



VISUALISERINGSRAPPORT HESSELØ HAVVINDMØLLEPARK *EKSEMPELVISUALISERINGER*

Udarbejdet af: **NIRAS** for **ENERGINET**

Forord

Der er udarbejdet en visualiseringsrapport for Hesselø Havvindmøllepark. Den indeholder visualiseringer med eksempler på, hvordan Hesselø Havvindmøllepark kan komme til at se ud, hvis planen for Hesselø Havvindmøllepark realiseres. Den endelige udformning af Hesselø Havvindmøllepark besluttet først i en senere projektfase.

Visualiseringerne er udarbejdet fra fotostandpunkter, der er udvalgt af NIRAS og Energinet ud fra en betragtning om at illustrere synligheden fra de omgivende kyster i Danmark og Sverige.

Visualiseringerne illustrerer eksempler på synligheden ved opstilling af to møllestørrelser. Hver møllestørrelse er illustreret med et eksempel på en opstilling, der udnytter hele planområdet og den maksimale kapacitet på 1.200 MW.

Visualiseringsrapporten fungerer som baggrundsrapport for miljøvurderingen af planen for Hesselø Havvindmøllepark.

Rapporten er udarbejdet af NIRAS for ENERGINET i perioden September-Oktober 2023.

Projekt ID: 10410376

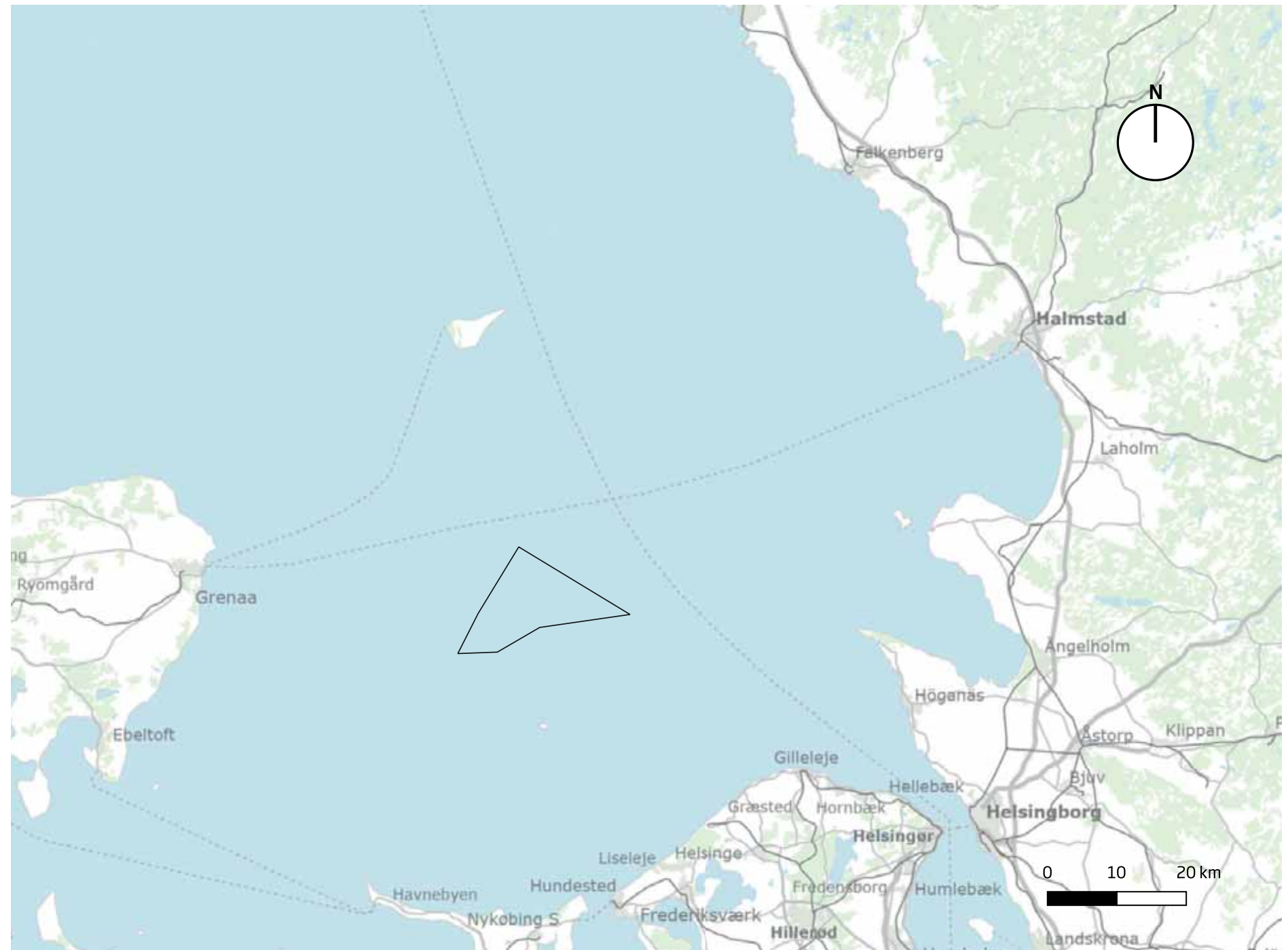
Ændret: 03.11.2023

Revision: 4

Udarbejdet af: TONI/HASK

Kontrolleret af: HASK

Godkendt af:



Figur 1: Oversigtskort med forundersøgelingsområdet for Havvindmølleparken.

Indholdsfortegnelse

Projektbeskrivelse	4
Fotostandpunkter	5
Fotoregistrering	10
3D visualiseringer, metodebeskrivelse	11
Kvalitetssikring	14
Visualiseringer	16
Kumulative forhold, metodebeskrivelse	89
Visualiseringer, kumulative forhold	90

Projektbeskrivelse

Projektet tager udgangspunkt i Hesselø Havvindmøllepark. Som er placeret i Kattegat mellem Hesselø og Anholt.

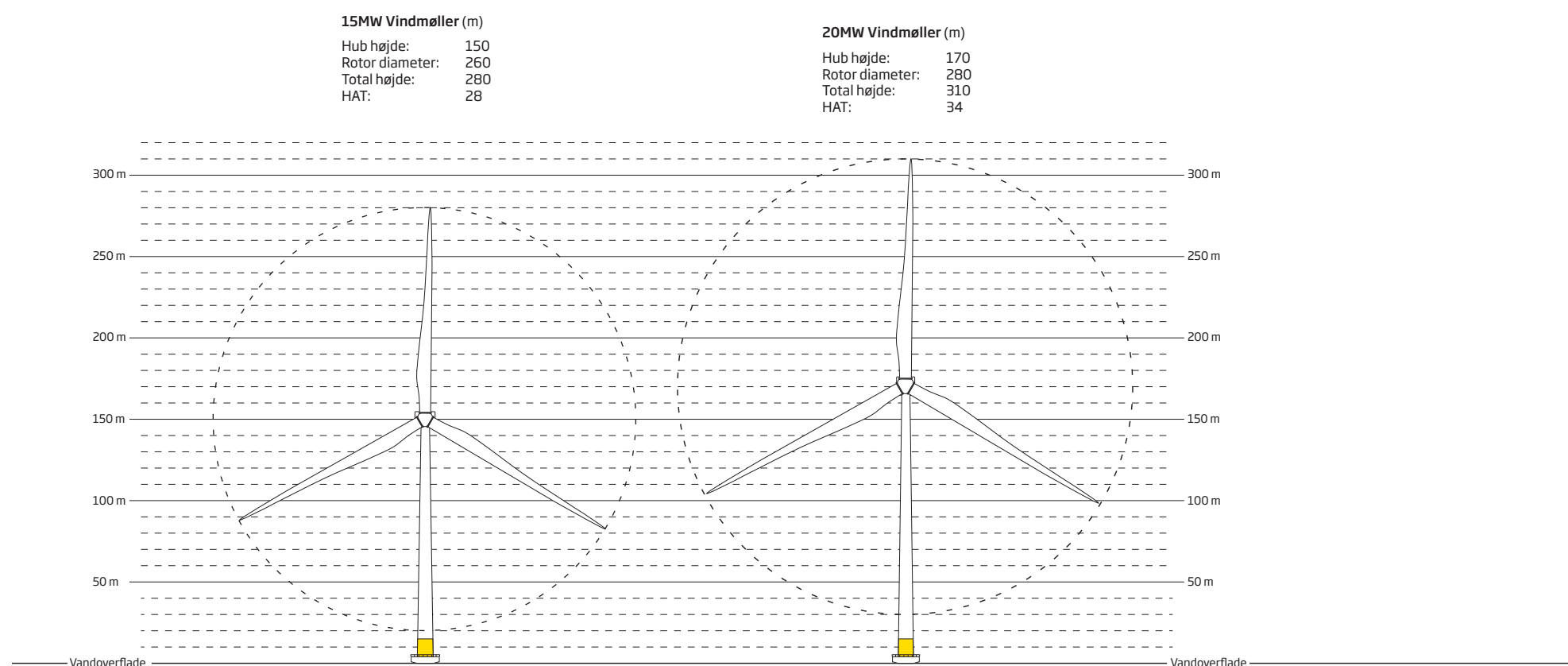
For projektet er udarbejdet eksempelvisualiseringer af 2 scenarier med henholdsvis 15 MW og 20MW vindmøller som vist på figur 3. Rapporten indeholder 8 fotostandpunkter, se figur 4, 6 og 7.

