

Vindeby Havmøllepark

Marin flora og fauna efter nedtagning

Undersøgelsesrapport 2017



Udarbejdet af: Hans Ohrt, Christian B. Hvidt
Kontrolleret af: Christian B. Hvidt
Godkendt af: Hans Ohrt
Dato: 13.08.2018
Version: 3
Projekt nr.: 1007085

Indholdsfortegnelse

1	Sammenfatning	4
2	Baggrund	5
3	Lokalitetsbeskrivelse.....	6
4	Undersøgelsernes omfang	8
4.1	Videotransekter.....	9
4.2	Sidescan Sonar	10
4.3	Interaktive 360 ⁰ fotopanorama og VR-video ved møllefundamenter	10
4.4	Ortofoto	11
5	Resultater	12
5.1	Gennemførelse af feltarbejde	12
5.2	Sidescan- og videotransekter	13
5.2.1	Substrattyper og vegetation	14
5.2.2	Ålegræs	16
5.3	Tidligere turbinelokaliteter.....	17
6	Diskussion.....	32
6.1	Substrattyper og vegetation	32
6.2	Tidligere turbinelokaliteter.....	33
7	Konklusion	35
8	Referencer.....	36
Annex 1	37

1 Sammenfatning

Der er i 2017 gennemført en undersøgelse af flora og fauna i og omkring den tidligere Vindeby havmøllepark umiddelbart efter nedtagning af mølleparken i 2017. Undersøgelsen er udført som en opfølgning på basisundersøgelsen foretaget i 2016 inden nedtagning af mølleparken. Dette omfatter sidescan og videokortlægning langs 5 transekter i og omkring den tidligere møllepark. Endvidere er dette suppleret med optagelse af interaktive 360^o fotopanorama og VR-video ved de 11 tidligere møllefundamenter.

Undersøgelsen viser en høj grad af overensstemmelse med basisundersøgelsen i 2016, med de største ændringer nærmest kysten og øst for mølleparken. Ingen af ændringerne kan tilskrives arbejdet med nedtagning af Vindeby havmøllepark, men tilskrives en mellemliggende periode med meget blæst i et yderst dynamisk havbundsmiljø.

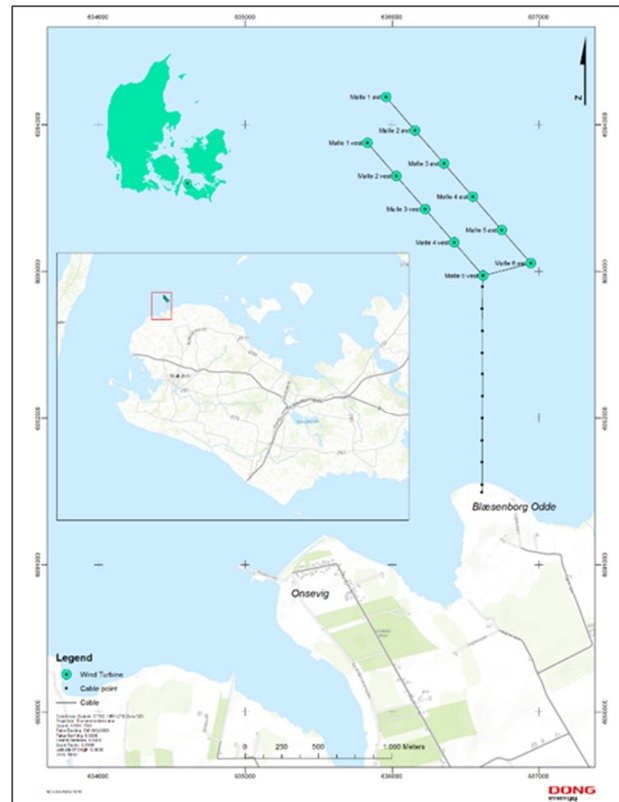
Undersøgelsen viser endvidere, at der på de tidligere fundamentlokaliteter er opstået fordybninger på op til 1,5 m dybde og ca. 15 m diameter i forhold til den omgivende havbund, og at fordybningerne på mange af lokaliteterne er omkranset af en vold. Fordybningerne og specielt voldene er generelt præget af en grovere substrattype med større sten, formodentlig dels rester fra de tidligere stenpuder under fundamenterne, dels betonfragmenter fra de tidligere fundamenter. Der er en risiko for at fordybningerne fungerer som sedimentationsfælder for løst drivende alger, som ved ophobning og nedbrydning kan forårsage lokalt iltvind og liglagen i perioder med varmt, stille vejr. Det vurderes dog samtidig, at det dynamiske sedimentationsmiljø med tiden vil medføre, at uddybningerne gradvist udjævnes i forhold til den omkringliggende havbund.

På flere af de tidligere fundamentlokaliteter er der registreret efterladte stykker af armeringsjern. På en enkelt position er observeret stykker af armeringsjern på 1 – 1,5 meters længde, oprejst og fastsiddende i betonstykker. Risikoen for at dette vil være til gene for skibstrafik (herunder skibsankre) og fiskeri med dragende redskaber vurderes at være meget lille.

Undersøgelsen gentages i 2020 med henblik på at følge reetablering af havbunden i den tidligere havmøllepark.

2 Baggrund

Vindeby Havmøllepark bestod af 11 BONUS 450 kV vindmøller etableret i 1991 i en afstand på 1,5 - 3 km fra kysten ved den nordlige del af Lolland, som verdens første egentlige Havmøllepark (se Figur 1). Mølleparken var efter 25 års drift udtjent, og Ørsted A/S (tidligere DONG Energy A/S), fik som ejer af parken i januar 2017 tilladelse fra Energistyrelsen til at nedtage Vindeby Havmøllepark. Vindmølleparken blev nedtaget i perioden februar – september 2017.



Figur 1: Placering af den tidligere Vindeby Havmøllepark

Energistyrelsen har i deres godkendelse af nedtagningen stillet krav om, at der udføres undersøgelser af den marine flora og fauna efter nedtagningen. Undersøgelserne skal tilvejebringe viden om havbundens flora og fauna efter nedtagningen i 2017, samt udviklingen efter 3 år (dvs. i 2020). Undersøgellesprogrammet skal godkendes af Energistyrelsen.

MOE udarbejdede i april 2017 et oplæg til marine undersøgelser af den tidligere Vindeby Havvindmøllepark for Ørsted, som sendte oplægget til Energistyrelsen. MOE's forslag til undersøgelsesprogram blev godkendt af Energistyrelsen i juni 2017 uden ændringer. Programmet var baseret på en mulighed for at foretage observationer på de tidligere turbinelokaliteter med SCUBA-dykker, sekundært med ROV.

Efterfølgende har det vist sig praktisk meget u håndterligt og bekosteligt, grundet HSE-bestemmelser i Ørsted, at foretage SCUBA dykning, mens den alternative metode med ROV er mindre præcis og giver dårligere resultater. MOE har derfor udviklet en ny alternativ metode til SCUBA-dykning; interaktiv 360° fotopanorama og VR-video, som giver mulighed for tilsvarende kvalitet i observatio-

nerne, og samtidig markant forbedrer dokumentationen og reproducerbarheden uden at sikkerheden kompromitteres. Metoden er i overensstemmelse med det program der er godkendt af Energi styrelsen.

I denne rapport redegøres nærmere for undersøgelsesprogrammet, samt de gennemførte undersøgelser i 2017 og undersøgelsesresultat. Slutrapport følger i 2020 efter endt undersøgelsesprogram.

3 Lokalitetsbeskrivelse



Figur 2: Placering af tidligere turbiner i Vindeby Havmøllepark. Baggrundsfoto er fra 2013.

Vindmølleparkens var placeret i et dynamisk og eksponeret marint miljø på grænsen mellem Storebælt og Smålandsfarvandet. Området er karakteriseret af tidvis kraftig strøm. Strøm og bølger

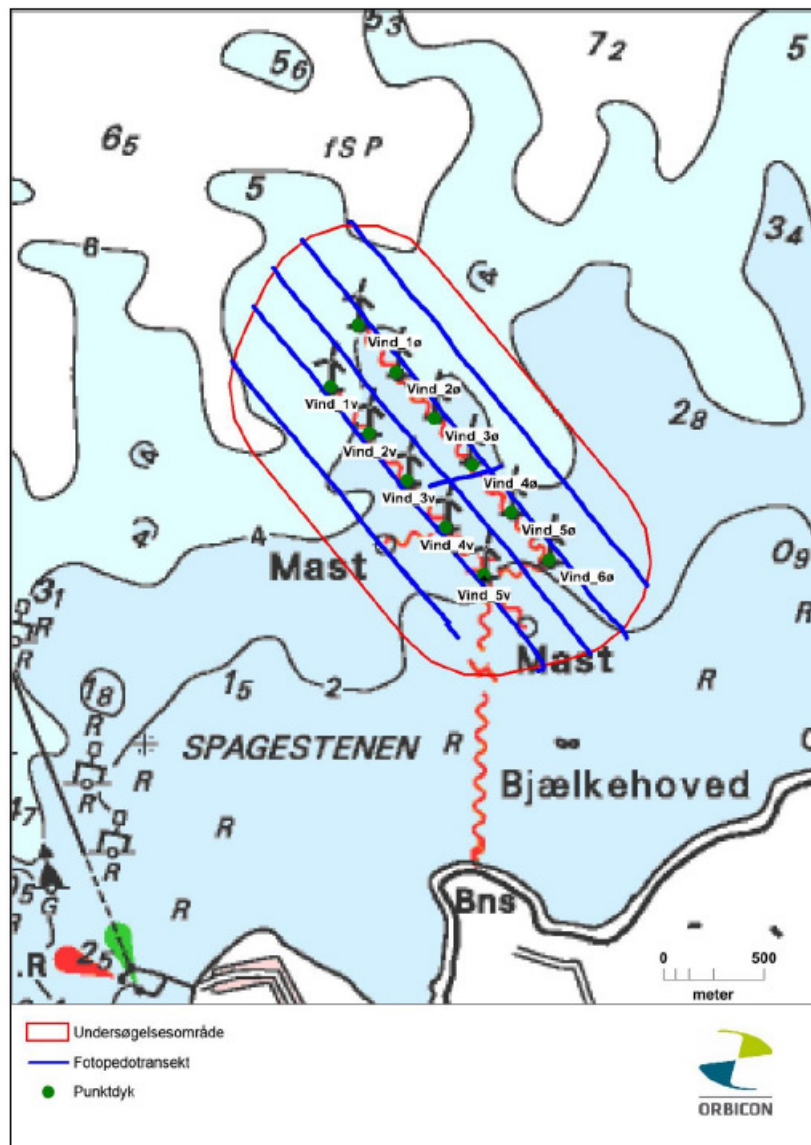
medfører en betydelig sedimentomlejring, og ud fra Lolland kyst ses et system af NNW-orienterede morænetunger der indikerer stor variation i substrater (se Figur 2).

4 Undersøgelsernes omfang

Undersøgelserne skal tilvejebringe viden om havbundens flora og fauna efter nedtagningen, samt udviklingen efter 3 år. Ved at gentage undersøgelserne i 2020 vil undersøgelsesprogrammet også kunne fortælle noget om de forskellige flora- og faunasamfunds evne til at reetablere sig efter fjernelse af de hårde substrattyper som møllefundamenterne udgør. Ved undersøgelserne i 2020 anvendes samme metodik som beskrevet i det følgende.

De marine flora og faunaundersøgelser, der gennemføres efter nedtagningen af Vindeby havmøllepark skal sammenholdes med basisundersøgelserne for nedtagning af havmølleparken i 2016 (Orbicon, 2016). Undersøgelserne omfatter de samme fem transekter, der indgik i undersøgelserne i 2016 inden nedtagningen (basisundersøgelserne, vist på Figur 3), med en samlet længde på 12 km. Endvidere foretages observationer på de tidligere turbinelokaliteter.

Transekterne er kortlagt med videooptagelser, vandkikkert og side scan imaging (SSI) af havbunden. På de tidligere placeringer af de 11 vindmøllefundamenter er foretaget en visuel foto/video monitoring ved undervandsoptagelser af interaktive 360° højopløselige fotopanoramaer og korte 360° VR (Virtual Reality) videoer. Videooptagelser fra de tidligere fundamenter er suppleret med ortofotos optaget med drone.



Figur 3: Placering af videotransekter forud for nedtagningen af møllerne, foretaget i forbindelse med miljøredøgørelsen for nedtagningen. Overvågningen af de efterfølgende virkninger af nedtagning vil foregå på de samme transekter. Figurkilde: Orbicon, 2016.

4.1 Videotransekter

Videoundersøgelser langs de fem transekter er udført fra en båd udstyret med kortplotter og RTK-GPS for at sikre korrekt positionering (positionsfejlen af RTK-GPS er <4 cm xyz). Video af transekter er udført ved et undervandsvideokamera monteret på en slæde, der er trukket bag båden og som kan styres i lodret position. 4K video sikrer en video med høj billedopløsning og et godt middel til at klassificere substrat, habitattyper og arter. Den vandrette position og forskydning af slæden beregnes vha. data fra RTK-GPSen og længden af kablet til slæden. Videosignalet overføres til båden sammen med udlæsninger for sensorer ved SDI kommunikation og direkte logging.

