

# BILAG

Projekt navn **Nordals Ferieresort**  
Projektnr. **1100028211-001**  
Kunde **Udviklingselskabet Nordals Ferieresort**  
Dato **01-12-2021**  
Til **Sønderborg Kommune**  
Udarbejdet af **Theis Buys**  
**Jørgen Quvang Harck Nørgaard**  
**Jannie Elkær Bisgaard**  
Kontrolleret af **Jannie Elkær Bisgaard og Jørgen Quvang Harck Nørgaard**  
Godkendt af **Albert Ernest Coutant**

## Modellering af sedimenttransport, sedimentspredning samt vandkvalitet

Dato 01-12-2021

### 1 Introduktion samt opsummering af konklusioner

På Nordals er der planer om at etablere et ferieresort med tilhørende rekreative anlæg, herunder en trekantformet pælefunderet badebro (efterfølgende benævnt "pier") ud fra den nærliggende kyst. Pieren er illustreret i figur 1-1.

Rambøll  
Prinsensgade 11  
DK-9000 Aalborg

T +45 5161 1000  
F +45 5161 1001  
<https://dk.ramboll.com>



**Figur 1-1: Principtegning af pieren.**

Nærværende notat har til formål at analysere påvirkningen fra etableringen af Nordals Ferieresort inkl. pier i anlægs- og driftsfasen. I forbindelse med anlægsfasen vurderes på sedimentspredning, som følge af fjernelse af rammehindringer, mens der i driftsfasen vurderes på påvirkning af strømforhold, sedimenttransport, sedimentspredning samt vandkvalitet.

Den nye pier er placeret tæt ved Natura2000-udpegede stenrev, og der er derfor, i forbindelse med planlægningen af projektet samt evaluering af pier-designet, behov for detaljerede vurderinger af hvorvidt etableringen af Nordals Ferieresort kan give anledning til signifikante negative miljøkonsekvenser. De negative miljøkonsekvenser kan potentielt være i form af f.eks. ændret sedimentation/erosion på stenrevne, og/eller kraftig erosion på den nærliggende kyststrækning.

Desuden er pieren placeret indenfor ca. 4-500 m fra der hvor Gildebæk har sit udløb til havet, og hvor udløbsvandet indeholder både sedimenter og rensset spildevand fra renseanlæg Himmark samt i umiddelbar nærhed til et fremtidigt overfladevandsudløb.

Vurderinger af sedimenttransport, sedimentspredning og vandkvalitet er baseret på numerisk modellering.

### **1.1 Sedimenttransport**

Der er gennemført modelberegninger af sedimenttransporten omkring projektlokaliteten med- og uden pier, hvormed relative betragtninger af ændringer i sedimenttransportforholdene, som følge af etableringen af pieren, er gennemført. Idet pieren i modelberegningerne er antaget 100% impermeabel, overestimeres pierens effekt på både strømforholdene og sedimenttransporten og resultaterne vurderes derfor for konservative.

Konklusionen er, at der ikke umiddelbart vil opstå ændringer i sedimentation og/eller erosion på hverken stenrevne eller områder med ålegræs på lokaliteten. Herudover er det konkluderet, at der kun i begrænset omfang kan forventes en påvirkning af den kystparallelle sandtransport og således kun i

mindre grad (og helt lokalt) kan opstå erosion på nedstrøms kyst, som følge af pieren. Resultaterne giver ikke anledning til at ændre på designet af pieren.

Påvirkningerne er relateret til driftsfasen.

### 1.2 Sedimentspredning

Etablering af den pælefunderede pier kan potentielt medføre, at der skal fjernes rammehindringer, hvilket medfører udgravning og tilbagefyld. En sådan proces kan give anledning til et spild eller en udvaskning af de opgravede sedimenter og efterfølgende transport og spredning væk fra anlægsområdet, hvormed de nærliggende stenrevs- og ålegræsområderne kan påvirkes.

Modelberegninger har vist, at påvirkningen er meget kortvarig, helt lokal, med lave koncentrationer samt en lille aflejringstykkelse.

Påvirkningerne er udelukkende relateret til anlægsfasen.

Desuden vil etableringen af Nordals Ferieresort samt tilknyttede regnvandsbassiner give anledning til en forøgelse af både vandmængden og indholdet af suspenderet sediment i Gildbæk, der har sit udløb i havet umiddelbart syd for pieren.

Modelberegninger har vist, at ændringen i koncentrationen af suspenderet sediment efter udløb til havet er marginal samt at der i dag ikke forekommer høje koncentrationer, som følge af Gildbæks udløb. Sedimenterne aflejres primært ud for Gildbæks udløb.

Påvirkningerne er relateret til driftsfasen.

### 1.3 Vandkvalitet

Da det fremtidige rekreative kystområde ved Nordals Ferieresort er beliggende i umiddelbar nærhed til Gildbæks udløb (hvor rensed spildevand ledes til havet) er der gennemført modelberegninger af vandkvaliteten (indhold af E.coli og enterokokker) indenfor badesæsonen.

Baseret på estimer af den fremtidige spildevandsmængde fra renseanlæg Himmark, viser modelberegningerne, at der er risiko for, at forekomster af et højt indhold af E.coli og enterokokker i perioder potentielt kan strække sig helt op til pieren.

Påvirkningerne er relaterede til driftsfasen.

Idet der etableres et udløb fra et regnvandsbassin i umiddelbar nærhed til spidsen af pieren er der gennemført fortyndingsberegninger, der kan danne baggrund for at vurdere fortyndingsgraden eller koncentrationsniveauerne af forskellige udledte stoffer i området omkring pieren. Resultaterne viser at fortyndingen ved pieren kan forventes at være minimum 100 gange ved spidsen af pieren.

## 2 Baggrund

Nordals Ferieresort ønsker at etablere et ferieresort samt tilhørende pier til rekreative formål. Pieren opføres på søterritoriet, funderes på pæle og har en udstrækning på omkring 140 m ud fra kysten.

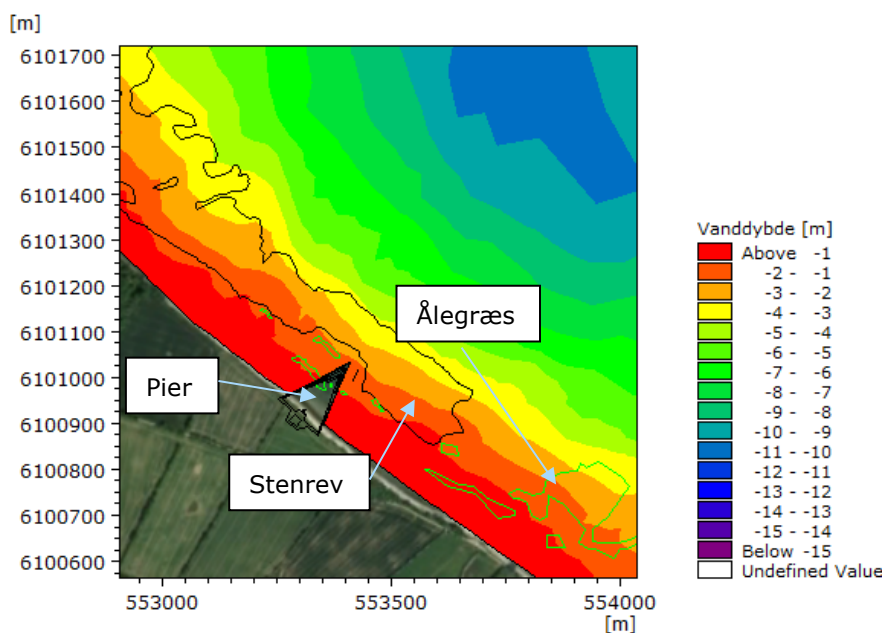
Figur 2-1 viser placeringen af den fremtidige pier på Nordals og figur 2-2 er et zoom, der illustrerer placeringen af pieren ift. de udpegede Natura 2000 stenrev (angivet med sort omrids), ålegræs (angivet med grønt omrids) samt vanddybderne i området. Pieren er desuden placeret indenfor ca. 4-500 m fra et bæk-udløb (Gildbæk).

Pieren er placeret i søterritoriet indenfor Natura 2000-område nr. 197 (Habitatområde H173, Fuglebeskyttelsesområde nr. 64), "Flensborg Fjord, Bredgrund og farvandet omkring Als". Desuden er der på lokaliteten forekomst af ålegræs.

I Natura 2000-området er der i dele projektområdet forekomst af naturtyperne Sandbanke (1110) og Stenrev (1170), der udgør en del af udpegningsgrundlaget for Natura 2000-området.



**Figur 2-1: Illustration af projektlokaliteten på Nordals. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



**Figur 2-2: Aftegning af pier (sort trekant), stenrev, der indgår i udpegningsgrundlaget for Natura 2000-området (angivet med stort område) på lokaliteten, samt placering af ålegræs (angivet med grønt). [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

I nærværende notat præsenteres forudsætninger, fremgangsmåde samt resultater fra gennemførte analyser, der ligger til grund for vurdering af;

- hvorvidt eller i hvilket omfang etableringen af pieren kan forventes at give anledning til en påvirkning af kysten og/eller de udpegede Natura2000 stenrev umiddelbart ud for lokaliteten
- hvorvidt vandkvaliteten i området omkring pieren er af en sådan kvalitet, at det kan betegnes som egnet til badning. Vurderingen gennemføres idet det udledte vand fra Gildbæk indeholder rensede spildevand samt i fremtiden et øget indhold af suspenderet sediment
- hvorvidt ændringer i udledning af suspenderet sediment fra Gildbæk vil give anledning til en påvirkning af de udpegede Natura2000 stenrev umiddelbart ud for lokaliteten.

Påvirkningen af stenrevene og den omkringliggende havbund kan skyldes ændringer i erosions-/sedimentationsforholdene (kortvarige eller permanente som følge af anlæg af pieren), og påvirkningen på kysten kan være i form af en permanent, hel-, eller delvis blokering af den langsgående sandtransport.

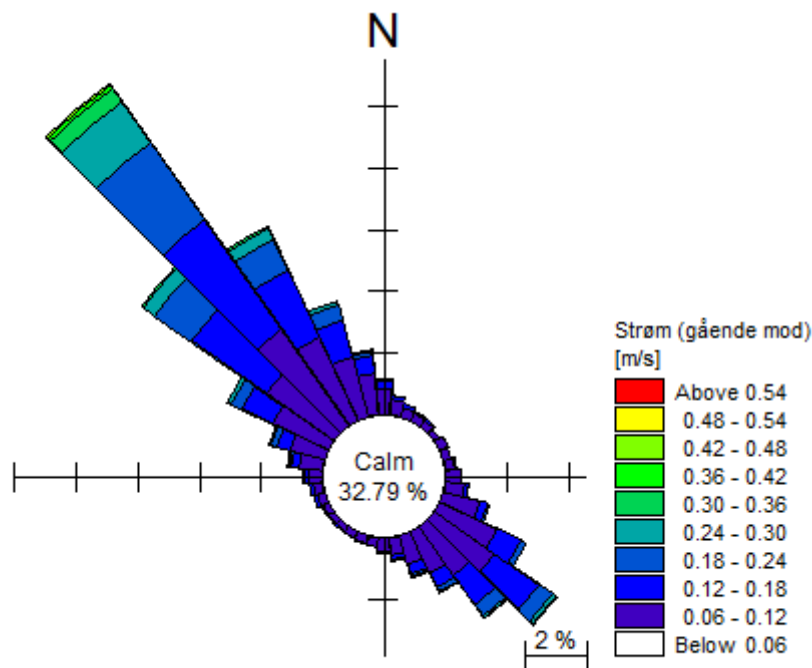
Idet området omkring pieren i fremtiden vil være karakteriseret som et rekreativt område, vil det være naturligt, at det opbyder til badning direkte fra kysten eller fra pieren. Placeringen i umiddelbar nærhed til Gildbæks udløb har medført, at der er gennemført analyser, der kan ligge til grund for vurderinger af badevandskvaliteten.

De overordnede miljøvurderinger og vurderinger af badevandskvaliteten gennemføres i de respektive miljøkonsekvensvurderingsnotater/-afsnit. Nærværende notat indeholder således kun forudsætninger, beskrivelser, og resultater fra de gennemførte modelberegninger samt en vurdering af kystudviklingen som følge af ændringer i sedimenttransporten.

### 3 Kystmorfologi og sedimenttransport på lokaliteten

figur 3-1. Heraf

fremgår det desuden, at der også er en signifikant sydøstgående strøm og der kan derfor forekomme længerevarende perioder med sydøstgående strøm. Vindforholdene har stor påvirkning af strømforholdene men i sommerperioder med ingen eller kun svag vind er det tidevandet der er dominerende.<sup>1</sup>



**Figur 3-1: Strømrose for et område ud for Nordals, baseret på data fra [Copernicus Marine Service2 og efterfølgende behandlet. Dataperiode januar 2019- september 2021].**

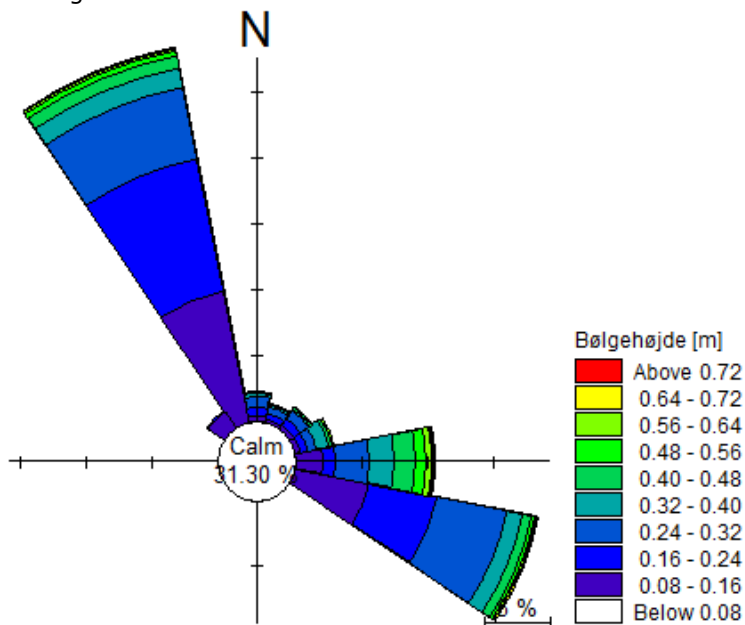
Bølge- og tidevandsgenereret strøm kan generelt give anledning til en transport af sand. Under normale forhold (dvs. under typiske strøm- og bølgeforhold) kan der genereres en såkaldt kronisk langsgående sandtransport (dvs. en sandtransport parallel med kysten). Dette sker specielt i områder, hvor den dominerende bølgeretning ikke er vinkelret på kysten. I forbindelse med høj vandstand kombineret med kraftige bølger, f.eks. under storm, kan der forekomme en såkaldt akut/momentan erosion, hvilket er en sandtransport vinkelret på kysten. Da den akutte erosion er vinkelret på kysten, vil denne ikke påvirkes af tilstedeværelsen af pieren og derfor analyseres der i nærværende notat ikke yderligere på denne type erosion.

En bølgerose for år 2011 for bølger umiddelbart ud for pieren er vist i figur 3-2. Som det fremgår af bølgerosen, er der forholdsvis høj forekomst af bølger fra hhv. nord-nordvest samt øst-sydøst. Bølger fra disse to retninger har omtrent samme indfaldsvinkel på kysten, hvormed det kan forventes, at der kan forekomme både en nord- og sydgående kystparallel sedimenttransport. Dette understøttes

<sup>1</sup> Larsen, M.M., Jakobsen, H.H., Göke, C., Hendriksen, N.B., Römer, J.K., Mohn, C. & Schultz, A.C. 2017. Sanitary survey rapport 4: Lillebælt og det Sydfynske Øhav. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 152 s. - Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 107

<sup>2</sup> Copernicus Marine Service” <https://resources.marine.copernicus.eu/products>

desuden af Kystdirektoratets kystatlas, hvoraf det fremgår, at den resulterende langsgående sandtransportretning umiddelbart er nordgående på strækningen syd for lokaliteten og sydgående på strækningen nord for lokaliteten, se røde pile på figur 3-3. Af figur 3-3 fremgår det desuden, at kysten ved projektlokaliteten betegnes ved en moderat kroniske erosion.



**Figur 3-2: Bølgerose for 2011 i et punkt umiddelbart ud for pieren. Koordinater: 553697m E, 6101238m N (UTM32), baseret på modellering (se afsnit 4).**

Pga. den modsatrettede langsgående sandtransport hhv. nord og syd for projektlokaliteten kan der identificeres en såkaldt sedimentcelle, som er kendetegnet ved, at der i tilfælde af påvirkning af sedimentbudgettet indenfor sedimentcellen ikke vil forekomme en påvirkning/ændring af sedimentbudgettet og dermed af kysten udenfor sedimentcellen (hvilket er yderligere detaljeret i et senere afsnit).



**Figur 3-3: Resulterende sedimenttransportretning (røde pile) samt grad af kronisk erosion på kyststrækningen ved projektlokaliteten. [Kystdirektoratets KystAtlas, 2019]. Den røde stiplede linje markerer den såkaldte sedimentcelle.**

Ved analyse af historiske kystlinjeplaceringer er det konkluderet, at der umiddelbart ved lokaliteten for pieren er en svag tendens til kysttilbagerykning. I perioden 1954 frem til i dag er kysten trukket ca. 4 – 5 m tilbage, hvilket svarer til en gennemsnitlig tilbagetrækning på ca. 7 cm/år. Generelt er kystlinjeplaceringen dog vekslende på strækningen indenfor sedimentcellen, og derfor kan det for strækningen generelt konkluderes, at kysten under eksisterende forhold (dvs. i situationen uden pier) gennemsnitligt set er forholdsvis stabil (dvs. en meget begrænset kronisk erosion).

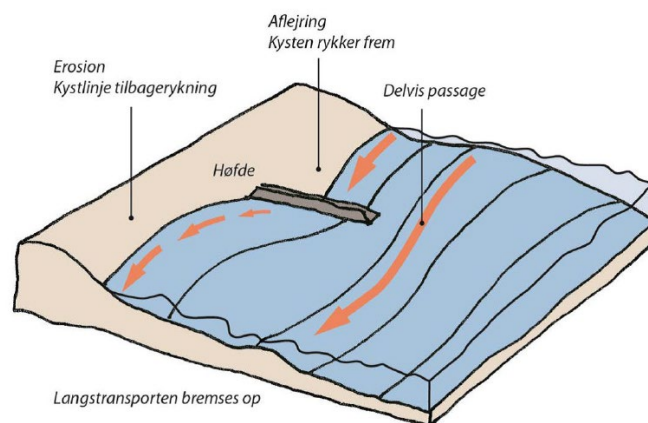
### 3.1 Potentielle konsekvenser ved etablering af kystnære konstruktioner

Hvis den langsgående sandtransport ændres, herunder afbrydes eller delvist blokeres, som følge af f.eks. konstruktion af en pier, kan der opstå en uligevægt eller en ændring i sandbudgettet. Dette kan resultere i, at der opstår en såkaldt nedstrøms kronisk erosion samt opstrøms aflejring, se illustration i figur 3-5.

Desuden kan tilstedeværelsen af pieren give anledning en lokal acceleration/deceleration af strømmen, hvilket kan medføre lokale bundændringer (bl.a. bunderosion umiddelbart ud for pieren) samt ophobning eller aflejring af bl.a. tang i læområder.

Bemærk, at figur 3-5 illustrerer aflejring/erosion i tilfælde af etablering af en høfde. Den forventede effekt, som følge af etablering af en pier, vil umiddelbart være sammenlignelig, dog vurderes, at hvis pieren etableres som en pælefunderet konstruktion, vil der ikke forekomme en lige så markant blokering af sedimenttransporten. Sedimentbypass vil dermed være større og effekten på kysten mindre.





**Figur 3-4: Illustration af opstrøms-aflejring samt nedstrøms-erosion ved en hofde [Kystdirektoratet, 2019].**

Den potentielle virkning, af den planlagte pier, på strøm og sedimenttransport ved projektlokaliteten, kan ikke umiddelbart fastlægges i detaljer baseret på empiri samt skrivebordsvurderinger. Desuden er det på baggrund af projektets placering forholdsvist tæt ved de Natura2000 udpegede stenrev på forhånd vurderet, at der er behov for et relativt højt detailniveau ift. vurderingen af påvirkningen på det omkringliggende område. Der er derfor foretaget modelberegninger af bølger, strøm og sedimenttransport.

### 3.2 Potentiel sedimentspredning ved ramning af pæle til pieren

I forbindelse med etablering af pieren skal der nedbringes et større antal stålørspæle ca. 120-130 stk. Pælene er, jf. projektbeskrivelses afsnit 2.13, defineret som Ø500 mm stålør med godstykkelse på 10-12 mm samt en længde på 16 - 18 m.

I forbindelse med nedbringning af pæle er der risiko for at møde rammehindringer, dvs. risiko for at pælene ikke kan nedbringes til den ønskede dybde grundet hindringer i undergrunden. Disse hindringer vurderes hovedsageligt at være sten i varierende størrelser (fra grus og op til meter store stenblokke). En enkelt sten med en diameter på omkring 20 -30 cm vil kunne standse nedbringningen af et stålør med den beskrevne størrelse og tykkere lag af sten i størrelserne 20 mm til 20 cm vil ligeledes kunne give anledning til rammehindringer.

I det tilfælde, at en rammehindring opstår, vurderes det for sandsynligt, at den skal fjernes, idet pæleplaceringen ikke umiddelbart lader sig ændre signifikant grundet den overordnede geometri. Fjernelse af rammehindringer vil typisk foregå ved at frigrave hindringen og fjerne denne. Frigravningen vil give anledning til, at bundsedybter frigives/udvaskes og der kan forekomme en potentiel transport og spredning af sedimenter væk fra anlægslokaliteten. Hvorvidt de nærliggende Natura2000 stenrev påvirkes vurderes baseret på numerisk simulering af spredning af sedimenter, som følge af fjernelse af rammehindringer.

## 4 Modelopsætning

Analyser til vurdering af ændringer i sedimenttransport, sedimentspredning samt vandkvalitet, er baseret på numeriske simuleringer ved anvendelse af programpakken MIKE21 FM udviklet af DHI. MIKE21 er et to-dimensionelt numerisk simuleringværktøj, der består af en række moduler, der kan kombineres efter behov.

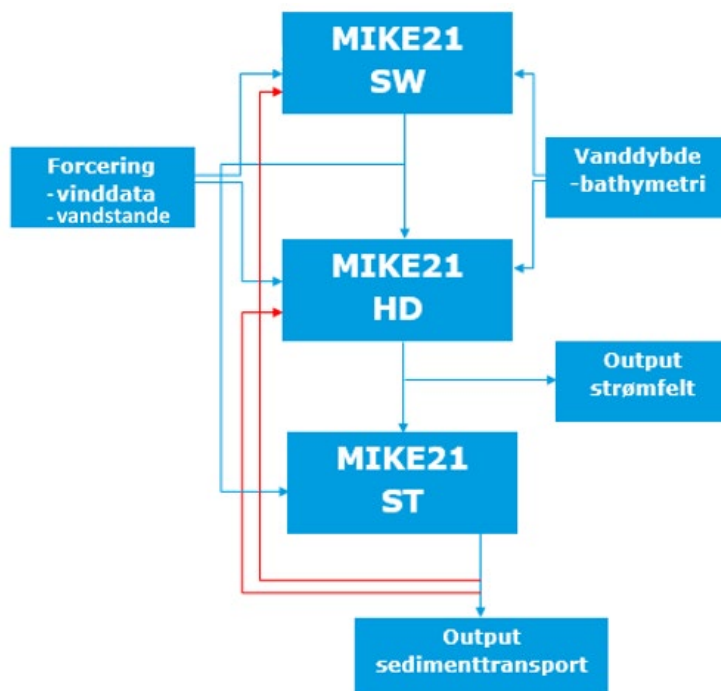
Til simulering af den generelle sedimenttransport og kystudvikling, hvor den langsgående sedimenttransport er dominerende, er der anvendt følgende model-moduler:

- MIKE 21 SW (spektral bølge modul) - til modellering af bølger og bølgegenereret strøm.
- MIKE 21 HD (hydrodynamisk modul) - til modellering af strømfelter og vandstandsvariationer.
- MIKE 21 ST (sediment transport modul) - til modellering af sandtransport.

Bølgemodellen er opstillet i MIKE21 SW, som er en såkaldt spektral bølgemodel, der kan anvendes til detaljerede simuleringer af vindgenererede bølger og dønninger i kyst- og offshore-områder. Modellen medtager alle vigtige processer i forbindelse med generering, transformation og dissipation af bølger i åbent hav og kystnært. I det aktuelle projekt anvendes bølgemodellen til at generere input til strøm- og sedimenttransportmodulerne (MIKE21 HD og MIKE21 ST), således den bølgeinducerede strøm inkluderes i både de hydrodynamiske beregninger og sedimenttransportberegningerne.

Det hydrodynamiske modul, MIKE21 HD, er udviklet til offshore og kystnære områder hvor der forekommer en fri overfladestrømning. Strømmen genereres af de påførte randbetingelser samt af input fra bølgemodelleringen således den bølgeinducerede strømning samt eventuelt bølge-setup tages i regning. Simulerede såkaldte bundforskydningssspændinger indgår som forcering af sedimenttransportmodulet.

