



ÅLEGRÆSSETS UDBREDELSE PÅ MARIN- ARKÆOLOGISKE LOKALITETER VED TYBRIND VIG OG NEKSELØ

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 196

2021



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

[Tom side]

ÅLEGRÆSSETS UDBREDELSE PÅ MARIN- ARKÆOLOGISKE LOKALITETER VED TYBRIND VIG OG NEKSELØ

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 196

2021

Michael Bo Rasmussen
Cordula Göke
Helge Juul Schou
Dorte Krause-Jensen

Aarhus Universitet, Institut for Bioscience



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 196
Kategori:	Forskningsrapport
Titel:	Ålegræssets udbredelse på marinarkæologiske lokaliteter ved Tybrind Vig og Nekselø
Forfattere:	Michael Bo Rasmussen, Cordula Göke, Helge Juul Schou og Dorte Krause-Jensen
Institutioner:	Aarhus Universitet, Institut for Bioscience
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	https://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Februar 2021
Redaktion afsluttet:	Februar 2021
Faglig kommentering:	Peter A. Stæhr
Kvalitetssikring, DCE:	Anja Skjoldborg-Hansen
Sproglig kvalitetssikring:	Else V. Staalsen
Ekstern kommentering:	Da projektet er et samarbejde med bl.a. Nationalmuseet, og data fra Nationalmuseet indgår i rapporten, har Nationalmuseet haft et rapportudkast til gennemsyn.
Ekstern finansiering:	Nationalmuseet
Bedes citeret:	Rasmussen, M.B., Göke, C., Schou, H.J. & Krause-Jensen, D. 2021. Ålegræssets udbredelse på marinarkæologiske lokaliteter ved Tybrind Vig og Nekselø. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 24 s. - Teknisk rapport nr. 196 https://dce2.au.dk/pub/TR196.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	Ålegræsenge kan beskytte havbundens marinarkæologiske fortidsminder mod erosion. Projektet leverer en detaljeret kortlægning af ålegræs omkring marinarkæologiske lokaliteter ved Tybrind Vig og Nekselø baseret på drone og ortofotos.
Emneord:	Ålegræs, marinarkæologiske, fortidsminder, drone, ortofotos
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Michael Bo Rasmussen
ISBN:	978-87-7156-570-6
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	24
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som https://dce2.au.dk/pub/TR196.pdf

Indhold

Sammenfatning	5
Summary	6
1 Baggrund og formål	7
2 Metode	8
2.1 Kortlægning af ålegræssets udbredelse omkring Tybrind Vig og ud for Nekselø	8
2.2 Sammenligning med landsdækkende model for ålegræssets potentielle udbredelse	9
3 Resultater og diskussion	10
3.1 Kortlægning af ålegræssets udbredelse omkring Tybrind Vig og ud for Nekselø	10
3.2 Sammenligning med landsdækkende model for ålegræssets potentielle udbredelse	16
3.3 Sammenligning mellem ålegræskortlægning baseret på dronedata og model	16
4 Sammenfatning og konklusion	23
5 Referencer	24

[Tom side]

Sammenfatning

Ålegræsenge kan beskytte havbundens marinarkæologiske fortidsminder mod erosion. Projektet leverer en detaljeret kortlægning af ålegræs omkring marinarkæologiske lokaliteter ved Tybrind Vig og Nekselø baseret på drone og ortofotos. Begge typer data viser betydelig, udbredelse af ålegræs i begge områder, dog med en del variation mellem år. Dronebilleder giver den mest detaljerede opgørelse af vegetationen, og var understøttet med feltdata, som markant øger sikkerheden i analysen. Projektet viser desuden, at der på landsplan er tydeligt sammenfald mellem ålegræssets potentielle udbredelse og kendte marinarkæologiske sites, og at modellen for ålegræssets potentielle udbredelse derfor også er relevant fra et marinarkæologisk perspektiv.

Summary

Eelgrass meadows can protect the marine archaeological heritage in the sea-floor against erosion. The project delivers a detailed mapping of eelgrass around marine archaeological locations at Tybrind Vig and nekselø based on drone and ortophotos. Both data types show considerable cover of eelgrass in both areas, though with some variation between years. Drone images provide the most detailed quantification of the vegetation and was supported by field data, which markedly increase the certainty of the analysis. The project further shows clear overlap between the potential distribution of eelgrass and known marine archaeological heritage at national scale and that the potential distribution model for eelgrass is therefore also of relevance from a marine archaeological perspective.

1 Baggrund og formål

Havgræsser, heriblandt ålegræs, spiller en central rolle for beskyttelse og bevaring af forhistoriske submarine bopladser over hele verden ved at dække og forsegle erosionstruede marinarkæologiske lokaliteter (Fischer 2011, Krause-Jensen et al. 2019).

I dette projekt har vi kortlagt ændringer i ålegræssets udbredelse i områder af forhistorisk interesse, henholdsvis i Tybrind Vig og ud for Nekselø gennem analyse af drone- og ortofotos samt ved indsamling af observationer i felten. Formålet var at kortlægge ålegræssets udbredelse og dynamik omkring de marinarkæologiske lokaliteter i de to studieområder, da ændringer i ålegræssets udbredelse kan påvirke beskyttelsen af fortidsminder.

Desuden har vi benyttet den landsdækkende model for ålegræssets potentielle udbredelse (Stæhr et al. 2019) til tre yderligere delformål: (a) at etablere et kort, der viser bopladserne i relation til ålegræs for landet som helhed samt specifikt for studieområderne Tybrind Vig og Nekselø, (b) at sammenholde ålegræssets lokale udbredelse i studieområderne med den landsdækkende model for på den baggrund at vurdere muligheden for at benytte den landsdækkende model for andre lokalområder, (c) at sammenholde modellens baggrundsdata (specielt temperatur) med konkrete miljømålinger for yderligere at teste modellens følsomhed på lokal skala. Det overordnede formål med denne del af opgaven var at demonstrere ålegræshabitatmodellens relevans for marinarkæologien til at udpege områder med sandsynlig udbredelse af ålegræs og dermed skjulte stenalderbopladser; samt pege på muligheden for på sigt at benytte modelscenarier til at identificere områder hvor eksisterende bopladser er i fare for at forsvinde pga. tab af ålegræs, og hvor der derfor er behov for ekstra indsats for at bevare ålegræs og fortidsminder.

Projektet er et samarbejdsprojekt mellem Nationalmuseet, Langelands Museum og Aarhus Universitet med henblik på at udvide vidensgrundlaget om ålegræssets betydning for bevaring af undersøiske stenalderbopladser for herved at sikre en bedre fremtidig forvaltning/beskyttelse af bopladserne.

2 Metode

2.1 Kortlægning af ålegræssets udbredelse omkring Tybrind Vig og ud for Nekselø

2.1.1 Droneoptagelser

Arealkortlægningen er udført med en Mavic 2 Pro drone, der har optaget billeder i en højde af 100 m over havet. Billederne er taget med et overlap på 80 % i begge retninger. Billederne er efterfølgende mosaikket sammen med ArGISoft software. Opløsningen på billederne var 4 cm pr. pixel. Se yderligere uddybning af metoden i tidligere rapporter (Rasmussen m.fl. 2020).

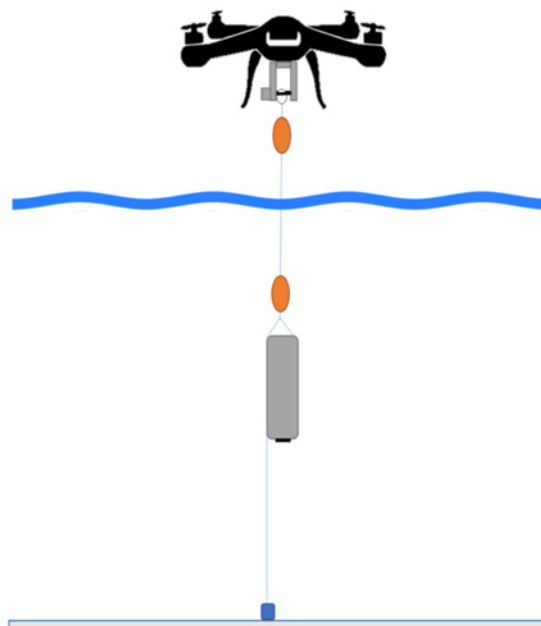
2.1.2 Ortofoto

De benyttede ortofotos er sommerbilleder i form af billedmosaikdatasæt, som AU har adgang til via aftaler mellem et ortofotokonsortium / SOF, organisationer fra den danske offentlige sektor inklusiv AU og Styrelsen for Data og Effektivisering (SDFE) (se uddybning af baggrund og i Ørberg et al. 2018, Stæhr m. fl. 2019). Billederne repræsenterer perioden 1995, 2010, 2011, 2012, 2014, 2016 og 2018. Opløsningen på billederne varierer fra 12-16 cm pr. pixel.

2.1.3 Ground truth

Ground truth observationerne i form af ålegræssets dækningsgrad på et givet GPS punkt anvendes i forbindelse med analyse af drone- og ortofotos. Indsamlingen af ground truth punkter er enten foretaget ved at nedsænke et undervandskamera på en givet position enten fra drone (Matrice 210v), figur 1, eller fra båd (Rasmussen m. fl. 2020).

