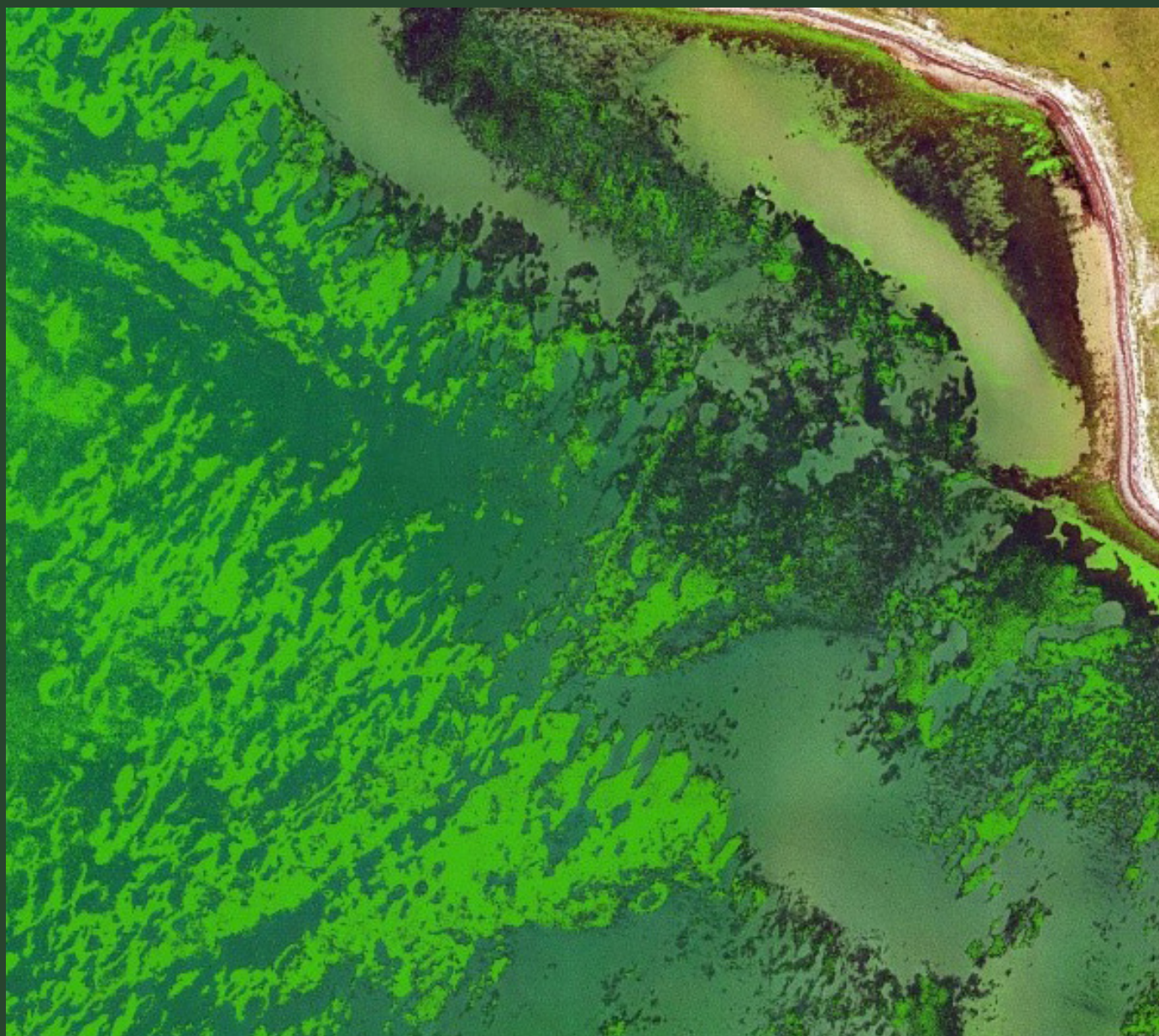




BRUG AF ORTOFOTOS TIL KORTLÆGNING AF ÅLEGRÆS I DANMARK

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 235

2022



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

BRUG AF ORTOFOTOS TIL KORTLÆGNING AF ÅLEGRÆS I DANMARK

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 235

2022

Teis Boderskov
Michael Bo Rasmussen
Dorte Krause-Jensen

Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 235
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Brug af ortofotos til kortlægning af ålegræs i Danmark
Forfatter(e): Institution(er):	Teis Boderskov, Michael Bo Rasmussen og Dorte Krause-Jensen Aarhus Universitet, Institut for Ecoscience
Udgiver: URL:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi © https://dce.au.dk
Udgivelsesår: Redaktion afsluttet:	Februar 2022 Februar 2022
Faglig kommentering:	Sarah Bachmann Ørberg
Kvalitetssikring, DCE: Sproglig kvalitetssikring:	Anja Skjoldborg Hansen Else Vihlborg Staalsen
Finansiell støtte:	Ingen ekstern finansiering
Bedes citeret:	Boderskov, T., Rasmussen, M.B. og Krause-Jensen, D. 2022. Brug af ortofotos til kortlægning af ålegræs i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 28 s. – Teknisk rapport nr. 235 https://dce2.au.dk/pub/TR235.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Ålegræs er nøgleorganisme i kystzonen med en vifte af økosystemfunktioner. På trods af at ålegræsengene er meget vigtige økosystemer langs vores kyster, har vi endnu ingen landsdækkende kort over ålegræssets aktuelle udbredelse og tilhørende opgørelse over udbredelsesarealet. Formålet med denne rapport er at undersøge muligheden for at kortlægge ålegræs i Danmark gennem analyse af ortofotos fra 2018 ved inddragelse af NOVANA-data for ålegræsundersøgelser.
Emneord:	Ortofoto, kortlægning, ålegræs
Foto forside:	Michael Bo Rasmussen
ISBN: ISSN (elektronisk):	978-87-7156- 670-3 2244-999X
Sideantal:	28
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som https://dce2.au.dk/pub/TR235.pdf

Indhold

Indledning	5
1 Materialer og metoder	6
1.1 Baggrundsinformation om ortofotos og GIS-kort	6
1.2 Billedbehandling	7
1.3 Dataanalyse	7
2 Resultater	10
2.1 Kvalitet af ortofotos og NOVANA data	10
2.2 Lineær diskriminantanalyse	12
2.3 Forest-based analysis	22
3 Diskussion	24
4 Konklusion	27
5 Referencer	28

Indledning

Ålegræs er nøgleorganisme i kystzonen med en vifte af økosystemfunktioner. Engene stimulerer biodiversiteten, opbygger kulstofdepoter i havbunden ("blue carbon"), tilbageholder næringsstoffer, stabiliserer havbunden og bidrager til naturlig kystsikring. Beskyttelse og restaurering af ålegræsenge er derfor "naturbaserede løsninger" (NBS) på klimaudfordringer, biodiversitetskrise mm. Sådanne løsninger har stort forsknings- og forvaltningsfokus på europæisk plan (https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/researcharea/environment/nature-based-solutions_en). Da ålegræsenge samtidig er følsomme overfor menneskeskabte påvirkninger, er de vigtige miljøindikatorer under bl.a. Vandrammedirektivet, og der er politisk fokus på at sikre god økologisk tilstand for ålegræs.

På trods af at ålegræsengene er meget vigtige økosystemer langs vores kyster, har vi endnu ingen landsdækkende kort over ålegræssets aktuelle udbredelse og tilhørende opgørelse over udbredelsesarealet. Der findes kun et groft satellit-baseret udbredelseskort for den samlede bundvegetationen, hvor der ikke er skelnet mellem ålegræs og tang og ikke foreligger et udbredelsesareal (<http://satlas.dk/marine-vegetation/>). Der findes også et kort over ålegræssets potentielle udbredelse, som er modelleret ud fra observationer af ålegræs i overvågningsprogrammet i kombination med viden om ålegræssets habitatkrav og en analyse af, hvor disse habitatkrav er opfyldt (Stæhr med flere 2019).