Videooptagelserne er analyseret og følgende oplysninger registreret:

- Substrattype (Sand, grus, småsten, store kampesten)
- Makroalger

- Blåmuslinger (*Mytilus edulis*)
- Ålegræs (*Zostera maritima*)
- Andre dominerende faunaelementer

4.2 Sidescan Sonar

Den samtidige optagelse med sidescan sonar er udført langs et transekt på 50 meter fra hver side af transduceren svarende til et totalt 100 meter swath. Som sidescan sonar er anvendt Humminbird Side Scan Imaging (SSI), som opererer ved 455/800 KHz. Ekkogrammerne fra sidescan sonaren er egnede til undersøgelser af havbundens ruhed og til kortlægning af dækningsgrad og dybdegrænse for ålegræs og forekomster af større makroalger.

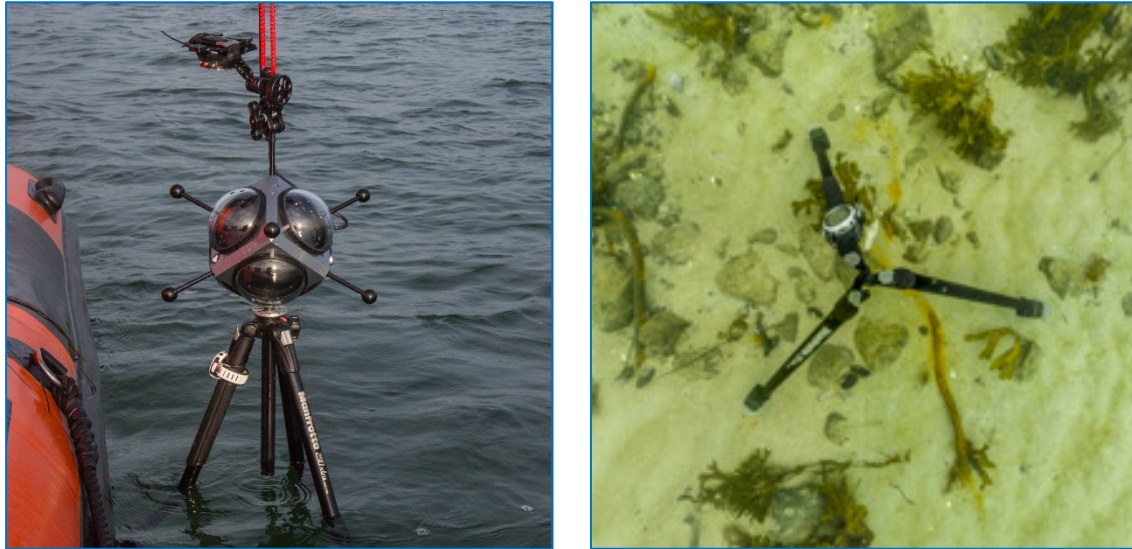
4.3 Interaktive 360° fotopanorama og VR-video ved møllefundamenter

Monitering og indsamling af marinbiologiske data ved hjælp af SCUBA-dykker i Vindeby Havmøllepark er ikke muligt grundet krav til storstilet mobilisering af såvel materiel som mandskab i henhold til Ørsted's sikkerhedsprocedurer (HSE) på området. Opgaven med overvågning af flora og fauna på de 11 lokaliteter, hvor der tidligere har stået vindmølle-fundamenter, er derfor udført med en nyudviklet, alternativ metode til SCUBA, hvor der indsamles detaljeret, spatial og interaktiv foto- og videodokumentation til en efterfølgende analyse. Metoden samler data til en senere bearbejdning ved interaktiv, spatial visualisering som erstatning for en aktiv visualisering ved dykker.

Overvågning af flora og fauna på de 11 lokaliteter er udført ved optagelser med et specialdesignet undervandskammersystem bestående af 6 kameraer, Figur 4, der er sat op i hexagonal kube placeret under 1 meter over havbunden (afhængig af dybde og sigt i vandet). Kamerasystemet optager et spatial 360°, højopløseligt panoramafoto og en kort 360° VR-video af ca. to minutters varighed. De to typer visualisering understøtter hinanden, således at det interaktive, højopløselige foto er anvendt til at gå i detaljer ved artsbestemmelser, beskrivelse af dækningsgrad, sediment mv., mens videoen primært er anvendt til monitering af fauna, der ikke nødvendigvis vil være registreret i et "snapshot". Position og afstand over havbund på optagelserne er den samme for foto og video og er blevet bestemt med henholdsvis RTK-GPS og lodning af dybde.

Det vil primært være sigtbarheden i vandet, der bestemmer, hvor stort et areal af havbunden, der kan afsøges med metoden. Den tekniske anvisning for det nationale overvågningsprogram (Teknisk anvisning. TA_M12, DCE, 2014) foreskriver en afsøgning af 25 m² med dykker svarende til en cirkel med radius på 2,8 meter. Såfremt sigten vurderes for ringe til at opnå tilstrækkeligt skarpe detaljer i denne afstand fra centrum af det visualiserede spatial rum er der suppleret med yderligere optagelser. Sigtheden i vandet er monitoreret visuelt med vandkikkert.

De seks fotos og videoer fra hver optagelse/lokalitet er efterfølgende processeret i specielle "stitching" og "panotour" software til et interaktive 360° panoramafotos og en 360° VR-video. Panoramafotos er GIS orienteret og med angivelse af FOV (Field of View) og kompasretning, hvilket er grundlæggende for de optagelser, som skal sammenlignes.



Figur 4: Tv, hexagonal, vandtæt kube med 6 kameraer anvendt til 360° panoramafotos. Th. Lodret dækning af havbunden ekstraheret fra panoramafoto.

Panoramafotos og VR-video er gennemgået af marinbiologer med lang og stor erfaring med bestemmelse af makroalger, marin flora og fauna under vandet. Metoden fra den tekniske anvisning for det nationale overvågningsprogram (Teknisk anvisning. TA_M12, DCE, 2014) er i størst muligt omfang repliceret ved interaktiv analyse af panoramafotos og VR-video. Metoden er anvendt til at beskrive den procentvise fordeling af hårdt substrat og kampestenstørrelser, samlet vegetationsdækning og procentvis fordeling af den artsspecifikke dækning indenfor et areal på 25 m². Hermed er det sikret at data vil være sammenlignelige med eksisterende overvågningsdata fra nærliggende NOVANA stationer, og med basisundersøgelserne i 2016.

I 2020, hvor der vil foreligge to i visualiseringer taget med 3 års mellemrum, vil det med den WEB baserede platform være muligt at sammenligne fotos af de tidligere turbinelokaliteter mod hinanden med henblik på en sammenlignende beskrivelse.

4.4 Ortofoto

Der er taget højopløselige lodskudsfoto på og umiddelbart omkring hvert af de 11 tidligere lokaliteter for vindmøllefundamenterne. Lodskudsphotos er optaget med en "fixed-wing" drone med RTK-navigation og som bærer et kamera og objektiv monteret med cirkulært polaroid filter. De georefererede fotos er optaget i RAW-format og efterfølgende sammensat i en ortomosaik for videre klassificering af havbunden.

Klassificering af havbunden på baggrund af ortofotos giver mulighed for at sammenligne havbunden mellem undersøgelserne i 2017 og 2020, og dermed beskrive den overordnede reetablering af havbunden på de positioner, hvor der forventes de største forandringer.

5 Resultater

Nedtagningen af Vindeby Havmøllepark blev udført i perioden fra 3. marts – 3. september 2017. Nedtagningen blev foretaget med to mindre ændringer i forhold til den oprindelige plan (DONG Energy, 2016), dels var fundamentene ikke som forventet fyldt med sand men med større sten, dels blev det opdaget, at der på bunden af fundamentene var støbt ekstra beton formet som en fladtoppet kegle, hvorved bundpladen blev op til 2 m tyk på visse positioner (DONG Energy, 2017).

Dette indebar for det første, at der ikke var behov for bortskaffelse af sandmateriale ved kløpning, for det andet at fundamentets bundplade var for tykt til, at den hydrauliske hammer kunne hakke sig igennem. Løsningen var at anvende et såkaldt fræserving (Drum Cutter), for at raspe den ekstra beton væk, indtil den hydrauliske hammer igen kunne bruges som planlagt (DONG Energy, 2017).

5.1 Gennemførelse af feltarbejde

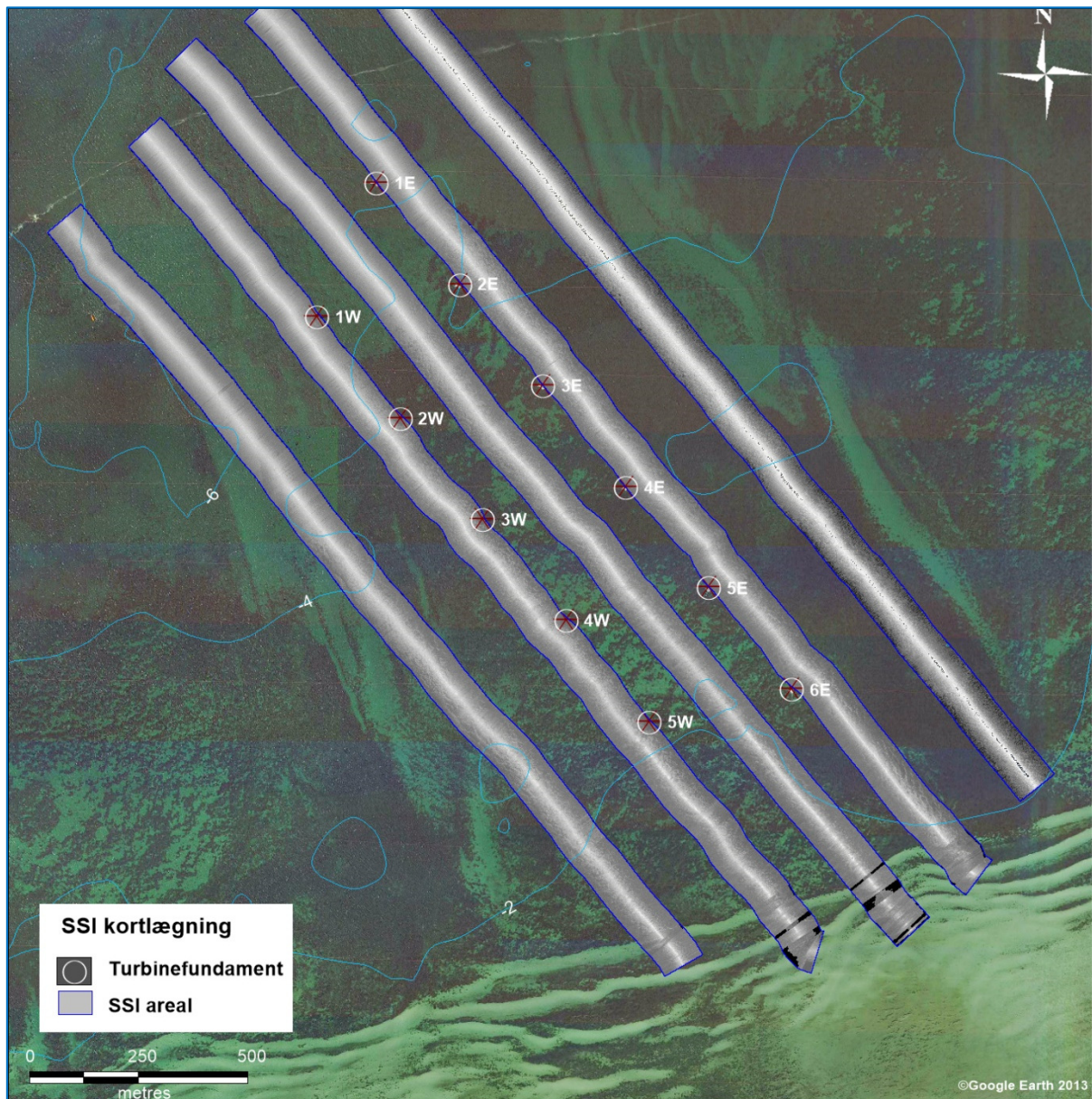
Efteråret 2017 var præget af lange perioder med blæst, regn og dårlig sigt, og det var kun muligt at gennemføre undersøgelserne delvist i efteråret 2017. De resterende undersøgelser er gennemført i foråret 2018.

Den 19. oktober 2017 blev gennemført sidescan- og videoundersøgelser af samtlige fem transekter.

Den 8. og 9. november 2017 blev 360° fotopanorama og VR-video gennemført på alle 11 tidligere fundament lokaliteter.

