
Droner – et nyt værdifuldt værktøj til kystnær overvågning

Overvågning af fjorde er tidskrævende og miljødata indhentes oftest med lav tidslig og rumlig opløselighed. Ved hjælp af droner kan store mængder arealbaseret og geofastsat information om miljøtilstanden i kystnære områder indsamles på kort tid, hvilket muliggør præcise og avancerede økosystemsanalyser. I denne artikel beskriver vi droners anvendelighed i forbindelse med vurderinger af diverse stressfaktorer på retablering af ålegræs

NIELS SVANE, MOGENS R. FLINDT, ERIK KRISTENSEN & THOMAS VALDEMAREN

Præcis monitorering af kystnære områders økologiske kvalitet og tilstand er vigtig, idet Danmark er forpligtet til at opfylde målsætningerne i EU's Vandramme-direktiv /1/. Ålegræssets dybdegrænse, fytoplanktonkoncentrationer og faunaobservationer er de grundlæggende parametre i vurderingen af kystnære områders økologiske kvalitet. I dag bliver miljøtilstanden vurderet ud fra omkostningstunge dykker- og video-baserede endimensionelle vegetationsundersøgelser og punktvis målinger af vandkvalitet. Vi mener stadig at tilstandsanalyser af marine områder bør indeholde mere detaljerede og arealbaserede miljøinformationer, end der kan indhentes ved sådanne målinger /2/. Vi vurderer, at miljøundersøgelser med droner kan blive et effektivt supplement, da denne metode er særdeles egnet til at indhente arealinformation fra store områder. Vi har i et pilotprojekt undersøgt droners effektivitet til kortlægning af kystvande i og ved Odense Fjord, og har blandt andet indsamlet detaljerede informationer om udbredelse af ålegræs.

Det største arealmæssige tab af ålegræs er sket på relativt lavt vand. Lavvandspopulationer af ålegræs har høj produktivitet og er dermed mest betydende for økosystemfunktionaliteten, idet en høj ålegræsproduktion sikrer stor immobilisering af næringssalte, som ellers

bliver tilgængelig for lyssvækkende fytoplankton eller opportunistiske makroalger. Vi viser her eksempler på, hvordan informationer fra ålegræs på lavt vand kan indhentes med drone og efterfølgende behandles, og belyser metodernes styrker og svagheder. Udbredelsen af ålegræsbede i Odense Fjord og bedenes nuværende tilstand undersøges, og de stressfaktorer, der påvirker retableringen af ålegræs, kortlægges. Vi viser, hvordan makroalgers dækningsgrad og drift kan opgøres med droner, da disse har stor betydning for ålegræsudbredelsen. Med droneoverflyvninger kan man få detaljerede oplysninger om bevægelse og biomasse af fx *Fucus vesiculosus* (blæretang), samt opgøre densiteten af opportunistiske makroalger i ålegræsbede.

Det bliver i øjeblikket undersøgt om genetablering af ålegræs i Odense Fjord kan ske ved transplantation af skud. For at øge genetableringen, skal transplantationsområder udvælges nøje, hvilket indebærer kortlægning af mulige stressfaktorer. Ved anvendelse af droner kan stresspåvirkningen i transplantationsområderne følges over tid, og optimale steder til genetablering af ålegræs ved frøspredning bliver også afprøvet i Odense Fjord. Her kan droner hjælpe med til at optimere frøhøsten, da områder med høj tæthed af frøbærende skud tydeligt kan erkendes på droneres fotos på grund af farveforskelle mellem reproduktive ålegræsskud med frø og frøsvøb og vegetative ålegræsskud.

Metodens kvalitet

Flyfotos og satellitbilleder taget fra 0,4-700 km højde har ringe opløselighed med en pixelrepræsentation fra 0,04-10.000 m² pr. pixel, mens man ved droneoverflyvninger i 3-30 m's højde og et godt kamera kan opnå mange tusind gange bedre opløselighed med en pixelrepræsentation på ned til 0,003-9 cm² pr. pixel /3/ (Figur 1). Hermed kan det analytiske fokus skifte fra landskab- til habitatniveau. Hvor satellit- og flyfoto primært understøtter monitorering på populationsniveau, kan man med droner identificere arter, individer og arealspecifikke mekanismer, som f.eks. skaber pres på genetableringen af ålegræs. Tidligere kunne man erkende undervandsvegetation på fly- og satellitbilleder, men oftest var det nødvendigt at dokumentere (ground truthing) om det var makroalger eller ålegræs, man så på billederne. I dag kan man ved anvendelse af drone-teknologien tydeligt se detaljer som enkelte blade og thalli på ålegræs og makroalger, og ved at overflyve i stor højde (100 m) opnås information på landskabsniveau, som muliggør arealbaserede miljøtilstandsanalyser. Overflyvning ved lav højde (5-20 m) muliggør endvidere en robust og sikker ground truthing.