Landsdækkende kort over ålegræssets udbredelse er vigtige for forvaltningen - f.eks. i forbindelse med planlægning af beskyttelse og restaurering af ålegræsenge. Ålegræssets mange økosystemfunktioner er koblet til arealet af ålegræsengene, og ålegræskort er nødvendige for at estimere omfanget af ålegræssets økologiske funktioner på nationalt plan, designe naturbaserede løsninger og supplere monitoringsprogrammets opgørelser af ålegræssets dybdeudbredelse og dækningsgrad. Desuden vil et udbredelseskort forbedre grundlaget for at verificere den nuværende model for ålegræssets potentielle udbredelse (Stæhr med flere 2019). Kort over ålegræssets udbredelsesareal vil derfor på flere måder danne grundlag for bedre forvaltning af de danske ålegræsenge.

Der foretages regelmæssigt overflyvninger over Danmark, hvor der tages ortofotos, som også dækker en del af havarealet, og som potentielt kan danne grundlag for en landsdækkende kortlægning af udbredelsesarealet for ålegræs via billedanalyse. Der er tidligere udført kortlægning af ålegræssets udbredelse i enkelte delområder baseret på disse ortofotos, og her blev det understreget, at ortofotos ikke dækkede hele havarealet, hvor ålegræsset potentielt kunne gro (Ørberg med flere 2018). Derfor sørgede man for, at ortofotos for sommeren 2018 dækkede havarealet ud til 8 m dybde, så data ville kunne bruges til at forsøge en kortlægning af ålegræsudbredelsen i alle de indre danske farvande. Formålet med denne opgave er derfor at undersøge muligheden for at kortlægge ålegræs i Danmark gennem analyse af ortofotos fra 2018.

1 Materialer og metoder

1.1 Baggrundsinformation om ortofotos og GIS-kort

Al kortbehandling er foretaget i ArcGIS pro v. 2.8.0.

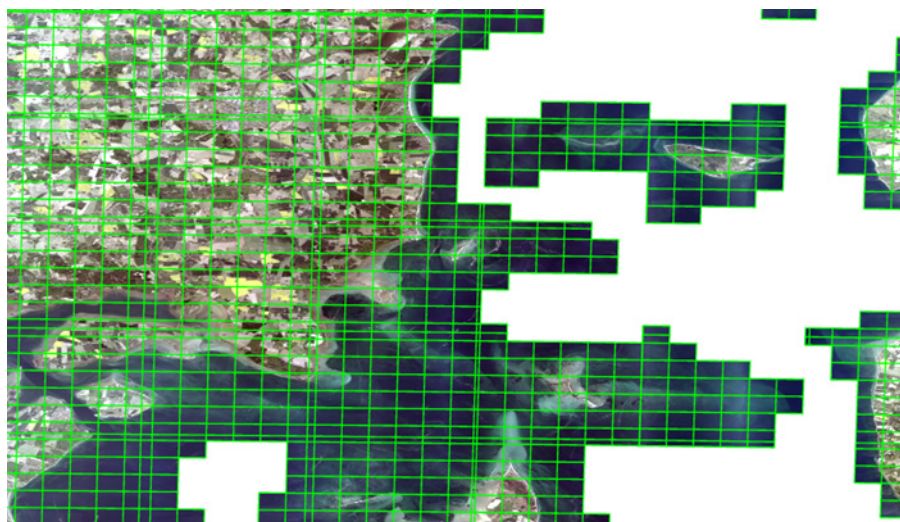
Analysen er baseret på ortofotos fra sommeren 2018, der har en opløsning på 20 x 20 cm og en samlet størrelse på 15.93 TB (figur 1).

Figur 1. Ortofoto 2018



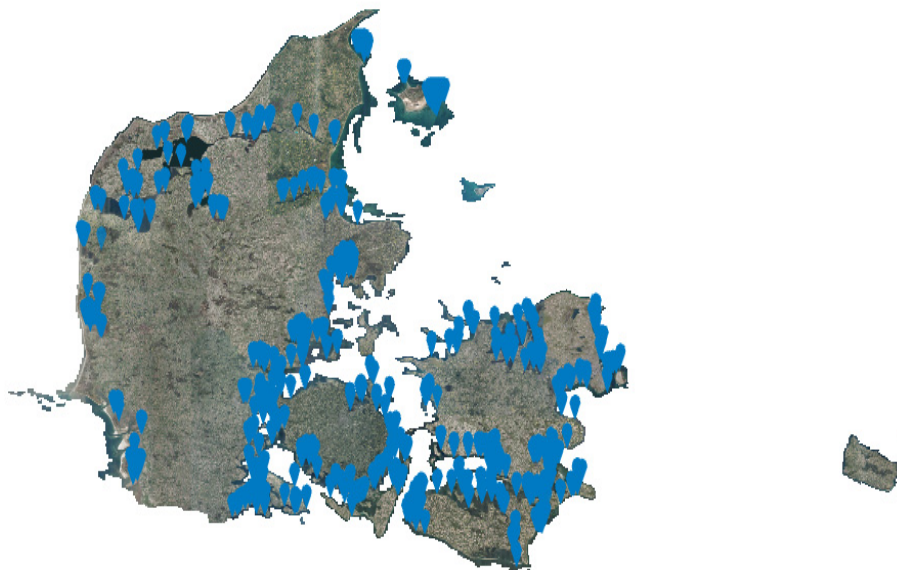
Ortofotos dækker Danmarks landareal, samt hav ud til ca. 8 m dybde og er sammensat i en mosaik med "footprints" (billedaftryk), som vist i figur 2.

Figur 2: Udklip af billedaftryk (footprints) for ortofoto 2018.



Data fra miljøstyrelsens overvågningsprogram, NOVANA, over forekomsten af ålegræs i danske farvande 2018 blev anvendt som baggrundsinformation i analysen. Undersøgelsen inkluderer i alt 44.639 observationer af forekomsten af ålegræs, målt som dækningsgrad fra 0 – 100 % og dybden for observationen fordelt langs 357 transekter i indre danske farvande (figur 3).

Figur 3: Kort over NOVANA ålegræsobservationer for 2018, inkluderet i analysen. De blå prikker angiver positioner, hvor ålegræssets dybdeudbredelse er registreret.



1.2 Billedbehandling

Mosaik-datasættet sammensat af Ortofotos fra 2018 blev reduceret til en raster med en opløsning på 1 x 1 m (OF2018), hvilket reducerede størrelsen på filen til 1,24 TB. Dette blev gjort for at minimere procestiden i ArcGIS.

NOVANA-data for ålegræssets dækningsgrad blev indlæst i ArcGIS, så de lå i punkter for hele Danmark.

Herefter blev RGB-farveværdier/farvesignaler, der angiver den relative intensitet af rød, grøn og blå, udtrukket fra OF2018 til hvert enkelt punkt ved hjælp af "Extract values to points", og RGB-farveværdier, dækningsgrad for ålegræs og vanddybde blev samlet i en tabel.

1.3 Dataanalyse

For at forudsige tilstedeværelsen af ålegræs i indre danske farvande, anvendte vi en lineær diskriminantanalyse (LDA), som er beskrevet og anvendt på mindre områder af Ørberg med flere (2018). Principperne er opsummeret nedenfor.