15 MW scenariet indeholder 84 vindmøller med en totalhøjde på 280 meter. 20 MW scenariet indeholder 63 vindmøller med en totalhøjde på 310 meter, se figur 3.

Rapporten er en opdatering af tidligere visualiseringsrapport. Opdateringen er baseret på klimaaftalen fra Juni 2022, hvor projektområdet blev flyttet til et område syd for det oprindelige Hesselø-område grundet bundforhold i det oprindelige projektområde.

Scenarie	15MW	20MW
Antal	84	63

Figur 2: Oversigt over antal vindmøller for hvert scenarie



Figur 3: Vindmølledimensioner

Fotostandpunkter

Fotostandpunkterne har afsæt i analyser af kort, geodata og besigtigelser af kystområdet gennemført af NIRAS.

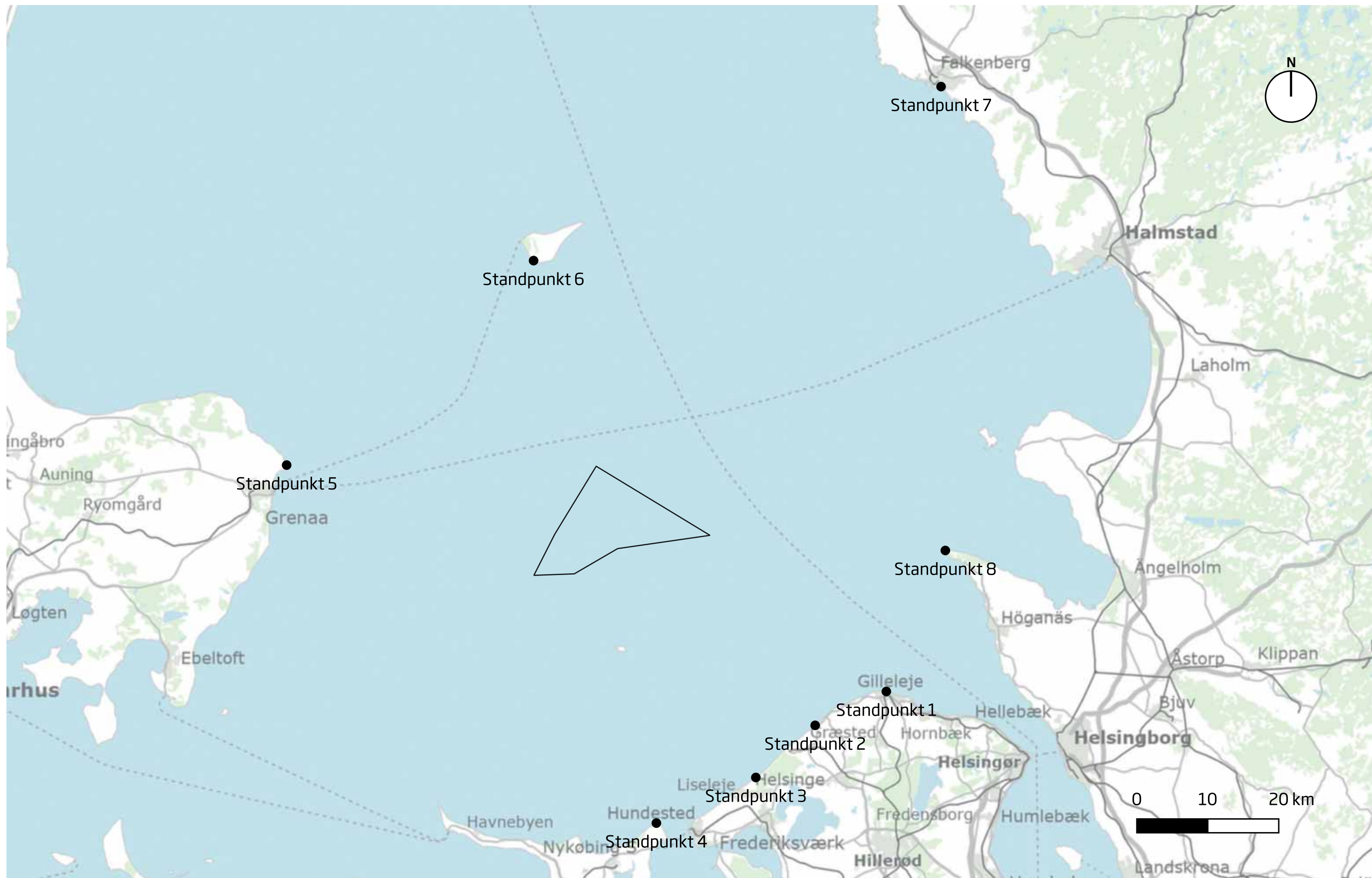
Fotostandpunkterne afspejler dels en prioriteret, faglig vurdering af nødvendige fotostandpunkter i forhold til at illustrere og understøtte vurderingen af den visuelle påvirkning af "Landskab og kulturmiljø" samt "Rekreative forhold".

Fotostandpunkterne er prioriteret med afsæt i, at der inden for det kystnære landskab er særlige landskabsinteresser, særlige turistattraktioner, områder med særlig rekreativ eller bosætningsmæssig værdi med relation til kysten og udsigterne over havet.

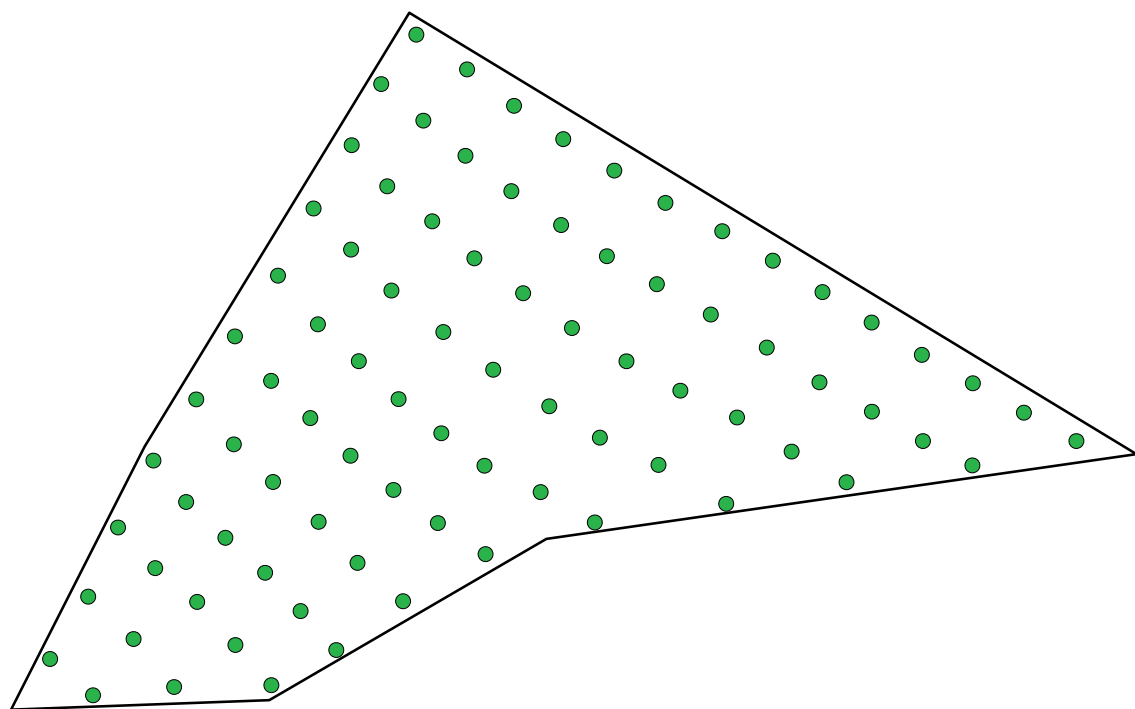
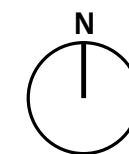
Der er alle steder lagt vægt på at illustrere den visuelle påvirkning fra kystnære områder med offentlig adgang. Der er således ikke valgt fotostandpunkter fra private områder, herunder boliger, eller fra byområder uden direkte relation til kysten.

I tabellerne på figur 6 og 7 er fotostandpunkterne nærmere angivet med bl.a. den kommune punktet er placeret i, kameraet højde over vand, hvor standpunktet er placeret, afstand til vindmøllerne samt hvilke typer visualiseringer, der laves fra det enkelte punkt. Placeringen af fotostandpunkterne fremgår af figur 4, 6 og 7.

