98	0,46	0,71	0,04	0,65	0,06
Inderøy	4,00	0,42	26,83	3,91	8,57	0,65	0,73	0,02	0,67	0,04
Jondal	3,95	0,79	25,01	6,93	9,10	0,57	0,72	0,05	0,67	0,07
Karlsøy	4,61	0,45	31,99	3,79	8,62	0,64	0,78	0,04	0,75	0,06
Karmøy	4,52	0,28	34,86	3,29	9,02	0,77	0,78	0,03	0,74	0,04
Klepp	4,51	0,11	36,26	1,22	7,74	0,48	0,80	0,01	0,78	0,02

Kommune	H'	sd	ES ₁₀₀	sd	ISI	sd	NQI1	sd	NQI2	sd
Kragerø	3,83	0,49	27,83	2,95	8,00	0,79	0,70	0,03	0,64	0,06
Kristiansand	3,87	0,39	27,96	3,42	8,21	0,70	0,70	0,03	0,64	0,05
Kristiansund	4,32	0,57	29,91	4,96	8,52	0,54	0,76	0,04	0,72	0,06
Kvalsund	4,38	0,43	30,00	3,83	8,68	0,54	0,76	0,05	0,72	0,06
Kvam	3,99	0,87	26,58	7,45	8,91	0,71	0,72	0,05	0,66	0,08
Kvinesdal	4,36	0,49	31,06	3,35	8,87	0,87	0,75	0,05	0,70	0,07
Kvinnherad	4,04	0,69	27,40	6,37	9,02	0,74	0,73	0,05	0,67	0,07
Kvitsøy	4,42	0,41	32,11	4,19	9,35	0,94	0,78	0,03	0,75	0,04
Kvæfjord	4,38	0,43	30,61	3,98	8,59	0,63	0,76	0,03	0,72	0,05
Kvænangen	4,23	0,51	28,90	4,48	8,82	0,63	0,76	0,04	0,71	0,06
Larvik	4,06	0,28	28,68	2,73	8,56	0,77	0,71	0,02	0,66	0,04
Lavangen	4,01	0,24	27,57	2,74	8,74	0,50	0,76	0,02	0,71	0,03
Lebesby	4,54	0,42	30,97	3,73	9,03	0,59	0,79	0,04	0,76	0,06
Leirfjord	3,79	0,47	25,53	4,40	8,92	0,48	0,73	0,04	0,65	0,06
Leka	4,76	0,57	33,39	4,77	8,54	0,67	0,79	0,05	0,77	0,08
Leksvik	3,47	0,46	22,77	4,22	9,42	0,50	0,70	0,03	0,62	0,05
Lenvik	4,28	0,53	29,50	4,76	8,53	0,62	0,75	0,04	0,71	0,06
Levanger	3,90	0,60	26,48	5,23	8,76	0,56	0,71	0,04	0,65	0,06
Lier	3,17	0,34	23,01	1,56	6,99	0,18	0,64	0,04	0,55	0,05
Lillesand	3,94	0,46	29,51	2,86	8,24	0,68	0,71	0,03	0,65	0,06
Lindesnes	4,02	0,26	29,42	2,39	8,69	0,59	0,71	0,02	0,66	0,03
Lindås	4,15	0,75	28,06	6,39	8,62	0,86	0,72	0,05	0,68	0,07
Loppa	4,59	0,59	31,66	4,92	8,63	0,70	0,79	0,05	0,76	0,07
Lurøy	4,55	0,55	31,94	4,74	8,61	0,65	0,77	0,05	0,74	0,07
Lyngdal	4,29	0,49	30,69	5,07	8,57	0,79	0,75	0,06	0,70	0,08
Lyngen	3,95	0,54	26,51	4,80	8,89	0,48	0,74	0,03	0,68	0,06
Lødingen	4,52	0,51	31,48	4,41	8,73	0,69	0,77	0,05	0,74	0,07
Malvik	3,83	0,38	25,65	3,66	8,96	0,65	0,73	0,01	0,66	0,03
Mandal	3,95	0,35	28,35	3,00	8,78	0,84	0,70	0,02	0,65	0,04
Masfjorden	4,28	0,61	29,13	5,65	8,84	0,78	0,74	0,04	0,69	0,07
Meland	4,11	0,72	27,65	6,04	8,72	0,77	0,72	0,05	0,67	0,07
Meløy	4,42	0,61	30,79	5,15	8,50	0,62	0,77	0,05	0,73	0,07
Midsund	4,38	0,51	30,24	4,43	8,69	0,53	0,76	0,04	0,72	0,06
Modalen	3,69	0,06	29,07	0,42	6,32	0,05	0,71	0,00	0,65	0,01
Molde	4,05	0,51	27,68	4,58	8,59	0,52	0,72	0,04	0,67	0,05
Moskenes	4,70	0,29	31,76	2,38	8,89	0,36	0,84	0,03	0,81	0,04
Moss	3,69	0,33	25,10	2,30	8,09	0,52	0,69	0,03	0,62	0,05
Mosvik	3,80	0,61	25,63	5,58	8,79	0,59	0,72	0,04	0,65	0,06
Målselv	4,13	0,35	28,35	3,49	8,86	0,49	0,75	0,03	0,70	0,04
Måsøy	4,97	0,37	34,62	3,11	8,55	0,61	0,82	0,04	0,81	0,05
Namdalseid	3,67	0,38	24,79	3,60	8,77	0,73	0,75	0,04	0,68	0,06
Namsos	4,01	0,59	27,42	5,05	8,79	0,75	0,76	0,04	0,70	0,07
Narvik	3,85	0,53	25,96	4,92	8,82	0,67	0,73	0,03	0,67	0,05
Naustdal	4,25	0,72	28,20	6,14	9,03	0,70	0,73	0,05	0,69	0,07
Nesna	4,08	0,47	28,18	4,36	8,82	0,58	0,73	0,03	0,68	0,04
Nesodden	3,22	0,38	24,57	2,07	7,37	0,26	0,64	0,04	0,55	0,06
Nesset	3,93	0,38	26,94	3,63	8,94	0,41	0,73	0,03	0,68	0,04
Norddal	3,45	0,32	22,81	2,88	9,11	0,47	0,73	0,04	0,65	0,05
Nordkapp	4,65	0,43	31,71	3,86	8,89	0,58	0,81	0,04	0,78	0,06
Nordreisa	4,05	0,41	27,47	4,00	9,07	0,40	0,75	0,02	0,69	0,04
Nærøy	4,25	0,69	29,57	5,81	8,50	0,64	0,76	0,05	0,71	0,07
Nøtterøy	3,87	0,37	26,63	2,89	8,08	0,68	0,70	0,02	0,64	0,05