Den 20. maj 2018 blev der taget detaljerede lodskudsfoto med drone over samtlige 11 tidligere fundamentlokaliteter. Droneoptagelserne blev udvidet til at dække to ca. 175 meter brede korridorer dækkende fundamentlokaliteterne.

5.2 Sidescan- og videotranssekter



Figur 5: Kort over side scan imaging og videotranssekter i undersøgelsesområdet.

Der blev med sidescanning kortlagt i alt godt 122 ha samlet langs de fem transekter, Figur 5, til anvendelse i forbindelse med kortlægning af substrattyper og ålegræs. Sidescanningen dækker dybder fra 1 m til godt 6 meters dybde. Sidescanningen langs to af de fem transekter dækker delvis over de tidligere turbinefundamenter.

Til verifikation af sidescan-data er i mindre grad anvendt video optaget langs transekterne, idet videooptagelserne var mindre brugbare grundet meget dårlig sigt. Derudover er der anvendt observationer foretaget med vandkikkert, kendskab til området herunder observationer i forbindelse med sedimentundersøgelser (MOE 2018), men også tolkning af seneste ortofoto (2014) samt dro-

nebaseret ortomosaik af to korridorer dækkende de to rækker af tidligere turbiner. Disse observationer er ikke foretaget samtidig med sidescan opmålingen, men det vurderes alligevel at de giver brugbar information om substrattyper og vegetationen langs transekterne.

5.2.1 Substrattyper og vegetation

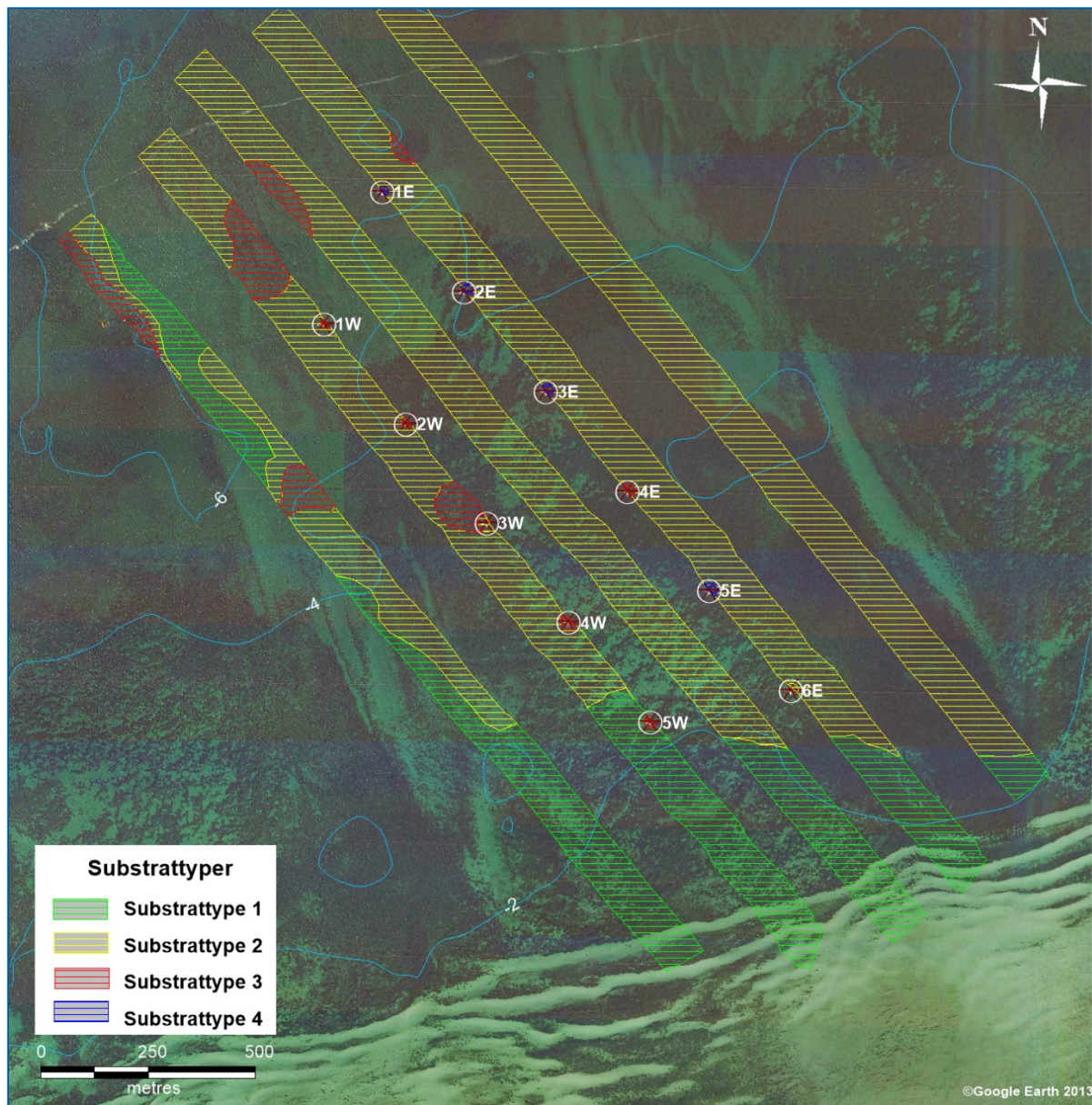
Analyse og tolkning af sidescan-data med tilhørende verifikation viser, at havbunden i undersøgelsesområdet overordnet kan inddeles i fire substrattyper; type 1b, 2, 3 og 4:

- *Type 1 - Sand:* Områder bestående af siltet sand til fast sandbund med varierende bundformer (ofte dynamisk). Underopdeles i 1a (siltet blød bund), 1b (fast sandbund) og 1c (leret sandbund).
- *Type 2 - Sand, grus, småsten og enkelte større sten.* Områder domineret af sand men med varierende mængder af grus og småsten samt enkelte spredte store sten (<1-10 %). Denne substrattype består af en blanding af sand og grus med en kornstørrelse på ca. 2 – 20 mm og småsten med en størrelse på ca. 2 – 10 cm. Substrattypen indeholder også enkelte større sten fra ca. 10 cm og større, der dækker op til maksimalt 10 % af havbunden.
- *Type 3 - Sand, grus og småsten samt stenbestrøning med større sten dækkende 10-25 %.* Områder bestående af blandede substratformer med sand, grus og småsten som dominerende element. Her findes også en variabel mængde spredte større sten (stenbestrøning) med en samlet dækningsgrad på op til 25 % af den samlede bund.
- *Type 4 - Stenede områder, hvor større sten dækker >25 %, herunder stenbestrøning over 25% og egentlige stenrev med relief.* Øvrige substrater kan være sand, grus og småsten.

Ved nærværende undersøgelse er alle fire substrattyper registeret om end i væsentligt forskellige forhold, Figur 6.

Substrattype 1 er kun identificeret ved undertype 1b (fast sandbund) og udgør 25% af det samlede sidescannede område. Forekomsten af substrattype 1b er primært på lavere vand og forekommer sporadisk mellem to morænetunger vest for den tidligere møllepark. På det lavere vand danner substrattype 1b revler, hvor toppen typisk er dækket med ålegræsbede med op til 100% dækning, mens dalene er rent fast sand. Hvor der forekommer grus er der ud over ålegræs også strengetang (*Chorda filum*), som er udbredt ud til godt 1,5 meter. På dybere vand overtager bevoksninger af makroalger det faste substrat af især småsten. Hvor substrattype 1b forekommer på dybere vand er der tydelige bølgeribber, der vidner om et eksponeret og dynamisk område med markante strømforhold.

Substrattype 2 er med en forekomst på 70% af det sidescannede område den mest hyppige substrattype forekommende fra ca. 2,5 meter til den maksimale dybde i det undersøgte område. Hvor substratet er rent sand forekommer ofte ålegræs, men i meget varierende dækningsgrader. Mere fast substrat, hårbund, i form af småsten og spredte større sten er typisk begroet med rød- og brunalger typisk trådformede rødalger og savtang (*Fucus serratus*).



Figur 6: Substrattypekort over undersøgelsesområdet, der viser kortlagte substrattyper inden for sidescan-sonar transekter.

Substrattype 3 forekommer i mindre spredte områder hovedsageligt i den vestlige del af det undersøgte område dybere end ca. 3,5 meter. Identifikationen af substrattype 3 udgør 5% af det samlede undersøgte område og udgør således kun en mindre del. Vegetationen på hårbund er begroet med rød- og brunalger typisk trådformede rødalger og savtang (*Fucus serratus*).

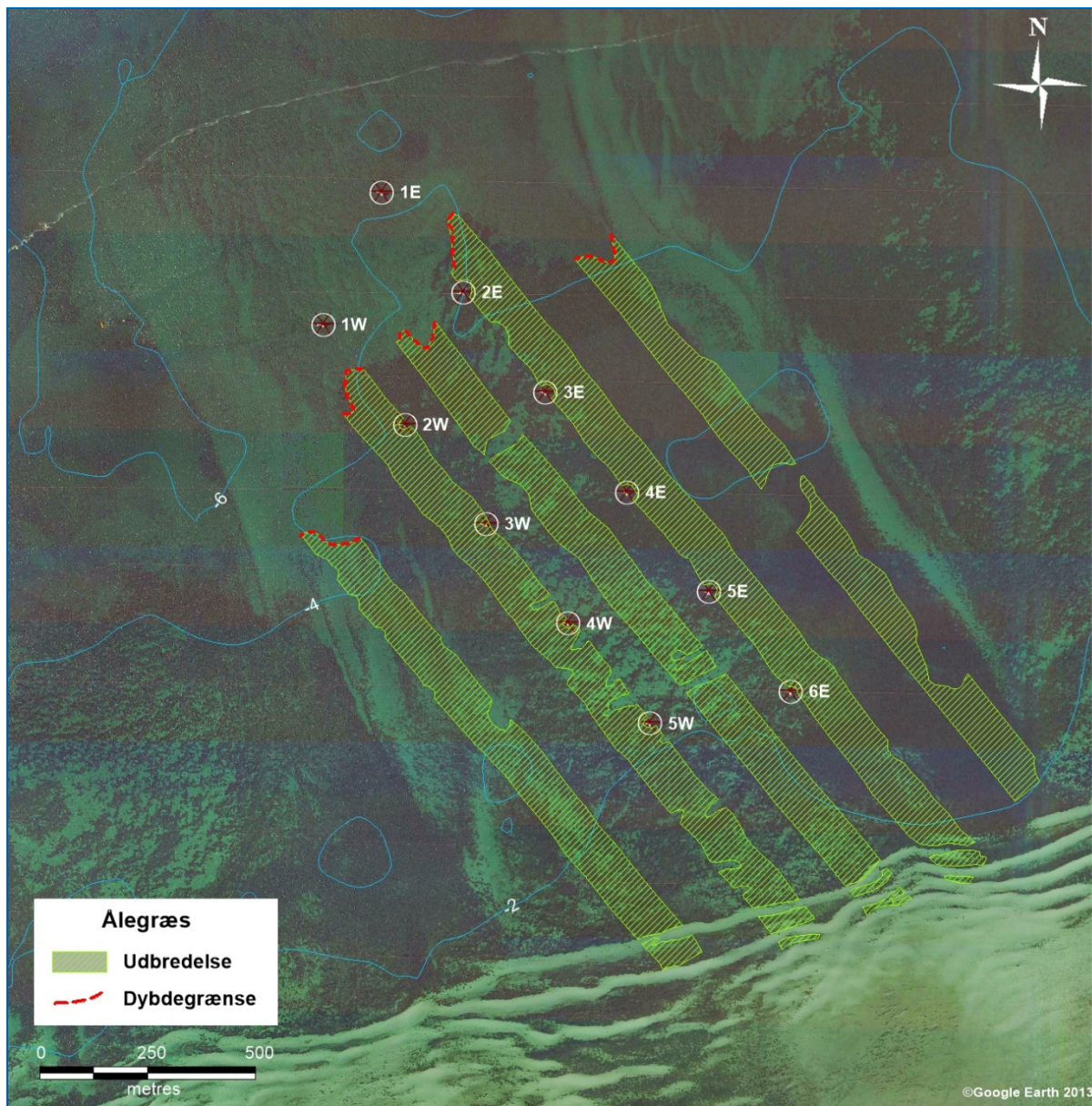
Substrattype 4 er kun identificeret i forbindelse med områder, hvor de tidligere turbinefundamenter nu er nedbrudt og udgør mindre end 1% af det samlede sidescan-undersøgte område. Verifikationen af substrattype 4 er foretaget på baggrund af især 360° panoramafotos og ortomosaic af droldskudsphotos med drone, jf. Figur 8 til Figur 19. Panoramafotografierne viser at en betydelig del af substrattype 4 hidrører fra efterladte betonstykker fra turbinefundamenterne samt sten fra de tidligere stenpuder under fundamenterne, men der forekommer også naturlige større sten. Substrat-

type 4 udgør ikke huledannende stenrevsstruktur men henligger mere som en flad revstruktur. Vegetationen på hårbund af substrattype 4 er begroet med rød- og brunalger typisk trådformede rødalger og savtang (*Fucus serratus*), hvor hårbunden ikke består af nyligt nedbrudte fundamentstykker. Der kan dog identificeres fundamentstykker, hvor en flade er yderside af turbinefundamentet og her er der typisk begroning med trådformede rødalger.