Billedmængden er stor både i antal billeder og de koblede pladskrav (gigabyte-terabyte), hvilket kræver en systematisk arbejdsgang, idet de geofastsatte dronebilleder skal "svejses sammen" og registreres i GIS-databaser eller anden software. Efterfølgende kan spektrale og arealbaserede analyser gennemføres.

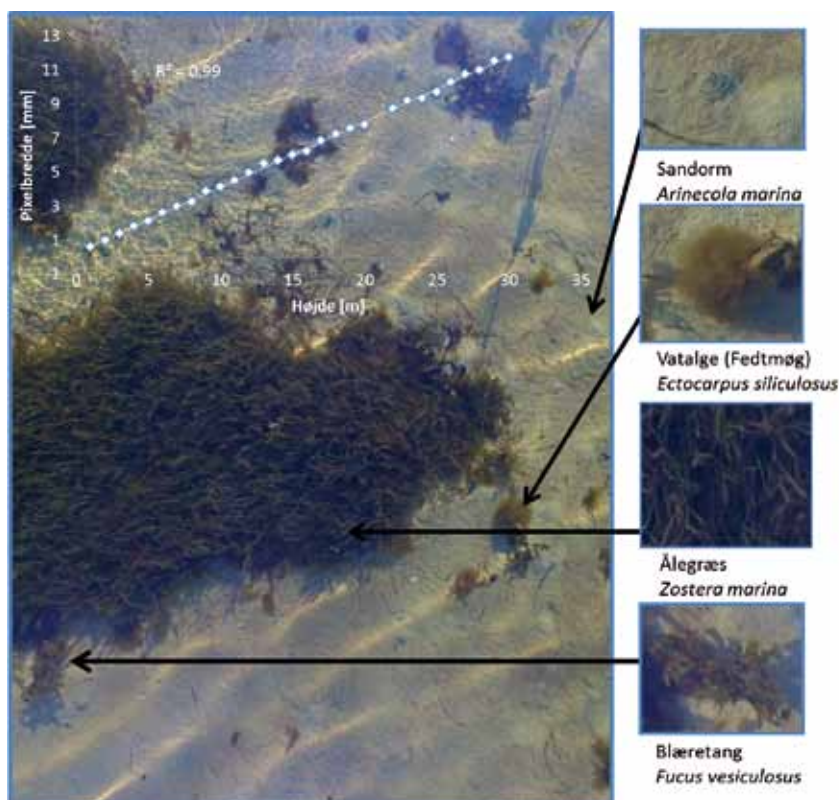
Billedernes nøjagtige geopositioneringer muliggør endvidere opkobling til NOVANA støtte-data via Miljøportalen. Hastigheden hvormed man kan indsætte droner efter hændelser såsom stormvejr, overløbssituationer eller andre miljøpåvirkninger, er yderligere en fordel ved metoden, da de visuelle effekter hurtigt kan registreres.

Udbredelse af ålegræs

For at opnå detaljeret viden om ålegræsbedes sæsondynamik, fulgte vi specifikke bedes udbredelse over tid. Indledningsvis blev luftfotos kalibreret med dykkerobservationer, for at muliggøre korrekt tolkning af billedmaterialet. For at adskille ålegræs fra bar sandbund, blev ålegræsbedenes unikke farvespektrum brugt i billedbehandlingssoftware. I nogle situationer blev billederne normaliseret til sort-hvid spektrum, for at opnå højere præcision. Ved videre analyse kan det totale areal dækket med ålegræs nemt beregnes ligesom enkeltbedes specifikke areal og omkreds kan bestemmes. Over tid kan man således karakterisere områders miljøtilstand og ålegræsbedes dynamik, hvilket tidligere har været en udfordring /4/. Metoden begrænses dog af faldende billedkvalitet med stigende vanddybde grundet turbiditet, lysvækkelse, refleksioner og bølgedannelse. Afhængigt af turbiditeten i vandet og refleksionsforholdene, kan metoden anvendes til geo-registrering af organismer ned til 2-3 meters dybde, og måske dybere ved optimale forhold.