Figur 1. Indsamling af ground truth observationer fra drone forsynet med et undervandskamera som automatisk stabiliserer sig 1 m over havbunden.



2.1.4 Billedanalyse

Billedanalysen af drone- og ortofotos af ålegræssets udbredelse er foregået på baggrund af billedernes RGB signal ved at inddrage ground truth observationerne. Analysen er foretaget ved en maximum likelihood estimation i ArcView. I analysen indgår en række vegetationsklasser udvalgt på baggrund af vegetationstype og dybdeforhold. Anvendte klasser fremgår bl.a. af tabel 1.

2.2 Sammenligning med landsdækkende model for ålegræssets potentielle udbredelse

2.2.1 Ålegræsmodel

Den nationale model for ålegræssets potentielle udbredelse kortlægger sandsynligheden for tætheder af ålegræs i danske farvande baseret på landsdækkende datalag for miljøforhold, der påvirker ålegræsset sammenholdt med monitoringsdata for ålegræssets forekomst og dækningsgrad. Monitoringsdata stammer fra det nationale monitoringsprogram NOVANA (<https://mst.dk/natur-vand/overvaagning-af-vand-og-natur/>). Datalagene for miljøforhold omfatter lystilgængelighed, sedimentforhold, fysisk eksponering, iltkoncentration, vandtemperatur og salinitet (Stæhr et al. 2019). Modellen er sat op med en teknisk opløsning på 100 m x 100 m, og den modellerer sandsynligheden for ålegræstætheder på en skala fra 0 til 100%. I 2020 blev en del af parametrene opdateret med modellerede data for vandtemperatur, fysisk eksponering, iltkoncentration og salinitet. Disse data stammer fra DHI's modeller, som har varierende opløsning. Den nye modelopsætning er kalibreret med NOVANA transektdata for perioden 2012-2016, og dokumentationen er fortsat under udarbejdelse.

For studieområderne Tybrind Vig og Nekselø har vi sammenholdt den modellerede ålegræsudbredelse med den drone-baserede kortlægning.

2.2.2 Baggrundsdata for studieområderne

For fokusområderne ved Tybrind Vig og Nekselø har vi ekstraheret de baggrundsdata, som modellen benytter til at prædikere ålegræssets udbredelse i områderne, og kortlagt disse.

Det var hensigten at sammenholde disse baggrundsdata for modellen med in situ datalogninger på lokaliteten. Projektet gav mulighed for at sammenholde temperaturdata, som Nationalmuseet loggede (Hobo pendant fra Onset) gennem sommeren og efteråret 2020 med baggrundsdata for modellen i form af monitoringsdata fra NOVANA programmet og modellerede data. I den sammenhæng er også NOVANA data for temperatur gennem perioden 2012 – 2016 fra de nærmeste stationer sammenlignet med den modellerede middelværdi for områderne.

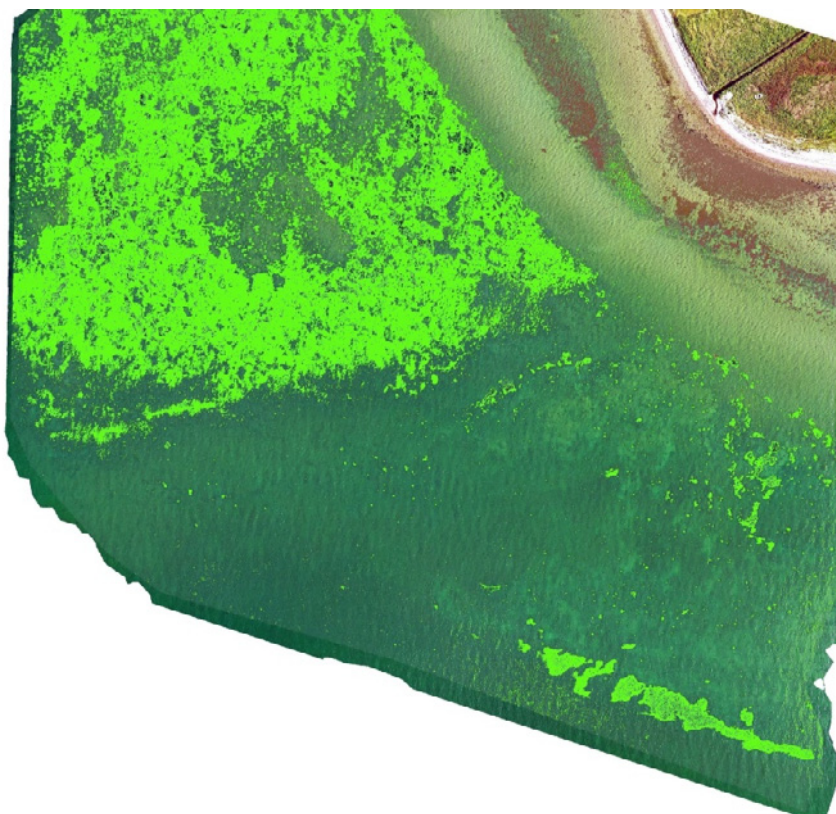
3 Resultater og diskussion

3.1 Kortlægning af ålegræssets udbredelse omkring Tybrind Vig og ud for Nekselø

3.1.1 Tybrind Vig

17 juni 2020 blev der foretaget droneoptagelser af ålegræsbestanden omkring den marinarkæologiske lokalitet ved Tybrind Vig inden for et areal på 92.416 m², figur 2. Desuden blev der via drone indsamlet 35 ground truth observationer til bestemmelse af vegetationstype.

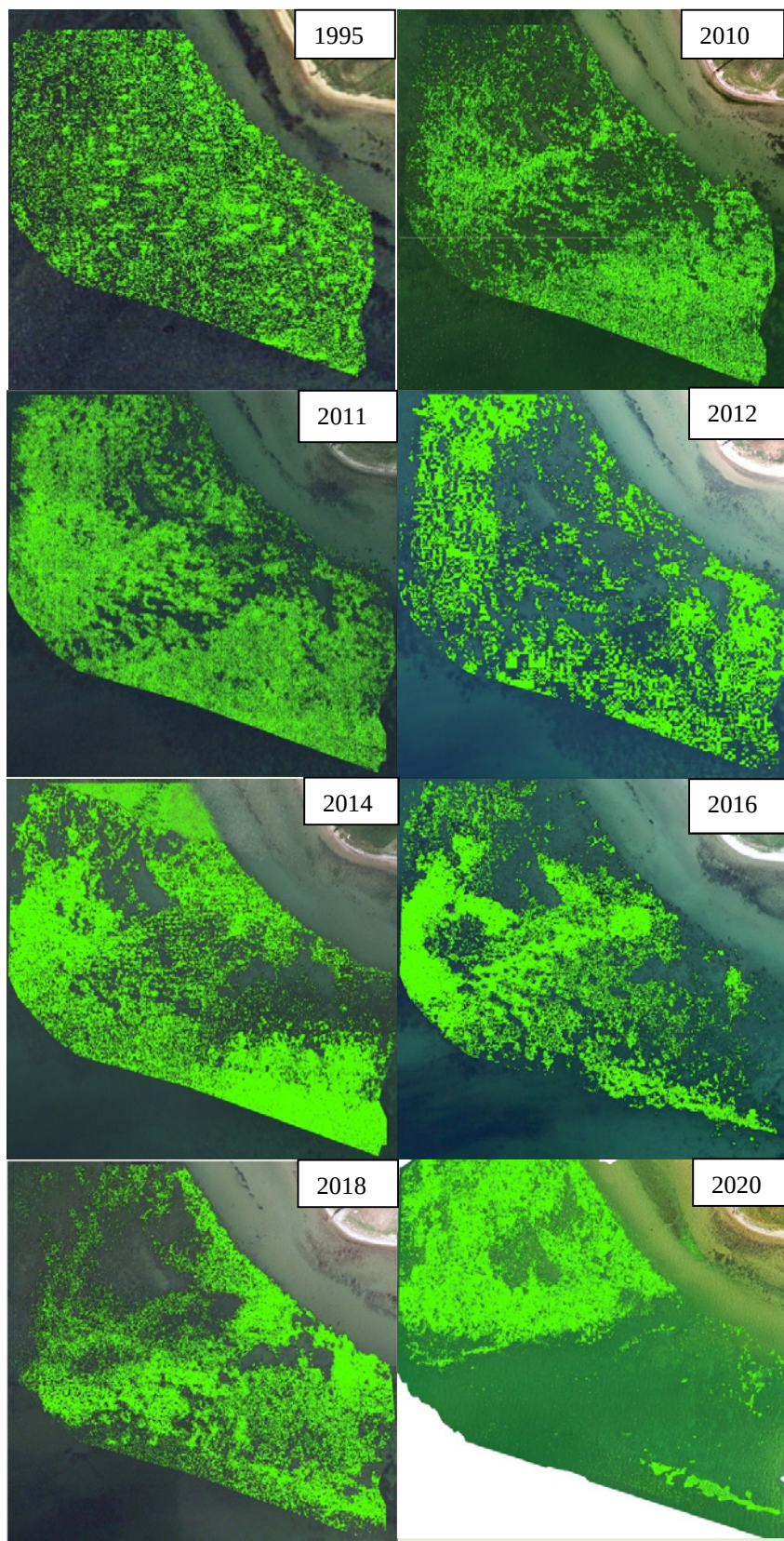
Figur 2. Droneoptagelse og efterfølgende billedanalyse af vegetationen i et område af Tybrind Vig. Grønt: Ålegræs, Brunt: *Fucus* sp.