Den overordnede tilgang i forhold til model-setup er illustreret i figur 4-1.



**Figur 4-1: Illustration af den overordnede tilgang til gennemførelse af den numeriske modellering af sedimenttransporten. De røde linjer markerer, at simuleringerne kører koblete, hvormed ændrede vanddybder, som følge af sedimenttransport, opdateres og indgår som input i HD- og SW-beregningerne.**

Simulering af transport, spredning og aflejring af sedimenter udledt fra Gildbæk samt transport, spredning og aflejring sedimenter, som følge af fjernelse af rammehindringer i anlægsfasen, er gennemført ved anvendelse af modulerne:

- MIKE 21 SW (spektral bølge modul) - til modellering af bølger og bølgegeneret strøm.
- MIKE 21 HD (hydrodynamisk modul) - til modellering af strømfelter og vandstandsvariationer.
- MIKE 21 PT (Particle tracking modul) - til modellering af partikel-spredning.

Ved anvendelse af MIKE21 FM PT simuleres transport af partikler ved en Lagransk model, hvor det udledte/frigivne materiale beskrives ved et antal partikler, der transporteres med det beregnede strømfelt (partiklerne/partikelintensiteten påvirker ikke strømfeltet). Hver partikel tilskrives egenskaber i form af f.eks. en faldhastighed og indenfor hvert tidsstep flyttes hver af partiklerne både horisontalt og vertikalt. Partiklerne flyttes i modellen via både advektion og dispersion. Partiklerne sedimenterer/aflejres, når de er i et område, hvor strømhastighederne er tilstrækkelig lave til, at de ikke kan transportere sedimenterne videre.

Til simulering af badevandskvalitet anvendes modulerne:

- MIKE 21 SW (spektral bølge modul) - til modellering af bølger og bølgegeneret strøm.
- MIKE 21 HD (hydrodynamisk modul) - til modellering af strømfelter og vandstandsvariationer.
- MIKE 21 Transport (Transport modul) - til modellering af et opløst stof.

Vurderinger af badevandskvaliteten er gennemført baseret på modelberegninger ved anvendelse af Transportmodulet, hvor transporten og spredningen af et udledt opløst stof bestemmes. Det opløste stof kan tilskrives egenskaber f.eks. i form af henfald og faldhastighed.

De numeriske beregninger gennemføres generelt ved, at et defineret modelområde inddeles i et antal beregningselementer. Jo flere elementer modelområdet inddeles i des mere præcise resultater kan opnås. Antallet af elementer styrer dog beregningstiden.

Der er opstillet to modeller:

- Model af eksisterende forhold.
- Model af fremtidige forhold (inkl. pieren på lokaliteten).

Vurderinger af den påvirkning pieren kan have på det omkringliggende område, er baseret på relative betragtninger af modelresultaterne med/uden pier (dvs. relative sammenligninger af strømforhold samt sedimenttransportforhold for den eksisterende og fremtidige situation).

Følgende input er nødvendige i forbindelse med opstilling af de numeriske modeller:

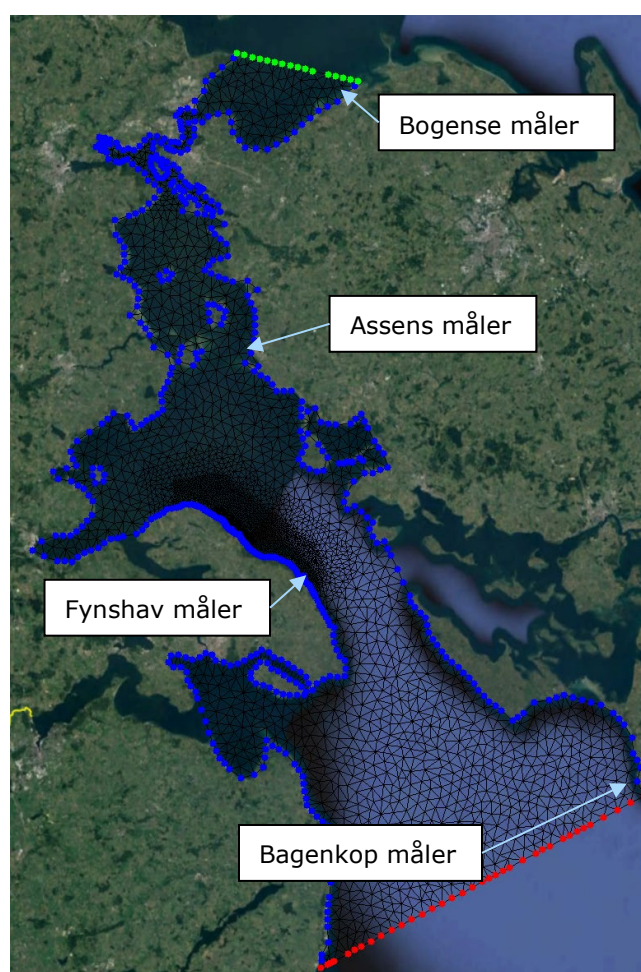
- Digitaliseret bathymetri (dybdeforhold).
- Udformning af den planlagte pier.
- Tidsserie af vindforhold (hastighed og retning).
- Tidsserier af vandstandsforhold.
- Valideringsdata.
- Sedimentkarakteristika (middel-kornstørrelse,  $d_{50}$ , gradering og faldhastighed).
- Indhold og egenskaber (f.eks. henfaldstid) af E.coli og enterokokker i rensed spildevand

I det følgende gennemgås modelopsætning, modelparametre og forudsætninger.

#### 4.1 Modeldomæne og dybdeforhold

Det anvendte modeldomæne og beregningsnet til simuleringerne i MIKE21 fremgår af figur 4-2. Som det ses af figuren, anvendes et fleksibelt beregningsnet, bestående af store elementer (groft beregningsnet) i stor afstand fra projektlokaliteten og mindre elementer (finere net) tæt ved pieren. For at inkludere tidevandseffekter fra Lillebælt begrænses domænet i nord ved Bogense og i syd ved Bagenkop på Sydlangeland. Modelområdet sikrer dermed, at de lokalt vindgenererede bølger fra det sydfynske øhav inkluderes.

Beliggenheden af kystlinjen samt vanddybderne i modellen er baseret på input fra søkort (DHI C-map). Modellen indeholder dermed ikke detaljerede oplysninger omkring specifikke lokale vanddybder omkring pieren eller den nærliggende kyststrækning idet der ikke har været pejledata tilgængelig. Det kan have en vis betydning for resultater af sedimentkoncentrationer og bakterieforekomster, da disse er baseret på det i modellen implementerede vandvolumen.



**Figur 4-2: Anvendt modeldomæne samt diskretisering til simuleringen i MIKE21. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

Pieren er implementeret i modellen som en såkaldt impermeabel konstruktion, dvs. med samme virkning som en hofde (ingen gennemstrømning). Baggrunden for dette er:

- der opnås forholdsvist konservative estimater for indflydelsen fra pieren. Hvis den impermeable konstruktion ikke giver anledning til væsentlige påvirkninger, vil dette heller ikke forekomme ved den delvist permeable pælefunderede pier.

- der er en vis frihed ift. designændringer af pieren (bl.a. ved indsætning af flere pæle og/eller ændringer af pælediametre) uden at der skal gennemføres opdaterede vurderinger.
- implementeringen af enkelt pæle i modellen kræver et meget fint beregningsnet, hvilket medfører tidskrævende simuleringer sammenlignet med modellen med den impermeable konstruktion. Med den impermeable pier er det tidsligt muligt at foretage mere langvarige simuleringer, hvilket øger den statistiske robusthed af analysen og dermed konklusionerne herfra.

Det skal dog nævnes, at hvis resultaterne fra modelleringen af den impermeable pier vurderes at medføre væsentlige påvirkninger på det omkringliggende område foretages en 2.-iteration, hvor modellen genkøres med det seneste foreliggende pæledesign.

#### 4.2 Forcering af modellen

Forcering af modellen er baseret på målte vandstande ved Bogense og Bagenkop samt varierende vind- og trykpåvirkning (vindstyrke og vindretning) i hele modelområdet.

Modellen er valideret ved at sammenligne målte og modellerede vandstande ved Fynshav Havn samt ved Assens havn, se afsnit 5. Da strøm og vandstande er direkte korrelerede på projektlokaliteten, vil en korrekt gengivelse af vandstanden tæt ved projektlokaliteten også betyde en overordnet korrekt gengivelse af strømmen (som er styrende for sedimenttransporten). Lokale strømforhold er ikke valideret idet der ikke foreligger et tilstrækkeligt datagrundlag hertil.

Rambøll er ikke i besiddelse af bølgemålinger ved projektlokaliteten, og derfor kan der ikke foretages en validering af disse, men da påvirkningen fra pieren primært baseres på relative betragtninger imellem modellerede eksisterende og fremtidige forhold, vurderes det, at eventuelle unøjagtigheder udlignes.

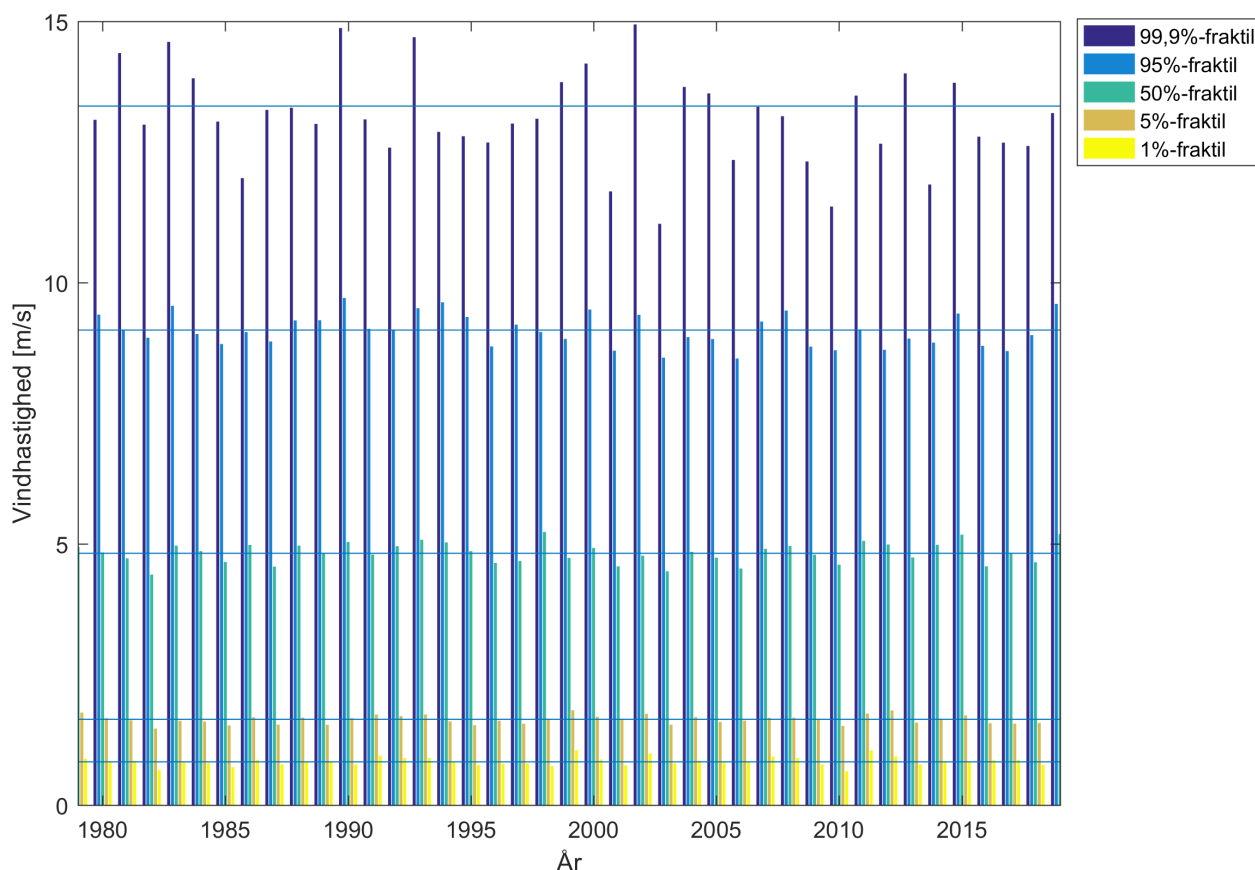
Vandstandsdataene fra Bagenkop, Bogense, og Fynshav er leveret fra DMI. Dataindsamlingsfrekvensen er 10 min og dataperioden er 2008 - 2019. Der er dog en del udfald i vandstandsmåleren ved bl.a. Bagenkop, hvilket har nødvendiggjort pre-processering af dataene før de er påsat modellen. Pre-processeringen har bl.a. inkluderet en seks timers løbende midling af dataene og i visse tilfælde en justering med repræsentative data fra tidsperioden omkring det manglende interval. Indflydelsen fra pre-processeringen af dataene forventes udlignet ved sammenligningen af modelresultater for eksisterende og fremtidige forhold.

Vind- og trykdata til forceringen af modellen er baseret på såkaldte hindcast CFSR-data leveret fra NOAA. Data haves fra perioden 1979 – 2019 og opløsningen af dataene er  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$  i sted og 1 time i tid.

#### 4.3 Reference-år samt perioder anvendt i modelberegningerne

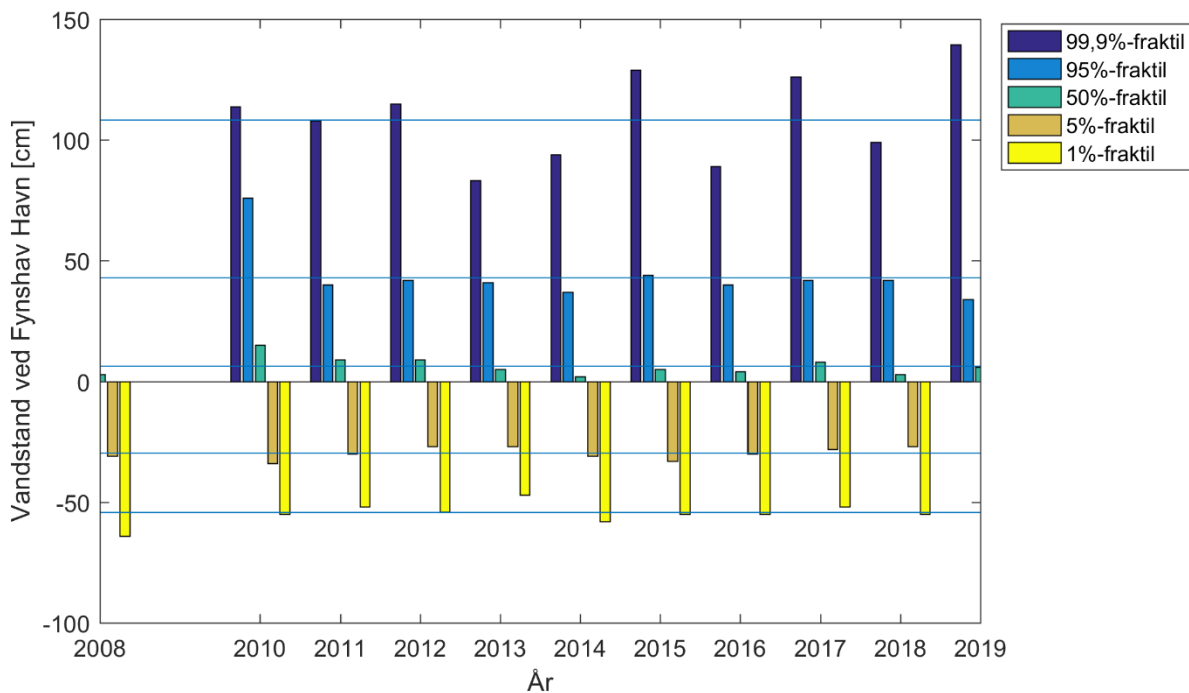
Strøm-, vandstand- samt bølgeforhold varierer typisk fra år til år samt hen over året, hvorfor der i nærværende projekt er taget udgangspunkt i et såkaldt reference-år, som er repræsentativ for typiske strøm- og sedimenttransportforhold på lokaliteten.

Reference-året er defineret ud fra, at det repræsenterer et gennemsnitsår i forhold til vindhastighed og vandstand tæt ved lokaliteten. Figur 4-3 viser vindstatistik i form af såkaldte fraktiler for vindhastigheder for hvert år i perioden 1979 – 2019 samt gennemsnitsfraktiler (angivet ved vandrette streger i figuren). Som det fremgår af figuren, er fraktilerne for år 2011 generelt relativt tæt ved de gennemsnitlige vindhastighedsfraktiler for hele perioden.



**Figur 4-3: Sammenligning af vindstatistik i perioden 1979 – 2019 til fastsættelse af referenceår for modelberegningerne. Vandrette streget indikerer middelværdier for de forskellige fraktiler i perioden.**

På samme vis er der i figur 4-4 angivet såkaldte fraktiler for målte vandstande ved Fynshav-måleren for hvert år i perioden 2008 – 2019 samt gennemsnitsfraktiler (angivet ved vandrette streger i figuren). Som det fremgår af figuren, er fraktilerne for år 2011 generelt relativt tæt ved de gennemsnitlige vandstandsfraktiler for hele perioden, og dermed kan det konkluderes, at 2011 kan betragtes som værende et gennemsnitsår mht. vandstande og vindhastigheder.



**Figur 4-4: Sammenligning af vandstandsstatistik ved Fynshav-måleren i perioden 2008 – 2019 til fastsættelse af reference-år til modelberegningerne. Vandrette streget indikerer middelværdier for de forskellige fraktiler i perioden. Der foreligger ikke data fra 2009.**

#### Simuleringsperiode for sedimenttransportberegningerne

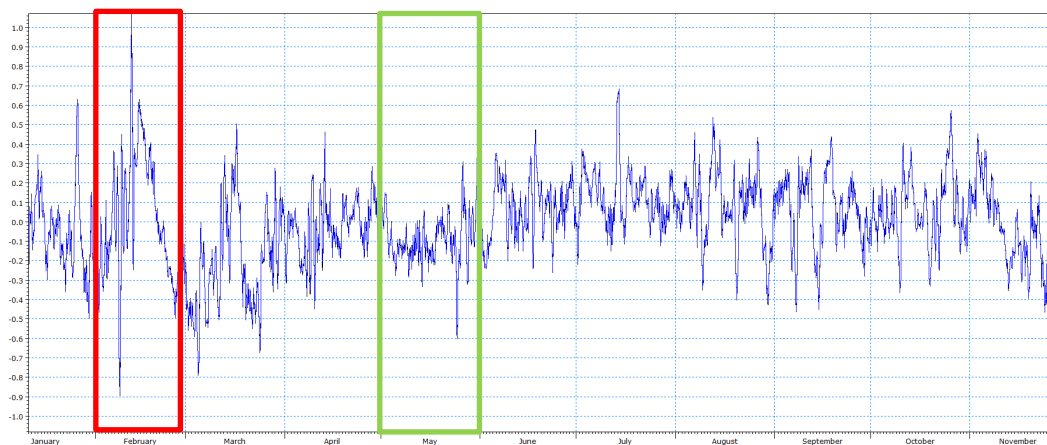
Modelberegninger til vurdering af sedimenttransporten og påvirkningen af denne, som følge af etableringen af en pier, er gennemført for en periode dækkende hele reference-året 2011. Skaleringer af resultater baseret på modellsimuleringerne af reference-året anvendes til at vurdere langtidspåvirkninger.

#### Simuleringsperioder for sedimentspredningsberegningerne

I forbindelse med sedimentspredningsberegningerne er der udtaget to enkelt perioder i reference-året:

- Februar 2011; en periode, der repræsenterer forhold med store vandstandsvariationer og strømhastigheder (rød markering på figur 4-5)
- Maj 2011; en periode med mere rolige forhold (grøn markering på figur 4-5).

Disse to perioder anvendes således både ved simulering af sedimentspredning i forbindelse med fjernelse af rammehindring samt ved simulering af spredning af sedimenter udledt fra Gildbæk.



**Figur 4-5: Vandstandsvariationer i området, hvor Nordals Ferieresort påtænkes etableret for referenceåret, rød markering er den periode, der er udvalgt til at repræsentere en periode med højere strømhastigheder og vandstandsvariationer og grøn markering er den periode, der er udvalgt til at repræsentere mere stille forhold.**

### Badevandskvalitet

Modelberegninger af badevandskvaliteten er gennemført for fire udvalgte perioder indenfor badesæsonen, der er defineret fra 1. juni til 1. september. Perioderne er:

- to perioder af en uges varighed, benævnt "uge 1" og "uge 2".
- to perioder af en måneds varighed, benævnt "måned 1" og "måned 2"

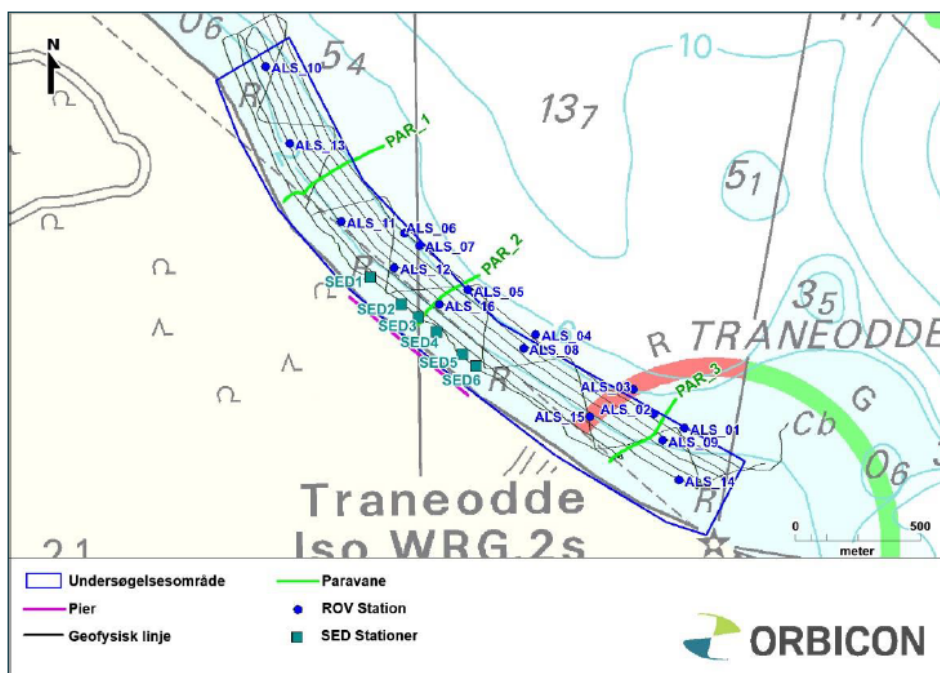
Der er udvalgt fire perioder for at vurdere om resultaterne for badevandskvaliteten er særligt følsomme overfor den udvalgte simuleringsperiode.

### 4.4 Sedimentkarakteristik og bundforhold anvendt til simulering af sedimenttransport

Der er i forbindelse med projekt Nordals Ferieresort gennemført en række geotekniske feltundersøgelser, heraf sigteanalyser af strandmaterialet langs kyststrækningen i området (angivet med placeringer for SED 1-6 i figur 4-6). De efterfølgende udarbejdede kornkurver viser generelt et forholdsvist homogent materiale (små variationer i middeldkornstørrelsen).

I modellen er anvendt den såkaldte 5%-fraktal af middeldkornstørrelserne, hvilket ift. modelleringen er konservativ, da en lav middeldkornstørrelse i modellen vil medføre en øget sedimenttransportkapacitet, og dermed et konservativt estimat for forskel i sedimenttransportkapacitet grundet etableringen af pieren. Desværre er der ikke gennemført sigteanalyser for det materiale, der forefindes på havbunden, hvilket medvirker til mindre usikkerheder i forhold til modelleringen. Usikkerhederne imødekommes dog delvist idet vurderingerne er baserede på relative betragtninger.





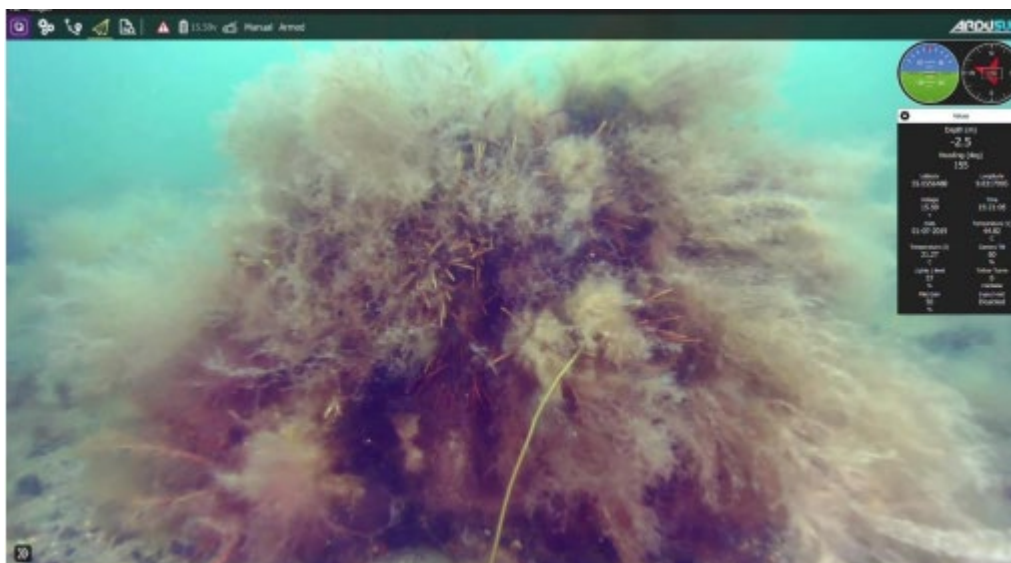
Figur 4-6: Kort over gennemførte geotekniske feltundersøgelser. SED1-6 angiver lokalitet for sedimentprøver. [Baggrundsrapport Nordals Ferieresort, marine feltundersøgelser, Orbicon 2019].