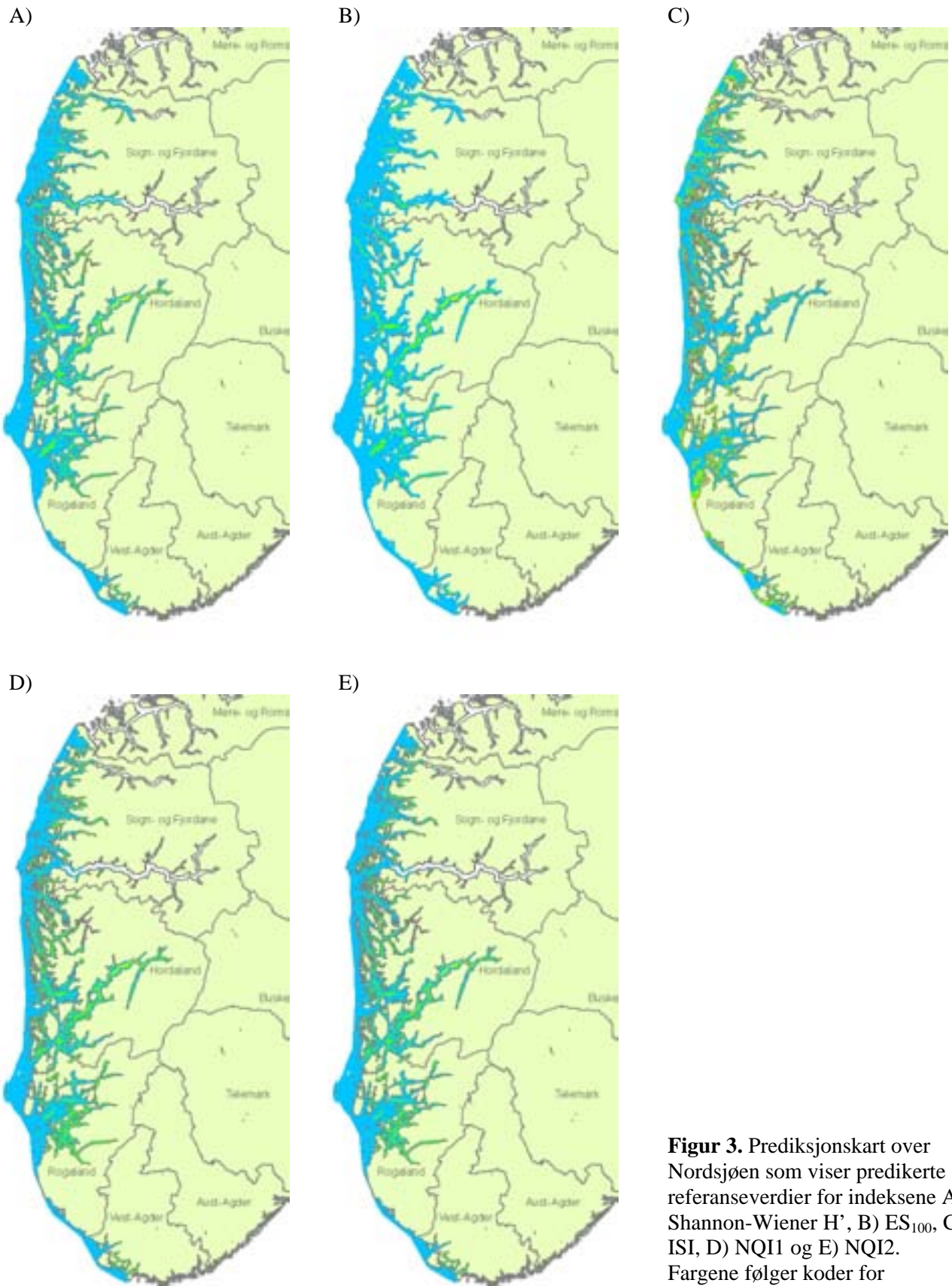
Kommune	H'	sd	ES ₁₀₀	sd	ISI	sd	NQI1	sd	NQI2	sd
Odda	4,11	0,50	28,69	3,55	8,86	0,82	0,73	0,04	0,67	0,06
Oppegård	3,11	0,29	23,72	2,07	7,48	0,27	0,63	0,03	0,53	0,04
Orkdal	3,30	0,67	21,33	6,12	9,55	0,52	0,68	0,04	0,59	0,07
Os	4,18	0,62	28,63	5,79	9,25	0,83	0,74	0,04	0,69	0,06
Osen	4,68	0,52	33,09	4,33	8,36	0,57	0,78	0,04	0,76	0,06
Oslo	3,36	0,34	23,91	1,96	7,24	0,37	0,67	0,03	0,58	0,05
Osterøy	4,04	0,70	26,75	5,86	8,58	0,82	0,71	0,04	0,67	0,07
Porsgrunn	3,28	0,37	23,57	2,06	7,36	0,45	0,66	0,04	0,56	0,05
Radøy	4,34	0,60	29,87	5,51	9,00	0,95	0,76	0,05	0,72	0,07
Rana	3,76	0,57	25,41	5,30	8,87	0,42	0,70	0,05	0,63	0,08
Randaberg	4,38	0,26	31,99	2,39	8,70	0,86	0,77	0,03	0,72	0,04
Rauma	3,79	0,51	25,59	4,69	8,82	0,46	0,71	0,05	0,65	0,07
Re	3,71	0,24	24,40	2,03	8,34	0,43	0,69	0,02	0,62	0,03
Rennesøy	4,11	0,43	28,92	4,63	8,68	1,01	0,74	0,04	0,69	0,06
Rissa	3,57	0,85	23,79	7,40	9,17	0,80	0,69	0,05	0,61	0,09
Risør	3,80	0,51	27,91	3,31	7,92	0,60	0,70	0,04	0,63	0,07
Roan	4,72	0,41	33,51	3,50	8,46	0,69	0,78	0,04	0,76	0,05
Rygge	3,71	0,37	26,06	2,68	8,12	0,55	0,69	0,03	0,62	0,05
Rødøy	4,42	0,60	30,58	4,96	8,92	0,63	0,77	0,06	0,74	0,08
Røst	5,38	0,27	37,75	2,51	7,60	0,47	0,84	0,03	0,84	0,04
Røyken	3,18	0,35	24,00	2,04	7,32	0,26	0,64	0,04	0,55	0,05
Råde	3,88	0,29	25,95	2,48	8,13	0,75	0,70	0,02	0,64	0,04
Salangen	4,00	0,37	27,49	3,61	8,68	0,70	0,74	0,02	0,69	0,03
Saltdal	3,67	0,38	24,54	3,76	8,57	0,44	0,73	0,04	0,66	0,06
Samnanger	4,28	0,55	28,96	4,59	8,91	0,71	0,73	0,05	0,68	0,07
Sande (VF)	3,72	0,15	24,12	2,00	7,92	0,51	0,69	0,01	0,63	0,02
Sande (MR)	4,53	0,71	31,75	5,77	8,47	0,73	0,76	0,05	0,74	0,08
Sandefjord	4,01	0,30	28,26	2,99	8,17	0,67	0,71	0,02	0,66	0,03
Sandnes	3,99	0,50	27,60	4,40	8,51	0,62	0,71	0,04	0,65	0,06
Sandøy	4,86	0,36	33,82	2,96	8,40	0,70	0,81	0,03	0,78	0,05
Sarpsborg	3,47	0,37	23,68	1,85	7,44	0,60	0,68	0,02	0,60	0,05
Sauda	4,01	0,60	26,31	5,32	8,81	0,54	0,71	0,04	0,66	0,06
Selje	4,44	0,38	32,53	4,34	8,63	0,82	0,77	0,04	0,74	0,06
Skaun	3,97	0,45	27,37	4,24	9,39	0,55	0,72	0,03	0,67	0,04
Skien	3,07	0,34	23,33	1,72	7,04	0,36	0,65	0,03	0,54	0,05
Skjervøy	4,36	0,42	29,94	3,91	8,85	0,49	0,77	0,04	0,73	0,05
Skodje	3,83	0,37	26,39	3,34	8,18	0,81	0,75	0,04	0,69	0,05
Skånland	3,98	0,48	27,11	4,50	8,67	0,65	0,73	0,03	0,68	0,04
Smøla	4,74	0,49	33,30	4,09	8,10	0,78	0,78	0,04	0,75	0,06
Snillfjord	3,97	0,41	27,20	3,96	8,92	0,63	0,74	0,03	0,68	0,04
Sokndal	4,56	0,28	34,75	2,57	8,98	0,84	0,79	0,03	0,75	0,04
Sola	4,44	0,30	33,58	3,17	8,35	0,77	0,78	0,03	0,74	0,04
Solund	4,56	0,54	32,87	5,17	9,31	1,16	0,79	0,05	0,76	0,07
Sortland	4,45	0,43	30,58	3,86	8,76	0,47	0,77	0,04	0,73	0,06
Stavanger	4,10	0,38	29,57	3,69	8,21	0,76	0,72	0,04	0,67	0,06
Steigen	4,38	0,57	29,47	5,10	8,92	0,69	0,79	0,05	0,75	0,07
Steinkjer	4,21	0,35	28,71	3,18	8,16	0,67	0,74	0,02	0,68	0,03
Stjørdal	4,06	0,33	27,71	3,08	8,55	0,58	0,74	0,02	0,68	0,03
Stokke	3,47	0,25	23,23	1,49	7,18	0,50	0,68	0,01	0,60	0,03
Stord	4,20	0,58	29,59	4,90	9,16	0,89	0,74	0,04	0,69	0,06
Stordal	3,83	0,29	26,24	2,70	9,24	0,54	0,72	0,04	0,68	0,04
Storfjord	4,12	0,43	28,14	4,14	8,79	0,46	0,75	0,02	0,69	0,04