Ålegræsbede i forskellige områder følger forskellige vækstmønstre, som kan karakteriseres ved analyser på bed-, zone- og landskabsniveau, hvor enkelte bedes areal og perimenter, samt indbyrdes afstandsforhold beregnes. Ved en sådan karakteristik kan forskellige områder sammenlignes ud fra deres specifikke vækstmønstre, og de mest stresspåvirkede områder kan bestemmes. Når de generelle karakteristika for ålegræsbedene er fastlagt, kan intensiteten af forskellige stressfaktorer bestemmes, og deres påvirkning på bedene undersøges nærmere.

Ved Enebærødde kan ålegræsbedene opdeles i to distinkte zoner med henholdsvis høj og lav fragmentering. Zonen med høj fragmentering ligger nærmest kysten og har dermed lavere vanddybde og større grad af fysisk stress fra f.eks. bølgepåvirkning. Ålegræsset er opdelt i mange små bede med en gennemsnitlig størrelse på 2,9 m². Længere fra kysten følger en zone med mere sammenhængende bede med en gennemsnitlig størrelse på 40 m² til 300 m². Fragmentering af ålegræsbedene beskrives ved at beregne gennemsnitsarealet af bede sammenholdt med den



Figur 1. Sammenhæng mellem flyvehøjde og pixelstørrelse, illustreret med billeder af et ålegræsbed fra 6 meters højde. Som det ses kan ålegræsbedet og de flankerende stressende sandorme og makroalger tydeligt identificeres.

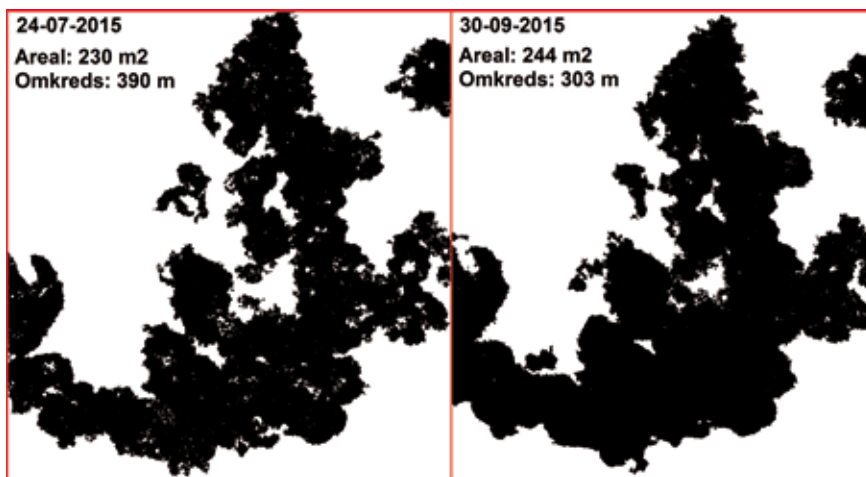
siteten af bede i området. Desuden beregnes de enkelte bedes areal/omkreds-forhold ved brug af GIS programmer. Man kan på denne måde se, at områder med høj grad af fragmentering indeholder mange små ålegræsbede med relativ stor perimenter (Figur 2). Omvendt opnår bedene større arealer og faldende omkreds, når de genetableres og bliver mindre fragmenterede /5/.

Kortlægning af stressfaktorer

Ålegræsbede i Danmark er udsat for stress fra forskellige kilder (Boks 1 og Figur 3). I Odense Fjord og i Dalby Bugt forekommer fysisk stress fra sandorme og makroalger, og der observeres desuden sandmobilitet og epifytter. Dronebilledernes høje opløsning og muligheden for højfrekvente optagelser blev brugt til at bestemme intensiteten, retningen og effekten af disse stressfaktorer.

En del af undersøgelserne blev udført i et 13 ha testområde i Dalby Bugt på Nordfyn. Droneoverflyvningerne viste, at ålegræsbedene i Dalby bugt dækkede 3,8 ha i august 2015. Bedene havde en lavere grad af fragmentering end ved Enebærødde, og bestod af store sammenhængende områder med høje ålegræs-dækningsgrader. Dette står i skarp kontrast til ålegræsbede ved Enebærødde på Nordfyn, som er meget fragmenterede i forhold til i Dalby Bugt. I Dalby Bugt er især