Tabel 1 viser en opsummering af middelkornstørrelser og graderinger fra kornkurverne.

	Lab ID						Middel	5% Fraktil
	SED1	SED2	SED3	SED4	SED5	SED6		
$d_{50}$ [mm]	0,19	0,20	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
Uensformighedstal [-]	1,5	1,8	1,8	1,6	1,6	1,5	1,6	1,5

Tabel 1: Sedimentkarakteristik for de seks kornkurver, se placering i figur 4-6.

Sedimenttransport vil forekomme, når strøm- og bølgeforholdene er tilstrækkelig kraftige til, at der kan ophvirvles materiale og at der samtidig er mobilt materiale (sand) tilstede. Figur 4-7 viser et eksempel på et stenrev (begroning) i området. Det forventes, at begroningen på havbunden samt tilstedeværelsen af småsten på revene naturligt nedsætter sedimenttransporten på revene – idet der ikke er mobilt materiale til rådighed i disse områder. Dog medtages denne effekt ikke i simuleringerne pga. manglende data for den reelle sedimentsammensætning på revene. Vurderingerne af effekten fra pieren på stenrevene er derfor hovedsageligt baseret på den potentielle sedimentation på revene (sand der transporteres ud til stenrevene og dækker dem helt eller delvist) og ikke så meget på den potentielle erosion i stenrevsområderne.



**Figur 4-7: Eksempel på begrøning på det Natura 2000-udpegede stenrev tæt ved projektlokaliteten. [Baggrundsrapport Nordals Ferieresort, marine feltundersøgelser, Orbicon 2019].**

De tilgængelige borer og udtager på kysten indikerer ca. en halv meter mobilt sandlag, hvilket dermed, på grund af de manglende data fra selve havbunden, antages at være gældende i hele modelområdet.

#### **4.5 Sedimentkarakteristik og forudsætninger anvendt til simulering af sedimentspredning**

Jordbundsforholdene i området, hvor pieren skal etableres, er beskrevet som bestående af smeltevandssand fra omkring kote -14 overlejret af smeltevandsler, morænesand og øverst moræneler til omkring kote 0,0 [Nordals Ferieresort. Geoteknisk undersøgelse. November 2019. Rambøll].

I forbindelse med modellering af sedimentspredning er det andelen og egenskaberne af de fineste sedimentfraktioner, der har interesse. De groveste fraktioner vil falde til bunds umiddelbart momentant og dermed ikke spredes med strømmen, mens de fineste fraktioner vil kunne transporteres og dermed give anledning til en påvirkning i en afstand fra udledningsområdet.

Sedimentspredningsberegningerne vil dermed kun indeholde fraktionerne med kornstørrelse,  $d < 0,125$  mm, hvilke de gennemførte geotekniske undersøgelser ikke indeholder en fordeling og en beskrivelse af. Der er derfor taget udgangspunkt i en kornstørrelsesfordeling for moræneler og morænesand som givet i tabel 2.

Tabel 14. Morænesand

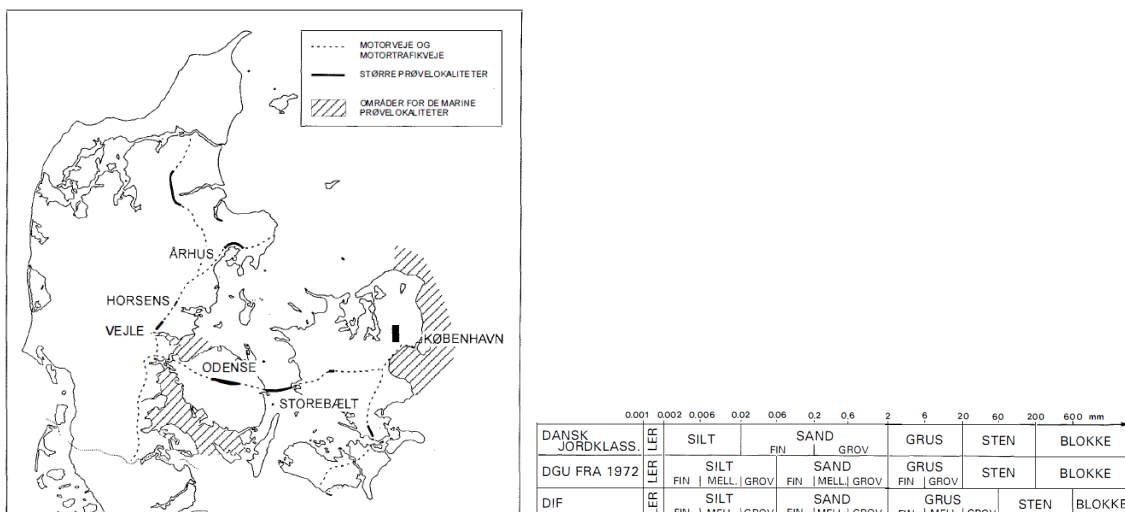
	Antal 154	Ler %	F.silt %	M.silt %	G.silt %	Tot.si %	F.sand %	M.sand %	G.sand %	Totsa %	Grus %	Gl.tab %
Ar.gs.		9	5	7	11	23	34	26	8	68	9	
St.af.		3,6	2,6	3,1	3,4	8,1	6,5	9,3	3,4	10,5	6,8	
Mindst		0	0	0	3	5	11	9	2	45	0	
Størst		18	14	16	22	44	57	54	22	95	37	

Tabel 16. Moræneler

	Antal 587	Ler %	F.silt %	M.silt %	G.silt %	Tot.si %	F.sand %	M.sand %	G.sand %	Totsa %	Grus %	Gl.tab %
Ar.gs.		17	9	10	13	32	27	17	7	51	6	
St.af.		4,1	2,7	2,2	2,6	5,0	4,1	3,9	2,3	6,4	4,0	
Mindst		7	4	4	5	17	13	3	1	25	0	
Størst		34	24	19	26	53	42	35	17	73	37	

**Tabel 2: Fordeling af fraktioner i forskellige danske jordarter [Kornfordelingen i nogle danske jordarter, Fobian, A. 2000-12-31, Geologisk tidsskrift, hæfte 3].**

Fraktionsfordelingen for jordarterne i tabel 2 er baseret på prøver fra blandt andet området i Lillebælt, se figur 4-8.



**Figur 4-8: Beliggenheden af prøvelokaliteterne på land og i de indre danske farvande (venstre) samt klassifikationsskaler (højre). Fraktionsfordelingen er baseret på DIF's klassificering. [Kornfordelingen i nogle danske jordarter, Fobian, A. 2000-12-31, Geologisk tidsskrift, hæfte 3].**

Dvs. de modellerede fraktioner vil dermed være fint sand, siltfraktioner samt ler.

Ud over en fordeling af det opgravede sediment på fraktioner har de enkelte fraktioners faldhastighed afgørende betydning for sedimentspredningen. Der foreligger ikke oplysninger omkring faldhastighederne for sedimenterne ved Nordals og der er derfor taget udgangspunkt i erfaringer fra sammenlignelige projekter Rambøll tidligere har gennemført. I tabel 3 er fraktionsfordelingen, kornstørrelsen og faldhastigheder for de modellerede fraktioner samlet.

	Moræneler [%]	Morænesand [%]	Kornstørrelse			Faldhastighed inkl. flokkulation [mm/s]	Faldhastighed ekskl. flokkulation [mm/s]
			Max. [mm]	Min. [mm]	Middel [mm]		
Fint sand	27	34	0,2	0,06	0,13	3,48	3,48
Groft silt	13	11	0,06	0,02	0,04	0,8	0,48
Medium silt	10	7	0,02	0,006	0,013	0,3	0,08
Fint silt	9	5	0,006	0,002	0,004	0,1	0,01
Ler	17	9	0,002		0,001	0,07	0,0015

**Tabel 3: Egenskaber for de modellerede sedimentfraktioner, herunder indhold af de modellerede fraktioner.**

### Fjernelse af rammehindringer

I forbindelse med fjernelse af rammehindringer vil der ofte være en økonomisk og/eller teknisk begrænsning for, hvor dybt der graves. Gravning til fuld rammedybde for det pågældende projekt (altså til omkring kote -14,0), vil ikke være realistisk, i stedet vil hensynet til bæreevnen af de omkringstående pæle sandsynligvis diktere den maksimale udgravningsdybde. Med den oplyste geoteknik og forventede afstand mellem pælene, vurderes den maksimale realistiske gravedybde for fjernelse af rammehindringer at være omkring kote -5,0 m. Antages, at udgravningen foregår på 1 meters vanddybde med en diameter i kote -5,0 på ca. 2 m, vil den opgravede mængde andrage ca. 220 m<sup>3</sup> moræneler og ca. 25 m<sup>3</sup> morænesand. Under forudsætning af, at der regnes med tilnærmelsesvist keglestub-formede udgravninger i de aktuelle jordlag og at maksimale skåningsanlæg regnes til 1:3 i sand og 2:1 i moræneler. Det er vurderet, at selve frigravningen af rammehindringerne tager ca. 5-6 timer.

Efter frigravningen og fjernelsen af rammehindringerne fyldes der sand tilbage i hullet. I modelberegningerne er antaget, at dette har egenskaber svarende til morænesand, dvs. stort indhold af de fineste fraktioner. Tilbagefyldningsprocessen vurderes at kunne gennemføres på 1-2 timer.

I de numeriske beregninger er det antaget, at 30% af det opgravede og tilbagefyldte materiale vil blive spildt/udvasket og dermed frigivet til spredning af strømmen.

Modelberegningerne af spredning og transport af sediment, som følge af opgravning af rammehindringer, er baseret på en faldhastighed inkl. flokkulation, hvormed der tages hensyn til, at fine sedimentfraktioner som silt og ler ikke opfører sig som enkeltpartikler, men reelt vil klumpe sammen og opføre sig som større partikler (de flokkulerer). Faldhastighederne inkl. flokkulation er for de enkelte fraktioner givet i tabel 3.

Modelberegningerne er baseret på modellen af eksisterende forhold og for en placering af rammehindringen yderst ved den fremtidige pier, da det giver den korteste afstand til de udpegede Natura 2000-områder.

### Spredning af sedimenter fra Gildebækkens udløb i Lillebælt

Gilbækken fører i dag sedimenter ud i Lillebælt og efter etableringen af Nordals Ferieresort inkl. regnvandsbassiner forventes en forøgelse af både vandmængden og indholdet af sedimenter, der føres med Gildebækken ud i Lillebælt. De numeriske simuleringer til bestemmelse af spredningen af sedimenter fra Gilbækken er baseret på forudsætninger beskrevet i Miljøkonsekvensrapportens kapitel 12.4 Erosion og suspenderet stof i vandløb og resumeret nedenstående:

- I dag udledes årligt ca. 7.810.000 m<sup>3</sup> vand og ca. 80.000 kg suspenderet sediment fra Gildbækken til Lillebælt. Fordelingen er, at ca. 30.000 kg sediment udledes i sommerhalvåret og 50.000 kg i vinterhalvåret.
- Efter etableringen af Nordals Ferieresort og regnvandsbassiner estimeres en worst-case merbelastning på ca. 1.600.000 m<sup>3</sup> vand og ca. 24.000 kg sediment.

Det er antaget, at sedimentsammensætningen er som for moræneler, dvs. med en indbyrdes fraktionsfordeling, som angivet i tabel 3. Faldhastighederne er justeret således der tages hensyn til, at der ikke forekommer flokkulation for disse sedimenter jf. faldhastigheder givet i sidste kolonne i tabel 3.

I modelberegningerne er antaget en konstant fremtidig udledning af suspenderet sediment på 0,0040 kg/s i vinterhalvåret og 0,0026 kg/s i sommerhalvåret, hvilket svarer til de estimerede mængder af suspenderet sediment fra Gildbækken.

Modelberegningerne er gennemført for både eksisterende og fremtidige forhold.

#### 4.6 Udledning af spildevand fra renseanlæg Himmark

Renseanlæg Himmark udleder rensed spildevand til Gildbækken, der har sit udløb til Lillebælt 4-500 m syd for den fremtidige pier og dermed i umiddelbar nærhed til det fremtidige rekreative område, der etableres som en del af Nordals Ferieresort.

Ift. at vurdere på badevandskvaliteten er der gennemført modelberegninger med forudsætninger som defineret i Miljøkonsekvensrapportens kapitel 12.1 Spildevandshåndtering og resumeret nedenstående:

- Erfaringstal vedr. indhold af E.coli og enterokokker i rensed spildevand:
  - 300.000 E.coli/100 ml
  - 40.000 enterokokker/100 ml.
- Oplyste timeværdier for udledt spildevand fra Himmark i 2019
- Oplyst årlig udledt vandmængde fra resortet (160.000 m<sup>3</sup>/år) samt vurderet maksimal timebelastning fra resortet på 70-90 m<sup>3</sup>/t.

For modelberegningerne af en uges varighed er anvendt tidsvarierende timeværdier fra Himmark renseanlæg samt et konstant timebidrag fra Nordals Ferieresort på 80 m<sup>3</sup>/t, mens simuleringerne med en varighed på en måned tager udgangspunkt i tidsvarierende timeværdier fra Himmark samt et konstant timebidrag fra Nordals Ferieresort på 50 m<sup>3</sup>/t.

Der er ikke inkluderet henfald af hhv. E.coli og enterokokker i selve Gildbækken, hvormed indholdet af E.coli og enterokokker ved Gildbækkens udløb til Lillebælt er antaget svarende til mængden opgivet for rensed spildevand. Efter udledningen til Lillebælt er inkluderet et henfald af E.coli på  $T_{90} = 1,4$  t, svarende til, at 10 % E.coli bakterierne stadig er i live efter 1,4 time og på  $T_{90} = 3,2$  timer for enterokokker.

Modelberegningerne er kun gennemført for fremtidige forhold i år 2037, dvs. for et scenarie hvor Nordals Ferieresort er fuldt etableret (fase 3) og dermed bidrager fuldt til mængden af udledt spildevand.

#### 4.7 Udledning af overfladevand ved pieren

Det etableres en udledning fra et regnvandsbassin i umiddelbar nærhed til pieren. Minimumafstanden ift. udledningpunktet er vurderet til 24 m fra pierspidsen og modelberegningerne er gennemført for

udledning i denne afstand i en position sydøst for pieren, se omtrentlig position for udledningen i modelberegningerne på figur 4-9. Udledningens mængde er op til 5 l/s og sker ved bunden.



**Figur 4-9: Omtrentlig position for udløb fra regnvandsbassin, skitseret fra Hoffman (venstre) og implementeret i modelberegningerne (højre).**

Idet der ikke foreligger viden omkring indholdet af specifikke stoffer i det udledte overfladevand, er der gennemført modelberegninger, hvor der udledes et neutralt stof med en koncentration på 1 (enhed)/l (såkaldte fortyndingsberegninger). I modelberegningerne inkluderes ikke evt. henfald, nedbrydning eller lignende af det udledte stof, idet der ikke er tale om et konkret stof. Dermed er det muligt at "omregne" de modellerede koncentrationsniveauer ved at skalere ift. den specifikke koncentration i udledningens vandet, hvad enten det er i eksempelvis mg/l eller  $\mu\text{-g/l}$ .

Modelberegningerne er kørt for en stilleperiode, hvor strømforholdene er domineret af tidevand og har en varighed på 1 mdr.

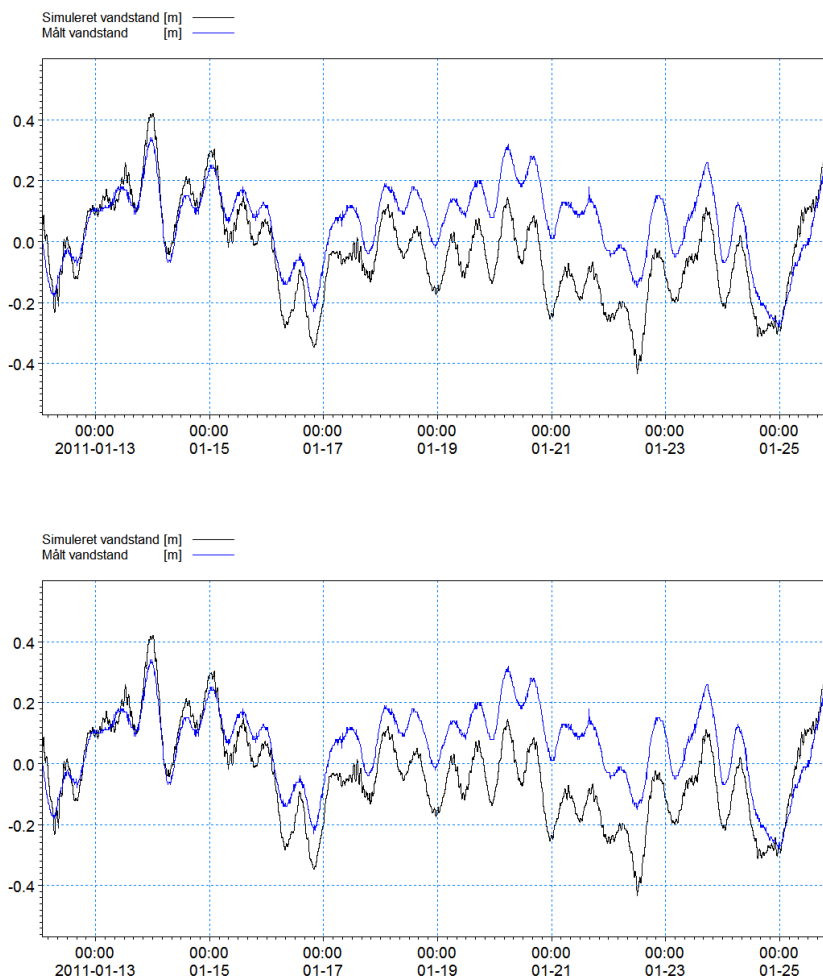
## 5 Validering af model

Som tidligere nævnt valideres modellen ved sammenligning af målte og modellerede vandstande ved Fynshav Havn og Assens Havn. Herudover valideres modellerede strømbilleder op imod strømkort fra Den Danske Havnelods under typiske vindforhold. Netto-sedimenttransportretninger fra modellen sammenlignes med de angivne transportretninger fra Kystdirektoratets Kystatlas (angivet i figur 3-3).

### 5.1 Validering af vandstandsforhold i model

Figur 5-1 og figur 5-2 viser et eksempel på målte og modellerede vandstande ved hhv. Fynshav Havn og Assens havn. Som det fremgår af figurerne, er der forholdsvis god overensstemmelse imellem målte og modellerede vandstande, på begge lokaliteter, og det forventes således at også strømhastighederne i modellen er af realistisk størrelsesorden.

Desuden er de modellerede strømhastigheder ens i valideringspunkterne i de to modeller for hhv. eksisterende og fremtidige forhold, hvormed eventuelle forskelle er udjævnet ved modelresultater



**Figur 5-2: Målt (blå kurve) og simuleret (sort kurve) vandstandsvariation ved Assens Havn.**

## 6 Resultater: Påvirkninger som følge af etablering af pier

Påvirkningen fra pieren analyseres på baggrund af følgende direkte output fra modelsimuleringerne:

1. Indflydelse fra etablering af pier på lokale strømforhold.
2. Indflydelse fra etablering af pier på lokal bypass af sediment (mulighed for transport af sediment forbi pieren).
3. Indflydelse fra etablering af pier på lokale vanddybder.
4. Sedimentspredning som følge af fjernelse af rammehindringer i forbindelse med etablering af pier

Baseret på de direkte output fra modelsimuleringerne estimeres følgende:

5. Vurdering af langvarige effekter fra etableringen af pieren på nedstrøms kyst samt Natura 2000 udpegede stenrev.

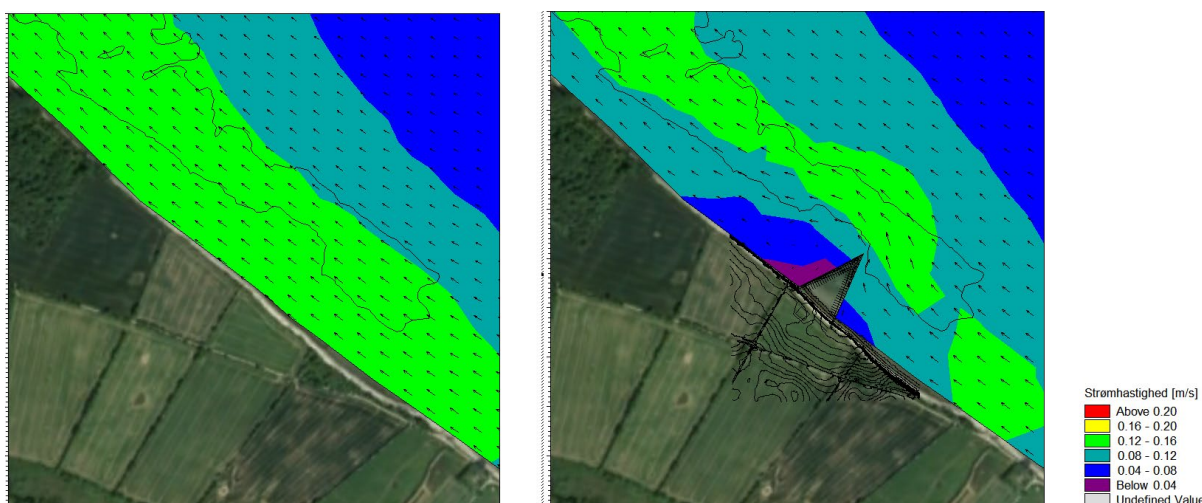
### 6.1 Indflydelse fra etablering af pier på lokale strømforhold

Etablering af konstruktioner i vand vil give anledning til en ændring/påvirkning af strømforholdene, da den naturlige strømning blokeres i større eller mindre grad.

Strømmen transporterer sedimentet omkring pieren og således vil en acceleration af strømmen potentielt medføre en erosion af havbunden, hvorimod en deceleration af strømmen potentielt vil medføre en sedimentation. Erosionen vil dog kun ske, hvis strømhastigheden er tilstrækkelig kraftig til at transportere sedimentet (dvs. at bundforskydningen fra strømmen er tilstrækkelig høj) og at bunden består af eroderbart materiale. Sedimentationen vil kun ske, hvis strømhastigheden bremses tilstrækkelig til, at det suspendede sediment, når at bundfældes og at der er suspenderet sediment i vandsøjlen. Ændringer i strømforhold giver dog en første indikator for den potentielle påvirkning af sedimenttransportforholdene og giver desuden en indikator for hvorvidt der kan forventes at der forekommer en ophobning af tang eller andet flydende organisk materiale i vandet.

Figur 6-1 viser et øjeblikbillede af strømforholdene for et tilfælde med nordgående strøm med/uden pier. Ved sammenligning af de to tilfælde kan det, som forventeligt, observeres, at der vil opstå et strøm-læ tæt ved kysten, da strømmen presses udenom pieren. Umiddelbart nord for pieren, og med en udstrækning på ca. 200 m langs kysten, vil strømhastigheden reduceres til ca. 50%.

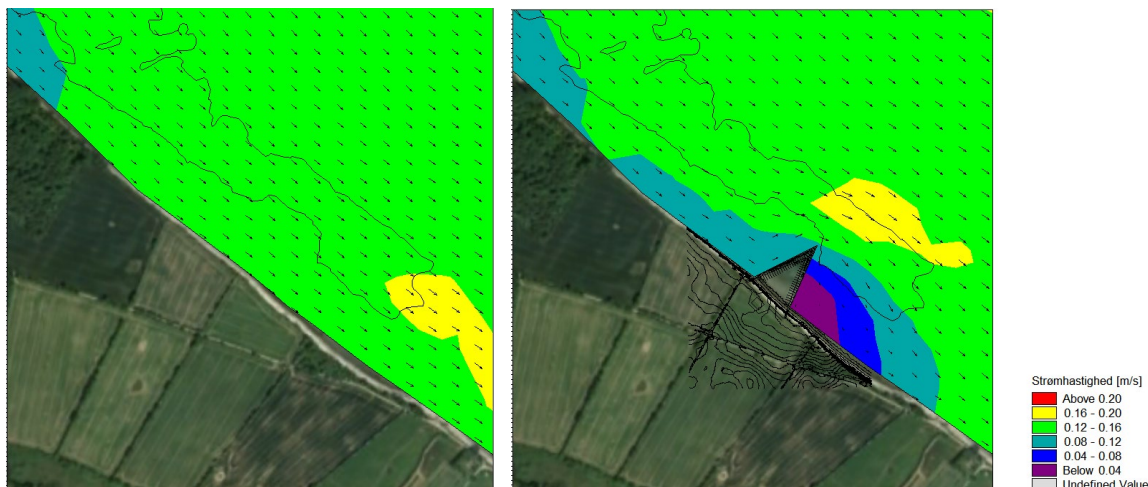
figur 6-1 (dvs. ved nordgående strøm) en forholdsvis begrænset påvirkning af strømforholdene.



