



Nordkystens Fremtid

Analyse af strandfodringens påvirkning af habitatnatur langs Nordkysten

Bilag 14

Nordkystens Fremtid

Dato: 30. september 2024

Indholdsfortegnelse

1.	Introduktion	4
2.	Resumé	6
2.1	Natura 2000-områder	6
2.2	Metode	6
2.3	Resultater	7
3.	Projektområdet	9
3.1	Natura 2000-områder langs Nordkysten	12
3.1.1	Natura 2000-område nr. 153 Havet og kysten mellem Hundested og Rørvig	12
3.1.2	Natura 2000-område nr. 135 Tisvilde Hegn og Melby Overdrev	13
3.1.3	Natura 2000-område nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten	14
3.1.4	Natura 2000-område nr. 129 Gilbjerg Hoved	17
3.1.5	Natura 2000-område nr. 130 Teglstrup Hegn og Hammermølle Skov	18
4.	De fem analyserede scenarier	19
4.1.1	Fravalgte scenarier	19
4.1.2	Baggrund for valg af scenarier	20
4.2	Naturlig kystudvikling	20
4.3	Projektforslaget: Strandfodring med sand og ral	20
4.4	Referencescenariet: Nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse	21
4.5	Alternativ D: Strandfodring med ral	21
4.6	Alternativ E: Strandfodring med sand	21
5.	Metodebeskrivelse	22
5.1	Analyse og fremskrivning af strandlinjen	22
5.1.1	Naturlig kystudvikling uden kystbeskyttelse	23
5.1.2	Kystudvikling med hård kystbeskyttelse	25
5.1.3	Fodringsscenarier	26
5.1.3.1	Læsideerosion forårsaget af fodring med ral (Alternativ D)	30
5.2	Analyse og fremskrivning af stenrev og sandbanke	32
5.2.1	Udvikling i forhold mellem sandbund og stenbund	32
5.2.2	Påvirkning af stenrev og sandbanke	36
5.2.3	Definition på sandbanke	37
6.	Resultater	40
6.1	Analyse og variabilitet af stenbund og sandbund	40

6.1.1	Fremskrivning stenrev og sandbanke.....	43
6.2	Arealændringer som følge af de fem scenarier	45
6.2.1	Naturlig kystudvikling	45
6.2.2	Referencescenariet: Nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse	45
6.2.3	Projektforslaget: Strandfodring med sand og ral	47
6.2.3.1	Sammenligning af referencescenariet og projektforslaget.....	49
6.2.4	Alternativ D: Strandfodring med ral.....	51
6.2.4.1	Sammenligning af referencescenariet og Alternativ D	52
6.2.5	Alternativ E: Strandfodring med sand	54
6.2.5.1	Sammenligning af referencescenariet og alternativ E.....	56
6.3	Arealændring af naturtyper i Natura 2000-områder langs kysten.....	58
6.3.1	Natura 2000-område nr. 153 Havet og kysten mellem Hundested og Rørvig	58
6.3.2	Natura 2000-område nr. 135 Tisvilde Hegn og Melby Overdrev	58
6.3.3	Natura 2000-område nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten.....	60
6.3.4	Natura 2000-område nr. 129 Gilbjerg Hoved	62
6.3.5	Natura 2000-område nr. 130 Teglstrup Hegn og Hammermølle Skov.....	64
7.	Opsummering af resultater og kort diskussion	66
7.1	Påvirkning af habitatnatur indenfor Natura 2000-områder	66
8.	Referencer.....	68
Bilag A		69

Forside: Foto taget af Christian Helledie, 6/12-2013.

1. Introduktion

Nordkystens Fremtid er et fælleskommunalt projekt om kystbeskyttelse i Halsnæs, Helsingør og Gribskov kommuner. Projektet omhandler kystsikring af nordkysten af Sjælland ved at strandfodre i alt ca. 35,7 km kystlinje med sand og ral. Projektet har en projekteret levetid på 50 år. De tre kommuner er bl.a. myndighed for miljøvurderingen og myndigheder for tilladelserne efter kystbeskyttelseslovens §3. På baggrund af et afgrænsningsnotat fra Halsnæs, Gribskov og Helsingør kommuner (Nordkystens Fremtid, 2019) et det besluttet, at der skal udarbejdes en miljøkonsekvensrapport (Nordkystens Fremtid, 2024). Der er ligeledes i 2024 udarbejdet en Natura 2000-konsekvensvurdering for projektet (Bilag 7), som indgår i miljøkonsekvensvurderingen. Miljøkonsekvensrapporten og Natura 2000-konsekvensvurderingen vil bl.a. danne grundlag for kommunernes tilladelse efter §25 i miljøvurderingsloven (Miljøvurderingsloven, 2021) samt de nødvendige kystbeskyttelsestilladelser.

Natura 2000 konsekvensvurderingen har afdækket, at projektet vil påvirke de udpegede naturtyper på udpegningsgrundlaget i Natura 2000-område nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten. For at projektet kan gennemføres, er der derfor behov for en fravigelse fra den generelle Natura 2000-beskyttelse jf. artikel 6, stk. 4 i EU's habitatdirektiv.