5.2.2 Ålegræs

Ålegræs er udbredt i det undersøgte sidescanområde, men forekommer med meget varierende dækningsgrad ud til en maksimaldybde på godt 4,5 meter, Figur 7. Forekomsten af ålegræs har størst dækningsgrad i den sydlige del af det undersøgte område og bliver mere spredt og sporadisk og med mindre dækningsgrad nordud med dybden.

Af de sidescannede 122 ha er ålegræs identificeret på 74 ha heraf svarende til 61% af det undersøgte område.



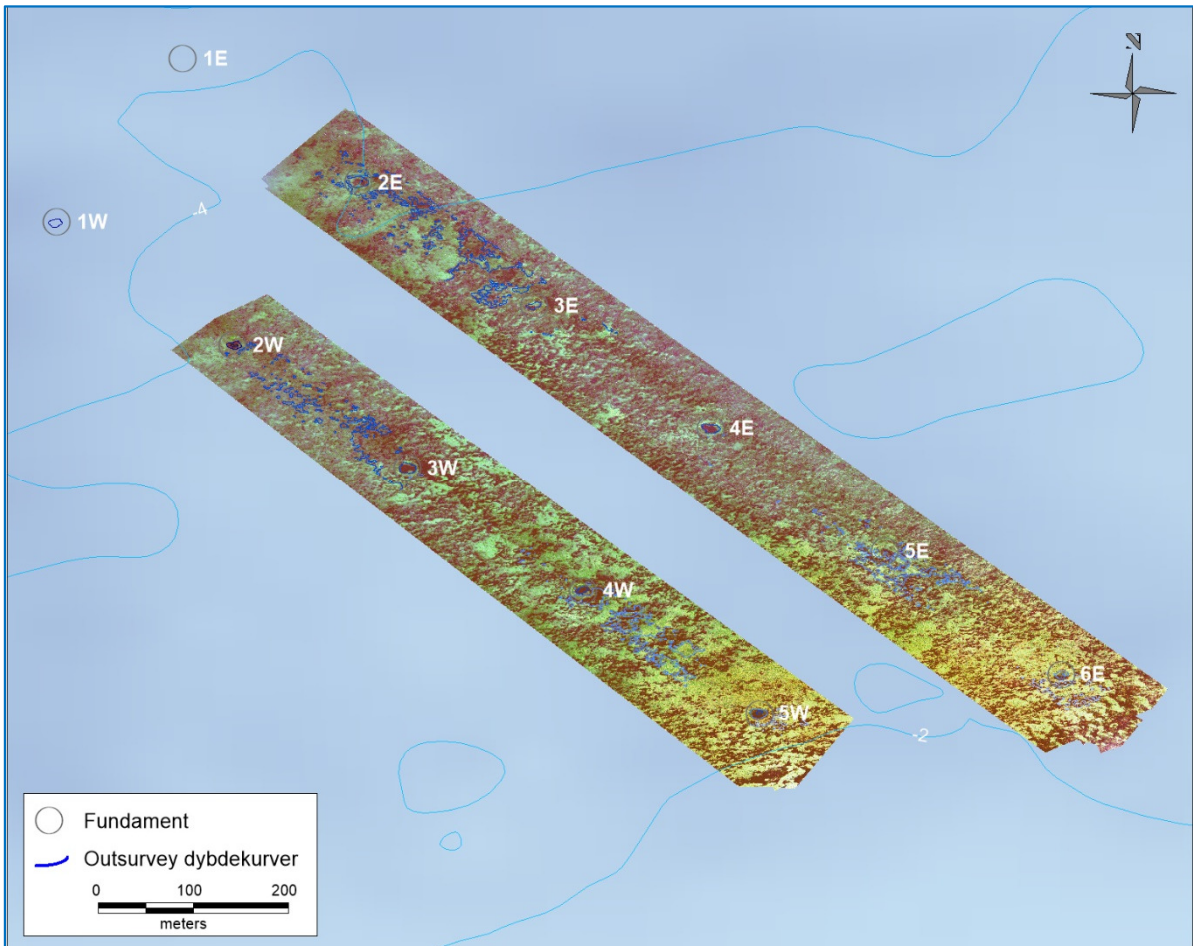
Figur 7: Udbredelseskort af ålegræs, der viser registrering af ålegræs inden for transekter med side scan imaging i undersøgelsesområdet.

5.3 Tidligere turbinelokaliteter

Beskrivelse af lokaliteter for de tidligere turbinefundamenter er undersøgt ved højopløselig ortomosaik sammenholdt med de bathymetriske forhold, Figur 8 samt 360° panoramafoto og -video taget tæt ved havbunden, Figur 9 til Figur 19.

Den højopløselige ortomosaik er dannet på grundlag af dronelodskudsfoto med en opløsning på 3 cm pr. pixel. Ortomosaikken dækker foruden de 11 tidligere turbinepositioner også korridorerne mellem positionerne i hver af de to møllerækker, Figur 7.

Positioneringen af 360° kamera på den eksakte position af center for det tidligere turbinefundament var sværere end antaget grundet strøm og bølger. På alle 11 lokaliteter har kameraet dog været placeret i nærheden af centrum og inden for en radius af ca. 6 meter.



Figur 8: Ortomosaik af korridorer med turbinefundamenter dannet på baggrund af dronefotos samt detaljerede dybdekurver (kilde: MTE). Generering af ortomosaik har ikke været mulig på de to dybestliggende turbinelokaliteter.

Der er foretaget en vurdering og beskrivelse af de 11 lokaliteter med tidligere turbinefundamenter ud fra undervandsoptagelser med nedsænket 360° panoramafoto og -video. Der er foretaget beskrivelse af bundforhold, identificerbare arter af bundfauna og bundvegetation samt bemærkninger om efterladte effekter.

På grund af vandets sigtbarhed er nærmere artsidentifikation ikke mulig og det skønnes at beskrivelserne gælder maksimalt 4 - 6 meter fra kameraposition.

De 11 beskrevne lokaliteter ligger alle i et område karakteriseret som et overvejende erosionsområde med eksponeret morænebund hovedsageligt bestående af mellemstore og små sten, grus og fast ler. Desuden ses felter dækket med groft sand med markante ribber, som tegn på kraftig strøm- og bølgepåvirkning.

Bathymetrien på 10 lokaliteter af de tidligere turbinefundamenter er karakteristisk ved en central fordybning i forhold til den omgivende naturlige havbund, jf. Figur 9 til Figur 19. Der er ikke foretaget bathymetrisk kortlægning på lokaliteten for turbinefundament 1E.

Fordybningerne varierer fra ca. 0,5 meter ved den mindste fordybning, turbinelokalitet 3W til 1,5 meter for den dybeste, turbinelokalitet 5W. Fordybningerne har en diameter ca. på 8 – 15 meter. Fordybningerne er næsten alle mere eller mindre omgivet af en forhøjet, mindre vold eller forhøjninger primært bestående af efterladte betonskærver og -stykker.

Floraen består af en artsfattig hårdbundsvegetation domineret af brunalgen savtang (*Fucus serratus*), som er typisk for dybdeintervallet 1-4m, idet dens kraftige løv er modstandsdygtig for kraftig vandbevægelse. Ud over savtang er der stort set ikke registreret flerårige arter af makroalger på nogen af de 11 lokaliteter, hvilket er tegn på et ustabil og eksponeret miljø. Der ses mindre bestande af enårige trådformede rødalger (*Rhodophyta indet.*), men disse er også hæmmet af det ustabile miljø og ses kun som små eksemplarer. På betonskærver og -stykker er der ikke registreret vegetation på de friske brudflader. Derimod ses der begroning (typisk med trådformede rødalger) på nogle af de betonflader, som under turbinernes eksistens har vendt ud mod det marine miljø.

Sandfelterne på de 11 lokaliteter er ikke ret dybe og flytter formentlig rundt med strøm og bølger og er således ikke udpræget egnet som voksested for ålegræs, som gerne vil have mere stabile forhold. Ålegræs findes dog som spredt mosaik i mølleområdet samt inde på lavere vand, hvor der er registreret en del ålegræsbede. Af det totale undersøgte sidescan-areal er der fundet ålegræs på 61% heraf.

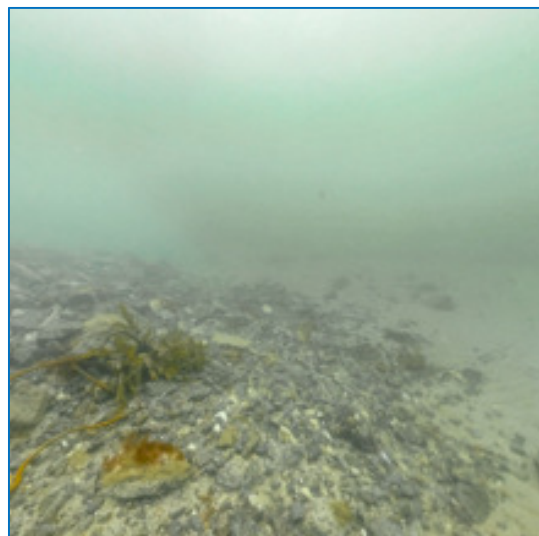
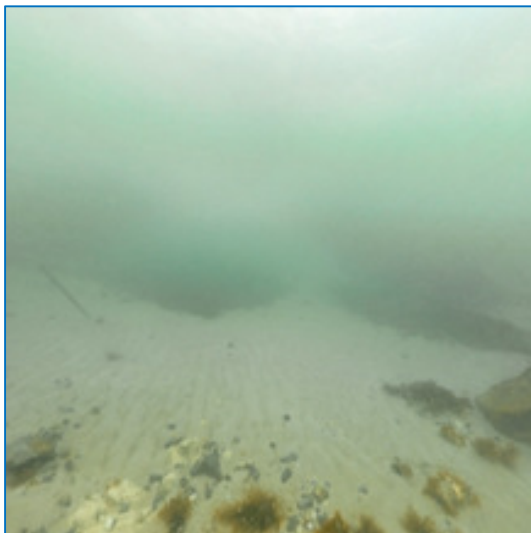
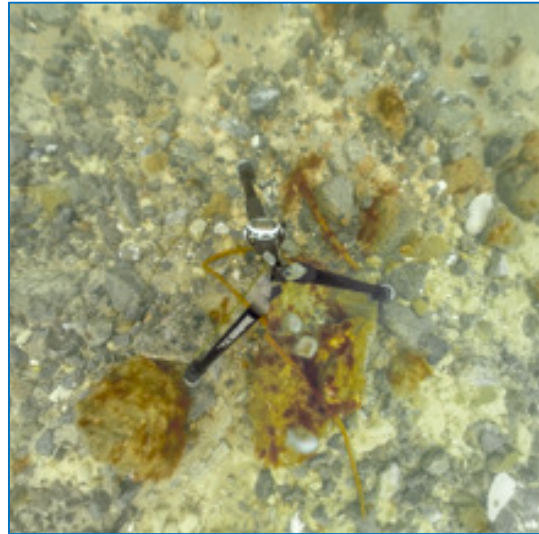
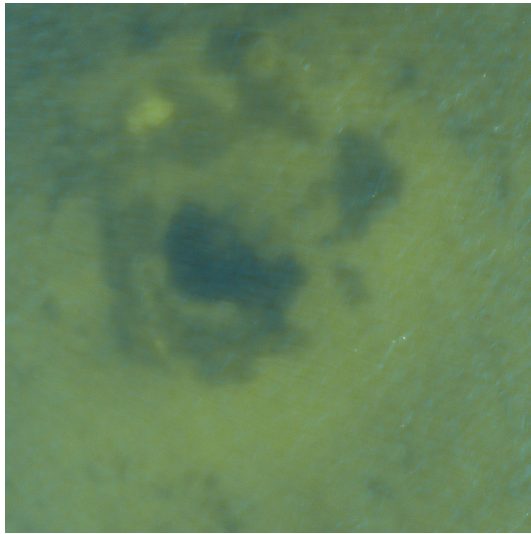
Faunaen er også artsfattig og domineret af blåmuslinger (*Mytilus edulis*) og rurer (*Balanidae*) fastsiddende, hvor der er hårde substrater. Af mobil fauna dominerer almindelig søstjerne (*Asterias rubens*), og herudover er registreret strandkrabbe (*Carcinus maenas*) på én lokalitet (1E).