**Figur 6-1: Strømforhold ved nordgående strøm i tilfældet uden pier (venstre) og med pier (højre).**  
**[Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics]**

Figur 6-2 viser et momentant strømbillede for et tilfælde med sydgående strøm med/uden pieren. På samme vis, som ved tilfældet med nordgående strøm, kan det observeres, at der vil opstå et strøm-læ tæt ved kysten, primært på nedstrømside. Strøm-læ på sydsiden er af nogenlunde samme udbredelse sammenlignet med tilfældet med nordgående strøm. Ved beliggenheden af de Natura 2000-udpegede stenrev forekommer der for det viste eksempel (dvs. sydgående strøm) en forholdsvis begrænset ændring af strømforhold.





**Figur 6-2: Strømforhold ved sydgående strøm i tilfældet uden pier (venstre) og med pier (højre).**  
 [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].

Som tidligere nævnt er simuleringerne gennemført med udgangspunkt i en lukket pier, som medfører 100% blokering af strømmen (dvs. at der ikke er inkluderet effekten fra strømning mellem pælene) og derfor vil den reelle strømblokeringseffekt forventeligt være reduceret sammenlignet med de viste effekter i figur 6-1 og figur 6-2.

## 6.2 Indflydelse fra etablering af pier på kapacitet for bypass af sediment

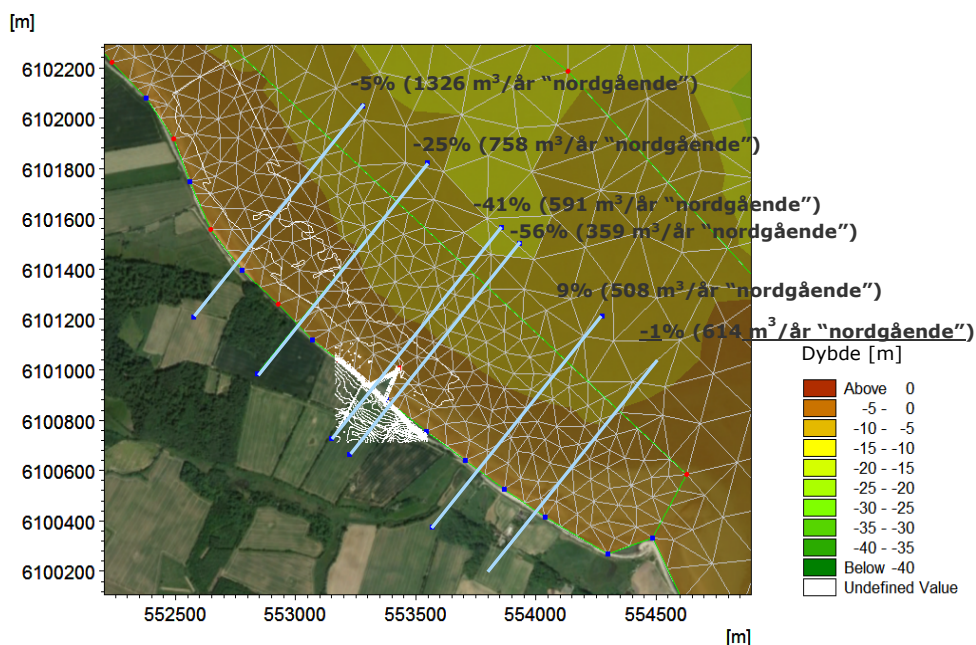
Indflydelsen fra pieren på den langsgående sedimenttransport er analyseret baseret på modellerede såkaldte sedimenttransportkapaciteter igennem definerede gennemstrømningstværsnit, dvs. indlagte linjer illustreret i figur 6-3. Linjernes udstrækning søværts er fastsat til at have samme udbredelse som de observerede ændringer i strømforhold i afsnit 6.1.

Sedimenttransportkapaciteten er defineret, som den potentielle sandtransport, der kan forekomme med de modellerede strømhastigheder og det definerede sandmateriale, såfremt der er tilstrækkelig mobilt sediment til stede. Ved sammenligning af sedimenttransportkapaciteter, (som er en nødvendig fremgangsmåde i nærværende analyse, da der ikke haves et tilstrækkeligt eksakt data-grundlag til en kalibrering af sedimenttransport-modellen), opnås potentielt konservative estimater for indvirkningen af pieren.

Figur 6-3 viser procentvise forskelle i transportkapaciteter for tilfældene med/uden pier, hvor negative relative forskelle betyder reduceret sedimenttransportkapacitet (strømmen kan teoretisk ikke transportere en lige så stor mængde sand, som den kan i dag). Som det fremgår af figuren, reduceres transportkapaciteten i det snit, hvori der forekommer den laveste transportkapacitet under eksisterende forhold (dvs. det snit, som er styrende for transportkapaciteten forbi pieren) med ca. 56%. Dette betyder, at såfremt strømmen i dag transporterer sand svarende til den teoretiske kapacitet, vil der i fremtiden (efter etableringen af pieren) ikke kunne transporteres en lige så stor mængde sand forbi.

Beregningerne viser også, at sedimenttransportkapaciteten generelt er lav og igennem det kritiske snit (det snit, hvor den laveste transport kapacitet forekommer) er den estimeret til gennemsnitligt ca. 300 – 400 m<sup>3</sup>/år ved eksisterende forhold. Jf. figur 6-3 er nettosedimenttransporten nordgående, hvilket betyder, at det reducerede sandbypass potentielt medfører øget vanddybde på strækningen nord for pieren.

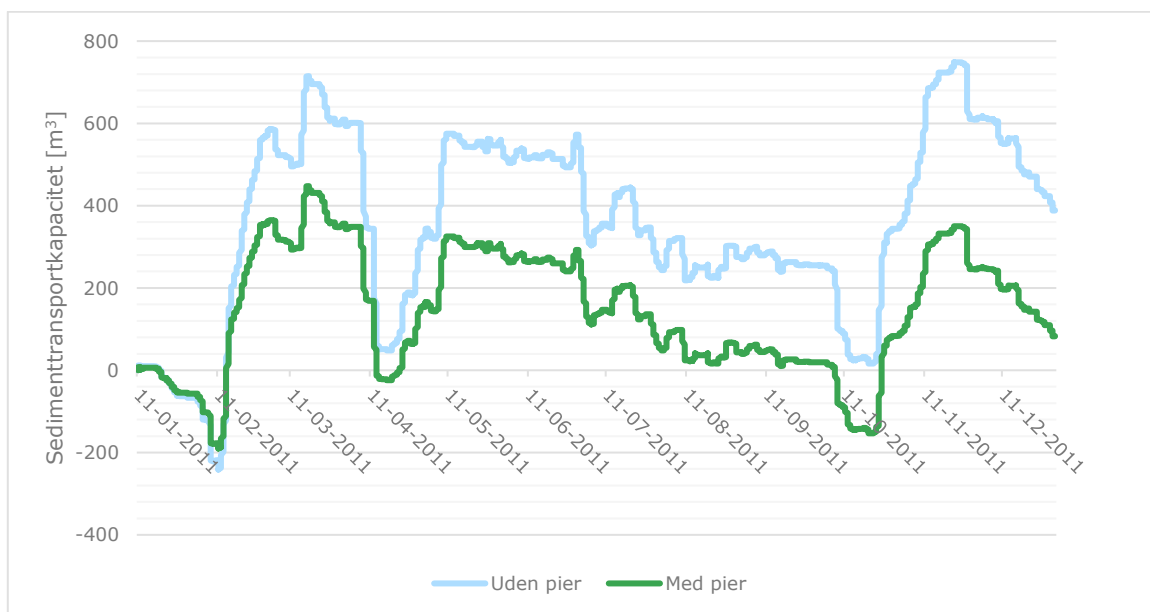
Som det yderligere fremgår af figur 6-3 er forskellene i sedimenttransportkapaciteten aftagende i større afstand til pieren, og i en afstand på ca. 750 m er effekten fra pieren tilnærmelsesvis ikke-eksisterende. Det kan således umiddelbart konkluderes, at den geografiske udbredelse af indflydelsen fra pieren på vanddybder og kyst har en udbredelse på op til ca. 750 m nord og syd for pieren og under alle omstændigheder er effekten fra pieren begrænset til indenfor sedimentcellen (defineret i figur 3-3).



**Figur 6-3: Gennemsnitlige forskelle i sedimenttransportkapacitet igennem specifikke snit ved scenarier med/uden pier. Negative værdier angiver mindsket kapacitet med pier. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

Figur 6-4 viser tidsserier for den akkumulerede sedimenttransportkapacitet igennem det kritiske snit beliggende umiddelbart syd for pieren (ca. 50 m syd for) for tilfældene med/uden pier. Som det fremgår af figuren, vil der i begyndelsen af perioden være en sydgående transport, hvorefter transportretningen skifter til nordgående omkring den 10.02.2011. Det afløses af en periode med vekslende nord og sydgående transportretning.

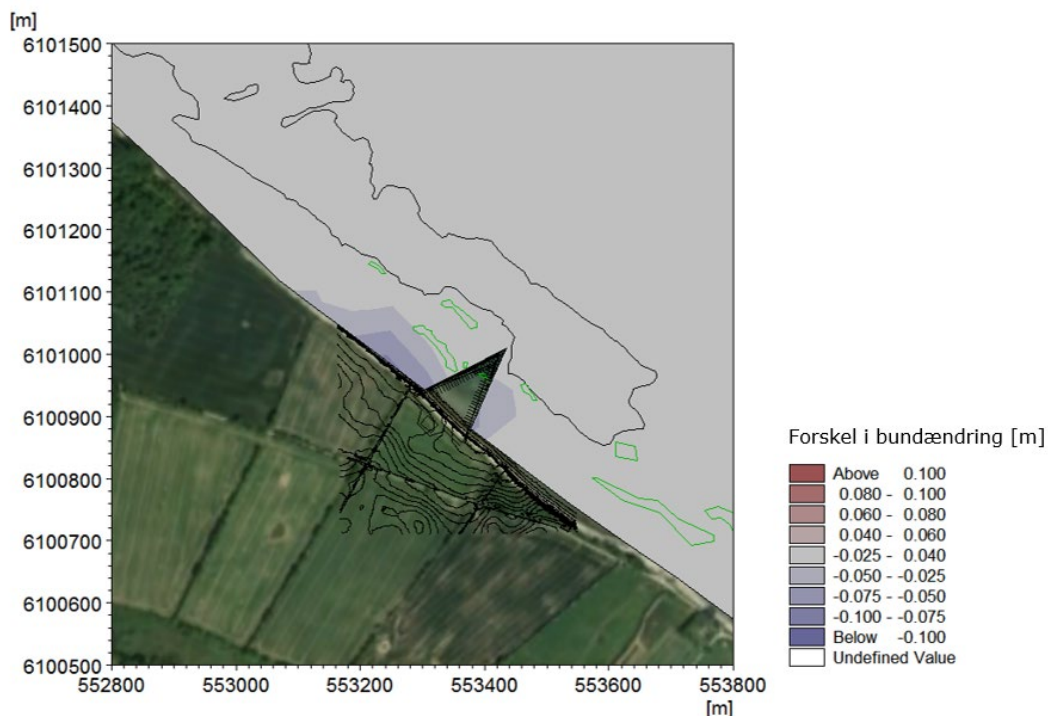
Den relative forskel er forholdsvis konstant igennem den modellerede periode for tilfældene med/uden pier, hvilket således også antyder, at den relative forskel er forholdsvis robust (konstant) indtil en eventuel ny ligevægtssituation er opnået. Efter opnåelse af ny ligevægtssituation vil effekten fra pieren aftage.



**Figur 6-4: Sedimenttransportkapacitet igennem et snit ca. 50 m syd for pieren i tilfælde med uden pier. Nordgående transportkapacitet er defineret med positivt fortegn.**

### 6.3 Indflydelse fra etablering af pier på lokale vanddybder

figur 6-5. Blå farve indikerer erosion og grå farve indikerer uændret vanddybde efter endt simulering.



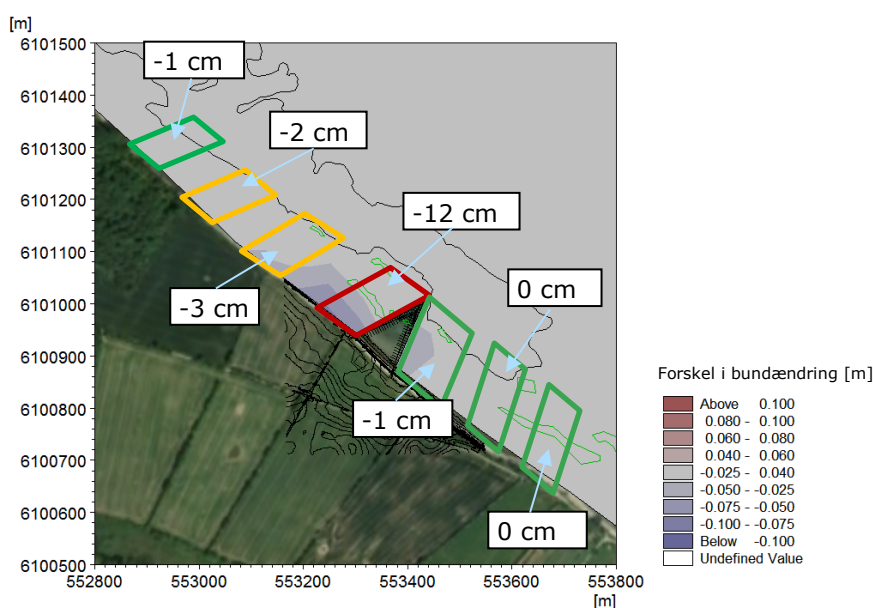
**Figur 6-5: Bundændring, som følge af etablering af pieren efter simulering af referenceåret 2011. Blå farve indikerer erosion. Stenrevet er indtegnet med sort omrids og ålegræs er indtegnet med grøn**

omrids. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].

Af figur 6-5 fremgår det, at der efter ét år (svarende til et referenceår) umiddelbart kan forekomme en reduktion af vanddybden tæt ved pieren. Reduktionen er størst på netto-nedstrømsiden (dvs. nord for pieren), men er dog stadig forholdsvis begrænset (i omegnen af ca. 10 - 12 cm for et år).

Af figur 6-5 fremgår det desuden, at der ikke umiddelbart forekommer nogen signifikant bundændring på hverken stenrevne eller områderne med ålegræs.

Figur 6-6 viser gennemsnitlige ændringer i vanddybde (relativ ændring imellem eksisterende og fremtidige situation) for forskellige afstande fra pieren efter endt simulering af 2011-referenceåret.



**Figur 6-6: Gennemsnitlig forskel i bundændring i udvalgte områder tæt ved pieren. Stenrevet er angivet med sort omrids. Blå farve indikerer erosion. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

Igen skal det nævnes, at resultater fra modelleringen af den impermeable pier, i form af bundændringer (erosion og aflejring), vurderes til at være konservative sammenlignet med tilfældet, hvor pieren funderes på pæle. Dvs. pierens effekt på sedimentblokeringen overvurderes.

#### 6.4 Sedimentspredning som følge af fjernelse af rammehindringer i forbindelse med etablering af pier

Spild og spredning af sedimenter i forbindelse med frigravning af rammehindringer giver anledning til en koncentration af suspenderet sediment (SSC) i vandsøjlen og potentielt aflejring af sedimenter udenfor anlægsområdet. Som tidligere nævnt er det kun de fineste fraktioner, der er inkluderet i sedimentspredningsberegningerne idet grovere fraktioner vil falde til bunds umiddelbart momentant og dermed ikke bidrage til sedimentspredning og dermed påvirkning af andre områder.

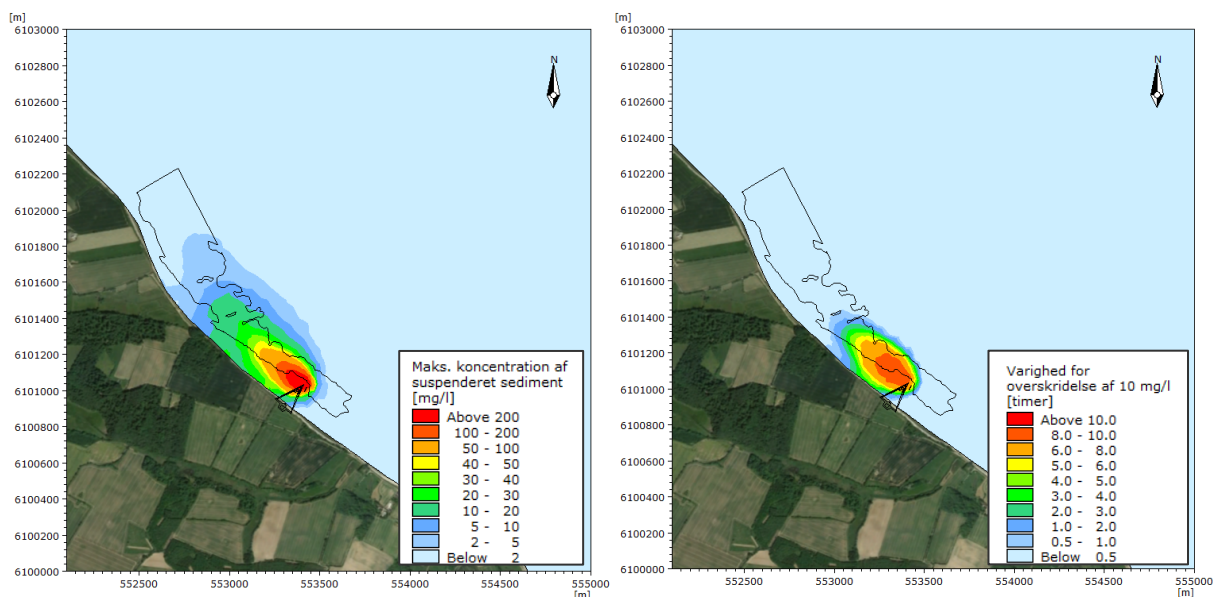
Resultater fra simulering af spredning af sedimenter i forbindelse med frigravning af en enkelt rammehindring er gennemført for to perioder:

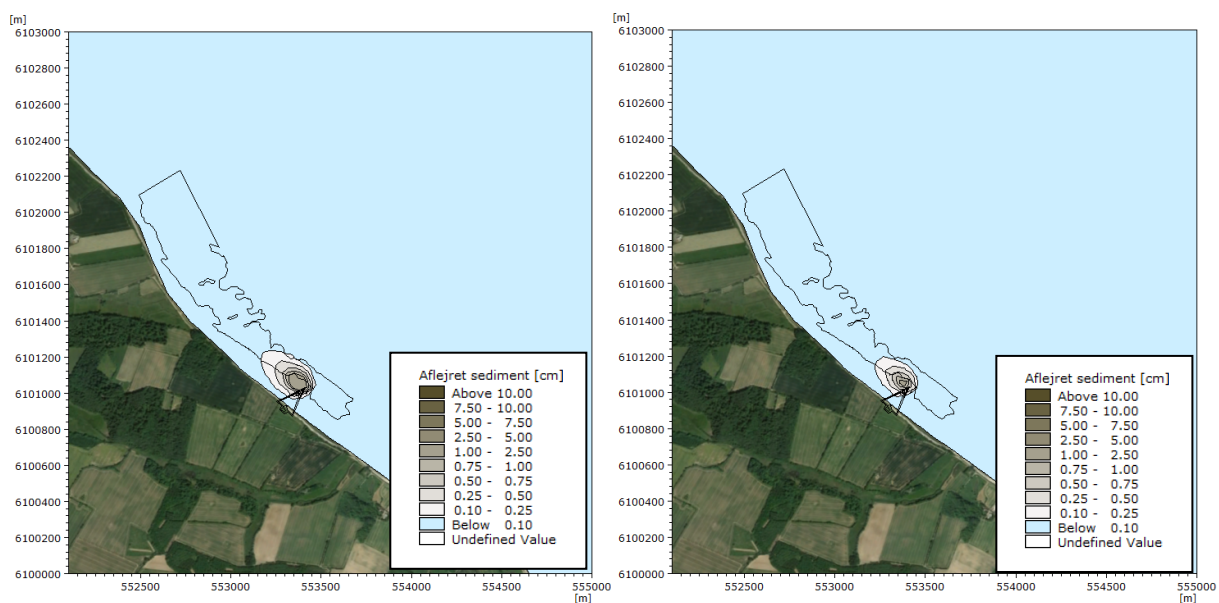
- Maj måned, hvor der forekommer forholdsvis lave strømhastigheder og med lille spredning af sedimenter og højere koncentrationer i vandsøjlen, se figur 6-7
- Februar måned, hvor der forekommer forholdsvis høje strømhastigheder og dermed stor spredning af sedimenter og lave koncentrationer i vandsøjlen, se figur 6-8

Resultater fra den kombinerede frigravning og efterfølgende tilbagefyld består af;

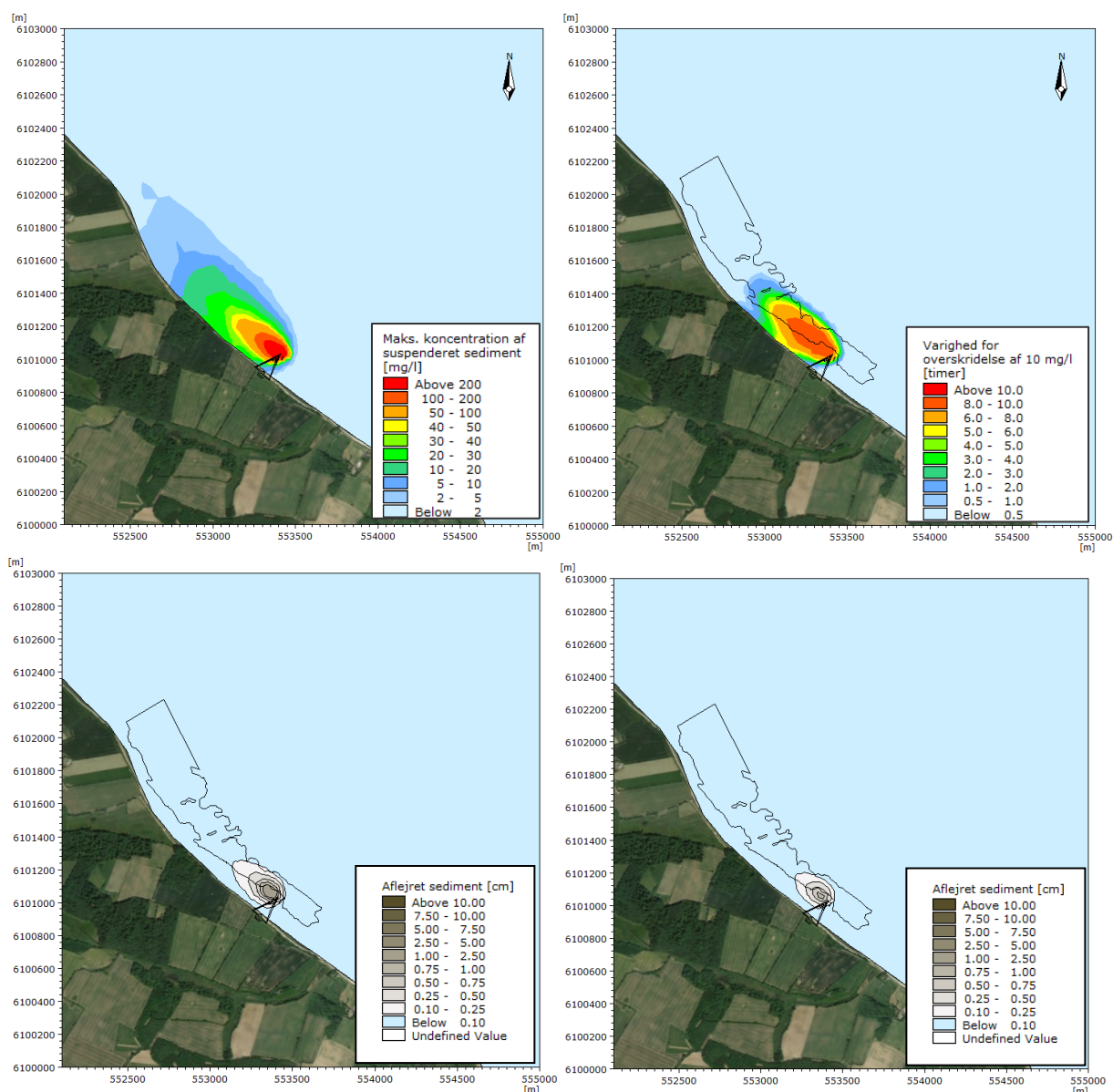
- arealplots, der viser de maksimalt opnåede SSC
- varighed for overskridelse af en  $SSC \geq 10 \text{ mg/l}$
- tykkelse af aflejret sediment-lag under forudsætning af en densitet på  $1500 \text{ kg/m}^3$  og  $800 \text{ kg/m}^3$  for de nye aflejringer.

De beregnede SSC er baserede på et dybdemidlet indhold og afvigelser mellem faktiske og antagede vanddybder kan således have en signifikant betydning for resultaterne. Modelresultaterne viser alene tillægget i SSC, som følge af fjernelse af rammehindringer og er således ekskl. evt. naturlig baggrundskoncentration.