Undersøgelsen viste, at havbunden overvejende bestod af sand og enkelte områder med ler og spredte forekomster af ral. På lavt vand forekom et vegetationsbælte af hovedsagligt blæretang (*Fucus vesiculosus*), mens ålegræs dominerede på dybere vand. Herforuden forekom der i området en del trådformede løstdrivende alger. I alt blev det opgjort, at ålegræsvegetationen dækkede 12.386 m² svarende til 13 % af havbunden i det undersøgte areal og *Fucus* vegetationen 2.733 m² eller 3 % af havbunden. Da alle feltobservationer blev benyttet til at tolke billederne, er der ikke opgørelser af usikkerheden på bestemmelsen. Ved fremtidige studier kan der indsamles yderligere feltfotos, så en del kan benyttes til verifikation og dermed fastsættelse af usikkerhed på bestemmelserne.

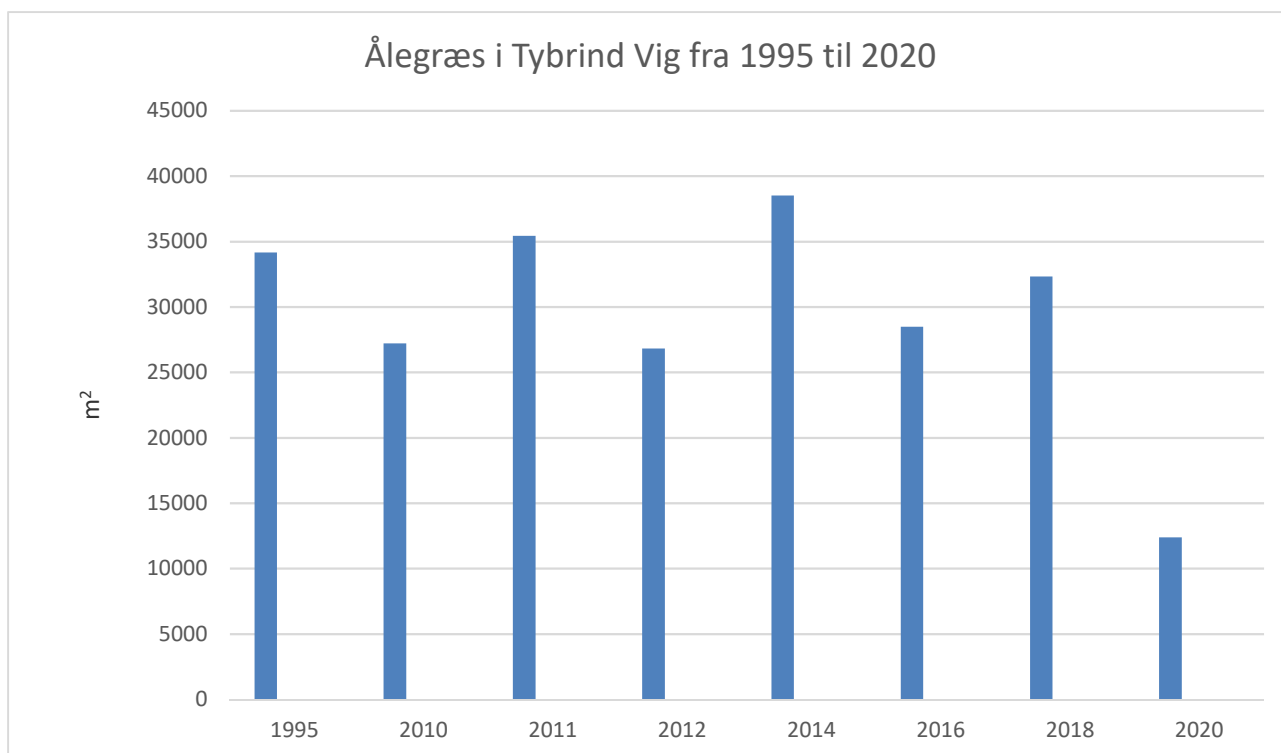
Foruden droneoptagelser i 2020 er der foretaget en analyse af ålegræssets udbredelse på baggrund af ortofotos fra 1995, 2010, 2011, 2012, 2014, 2016 og 2018, figur 3.

Figur 3. Analyse af ålegræssets (grønt) udbredelse i Tybrind Vig 1995-2020 baseret på ortofotos fra 1995-2018 og dronebillede i 2020.



Tabel 1. Opgørelse af den arealmæssige udbredelse af ålegræs og Fucus sp. i Tybrind Vig 1995-2020. Data for perioden til og med 2018 er baseret på fly-ortofotos, mens data fra 2020 er baseret på drone. I årene 2011, 2016 og 2018 er der ingen/begrænset information om, hvornår ortofotos er taget. Antal klasser viser, hvor mange klasser klassificeringen er delt op i for at give så retvisende information som muligt om udbredelsen. Det skal bemærkes, at droneoptagelserne med tilhørende feltinformation om vegetationstype giver bedre mulighed for at skelne mellem ålegræs og Fucus sp., specielt på dybere vand, end ortofotos gør. De store svingninger i udbredelsen af Fucus sp. mellem årene kan derfor skyldes analyseusikkerhed.

Årstal	1995	2010	2011	2012	2014	2016	2018	2020
Ålegræs m ²	34.163	27.212	35.438	26.820	38.528	28.488	32.325	12.386
Fucus m ²	ukendt	2.306	ukendt	1.319	1.242	157	309	2.733
Antal analyserede klasser	6	7	8	10	12	14	13	10
Optagelsestidspunkt for billede	19.06-26.06	26.05-10.07	ukendt	21.05-27.07	15.05-29.07	ukendt	Sommer	17.06



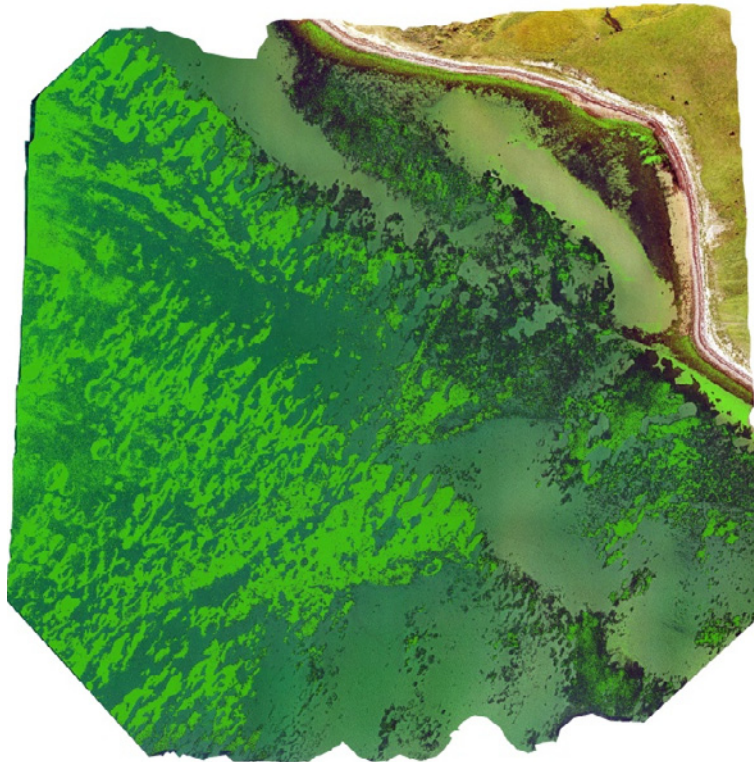
Figur 4. Ålegræssets arealmæssige udbredelse i Tybrind Vig 1995-2020.

Som det fremgår af tabel 1 og figur 4 har udbredelsen af ålegræs varieret en del gennem årene i Tybrind Vig. Resultaterne tyder på en markant reduktion af bestanden fra 2018 til 2020, især i den sydvestlige del af undersøgelsesområdet (figur 3). Det er dog vigtigt at være opmærksom på, at fra 1995 til 2018 er vegetationsanalysen baseret på ortofotos med en opløsning på 12-20 cm pr. pixel og uden feltdata til at understøtte analysen, mens vegetationsundersøgelserne i 2020 er baseret på droneoptagelser med en opløsning på 4 cm pr. pixel og med grundige feltdata som støtte til tolkning af hvilke bundstrukturer, der repræsenterer ålegræs. Endvidere er droneoptagelserne foregået på en dag, hvor vejrforholdene og sigtbarheden var optimale, og ålegræsengene derfor fremstod tydeligt i modsætning til ortofotos optagelserne, hvor billedkvaliteten har været meget svingende. Derfor er ålegræssets udbredelse i 2020 opgjort med langt større sikkerhed i analysen end de tidligere års data. Af samme grund er det usikkert, hvor meget ålegræssets udbredelse faktisk er reduceret fra 2018 til 2020. Det er muligt, at ortofotos i et vist omfang har

overestimeret udbredelsen i de tidligere år; men desværre er der ikke monitoringsdata fra Tybrind Vig, der kan dokumentere dynamikken.