Kommune	H'	sd	ES100	sd	ISI	sd	NQI1	sd	NQI2	sd
Strand	4,07	0,43	28,67	4,27	8,54	0,66	0,72	0,04	0,66	0,06
Stranda	3,45	0,27	22,76	2,48	9,04	0,46	0,74	0,04	0,65	0,05
Sula	3,74	0,72	25,18	6,34	8,83	0,45	0,71	0,05	0,65	0,08
Suldal	4,23	0,67	28,45	5,99	9,14	0,75	0,74	0,04	0,69	0,07
Sund	4,59	0,52	33,38	5,46	9,27	0,93	0,78	0,05	0,75	0,07
Sunndal	3,91	0,35	26,53	3,43	8,90	0,37	0,74	0,03	0,68	0,04
Surnadal	3,85	0,50	26,28	4,61	8,63	0,57	0,73	0,06	0,67	0,07
Sveio	4,16	0,57	28,56	5,10	9,11	0,76	0,74	0,04	0,69	0,06
Svelvik	3,28	0,40	23,09	1,94	7,36	0,34	0,65	0,04	0,57	0,06
Sykkylven	3,73	0,48	25,38	4,36	9,10	0,50	0,71	0,04	0,65	0,05
Søgne	3,95	0,37	28,74	2,86	8,54	0,79	0,70	0,03	0,65	0,05
Sømna	4,84	0,68	34,01	5,65	8,43	0,60	0,79	0,07	0,78	0,10
Sørfold	3,78	0,53	25,61	4,87	8,94	0,65	0,73	0,04	0,67	0,06
Sørreisa	4,29	0,31	29,87	3,14	8,76	0,56	0,74	0,02	0,70	0,03
Sør-Varanger	4,49	0,52	30,49	4,44	8,94	0,64	0,80	0,04	0,76	0,06
Tingvoll	3,97	0,48	27,26	4,43	8,76	0,45	0,72	0,04	0,67	0,06
Tjeldsund	3,91	0,66	26,82	5,70	8,64	0,73	0,72	0,05	0,66	0,07
Tjøme	4,06	0,26	28,22	2,29	8,70	0,73	0,71	0,02	0,66	0,03
Torsken	4,79	0,56	33,47	4,54	8,67	0,59	0,81	0,05	0,79	0,07
Tranøy	3,97	0,62	27,02	5,36	8,87	0,57	0,73	0,04	0,67	0,07
Tromsø	4,45	0,53	30,92	4,63	8,47	0,60	0,76	0,04	0,73	0,06
Trondheim	3,42	0,68	22,60	6,01	9,42	0,62	0,69	0,04	0,61	0,07
Trøna	5,19	0,29	36,16	2,45	7,71	0,64	0,83	0,04	0,82	0,05
Tvedestrand	3,83	0,50	28,19	3,02	7,81	0,62	0,70	0,03	0,63	0,06
Tysfjord	3,84	0,57	26,18	5,11	8,93	0,62	0,73	0,04	0,67	0,05
Tysnes	4,11	0,61	28,50	5,64	9,05	0,87	0,74	0,04	0,68	0,06
Tysvær	4,14	0,55	28,76	5,42	8,86	1,04	0,74	0,04	0,69	0,06
Tønsberg	3,63	0,34	24,78	2,50	8,01	0,54	0,69	0,03	0,61	0,05
Ullensvang	3,96	0,84	25,65	7,16	9,09	0,63	0,72	0,05	0,67	0,08
Ulstein	4,55	0,70	31,91	5,62	8,12	0,75	0,78	0,05	0,75	0,08
Ulvik	4,10	0,67	27,90	4,96	9,02	0,72	0,73	0,04	0,67	0,06
Utsira	4,60	0,18	36,53	1,59	9,55	0,43	0,78	0,02	0,75	0,03
Vadsø	4,52	0,51	30,25	4,04	9,03	0,65	0,81	0,05	0,77	0,07
Vaksdal	3,80	0,41	28,08	3,76	8,73	0,62	0,71	0,05	0,66	0,07
Vanylven	4,15	0,51	28,80	4,47	8,63	0,61	0,75	0,03	0,70	0,05
Vardø	5,15	0,22	35,43	1,97	8,13	0,60	0,85	0,03	0,84	0,03
Vefsn	3,54	0,57	23,37	5,24	8,77	0,40	0,72	0,06	0,63	0,09
Vega	4,75	0,59	33,51	4,98	8,25	0,62	0,79	0,05	0,77	0,07
Verdal	3,97	0,37	26,96	3,43	8,91	0,48	0,73	0,02	0,67	0,03
Verran	3,78	0,43	24,87	4,26	8,52	0,38	0,72	0,03	0,66	0,04
Vestby	3,38	0,41	23,37	2,49	8,09	0,44	0,65	0,04	0,57	0,06
Vestnes	3,88	0,62	26,23	5,49	8,63	0,46	0,71	0,05	0,65	0,07
Vestvågøy	4,67	0,28	31,35	2,72	8,90	0,59	0,84	0,03	0,80	0,04
Vevelstad	4,03	0,61	27,83	5,29	8,78	0,55	0,74	0,04	0,69	0,06
Vik	3,96	0,12	30,91	0,49	NA	NA	NA	NA	NA	NA
Vikna	4,87	0,51	34,71	4,06	8,11	0,71	0,79	0,05	0,77	0,07
Vindafjord	4,13	0,60	28,52	5,25	9,00	0,95	0,74	0,04	0,68	0,06
Volda	3,70	0,44	25,23	3,97	9,04	0,50	0,72	0,05	0,66	0,06
Værøy	5,49	0,20	39,14	1,85	7,09	0,20	0,80	0,02	0,83	0,03
Vågan	4,52	0,42	29,97	3,90	9,05	0,62	0,82	0,04	0,78	0,05
Vågsøy	4,51	0,48	32,95	4,98	8,69	0,91	0,78	0,04	0,75	0,06
Øksnes	4,61	0,52	32,28	4,26	8,32	0,63	0,78	0,04	0,75	0,06

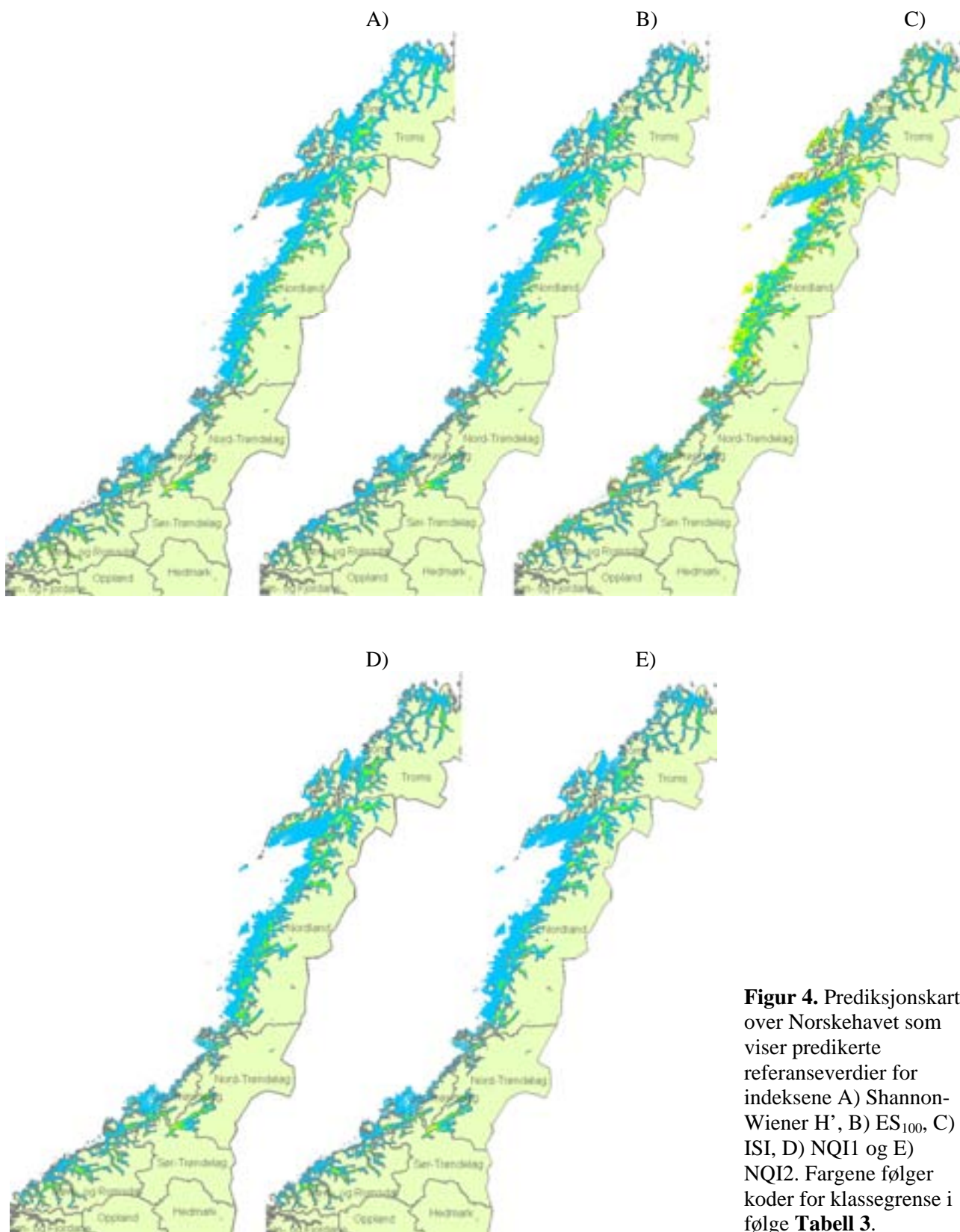
Kommune	H'	sd	ES₁₀₀	sd	ISI	sd	NQI1	sd	NQI2	sd
Ørland	4,26	0,54	29,35	4,66	8,97	0,72	0,75	0,05	0,71	0,07
Ørskog	4,01	0,49	28,05	4,37	9,10	0,62	0,72	0,05	0,68	0,06
Ørsta	3,59	0,38	24,05	3,60	9,01	0,56	0,72	0,04	0,65	0,05
Øygarden	4,63	0,51	33,58	5,26	9,34	0,90	0,79	0,04	0,76	0,06
Åfjord	4,59	0,51	32,29	4,21	8,41	0,76	0,78	0,04	0,75	0,06
Ålesund	4,16	0,50	29,02	4,58	8,42	0,58	0,74	0,04	0,70	0,05
Ås	3,16	0,29	22,91	1,52	7,18	0,37	0,65	0,04	0,54	0,04