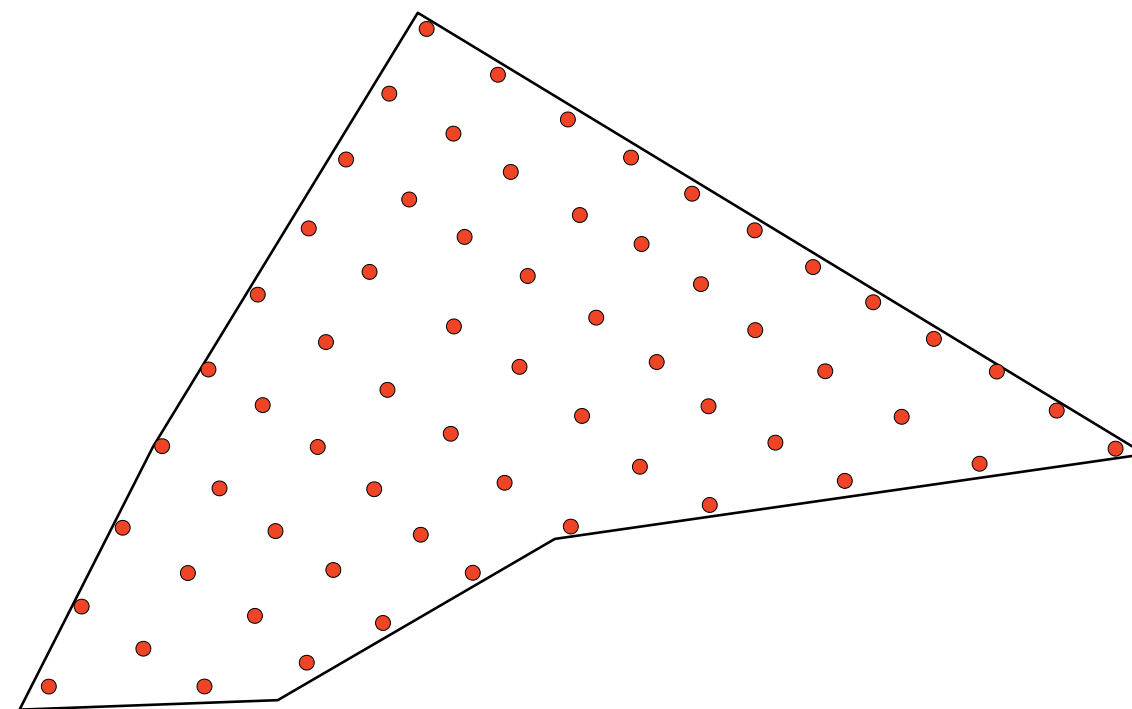
Der er fra alle punkter udarbejdet visualiseringer som fotomatch, og fra udvalgte steder suppleres disse med visualiseringer af natforhold. Fotos til at vise natforhold er optaget i mørke for at illustrere det reelle lysbillede. Ydermere er der suppleret med morgen og aften visualiseringer fra Gilleleje (standpunkt 1).



Figur4: Oversigtkort over fotostandpunkter, Hesselø Havvindmøllepark



15MW - 84 møller



20MW - 63møller

Figur 5: Opstillingsmønstre

Fotostandpunkter, Danmark

PUNKT	KOMMUNE	STED	PLACERING	KOTE PÅ KAMERA	AFSTAND TIL MØLLER		FOTOMATCH			
					NÆRMESTE	FJERNESTE	DAG	NAT	MORGEN	AFTEN
01	Gribskov	Gilleleje Vesterstrand	Placeret på parkeringspladsen ved Fejlbergsvej.	5,12m	34,4 km	51,6 km	X	X	X	X
02	Gribskov	Heatherhill	Nord for hegnet ved lågen ned til standen.	12,84m	31,5 km	47,7 km	X			
03	Halsnæs	Lille Kulgab	Højt placeret i klitterne lige nord for parkeringspladsen.	7,48m	35,3 km	48,8 km	X			
04	Odsherred	Korshage	Udsigtspunkt i forbindelse med parkeringspladsen for enden af Korshagevej.	4,38m	37,3 km	50,5 km	X			
05	Norddjurs	Fornæs Fyr	På grønt område syd for parkeringspladsen.	6,13m	38,7 km	59,1 km	X			
06	Norddjurs	Sønderbjerg, Anholt	Sønderbjerg, højeste punkt på Anholt.	48,19m	30,7 km	45 km	X	X		

Figur 6: Fotostandpunkter, Danmark

Fotostandpunkter, Sverige

PUNKT	KOMMUNE	STED	PLACERING	KOTE PÅ KAMERA	AFSTAND TIL MØLLER		FOTOMATCH			
					NÆRMESTE	FJERNESTE	DAG	NAT	MORGEN	AFTEN
07	Falkenberg	Falkenberg Strandbad	I kliterne sydøst for hotellet.	12,84m	71,4 km	88,2 km	X			
08	Höganäs	Kullens Fyr	Foran det gamle papegøjefyr. Syd for fyrtet.	68,5m	34,5 km	56,3 km	X			

Figur 7: Fotostandpunkter, Sverige

Fotoregistrering

Fotos er optaget med kamera på stativ, således at billedet svarer til en omtrentlig øjenhøjde på 1,6-1,7 meter over terræn. Der er benyttet libelle på stativ samt kameraets interne vaterpas, for at sikre en vandret horisont. Alle fotos er taget med full-frame kamera med en optik svarende til 35 mm. For alle fotos er opmålt kamera samt en række referencepunkter i billedet ved brug af RTK-GNSS GPS. Referencepunkterne består af eksisterende elementer som skilte og større genkendelig objekter samt landmålerstokke, som efterfølgende redigeres væk i Photoshop. GPS'en måler punkterne med en høj præcision, der sammen med en række kendte punkter i fotografiet er med til at give en stor sikkerhed for præcision i visualiseringerne. For hvert enkelt fotostandpunkt er der taget en serie fotografier til hver side. Disse fotos benyttes ydermere til at matche nye 3D elementer i de optagede fotos til eksisterende elementer.

I projektet er benyttet en let vidvinkel på 35 mm (54 grader) for at vise projektet i dets helhed uden brug af panoramafotos. Det menneskelige øje er i stand til at opfatte et bredt panorama, et normalt synsfelt har ca. 180 grader, samtidigt med at øjet kan stille skarpt på enkelte genstande. Vores syn er ikke skarpt i hele synsfeltet på 180 grader - men kun i et udsnit centreret omkring det vi stiller skarpt på. Derfor vil 180 graders visualiseringer være misvisende i forhold til den måde vi oplever omverdenen på selv om øjet opfatter synsindtryk indenfor 180 grader. Se figur 8.

Øjet er i stand til at fokusere på et lille område meget klart. Den fokuserede oplevelse ville kunne genskabes ved anvendelse af et teleobjektiv, men herved mistes oplevelsen af projektet

rumligt og i sin kontekst. Fotografier vil derfor aldrig kunne gengive den individuelle menneskelige synsopfattelse af et projekt, fordi vi som mennesker oplever vores omverden rumligt. Den valgte løsning er den, som mest realistisk vil gengive den visuelle oplevelse af et projekt i sin kontekst.

Alle fotos er taget så vidt mulig med lys fra siden eller bagfra. Hermed benyttes lysforhold hvor vindmøllerne vil fremstå så tydeligt som muligt. Fotografierne er så vidt muligt taget på dage med høj sigtbarhed, for at kunne gengive visualiseringerne i sin rette kontekst.

Det er ikke muligt at gengive eksisterende forhold 100% korrekt, da mange faktorer spiller ind i fotograferingen; eksempelvis lukketid, iso-indstillinger, blænde (F-stop) og



Figur 8: Eksempel på fokuseret område i synsfeltet, billedet til højre, mod originalt foto til venstre. Effekten er simuleret via Photoshop

3D visualiseringer, metodebeskrivelse

andre fototekniske indstillinger på kameraet. Derfor vil fotos altid være en efterligning af eksisterende forhold og ikke en 100% virkelighedstro kopi. Ydermere er det ikke muligt at gengive særlige lysforhold, hvor der over kort tid kan være store forskelle i oplevelsen af de enkelte områder. Fotografierne repræsenterer en gengivelse af området på ét tidspunkt. Henover dage og måneder er der stor forskelle på hvordan et givent område tager sig ud, lysforhold og sigtbarhed ændrer sig konstant henover tid.

For nattevisualiseringerne er taget fotografier mellem kl. 22.30 og 03.00, for at opnå en præcis gengivelse af synlige lys fra de enkelte fotostandpunkter. Nattefotografierne er opmålt på samme måde som dagsbillederne. Da der i sommermånederne er stor forskel på lyset henover natten, er fotografierne efterbehandlet i Photoshop, for at gengive omtrentlige samme lysforhold på tværs af nattefotografierne. For at kunne optage fotografierne om natten er benyttet en længere lukketid på kameraet. Hermed kan der være eksisterende bevægelige elementer

der gengiver lys over en afstand i form af lyse striber henover fotografierne. Eksempelvis store fragtskibe og lign.