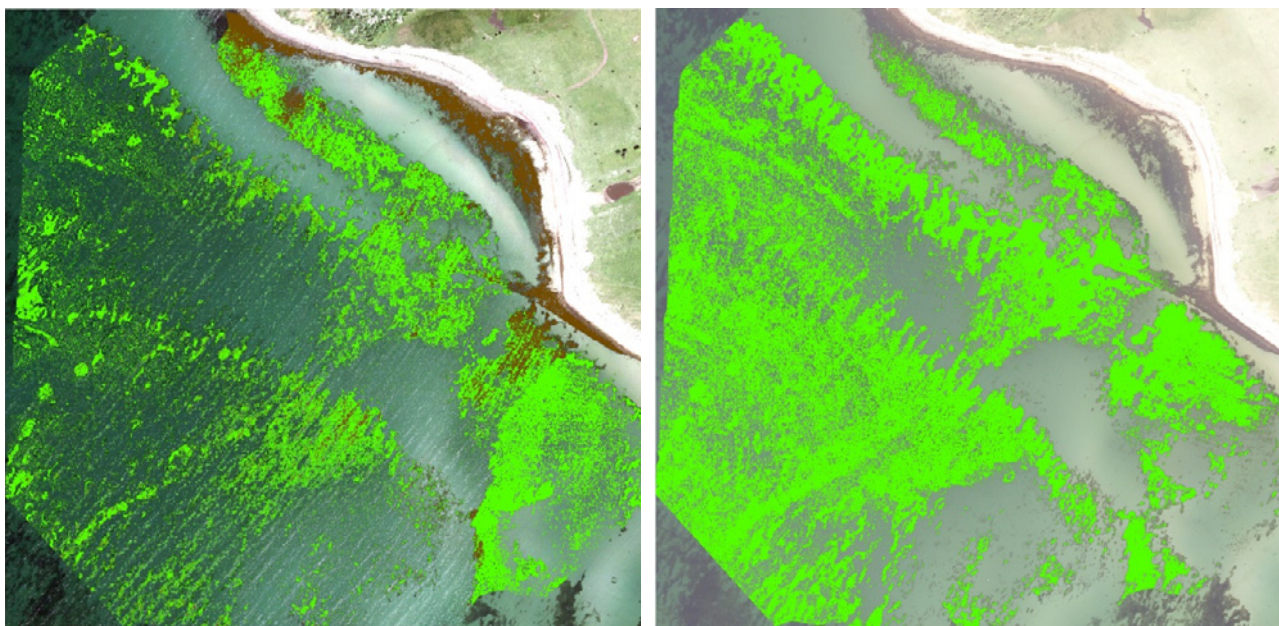
3.1.2 Nekselø

Figur 5. Droneoptagelse og efterfølgende billedanalyse af vegetationen ved Nekselø med angivelse af udbredelse af ålegræs (grønt).



I området omkring "fletværket" på Nekselø er der den 15. september 2020 foretaget droneoptagelser af udbredelsen af ålegræs inden for et areal på 282.358 m². På baggrund af 21 ground truth punkter indsamlet med båd blev dronebillederne analyseret og udbredelsen af ålegræs og anden vegetation bestemt. Undersøgelserne viste, at der i området forekommer en meget flot ålegræsvegetation næsten uden epifytiske alger. Desuden forekom der spredt vegetation af blæretang (*Fucus vesiculosus*) og savtang (*Fucus serratus*). Ålegræs dækker i området 53.786 m² svarende til 19 % af havbunden. Havbunden består overvejende af sand med spredte mindre sten. Det er heller ikke her muligt at vurdere usikkerheden på droneanalyserne, da alle feltobservationer indgik i billedanalysen og ikke levnede data til verifikation.

Foruden droneoptagelser i 2020 er der foretaget en analyse af ålegræssets udbredelse på baggrund af ortofotos fra 2016 og 2018 (figur 6). Der foreligger også ortofotos fra tidligere år, men projektets ramme tillod ikke yderligere analyser.

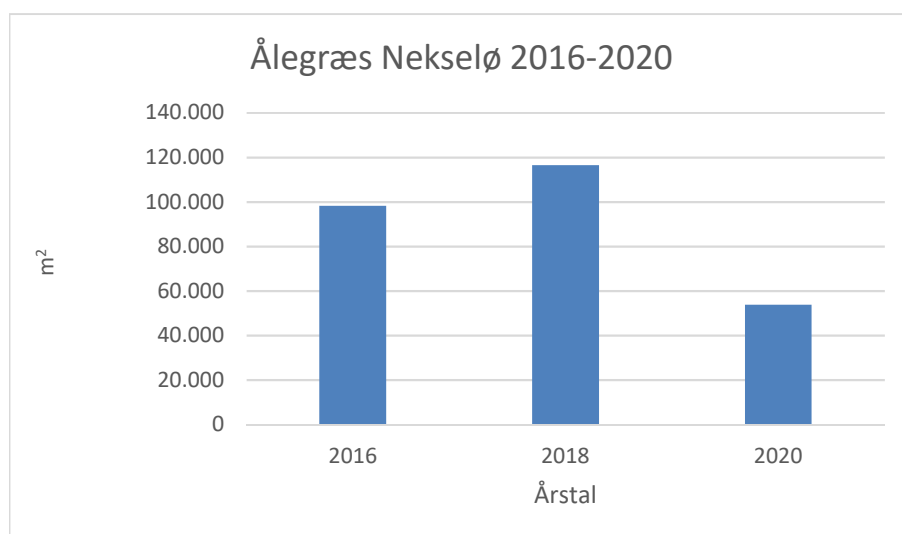


Figur 6. Analyse af ålegræssets (grønt) og Fucus sp. (brunt/gråbrunt) udbredelse ved Nekselø i 2016 og 2018 baseret på ortofotos

Analysen tyder på, at ålegræssets udbredelse i området ved Nekselø er reduceret betydeligt fra 2018 til 2020 (figur 7). Der foreligger ingen monitoringsdata, som kan understøtte data for arealopgørelserne, inden for undersøgelsesområdet på den sydvestlige side af Nekselø. Men der findes NOVANA monitoringsdata for ålegræssets dækningsgrad og dybdeudbredelse fra to transekter på østsiden af Nekselø (Se figur 12) fra 2016 til 2019. Disse bekræfter et markant fald i ålegræssets dækningsgrad mellem september 2017 og oktober 2018 (dvs. efter at ortofotos 2018 blev optaget og efter hedebløgen i sommeren 2018), som var fastholdt i 2019.

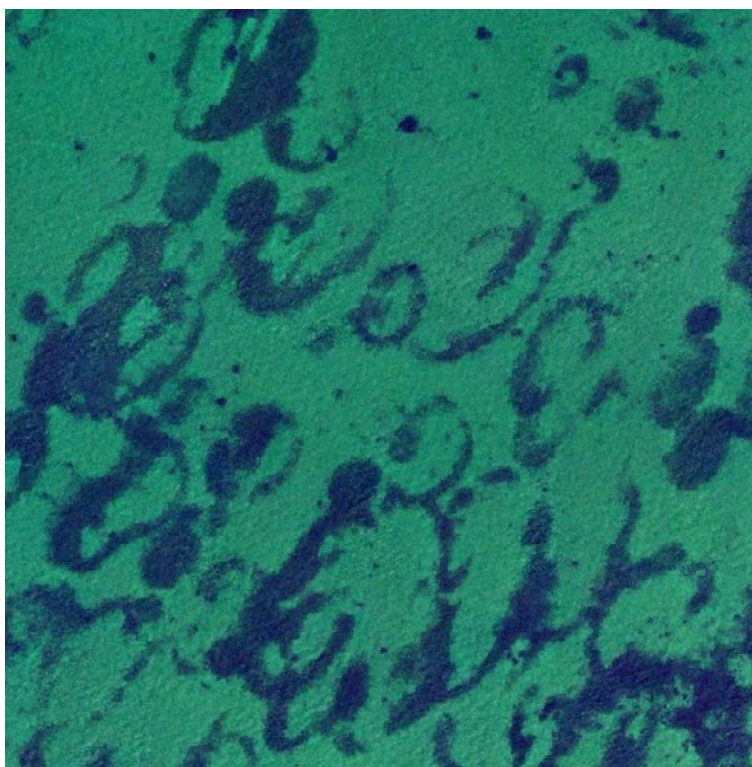
Som nævnt for Tybrind Vig kan det dog spille ind, at der er benyttet forskellige metoder – ortofotos i 2018 og drone i 2020, hvor dronemetoden både giver bedre opløsning og information om vegetationstype og dermed bedre mulighed for at skelne mellem ålegræs og Fucus sp. Dronemetodens styrke blev forstærket af feltobservationer til at understøtte analysen.

Figur 7. Ålegræssets udbredelse i det undersøgte areal i perioden 2016-2020.