Nærværende rapport er et bilag til miljøkonsekvensvurderingen. Formålet med analysen, som afrapporteres i nærværende bilag, er at foretage en kvantificering og fremskrivning af udviklingen af habitatnaturen (blandt andet stenrev og sandbanker) som baggrund for Natura 2000-konsekvensvurderingen for projektet. Analysen skal sikre, at der foreligger det tilstrækkelige grundlag for at foretage Natura 2000-konsekvensvurderingen.

I analysen indgår projektforslaget (hovedforslaget) samt alternativer (defineret i miljøkonsekvensvurderingen), som opfylder projektets formål. Udviklingen af habitatnaturen er fremskrevet til år 2027, hvor første fodring (initialfodringen) forventes gennemført.

Desuden foretages en fremskrivning til år 5, 10, 25 og 50 år efter 2027, da det pga. de klimarelaterede havspejlsstigninger ikke er det samme areal, der påvirkes i projektets levetid.

Analysen omfatter påvirkningen på habitatnaturen inden for Natura 2000-område nr. 195, men også konsekvenserne for habitatnaturen i de terrestriske Natura 2000-områder, der er beliggende langs kysten. Desuden er den naturlige kystudvikling uden menneskelig påvirkning blevet analyseret med henblik på at skabe en forståelsesramme for analyser og vurderinger.

Nærværende notat er et bilag til Natura 2000-konsekvensvurderingen.

Læsevejledning

Et kort resumé af analyserne og resultater gives i Kapitel 2.

Projektområdet præsenteres i kapitel 3.

Projektforslaget og de øvrige scenarier er beskrevet i detaljer i Kapitel 4.

Kapitel 5 omfatter en detaljeret beskrivelse af den anvendte metode, som omfatter en analyse af forholdet mellem stembund og sandbund på hele kyststrækningen inden for Natura 2000-område nr. 195 for en årrække. På baggrund heraf defineres en trendlinje for udviklingen i forholdet mellem sandbund og stembund. Denne trendlinje vil også være gældende for udviklingen af stenrev og sandbund. Derudover beskrives analysen af de forskellige scenariers kystudvikling i projektets levetid og den deraf følgende arealudvikling af naturtyper i Natura 2000-områderne. Niveauet for beregningerne er på samme niveau for projektforslaget og de belyste alternativer.

Resultaterne af analysen præsenteres i detaljer i kapitel 6, mens kapitel 7 omfatter en opsummering og kortfattet diskussion af resultaterne.

En nærmere vurdering af resultaterne af analysen vil blive behandlet i Natura 2000-konsekvensvurderingen.

2. Resumé

Nordkystens Fremtid omhandler kystbeskyttelse af nordkysten af Sjælland ved at strandfodre i alt ca. 35,7 km kystlinje med sand og ral. Der strandfodres på strækninger, hvor der ligger truet ejendomme, kritisk infrastruktur, naturarealer, fredede fortidsminder og andre kulturværdier. Strækninger hvor der ikke fodres kaldes i projektet mellemstrækninger.

Udkastet til Natura 2000 konsekvensvurderingen for Nordkystens Fremtid har afdækket, at projektet vil påvirke naturtyperne stenrev og sandbanke på udpegningsgrundlaget i Natura 2000-område nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten. I nærværende rapport undersøges projektforslagets påvirkning af naturtyper inden for de fem Natura 2000-områder, der ligger langs med Nordkysten af Sjælland, samt påvirkningen fra to alternative løsninger, der lever op til projektets formål. Den udførte analyse har til formål at sikre, at der foreligger det tilstrækkelige grundlag til at foretage Natura 2000-konsekvensvurderingen.

År 2027 er i analysen anvendt som sammenligningsgrundlag for påvirkningen på beskyttet natur, da de endelige myndighedsgodkendelser forventes opnået og initialfordringen forventes gennemført i dette årstal.

Følgende kystscenarier undersøges i analysen (for nærmere beskrivelse af valg af scenarier henvises til Kapitel 4):

- Naturlig kystudvikling
- Projektforslaget: Strandfodring med sand og ral
- Referencescenariet: med nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse
- Alternativ D: Strandfodring med ral
- Alternativ E: Strandfodring med sand

Det er kun alternativer, som opfylder projektets formål om kystbeskyttelse, der indgår i analysen.

2.1 Natura 2000-områder

Der ligger fem Natura 2000-områder langs Nordkysten (en oversigt over områderne er vist i Figur 3.3):

- Natura 2000-område nr. 135 Tisvilde Hegn, Melby Overdrev, nr. 129 Gilbjerg Hoved og nr. 130 Teglstrup Hegn og Hammermølle Skov ligger på land. Af kystnære habitatnaturtyper forekommer følgende i områderne: Forklit, hvid klit, grå/grøn klit, havtornsklit, kystklint/klippe, kalkoverdrev, bøg på muld og surt overdrev.
- Natura 2000-område nr. 153 Havet og kysten mellem Hundested og Rørvig dækker det lavvandede havområde mellem Hundested (Halsnæs-halvøen) og Rørvighalvøen, altså overgangsområdet mellem Kattegat og Isefjord. Den nærmeste habitatnaturtype er bugt, som forekommer lidt vest for den første fodringsstrækning.
- Natura 2000-område nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten går langs kysten fra Rågeleje til Hellebæk og cirka 10 km ud fra kysten. Området er marint og habitatnaturtyperne stenrev og sandbanker forekommer i området.