Alle fotografier er efterredigeret for, at give så retvisende en gengivelse af de eksisterende forhold. Samtidigt er fotografierne redigeret således, at vindmøllernes synlighed generelt overdrives lidt for en visning af den maksimale synlighed af havvindmølleparken.

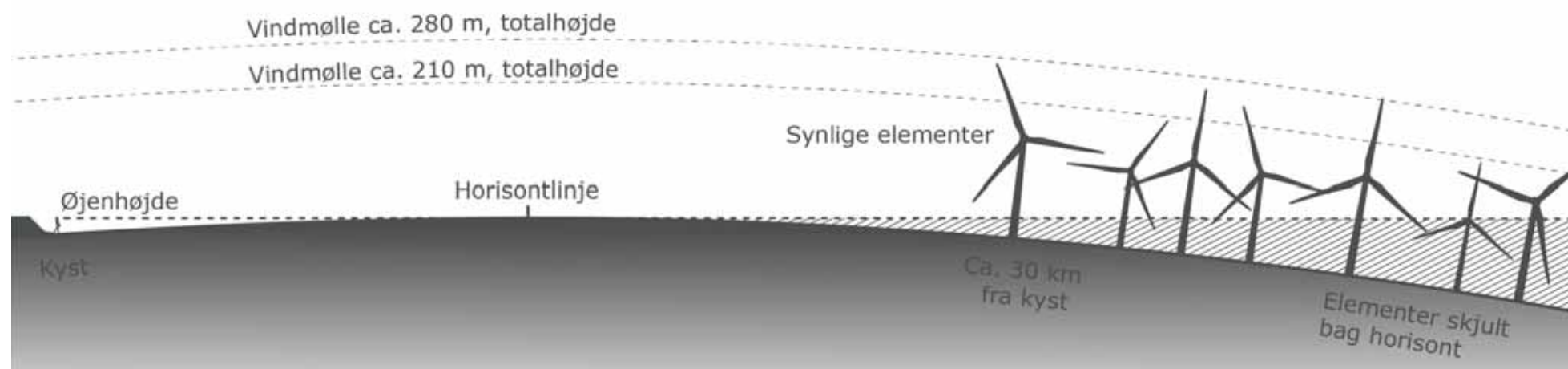
Visualiseringerne opleves bedst på en printet A3 version af denne rapport, med den korrekte betragtningsafstand. For visualiseringerne er den optimale betragtningsafstand svarende ca. til bredden af visualiseringen. Printet i korrekt skala svarer den til ca. 40 cm, ved visning på skærm i fuld skærm svarer betragtningsafstanden ca. til bredden af visualiseringerne på skærmen. Ses visualiseringerne på større afstand vil projektets visuelle påvirkning syne mindre, mens den på kortere afstand vil forstærkes.

Der er for hvert enkelt foto foretaget en geometrisk opretning, da der altid vil være unøjagtigheder i kameraets optik. Oprettningen er med til at sikre præcisionen i hvert enkelt fotomatch.

Fotografierne er optaget i perioden August - september 2021, samt et enkelt (standpunkt 5) i Oktober 2023.



Figur 9: Eksempler på forskelle over kort tid, 1 dag, fra samme standpunkt.



Figur 10: Skitse over jordens krumning

Visualiseringerne er udarbejdet som fotomatch, hvor en serie fotografier mathes op med en georefereret 3D model, ved hjælp af opmålinger med GPS. Metoden sikrer en høj præcision i gengivelsen af projektet. Visualiseringerne har som mål at gengive projektet så naturtro som muligt. For projektet er udarbejdet en georefereret 3D model, hvori vindmøllerne er placeret på deres korrekte position.

Sammen med GPS-opmålingerne er benyttet data fra kortforsyningen i form af ortofotos, tekniske grundkort, Danmarks højdemodel samt punktskyer. Disse data er benyttet til at matche fotografier op med opmålinger og eksisterende forhold, for derved at sikre kvaliteten af hvert enkelt fotostandpunkt. For Sverige er GPS-opmålingerne benyttet, samt er der benyttet overordnede tilgængelige kortdata.

For hvert enkelt fotostandpunkt er der kompenseret for jordens krumning i visualiseringerne. Jordens krumning har stor indflydelse på synligheden af elementerne over vand, hvor elementer på grund af afstandene forsvinder bag horisonten. Afstand til horisonten samt højdekompensation for horisonten er beregnet for hvert enkelte fotostandpunkt. Da fotostandpunkterne peger ud over vandet og horisonten,

er denne benyttet som ekstra sikkerhed i udarbejdelsen af de korrekte fotomatch.

I metodikken er det ikke muligt at genskabe et eventuelt skydække præcist. Hvor en række vindmøller ofte vil kunne stå med forskellige farver, er vindmøllerne vist i én farve i hver enkelt visualisering. Farveforskellene er ikke forsøgt genskabt, da der er for mange usikre faktorer i at genskabe skydækket på tidspunktet for optagelsen af hvert enkelt fotografi.

Visualiseringerne er bevidst udarbejdet, så vindmøllerne fremstår tydeligere end man vil opfatte dem i virkeligheden, men indenfor en realistisk ramme. For alle fotostandpunkter er eksisterende elementer i billedet så vidt muligt benyttet som reference for vindmøllernes farve og tydelighed. Lyssætningen for hvert enkelt standpunkt er sammenholdt med solens position på tidspunktet for fotografiets optagelse. Vindmøllerne fremstår tydeligere end man vil opfatte dem, idet der ikke er foretaget en degradering af synligheden over afstand for vindmøllerne. For hver enkelte vindmølle er benyttet en tilfældig rotation og vindmøllen peger mod det enkelte fotostandpunkt. Hermed er tilstræbt at vise "worst case scenario" for hvert enkelt fotostandpunkt.

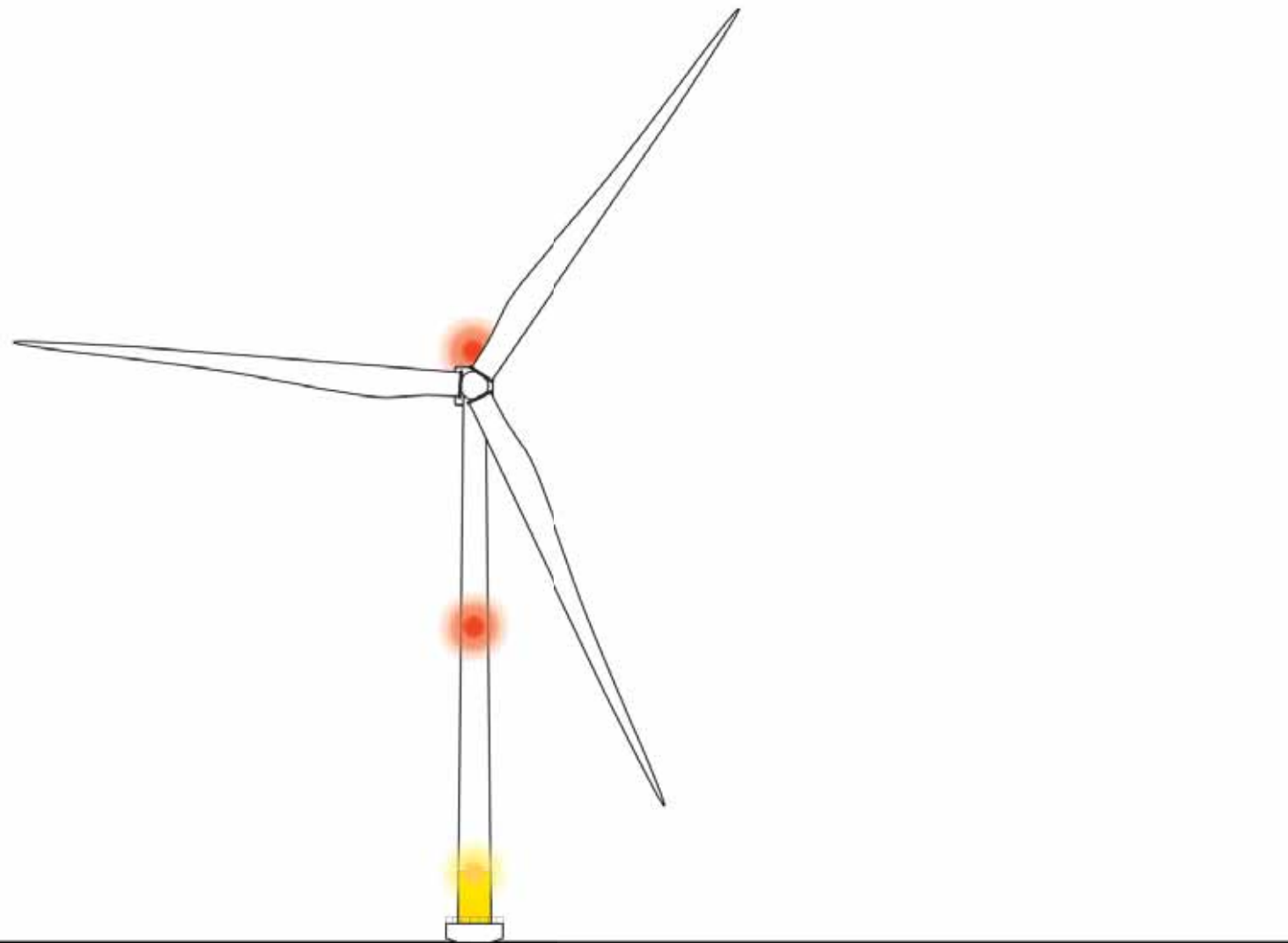


Figur 11: Eksempel på vindmøller under varierende lysforhold

Ved gennemlæsning af rapporten skal læseren være opmærksom på, at visualiseringerne kan opleves forskelligt da rapporten ofte vil blive læst på en skærm der ikke er farvekalibrerede. Det samme gør sig gældende ved print, da de fleste printere ikke er farvekalibrerede.