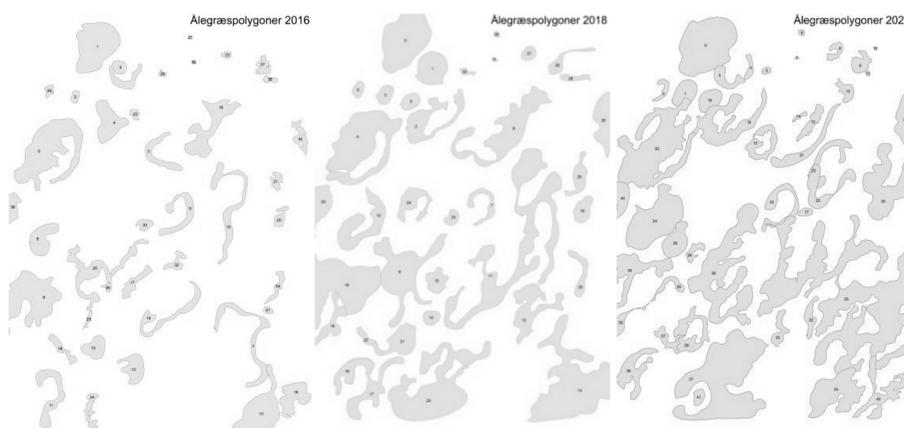


I forbindelse med droneoptagelserne i 2020 blev det konstateret, at ålegræsforekomsterne i nogle områder udviste karakteristiske ringformede strukturer (figur 8). Disse strukturer blev også fundet på ortofotos fra 2016 og 2018. Formen på strukturerne blev tegnet op illustreret for de enkelte år (figur 9). Tidsserien for udbredelsesmønsteret viser, at vegetationsudbredelsen i området er meget dynamisk og ændrer sig markant fra år til år. Der skal dog tages forbehold for, at sigtbarheden i vandet på tidspunktet, hvor hhv. ortofotos og droneoptagelser er foregået kan have indflydelse på resultatet. Endvidere er optegningen af udbredelsesmønsteret for ålegræs i 2016 og 2018 baseret på ortofotos med en lavere opløsning end optegningen i 2020, som er baseret på droneoptagelser. Tilsvarende strukturer er fundet i andre danske og udenlandske ålegræsenge (Borum et al. 2014; Ruiz-Reynés et al. 2017). Detaljerede analyser af strukturerne kan bidrage yderligere til at forstå bestandenes tilstand og udvikling, da formerne i nogen grad afspejler, om bestandene er kendetegnet ved tilvækst eller tilbagegang (Ruiz-Reynés et al. 2017).

Figur 8. Dronebillede 2020 Neksø med ringformede ålegræsstrukturer



Figur 9. Ændringer i ålegræssets udbredelsesmønster fra 2016-2020.



3.2 Sammenligning med landsdækkende model for ålegræssets potentielle udbredelse

3.2.1 Landsdækkende kort over ålegræsudbredelse og stenalderboplader

Sammenfaldet mellem stenalderboplader og ålegræsenge træder tydeligt frem, når de kendte stenalderboplader kombineres med kortet over ålegræssets potentielle udbredelse i Danmark (Stæhr et al. 2019, Fig. 10), og understreger dermed tidligere observationer af dette sammenfald i Danmark samt i udlandet (Fischer 2011, Krause-Jensen et al. 2019). De mange boplader ligger ligesom ålegræsengene på det lave vand langs kysterne. Kortet viser også dybdegrænsen for ålegræssets hovedudbredelse, defineret som den største dybde med mindst 10 % ålegræsdække, og det fremgår, at bopladerne omkring Tybrind Vig og Nekselø alle ligger inden for ålegræssets dybdegrænse (opgjort i forbindelse med vandplan II) (Fig. 10).

Den tekniske opløsning af ålegræsmodelleringen er 100 m x 100 m, selvom en del af baggrundsparemetrene for modellen, såsom dybdeafhængige parametre, har lavere opløsning. Mens modellens opløsning giver en god oversigt over ålegræssets potentielle udbredelse på landsplan, er den ret grove opløsning i modellen mindre velegnet til at vurdere udbredelsen på lokalt plan. Der er f.eks. begrænsninger i forhold til modellering af dybdeafhængige parametre som eksponering og lysforhold, så modellen ikke viser præcist, hvor langs dybdeforløbet, eksponeringen bliver for høj eller lyset for lavt for ålegræs. Modellens baggrundsparemetre såsom lysforhold er i desuden fastlagt ud fra målinger på dybt vand i fjorde og kystområder, der adskiller sig fra forholdene i ålegræsengene på lavt vand. Dette kan være medvirkende til, at modellen f.eks. har en tendens til at overestimere ålegræssets dækningsgrad nær dybdegrænsen, som det ses på kortudsnittene for Tybrind Vig og Nekselø, hvor der forekommer potentielle dækningsgrader >10 % dybere end ålegræssets dybdegrænse (Fig. 10).

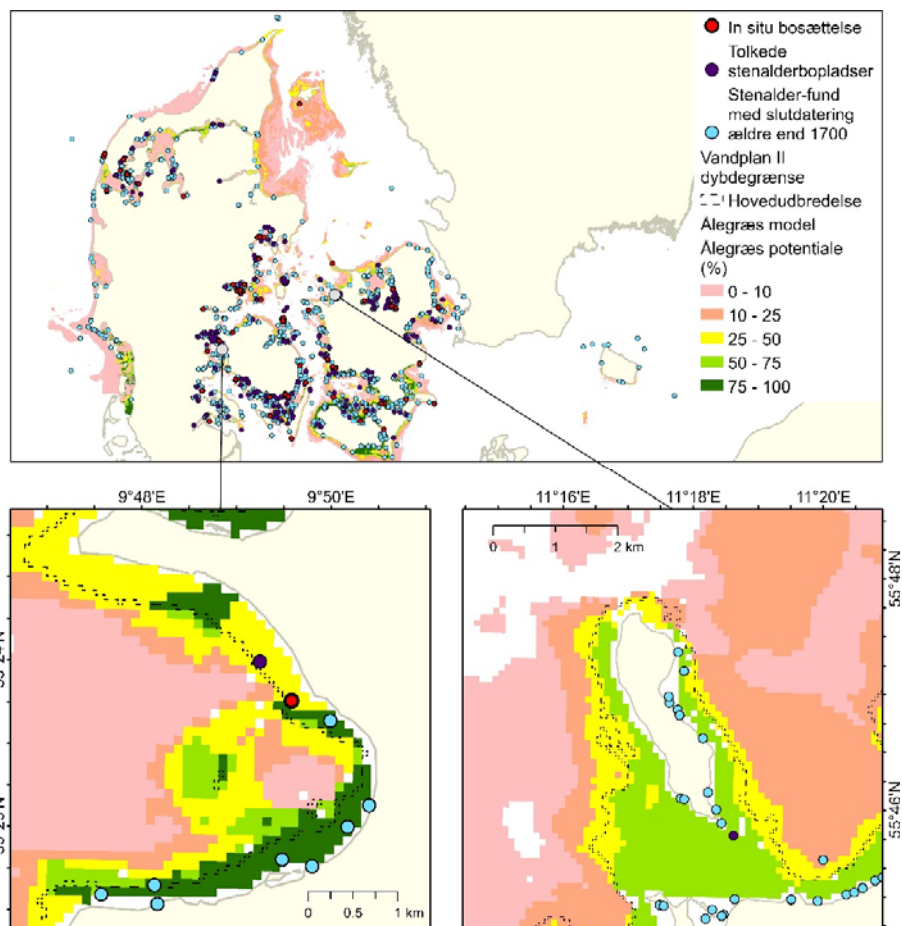
3.3 Sammenligning mellem ålegræskortlægning baseret på dronedata og model

3.3.1 Ålegræsmodel i områder for droneoptagelse

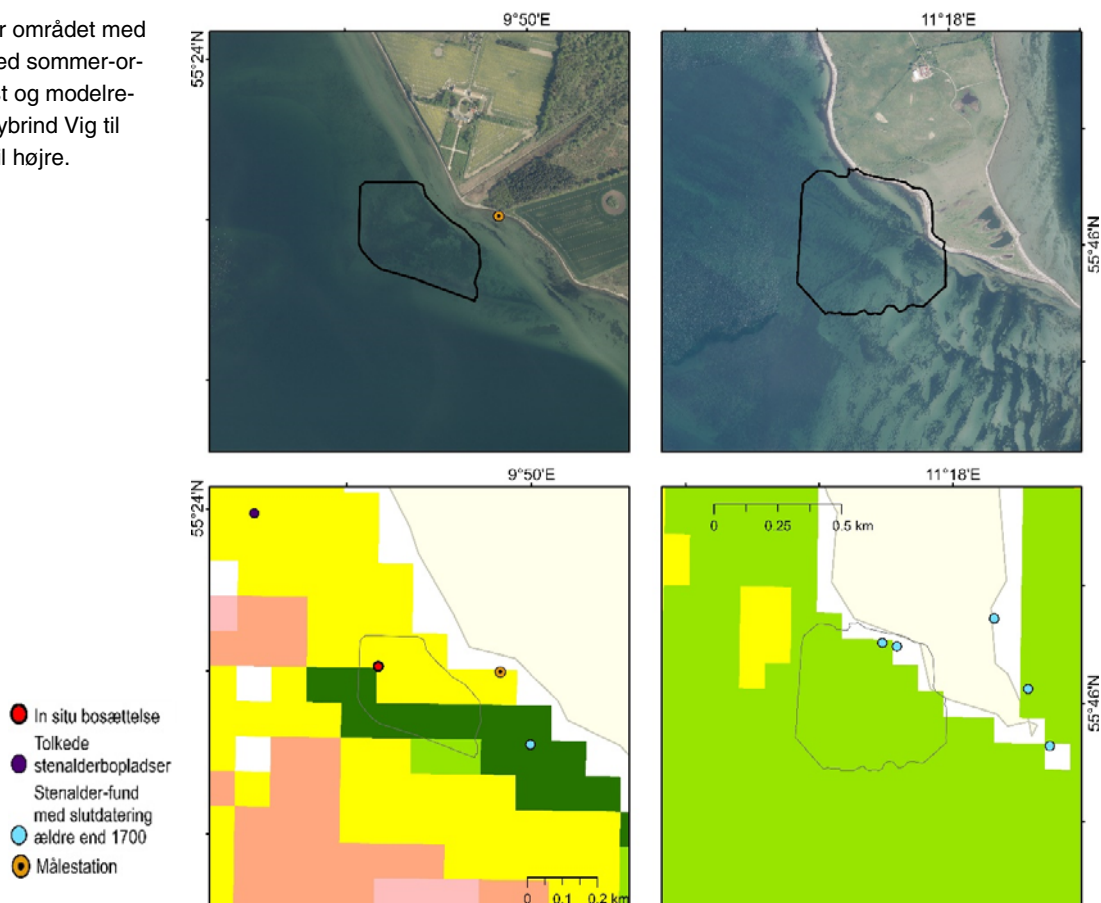
Områderne med droneoptagelser er meget små i forhold til modellens opløsning. For Tybrind Vig dækker droneoptagelser 8 gridceller og for Nekselø 27 gridceller med data. Det er derfor klart, at modellen kun har dårlig kapacitet til at beskrive ålegræssets udbredelse i disse lokalområder og heller ikke kan beskrive den store variation i ålegræssets udbredelse inden for området, som dronekortlægningen viser (Figur 11). Modellens styrke er stor-skalakortlægning af potentiel udbredelse, mens dronemetodens styrke er detailmålinger i studieområder, som også kan benyttes som ground truth til kortlægning på større skala.