sandorme og sandmobilitet synlige stressfaktorer. Sandorme påvirker ålegræspopulationer ved at begrave frø og skud til mere end 6 cm's dybde, hvorfra de ikke kan spire eller vokse. Tilstedeværelsen af sandorme i og omkring ålegræsbede er derfor kritisk, idet en genvinding af tabte arealer forhindres af sandornenes aktivitet /6/. Sandmobilitet medfører også at skud begraves, eller at skud eroderes, og jævnlige sedimentbevægelser modvirker dermed også etablering af nye ålegræsbede. Områdets ålegræsbede er udsat for stress fra mobile, 30-40 meters brede sandbanker, der fragmenterer bedene og begraver skud. Herudover opstår der kanaler med høj strømshastighed i forbindelse med sandvandringen, som bevirker større sedimenterosion og -transport. Dalby Bugt har en nord-syd orientering, og strømrender i denne retning medfører sanddeponering langs hele ålegræsbedets længde, mens øst-vest vendt fragmentering medfører dannelse af strømrender i ålegræsbedene, hvorved deres fysiske selvbeskyttelse overfor bølger reduceres. Ved at sammenligne flyfotos fra 2012 med dronebilleder fra 2015, ses sandmobiliteten tydeligt på landskabsniveau (Figur 4). Der er tabt 10-30% af ålegræsarealet i de dybere vestlige bede i denne periode på grund af sedimentbevægelse, og bedenes nye randområder bliver samtidig mere stresspåvirkede pga. frag-



Figur 2. Vækst af ålegræs i et bed ved Enebærrodde over en periode på 2 måneder, beregnet i billedanalyse-software ImageJ.

mentering.

Fækaliehobe fra sandorme kan erkendes ved optimale flyveforhold (Figur 3). I Dalby Bugt er de gennemsnitlige tætheder på 42 individer pr. m² langs kanten af ålegræsbedene. Sandormene påvirker både den østlige og vestlige kant af bedene i det undersøgte område, og udgør dermed en trussel mod etablering af ålegræsbede ved frøspredning /6/.

Ålegræsbedene ved Enebærrodde er i højere grad udsat for fysisk stress fra bølger og vind fra sydlige retninger, og der kan forekomme

stor transport af makroalger gennem området. På grund af den høje bølgefrequens er sandorme svære at erkende på dronebilleder her, men ved en enkelt lejlighed kunne tæthederne bestemmes til 4 individer pr. m² jævnt fordelt omkring bedene i zonen tættest på kysten. Med stille og klart vand kunne den øjeblikkelige dækningsgrad af filamentøse, opportunistiske makroalger (her *Ectocarpus siliculosus*) i ålegræsbedene bestemmes til 60% pr. m² langs kanterne og op til 80% i bedene. Den høje makroalgedækningsgrad kan

ved længere tids påvirkning få store konsekvenser, da tykke algematter hæmmer ålegræssets vækst /7/.

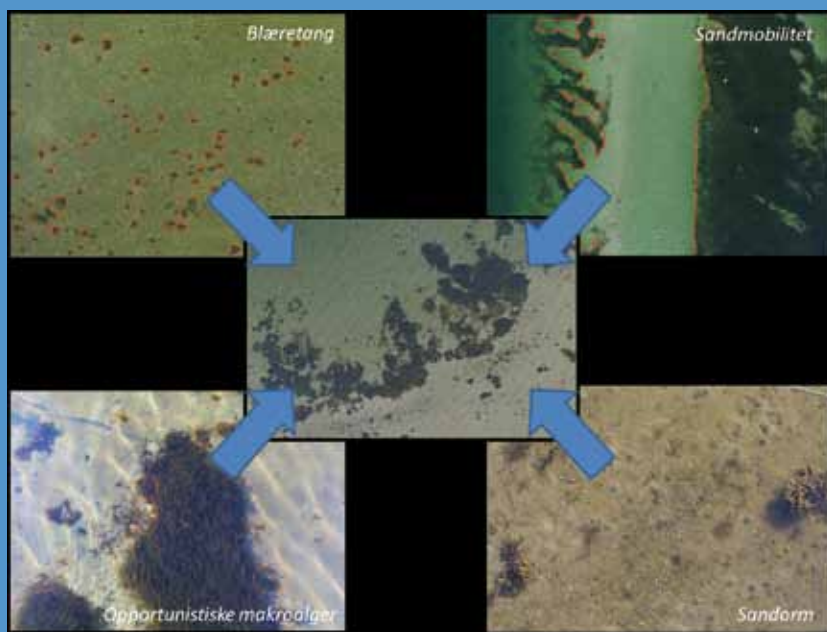
Ved Otterup lystbådehavn og Enebærrodde er ålegræsskud blevet transplanteret ubeskyttet på nøgenbund og i spande for at undersøge effekten af genetablering under fysisk beskyttelse (Figur 5). For at bedømme graden af stresspåvirkning i hvert transplantationsområde er parametre som antal synlige spande og mængden af makroalger i området blevet undersøgt fra juli til september 2015. Resultaterne viser, at de transplanterede ålegræsskud ved Enebærrodde er udsat for meget stress fra drivende makroalger (især blæretang og savtang), og i løbet af perioden dækkes området delvist af makroalger, der bevæger sig ind fra syd. I løbet af to måneder faldt antallet af spande, der kunne genkendes på billederne fra 15 til 9 på grund de to efterårsstorme. I perioden opnår transplantationsområdet en dækningsgrad af drivende makroalger på næsten 30%, og transplantations-forsøget mislykkedes.