2.2 Metode

I scenariet med den naturlige kystudvikling samt for referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse), hvor den kroniske erosion vil fortsætte på hele eller dele af kysten, fordi der ikke tilføres sand, undersøges omfanget af erosionen, og hvordan udbredelse af naturtyperne på land udvikler sig. I alternativ D (strandfodring med ral) beregnes desuden yderligere påvirkning som følge af større erosion. For projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og Alternativ D og E, hvor der strandfodres med henholdsvis ral og sand, findes udstrækningen af strandfodringen ud i vandet, og det undersøges, hvordan dette påvirker naturtyperne på havet.

I analysen af den naturlige kystfremrykning (kystlinjens udvikling inden store dele af Nordkysten blev kystsikret og havne udbygget) sammenholdes vandlinjen fra 1897 med vandlinjen i 1954. Ændringen i vandlinjens placering anvendes til at fremskrive vandlinjens forventede placering til år 2027 (hvor initialfodringen forventes gennemført) plus 5, 10, 25 og 50 år. For referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) og alternativ D (strandfodring med ral), hvor kysttilbagerykningen vil fortsætte på de strækninger, der ikke kystbeskyttes med skråningsbeskyttelse eller ral, findes den årlige tilbagerykning ved at sammenholde højdemålinger i 2007 og 2019. Alternativ D medfører en merpåvirkning nedstrøms fodringsstrækningerne pga. den anlagte kystbeskyttelse som også medtages i analyserne. Ud fra kysttilbagerykningen undersøges det, hvilke naturtyper, der dermed bortrøderes.

For at finde udstrækningen af strandfodringen ud i vandet er der anvendt teoretiske ligevægtsprofiler. I analysen tages der højde for landhævning og havspejlsstigninger. For at tage højde for den øgede strandbredde, der naturligt vil opstå på mellemstrækningerne i projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og alternativ E (strandfodring med sand), når der tilføres mere sand til systemet, antages der for mellemstrækningerne et ligevægtsprofil svarende til sandstrand fra kote +1,5 m DVR90.

Til at fremskrive Miljøstyrelsens kortlægning fra 2012 og 2016 af stenrev og sandbanke inden for Natura 2000 område 195 til år 2027 (hvor initialfodringen forventes gennemført) plus 5, 10, 25 og 50 år skal udviklingen af disse bestemmes på kort og lang sigt. Udviklingen er fundet ved at analysere forholdet mellem stenbund og sandbund for ti ortofoto i perioden 1954-2022 indenfor Natura 2000-område nr. 195. Påvirkning af stenrev og sandbanke findes ved at sammenholde fremskrivningen af naturtyperne med områderne der dækkes til af strandfodringen.

2.3 Resultater

Den naturlige kystudvikling viser, at uden kystbeskyttelse vil der ske en kraftig tilbagerykning af store dele af Nordkysten og derved vil helårs- og sommerejendomme, kritisk infrastruktur bl.a. veje og forsyningsledninger, fredede for-tidsminder samt prioriterede natur- og kultur værdier ud til kysten trues.

I referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) udvikler kysten sig naturligt de steder, hvor der ikke er skråningsbeskyttelse, hvilket medfører, at stranden og skrænterne rykker tilbage og derved truer ejendommene bagved. I alternativ D (strandfodring med ral) udvikler kysten sig naturligt de steder, hvor der ikke er fodres med ral og her vil den kroniske erosion dermed fortsætte. For både referencescenariet og alternativ D vil erosionen medføre, at særligt beskyttede (prioriterede) habitatnaturtyper på land bortrøderes.

For både projektforslaget (strandfodring med sand og ral), alternativ D (strandfodring med ral) og alternativ E (strandfodring med sand) vil tilbagerykning af skrænterne stoppe de steder, hvor der fodres. I projektforslaget og alternativ E medfører strandfodringen, at stenrev og sandbanke indenfor Natura-2000 nr. 195 dækkes til af sand inden for den aktive dybde. I alternativ D, hvor der alene fodres med ral, vil der også ske en tildækning på fodringsstrækningerne. Det samlede areal, der dækkes til, er dog væsentligt mindre i alternativ D, da rallen ikke vil dække så stort et område ude i vandet.