Der ses efterladte effekter fra nedtagningen af turbinefundamentterne i mølleparken i form af betonskærver og større betonstykker på næsten alle lokaliteter. Ud over at ligge tilfældigt spredt på lokaliteten danner disse mindre forhøjninger og volde i en cirkel rundt om, hvad der formentlig er det oprindelige sted for turbinefundamentet. Ud over efterladt beton ses stykker af armeringsjern på syv af de 11 lokaliteter. Specielt på turbinelokalitet 3E er der registreret flere oprejste og fastsiddende stykker armeringsjern, Figur 13. De oprejste armeringsjernene, fem styk i alt, er op til ca. en meter lange og er tilsyneladende fastsiddende i et større, langstrakt betonfragment ligeledes af ca. én meters længde. Betonfragmentet ligger på en af de kunstigt skabte volde på ca. 3,5 meters dybde og nogle af de fastsiddende armeringsjern rager således op til 2 til 2,5 meter under havoverfladen.

En sammenfattende, beskrivelse af hver turbinelokalitet ud fra analyse af ortomosaik og 360° panoramafoto og -video fremgår af tabel 1.

Station	1E	1W	2E	2W	3E	3W	4E	4W	5E	5W	6E
Positioner											
Turbinefundamenter											
UTM_X 32N Euref 89	635,833	636,030	636,226	636,424	636,621	635,960	636,157	636,354	636,552	636,748	636,946
UTM_Y32N Euref 89	6,093,875	6,093,649	6,093,424	6,093,198	6,092,972	6,094,186	6,093,960	6,093,733	6,093,508	6,093,282	6,093,056
360° kamera											
UTM_X 32N Euref 89	635,962	635,836	636,158	636,028	636,354	636,229	636,555	636,426	636,757	636,628	636,945
UTM_Y32N Euref 89	6,094,186	6,093,871	6,093,871	6,093,648	6,093,737	6,093,424	6,093,509	6,093,196	6,093,283	6,092,974	6,093,051
Dybde m	5.32	5.23	4.83	4.84	4.05	4.66	4.67	4.38	3.78	3.98	3.29
360° kamera elevation m	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Sigtbarhed m	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	4-5	2-3
Bundforhold											
Heterogen	X		X		X		X		X	X	
Homogen		X		X		X		X			X
Bundsubstrat											
Ler	**	*		**	*					*	
Sand	**	****	**	***	**	****	***	**	**	***	***
Grus	***		**	*	***	*		**		**	**
Sten < ca. 5 cm	***	**	***	*	***		***	**	***	***	**
Sten > ca. 5 cm	**	*	***	*	**		**	*	***	**	**
Substrattype	4	3	4	3	4	2	3	3	4	3	2
Vegetation											
Dækningsgrad %	0-2	0-2	2-10	10-20	0-2	2-10	10-20	90-100	20-30	40-50	2-10
Savtang	*			***	*	**	***	****	***	****	**
Blæretang		*	*	*			*	*	*	*	
Gaffeltang							*				
Trådformede røddalger ident.	**	**		**	**	*	**	*	*	*	*
Ålegræs						*					
Bundfauna											
Mosdyr									**		
Rurer	***	***	**		**	**	**	*	***	*	**
Søstjerne	***	***	**	**	***	**	**	*	*	*	
Blåmuslinge		***	***	**		****	**	*			
Strandkrabbe	**										
Efterladte effekter											
Betonskærver	***	**	***	*	***		**		***	**	**
Betonstykker > 10 cm	**	*	**		**		*		***	**	**
Armeringsjern	**		**	**	***		*		**		*

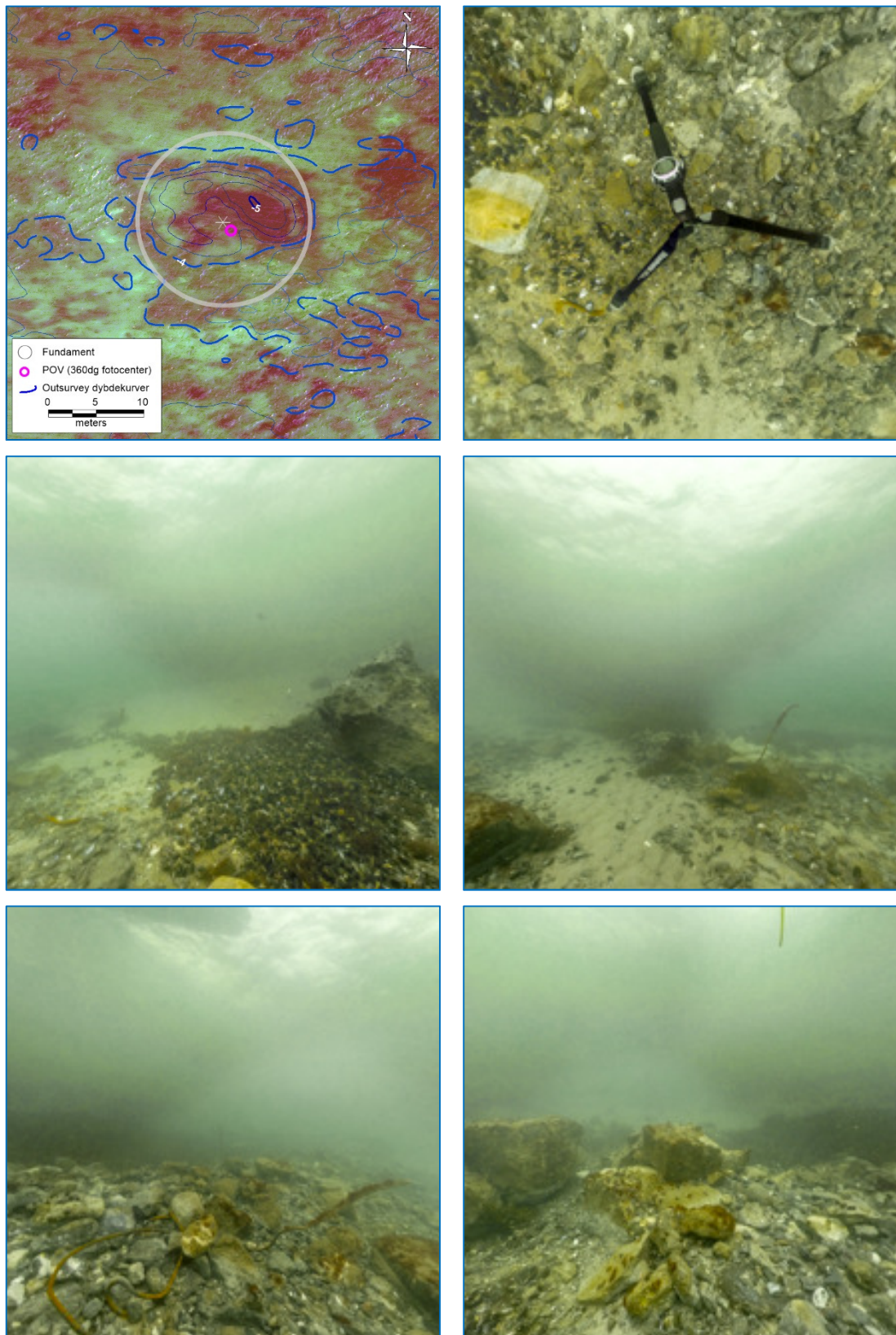
Tabel 1: Sammenfatning af 360° kamerainformation og marinbiologiske registreringer samt forekomster af efterladte effekter ved de tidligere turbinefundamenter. *= enkelte, **= hyppig, ***= talrig, ****= masseforekomst.



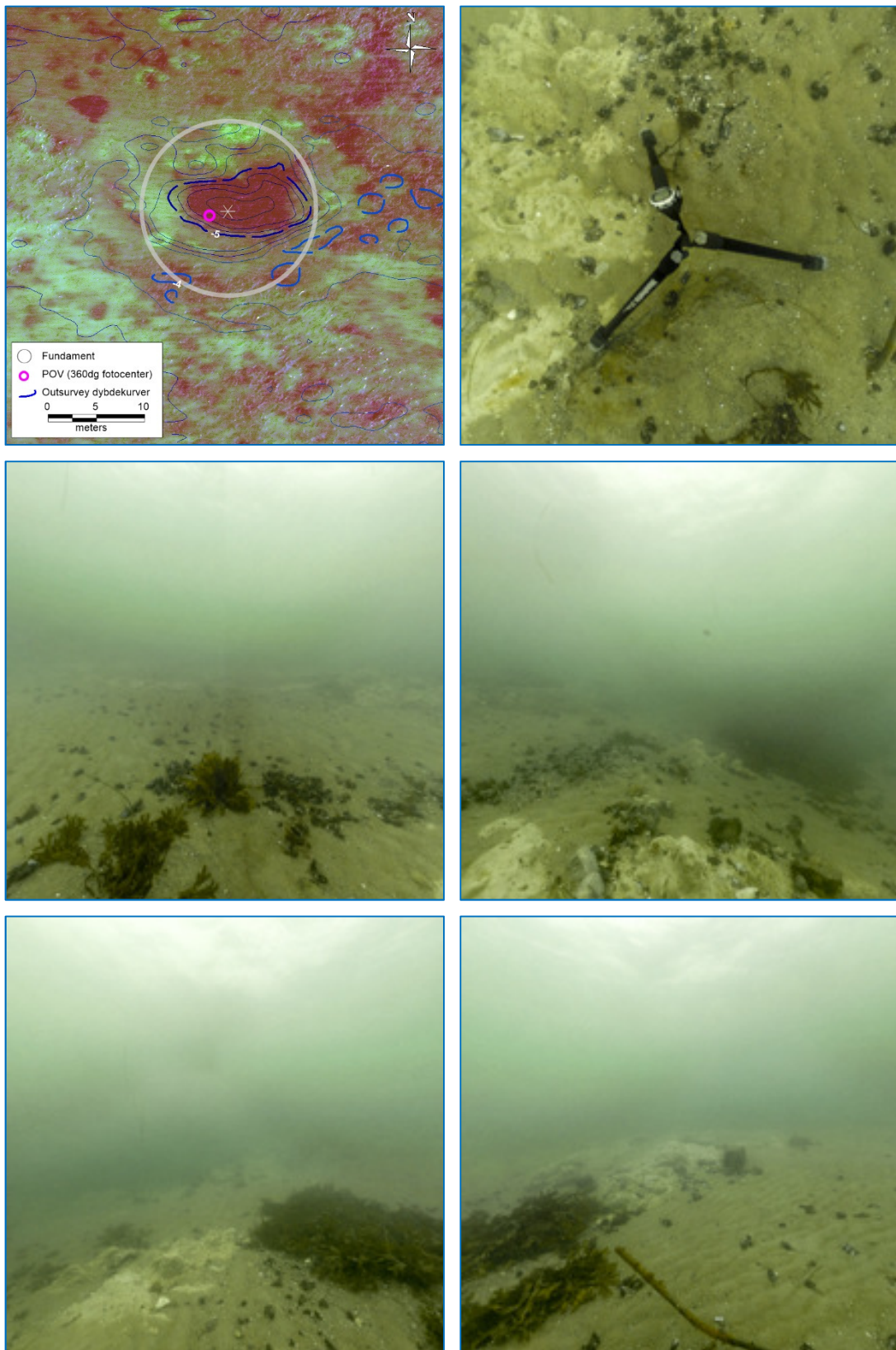
Figur 9: Turbinelokalitet 1E. Ortofoto samt opsplittet 360⁰ fotopanorama. Det har ikke været muligt, at georetificere orthofoto på 1E, nord er dog retvisende op.