Ved Otterup forsøgsstation er alle 15 spande synlige igennem hele perioden og påvirkningen fra drivende makroalger var mindre (Figur 5). På billederne kan den store skudtæthed i nogle af ålegræstransplantationerne ses, og her er der stor succes med retableringen med tilvækst i ålegræsskud på op til 700%.

Monitering af transplantationsområderne via droneovervågning kan således identificere, hvordan ålegræsset i to områder påvirkes af forskellige stressfaktorer. Droner er dermed særdeles egnede til at udpege områder til fremtidige udplantninger af ålegræs.

Boks 1: Stressfaktorerne, der undersøges er:

- Sandorme – begraver ålegræsfrø og ødelægger spirende årsskud
- Blæretang – fysisk beskadigelse af ålegræs ved drift
- Opportunistiske makroalger – overlejrer/kvæler spirende årsskud
- Epifytter – skaber grænselag og reducerer lystilgængeligheden
- Sandmobilitet - fragmenterer bede og begraver årsskud



Figur 3. Fire stressfaktorer, der påvirker ålegræsbede i Odense Fjord. Det midterste billede er et eksempel på et ålegræsområde ved Enebærrodde.

Blæretang: biomasse og drift

Arter af brunalgeslægten *Fucus* er blandt de stresstyper, der påvirker ålegræsbede på flere forskellige måder. Ved vedvarende strøm- og bølgepåvirkning udøver drivende blæretang en ballistisk effekt på ålegræsset, idet blæretangen er hæftet på sten, som under driften beskadiger individuelle ålegræsspirer og ålegræsskud i randzonen af bedene. Den ballistiske effekt medfører desuden erosion af bunden og øger vandet turbiditet, hvorved lysintensiteten reduceres. I tidligere studier er der vist en direkte sammenhæng mellem forekomsten af drivende makroalger og tab af ålegræsspirer /8/,/9/,/10/. Det er derfor vigtigt at have en metode til at kvantificere mængden af blæretang og deres drift, for at kunne bestemme og eventuelt forudsige intensiteten af stresspåvirkninger på ålegræs. På overflyvningsbilleder taget i 20-50 m højde, kan blæretang nemt genkendes, og ved at sam-

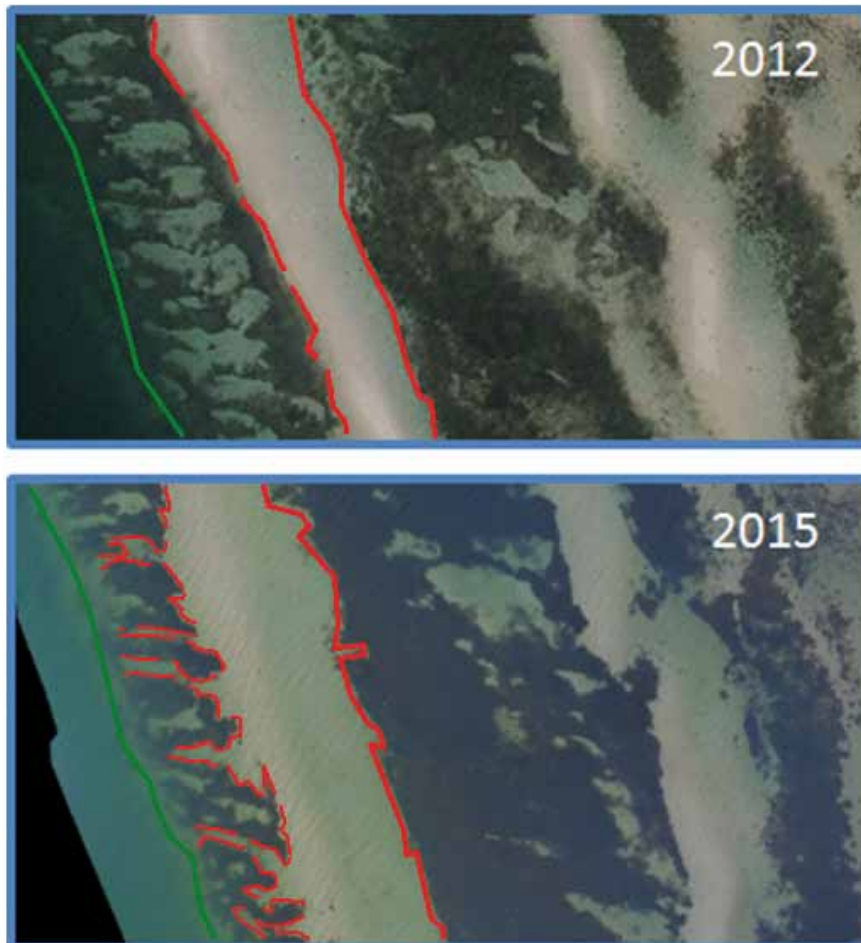
menholde overflyvningsbilleder, med vægten af specifikke individer af blæretang, kan en biomasse-areal korrelation udregnes (Figur 6). Korrelationens høje R^2 (0,96) indikerer, at der er en særdeles god sammenhæng mellem blæretangs biomasse og det areal de dækker på dronebillederne.