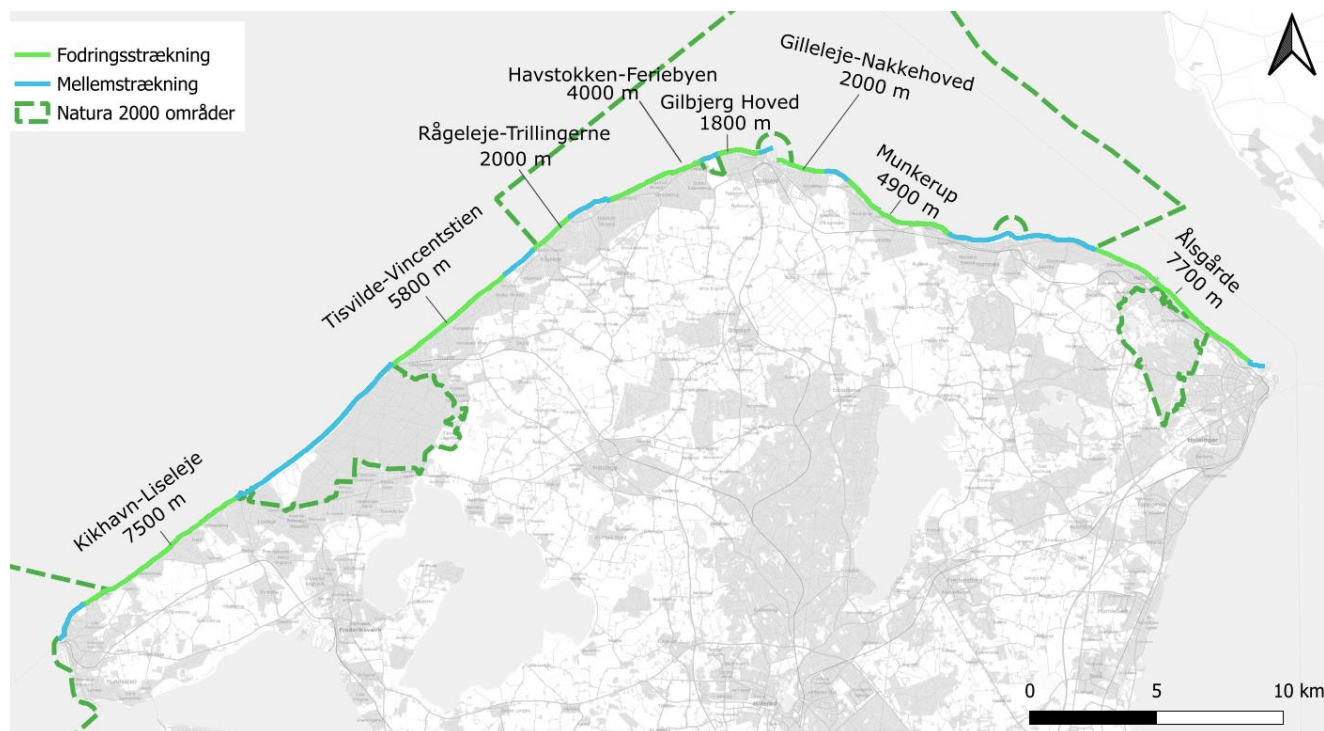
Alle scenarier vil således reducere areal af habitatnatur i projektets løbetid. Der vil ved både projektforslaget og alternativerne ske skade på et eller flere områders udpegningsgrundlag, og projektet kan derfor kun gennemføres ved en fravigelsesproces.

Projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og alternativ E (strandfodring med sand) har den største arealpåvirkning af habitatnatur i 2027, hvor henholdsvis 35,7 ha og 38,5 ha habitatnatur vurderes at blive påvirket ved initialfodringen. Ud af dette areal vil henholdsvis 11,3 ha og 11,5 ha dog ligge under vandet uden for 1. revle og vil inden for kort tid udvikle sig til habitatnaturtypen sandbanke. Ved projektets sluttidspunkt i 2077 er den samlede påvirkning

fortsat størst i projektforslaget og alternativ E hvor arealpåvirkning er steget til 45,8 ha og 48,8 ha. Dog vil de to scenarier i projektets levetid have beskyttet over 23 ha lysåben natur mod erosion, der bortroderer i alternativ D (strandfodring med ral). Heraf udgør påvirkningen i alternativ D en merpåvirkning i forhold til referencescenariet, idet ralfodringen medfører erosion nedstrøms fodringsstrækningerne, hvilket medfører merpåvirkning af habitatnaturtyper på land i Natura 2000-område 135 og 129. Projektforslaget og alternativ E er de eneste scenarier, der ikke påvirker prioriteret habitatnatur.