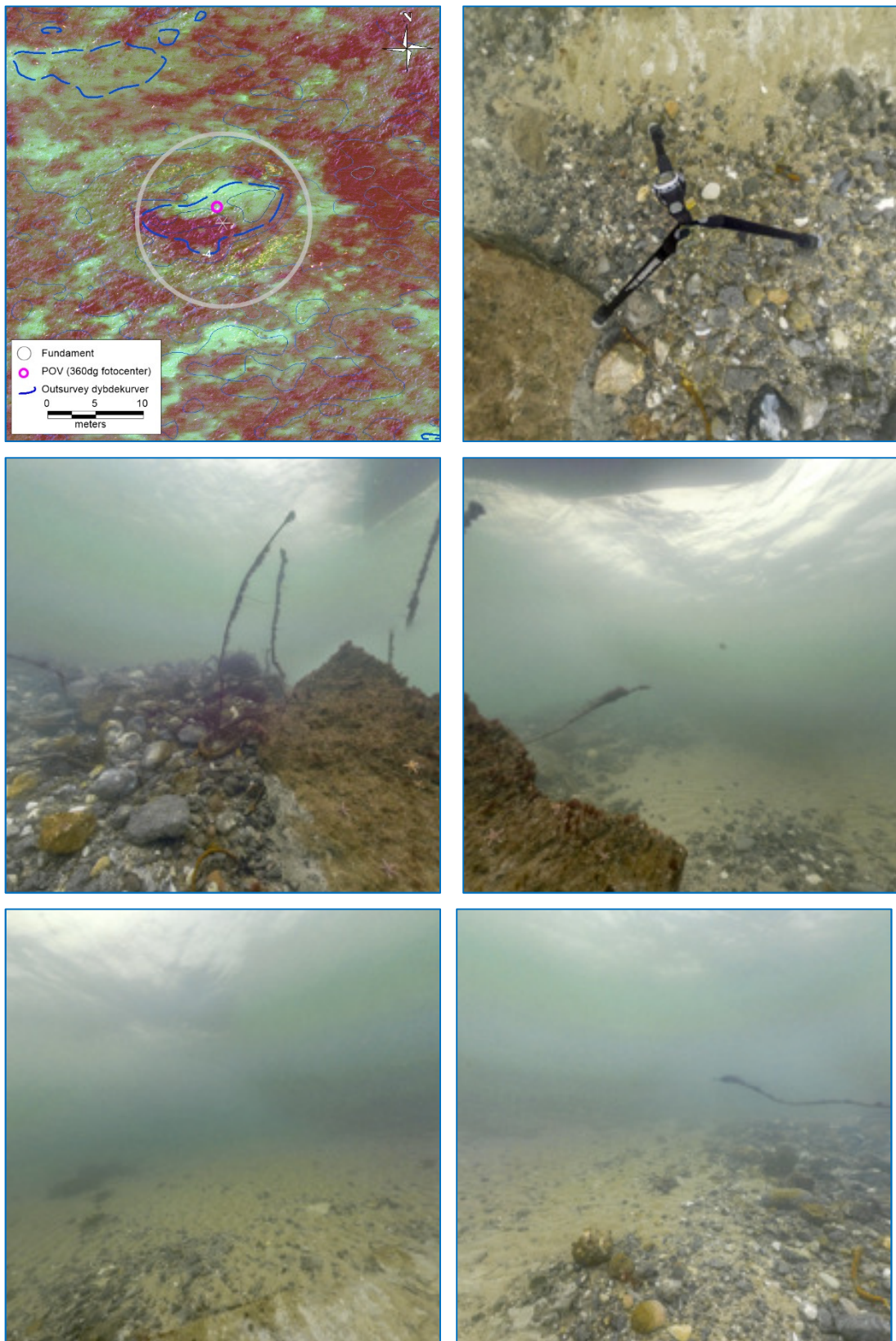
Figur 10: Turbinelokalitet 1W. Ortofoto samt opsplittet 360⁰ fotopanorama. Det har ikke været muligt, at georetificere orthofoto på 1W, nord er dog retvisende op.



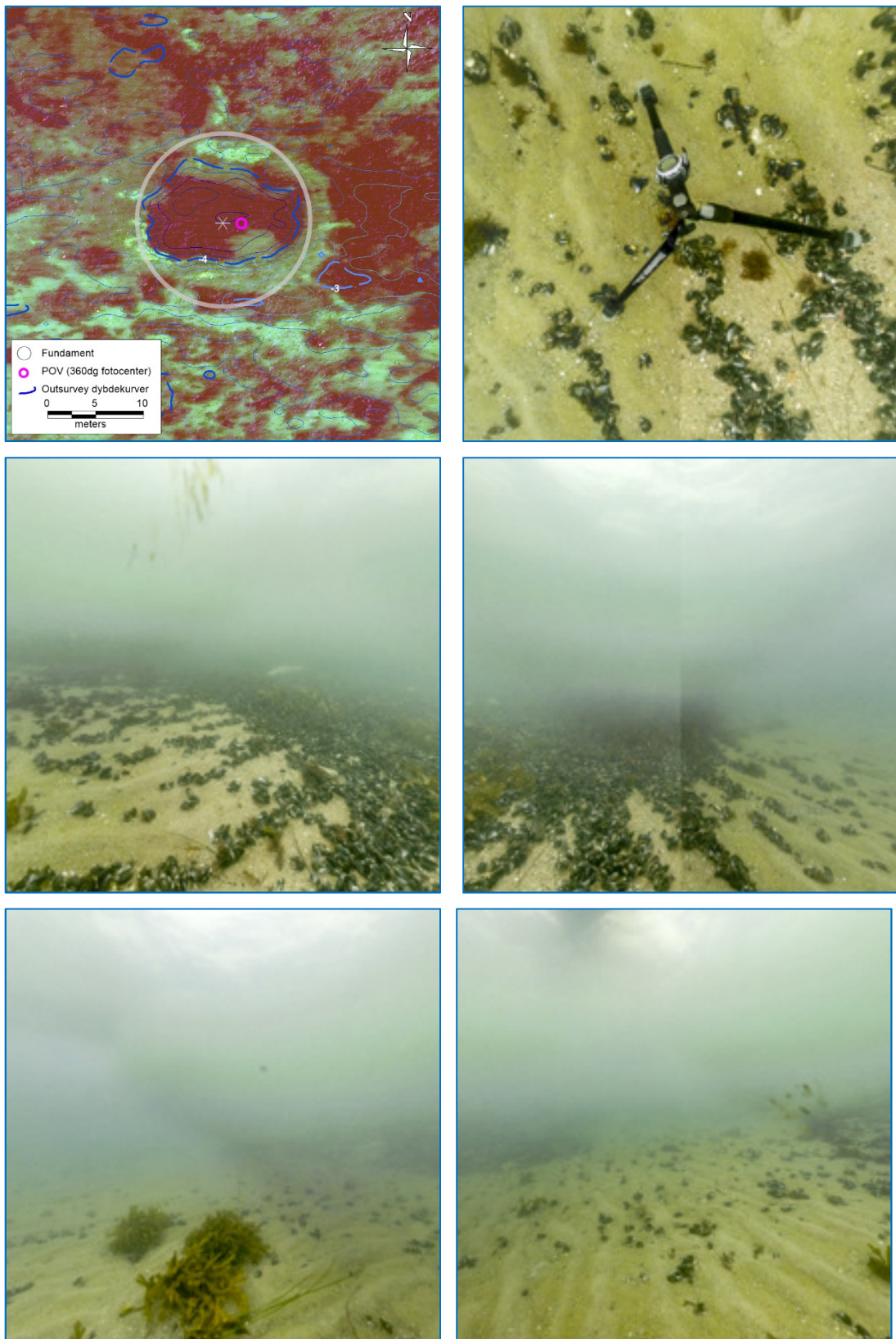
Figur 11: Turbinelokalitet 2E. Ortomosaik af dronefotos og 0,25 m dybdekurver (kilde: MTE) samt opsplittet 360° fotopanorama.



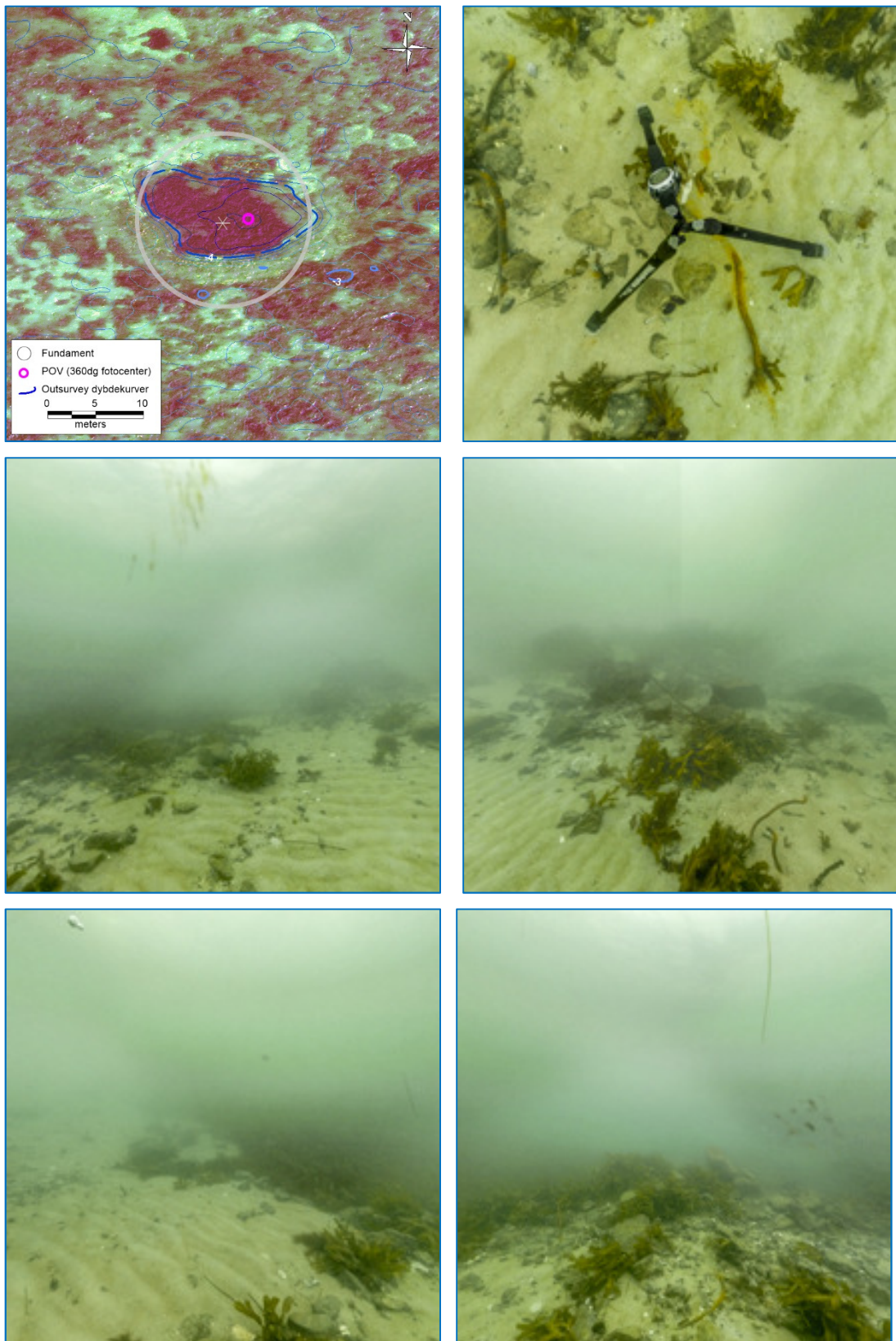
Figur 12: Turbinelokalitet 2W. Ortomosaik af dronefotos og 0,25 m dybdekurver (kilde: MTE) samt opsplittet 360° fotopanorama.



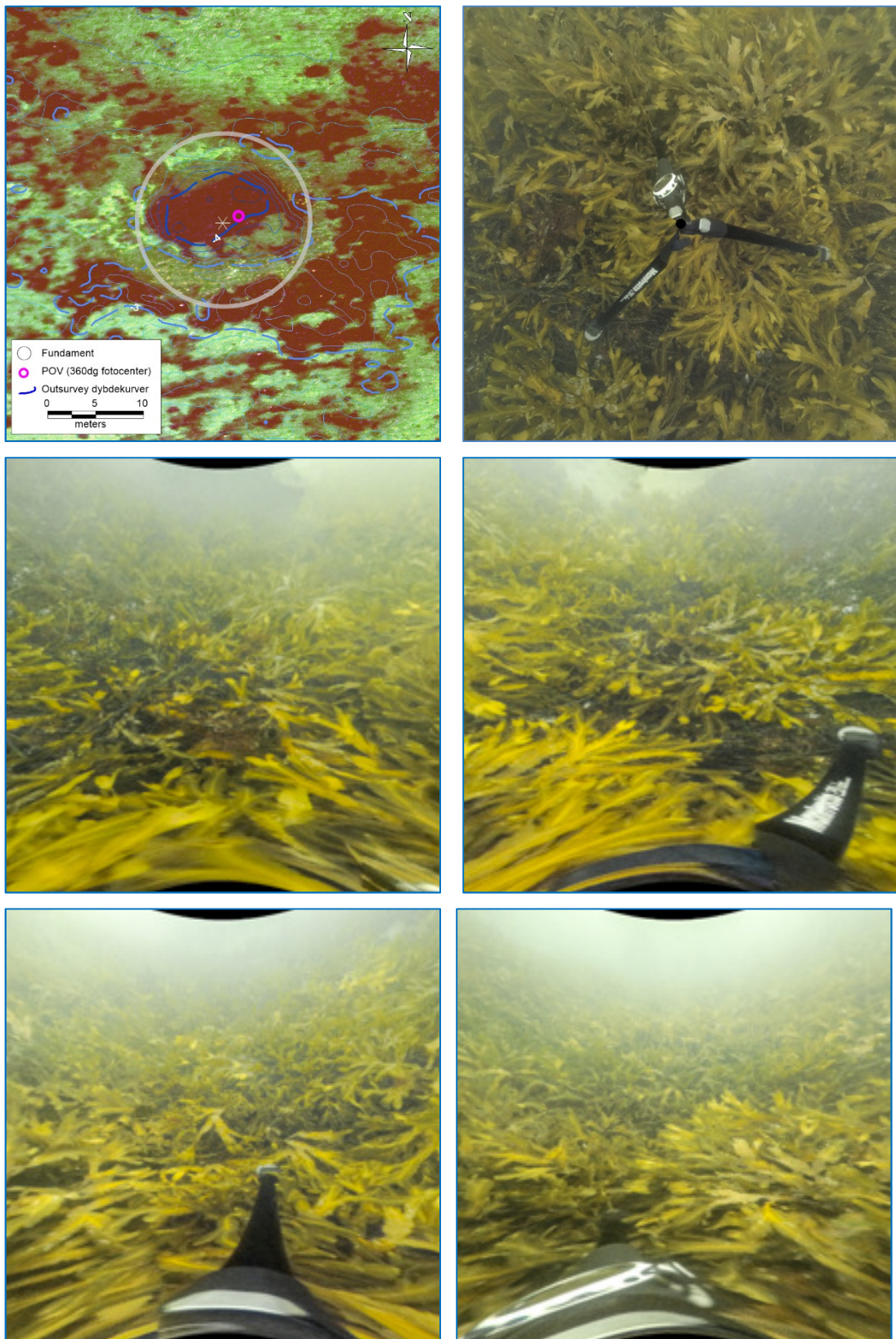
Figur 13: Turbinelokalitet 3E. Ortomosaik af dronefotos og 0,25 m dybdekurver (kilde: MTE) samt opsplittet 360° fotopanorama.