Med et indhold af organisk kulstof på 47 %, et N indhold på 2-3 % og et P indhold på 0,4 % af tørvægten (TV) /11/,/12/, kan man estimere mængden af algebundne næringsstoffer ud fra areal-biomasse sammenhængen. Droneovervågning kan derfor benyttes til at beregne hvor meget af næringsstofbelastningen som bindes i makroalger, hvilket er en klar miljøtilstandsindikator på økosystems niveau. Individer af blæretang med et top-areal på ca. 0,25 m², har en TV på 300-500 g, og binder dermed 6-10 g N og 1,2-2 g P. På lokaliteten ved Otterup har vi således beregnet, at tætheden af blæretang udgør en biomasse på 720 kg C, 40 kg N og 6 kg P pr ha. Der findes områder i Odense Fjord med meget højere tætheder af makroalger, hvilket sandsynliggør at makroalgebiomassen i fjorden binder en betragtelig andel af den årlige eksterne kvælstofbelastning. Hvis en sammenhæng mellem et specifikt tab af ålegræs og en specifik masse (areal) af blæretang påvises, kan man dermed via drone-monitoring direkte forudsæ og beregne stress-påvirkningen af drivende blæretang.

Ved at omdanne dronebilleder til overlagskort, kan individer af blæretang identificeres til forskellige tidspunkter. Dermed kan driften af blæretang beregnes som distance-ændring af pixel-klynger over tid. Sådanne resultater har vist, at store bestande af blæretang omkring transplanteret ålegræs ved Enebærøde stressede de transplanterede ålegræsskud. Ved vindstyrker over 10 m/s er der observeret massiv drift, hvor blæretang og andre makroalger drev over store distancer på få dage. Ved en enkelt begivenhed blev en stor klase blæretang ført flere hundrede meter og gennem adskillige ålegræsbede ved Enebærøde. I det relativt vindbeskyttede område ved Otterup lystbådehavn, er der over en periode på halvanden måned kun observeret drift på 2-4 m for specifikke individer, på trods af perioder med høj vindstyrke. Ved at anvende droner til kortlægning af makroalger med jævnlige overflyvninger før og efter storme, kan vi derfor få et meget detaljeret billede af makroalgernes bevægelser i forskellige områder.

Konklusion

Droner kan anvendes både tidsligt og rumligt på stor skala, og giver dermed indsigt i kortvarige og langvarige ændringer og tilstande i et givent økosystem. Opløseligheden af



Figur 4. Strømrønder i nord-syd retning og strømrønde gennembrud i Dalby Bugt i 2012 (GeoFyn a/s) og 2015 (egen drone i højde på ca. 240 m). Grænserne mellem strømrønderne og ålegræsbedene er markeret.