Opsætning af modellen (LDA-analyse):

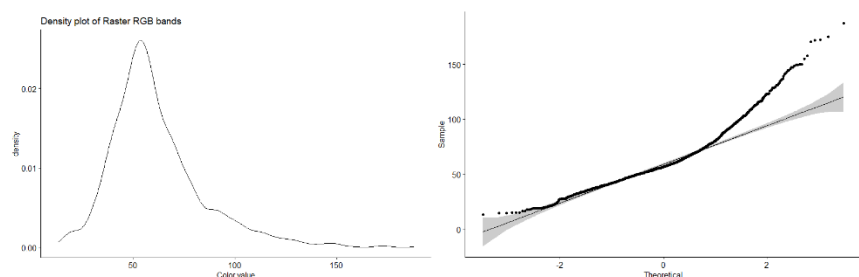
- NOVANA-data blev opdelt i to kategorier; Sand (ålegræsdækning = 0 %) og Ålegræs (ålegræsdækning = 100 %).
 - Opdelingen af data i to kategorier blev valgt efter at have testet flere modeller, hvor også en lavere ålegræsdækning blev inkluderet. Modellen, der anvender 100 % ålegræs som eneste indikator for ålegræs, gav den bedste opdeling af data, og benyttedes derfor i den videre analyse. Datasættet blev derfor reduceret til 24581 observationer, hvilket er 55% af det fulde datasæt.
- Herefter udtog vi 75 % af data (75 % "sand" observationer og 75 % "ålegræs" observationer) som input til modellen (træningsdata), og de resterende 25 % blev gemt til validering.
- Vi etablerede lineære modeller for træningsdata ved hjælp af "LDA"-værktøjet i "MASS"-pakken i R, der inkluderer RGB-farveværdier fra OF2018 i forskellige dybder og med dybde som faktor og på den baggrund oversætter et givet billedsignal til bundtype ("ålegræs" eller "sand" afhængigt af signalets størrelse i forhold til en grænseværdi mellem de to kategorier):

$$\text{bundtype} = \beta_{\text{rød}} * x_{\text{rød}} + \beta_{\text{grøn}} * x_{\text{grøn}} + \beta_{\text{blå}} * x_{\text{blå}} + \beta_{\text{dybde}} * \text{dybde}$$

hvor $x_{\text{rød}}$ = signal for første bånd i OF2018 (Rødt bånd), $x_{\text{grøn}}$ = signal for andet bånd i OF2018 (Grønt bånd), $x_{\text{blå}}$ = signal for tredje bånd i OF2018 (Blåt bånd), dybde = dybde for observationen, $\beta_{\text{rød}}/\beta_{\text{grøn}}/\beta_{\text{blå}}/\beta_{\text{dybde}}$ = koefficienter for hver variabel inkluderet i analysen.

- LDA-værktøjet angiver koefficienter, der kan multipliceres på signaler og evt. dybde i en ligning, der kan udregne en værdi for bundtyperne sand og ålegræs.
- Da modellens output er opdelt i to kategorier (sandbund/ålegræs) vil gennemsnitsværdien af hele modellens output opdele data i de to kategorier. Derfor har vi defineret grænseværdien mellem sand og ålegræs som gennemsnitsværdien for bundtype. Det er den værdi, der bruges til at adskille sand fra ålegræs i billedanalysen og kortoptegningen.
- Generelt bør input data til en lineær model være normalfordelt, men RGB-farveværdierne var ikke normalfordelt for datasættet (figur 4). Ved at anvende data, der ikke er normalfordelt, øges sandsynligheden for, at modellen ikke kategoriserer data rigtigt (Zuber & Tata), og resultaterne skal derfor tages med forbehold. Måske kunne billedbehandling i form af behandling af sollysglimt og udglatning ved sammenkoblingen af ortofofotos have hjulpet på fordelingen af RGB-farveværdierne. Dette var ikke muligt at gennemføre inden for rammerne af dette projekt.

Figur 4: Densitet- og qq-plots for den røde RGB-farveværdi input data.



Der blev kørt 3 modeller:

- Model 1: Baseret på alle data fra 0 til 8 m dybde uden at inkludere dybden som faktor
- Model 2: Baseret på alle data fra 0 til 8 m dybde, hvor dybden er inkluderet som faktor
- Model 3: Baseret på alle data fra 0 til 2 m dybde

Som alternativ til en lineær diskriminantanalyse anvendte vi også en "*forest-based classification*". Analysen er tilgængelig via værktøjet "Forest-based Classification and Regression" i ArcGIS, der anvender regressionstræer til at udpege ålegræssets udbredelse. Analysen kan anvende raster data (i dette tilfælde RGB-farvesignalet i et punkt) til at forudsige forekomsten af et objekt ud fra træningsdata (i dette tilfælde ålegræs-/sandobservationer). Træningsdata kan være en kontinuert eller diskret variabel fra et raster- eller feature-datasæt. Analysen er bedst egnet til store datasæt, så den kunne derfor være specielt egnet til denne opgave.

For at anvende analysen blev kortet omdannet til en TIFF fil, og da analysen er meget tung og ikke var det primære fokus i opgaven, blev den kun kørt på havområdet omkring Læsø. Analysen blev kørt som en kontinuert analyse, der anvendte OF2018 raster og NOVANA-data som træningsdata.

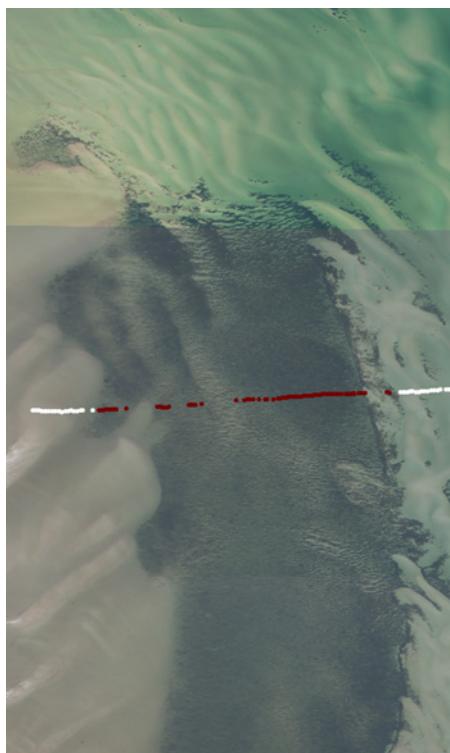
2 Resultater

2.1 Kvalitet af ortofotos og NOVANA data

Til baggrund for analysen ligger Ortofotos og NOVANA overvågningsdata fra sommeren 2018.

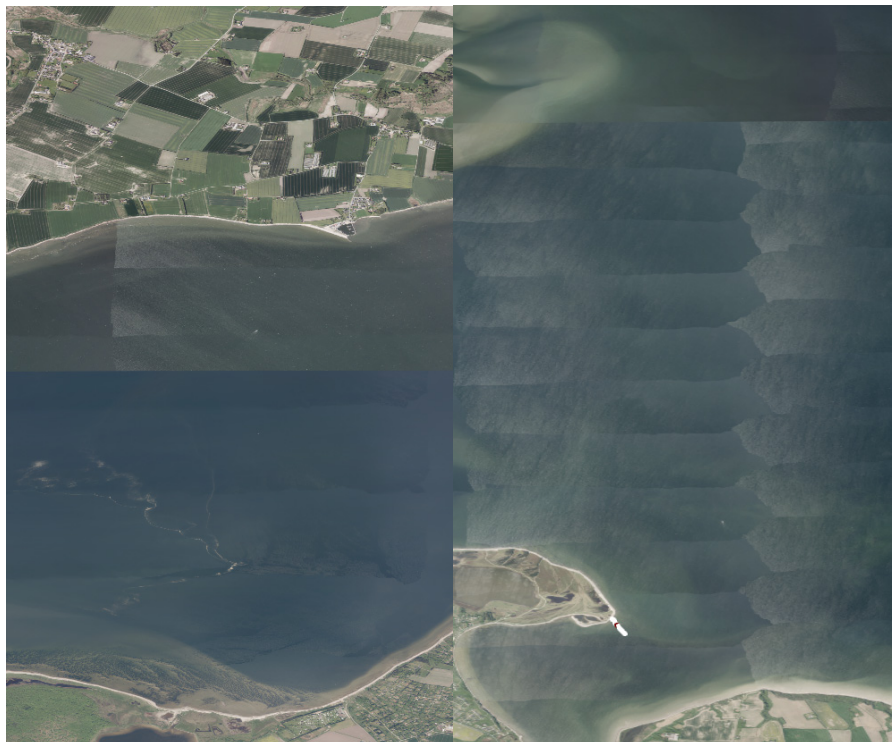
Nogle områder er meget fint afgrænset, og der er stor overensstemmelse mellem billede og GPS-punkter (figur 5).