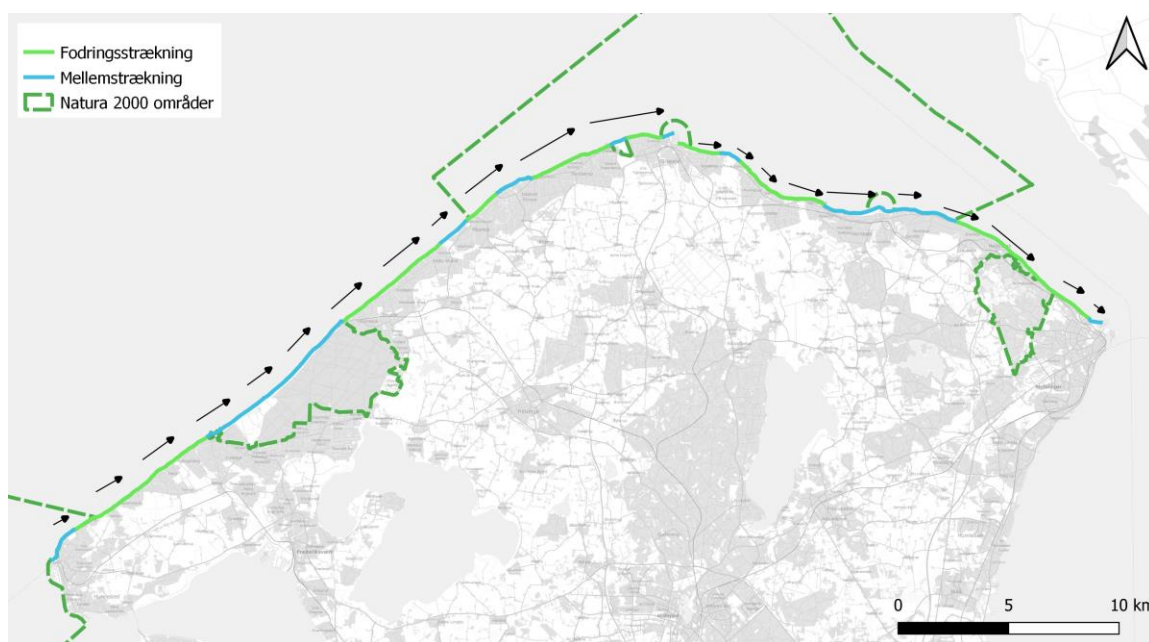
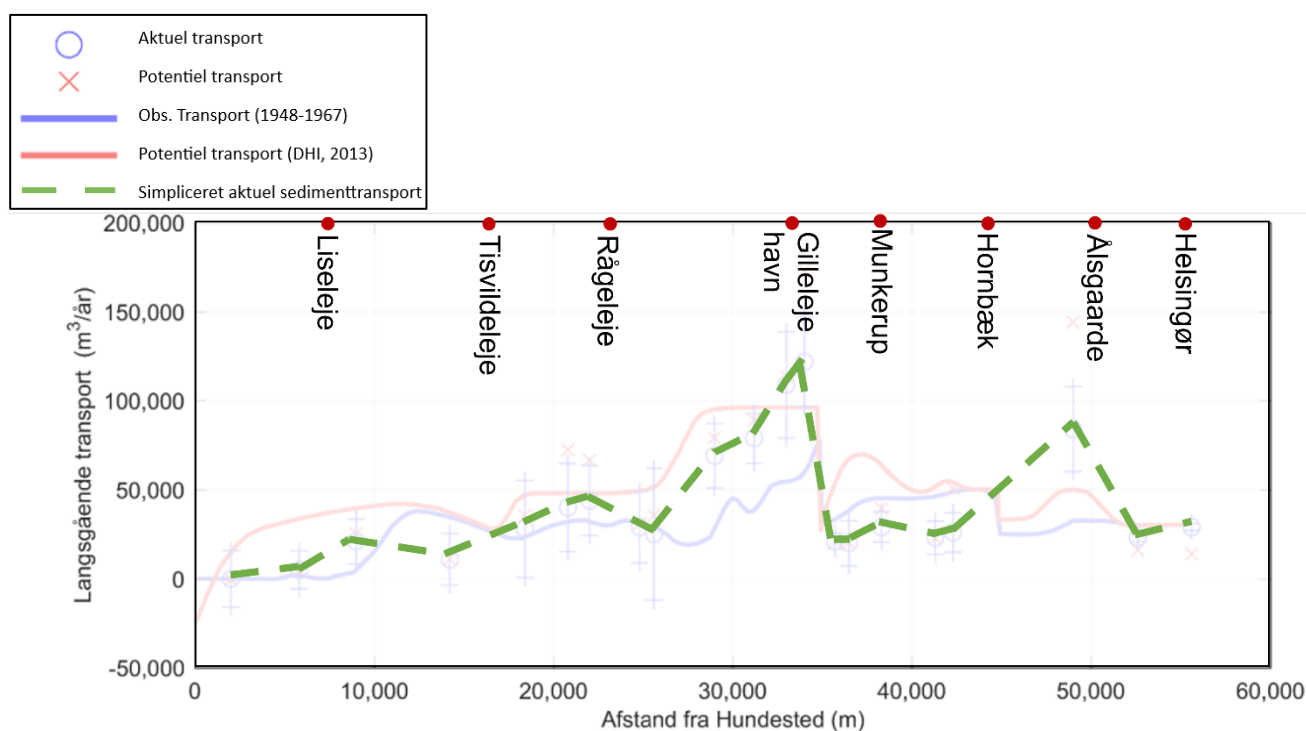
3. Projektområdet

Projektområdet strækker sig fra Hundested i vest til Helsingør i øst og omhandler kystbeskyttelse af otte delstrækninger omfattende i alt 35,7 km ud af den ca. 60 km lange kyststrækning, som vist i Figur 3.1.



Figur 3.1: Oversigt over fodringsstrækninger og mellemstrækninger.

Nordsjællands kyststrækning er en erosionskyst. Dvs. at der fjernes mere materiale fra kystprofilen end der tilføres. Den kystparallelle nettotransport af sand og ral langs Nordkysten går fra sydvest mod nordøst og øst. DHI har udført beregningerne af den langsgående sedimenttransport (DHI, 2018). Den beregnede transport er vist i Figur 3.2 øverst. Figuren er simplificeret med en grøn linje, der viser, hvor på kysten sedimenttransporten stiger og falder for eksisterende forhold. I Figur 3.2 nederst viser pile størrelsesordenen (længden på pilen) og retningen på sedimenttransporten langs kysten. Jo større pil, desto større er sedimenttransporten. I områder, hvor sedimenttransporten stiger, vil der ske erosion, da der transporteres mere sediment væk end der tilføres. I områder, hvor sedimenttransporten bliver mindre (der er et fald i kurven), deponeres der sand, da der tilføres mere sediment til området end der fjernes.