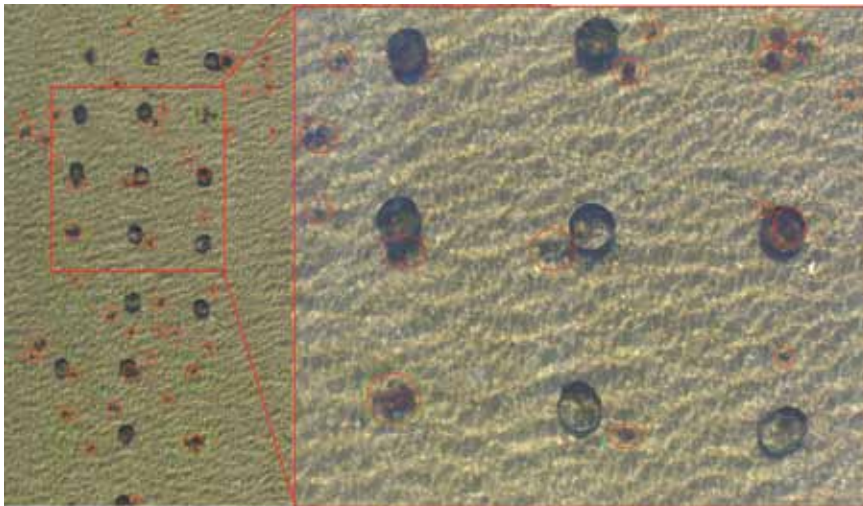
billederne muliggør genkendelse af en række organismer, og under optimale forhold kan selv forskellen på vegetativt og frøbærende ålegræs bedømmes. Til vurdering af miljøtilstande bliver det nu muligt at foretage egentlig arealbaserede analyser som supplement til ålegræsdybdegrænser. Hvis biomasse af makroalger, samt specifik dækningsgrad af ålegræs inkluderes i en evaluering af et områdes miljøtilstand, er droner fortrinlige til at indhente et solidt og detaljeret datagrundlag. Med hensyn til biodiversitet er metoden dog begrænset, idet mindre arter ikke kan identificeres på dronebilleder. Det vurderes, at dronebilleder kan bruges til at genkende havgræsser, og forskellige algegrupper, på vanddybder ned til 3 meter alt efter overflyvningshøjde, turbiditet og bølgeforhold, hvilket muliggør brug af metoden i de fleste lavvandede danske fjorde. Der er udfordringer i forhold til antallet af flyvedage, idet billeder bør tages på vindmæssigt rolige dage, da billedkvaliteten ellers bliver utilstrækkelig.

Prisen for at indhente miljødata med droner er relativt begrænset i forhold til gængse monitoringsmetoder, og det kræver kun en

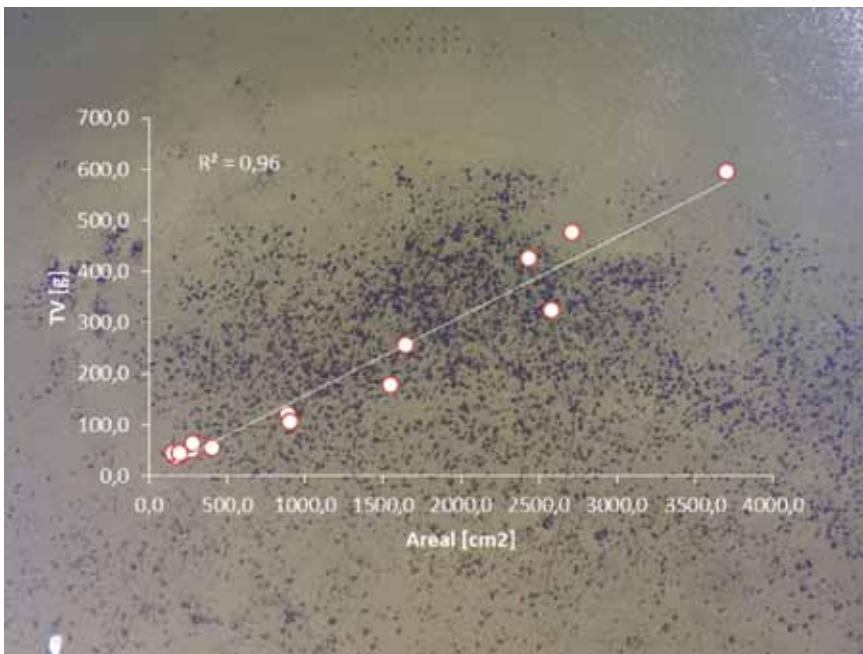
kort oplæring i flyveteknik, samt behandling og -analyse af billeder. Udstyret kræver ikke omfattende vedligeholdelse, og en drone med kapacitet til 20 minutters flyvning i 100 m's højde kan dække op til 12 ha pr. batteri. Da dybdekoten 0-2 m dækker et område på 38 km² i Odense Fjord inklusive Dalby Bugt, kan knap 4% af dette areal dækkes med en drone på en dag (6 timers flyvetid). Til sammenligning, skal der til konventionelle vegetationsanalyser bruges mere bekvemt udstyr samt personale til at betjene det. Disse analyser laves i perioden maj til september, hvor indsamling af data foretages af dykkere eller med video-slæde, hvilket er meget tidskrævende, både i felten og ved senere analyse.