Figur 5: Udtræk af NOVANA overvågningsdata fra 2018, hvor et område med høj billedkvalitet og stor overensstemmelse mellem ortofoto og GPS-punkter er medtaget. Ålegræsforekomst er markeret med rød og sandbund med hvid.



Dog er der også områder, hvor farvesammensætningen varierer betydeligt mellem billeder (figur 6). Det betyder, at farvesignalet for hhv. ålegræs og sand på en given dybde kan være forskelligt i billederne imellem, og det er en stor udfordring for en samlet billedanalyse af alle ortofotos. Billederne har også varierende forekomst af genskin fra sollys, som også kan være en udfordring for analysen (figur 7 øverst).

Figur 6: Udtræk af ortofotos fra 2018, der viser eksempel på dårlig billedkvalitet og variation i lys og farve mellem billeder.



Nøjagtigheden af GPS-punkterne fra NOVANA undersøgelserne kan også være en udfordrende faktor. Som det fremgår af figur 7, så er nogle punkter åbenlyst forkert placeret, sikkert grundet forskydninger i GPS-signalet, som kan skyldes, at der f.eks. ved kortlægning af ålegræsbestanden ved paravaneekørsel ikke bliver korrigeret for paravane afstand til båden.

Figur 7: Udtræk af NOVANA overvågningsdata fra 2018, hvor udfordringer i billedkvalitet er tydelige på billederne øverst, og problemer med korrekt placering af feltobservationer er illustreret på billederne nederst. Ålegræsforekomst er markeret med rød og sandbund med hvid.



2.2 Lineær diskriminantanalyse

2.2.1 Modelbeskrivelse

I tabel 1-3 fremgår modelparametre for de lineære diskriminantanalyser, der er kørt i projektet.

Model 1 beskriver bundtypen (ålegræs eller sand), på en given lokalitet fra 0 til 8 m dybde, på baggrund af RGB-farveværdier fra Ortofotos 2018 kombineret med NOVANA-data 2018 (Tabel 1).

Tabel 1: Karakteristik af model 1, lineær diskriminantanalyse, på baggrund af NOVANA-data fra år 2018 (n = 16954). Regressionskoefficienter (β) for hhv. det røde, grønne og blå farvesignal. Model 1:

$$\text{bundtype} = \beta_{\text{rød}} * x_{\text{rød}} + \beta_{\text{grøn}} * x_{\text{grøn}} + \beta_{\text{blå}} * x_{\text{blå}}$$

Regressionskoefficient	Værdi
$\beta_{\text{rød}}$	0.05421050
$\beta_{\text{grøn}}$	-0.11237669
$\beta_{\text{blå}}$	0.04048291

Grænseværdien mellem ålegræs og sand blev defineret som -2,69, hvilket er gennemsnittet af model-outputtet for alle observationer i datasættet.

Model 2 beskriver bundtypen, på en given lokalitet fra 0 – 8 meters dybde, på baggrund af RGB-farveværdier fra Ortofotos år 2018 kombineret med NOVANA-data 2018 samt dybden for observationen (Tabel 2).

Tabel 2: Karakteristik af model 2, lineær diskriminantanalyse, på baggrund af NOVANA-data fra år 2018 (n = 16954), hvor dybden er medtaget som faktor. Regressionskoefficienter (β) for hhv. det røde, grønne, blå farvesignal og dybde. Model 2:

$$\text{bundtype} = \beta_{\text{rød}} * x_{\text{rød}} + \beta_{\text{grøn}} * x_{\text{grøn}} + \beta_{\text{blå}} * x_{\text{blå}} + \beta_{\text{dybde}} * x_{\text{dybde}}$$

Regressionskoefficient	Værdi
$\beta_{\text{rød}}$	0.0001933121
$\beta_{\text{grøn}}$	-0.0673811760
$\beta_{\text{blå}}$	0.0390761684
β_{dybde}	0.5925799455

Grænseværdien mellem ålegræs og sand blev defineret som -4.43, hvilket er gennemsnittet af model-outputtet for alle observationer i datasættet.

Model 3 beskriver bundtypen, på en given lokalitet fra 0 – 2 meters dybde, på baggrund af RGB-farveværdier fra Ortofotos år 2018 kombineret med NOVANA-data 2018 (Tabel 3).

Tabel 3: Karakteristik af model 3, lineær diskriminantanalyse, på baggrund af NOVANA-data fra år 2018 (n = 4586), hvor kun data fra 0 ≤ 2 m dybde er benyttet. Regressionskoefficienter (β) for hhv. det røde, grønne og blå farvesignal. Model 3:

$$\text{bundtype} = \beta_{\text{rød}} * x_{\text{rød}} + \beta_{\text{grøn}} * x_{\text{grøn}} + \beta_{\text{blå}} * x_{\text{blå}}$$

Regressionskoefficient	Værdi
$\beta_{\text{rød}}$	-0.001829872
$\beta_{\text{grøn}}$	-0.087517800
$\beta_{\text{blå}}$	0.067084859

Grænseværdien mellem ålegræs og sand blev defineret som -2,40, hvilket er gennemsnittet af model-outputtet for alle observationer i datasættet.

Som det fremgår, er det grønne og blå signal generelt af høj værdi for modellerne.

2.2.2 Modelvalidering

Vi validerede modellerne ved at sammenholde den bundtype, som modellerne forudsagde, med bundtypen for de punkter, som NOVANA valideringsdata repræsenterede (tabel 4-6). Model 1 havde den laveste præcision, med kun 45,5 % af de samlede valideringsdata korrekt klassificeret. Model 2, hvor dybden var inkluderet, havde en højere præcision på 58,3 %. Model 3,

der kun var baseret på data fra 0 til 2 m dybde havde den højeste præcision, med 64,3 % af data korrekt klassificeret. Der blev også lavet en model, hvor dybden blev inkluderet i model 3, men dette øgede kun præcisionen til 64,9 %. Generelt klassificerede alle modeller > 80 % af ålegræs-observationerne korrekt, men kun < 60 % af "sandbund" korrekt. Derfor kan modellerne forventes at udpege et større område med ålegræs, end de burde.

Tabel 4: Validering af model 1 baseret på valideringsdata, som repræsenterede 25 % af de oprindelige datapunkter (n = 6145) fra NOVANA-data fra år 2018. Modellens estimerede fordeling af kategorierne 'ålegræs' og 'sandbund' i forhold til den egentlige fordeling, samt andelen, der er korrekt klassificeret.

Egentlig fordeling		Estimeret fordeling		% Korrekt klassificering
		Sand	Ålegræs	
Sand	5651	2386	3265	42,2
Ålegræs	494	87	407	82,4
Total	6145			45,5

Tabel 5: Validering af model 2 baseret på valideringsdata, som repræsenterede 25 % af oprindelige datapunkter (n = 6145) fra NOVANA-data fra år 2018. Modellens estimerede fordeling af kategorierne 'ålegræs' og 'sandbund' i forhold til den egentlige fordeling, samt andelen, der er korrekt klassificeret.

Egentlig fordeling		Estimeret fordeling		% Korrekt klassificering
		Sand	Ålegræs	
Sand	5651	3139	2512	55,5
Ålegræs	494	53	441	89,3
Total	6145			58,3

Tabel 6: Validering af model 3 baseret på valideringsdata, som repræsenterede 25 % af oprindelige datapunkter (n = 1529) fra NOVANA-data fra år 2018. Modellens estimerede fordeling af kategorierne 'ålegræs' og 'sandbund' i forhold til den egentlige fordeling, samt andelen, der er korrekt klassificeret.