Figur 3.2: Øverst: Simplificeret gengivelse af figur, som viser den aktuelle transport beregnet i 21 punkter (DHI, 2018). I nærværende figur er de 21 punkter forbundet med en grøn linje, for at tydeliggøre, hvor sedimenttransporten stiger og falder. Nederst: Pilene langs kysten angiver retning på sedimenttransporten, og længden på pilen viser størrelsesorden på sedimenttransporten.

Mellem Hundested og Rågeleje stiger sedimenttransporten jævnt med lidt variation fra område til område. Mellem Rågeleje og Gilleleje er der en kraftig stigning i sedimenttransporten fra vest mod øst. Gilleleje Havn blokerer for den langsgående sedimenttransport, hvilket medfører et erosionspres øst for havnen, da dette område ikke tilføres sediment. Mellem Gilleleje og Hornbæk viser beregningerne en lille stigning i transporten fra vest mod øst. Hornbæk

Havn blokerer som Gilleleje Havn for sedimenttransporten, hvilket igen medfører et erosionspres øst for havnen. Dette ses dog ikke direkte af den grønne linje i øverste figur, da sedimenttransporten øst for havnen ikke er beregnet. Mellem Hornbæk og Ålgårde sker der en kraftig stigning i transporten, hvilket skyldes, at kysten ændrer retning. Herefter falder transporten igen og er mere eller mindre konstant mellem Ålgårde og Helsingør. DHI's beregninger viser at, sedimenttransporten og variationen langs med kysten er nogenlunde den samme efter gennemførelse af projektfor-slaget.

DHI's beregninger af sedimenttransporten viser yderligere, at der er stor variation i transporten fra år til år, og inden for et år er der yderligere variation sæsonerne imellem. Dette understreger, at forholdene langs kysten er meget dy-namiske. Mængden af sand på stranden, strandens bredde samt erosionens omfang varierer derfor fra område til område og fra år til år.

I dag er langt størstedelen af den bebyggede del af Nordkysten beskyttet med hård kystbeskyttelse. De fleste grund- ejere har etableret skråningsbeskyttelse af sten. Skråningsbeskyttelserne har varierende tilstand, og mange steder er de uhensigtsmæssige og utilstrækkelige. Der er desuden talrige høfder og bølgebrydere af varierende tilstand og kva- litet. Skråningsbeskyttelserne beskytter mod erosion af det bagvedliggende land, men beskytter ikke mod erosion af kystprofilen foran skråningsbeskyttelsen. På sigt forsvinder stranden foran skråningsbeskyttelsen derfor pga. den fort- satte erosion. Fordi skråningsbeskyttelser, høfder og bølgebrydere reducerer den mængde materiale, som ellers na- turligt tilføres kysten ved erosion, tilføres der en mindre mængde materiale via langstransporten til den nedstrøms kyst, hvilket øger erosionen på læsiden. De mange skråningsbeskyttelser har dermed over tid ført til et stort under- skud i sedimentbudgettet, som kun kan afhjælpes ved fodring med sand.

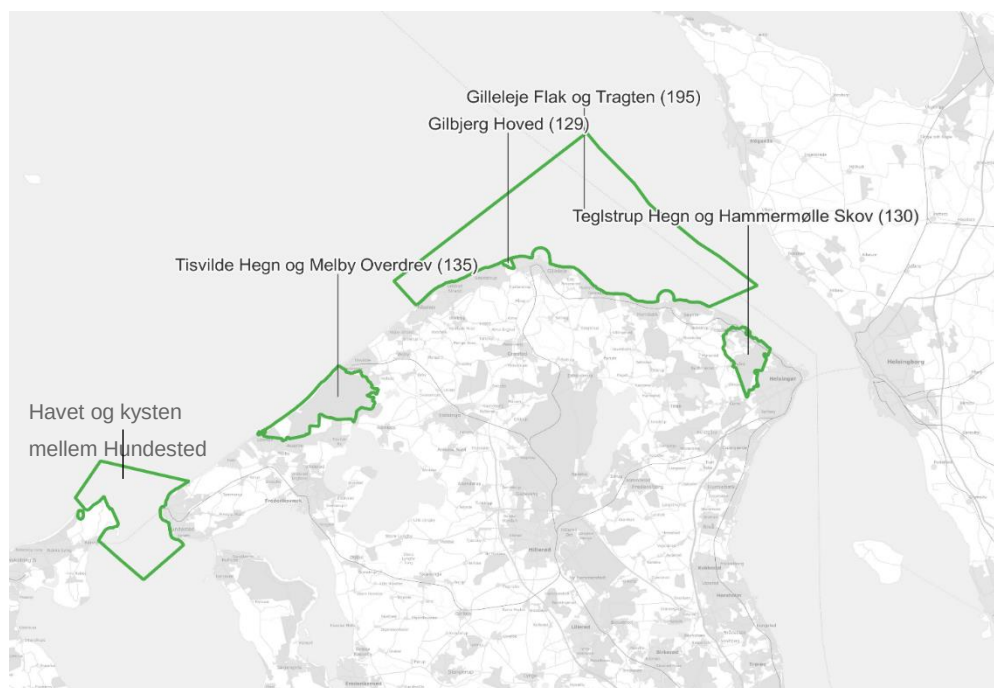
På strækninger, hvor der ikke er hård beskyttelse, er kystdynamikken mere naturlig. Dvs. at der fortsat sker en erosion af kysten, hvor stranden ikke forsvinder, men rykker tilbage med samme hastighed som kystlinjen. Det gælder stræk- ningerne mellem Liseleje og Tisvildeleje, Heatherhill og Rågeleje, Trillingerne og Udsholt Strand, lokalt ved Smidstrup Strand, Gilbjerg Hoved, Nakkehoved, Dronningmølle, Villingebæk til og med Hornbæk Plantage, som dækker sam- menlagt ca. 25 km.