Figur 2. Prediksjonskart over Skagerrak som viser predikerte referanseverdier for indeksene A) Shannon-Wiener H' , B) ES_{100} , C) ISI, D) NQI1 og E) NQI2. Fargene følger koder for klassegrense i følge **Tabell 3**.



Figur 3. Prediksjonskart over Nordsjøen som viser predikerte referanseverdier for indeksene A) Shannon-Wiener H' , B) ES_{100} , C) ISI, D) NQI1 og E) NQI2. Fargene følger koder for klassegrense i følge **Tabell 3**.



Figur 4. Prediksjonskart over Norskehavet som viser predikerte referanseverdier for indeksene A) Shannon-Wiener H' , B) ES_{100} , C) ISI, D) NQI1 og E) NQI2. Fargene følger koder for klassegrense i følge **Tabell 3**.

A)



B)



C)



D)



E)



Figur 5. Prediksjonskart over Barentshavet som viser predikerte referanseverdier for indeksene A) Shannon-Wiener H' , B) ES_{100} , C) ISI, D) NQI1 og E) NQI2. Fargene følger koder for klassegrense i følge **Tabell 3**.

A)



B)



C)



D)



E)



Figur 6. Prediksjonskart over Skagerrak med kommunevise gjennomsnitt for referanseverdier på indeksene A) Shannon-Wiener H' , B) ES_{100} , C) ISI, D) NQI1 og E) NQI2. Fargene følger koder for klassegrense i følge **Tabell 3**.

A)



B)



C)



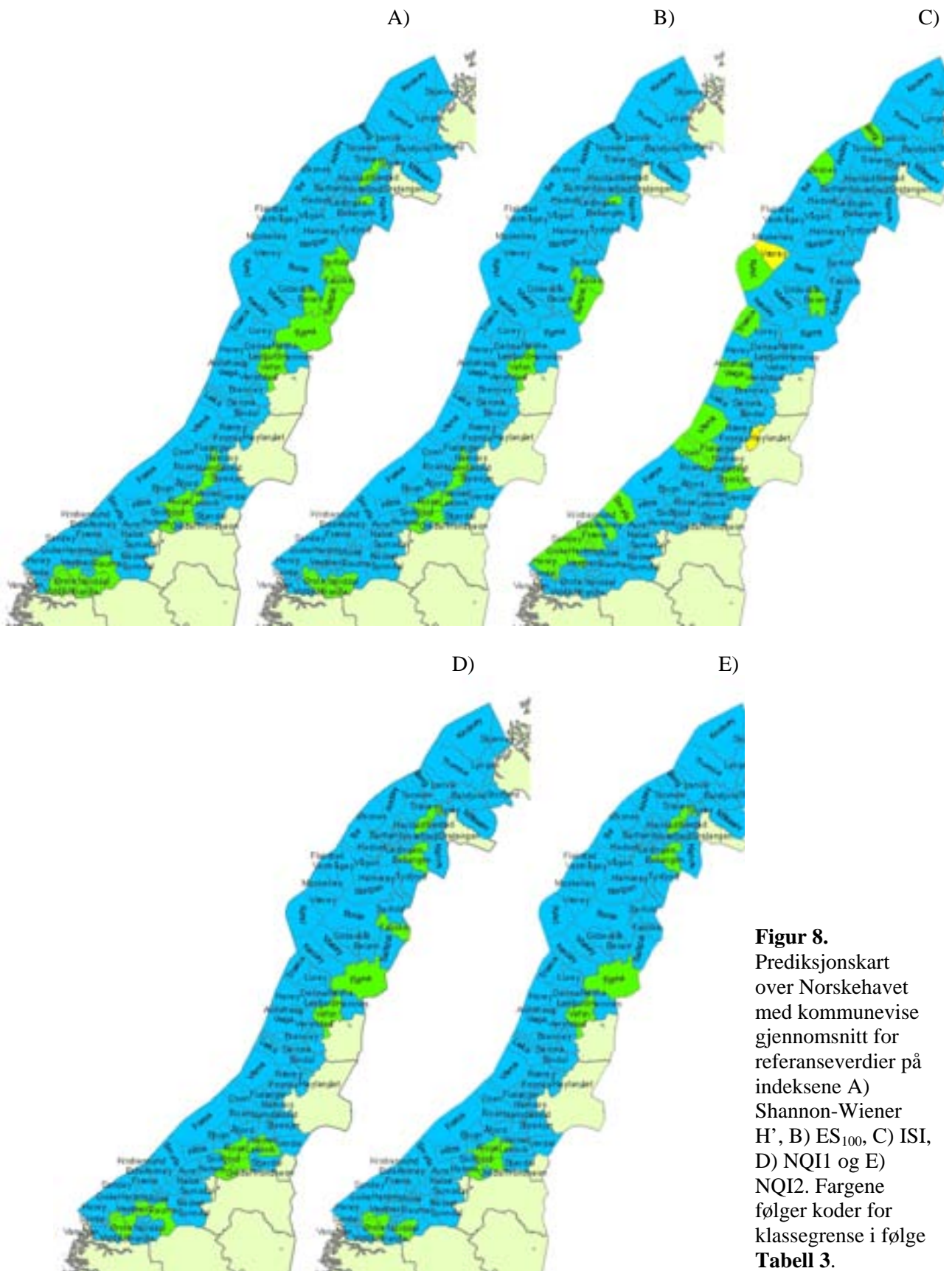
D)