Markering af vindmøllerne

For alle fotostandpunkter er vist en markeret version af visualiseringen hvor vindmøllerne er farvet røde for at give læseren mulighed for tydeligt at erkende vindmøllernes placering i visualiseringen



Figur 12: Lysmarkeringer på vindmøller for natvisualiseringer

Dis

Der er for projektet ikke udarbejdet visualiseringer med dis, dette skyldes afstanden til projektet fra land. Standpunktet nærmest projektet, standpunkt 6, er ca. 30 km fra projektet.

Natvisualisering

For nattevisualiseringerne er benyttet fotografier optaget henover natten. På modellerne er tilføjet lysmarkeringer for henholdsvis flytrafik og skibstrafik. Lysstyrke er meget svært at gengive præcist på fotomatch. I efterredigeringen af nattevisualiseringerne er benyttet referencer fra eksisterende lysafmærkninger på vindmøller, i dette tilfælde Anholt Havvindmøllepark i Kattegat. Disse har fungeret som referencepunkt for lysstyrken i visualiseringerne. Lysstyrken er for projektet tilpasset eksisterende referencefotos af Havvindmølleparken i Kattegat og efterfølgende fremhævet yderligere for at vise "worst case scenario" for projektet. I en oplevelse af projektet i sin færdige form er der flere faktorer der gør sig gældende om natten, eksisterende lys fra eksempelvis gadelamper, forlygter på en bil osv. Derfor vil visualiseringerne altid være en tilnærmelse af eventuelle fremtidige forhold.

Kvalitetssikring

Alle visualiseringer er kvalitetssikret internt, ved en fuld gennemgang af hvert enkelt fotostandpunkt, fra foto og opmåling over 3D-modeller til efterbehandling. I kvalitetssikringen er indhentet terrænmodeller og grundkort til at verificere placeringen af kameraer, opmålte punkter og referencepunkter i fotografierne. På fotografier hvor elementer i baggrunden har været synlige, som eksempelvis Hesselø og eksisterende Havvindmølleparker er indarbejdet højdemodel og 3D punkter af disse, med en kompensation af højden fra hvert enkelt standpunkt til brug for såvel fotomatch som kvalitetssikring.