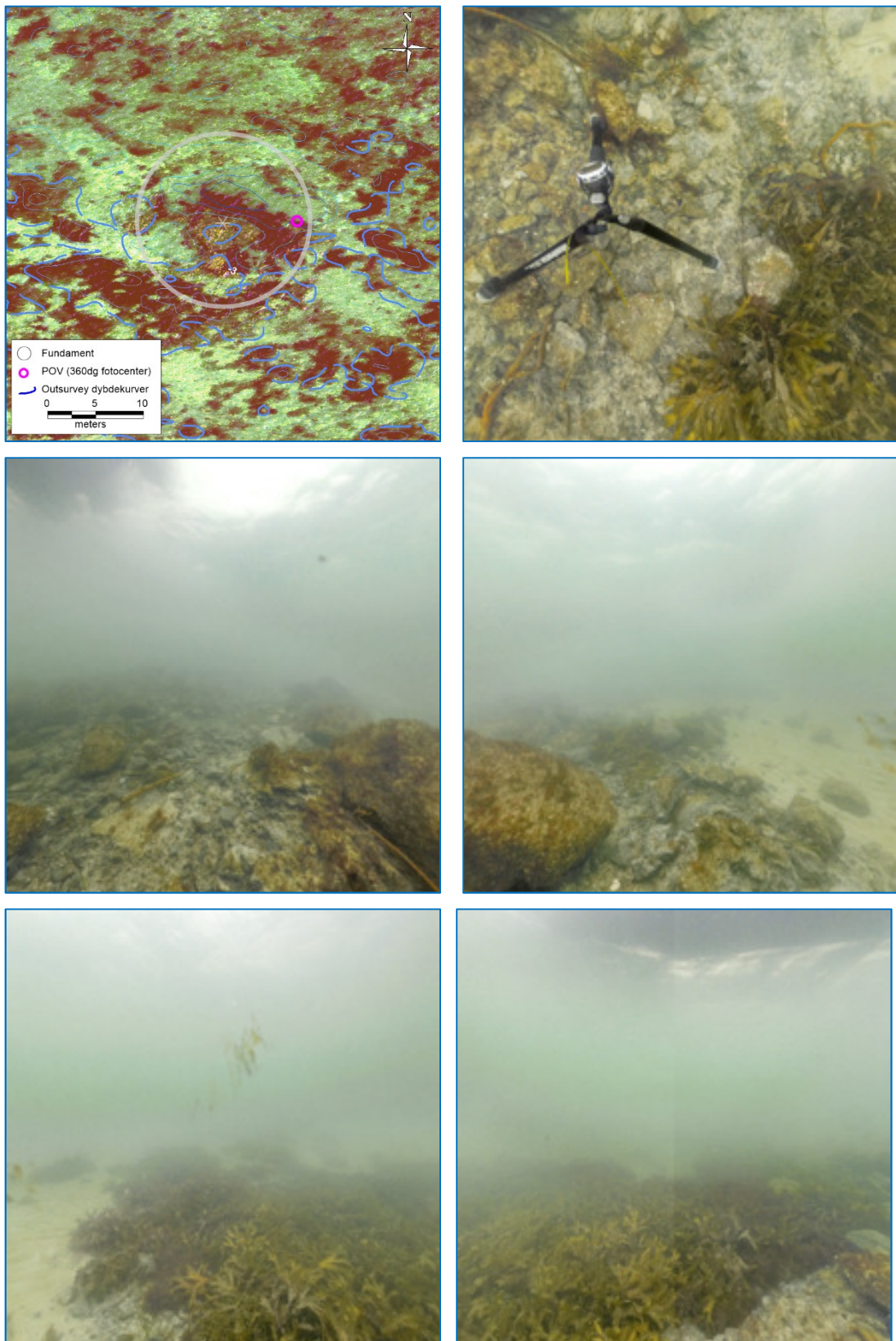
Figur 14: Turbinelokalitet 3W. Ortomosaik af dronefotos og 0,25 m dybdekurver (kilde: MTE) samt opsplittet 360° fotopanorama.



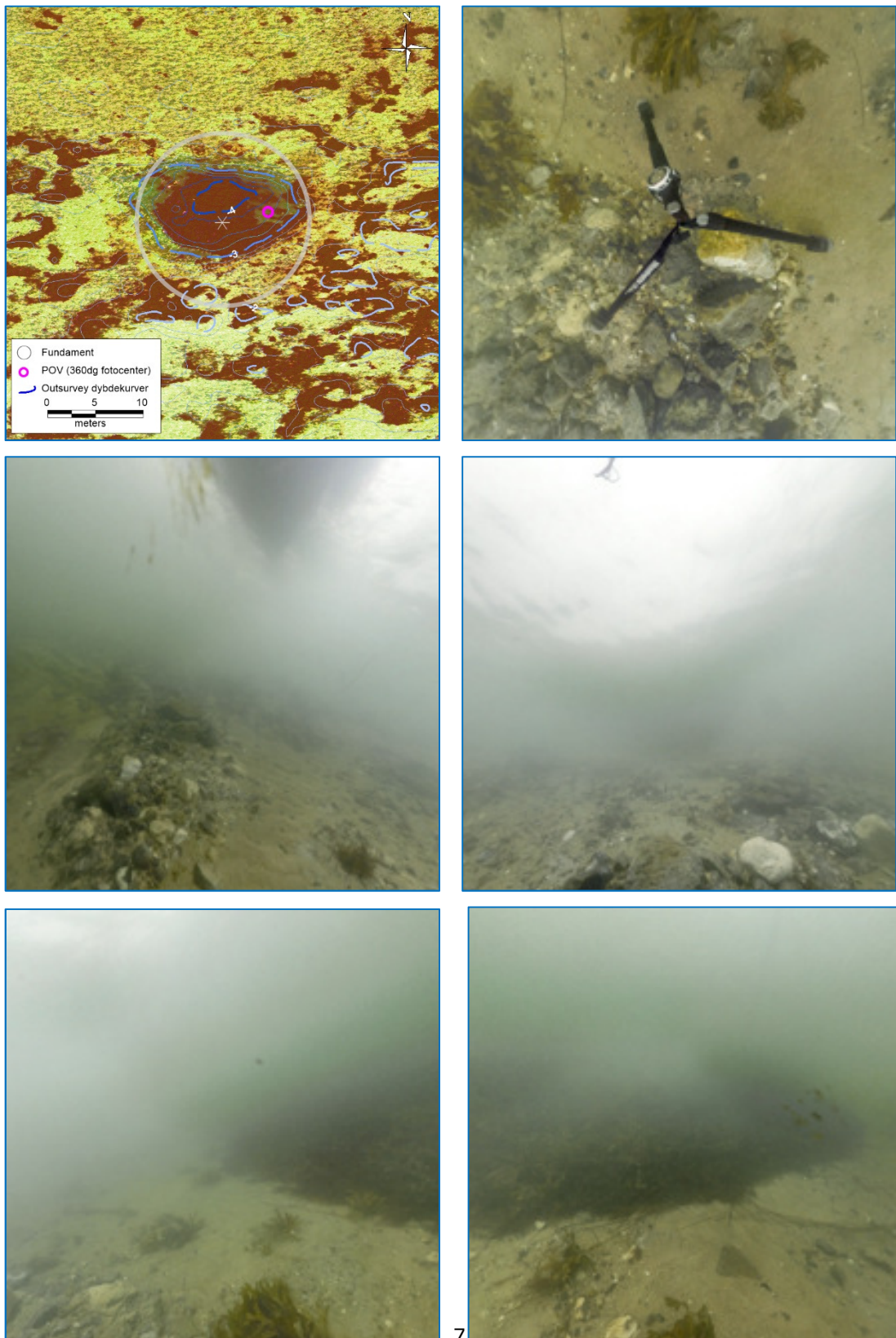
Figur 15: Turbinelokalitet 4E. Ortomosaik af dronefotos og 0,25 m dybdekurver (kilde: MTE) samt opsplittet 360° fotopanorama.



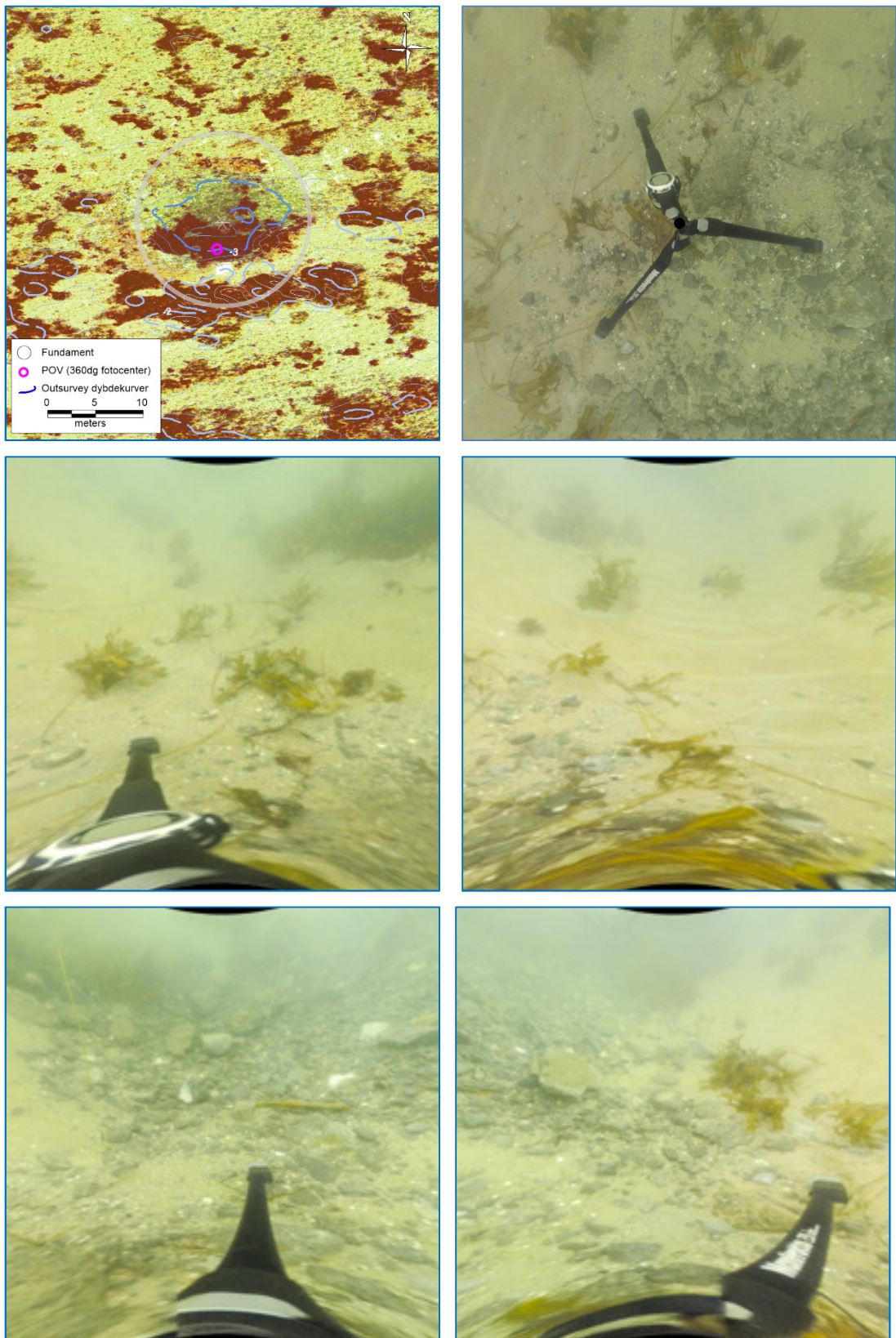
Figur 16: Turbinelokalitet 4W. Ortomosaik af dronefotos og 0,25 m dybdekurver (kilde: MTE) samt opsplittet 360° fotopanorama.