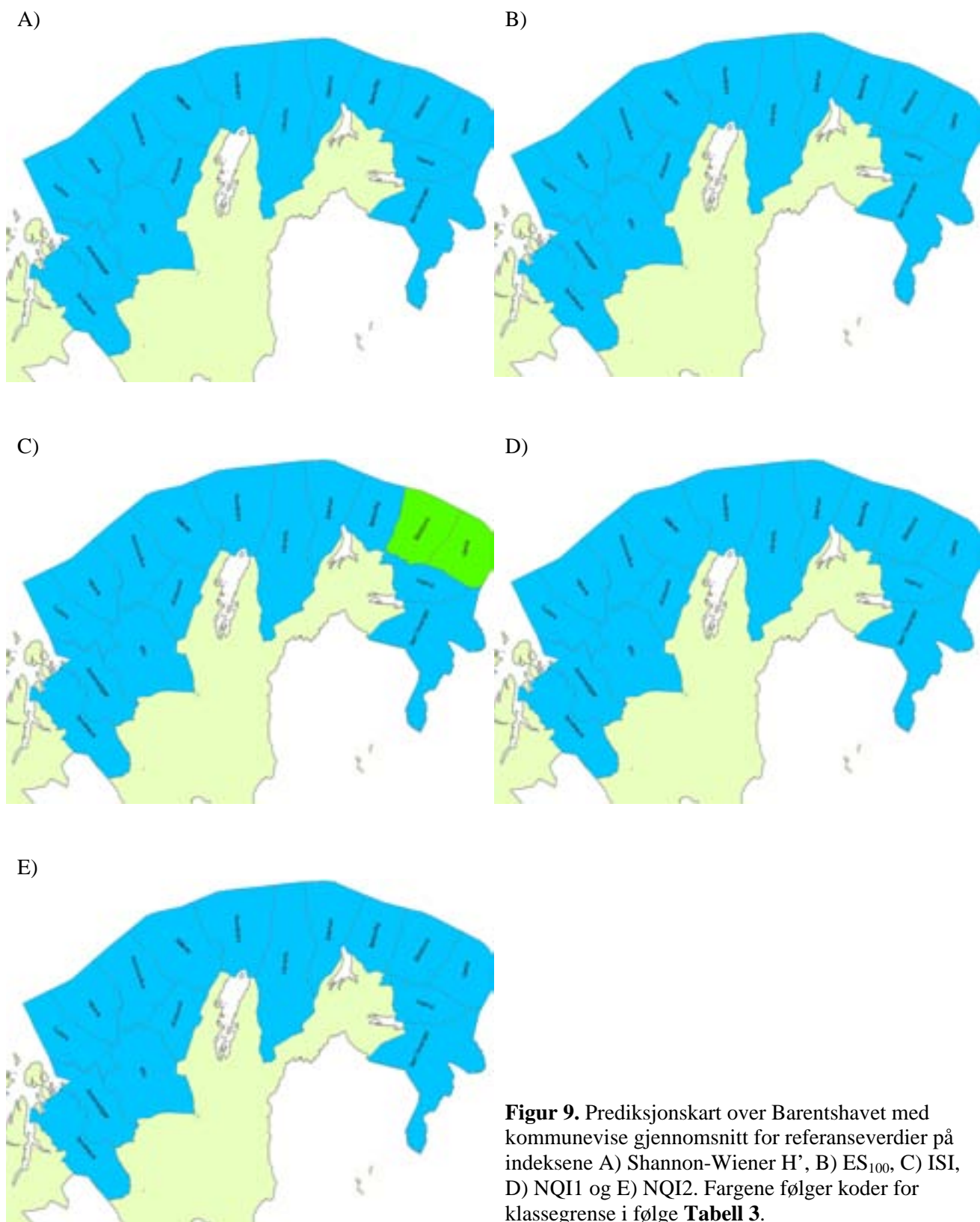


E)

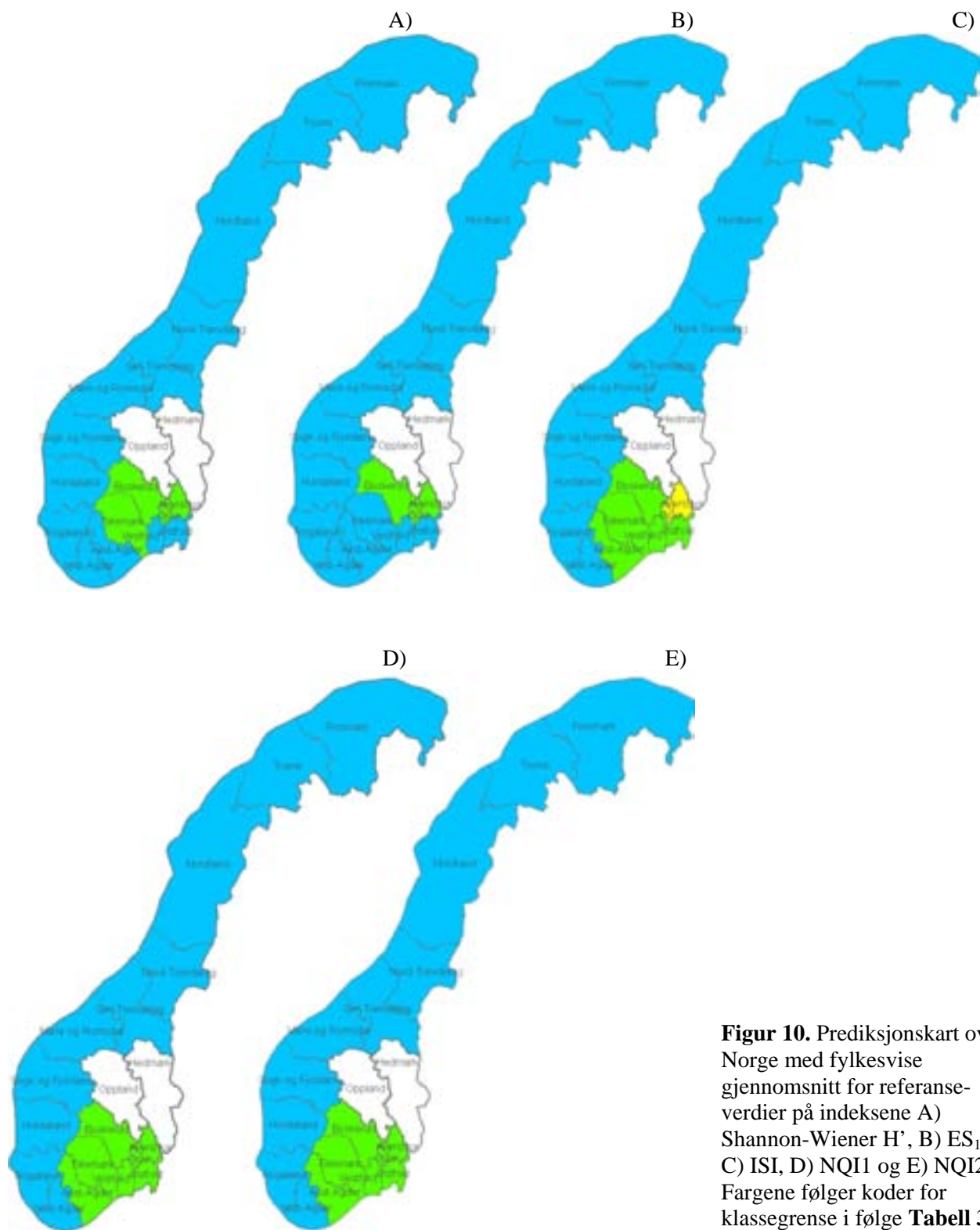


Figur 7. Prediksjonskart over Nordsjøen med kommunevise gjennomsnitt for referanseverdier på indeksene A) Shannon-Wiener H' , B) ES_{100} , C) ISI, D) NQI1 og E) NQI2. Fargene følger koder for klassegrense i følge **Tabell 3**.