**Figur 6-7: Maksimalt forekommende SSC (øverst venstre), varighed for overskridelse af SSC  $\geq 10$  mg/l (øverst højre) samt lagtykkelse af aflejret sediment for massefylde på  $800 \text{ kg/m}^3$  (nederst venstre) og  $1500 \text{ kg/m}^3$  (nederst højre), som følge af frigravning af rammehindring og tilbagefyld i en periode med rolige strøm og vandstandsforhold. Sort kurvet linje markerer området med stenrev. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



**Figur 6-8: Maksimalt forekommende SSC (venstre), varighed for overskridelse af SSC  $\geq 10$  mg/l (højre) samt lagtykkelse af aflejret sediment for massefylde på  $800 \text{ kg/m}^3$  (nederst venstre) og  $1500 \text{ kg/m}^3$  (nederst højre), som følge af frigravning af rammehindring og tilbagefyld i en periode med høje strømhastigheder og store vandstandsvariationer. Sort kurvet linje markerer området med stenrev. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

Af ovenstående fremgår det, at varigheden for overskridelse af SSC  $\geq 10$  mg/l vurderes at være på maksimalt 8-10 timer pr. rammehindring, der skal fjernes, svarende til den faktiske arbejdstid for fjernelse af rammehindringen inkl. tilbagefyld. Den maksimale SSC ligger på godt 200 mg/l og aflejringstykkelsen vil være mindre end 2,5 cm og primært være i umiddelbar nærhed til området med rammehindringen.

## 6.5 Vurdering af langvarige effekter fra etableringen af pieren på nedstrøms kyst samt Natura 2000 udpegede stenrev

Som nævnt i afsnit 4.3 er fremgangsmåden i nærværende vurderinger af effekten fra den planlagte pier på den omkringliggende kyst og de forholdsvis nærliggende Natura 2000-udpegede stenrev baseret på modellering af et såkaldt referenceår, som er repræsentativ for de gennemsnitlige vind-/bølge- og vandstands-forhold (og dermed også de gennemsnitlige sedimenttransportforhold) ved projektlokaliteten. Ved skalering af resultater fra modelleringen af referenceåret kan der således opnås estimater for langtidsvirkningen af pieren. Det skal dog nævnes, at effekten fra pieren forventes at aftage over tid, idet der med tiden opnås en ny forholdsvis kvasistatisk ligevægt (dvs. samme stabilitet som eksisterende kyststrækning, nærmere beskrevet i afsnit 3). Jf. beskrivelsen af det anvendte model-setup i afsnit 4 er der i nærværende modellering delvist taget højde for den aftagende effekt fra indflydelse af løbende bundændringer på strømforhold samt sedimenttransportforhold, men pga. de forholdsvis begrænsede bundændringer i løbet af referenceåret, jf. afsnit 6.3, vurderes, at den fulde ligevægt først forekommer efter en længere årrække.

Ved skalering af resultater fra 2011-referenceåret op til en fem-års periode opnås estimaterne præsenteret i tabel 4. Igen skal det nævnes, at også den estimerede årlige påvirkning fra pieren vurderes for konservativ, da modelleringen er baseret en impermeabel pier i modellen hvor der ikke tages højde for at den funderes på pæle.

Gennemsnitlig blokering langsgående sandtransport ved etablering af pier	Ca. 50 %
Reduceret sandbypass ved etablering af pier	Ca. 1000 m <sup>3</sup> /5år
Maks. erosion 0-200 m fra pier	Ca. 50- 60 cm/5 år
Maks. erosion 200 - 1000 m fra pier	1 - 5 cm/5 år
Øget sedimentation på stenrev ved etablering af pier	Minimalt
Øget erosion på stenrev ved etablering af pier	Minimalt

**Tabel 4: Vurdering af indflydelse fra pier (100 % impermeabel for vandstrømme) i perioden umiddelbart efter etableringen. Effekterne registreres kun indenfor pierens dybdeinterval på 0-2 m, hvor indenfor Natura 2000 stenrev stort set ikke forekommer, jf. figur 21.**

Hvis der ikke kompenseres for ændringen/reduktionen af transport forbi pieren, vil der komme til at mangle sand i sandbudgettet nord for pieren, hvilket giver anledning til en lille forøgelse af vanddybden, som med tiden vil medføre et stejlere bundprofil. Dette kan medføre, at bølgerne bryder lidt tættere på kysten med en lille forøgelse af den akutte erosion til følge. Det vurderes dermed for sandsynligt, at såfremt der ikke gennemføres tiltag for at kompensere det manglende sand kan forekomme en mindre forøgelse af kysttilbagerykningen primært nord for pieren.

## 7 Resultater: Vandkvalitet

Resultaterne fra modelberegningerne til vurdering af badevandskvaliteten består af:

- Arealplot, der viser det maksimale indhold af hhv. E.coli og enterokokker i den pågældende simuleringsperiode fra udledning af spildevand
- Arealplot, der viser varigheden af overskridelse af hhv. 500 E.coli/100 ml og 185 enterokokker/100 ml for den pågældende simuleringsperiode fra udledning af spildevand.
- Koncentrationsniveauer/fortyndingsgrader ved udledning af overfladevand fra regnvandsbassin



## 7.1 Udledning af spildevand fra Himmark Renseanlæg

De anvendte grænseværdier ift. E.coli og enterokokker er valgt ud fra kvalitetskrav, som defineret i figur 7-1. Vurderinger af resultaterne ift. badevand gennemføres i Miljøkonsekvensrapportens afsnit 17.5 Badevandskvalitet.

- Den samlede varighed for overskridelse indenfor området, for hver af simuleringsperioderne, af et givent antal bakterier (Enterokokker >200/100 ml, og E. coli >500/100 ml), jævnfør kvalitetskrav for kystvande og overgangsvande i badevandsbekendtgørelsen, se nedenstående tabel.

Kvalitetskrav for kystvande og overgangsvande (BEK nr 917 af 27/06/2016)				
Parameter	Badevandskvalitet			
	Udmærket	God	Tilfredsstillende	Ring
Intestinale enterokokker (cfu/100 ml)	100 <sup>1</sup>	200 <sup>1</sup>	185 <sup>2</sup>	- <sup>3</sup>
Eccherichi coli (cfu/100 ml)	250 <sup>1</sup>	500 <sup>1</sup>	500 <sup>2</sup>	- <sup>3</sup>

1: Ud fra en vurdering af 95 percentilen.  
2: Ud fra en vurdering af 90 percentilen.

3. Badevand klassificeres som værende »ringe«, hvis percentilværdierne for de mikrobiologiske tællinger i datasættet for badevandskvaliteten for sidste vurderingsperiode er ringere end værdierne »tilfredsstillende« i tabellen ovenfor (BEK nr 917 af 27/06/2016).

**Figur 7-1: Kvalitetskrav ift. vurdering af badevand.**

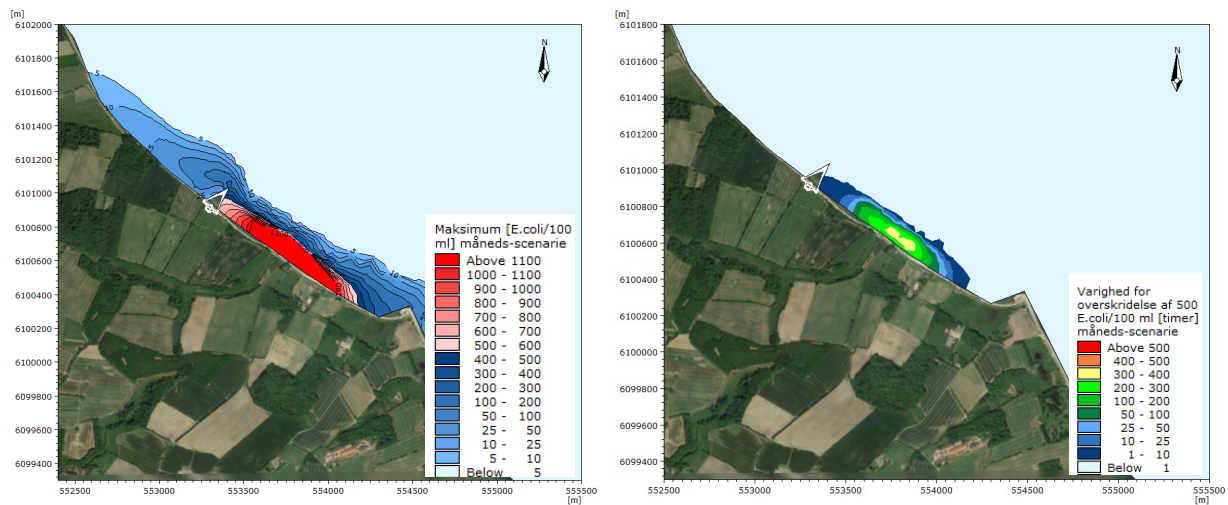
Som nævnt tidligere er modelopsætningen alene valideret op mod vandstandsvariationer og modellen betragtes således overordnet som en u-kalibreret model ift. lokale strømhastigheder og -mønstre. Resultaterne fra modelberegningerne af vandkvalitet skal således betragtes som værende kvalitative ift. indhold og udbredelse af hhv. E.coli og enterokokker. Baseret på de anvendte modelforudsætninger (jf. afsnit 4.6) vurderes dog, at der er anvendt konservative modelinput.

I forbindelse med modelopsætningen er der gennemført følsomhedsberegninger på udvalgte parametre herunder øget dispersion (større spredning). Konklusionen var, at øget dispersion ikke har signifikant betydning for resultaterne. Spredningen bliver lidt større, dvs. det er et større areal, der er berørt, men det areal, hvor de kritiske værdier for E.coli og enterokokker overskrides, er mindre. De endelige resultater er derfor fra simuleringer med lav dispersion (spredning).

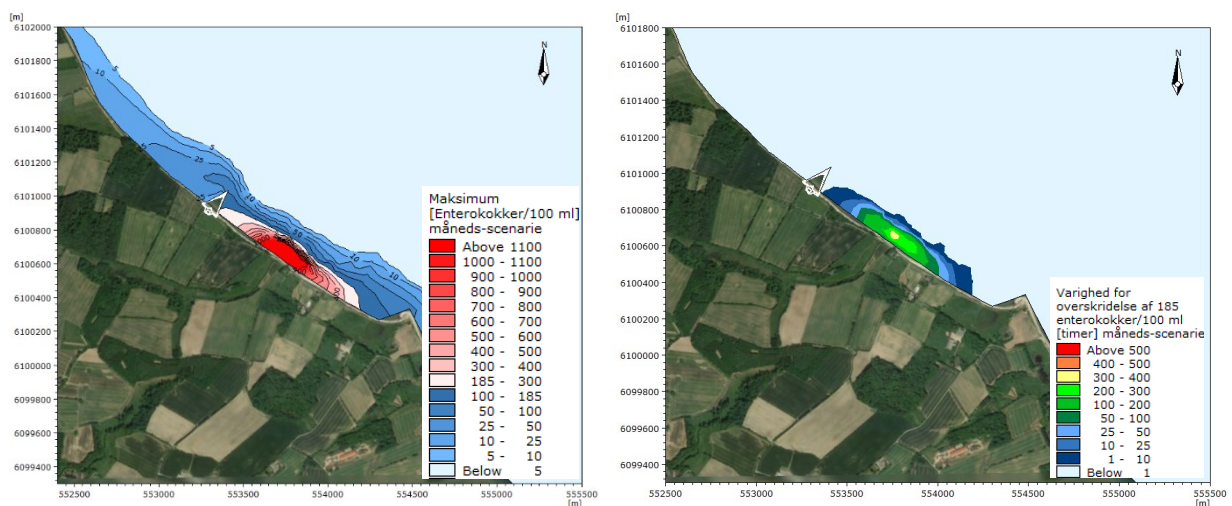
Forekomsten af hhv. E.coli og enterokokker er et dybdemidlet indhold og signifikante afvigelser mellem faktiske og antagede vanddybder kan således have en signifikant betydning for de midlede resultater.

Beregningerne er gennemført for et scenarie med en fuldt impermeabel pier. Hvis pieren etableres som en pælekonstruktion vil der ske en mindre afbøjning af strømmen end det modellerede og der kan generelt forventes et lidt højere indhold af E.coli og enterokokker på nordvest siden af pieren sammenlignet med det modelresultaterne viser. Realistisk kan antages et indhold svarende til indholdet på sydøst-siden af pieren.

I nærværende afsnit er vist resultater fra en udvalgt periode (mdr. 1), mens resultater for alle de fire simulerede perioder er vist i appendiks 1. Som tidligere nævnt er modelberegningerne for badevandskvaliteten baseret på fremtidige forhold, svarende til at Nordals Ferieresort er fuldt udbygget (fase 3, 2037).



**Figur 7-2: Maksimal forekomst af E.coli/100 ml (venstre) og varighed for overskridelse af 500 E.coli/100 ml (højre) for et scenarie af en måneds varighed (mdr. 1). [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



**Figur 7-3: Maksimal forekomst af enterokokker/100 ml (venstre) og varighed for overskridelse af 185 enterokokker/100 ml (højre) for et scenarie af en måneds varighed (mdr. 1). [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

For modelberegningerne af mdr. 1 fremgår det, at både 500 E.coli/100 ml og 185 enterokokker/100 ml overskrides i op til ca. 10 timer ved pieren. I større afstand fra pieren overskrides 500 E.coli/100 ml og 185 enterokokker/100 ml i længere tid.

## 7.2 Udledning af overfladevand fra regnvandsbassin

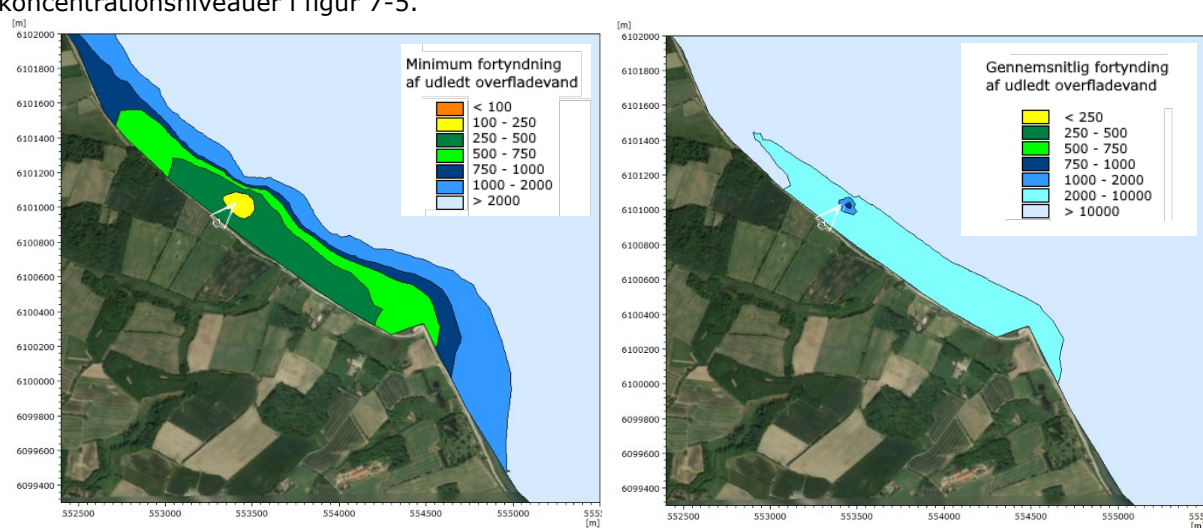
Resultaterne fra fortyndingssimuleringerne i forbindelse med udledning af overfladevand ved pieren vises som hhv. koncentrationsniveauer og fortyndingsgrader.

Som nævnt tidligere er modelopsætningen alene valideret op mod vandstandsvariationer og modellen betragtes således overordnet som en u-kalibreret model ift. lokale strømhastigheder og -mønstre. Resultaterne fra modelberegningerne af vandkvalitet skal således betragtes som værende kvalitative ift. koncentrationsniveauer og fortyndingsgrader.

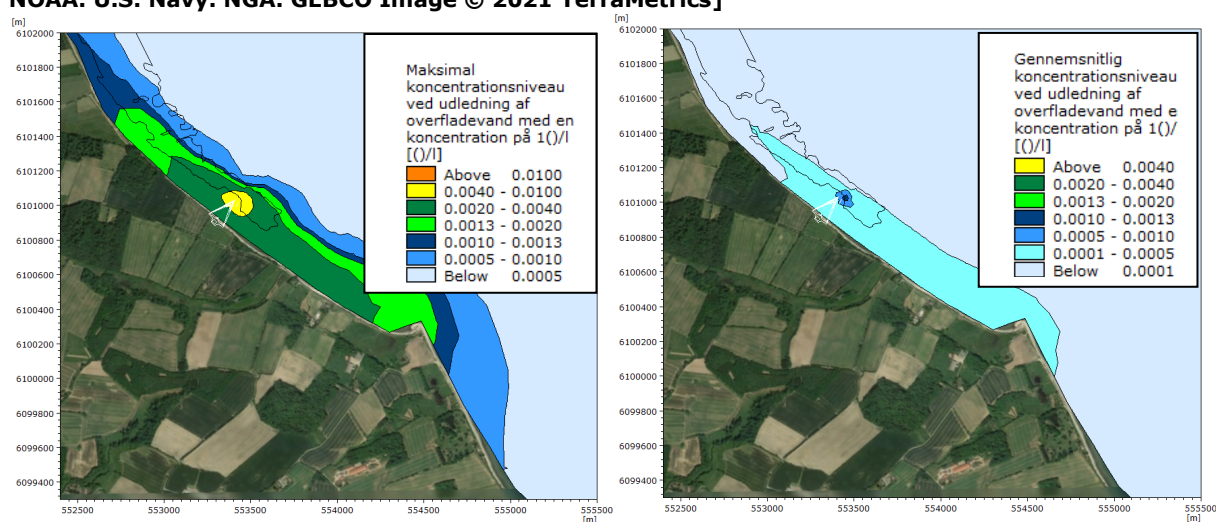
Den endelige position af udledningen fra regnvandsbassinet kan afvige fra den modellerede position, men det vurderes at modelberegningerne er baseret på en "worst-case" realistiske placering ift. pierspidsen, se projektbeskrivelsens *Kort 30 Pier*, hvor minimumafstanden er ca. 30 m. De beregnede fortyndingsgrader vurderes dermed, at være repræsentative for en placering af udløbet fra regnvandsbassinet i en afstand på ca. 25 – 40 m fra spidsen af pieren i både nordvestlig og sydøstlig retning.

Resultaterne er præsenteret som dybdemidlede og signifikante afvigelser mellem faktiske og antagede vanddybder kan således have en signifikant betydning for de midlede resultater.

Beregningerne er gennemført for et scenarie med en fuldt permeabel pier og for en stille sommermåned med en konstant udledning fra regnvandsbassinet på 5 l/s, se fortyndingsgrader i figur 7-4 og koncentrationsniveauer i figur 7-5.



**Figur 7-4: Minimum fortyndingsgrad (venstre) og gennemsnitlig fortyndingsgrad (højre) for udledt overfladevand i en periode med stille vejr (sommermåned). [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics]**



**Figur 7-5: Maksimal koncentrationsniveau (venstre) og gennemsnitlig koncentrationsniveau (højre) for udledt overfladevand med et koncentrationsniveau i det udledte vand på 1 (enhed)/l i en periode med stille vejr (sommermåned). [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics]**

Det fremgår af fortyndingsberegningerne, at der kan forventes en fortynding på minimum 100 ved spidsen af pieren og gennemsnitlig over en mdr. en fortynding på ca. 750.

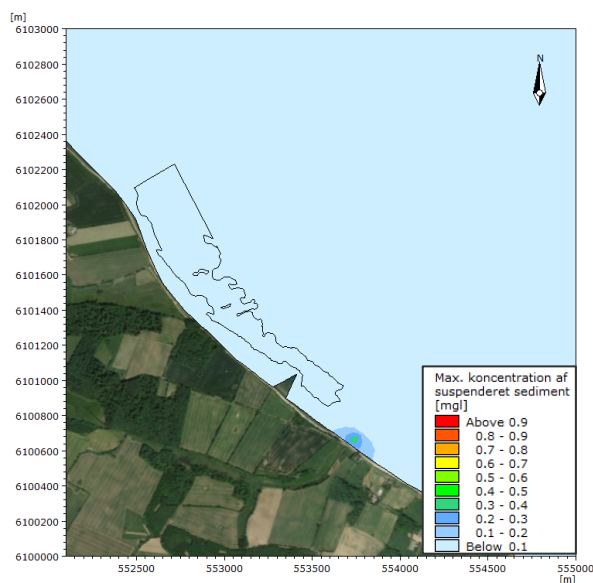
## 8 Resultater: Spredning af sedimenter fra Gildbæk

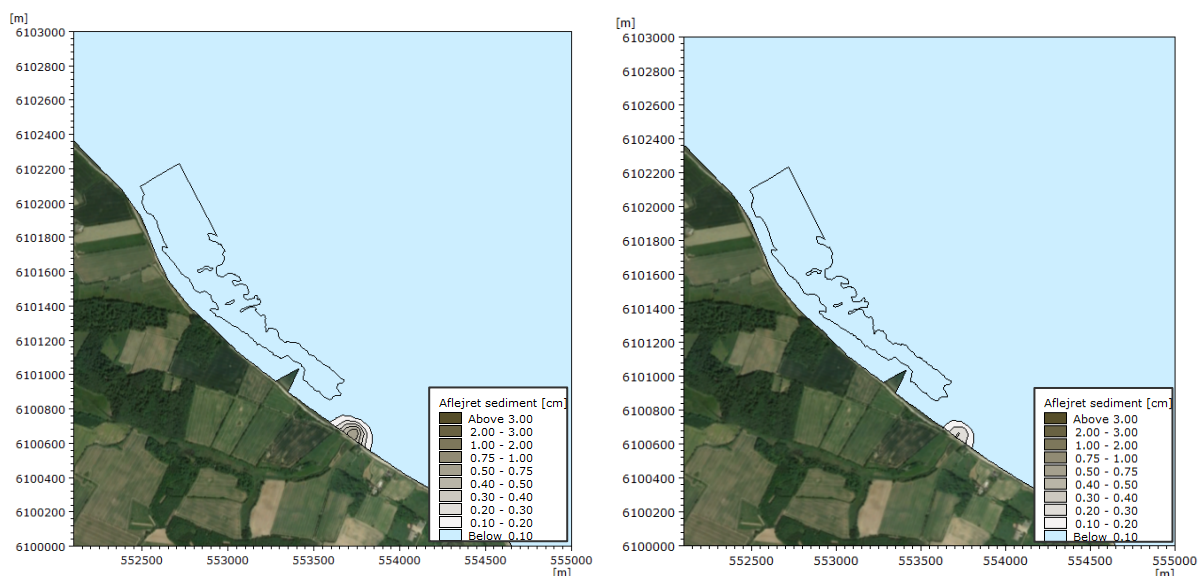
Udledning af sedimenter fra Gildbæk giver anledning til en koncentration af suspenderet sediment i vandsøjlen og aflejring af sedimenter i en større eller mindre afstand fra Gildbæks udløb. Ændring af mængden af udledt materiale vil dermed give anledning til en ændring af koncentrationen af suspenderet sediment og en ændring af aflejringstykkelser.

Resultaterne for modelberegningerne for spredning af suspenderet sediment udledt fra Gildbæk er vist i form af areal-plots af:

- fremtidige årlige forhold (maksimal SSC samt tykkelse af aflejret sediment)
- ændring af tykkelse af årlig aflejret sediment.

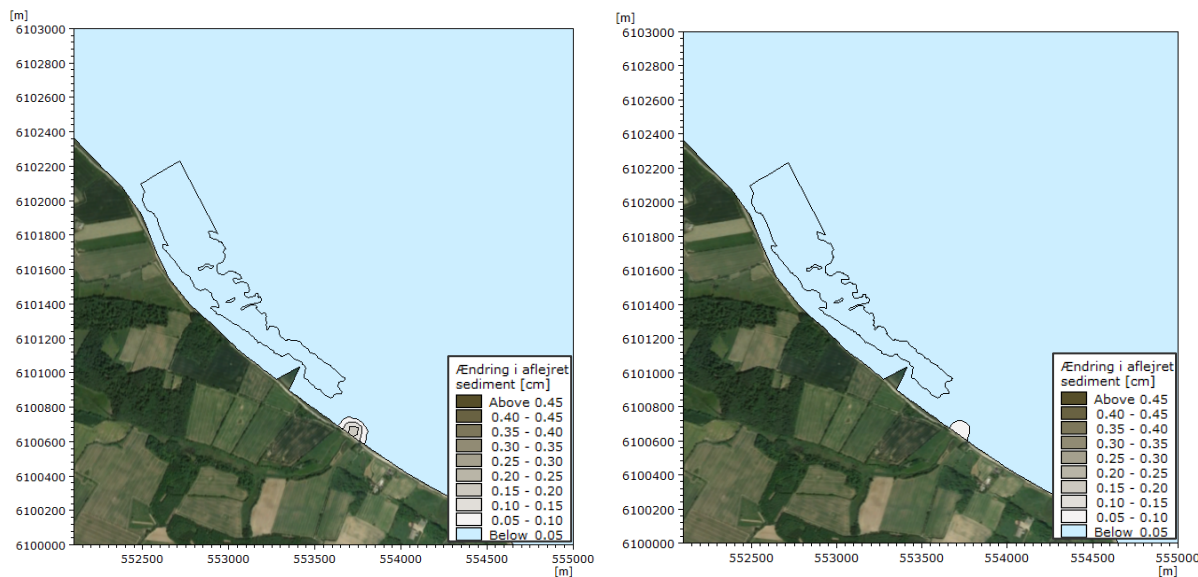
De årlige forhold er baseret på modelberegningerne af de to udvalgte perioder (jf. afsnit 4.3) skaleret op til årlige værdier, se figur 8-1. Den maksimale koncentration af suspenderet sediment udledt fra Gildbæk er således mindre end 0,5 mg/l med de anvendte forudsætninger.