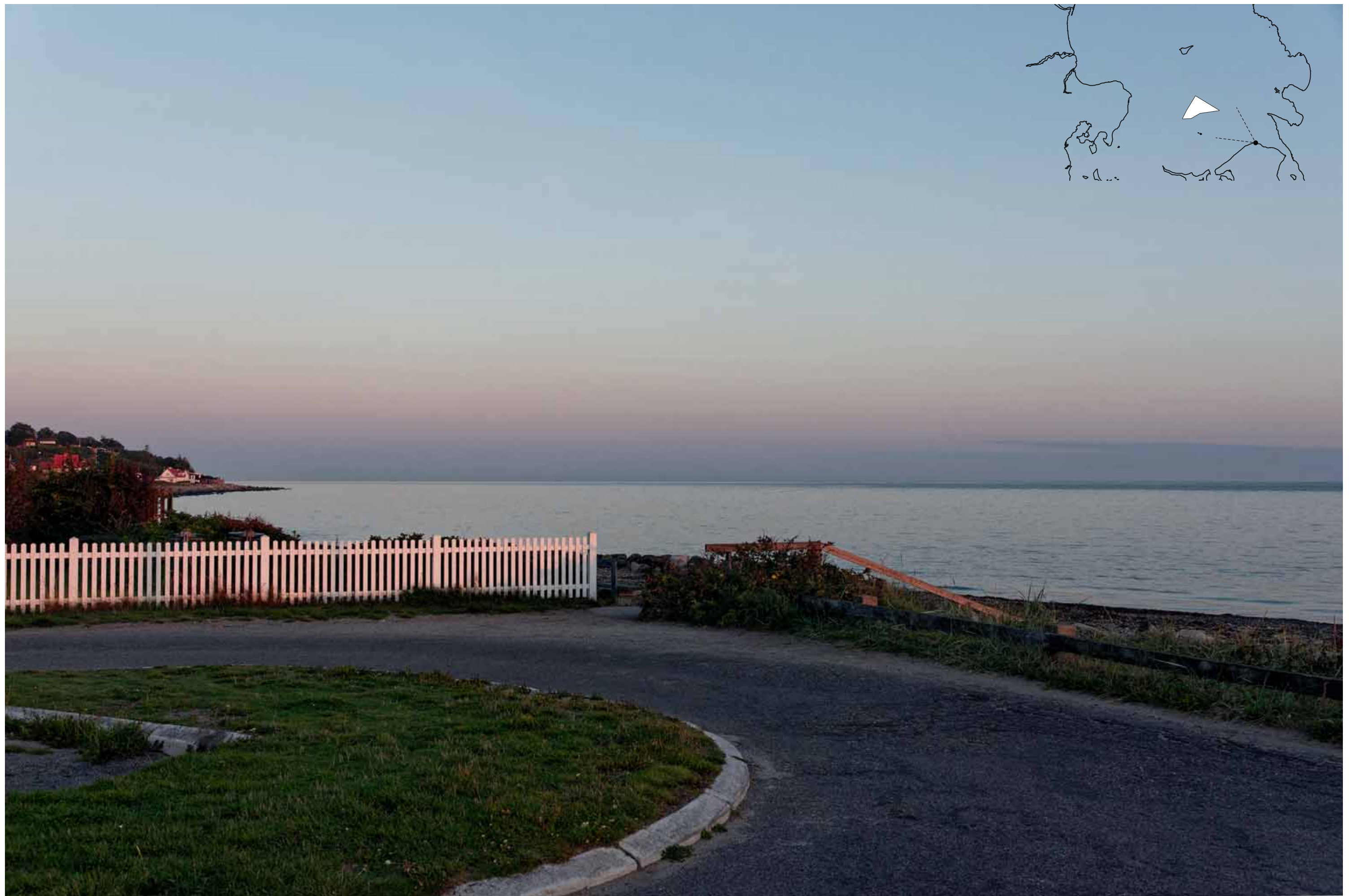






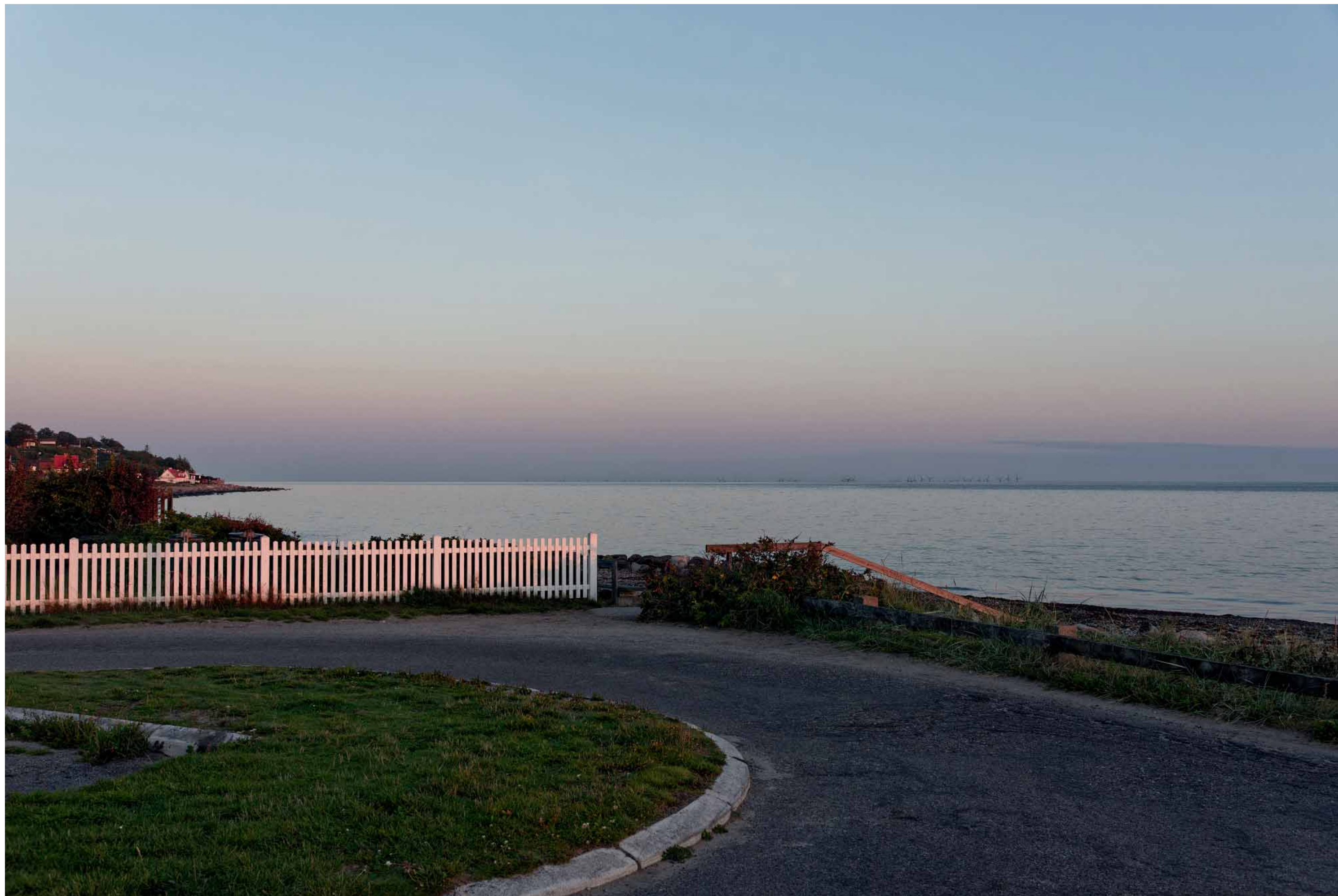




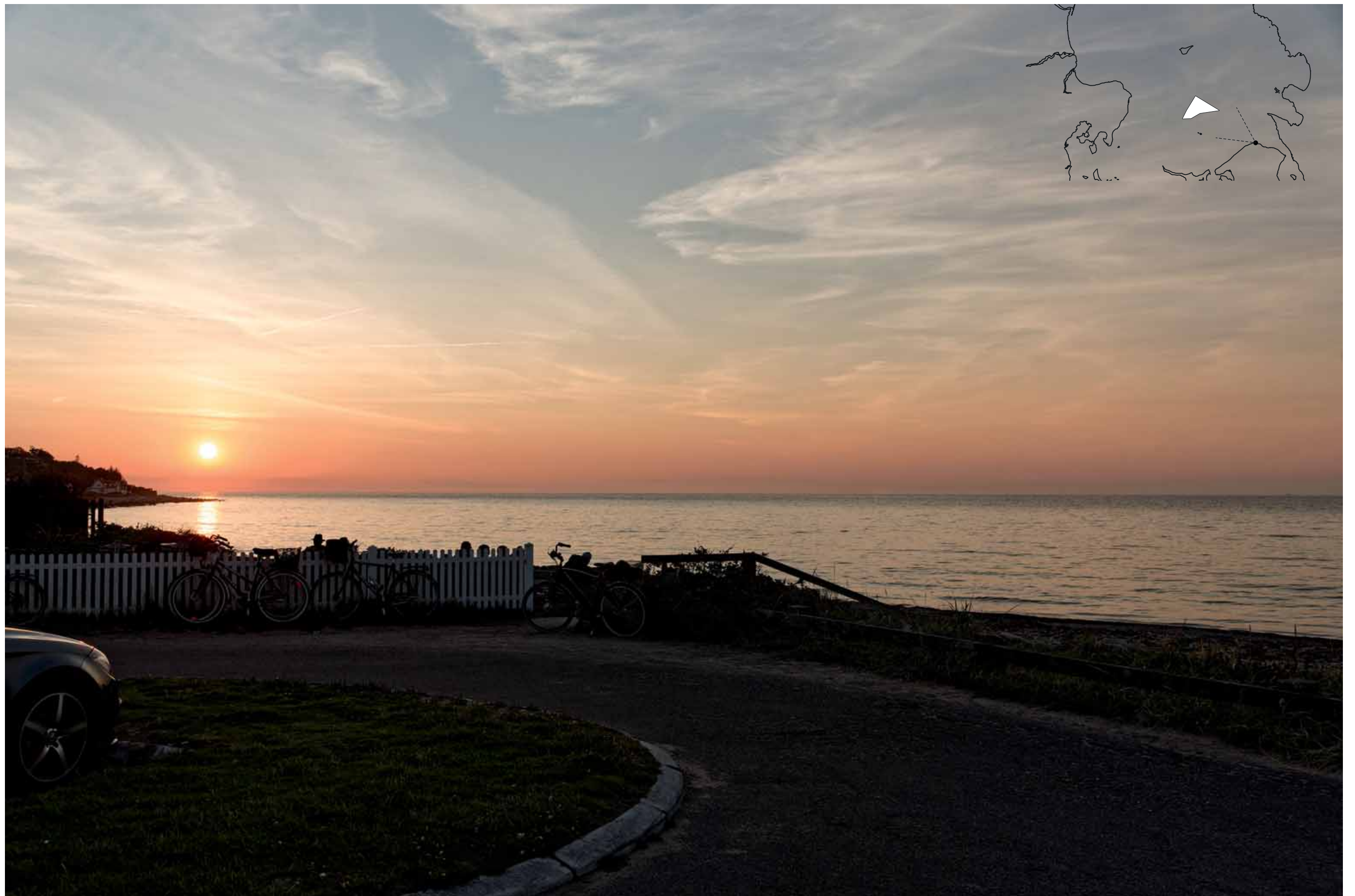






































































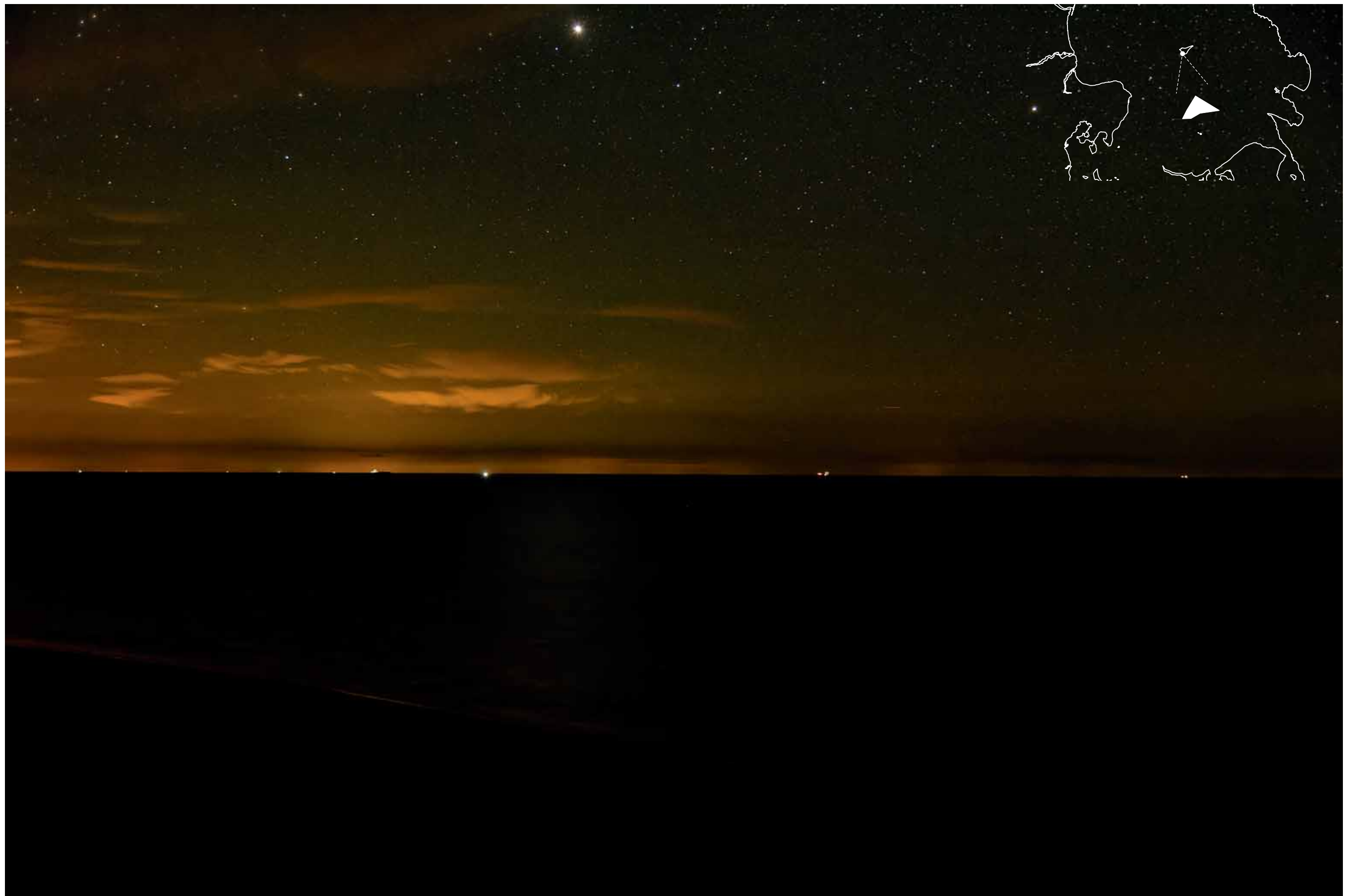


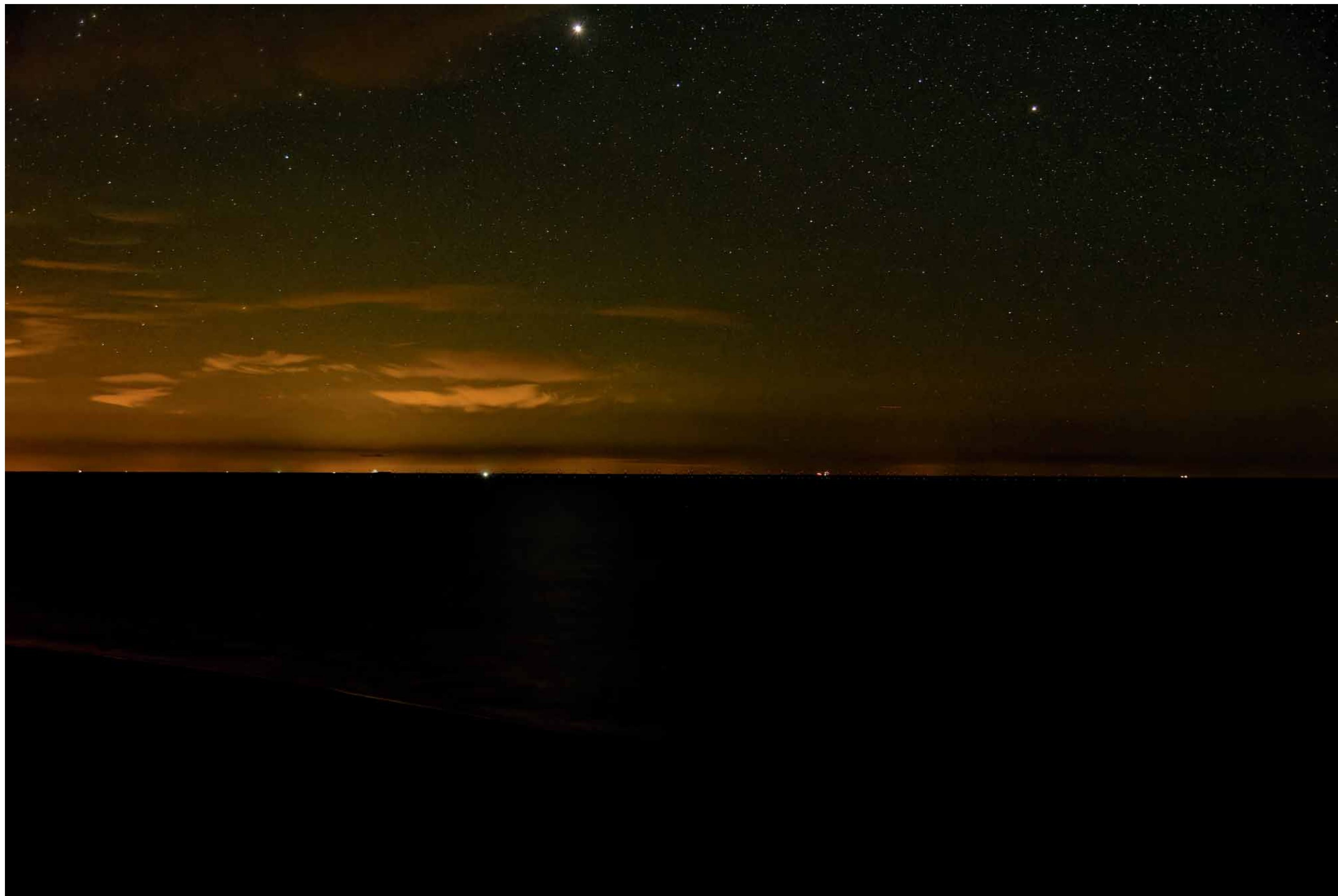






































Kumulative forhold, metodebeskrivelse

For Hesselø havvindmøllepark er udarbejdet en serie visualiseringer med fokus på de kumulative forhold.

Visualiseringerne beskriver de kumulative effekter af Hesselø havvindmøllepark, sammen med de omkringliggende planlagte havvindmølleparker;

- ”Galatea/Kattegat syd”
- ”Kattegat”, tidligere benævnt ”Kattegat II”