Ved brug af droner kan man realisere egentlig arealbaserede miljøtilstandsanalyser og undgå alene at anvende stikprøver og endimensionelle transekter som repræsentativt datagrundlag for miljøtilstandsvurderingerne. Vi anbefaler derfor at Miljø- og Fødevarerministeriet begynder at supplere miljøtilstandsvurderinger i lavvandede kystområder med droneaktiviteter.

Link til film optaget med dronen i felten:



Figur 5. Transplanterede ålegræsskud på billeder taget i 20 og 5 meters højde. De transplanterings-eksperimenter som var uden spande er markeret med grønne cirkler, mens makroalger er markeret med røde cirkler.



Figur 6. Område ved Otterup lystbådehavn, hvor blæretang alene udgør algebiomassen. Sammenhængen mellem areal [cm²] og biomasse af enkelte blæretang [g] er angivet i figuren.

Overflyvning af ålegræsbede i Enebærødde:
<https://youtu.be/f44aqqaGrE>, eller søg "Ålegræsbed i Odense Fjord"

Referencer

- /1/ EU: EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV 2000/60/EF
- /2/ Flindt, M.R., Kristensen, E. & Valdemarsen, T. 2011.

Svigtende reetablering af ålegræs i fjorde. Vand og Jord. Vol. 1: 17-20.

- /3/ Dekker, A., Brando, V., m.fl. 2006/2007. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation: Kapitel 15, 347-359.
- /4/ Barrel, J. og Grant, J 2015. High-Resolution low-altitude aerial photography: A case study characterizing eelgrass (*Zostera marina* L.) and blue mussel (*Mytilus edulis* L.) landscape mosaic structure. Progress in

Physical Geography 39: 440-459.

- /5/ Bell, S.S., Robbins, B.D., Jensen, S.L. 1999. Gap Dynamics in a Seagrass Landscape. *Ecosystems* 2: 493-504.
- /6/ Valdemarsen, T., Wendelboe, K., Egelund, J.T., Kristensen, E., Flindt, M.R., 2011. Burial of seeds and seedlings by the lugworm *Arenicola marina* hampers eelgrass (*Zostera marina*) recovery. *Journal of Experimental Marine Biology* 410: 45-52.
- /7/ Rasmussen, J.R., Olesen, B., Krause-Jensen, D., 2012. Effects of filamentous macroalgae mats on growth and survival of eelgrass *Zostera marina*, seedlings. *Aquatic Botany* 90: 41-48.
- /8/ Canal-Vergés, P., Vedel, M., Valdemarsen, T., Kristensen, E., Flindt, M.R., 2010. Resuspension created by bedload transport of macroalgae: implication for ecosystem functioning. *Hydrobiologica* 649: 69-76.
- /9/ Canal-Vergés, P., Potthoff, M., Hansen, F.T., Holmboe, N., Rasmussen, E.K., Flindt, M.R., 2014. Eelgrass re-establishment in shallow estuaries is affected by drifting macroalgae – Evaluated by agent-based modeling. *Ecological Modelling* 272: 116-128.
- /10/ Valdemarsen, T., Canal-Vergés, P., Kristensen, E., Holmer, M., Kristiansen, M.D., Flindt, M.R., 2010. Vulnerability of *Zostera marina* seedlings to physical stress. *Marine Ecology Progress Series* 418:119-130.
- /11/ Kristensen, E., 1990. Characterization of biogenic organic matter by stepwise thermogravimetry (STG). *Biogeochemistry* 9: 135-159.
- /12/ <http://www.agrimer.com/en/algues/2-brown/11-fucus-vesiculosus.html>. November 2015.

NIELS SVANE er specialestuderende i biologi på Syddansk Universitet (specialet afsluttes foråret 2016), med profil i miljøbiologi og økologi. Hans speciale omhandler udvikling af dronekortlægning som metode til miljømonitoring. E-mail: nisva09@student.sdu.dk.

MOGENS R. FLINDT er lektor på Biologisk Institut, Syddansk Universitet. Mogens arbejder med systemanalyse, modellering og GIS-analyse af akvatiske økosystemer, forskning i stress på ålegræs og genetablering af ålegræsbede samt udvikling af akvatiske virkemidler. E-mail: mrf@biology.sdu.dk.

ERIK KRISTENSEN er lektor på Biologisk Institut, Syddansk Universitet. Erik arbejder med marine økosystemer bl.a. bundfauna og mikrobiel økologi, samt deraf afledt stress på ålegræs. E-mail: ebk@biology.sdu.dk.

THOMAS VALDEMARSEN er Post Doc på Biologisk Institut, Syddansk Universitet. Thomas arbejder med marine økosystemer, bl.a. genetablering af ålegræsbede og analyse af stressfaktorer. E-mail: valdemarsen@biology.sdu.dk.