**Figur 8-1: Fremtidig årlig maksimal koncentration af suspenderet sediment udledt fra Gildbæk (øverst) samt årlig aflejret sediment-mængde under forudsætning af en densitet af det aflejrede sediment på 800 kg/m<sup>3</sup> (nederst venstre) og 1500 kg/m<sup>3</sup> (nederst højre). [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

Ændring i årlig aflejret sedimenttykkelse, som følge af øget vand- og sedimentudledning i 2037, er vist på figur 8-2. Etableringen af Nordals Ferieresort og tilhørende regnvandsbassiner vil dermed bidrage til, at aflejringstykkelsen lokalt omkring Gildbækkens udløb øges med op til ca. 2 mm årligt.



**Figur 8-2: Ændring i årlig aflejret sediment under forudsætning af en densitet af det aflejrede sediment på 800 kg/m<sup>3</sup> (venstre) og 1500 kg/m<sup>3</sup> (højre). [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

## 9 Usikkerheder i forbindelse med analyse

Sedimenttransport og kystudvikling, der er drevet af vind og bølger som er varierende af natur, er dynamisk og kan variere fra år til år. Derfor skal resultater fra den nærværende analyse betragtes som gennemsnitlige tendenser baseret på et reference-år, og dermed ikke et udtryk for den eksakte effekt fra etableringen af pieren.

Koncentrationer af suspenderet sediment samt indhold af E.coli og enterokokker er alle baseret på dybdemidlede resultater, hvormed det faktiske vandvolumen har stor betydning for resultaterne. Idet der ikke foreligger detaljerede lokale data omkring vanddybder vil disse resultater være behæftet med en vis usikkerhed.

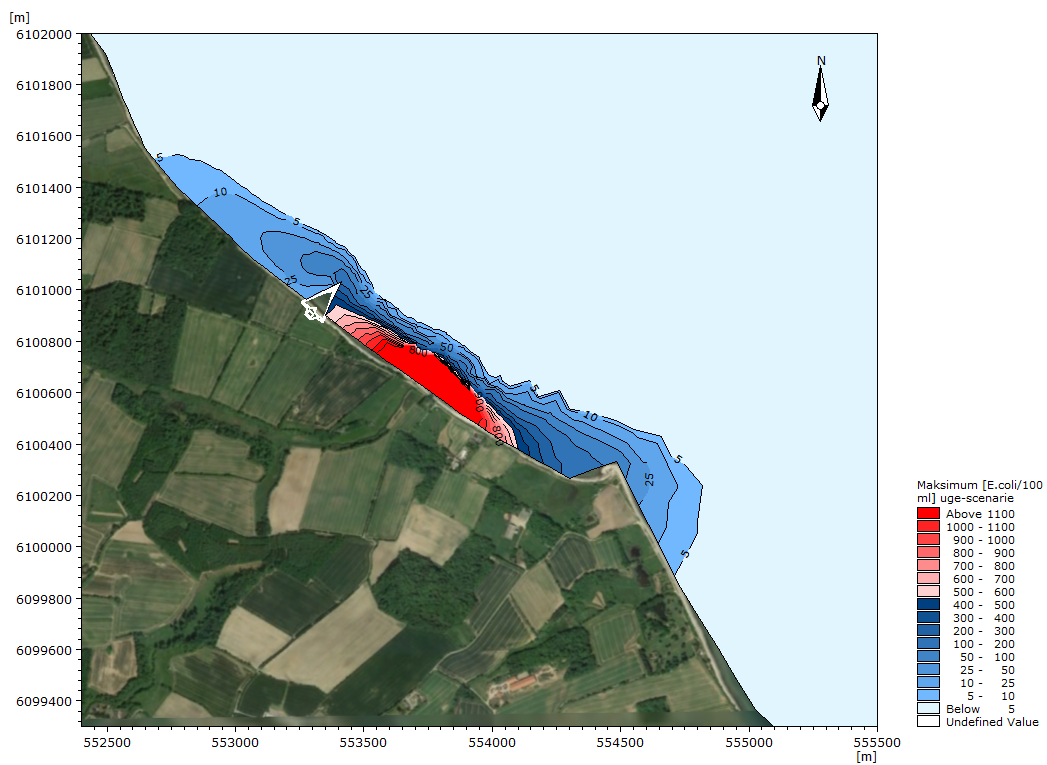
Til gennemførelse af nærværende analyser har der været relativt begrænsede information vedr. sedimentkarakteristik og tykkelse af mobilt sediment. For vurderinger af den naturlige sedimenttransport er denne usikkerhed dog delvist imødekommet ved at alle vurderinger er baserede på relative ændringer, ved at anvende konservative værdier for middeldkornstørrelse samt ved at analysere på forskelle i sedimenttransportkapaciteter. For modelberegninger af sedimentspredning vil et andet indhold af fint materiale, anden spildprocent eller anden fraktionsfordeling betyde en ændring af resultaterne. På en række parametre vurderes dog, at der er anvendt en konservativ tilgang og generelt giver fjernelse af rammehindringer og udledning af sediment fra Gildbæk dog anledning til et meget lavt indhold af suspenderet sediment og meget små lagtykkelser af aflejret sediment.

Overordnet set vurderes, at datagrundlaget og dermed præcisionen for den anvendte model, samt analysemetoden, bevirker til at resultater fra nærværende analyse hovedsageligt kan betragtes som kvalitative, og kun delvist kvantitative (dvs. størrelsesordener for erosion, bundændringer samt udbredelse og koncentrationsniveauer).

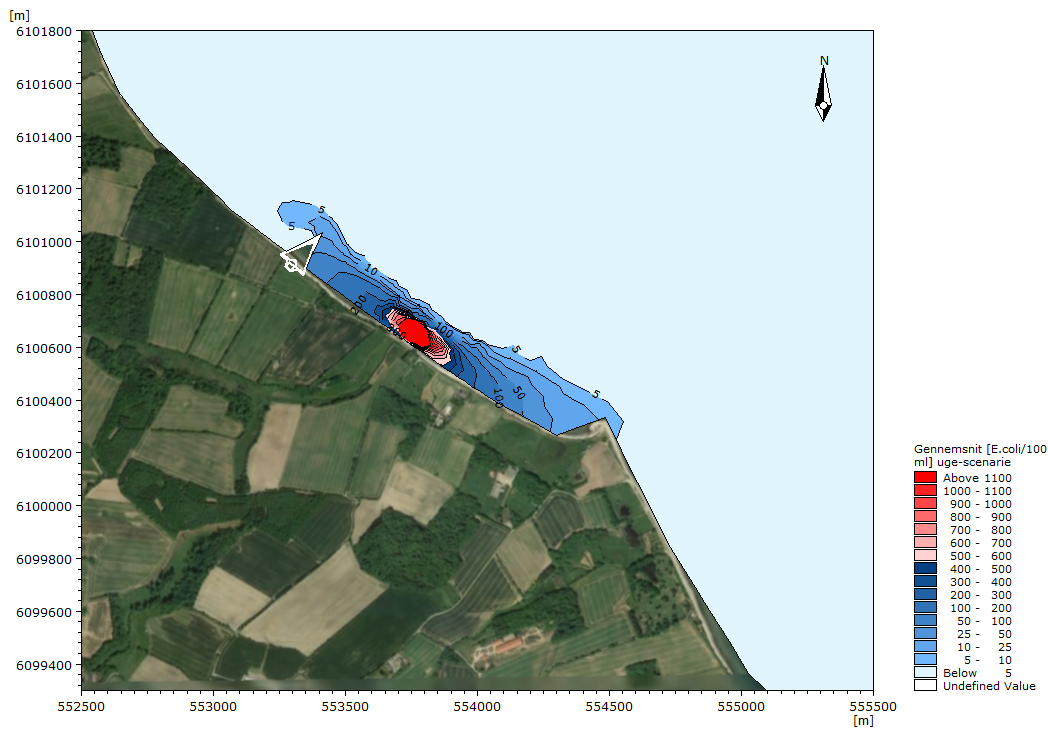
## APPENDIKS 1 BADEVANDSKVALITET

I nærværende appendiks er resultater for badevandskvaliteten for alle fire simulerede perioder vist.

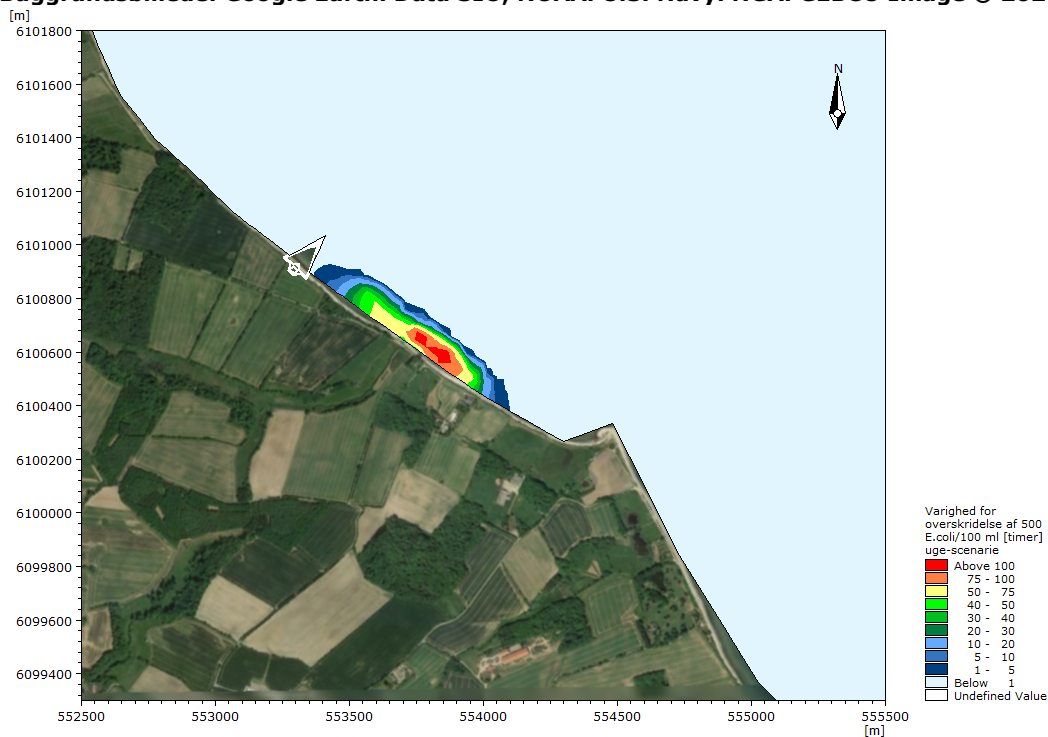
- Resultater for indhold og spredning af E.coli: figur 9-1 – figur 9-12
- Resultater for indhold og spredning af enterokokker: figur 9-13 - figur 9-28



**Figur 9-1: Maksimalt indhold af E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 1.**  
[Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].

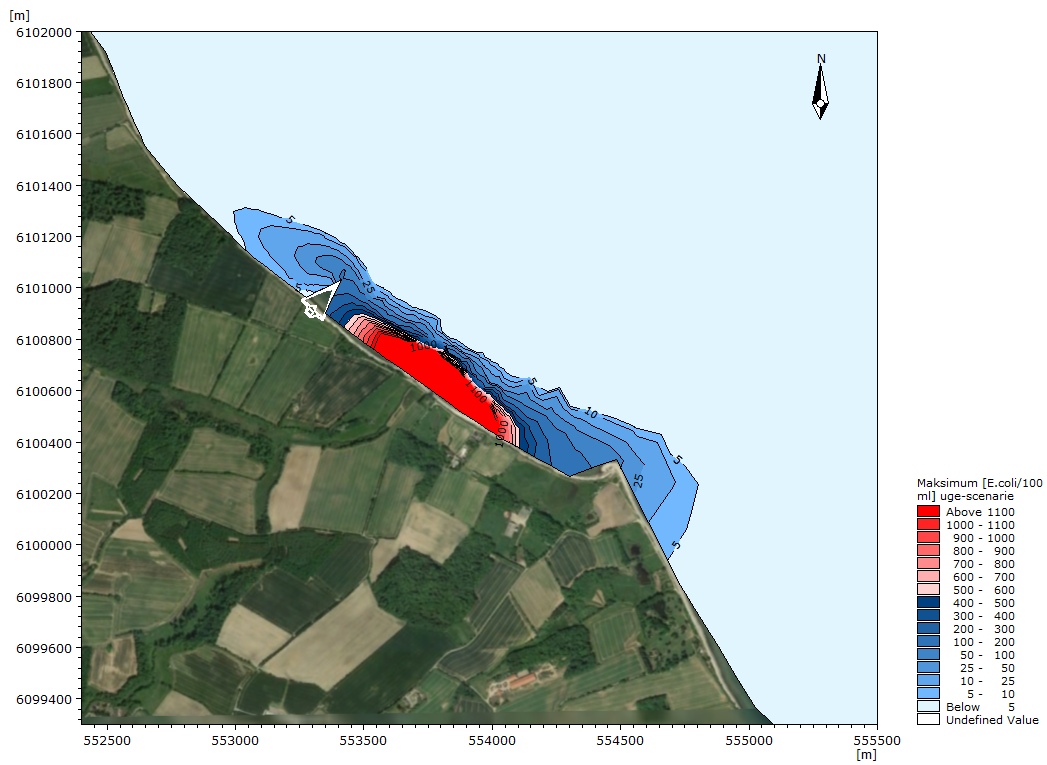


**Figur 9-2: Gennemsnitligt indhold af E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

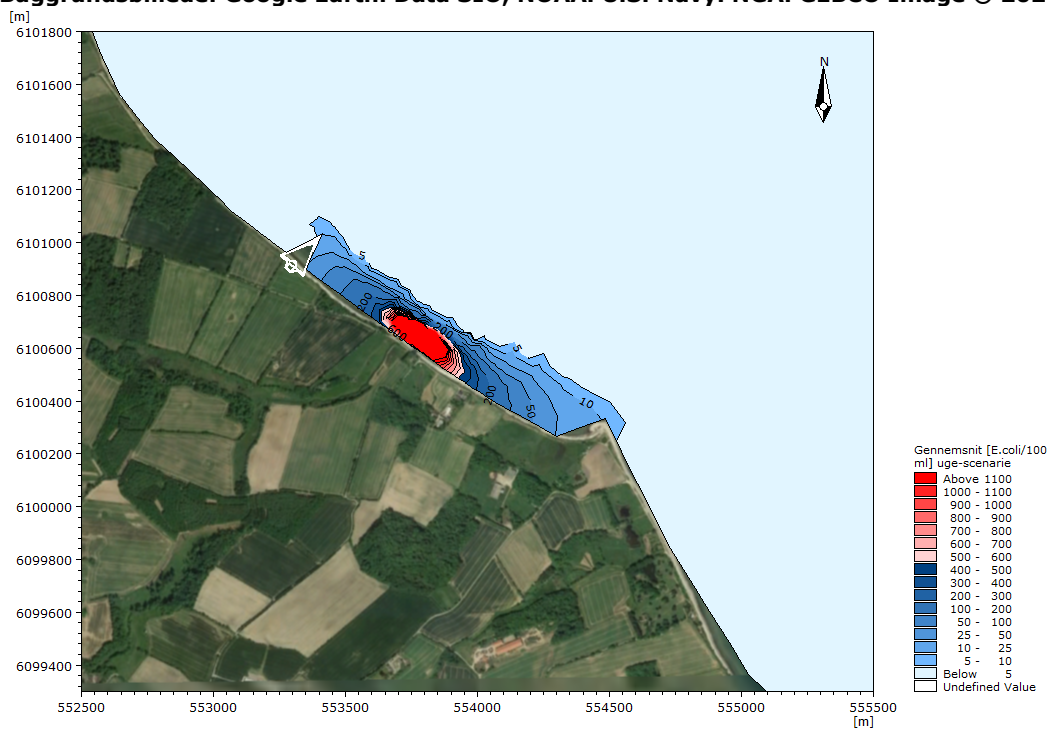


**Figur 9-3: Varighed for overskridelse af 500 E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

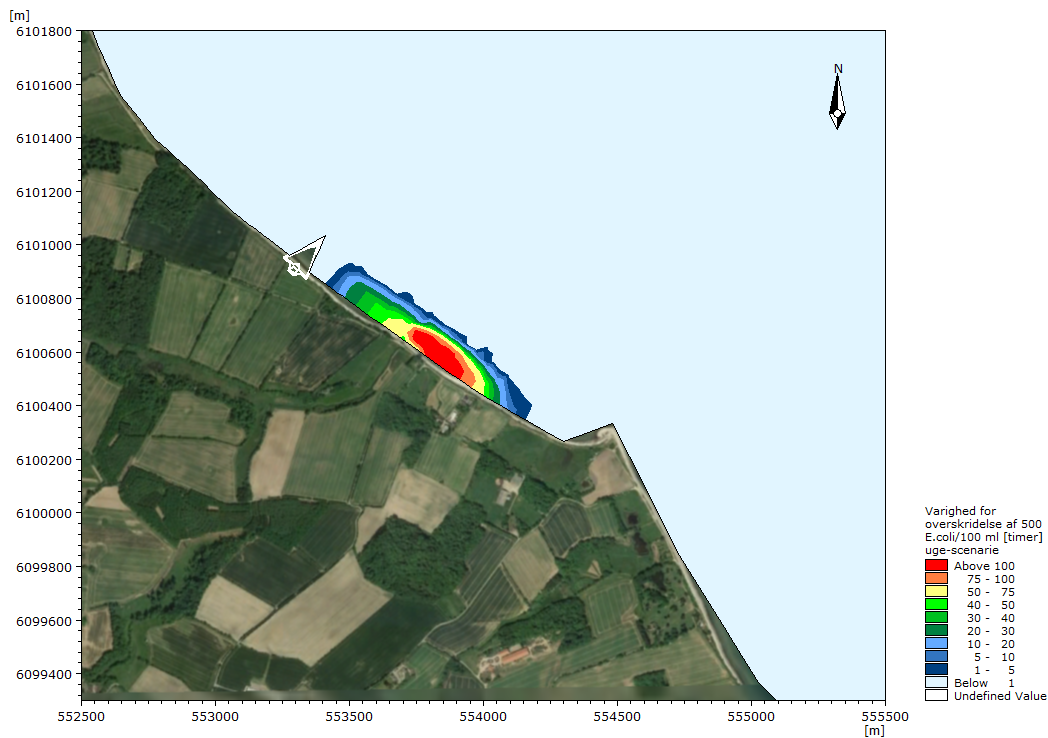




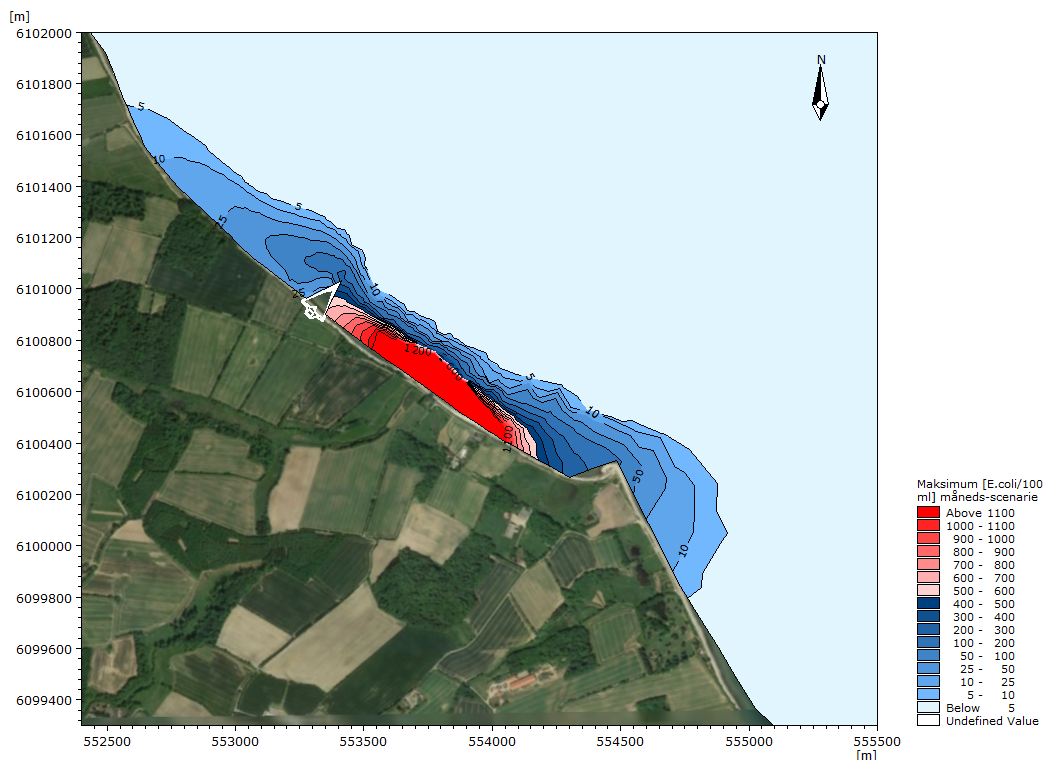
**Figur 9-4: Maksimalt indhold af E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 2.**  
 [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].



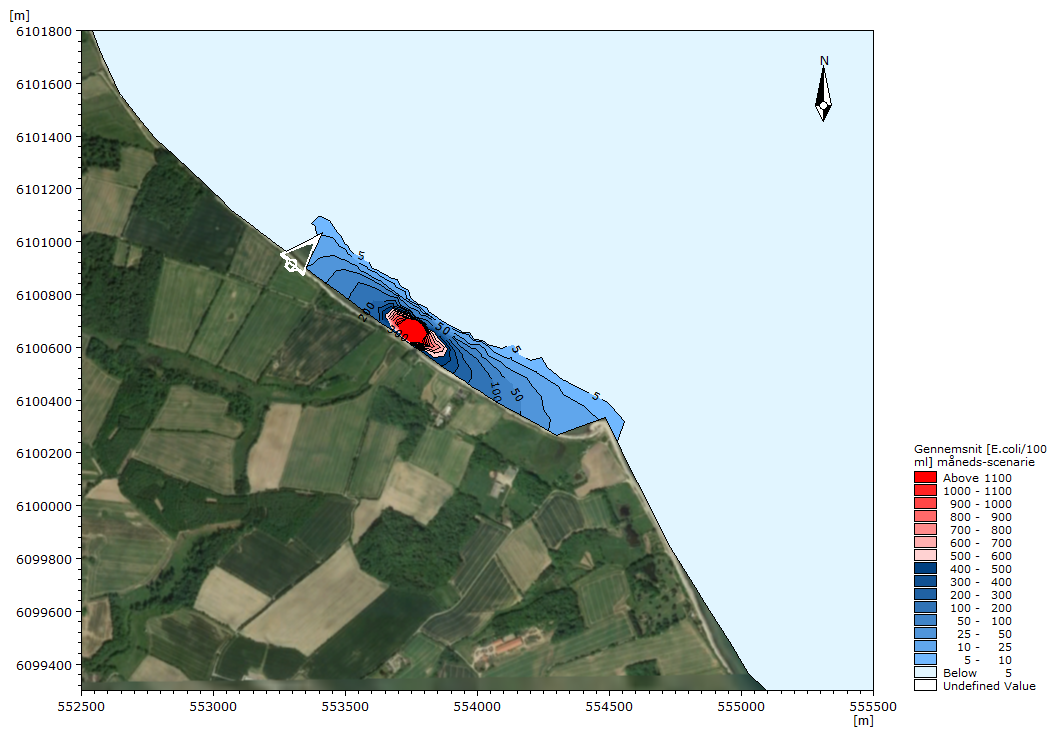
**Figur 9-5: Gennemsnitligt indhold af E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 2.**  
 [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].