Modellens nuværende udgave giver ikke mulighed for øget opløsning, men den kan principielt videreudvikles i højere opløsning og med større følsomhed inde for et mindre område. Lokale variationer i udbredelse af ålegræs er bl.a. styret af fysisk eksponering (især bølger) i samspil med bathymetri og sedimentforhold. Sentinel 2 data gør det muligt at lave et bathymetrisk kort med en opløsning på 10 x 10 m, som kan benyttes som baggrund for at beskrive bølgepåvirkning, mens sedimentforholdene kræver en grundig side scan sonar undersøgelse.

Figur 10. Landsdækkende kort over den potentielle dækning og udbredelse af ålegræs for 2012-2016 baseret på en opdatering af modellen fra 2019 (Stæhr et al. 2019), med markering af ålegræssets dybdegrænse (vist som linjer) opgjort i forbindelse med vandplan II, samt bopladser og stenalderfund. Udsnittene viser området omkring stenalderbopladserne ved Tybrind Vig (til venstre) og Nekselø (til højre).



Figur 11. Kort over området med droneoptagelse med sommer-or-fotos 2018 øverst og modelresultater nederst. Tybrind Vig til venstre, Nekselø til højre.

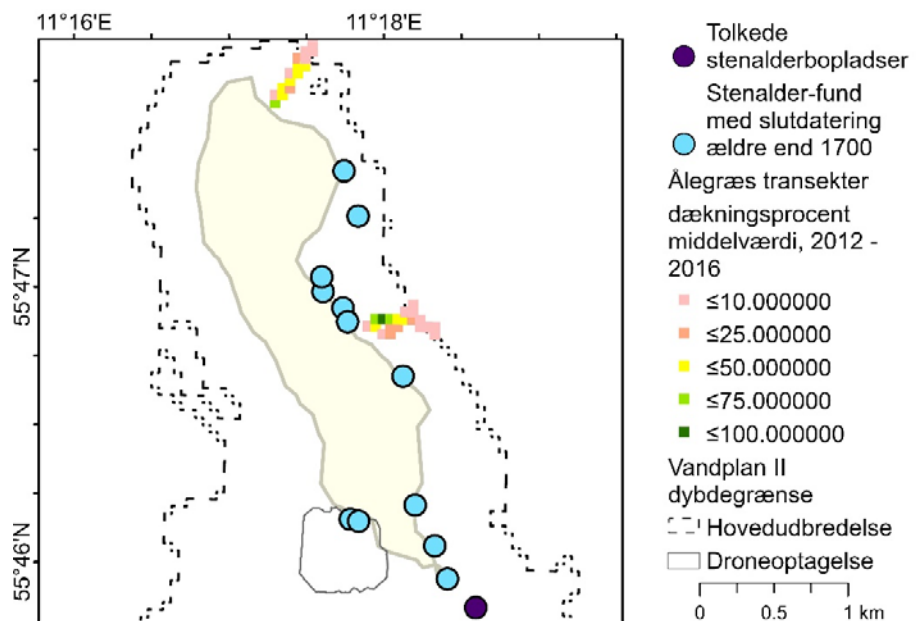


3.3.2 Ålegræsmodellens baggrundsdata for Tybrind Vig og Nekselø

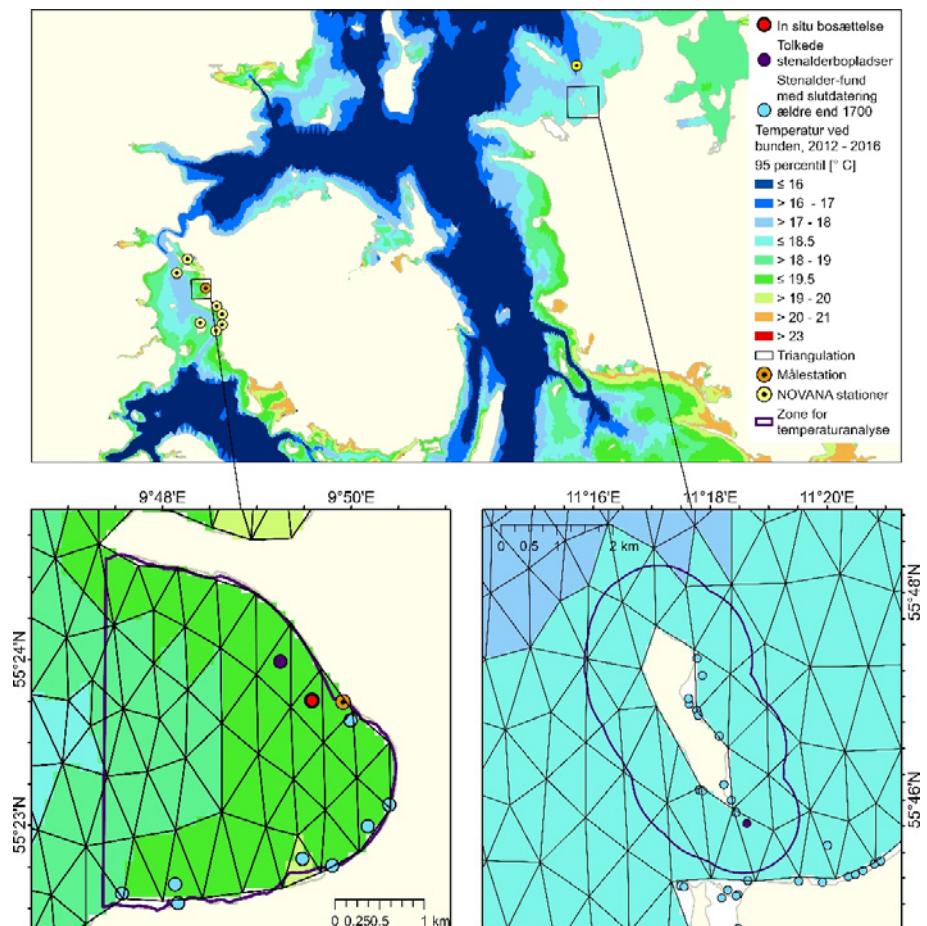
Der foreligger kun i begrænset omfang monitoringsdata for ålegræs og tilhørende miljøparametre for Tybrind Vig og op til 1 km omkring Nekselø, som udgør grundlaget for modelleringen. For Nekselø foreligger der 2 NOVANA transekter med ålegræsobservationer på den nordøstlige side af øen (Figur 12). Monitoringsprogrammets temperaturmålinger foreligger kun med ret stor afstand til ålegræsengene ved Nekselø og Tybrind Vig. For Nekselø ligger der en enkelt station ca. 7 km fra øen, og for Tybrind Vig har de nærmeste 7 stationer mindre end 10 km afstand. Ålegræsmodellen bygger på vandtemperaturen ved bunden baseret på modellerede data eller CTD målinger fra de nærmeste stationer. Modellen benytter ikke DMI's stationer med permanent temperaturmåling, da disse ikke leverer data for forskellige dybder.

Modellen bruger den øvre 95 % percentil (dvs. den øvre grænse) af bundtemperaturen. Ud fra de modellerede data for 2012 – 2016 er de maksimale værdier (øvre 95 % percentil) for bundtemperaturen i gennemsnit 18,3 °C for Nekselø og 19,13 °C for Tybrind Vig. I en zone 1 km omkring Nekselø er der i gennemsnit 6,1 m dybt, med en maksimaldybde på 18,1 m. Tybrind Vig er mere lavvandet med 5,9 m som gennemsnit og den dybeste dybde på 12,1 m (Figur 13). Temperaturen i begge områder ligger dermed gennem hele perioden lavere end optimummet baseret på gennemsnitstemperaturer for ålegræs, som for danske ålegræsbestande er omkring 20 °C, mens temperaturer over 25 °C er direkte skadelige (Nejrup og Pedersen 2008).