Fem Natura 2000-områder er udpeget langs Nordkysten. I de næste afsnit beskrives de fem områder overordnet et ad gangen i rækkefølge fra vest mod øst.

3.1 Natura 2000-områder langs Nordkysten

I Figur 3.3 er placeringen af de fem Natura 2000-områder langs Nordkysten vist.

Udpegningsgrundlaget for de enkelte Natura 2000-områder og kortlægning af forekomst af arter og naturtyper opdateres med ca. 6 års mellemrum, dvs. at for de enkelte Natura 2000-områder er udpegningsgrundlagets arter og naturtyper og udbredelsen af disse ikke statisk.



Figur 3.3: Der er foretaget vurderinger af projektets påvirkning på fem Natura 2000-områder langs Sjællands nordkyst. Områdernes placering og udstrækning vises på kortet.

3.1.1 Natura 2000-område nr. 153 Havet og kysten mellem Hundested og Rørvig

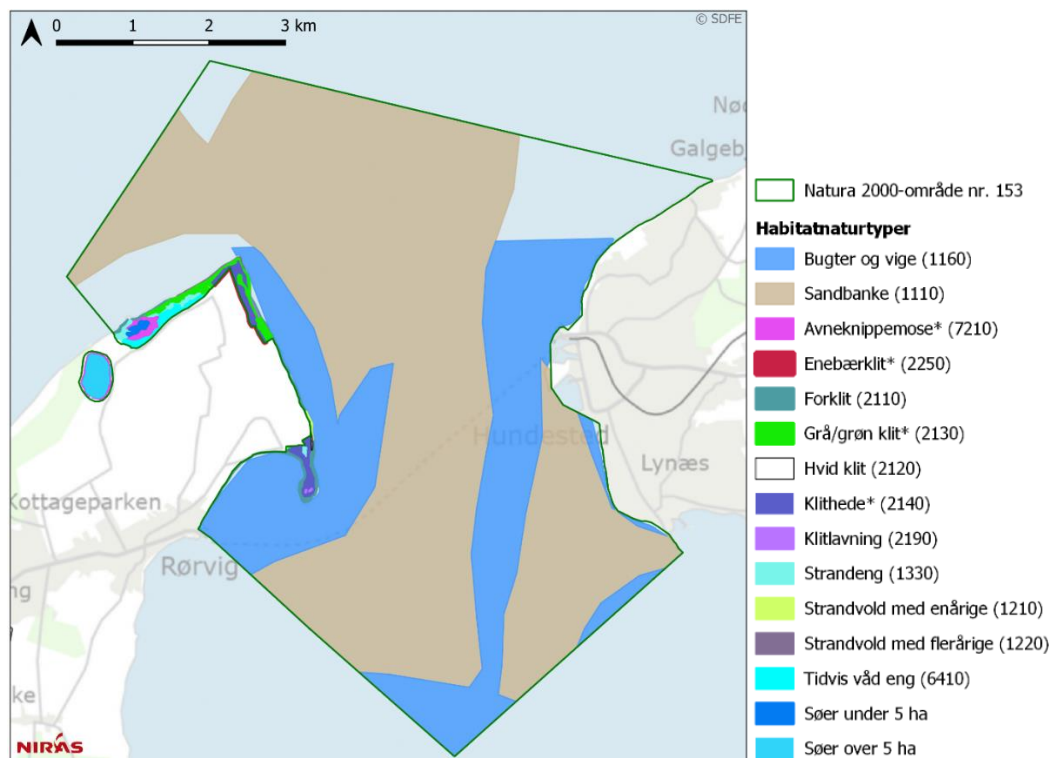
Natura 2000-område nr. 153 er næsten udelukkende et marint område, der både består af et habitatområde H134 og et fuglebeskyttelsesområde F102. Områdets samlede areal udgør ca. 4.028 ha, hvoraf 97 % er marint. Området dækker det lavvandede havområde mellem Hundested (Halsnæs-halvøen) og Rørvighalvøen, altså overgangsområdet mellem Kattegat og Isefjord, se Figur 3.4 (Miljøstyrelsen, 2021b). Området ligger op til en mindre del af den vestligste fodringsstrækning.

Der er i alt 16 habitatnaturtyper, hvoraf tre er marine, samt en enkelt habitatart på udpegningsgrundlaget. Områdets marine naturtyper er kortlagt i 2004 (Miljøstyrelsen, 2021b). Kortlægningen er sket på baggrund af kortaflæsning (ekskluderende søkort og viden om bundforhold). Sandbanke (1110) er den mest udbredte marine naturtype i området (2.490 ha), og afstanden fra projektområdet er mindst 1,5 km.

Den nærmeste kortlagte habitatnaturtype er bugt (1160), der forekommer lidt vest for den første fodringsstrækning. Der er i alt kortlagt 127 ha. Naturtypen bugt er defineret som et geografisk afgrænset område og afhænger ikke af havbundens substrattyper. Der er tre fugle på udpegningsgrundlaget: trækfuglen edderfugl samt ynglefuglene hede-lærke og rødrygget tornskade.