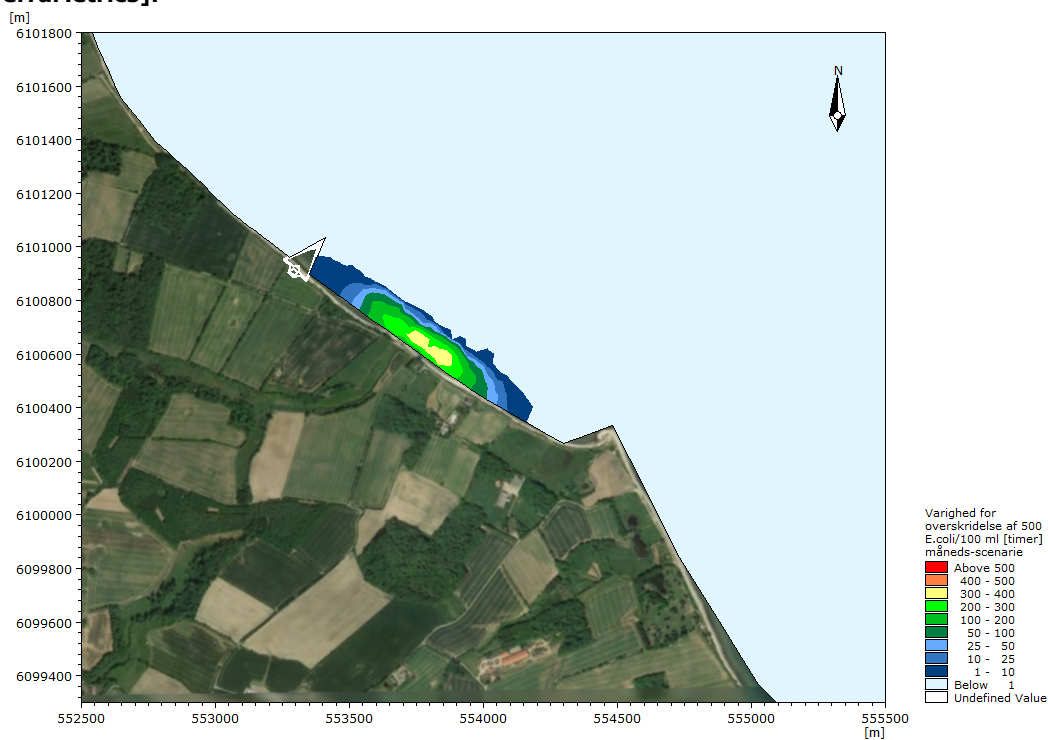
**Figur 9-6: Varighed for overskridelse af 500 E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



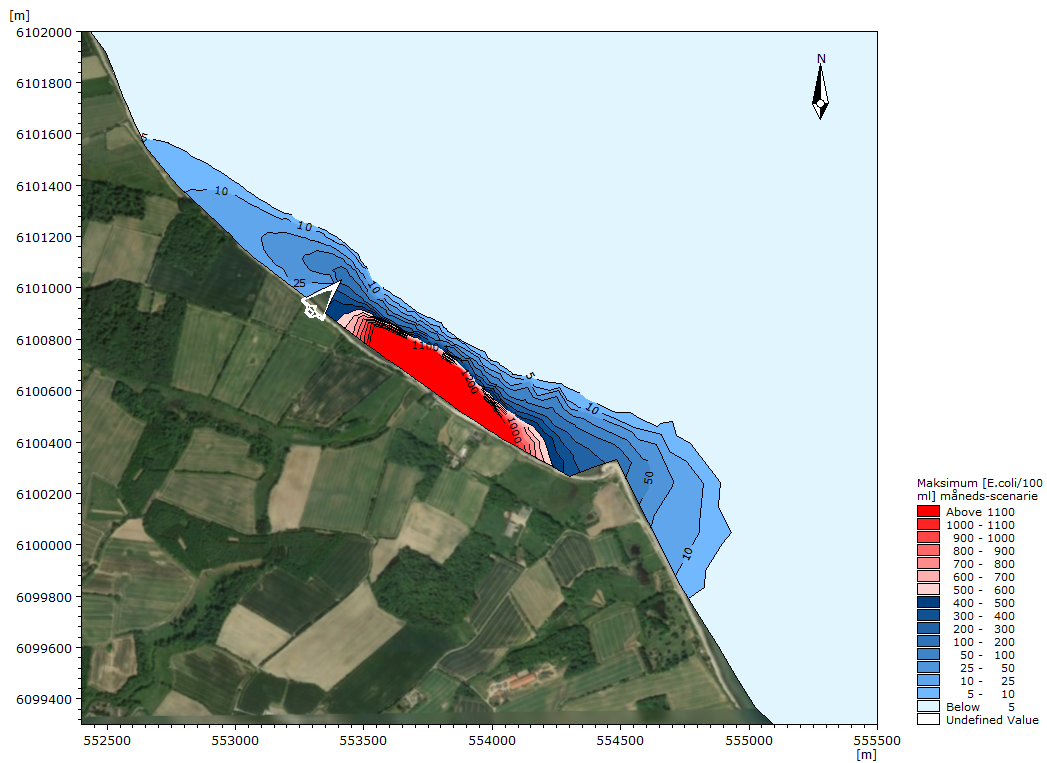
**Figur 9-7: Maksimalt indhold af E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



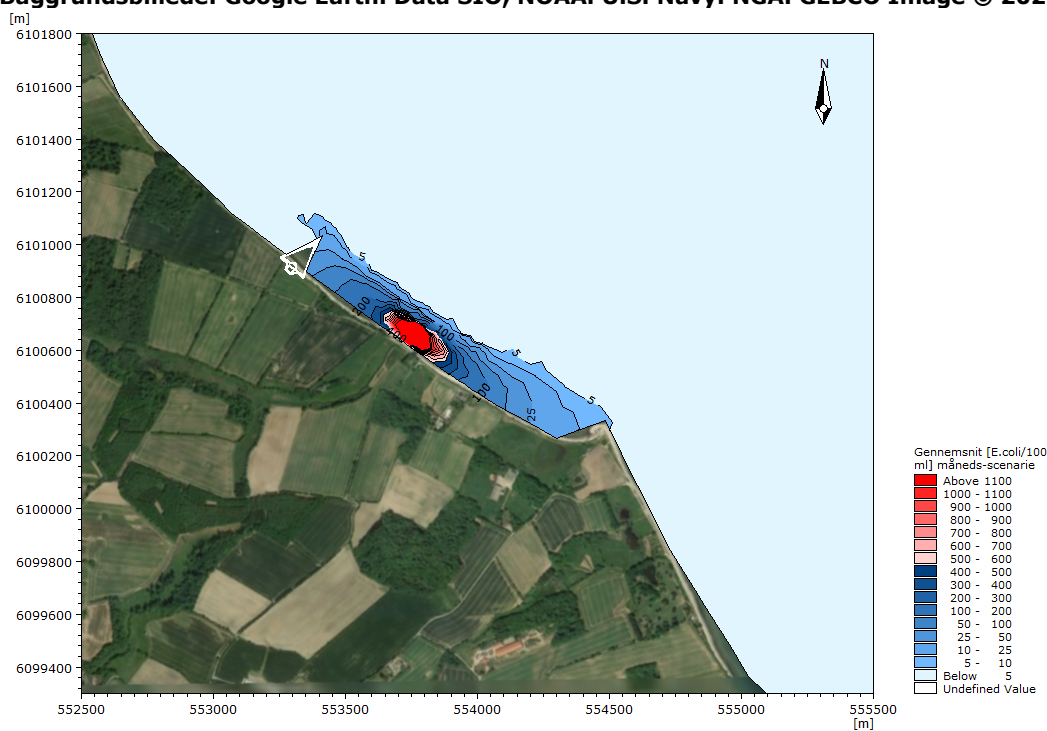
**Figur 9-8: Gennemsnitligt indhold af E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



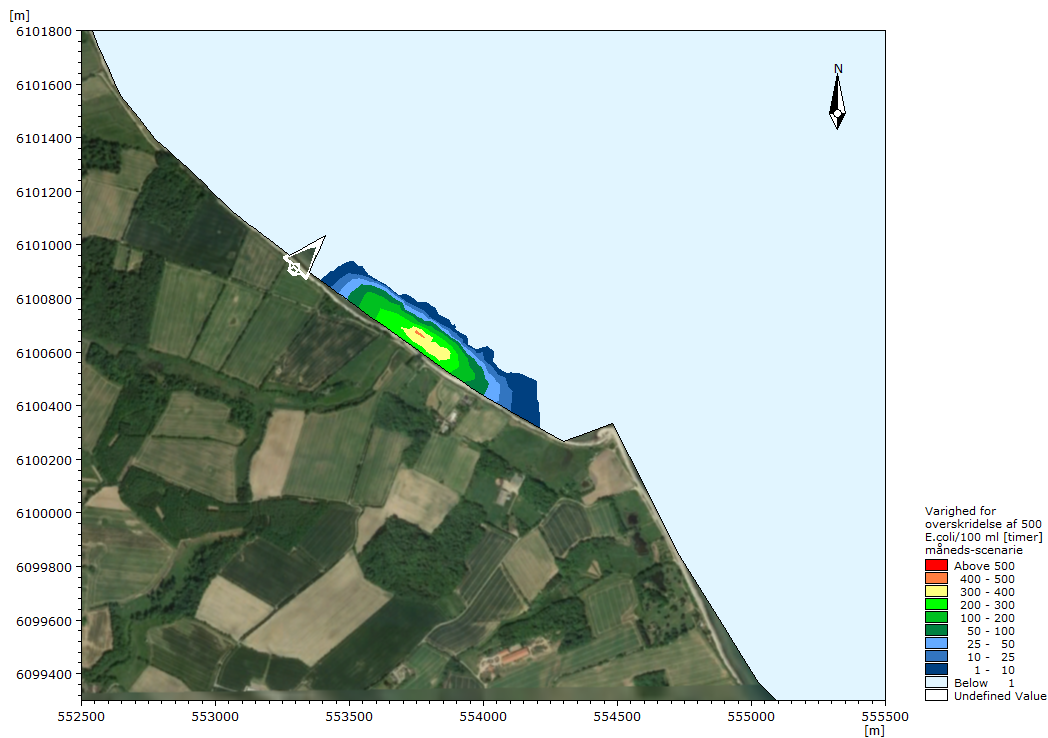
**Figur 9-9: Varighed for overskridelse af 500 E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



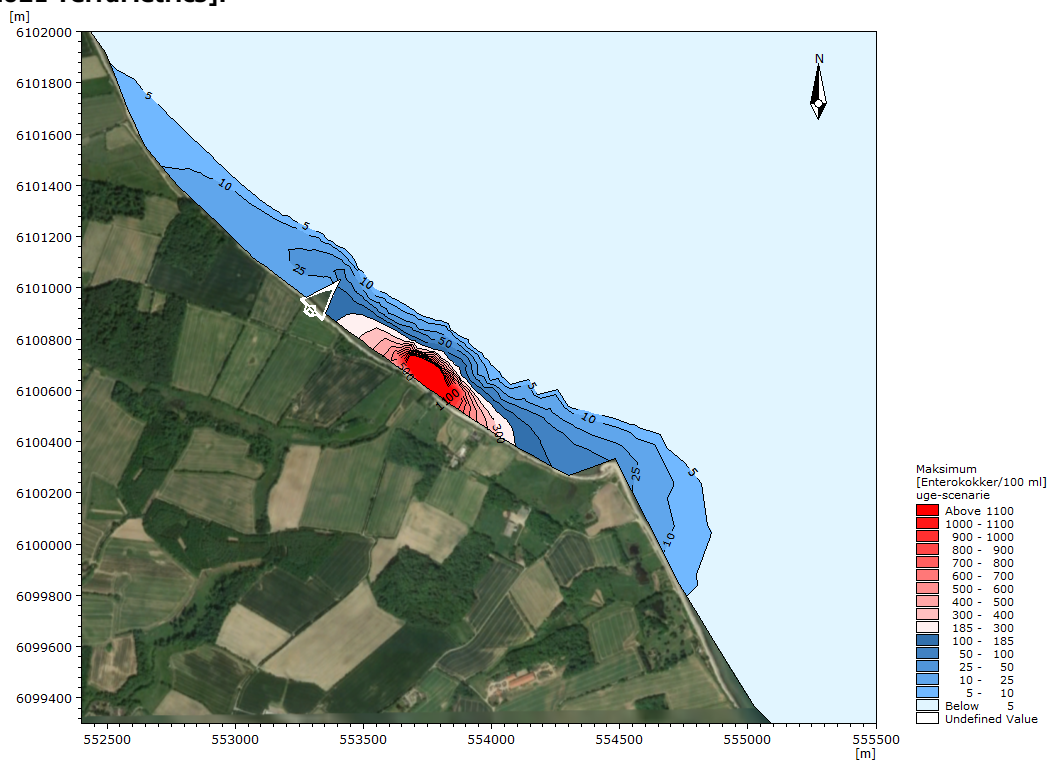
**Figur 9-10: Maksimalt indhold af E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, Mdr. 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



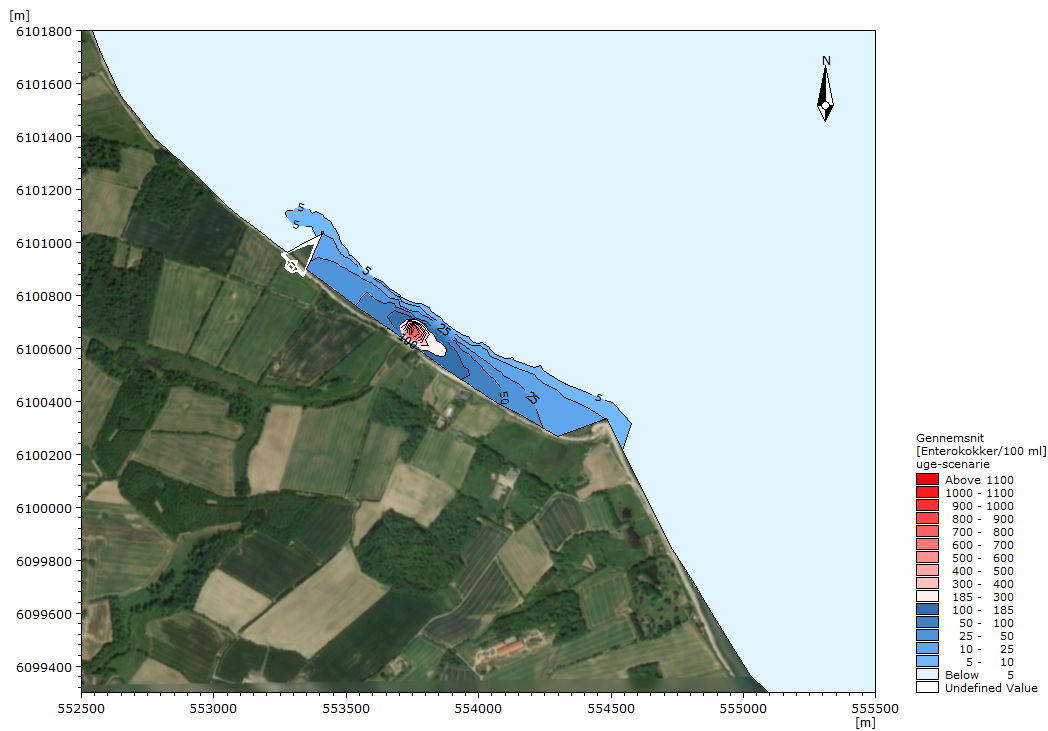
**Figur 9-11: Gennemsnitligt indhold af E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



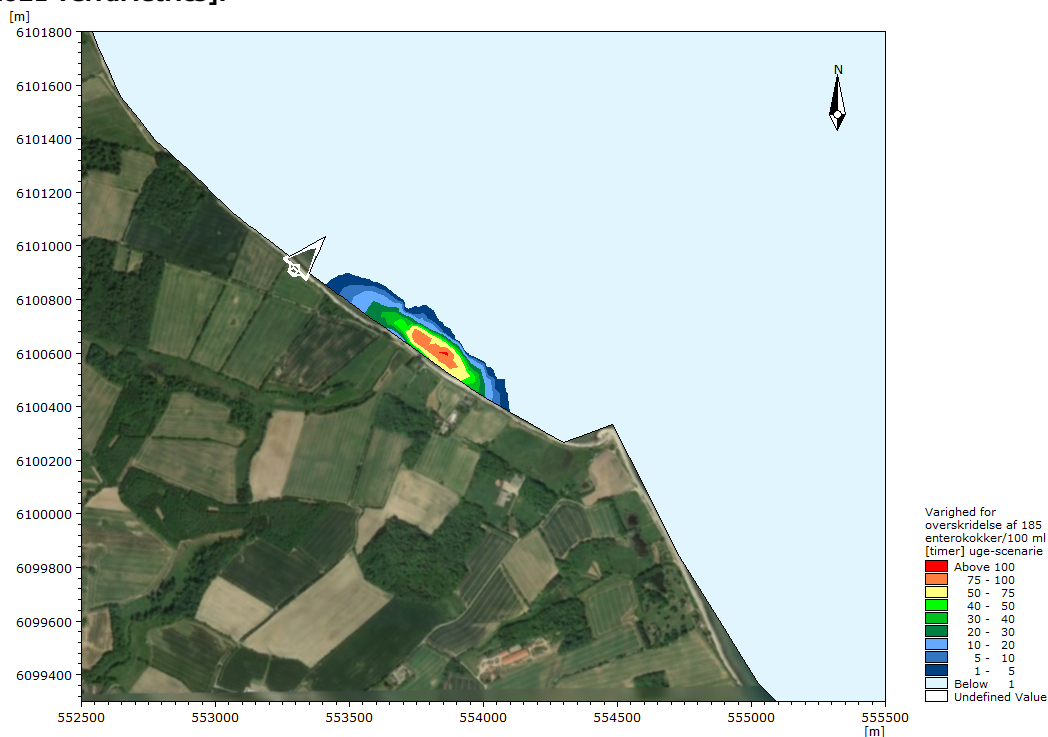
**Figur 9-12: Varighed for overskridelse af 500 E.coli/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



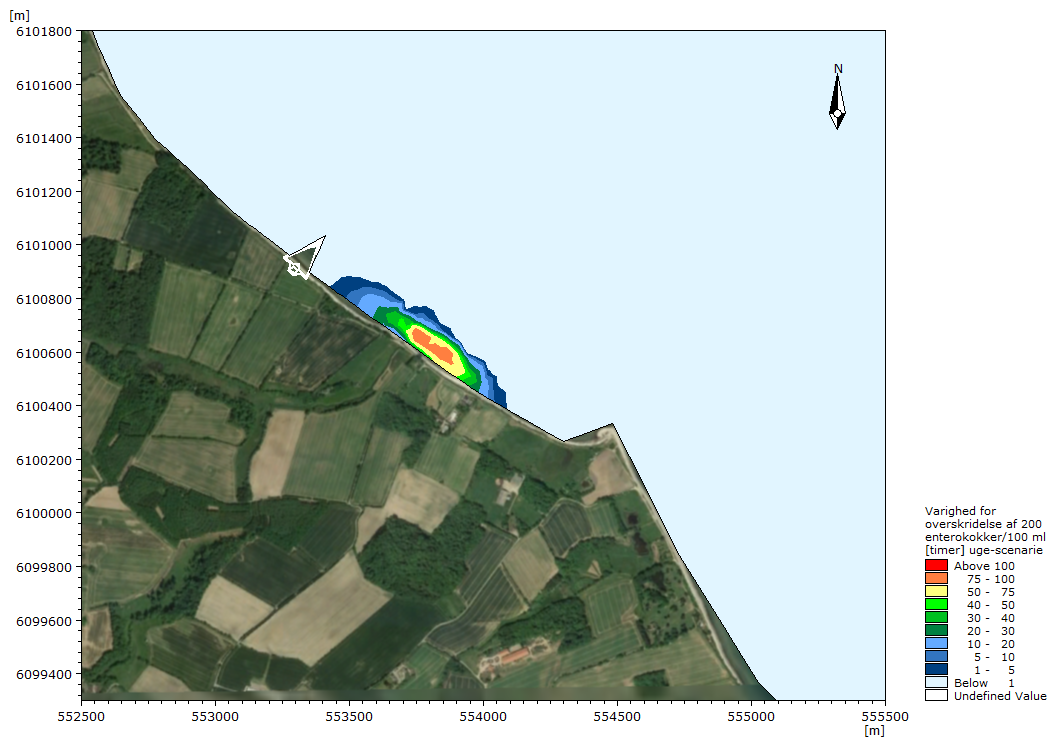
**Figur 9-13: Maksimalt indhold af enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



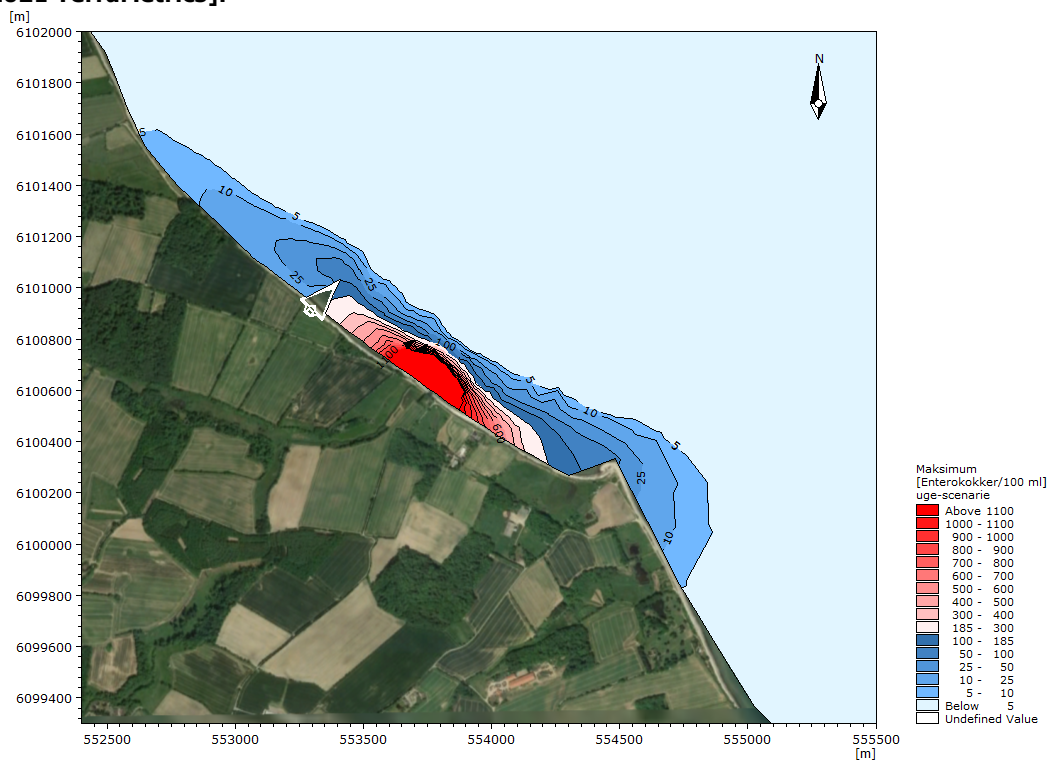
**Figur 9-14: Gennemsnitligt indhold af enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



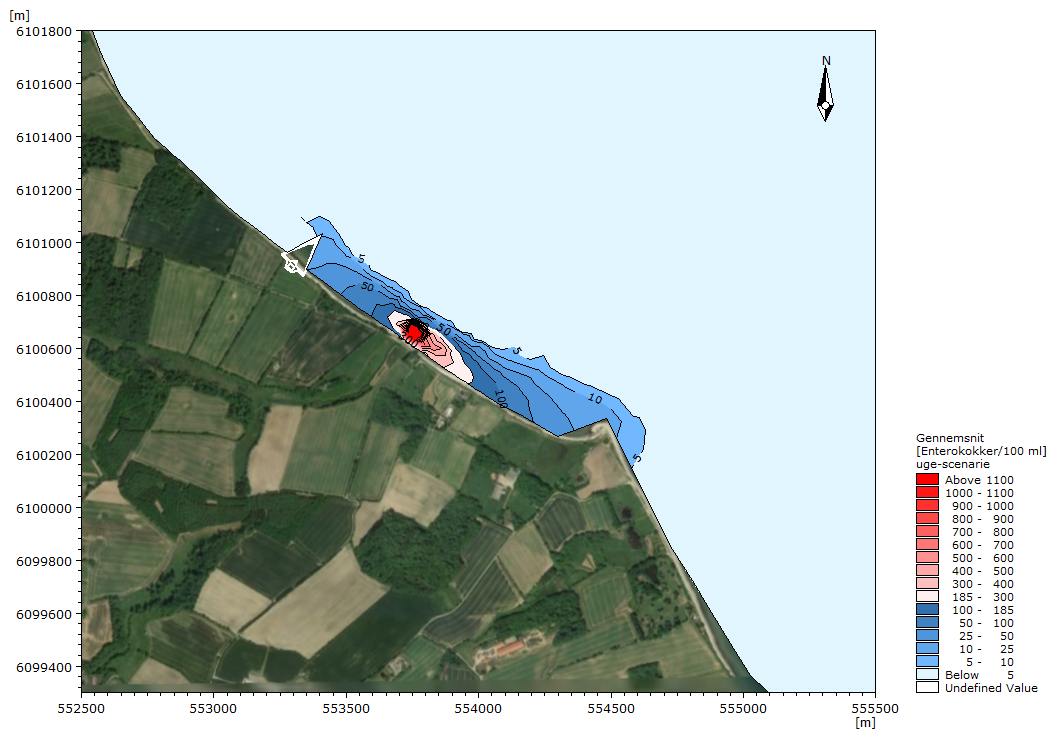
**Figur 9-15: Varighed for overskridelse af 185 enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