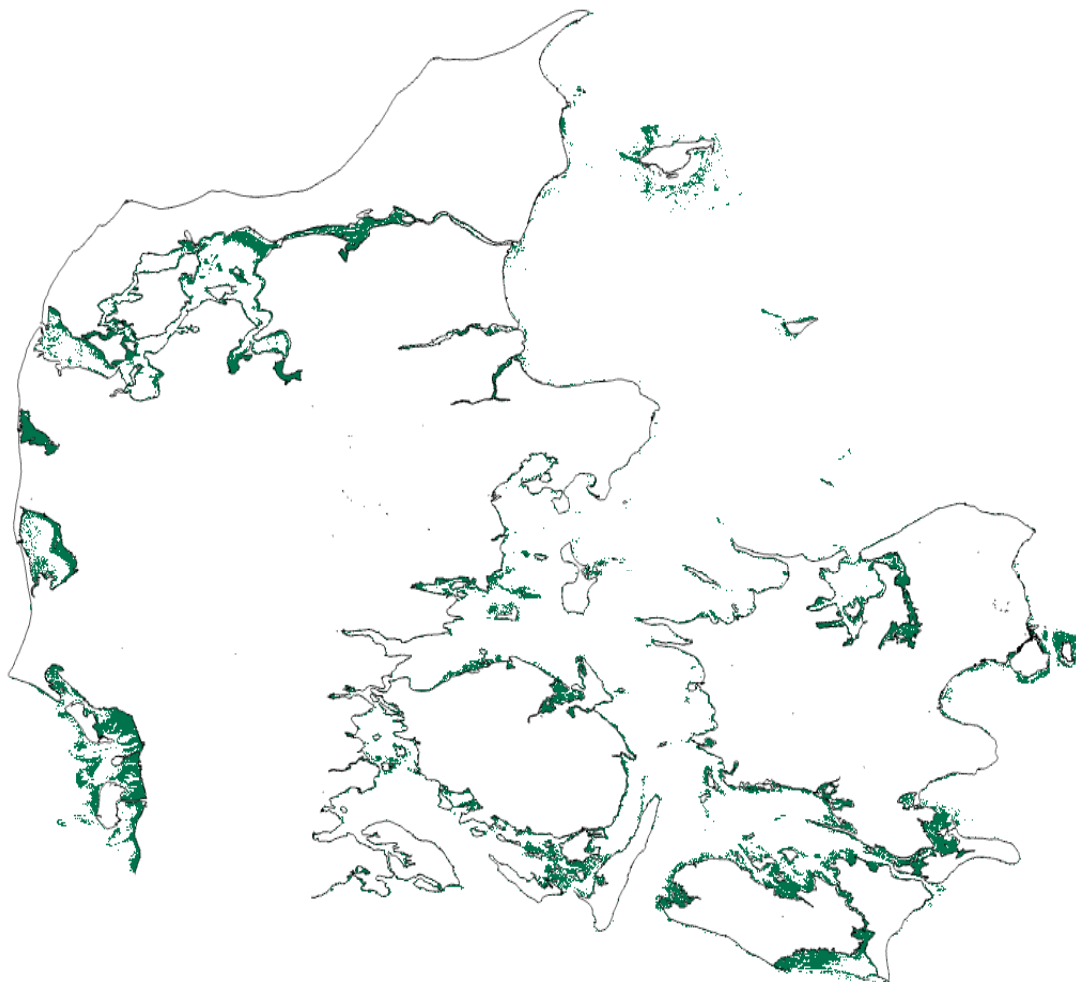
Egentlig fordeling		Estimeret fordeling		% Korrekt klassificering
		Sand	Ålegræs	
Sand	1222	712	510	58,2
Ålegræs	307	36	271	88,3
Total	1529			64,3

2.2.3 Kort

Vi har udarbejdet kort over ålegræssets udbredelse baseret på model 2 og 3, som var de bedste modeller til den landsdækkende kortlægning for hele dybdeintervallet 0-8 m (model 2) og på det lave vand (0-2 m, model 3). Der er ikke medtaget kort fra model 1, da model 2 karakteriserede ålegræsforekomsten markant bedre i samme dybdeinterval.

Model 2

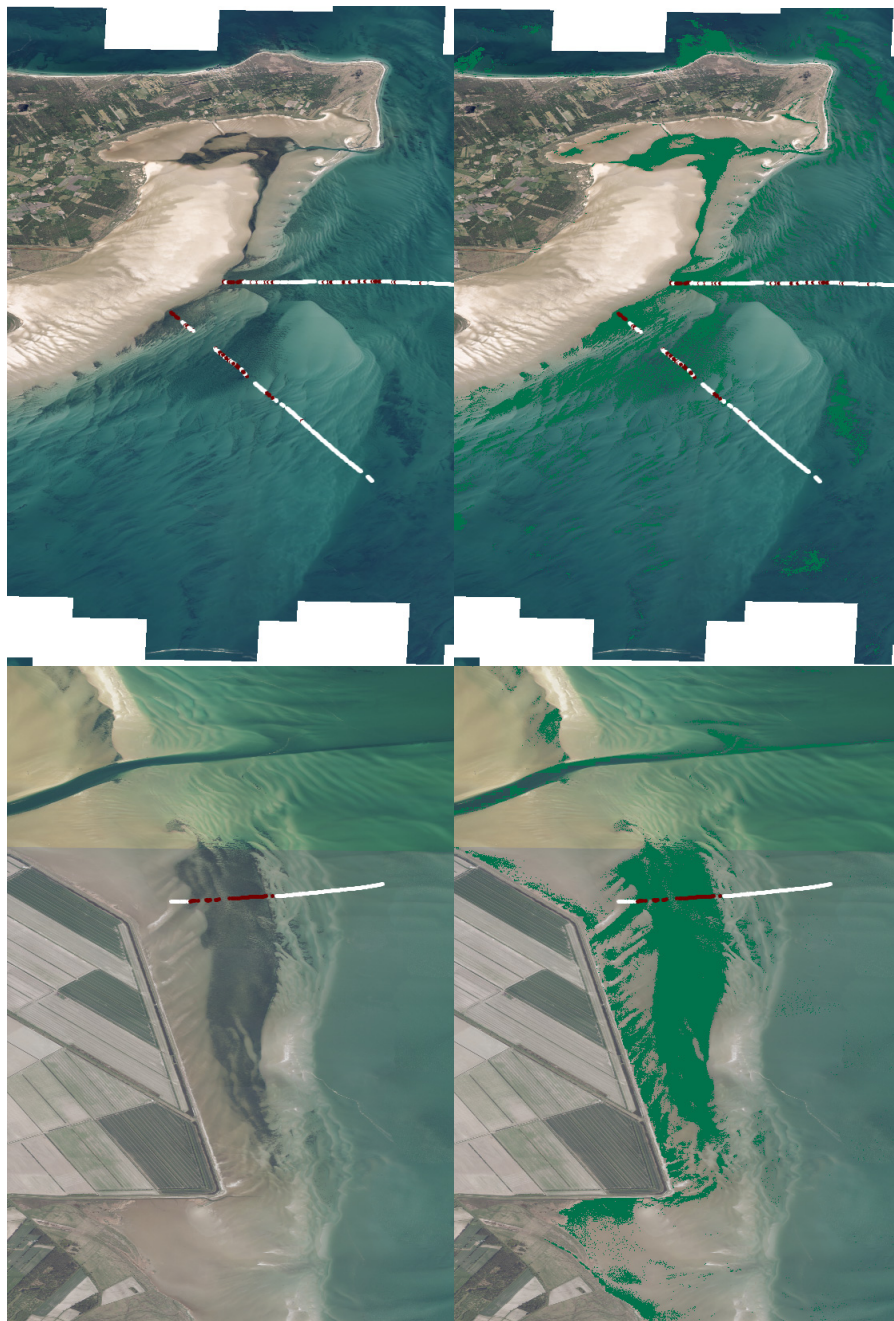
Det samlede udbredelsesareal udregnet med basis i model 2 er på 3.408 km², fordelt med en dækning på 1.793 km² på 0-2 m dybde, 1.581 km² på 2-6 m dybde og 34 km² på >6 m dybde. Figur 8 viser et kort over den samlede udpegning af ålegræs baseret på model 2.