Visualiseringen fra standpunkt 5 er udarbejdet som traditionelt fotomatch efter samme metode som eksempelvisualiseringerne for Hesselø havvindmøllepark. For standpunkt 1 og standpunkt 6 er udarbejdet panoramaer. Panoramaerne er tydeligt opdelt i 2 fotos for at illustrere området hvert enkelt foto dækker, markeret med en hvid streg i billederne. De enkelte fotos benyttet for panoramaerne er optaget i 35 mm som benyttet på de resterende fotomatch.

For panoramaerne ligger fotovinklen mellem 80-85 grader. De resterende standpunkter har en fotovinkel på ca. 54 grader på.

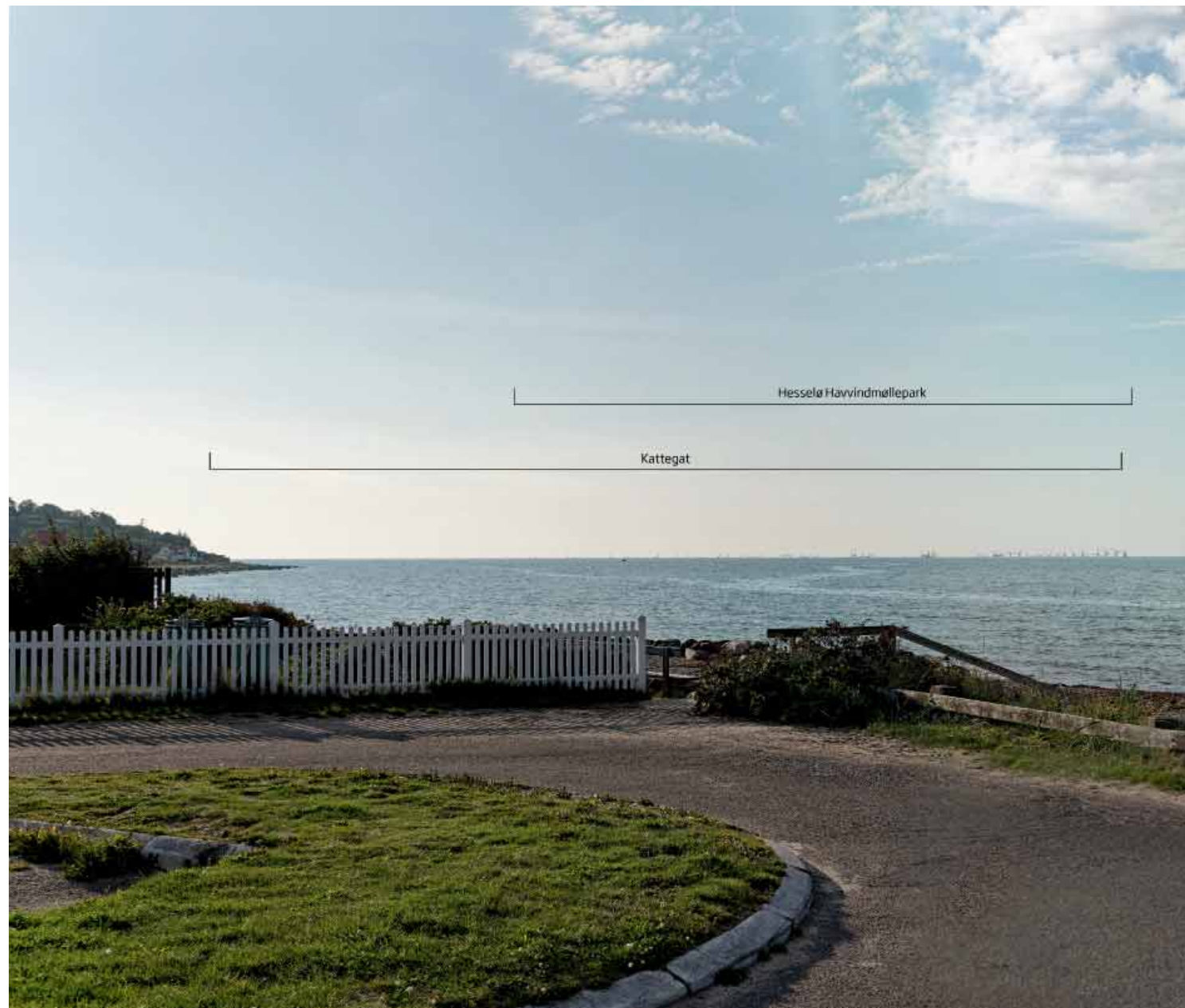
For at undgå for store forvridninger i panoramaerne er fotos i siderne ikke benyttet i deres fulde omfang. For panoramavisualiseringen kan benyttes samme betragningsafstand som ved de resterende fotomatch.