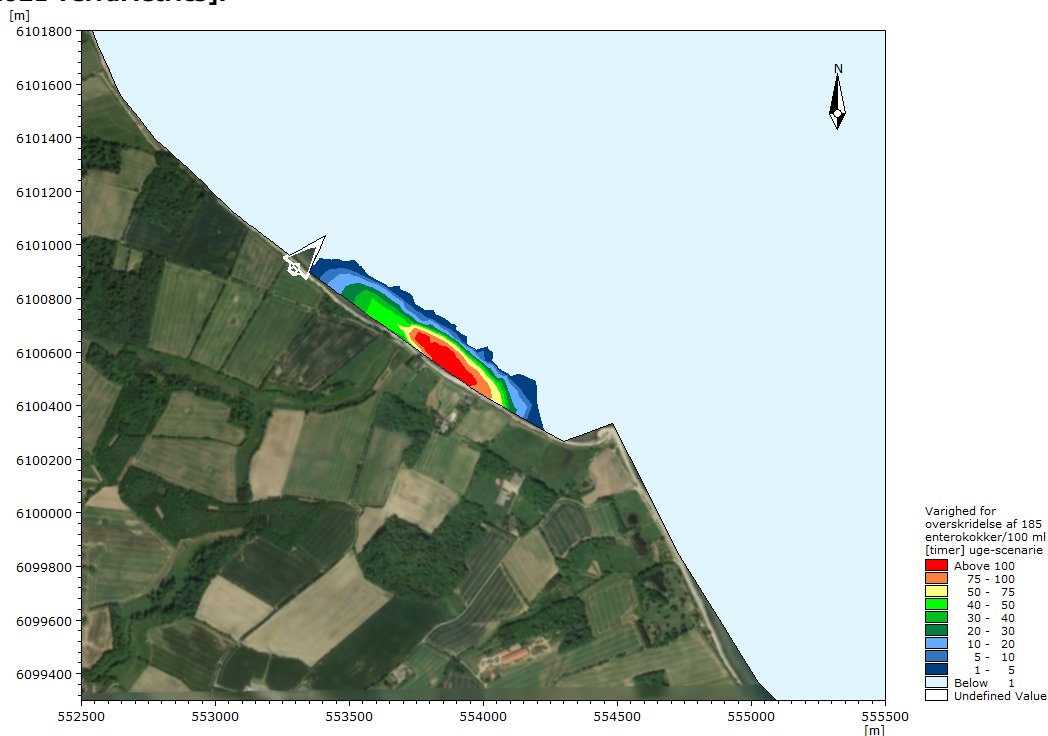
**Figur 9-16: Varighed for overskridelse af 200 enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



**Figur 9-17: Maksimale indhold af enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

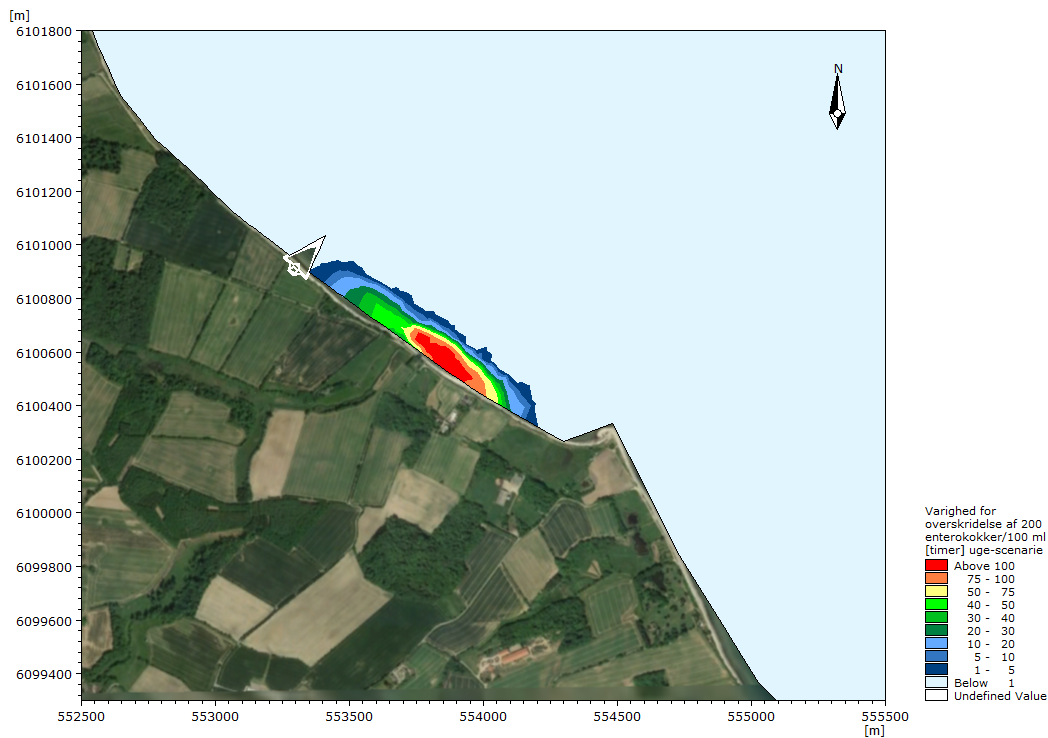


**Figur 9-18: Gennemsnitligt indhold af enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

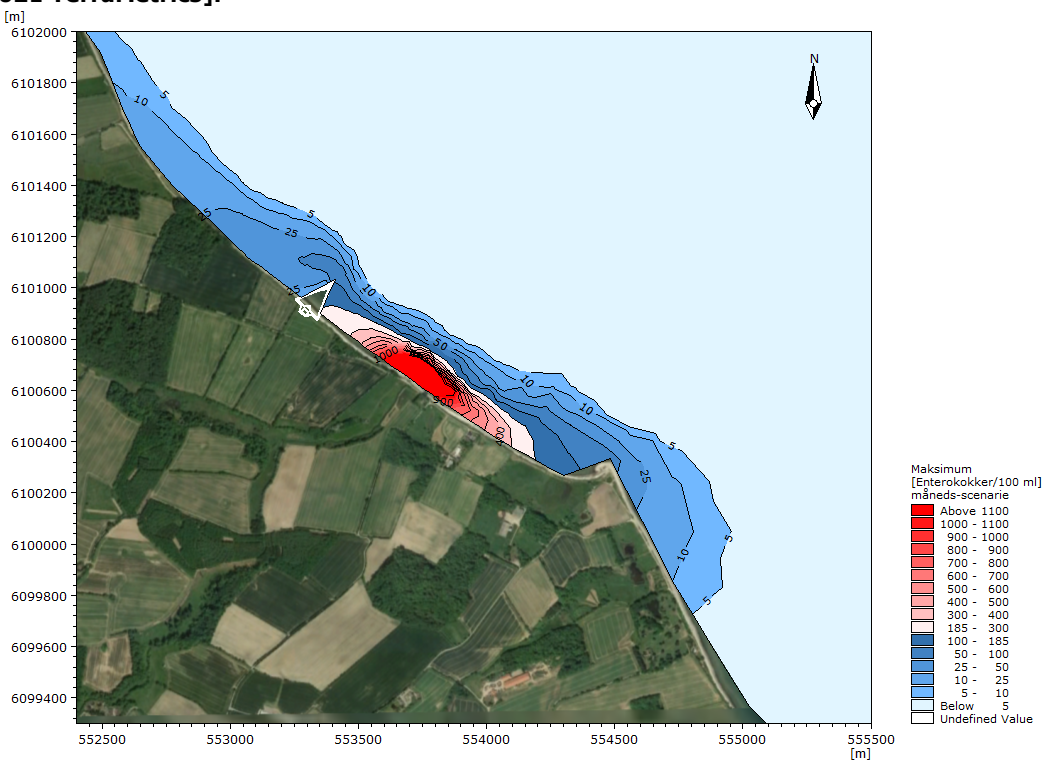


**Figur 9-19: Varighed for overskridelse af 185 enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**

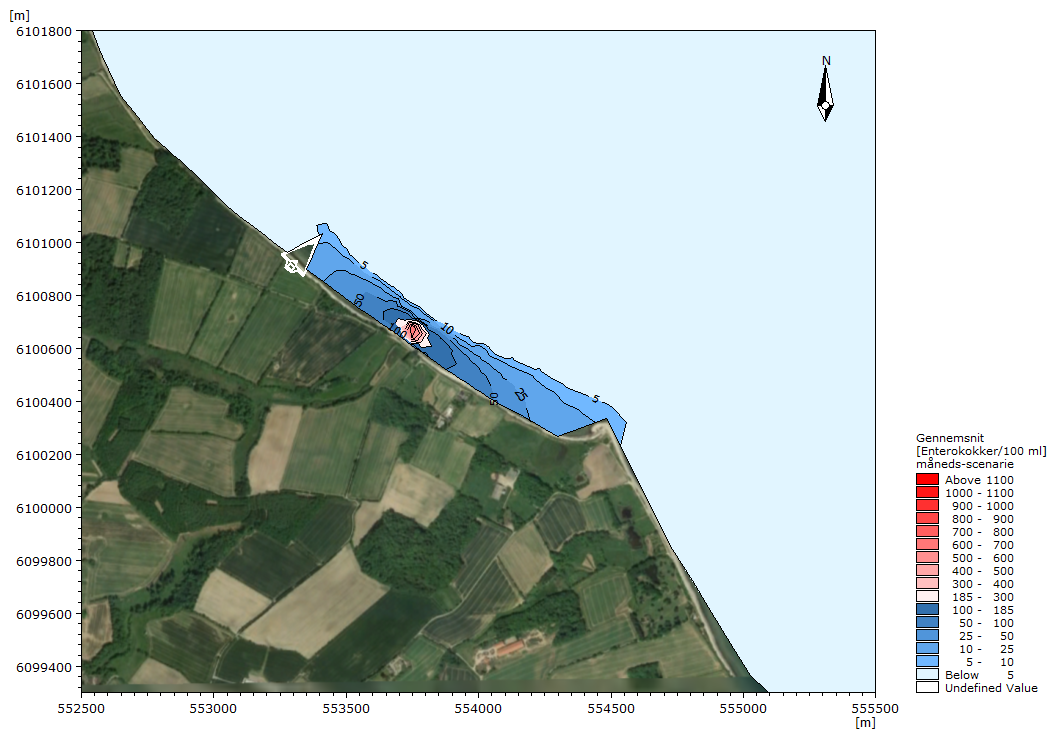




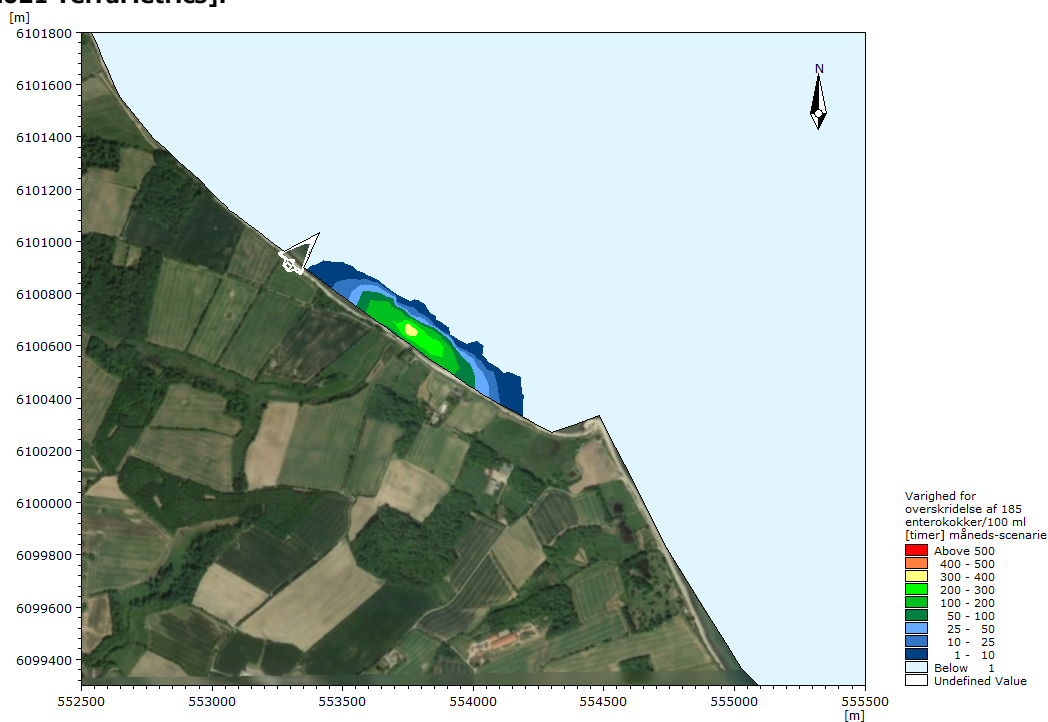
**Figur 9-20: Varighed for overskridelse af 200 enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en uges varighed, juni 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



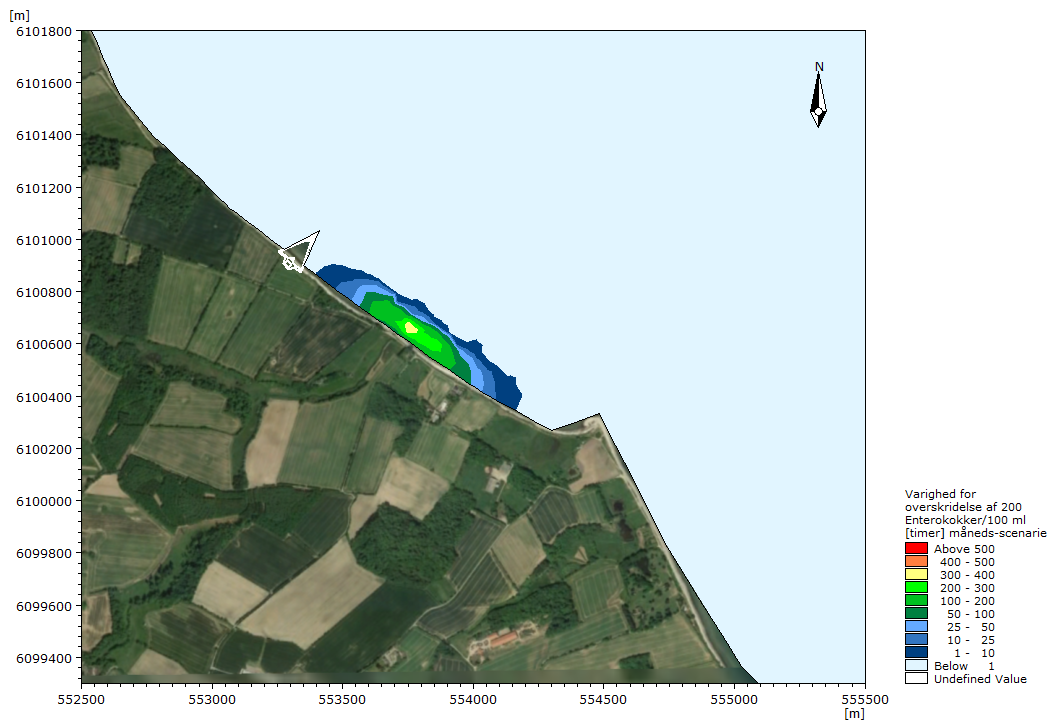
**Figur 9-21: Maksimale indhold af enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



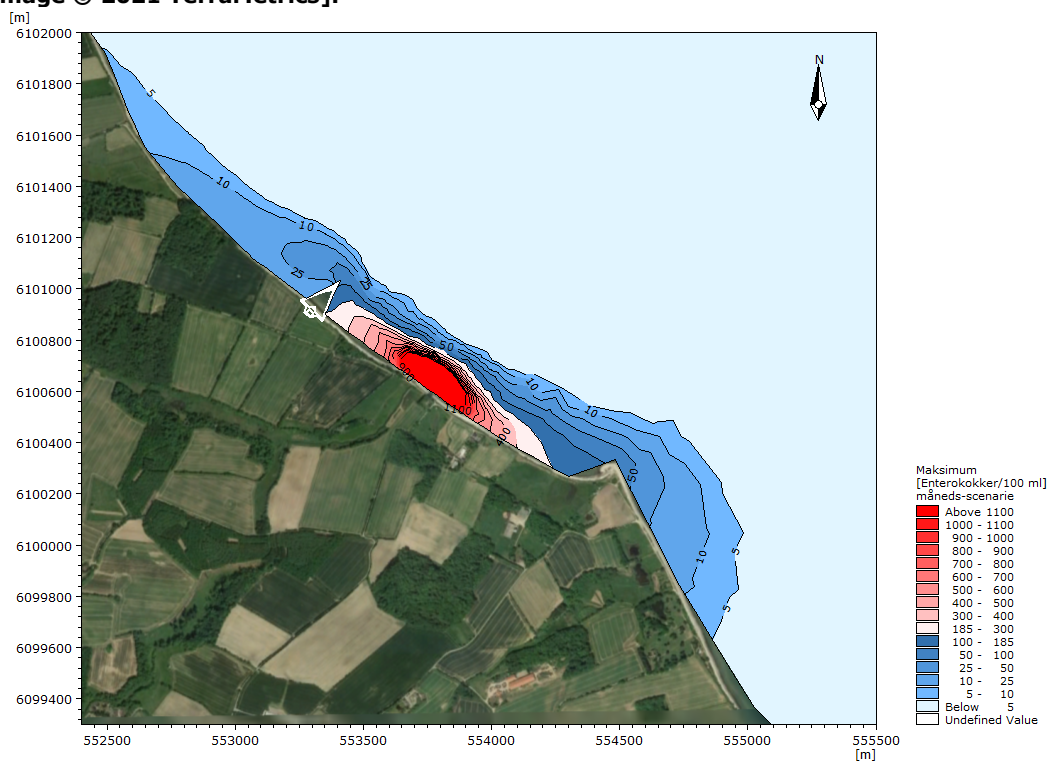
**Figur 9-22: Gennemsnitligt indhold af enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



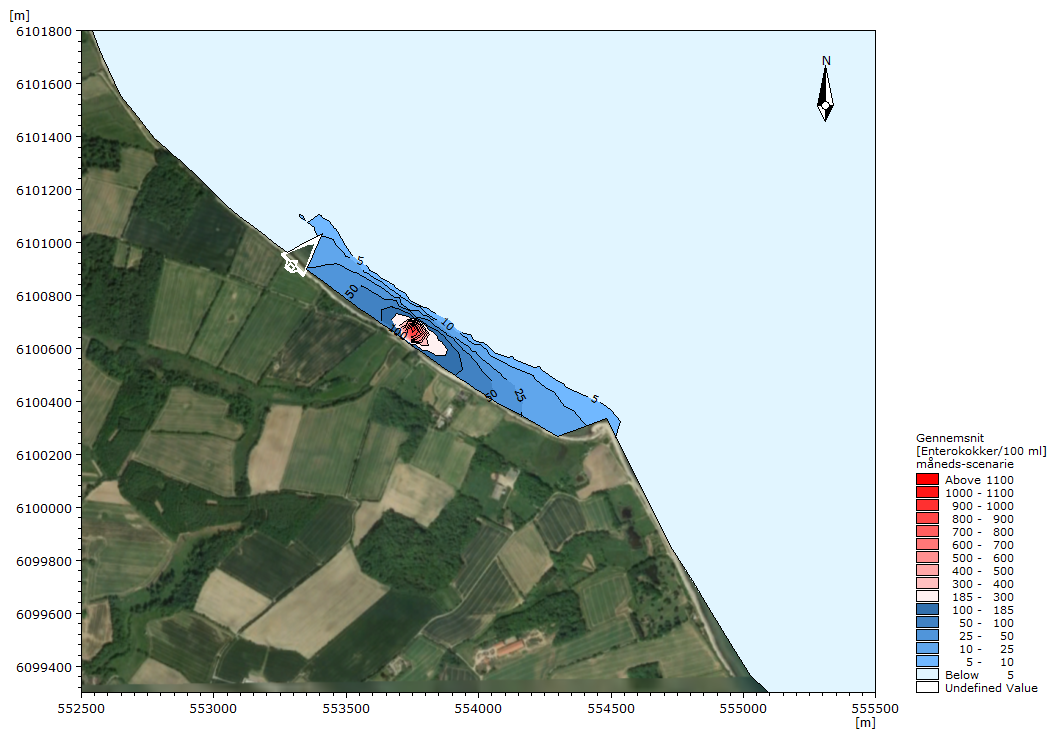
**Figur 9-23: Varighed for overskridelse af 185 enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



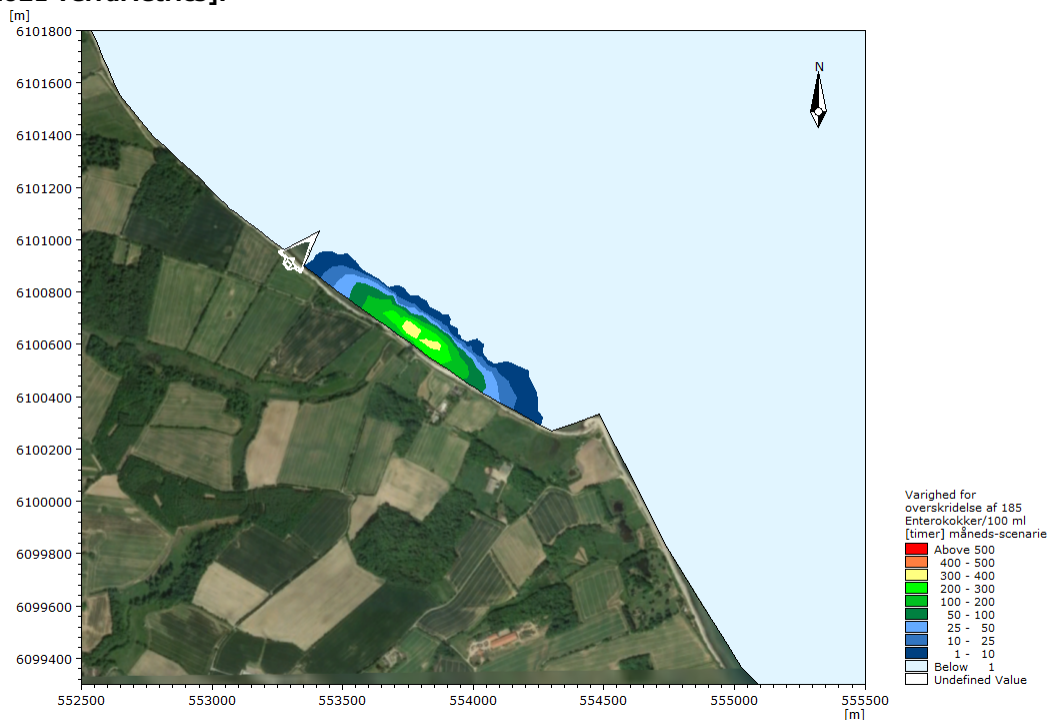
**Figur 9-24: Varighed for overskridelse af 200 enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 1. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



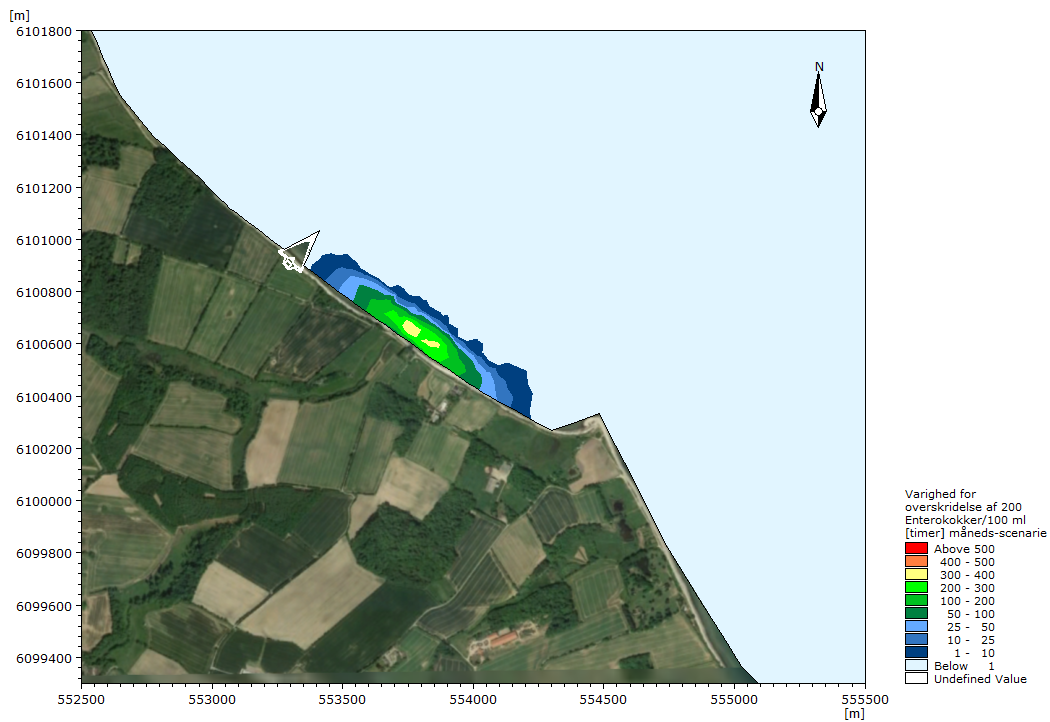
**Figur 9-25: Maksimale indhold af enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



**Figur 9-26: Gennemsnitligt indhold af enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



**Figur 9-27: Varighed for overskridelse af 185 enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**



**Figur 9-28: Varighed for overskridelse af 200 enterokokker/100 ml for en simuleringsperiode af en måneds varighed, mdr. 2. [Baggrundsbillede: Google Earth. Data SIO, NOAA. U.S. Navy. NGA. GEBCO Image © 2021 TerraMetrics].**