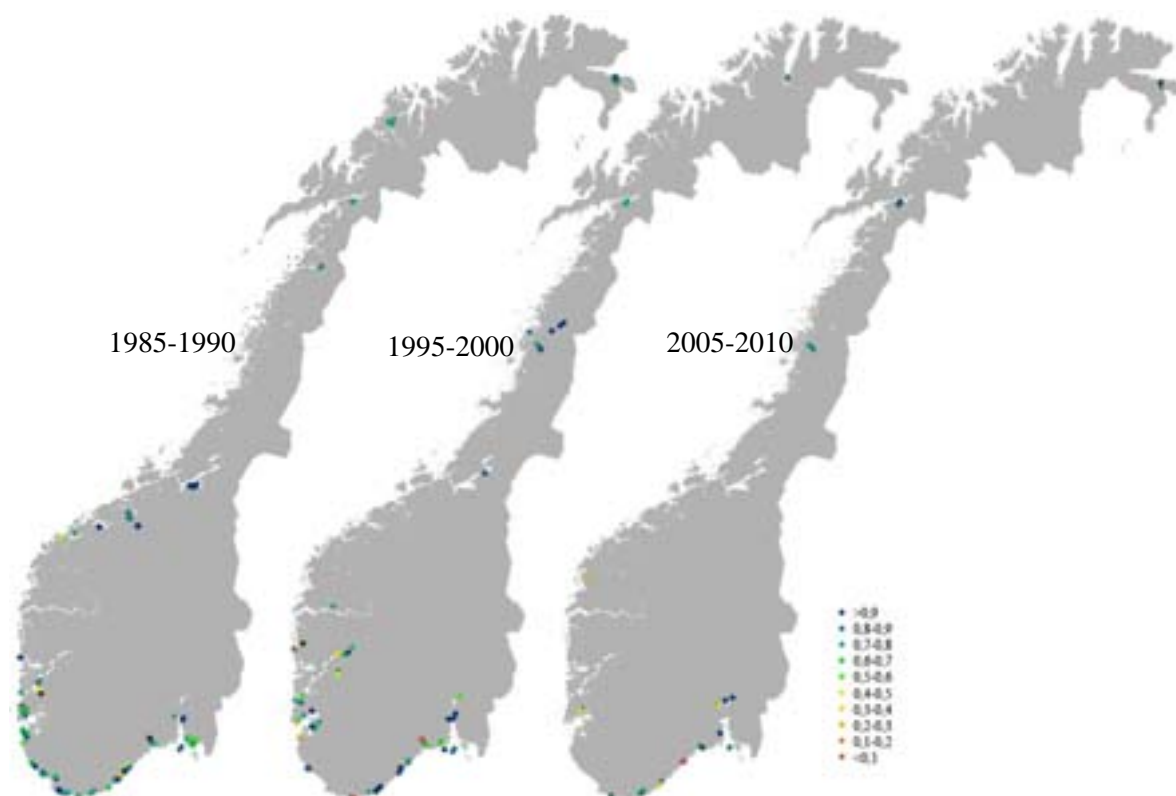
Figur 9. Prediksjonskart over Barentshavet med kommunevise gjennomsnitt for referanseverdier på indeksene A) Shannon-Wiener H' , B) ES_{100} , C) ISI, D) NQI1 og E) NQI2. Fargene følger koder for klassegrense i følge **Tabell 3**.



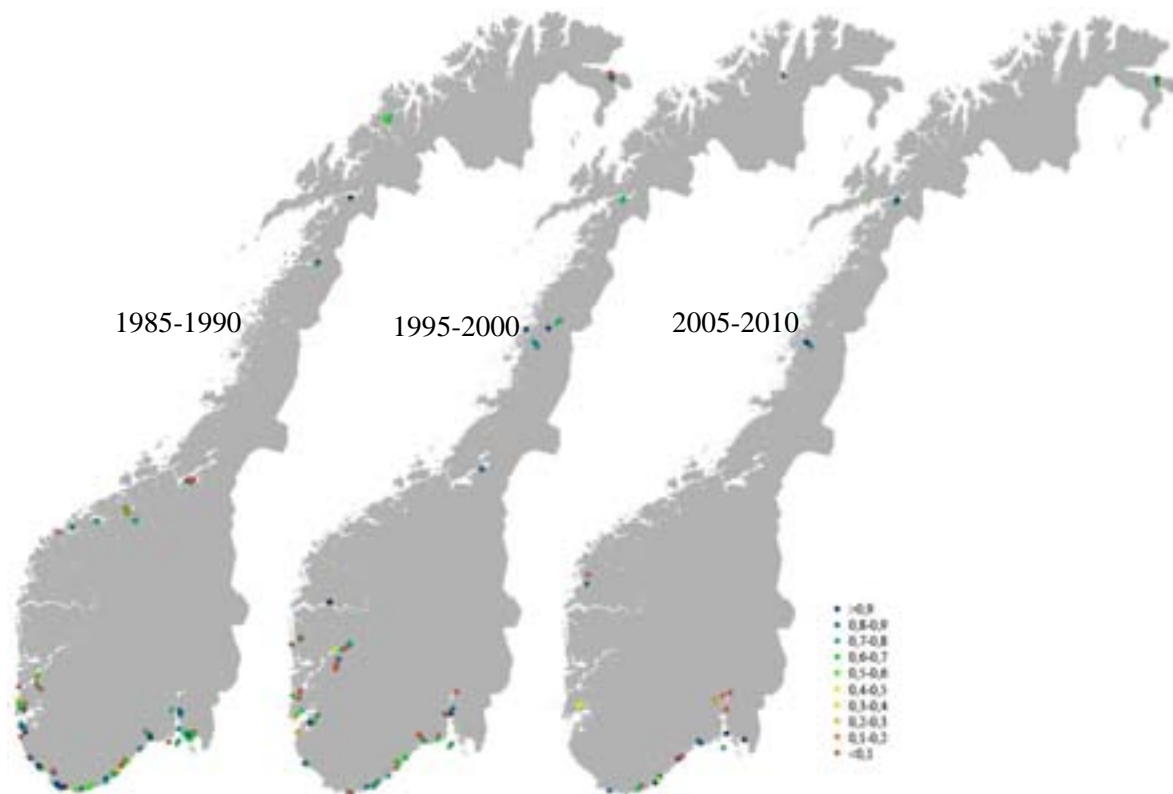
Figur 10. Prediksjonskart over Norge med fylkesvise gjennomsnitt for referanseverdier på indeksene A) Shannon-Wiener H' , B) ES_{100} , C) ISI, D) NQI1 og E) NQI2. Fargene følger koder for klassegrense i følge **Tabell 3**.

3.4 Tilstandsverdier

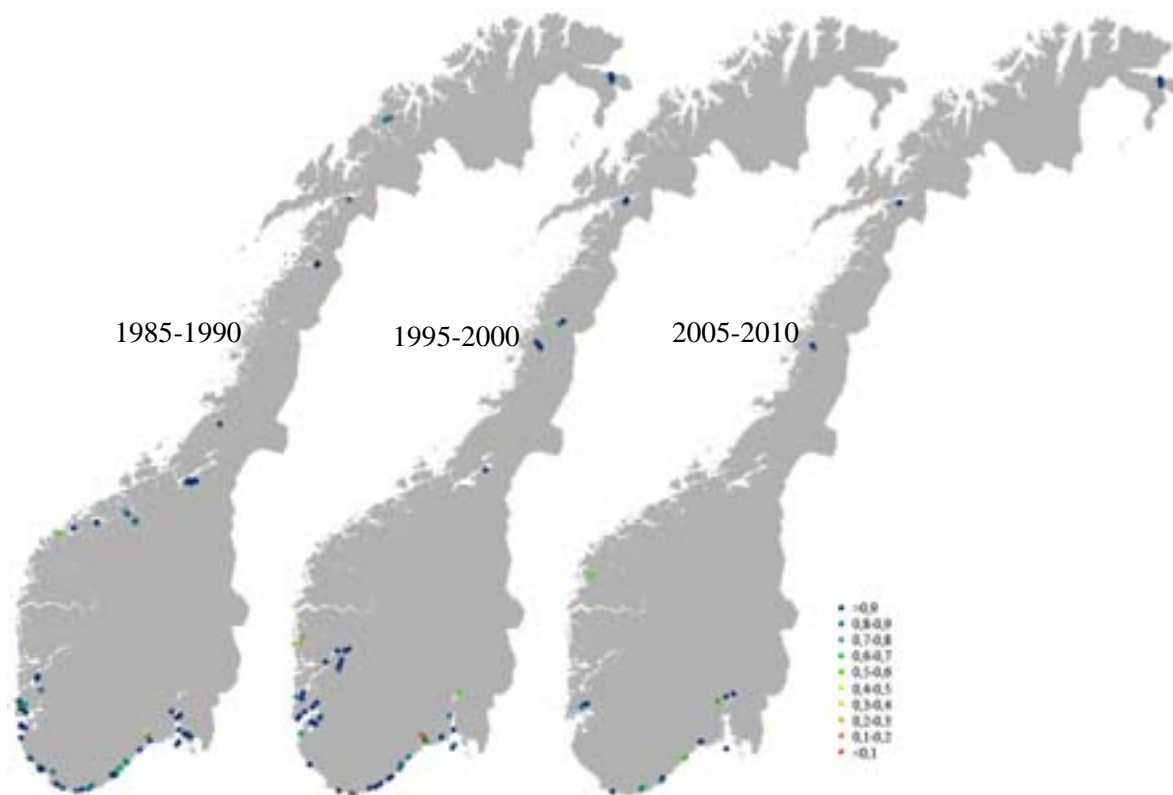
Vi har valgt å presentere tilstandsverdier for årene 1990, 2000 og 2010. Disse verdiene er også brukt i Nybø (2010) for å illustrere utviklingen i tilstand for de fem bløtbunnsindeksene de siste 20 år (**Figur 11-15**). Fargekodene for tilstand er den samme som for naturindeksens, der skalaen varierer fra mørk blå, der tilstanden er tilnærmet referansetilstand, via grønn, gul og orange, til dyp rød, som representerer meget dårlig tilstand med tap av en vesentlig del av det biologiske mangfoldet (Nybø 2010).