Figur 17: Turbinelokalitet 5E. Ortomosaik af dronefotos og 0,25 m dybdekurver (kilde: MTE) samt opsplittet 360° fotopanorama.



Figur 18: Turbinelokalitet 5W. Ortomosaik af dronefotos og 0,25 m dybdekurver (kilde: MTE) samt opsplittet 360° fotopanorama.

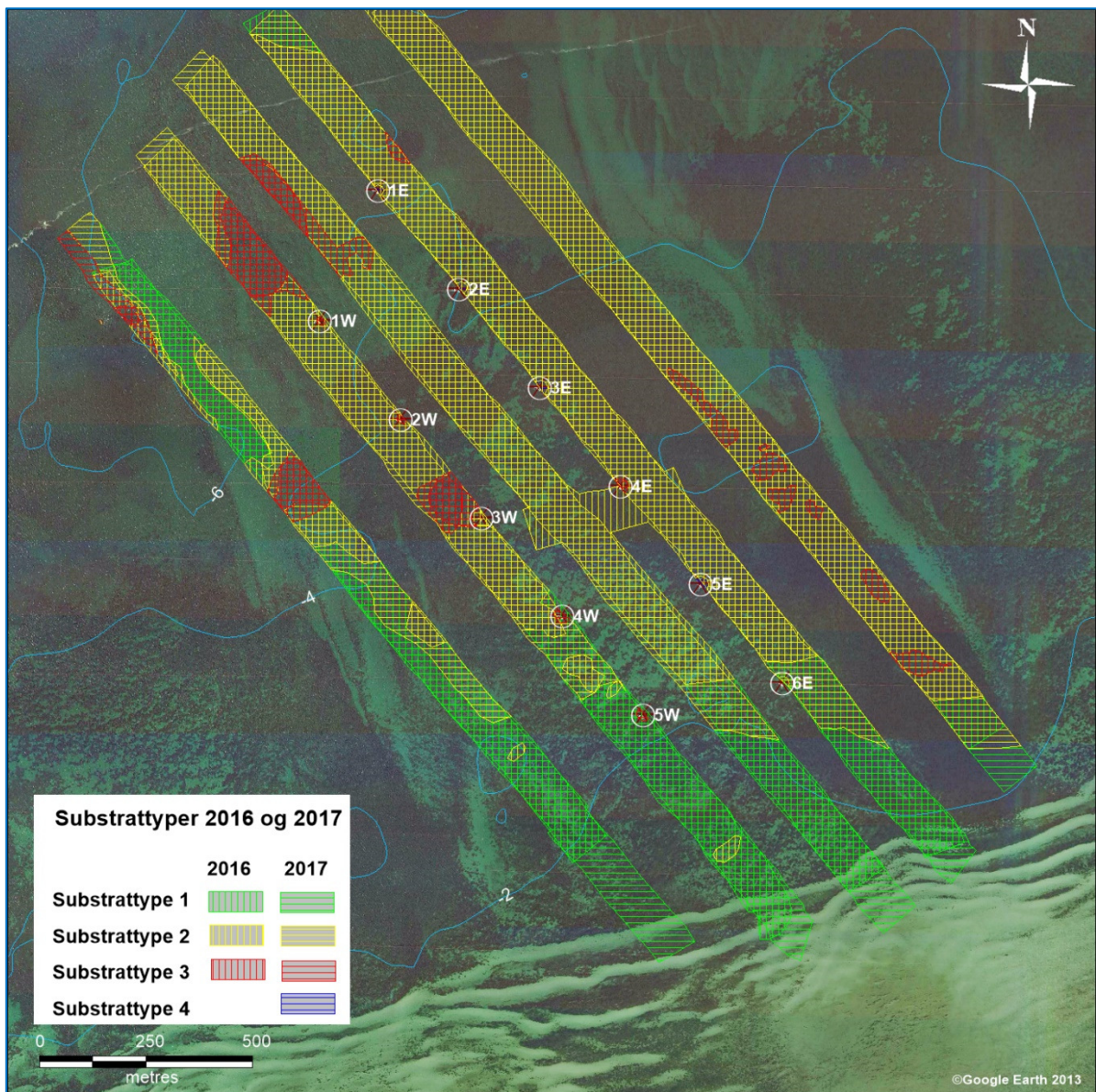


Figur 19: Turbinelokalitet 6E. Ortomosaik af dronefotos og 0,25 m dybdekurver (kilde: MTE) samt opsplittet 360° fotopanorama.

6 Diskussion

6.1 Substrattyper og vegetation

Til sammenligning med basisundersøgelsen (Orbicon 2016) er der kortlagt 1% (6 ha) mere havbund ved denne undersøgelse, hvilket er en minimal afvigelse. Afvigelsen skyldes især sidescanning på lavere vand og omfatter alene substrattype 1b (rent sand).



Figur 20: Resultat af basisundersøgelsens kortlægning af substrattyper i 2016 (Fra Orbicon, 2016) og 2017.

Resultatet af basisundersøgelsen sammenlignet med resultater fra nærværende undersøgelse fremgår af Figur 20. Der er tale om den samme klassificering af substrattyper i 2016 som anvendt i denne rapport (se afsnit 5.2.1).

Generelt er der god overensstemmelse med resultaterne i denne undersøgelse:

- Der er i 2016 fundet substrattyperne 1b, 2 og 3, der udgjorde henholdsvis 29%, 63% og 7% af de undersøgte områder. I nærværende undersøgelse er der tilsvarende fundet en udbredelse af substrattyper på henholdsvis 25%, 70% og 5% samt <1% for substrattype 4.
- Områderne nærmest kysten (dybder under 2 – 4 m) er domineret af substrattype 1b, som også findes i et område på dybere vand på den vestligste transekt.
- Substrattype 1b findes omkring fundament 5W både i 2016 og i denne undersøgelse.
- Størstedelen af de undersøgte områder udgøres af substrattype 2 (større sten < 1 – 10 %), som også er den dominerende substrattype inden for den tidligere møllepark.
- Substrattype 3 (stenbestrøning 10 – 25 %) findes lokalt på de 3 vestligste transekter, omtrent med samme udbredelse som i denne undersøgelse (bl.a. lige W – NW for fundament 3W og ca. 100 m N – NW for fundament 1W).

Der er dog også mindre forskelle:

- Lokale forekomster af substrattype 3 (stenbestrøning 10-25 %) langs den østligste transekt fundet i 2016 (Figur 20) kan ikke bekræftes af denne undersøgelse.
- Sedimenttype 1b har en mere kystnær og generelt mindre udbredelse i denne undersøgelse i forhold til 2016, hvor den også fandtes omkring fundament 6E og ved 4W samt meget lokalt i den dybeste del af det næst østligste transekt.
- Substrattype 4 er i denne undersøgelse alene fundet på de tidligere fundamentlokaliteter, som ikke blev undersøgt i 2016 (hvor mølleparken ikke var nedtaget). Substrattype 4 blev ikke fundet i 2016 ved analyse af sidescan-data, men fundet i umiddelbar nærhed rundt om nogle af turbinefundamenterne.

Udbredelsen af ålegræs kortlagt i denne undersøgelse (se Figur 7) er lidt større end i basisundersøgelsen, hvor ålegræs var udbredt på 54 % af arealet mod 61% ved nærværende undersøgelse. Dybdegrænsen er ikke angivet præcist i basisundersøgelsen (Orbicon 2016), men en umiddelbar sammenligning indikerer en god overensstemmelse med udbredelsen inde i mølleparken og vest for denne. Der er derfor ikke indikationer på at dybdegrænsen har ændret sig markant siden 2016. Derimod er ålegræsset i denne undersøgelse udbredt langs det østligste transekt, hvor det ikke blev registreret i 2016. Dette resultat understøtter indtrykket af, at det østligste transekt i 2016 generelt havde en mere stenet substrattype (substrattype 3).

Samlet set vurderes at der er en god overensstemmelse mht. udbredelse af substrattyper og ålegræs inden for mølleparken og på det vestligste transekt uden for mølleparken. De største forskelle ses i på den østligste transekt, hvor der er mindre groft sediment og udbredt forekomst af ålegræs ved denne undersøgelse, samt ved en mere kystnær udbredelse af sedimenttypen 1b (rent sand) i denne undersøgelse.

Ingen af disse ændringer kan tilskrives arbejdet med nedtagning af mølleparken. Området er meget dynamisk, og de største ændringer er registreret udenfor selve mølleparken. Perioden mellem de 2 undersøgelser har desuden generelt været præget af usædvanligt meget blæst som med stor sandsynlighed har medført en høj sedimentomlejring.

6.2 Tidligere turbinelokaliteter

De tidligere turbinelokaliteter er ændret ved fjernelsen af turbinefundamenterne, der har medført ændringer i substrat, bathymetri og til dels fauna og flora.

Substratsammensætningen er ændret ved efterladt af betonskærver og -stykker samt kortere længder af armeringsjern fra nedbrydningen af turbinerfundamentene hvoraf enkelte er fastsiddende i betonfragmenter. Endvidere forekommer sten fra de tidligere stenpuder under fundamentene. Forekomsten af disse efterladenskaber er varierende på de forskellige lokaliteter. De efterladte betondele og sten vil fremover bidrage sammen med den naturligt egnede hårbund, som kunstigt substrat for makroalgevækst og fastsiddende bunddyr. Det er kun mindre forekomster af beton, der er efterladt og de udgør en forsvindende andel af det naturligt forekommende hårde substrat (substrattyper 3 og 4) i området. Det fritlagte armeringsjern er ikke korrosionsfast og vil med tiden korrodere og nedbrydes. De enkelte fritlagte, fastsiddende armeringsjern observeret på turbinelokalitet 3E kan midlertidigt være til gene for trafik, herunder specielt fiskeri med dragende redskaber, idet de rager 1 til 1,5 meter over havbunden og kan resultere i fastsiddende redskaber og ankre. Der er dog ikke kendskab til fiskeri med dragende redskaber, og risikoen vurderes derfor reelt at være forsvindende lille.

For mindst 10 af de 11 tidligere turbinelokaliteter gælder, at der er dannet en fordybning på op til 1,5 meter i forhold til den omgivende naturlige havbund. Sammen med de forhøjninger og volde af efterladt beton er der en risiko for, at fordybningerne vil agere som sedimentationsfælder for fint sediment og sammenskyld af løst drivende alger.

7 Konklusion

Der er i 2017 gennemført en undersøgelse af flora og fauna i og omkring den tidligere Vindeby havmøllepark umiddelbart efter nedtagning af mølleparken i 2017. Undersøgelsen er udført som en opfølgning på basisundersøgelsen foretaget i 2016 inden nedtagning af mølleparken.

Undersøgelsen viser en høj grad af overensstemmelse med basisundersøgelsen i 2016, med de største ændringer nærmest kysten og øst for mølleparken. Ingen af ændringerne kan tilskrives arbejdet med nedtagning af Vindeby havmøllepark, men tilskrives en mellemliggende periode med meget blæst i et dynamisk havbundsmiljø.

Undersøgelsen viser endvidere, at der på de tidligere fundamentlokaliteter er opstået fordybninger på op til 1,5 m dybde og ca. 15 m diameter i forhold til den omgivende havbund, og at fordybningerne på mange af lokaliteterne er omkranset af en sedimentvold. Fordybningerne er generelt præget af en grovere substrattype med større sten, formodentlig dels rester fra de tidligere stenpuder under fundamentene, dels betonfragmenter fra de tidligere fundamenter. Der er en risiko for at fordybningerne fungerer som sedimentationsfælder for løst drivende alger, som ved ophobning og nedbrydning kan forårsage iltsvind og liglagen i perioder med varmt, stille vejr. Det vurderes dog samtidig, at det dynamiske sedimentationsmiljø med tiden vil medføre, at uddybningerne gradvist udjævnes i forhold til den omkringliggende havbund.

Undersøgelsen gentages i 2020 med henblik på at følge reetablering af havbunden i den tidligere havmøllepark.

8 Referencer

DCE, 2014, Teknisk anvisning M12 - Makroalger på kystnær hårbund, Versionsnummer: 3

DONG Energy (2016): Nedtagningsplan for Vindeby Havmøllepark, Final - Update Okt. 2016

DONG Energy (2017): VNB Decom – Afrapportering af Vindeby Havmøllepark nedtagning.

MOE (2018): Vindeby Havmøllepark. Sedimentforurening efter nedtagning. Undersøgelsesrapport til Ørsted.

Orbicon (2016): Vindeby Havmøllepark, Miljøvurdering for nedtagning af Vindeby Havmøllepark, 03- 10-2016.

Annex 1

Interaktive 360 grader panoramaoptagelser

(Er afrapporteret separat og uploadet til Energistyrelsens filudvekslingssystem)