Figur 12. Kort over Nekselø med angivelse af transekter med ålegræsmålinger (NOVANA) i 2012-2016 samt stenalderbopladser. Området med luftbilledanalyser ligger på den sydvestlige ende af øen. Der foreligger ikke NOVANA ålegræstransekter i Tybrind Vig.

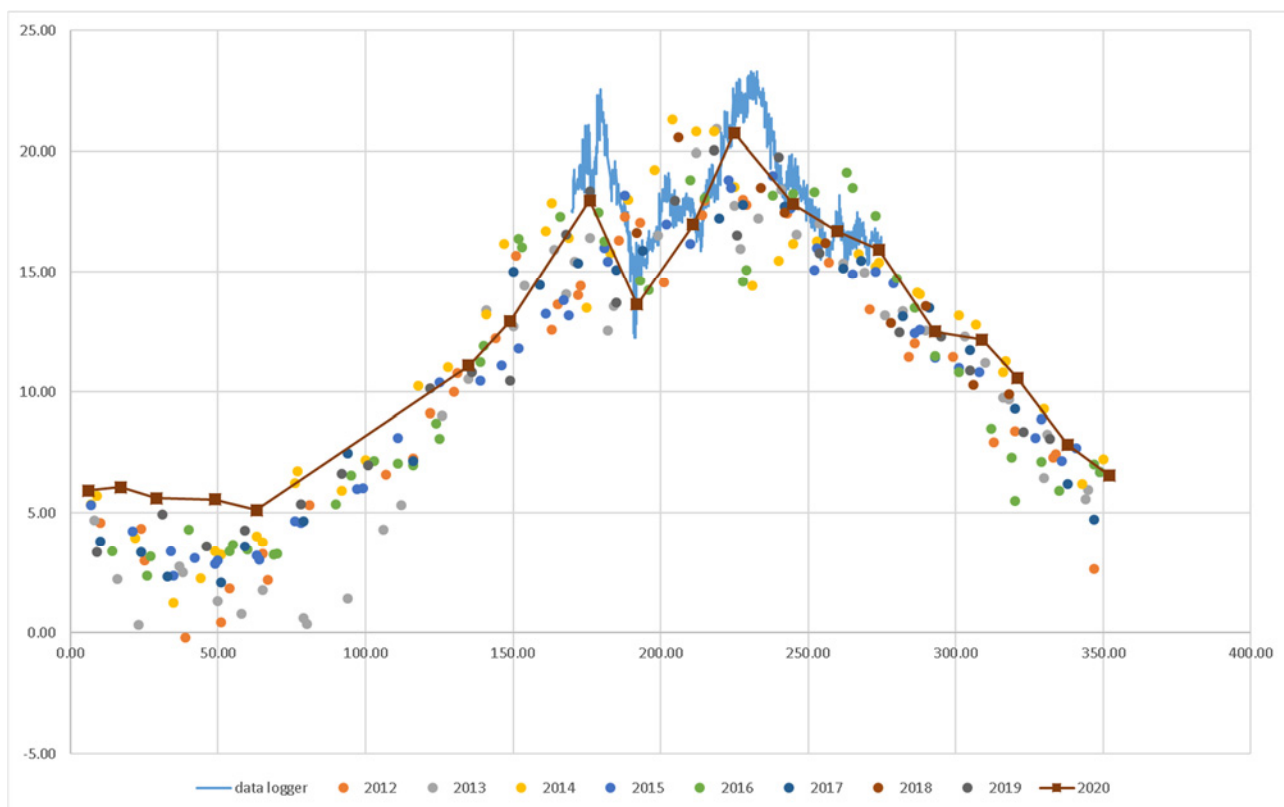


Figur 13. Kort over høje bundtemperaturer (95 percentil) baseret på DHI's hydrodynamiske model for 2012-2016 og målestationer



Nationalmuseets datalogger loggede temperaturen på 2,9 m dybde nær bopladserne ved Tybrind Vig i perioden 17.6.-9.11 2020. Vi har sammenholdt de loggede data med temperaturdata fra monitoringsstationerne omkring Tybrind Vig, som den oprindelige ålegræsmodel (Stæhr et al. 2019) bygger på (Fig. 14). Ved Tybrind Vig er der kun to monitoringsstationer, som har en nogenlunde jævnt fordelt tidsserie for temperaturdata langs en dybdegradient ud til 12 meters dybde. Derfor viser figuren de løbende temperaturmiddelværdier for disse stationer gennem de enkelte år i en sammenligning med Nationalmuseets datalogger (Fig. 14).

Nationalmuseets datalogger viser samme temperaturforløb som data fra monitoringsprogrammet, men temperatur-toppene ligger typisk et par grader højere. Det skyldes formentlig, at Nationalmuseets temperaturlogger målte på lavere vand (2,9 m) end den gennemsnitsvanddybde, som de modellerede temperaturdata repræsenterer (0-12 m). Det er karakteristisk, at vandtemperaturen falder med vanddybden, selv over ganske korte afstande i danske kystområder, og at ålegræs derfor er mest udsat for kritisk høje temperaturer på det lave vand (Krause-Jensen et al. 2020). Det detaljerede forløb af Nationalmuseets datalogger er repræsenteret af 7 målinger for 2020 i CTD dataserien (Figur 14, punkter på den brune linje).

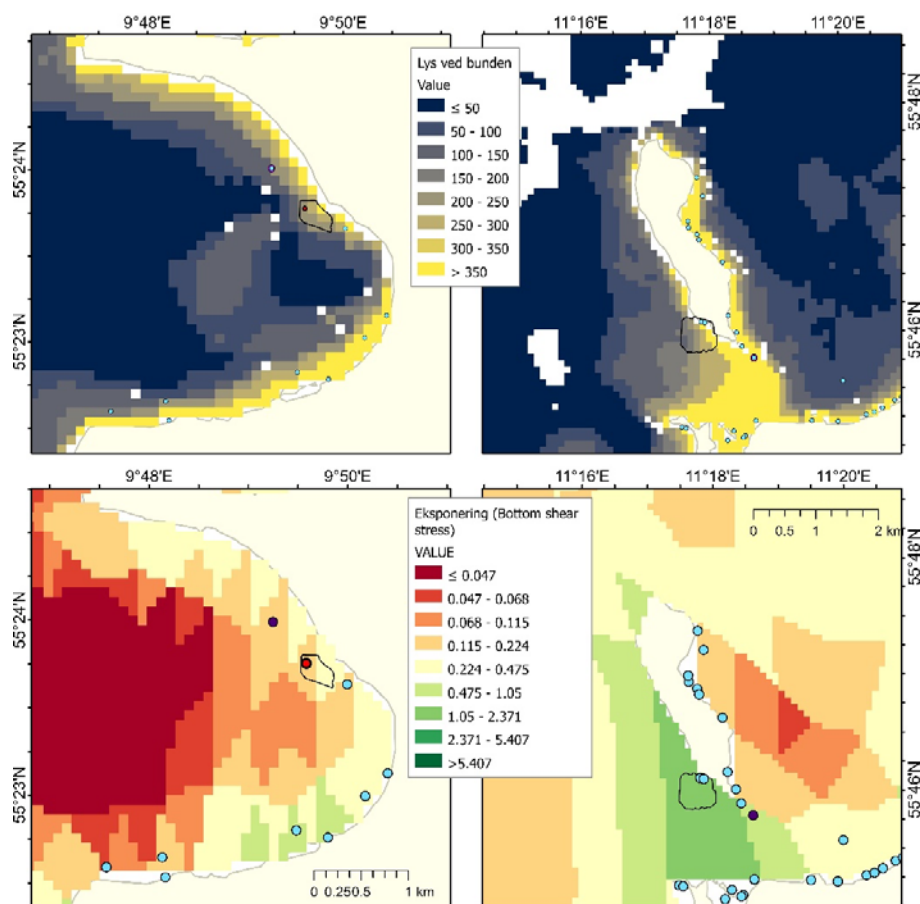


Figur 14. Temperaturen omkring Tybrind Vig baseret på Nationalmuseets datalogger (2,9 m dybde, blå linje) sammenholdt med monitoringsdata som gennemsnit for 0 til 12 m dybde) (de to stationer nærmest bopladserne med temperaturmålinger for hele året. Data fra monitoringsstationerne er vist med forskellige farvesymboler for de enkelte år med data fra 2020 fremhævet med en brun linje for at lette sammenligningen med Nationalmuseets datalogger.

Lysforhold og eksponering er blandt de parametre, der har størst indflydelse på ålegræssets udbredelse, og vi har derfor også vist ålegræsmodellens data for disse parametre for Tybrind Vig og Nekselø. Derimod påvirker modeldata for salinitet og iltforhold ikke modelleringen af ålegræsset i områderne.