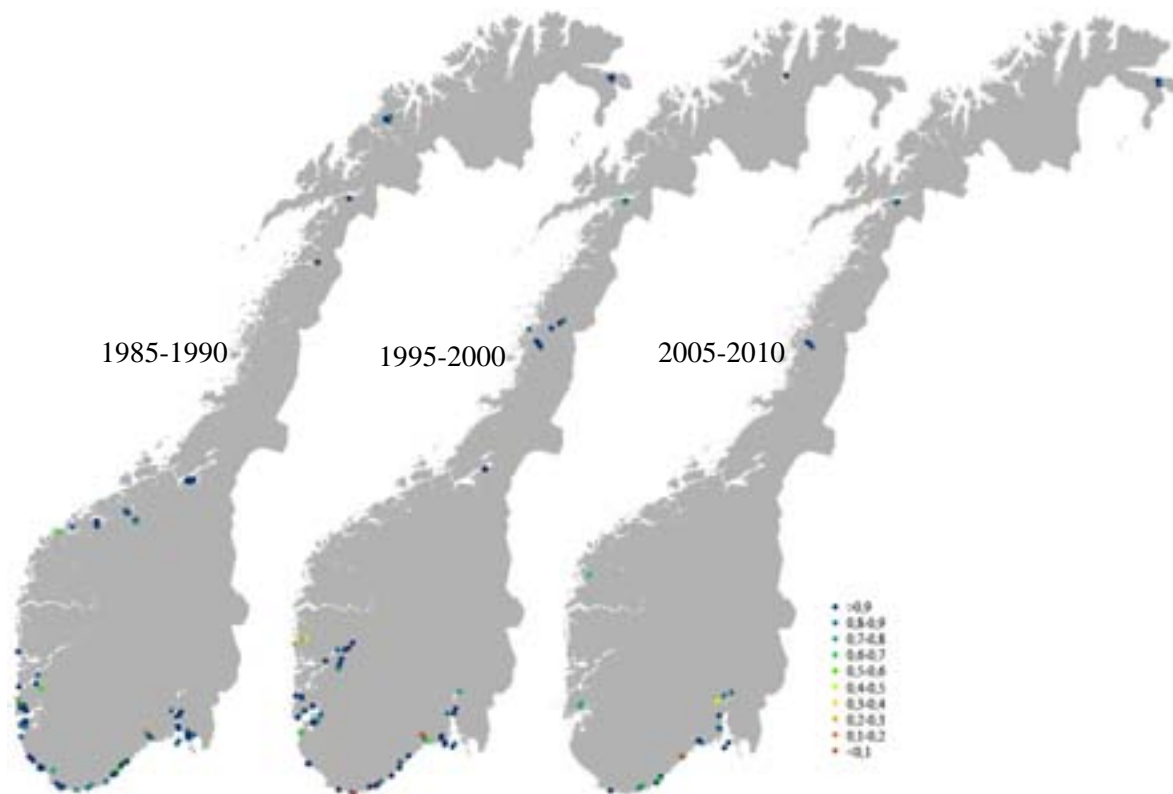
Figur 11. Gjennomsnittsverdier av tilstand for H' for de tre periodene. Fargekodene følger naturindeksens (Nybø 2010), mørk blå = tilnærmet referansetilstand, dyp rød = meget dårlig tilstand.



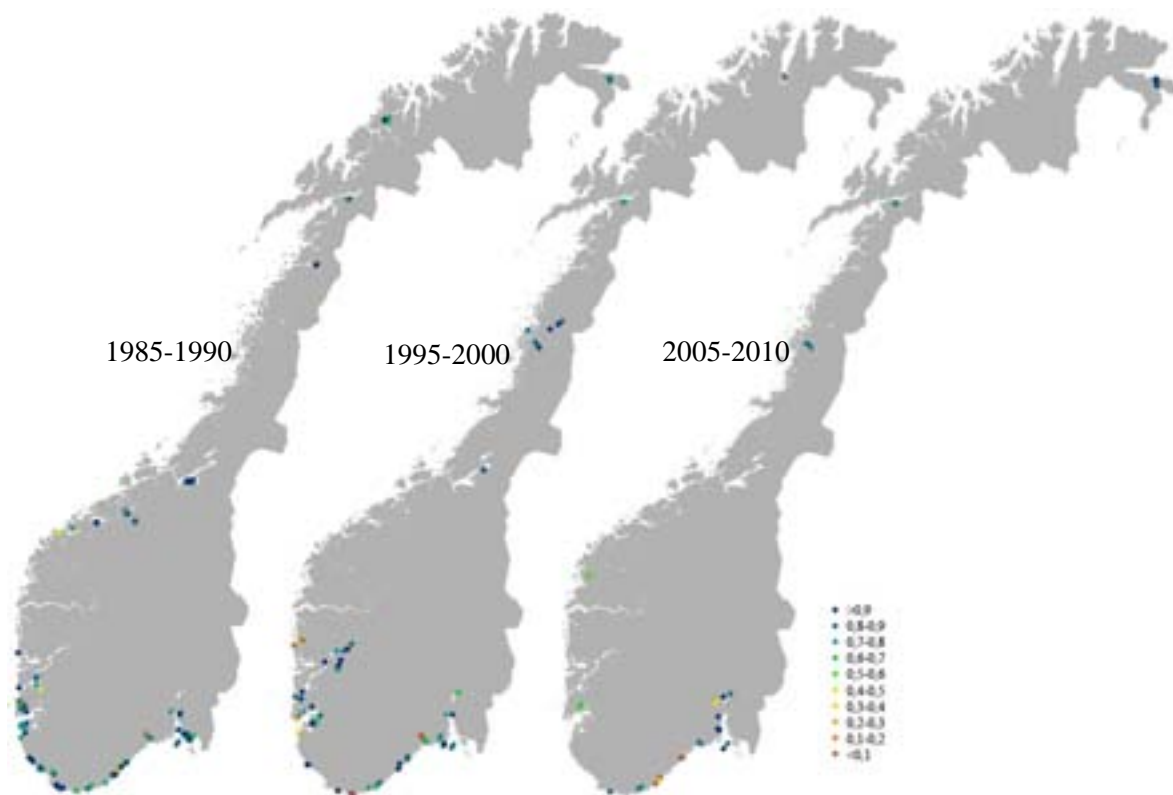
Figur 12. Gjennomsnittsverdier av tilstand for ES_{100} for de tre periodene. Fargekodene følger naturindeksens (Nybø 2010), mørk blå = tilnærmet referansetilstand, dyp rød = meget dårlig tilstand.



Figur 13. Gjennomsnittsverdier av tilstand for ISI for de tre periodene. Fargekodene følger naturindeksens (Nybø 2010), mørk blå = tilnærmet referansetilstand, dyp rød = meget dårlig tilstand.



Figur 14. Gjennomsnittsverdier av tilstand for NQI1 for de tre periodene. Fargekodene følger naturindeksens (Nybø 2010), mørk blå = tilnærmet referansetilstand, dyp rød = meget dårlig tilstand.



Figur 15. Gjennomsnittsverdier av tilstand for NQI2 for de tre periodene. Fargekodene følger naturindeksens (Nybø 2010), mørk blå = tilnærmet referansetilstand, dyp rød = meget dårlig tilstand.