Figur 8: Kort over ålegræsforekomst baseret på model 2. Den grønne farve markerer modellens forudsigelse af ålegræssets forekomst.

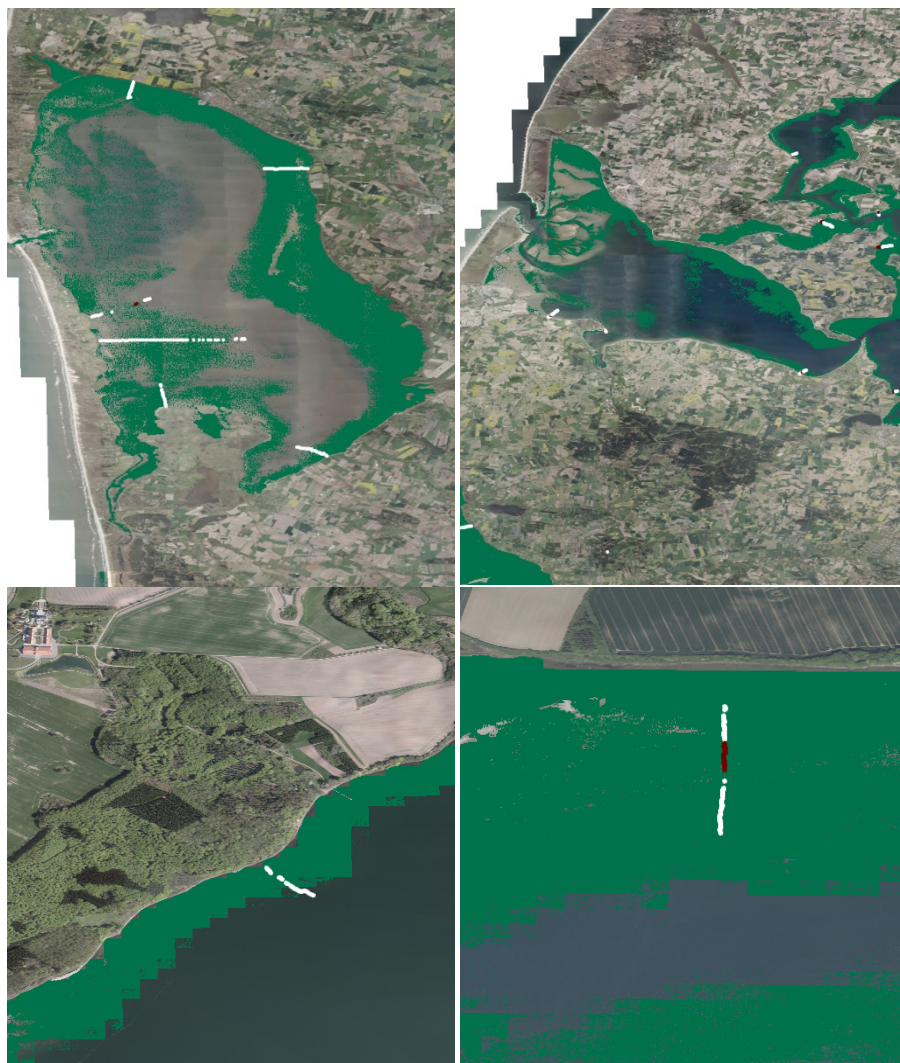
I lavvandede områder med høj forekomst af ålegræs og god sigt kan modellen med god nøjagtighed skelne mellem sand og ålegræs (figur 9).

Figur 9: Sammenligning af kortudsnit, der viser farveforskelle i ortofotos (tv) og tolkning af ålegræs baseret på model 2 (th, grøn farve). Øverst er kortudsnit fra Læsø og nederst fra udmundingen af Mariager Fjord. NO-VANA observationer af ålegræs er markeret med røde prikker og sandbund med hvide prikker.



Dog illustrerer kortudsnit over ålegræssets udbredelse på baggrund af model 2 tydeligt, at modellen ofte udpeger et for stort område som værende ålegræs. Figur 10 viser eksempler, hvor det er tydeligt, at modellen udpeger ålegræs i områder, hvor der ikke er observeret ålegræs i indeværende år. Modellen er særligt usikker i områder, hvor vandet er uklart, som i lavtliggende fjordområder, hvor modellen forkert udpeger ålegræs i områder, hvor der er lav sigtbarhed (mørkt vand på lav dybde), og hvor der derfor er særligt dårlig kontrast mellem signalet fra ålegræs og sandbund.

Figur 10: Kortudsnit, der viser udpegning af ålegræs i fire områder, baseret på model 2 (grøn farve), samt NOVANA observationer af ålegræs (røde prikker) og sandbund (hvide prikker).



I f.eks. Mariager Fjord og Skive fjord udpeger modellen store områder med ålegræs, hvor NOVANA data ikke viser ålegræsforekomst. Det kan skyldes, at modellen bliver forstyrret af større forekomster af *Ulva spp.*, som forekommer i stor mængde om sommeren i dette område (figur 11).

Figur 11: Kortudsnit, der viser udpegning af ålegræs i Mariager fjord (tv) og Skive fjord (th), baseret på model 2 (grøn farve), samt NOVANA observationer af ålegræs (røde prikker) og sandbund (hvide prikker).



Model 3

Det samlede udbredelsesareal af ålegræs på 0-2 m dybde blev udregnet med basis i model 3 til 945 km². I Figur 12 er vist et kort over den samlede udpegning af ålegræs baseret på model 3.



Figur 12: Kort over ålegræsforekomst på lavt vand (0-2 m), baseret på model 3. Den grønne farve markerer modellens forudsigelse af ålegræssets forekomst.

Som det fremgik af modelvalideringen, har model 3 en præcision der er omkring 6 % højere end model 2. Model 3 er dog begrænset af kun at forudsige ålegræssets udbredelse på lavt vand (≤ 2 m dybde).

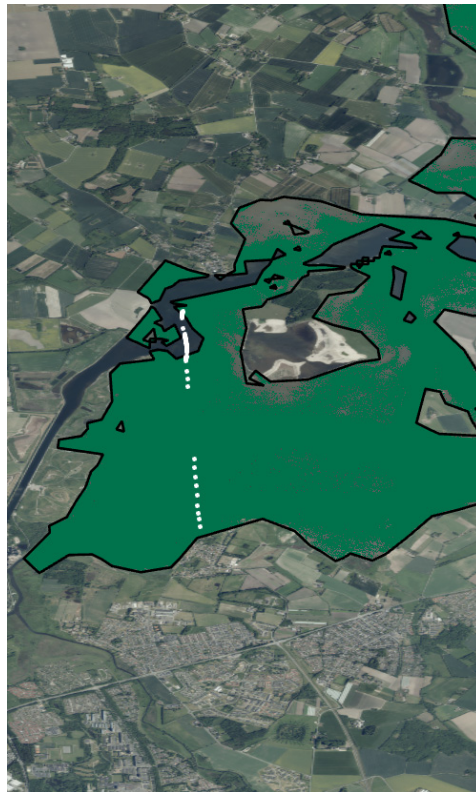
I figur 13 kan man se, hvordan model 3 i et klarvandet område med tydelig afgrænsning mellem sand og ålegræs med god tilnærmelse kan skelne ålegræs fra sand.

Figur 13: Sammenligning af kortudsnit, der viser farveforskelle i ortofotos (tv), og tolkning af ålegræs udbredelse på lavt vand (0-2m), baseret på model 3 (th, grøn farve). Øverst er kortudsnit fra Læsø og nederst fra udmundningen af Mariager Fjord. NOVANA observationer af ålegræs er markeret med røde prikker og sandbund med hvide prikker. Den sorte linje markerer dybdegrænsen for model 3.