For de kumulative visualiseringer er benyttet 20 MW scenariet for Hesselø Havvindmøllepark.

Visualiseringerne er udarbejdet på baggrund af tilgængelige data for de fremtidige havvindmølleparker. For Galatea/Kattegat syd er projektet vist som en boks der illustrerer de samlede udstrækninger af det planlagte område, med den maksimale højde for projektet.

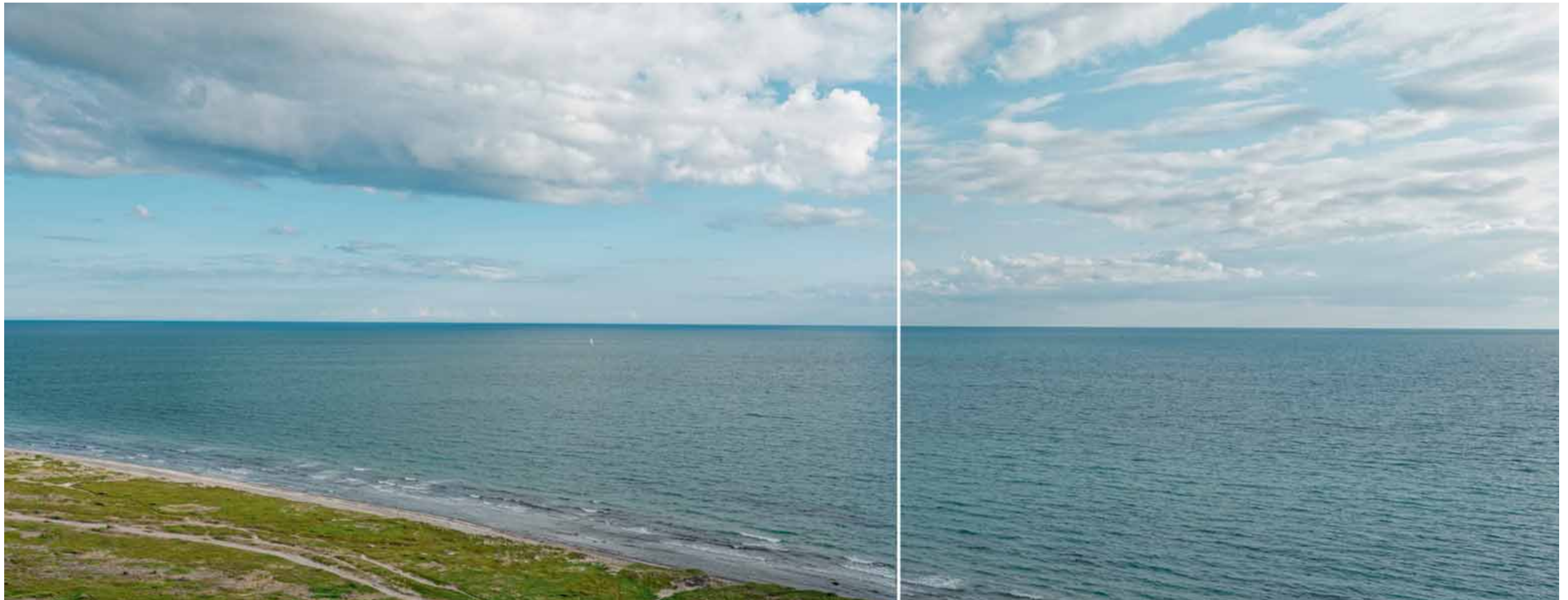
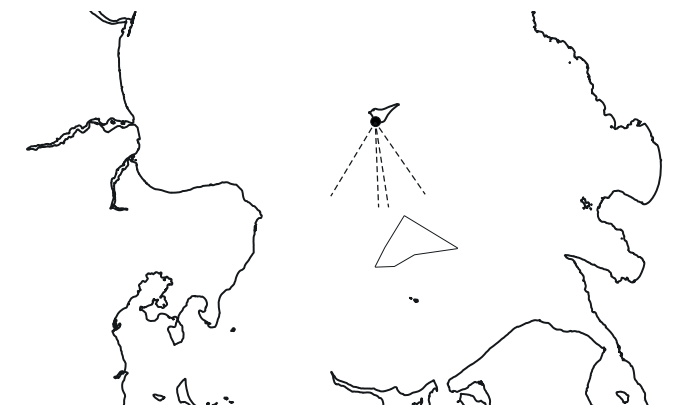
For Kattegat projektet er projektet visualiseret med enkeltstående vindmøller. For projektet er vist vindmøllerne med maksimal højde, 27 MW med en totalhøjde på 330 meter, for scenariet betegnet ”scenarie 4” med 92 havvindmøller.

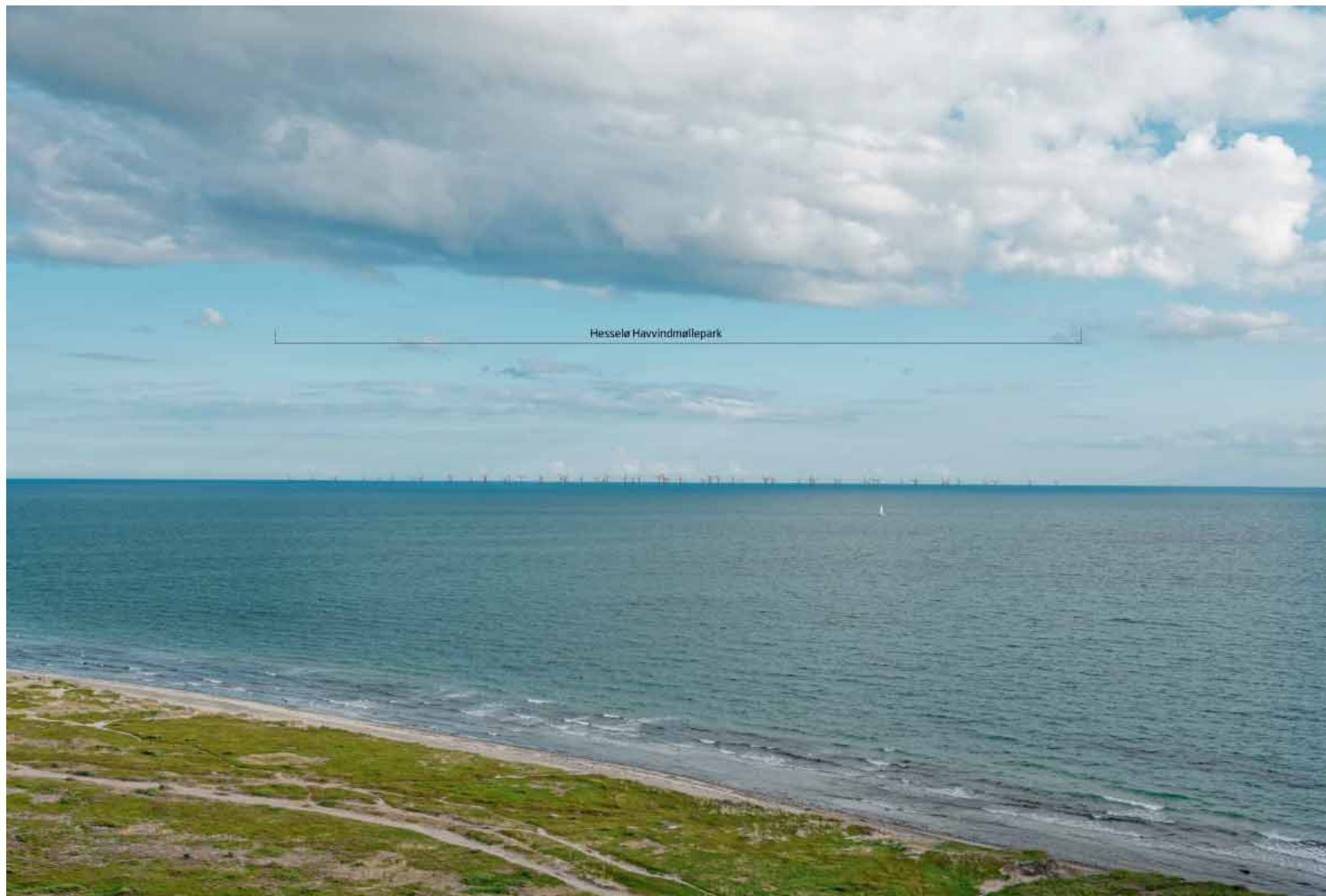












Udarbejdet af: **NIRAS** for **ENERGINET**