4. Diskusjon

Artssammensetning og biodiversitet brukes ofte som en miljøindikator i ulike overvåkingsprogrammer, og bløtbunnsfauna har blitt valgt ut som et av de biologiske kvalitetselementene i EUs vanndirektiv. Vi har valgt å presentere mål på diversitet, mangfold og følsomhet for ulike indekser som er vanlige i norsk vannforvaltning i tillegg til at de er interessante på grunn av ulike beregningsmåter. For samtlige fem indekser er det etablert klassegrenser i henhold til EUs Vanndirektiv (Molvær m.fl. 2009, **Tabell 3**). NQII er i tillegg interkalibrert og foreløpig godkjent for Norsk rapportering til EU. Utvalget representerer en kombinasjon av indikatorer som viser biomangfold og indekser for følsomhet som kan være særlig aktuelle som "early warning" for påvirkninger i naturindeksen. Vi ser det som viktig at arbeidet med naturindeksen og vanndirektivet i størst mulig grad kan samkjøres i fremtiden.

I denne rapporten har vi sett på mulighetene for videreutvikling av kunnskapsgrunnlaget for naturindeksens bløtbunnsindikator for kystvann. Vi har, med et datamateriale med høy romlig og tidsmessig dekning og bruk av statistiske modeller og GIS-analyser, vist at det er mulig å predikere referansetilstander for ulike bløtbunnsindikatorer som vi vet varierer naturlig mellom ulike vanntyper, dyp, eksponeringsforhold etc. Vi har med dette gitt grunnlag for mye mer detaljerte og presise referanseverdier for bløtbunnsindikatorer for kystvann enn det som til nå har vært tilgjengelig. Referanseverdiene kan dermed sies å ha den geografiske representativiteten som er etterspurt i beregningen av naturindeksen. Verktøy lik det vi har utviklet i dette prosjektet er svært viktige for en kunnskapsbasert forvaltning. Arbeidet med å få til fornuftige og kostnadseffektive tiltak der dette er nødvendig avhenger av at man har kunnskap om hvor det er relevant og mulig å gjøre tiltak. Analysene i denne studien gir et grunnlag for å anslå hvilke og hvor store arealer som kan inngå i tiltaksområder.

Når differensierte referansetilstander er tilgjengelig ned til en geografisk oppløsning på 25 x 25 m, slik vi her viser ved bruk av prediksjonsmodeller, følger det at "leveransegrensesnittet" til naturindeksen også kan åpne for å levere referanseverdier på praktisk talt samme detaljerte nivå som observasjonene av tilstand gjøres, altså på stasjonsnivå. Vi har i denne rapporten beregnet gjennomsnittsverdier for referansetilstander på fylkes- og kommunenivå, med tanke på hva som etterspørres i naturindeksen, men mener at dette egentlig burde være unødvendig når oppløsningen faktisk er på cellenivå. Dette er ment som en konstruktiv tilbakemelding til det videre arbeidet med metodikken i naturindeksen.

Dessverre har vi ikke like godt datamateriale for alle områder, blant annet er Barentshavet representert med et lavt antall bløtbunnsstasjoner. Likevel var det i Barentshavet at vi fikk best samsvar mellom modellerte verdier og de observerte. Modellevalueringen av de ulike indeksene og områdene viste at modellene er middels gode, men kunne med fordel også vurderes kvalitativt ved en grundigere gjennomgang av personer med kjennskap til lokale forhold. Modellene er spesifikke med hensyn til geografiske forskjeller og andre ulikheter mellom økoregioner. En mulig forbedring av modellene kunne innebære en ytterligere differensiering mellom ulike vannforekomster og vanntyper (Moy m.fl. 2003, Pedersen og Dahl 2009). Dersom man i fremtiden får tilgang til heldekkende GIS-lag med andre relevante forklaringsvariable (f.eks. strømmodell) vil vi vurdere å kjøre nye analyser med disse inkludert og muligens forbedre predikeringsevnen ytterligere. En slik jobb vil ikke være veldig omfattende, nå som det grunnleggende kartarbeidet er utført.

Modeller slik de som er utviklet i dette prosjektet har stor nytte i forvaltning og planlegging av tiltak. Man bør likevel ikke glemme at kvaliteten på resultatmodellene aldri er bedre enn kvaliteten på de modellene man bruker i analysene. I vårt område er den romlige oppløsningen på modellene god til å være på nasjonalt nivå, 25 x 25 m. Det betyr likevel at det for eksempel kun er ett dybdemål per 625

m². Dette kan ha stor betydning i områder med stor terrengvariasjon. Men i og med at bløtbunnsindeksene er utviklet for de flatere områdene, blir allikevel effekten av skala ikke veldig stor.

Hovedaktiviteten i prosjektet har vært GIS-arbeid, med tilrettelegging av datalag for analyser og produksjon av prediksjonskart for 5 ulike indekser som har tatt mye tid på grunn av store områder og høy kartoppløsning. Da dette var et prosjekt som i hovedsak skulle se på mulighetene for utvikling og forbedring av metoder, har vi her ikke diskutert tilstand av bløtbunnsindeksene og endringen av disse over tid, selv om vi ser for oss at resultatene herfra kan inngå i neste leveranse til naturindeksen. På bakgrunn av arbeidet vi har gjort i dette prosjektet vil vi sterkt anbefale å bruke samme eller lignende metodikk for utarbeidelse av referanseverdier med full geografisk og habitatspesifikk representativitet, der man har tilstrekkelig godt datamateriale.

Et svært viktig bidrag til datamaterialet har vært data fra Kystovervåkingsprogrammet (Norderhaug m.fl. 2010). Data herfra utgjør et uvurderlig materiale, med en ubrutt tidsserie på hele 21 år. Dessverre har deler av dette programmet blitt midlertidig stanset i 2011, og det er uvisst i hvilken grad og eventuelt i hvilken form programmet vil fortsette fremover. Kvaliteten på fremtidige leveranser til naturindeksen vil derfor være avhengig av hva som blir bestemt i forhold til videreføring av Kystovervåkingsprogrammet.

5. Referanser

- Bekkby, T., Nilsson, H., Rygg, B., Isachsen, P.E., Olsgard, F. og Isæus, M. 2008. Identifying soft sediments at sea using GIS-modelled predictor variables and Sediment Profile Image (SPI) measured response variables. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 79: 631-636.
- Bekkby, T., Rinde, E., Erikstad, L. og Bakkestuen, V. 2009. Spatial predictive distribution modelling of the kelp species *Laminaria hyperborea*. *ICES Journal of Marine Science* 66: 2106-2115.
- Burnham, K.P. og Anderson, D.R. 2001. Kullback–Leibler information as a basis for strong inference in ecological studies. *Wildlife Research*, 28: 111–119.
- Hurlbert, S.N. 1971. The nonconcept of the species diversity: A critique and alternative parametres. *Ecology* 52: 577-586.
- Molvær, J., Magnusson, J., Pedersen, A. og Rygg, B. 2009. Vanndirektivet: utarbeidelse av system for marin klassifisering. Framdriftsrapport høsten 2008. TA-2465/2009.
- Moy, F., Bekkby, T., Cochrane, S., Rinde, E. og Voegelé, B. 2003. Marin karakterisering. Typologi, system for å beskrive økologisk naturtilstand og forslag til referansenettverk. FoU-opppdrag tilknyttet EUs rammedirektiv for vann. NIVA-rapport nr. 4731-2003.
- Norderhaug, K., Aure, J., Falkenhaug, T., Johnsen, T., Lømsland, E., Magnusson, J., Moy, F., Omli, L., Rygg, B. og Trannum, H. 2010. Langtidsovervåking av miljøkvaliteten i kystområdene av Norge. Kystovervåkingsprogrammet. Årsrapport for 2009. KLIF-rapport 1068. 112 s.
- Nybø S. (red.). 2010. Naturindeks for Norge 2010. DN-utredning 3-2010.
- Pedersen, A. og Dahl, E. 2009. Vannforskriften - Oppdatert forslag til stasjonsnett for basisovervåkning i kystvann. Water Framework Directive - Revised surveillance network. NIVA-rapport nr. 2577-2009.
- Rosenberg, R., Blomquist, M., Nilsson, H.C., Cederwall, H. og Dimming, A., 2004. Marine quality assessment by use of benthic species-abundance distributions: a proposed new protocol within the European Union Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 49: 728-739.
- Rygg, B. 2002. Indicator species index for assessing benthic ecological quality in marine waters of Norway. NIVA-rapport 4548-2002.
- Shannon, C.E. og Weaver, W. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnæringsmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no