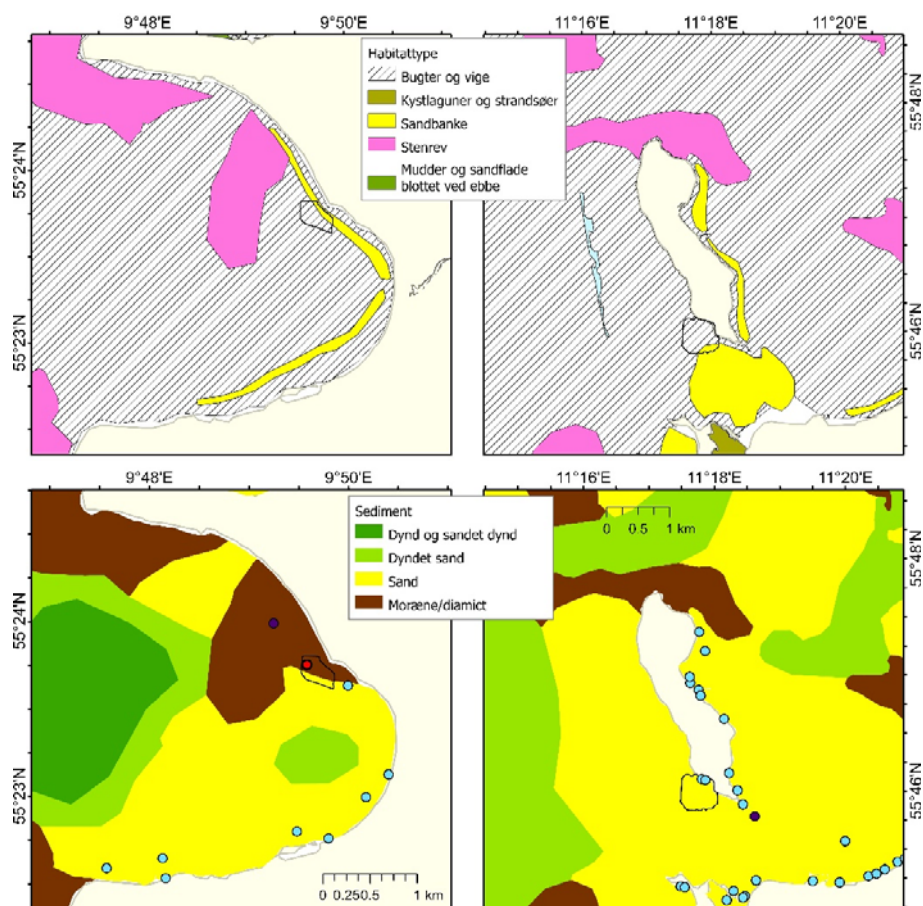
Både lysforhold og eksponering er stærkt dybdeafhængige. Mens lysforhold er taget fra den oprindelige ålegræsmodel (Stæhr et al. 2019), stammer eksponering (bottom shear stress) fra DHI's model og har dermed en lavere opløsning (Figur 15).

Figur 15. Kort over parametrene lys ved bunden (øvre panel) og eksponering (tau) (nedre panel) for Tybrind Vig (til venstre) og Nekselø (til højre).



Ålegræsmodellen bruger en kortlægning med en skala 1:250.000 fra før 2015 (GEUS 2015). Begge delområder ligger i Natura 2000 områder, hvor habitat-typer bliver mere detaljeret kortlagt (MST 2020). Naturtyper og bundforhold fremgår derfor i relativt høj opløsning for begge studieområder (Figur 16).

Figur 16. Kort over habitattyper (øvre paneler) og sedimentforhold (nedre paneler) for Tybrind Vig (til venstre) og Nekselø (til højre).



4 Sammenfatning og konklusion

Studiet har leveret en detaljeret kortlægning af ålegræs i begge fokusområder ved Tybrind Vig og Nekselø med dokumentation for ålegræsbestande omkring bopladserne i begge områder. Analyser af tidsserier af ortofotos fra begge områder viser en vis dynamik gennem årene, men med betydelig udbredelse af ålegræs gennem hele perioden. Dronebillede giver den mest detaljerede opgørelse af vegetationen og er i dette studium understøttet med feltdata, som markant øger sikkerheden i analysen. Ortofotos leverer også en god baggrund for analyse, dog med mindre detalje, og i dette studium med begrænset støtte i feltdata. Begge typer kortlægning fremmes, når optagelserne finder sted under rolige vindforhold og i perioder med god sigtbarhed og med feltdata til dokumentation af, om strukturerne på havbunden repræsenterer ålegræs, tang eller andet.

Den landsdækkende model for ålegræssets potentielle udbredelse kombineret med kortlægningen af kendte marinarkæologiske sites i form af bopladser viser et tydeligt sammenfald mellem ålegræsenge og bopladser. Ålegræsmodellen er velegnet til storskala kortlægning af vegetationens udbredelse, men har ikke tilstrækkelig opløsning til detaljeret kortlægning i lokalområder. Modellens baggrundsparemetre er illustreret for de to studieområder og logninger af temperaturen i Tybrind Vig viser en god overensstemmelse med monitoringsdata fra to stationer i 10 km afstand. Ålegræsmodellen giver i øvrigt mulighed for at modellere ålegræssets udbredelse under forskellige forvaltningstiltag (f.eks. reduktion af eutrofiering) samt under forskellige klimascenarier - med relevans for ålegræssets rolle i beskyttelsen af fortidsminder samt ålegræssets øvrige vigtige økosystemfunktioner og samfundstjenester. Ålegræsset i danske farvande er påvirket af en kombination af stressfaktorer, hvor eutrofiering, trawling og opvarmning er centrale: Eutrofiering og trawlfiskeri presser ålegræsengene ind på lavere vand, hvor de i stigende grad udsættes for opvarmning, hvilket også øger presset på bevoksningerne (Krause-Jensen et al. 2020). For at sikre ålegræsbestandene og fortidsminderne, som de bevarer, er der derfor behov for en helhedsorienteret forvaltning af eutrofiering og trawlfiskeri, der sikrer tætte bestande på dybere vand, hvilket også kan understøtte bestandene på lavt vand. I udsatte områder kan forvaltningen suppleres med restaurering.

5 Referencer

Borum, J., Raun, A. L., Hasler-Sheetal, H., Pedersen, M. Ø., Pedersen, O., & Holmer, M. (2014). Eelgrass fairy rings: sulfide as inhibiting agent. *Marine biology*, 161(2), 351-358.

Fischer, A. 2011. Stone age on the continental shelf: An eroding resource. In *Submerged prehistory*, ed. J. Benjamin, C. Bonsall, C. Pickard, and A. Fischer, 298–310. Oxford: Oxbow Books.

GEUS. 2015 Havbundssediment.

<https://data.geus.dk/MetaVis/Klik.jsp?id=2167&lang=da>

Krause-Jensen D, Serrano O, Apostolaki ET, Gregory DJ, Duarte CM. 2019. Seagrass sedimentary Deposits as Security Vaults and Time Capsules of the Human Past. *Ambio*, 48: 325-335. doi: 10.1007/s13280-018-1083-2

Krause-Jensen, D., Duarte, C.M., Sand-Jensen, K., Carstensen, C. 2020. Century-long records reveal shifting challenges to seagrass recovery. *Global Change Biology*. DOI: 10.1111/gcb.15440

MST. 2020. NP3b2020 Marine naturtyper (2004-2018). <https://www.geodata-info.dk/srv/dan/catalog.search#/metadata/bd87fc5d-f43a-4bc0-8583-29c9f960ac35>

Nejrup, L. B., & Pedersen, M. F. (2008). Effects of salinity and water temperature on the ecological performance of *Zostera marina*. *Aquatic Botany*, 88(3), 239–246. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2007.10.006>

Rasmussen, M.B., Krause-Jensen, D. & Balsby, T.J.S. 2020. Udvikling og test af dronemetode og interkalibrering af eksisterende metode til undersøgelse af algræs og anden vegetation på blød bund. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 58 s. - Teknisk rapport nr. 174 <https://dce2.au.dk/pub/TR174.pdf>

Ruiz-Reynés, D., Gomila, D., Sintes, T., Hernández-García, E., Marbà, N., & Duarte, C. M. (2017). Fairy circle landscapes under the sea. *Science Advances*, 3(8), e1603262.

Stæhr PA, Groom GB, Krause-Jensen D, Hansen, LB, Huber S, Jensen, LØ, Rasmussen MB, Upadhyay, S, Ørberg, SB. 2019. Use of remote sensing technologies for monitoring chlorophyll a and submerged aquatic vegetation in Danish coastal waters. Part of the RESTEK project. Aarhus University, DCE – Danish Centre for Environment and Energy, 62 pp. Technical Report No. 139 <https://dce2.au.dk/pub/TR139.pdf>

Ørberg, S.B., Groom, G.B., Kjeldgaard, A., Carstensen, J., Rasmussen, M.B., Clausen, P. & Krause-Jensen, D. 2018. Kortlægning af algræsenge 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 <https://dce2.au.dk/pub/SR265.pdf>

[Tom side]



ÅLEGRÆSSETS UDBREDELSE PÅ MARIN- ARKÆOLOGISKE LOKALITETER VED TYBRIND VIG OG NEKSELØ

Ålegræsenge kan beskytte havbundens marinarkæologiske fortidsminder mod erosion. Projektet leverer en detaljeret kortlægning af ålegræs omkring marinarkæologiske lokaliteter ved Tybrind Vig og Nekselø baseret på drone og ortofotos.