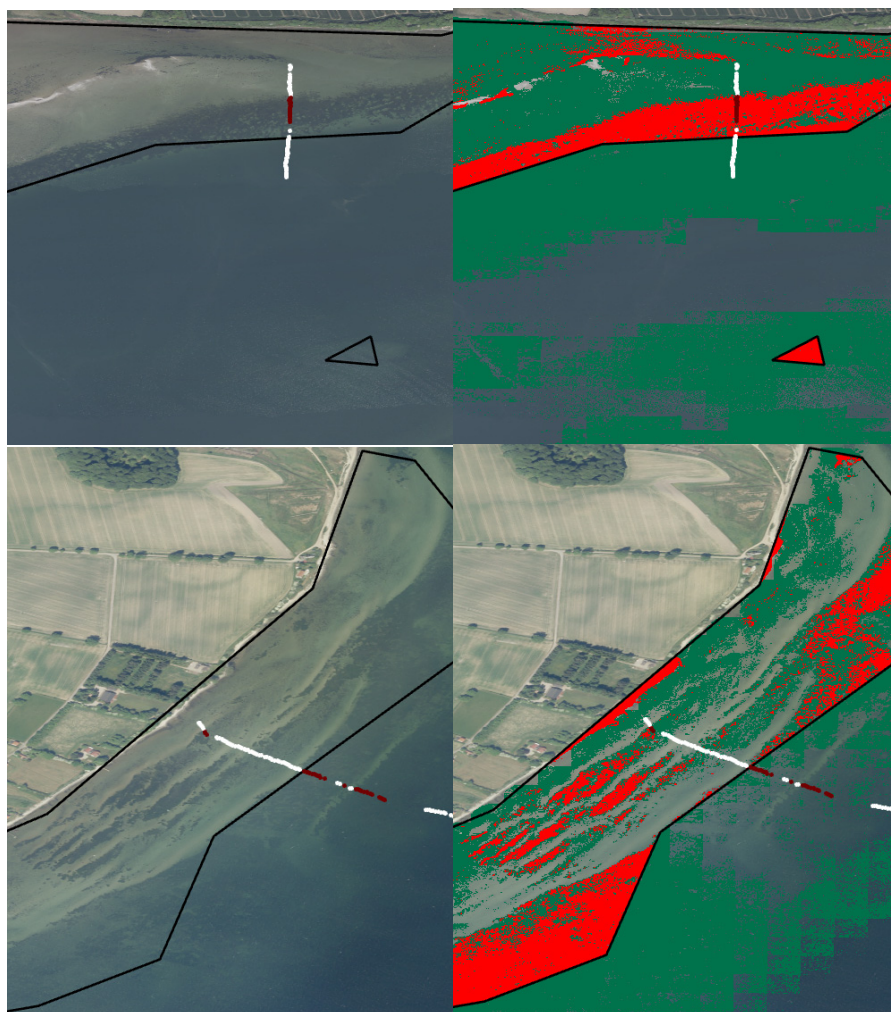
Dog har model 3 også problemer med at skelne ålegræs fra anden vegetation, hvilket tydeligt fremgår af figur 14, hvor modellen tolker, at den indre, lavvandede del af Odense fjord er dækket af ålegræs, hvilket ikke er tilfældet i følge NOVANA-data. Måske skyldes dette en forekomst af f.eks. *Ulva* spp., som forstyrrer signalet.

Figur 14: Kortudsnit, der viser udpegning af ålegræs på lavt vand (0-2m) i Odense fjord, baseret på model 3 (grøn farve), samt observationer af ålegræs (røde prikker) og sandbund (hvide prikker). Den sorte linje markerer dybdegrænsen på 2m for model 3.



En direkte sammenligning af modellerne viser tydeligt, at model 3 generelt er bedre til at udpege ålegræs på lavt vand, end model 2 (Figur 15).

Figur 15: Kortudsnit, der sammenligner kortudsnit uden (tv) og med (th) optegning af ålegræs fra model 2 (grøn farve) med model 3 (rød farve). Observationer af ålegræs er markeret med røde prikker og sandbund med hvide prikker. Den sorte linje markerer dybdegrænsen for model 3.



2.3 Forest-based analysis

Som supplement til den lineære diskriminantanalyse blev der gennemført en såkaldt "forest based analysis". Analysen blev kun anvendt i et lille område omkring Læsø, da den er meget datatung at køre.

Figur 16: Output fra Forest-based Classification and Regression analysen foretaget i området omkring Læsø (nederst), sammenlignet med de ortofotos, der ligger til grund for analysen (øverst). Ålegræsobservationer med dækning på 100% er markeret med røde prikker, og sandbund med hvide prikker. Modelens udpegning af 100% ålegræsdækning er markeret med lilla.



Figur 16 viser output fra modellen sammenlignet med de ortofotos, der ligger til grund for analysen, og det fremgår, at modellen ikke udpeger ålegræs i det korrekte område. Det er tydeligt, at flere observationer i området ligger let forskudt i forhold til ortofotoet, hvilket måske har forårsaget den skæve analyse.

3 Diskussion

Vores landsdækkende kortlægning af ålegræs baseret på billedanalyse af ortofotos gav bedst resultat for lavvandede områder med god sigt, mens kortlægningen var særligt udfordret i områder med dårlig sigt og anden vegetation (f.eks. *Ulva* spp.) samt på dybt vand, hvor det er vanskeligt at skelne ålegræs fra den omkringliggende sandbund. Modellen, som byggede på en lineær diskriminantanalyse og ikke tog højde for, at farvesignalet ændres med vanddybden, havde kun en nøjagtighed på 45,5 % på 0 til 8 m dybde. Nøjagtigheden blev forbedret til 58 % ved at inkludere dybden som faktor, hvilket indikerer, at man ved at tage dybden med kan fjerne nogle af de falsk-positive udpegninger, der forekommer på dybt vand. Det samlede udbredelsesareal bestemt ud fra modellen var urealistisk stort, betydeligt større end det potentielle udbredelsesareal bestemt ud fra kendskab til ålegræssets habitatkrav (Stæhr med flere 2019), og kan udelukkende bruges til at vise, hvor der muligvis er ålegræs.

Ved at indsnævre modellen til kun at køre fra 0 – 2 m dybde øgedes nøjagtigheden til 64 %. Det samlede udbredelsesareal af ålegræs på 0-2 m dybde blev estimeret til 1.793 km² baseret på modellen fra 0-8 m dybde og 945 km² baseret på modellen fra 0-2 m dybde. Samlet set ser det ud til, at modellen, der kun dækker 0-2 m dybde, giver et mere retvisende billede af ålegræsudbredelsen på lavt vand. Der er dog stadig udtalte problemer med ålegræsudpegnings i flere lavvandede områder med uklart vand.

Årsagerne til den store fejlmargen på bestemmelsen af ålegræssets udbredelsesareal kan være:

- For svagt RGB-farveværdi signal (f.eks. på dybt vand eller ved uklart vand)
- Fejl / usikkerhed i GPS-positioneringen af trænings-observationerne
- Forskelle i farvesammensætning af input billeder
- Anden observation, der overlapper med RGB-farveværdier for ålegræs

Nedenfor diskuterer vi kort de oplistede fejlkilder:

- For svagt RGB-farveværdi signal (f.eks. på dybt eller uklart vand)

Som diskuteret ovenfor har modellerne udtalte problemer med at udpege ålegræs på dybt/uklart vand. Det er tydeligt, at på dybt/uklart vand er kontrasten i farvesignalet for lille til, at ålegræsset kan udpeges. Det er derfor på disse lokaliteter nødvendigt at inddrage andre faktorer end RGB-farveværdier for at udpege ålegræs. Derfor vil karakteriseringen i disse områder have mere karakter af en potentiel udbredelse end en faktisk udbredelse. Måske kunne en landsdækkende analyse, der både inkluderer ortofotos (RGB-farveværdier) og faktorer som bundforhold, temperatur, eksponering, sigtbarhed, der definerer ålegræssets habitatkrav (Stæhr med flere 2019) øge præcisionen af fremtidige kort over ålegræssets udbredelse i Danmark.

Fejl/usikkerhed i positioneringen af trænings-observationerne

Som beskrevet i resultatafsnittet er det tydeligt, at mange ålegræsobservationer er let forskudt i forhold til ortofotoet, så ålegræsobservationer tydeligt er placeret forkert på sandbund eller omvendt. Tidligere analyser af ortofotos baseret på lignende modeller for delområder, har vist en nøjagtighed > 90 %, hvilket er betydeligt bedre end vores analyser (Ørberg med flere, 2018). Ørberg med flere (2018) udvalgte træningsdata (observationer af ålegræs og sand) manuelt på baggrund af en visuel sammenligning med farveforskelle i ortofotos, hvilket gav mulighed for at kompensere for at unøjagtige positioner for NOVANA-data forskød observationerne. Samtidig gav den manuelle udvælgende af træningsdata mulighed for at udelade punkter, der ikke visuelt kunne adskilles, så disse ikke indgik i modellen. I den landsdækkende ålegræskortlægning anvendte vi observationer fra miljøstyrelsens overvågningsprogram, der ikke var tilrettet ortofotos, fordi det er for arbejdskrævende at gennemgå de mange tusinde observationer manuelt. Derfor kan en mindre forskydning i GPS-signalet for en given observation have resulteret i, at positionen ligger på en anden bundtype end undersøgt, hvilket kan forstyrre modellens nøjagtighed. Ved miljøstyrelsens paravaneundersøgelser er det kendt, at der kan opstå forskydninger imellem observationer og positionering grundet båden (GPS'ens) forskydning i placering i forhold til kameraslæden/dykker. Vores undersøgelse underbygger, at der er behov for en forbedret positionering af NOVANA-undersøgelserne for at øge anvendeligheden af data som input til kortanalyser, som den foreliggende. Alternativt kunne en fremtidig analyse afsøge effekten af at inkludere en form for kvalitetsanalyse/ differentiering af input trænings-dataene.

Forskelle i farvesammensætning af input billeder

Ortofotos anvendt i indeværende analyse er ikke korrigeret for farveforskelle eller genskin fra solen. Ørberg med flere (2018) opnåede større nøjagtighed med samme analyse, men de analyserede mindre områder, hvilket minimerer risikoen for, at billeder med forskellig farvesammensætning påvirker modellen. Desuden anvendte Ørberg-studiet værktøjer til at behandle ortofotos for at minimere forskelle i farvesammensætning grundet f.eks. genskin fra solen. Korrektioner af billederne risikerer at udjævne noget af det RGB-farveværdi signal, der karakteriserer ålegræs, men kan muligvis være nødvendige ved analyser, der anvender mange billeder taget på forskellige tidspunkter.

Anden observation, der overlapper med RGB-farveværdier for ålegræs

En yderligere begrænsning for den foreliggende model er, at anden vegetation/bunddække end ålegræs kan give RGB-farveværdier der ligner ålegræssets. I denne analyse blev flere områder, der er kendt domineret af makroalgen *Ulva spp.*, udpeget som ålegræsområde af modellen. Det er også muligt, at flere områder domineret af andre makroalger eller havgræsser kan give RGB-farveværdi signaler, der ligner ålegræs og derfor resulterer i en overestimering af udbredelsen af ålegræs. En mulig korrektion af denne fejl vil kræve flere træningsdata for vegetationsdække, som evt. kunne komme fra NOVANA overvågningsprogrammet.

Som alternativ til en lineær diskriminantanalyse, er der anvendt en såkaldt Forest-Based regressionsanalyse, som anvender regressionstræer til at forudsige en observation. Analysen gav ikke gode resultater i det lille område omkring Læsø, hvor den blev anvendt, men præsenterer en GIS-baseret metode, der er i stand til at inkorporere mange faktorer fra raster eller polygon-datasæt i en regressionsmodel. Derved kunne man have input som RGB-

farveværdier fra ortofotos sammen med bundforhold, eksponering, sigtbarhed og andre faktorer, der kan udelukke, eller skønnes, at begrænse udbredelsen af ålegræs. Dette vil give analysen et bredere datafundament, og dermed bedre præcision i områder, hvor RGB-farveværdier ikke er tilstrækkelige til at identificere ålegræs. Analysens ringe resultat i denne rapport, hænger måske sammen med følsomhed overfor punkter, der ikke er korrekt placeret. For videre at vurdere analysen til udpegning af ålegræs i danske farvande må den bruges på et datasæt, hvor træningsdata er udvalgt manuelt for at sikre, at analysen ikke fejler pga. fejlplacering af input data.

4 Konklusion

Vores analyse viser, at der er store udfordringer i at gennemføre en landsdækkende kortlægning af ålegræs ud fra rå ortofotos sammenholdt med NOVANA-ålegræsobservationer (der ofte har upræcis position). Udpegning af ålegræs på lavt vand ser ud til at være mulig, mens udpegning på dybere/uklart vand kræver flere forklarende variable end RGB-farveværdi signalet, da der enten er for dybt eller uklart til, at signalet afspejler den egentlige forekomst af ålegræs. Den foreliggende analyse kan derfor bruges til at identificere områder, hvor der muligvis er ålegræs, men bør ikke anvendes som retvisende for ålegræssets udbredelsesareal, da forekomsten ofte overestimeres.

Billedanalysen var bl.a. begrænset af, at de rå ortofotos omfattede billeder med dårlig kvalitet og indbyrdes farveforskelle. Et udvidet projekt med mulighed for kvalitetssikring/selektion eller forbehandling af ortofotos kunne forventes at forbedre modellernes præcision. Dertil kunne mere præcise GPS-positioner på NOVANA data udgøre et stærkere træningsfundament for billedanalyserne. Fremtidige undersøgelser kunne desuden inkludere viden/kortmateriale om vigtige forhold, der definerer ålegræssets potentielle udbredelse (f.eks. bundforhold, eksponering og lysforhold) i en regressionsanalyse, der sammen med RGB-farveværdi signalet fra kvalitetssikrede og eventuelt forbehandlede ortofotos kunne opkvalificere udpegningen.

5 Referencer

Stæhr, P.A., Göke, C., Holback, A. M., Krause-Jensen, D., Timmermann, K., Upadhyay, S., Ørberg, S.B., 2019. Habitat Model of Eelgrass in Danish Coastal Waters: Development, Validation and Management Perspectives. *Front. Mar. Sci.* 6:175. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00175>

Ørberg, S.B., Groom, G.B., Kjeldgaard, A., Carstensen, J., Rasmussen, M.B., Clausen, P. & Krause-Jensen, D. 2018. Kortlægning af ålegræsenge med ortofotos - muligheder og begrænsninger. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 68 s. - Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 265 <http://dce2.au.dk/pub/SR265.pdf>

Zuber, N., & Tata L. "Exploring Linear Discriminant Analysis Classification of Non-Normal Data using Poker Hands."

BRUG AF ORTOFOTOS TIL KORTLÆGNING AF ÅLEGRÆS I DANMARK

Ålegræs er nøgleorganisme i kystzonen med en vifte af økosystemfunktioner. På trods af at ålegræsengene er meget vigtige økosystemer langs vores kyster, har vi endnu ingen landsdækkende kort over ålegræssets aktuelle udbredelse og tilhørende opgørelse over udbredelsesarealet. Formålet med denne rapport er at undersøge muligheden for at kortlægge ålegræs i Danmark gennem analyse af ortofotos fra 2018 ved inddragelse af NOVANA-data for ålegræsundersøgelser.