Som del af forundersøgelserne til Nordkystens Fremtid har DHI i 2018 udført kortlægning af makroalger langs Nordkysten. Kortlægningen viser, at der forekommer makroalger inden for H134, hvilket kan indikere, at der forekommer

stenbund i området. Da stenrev ikke er på udpegningsgrundlaget for H134 vurderes påvirkningen i miljøkonsekvensrapportens kapitel om marin natur sammen med vurderingen af makrolager og stenbund generelt langs Nordkysten.



Figur 3.4: Kortlagte habitatnaturtyper i Natura 2000-område N153.

3.1.2 Natura 2000-område nr. 135 Tisvilde Hegn og Melby Overdrev

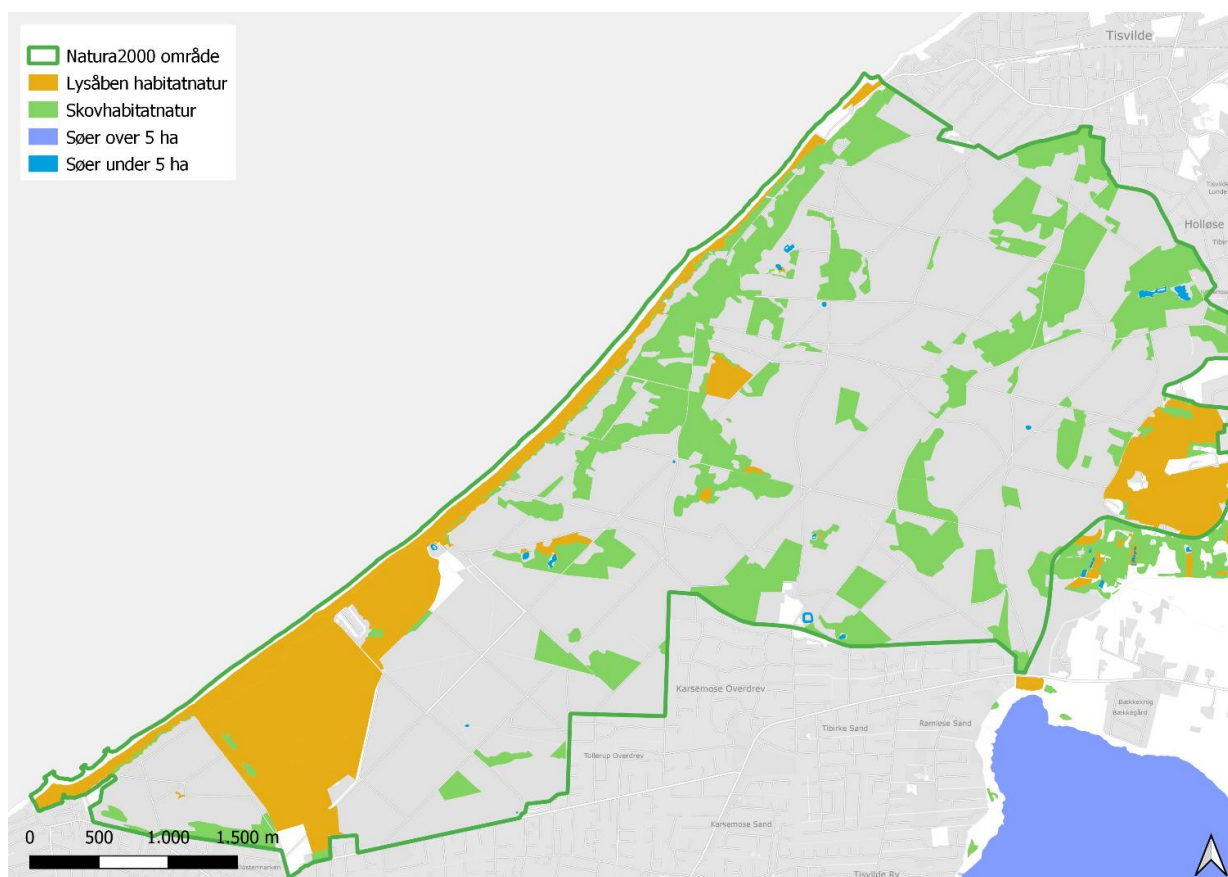
Natura 2000-område nr. 135 omfatter et enkelt habitatområde H119, der udgør hele områdets i alt 2.071 ha (Miljøstyrelsen, 2021c). Indenfor Natura 2000-området ligger hovedparten af fredningen af Melby Overdrev og Tibirke Bakker. Området ligger direkte ud til Kattegat med en kyststrækning på 8 km mellem Liseleje og Tisvildeleje.

Der er i alt 21 terrestriske habitatnaturtyper (heraf er 6 prioriterede) og tre arter på udpegningsgrundlaget. Kystnært ligger habitatområdets store lysåbne klithabitatnaturtyper, som er usædvanligt artsrige, og der er flere truede og sjældne arter af både insekter og planter (Miljøstyrelsen, 2021c).

De mest kystnære og potentielt påvirkede naturtyper i habitatområdet H119 er:

- Forklit (2110)
- Hvid klit (2120)
- Grå/grøn klit* (2130)
- Klithede* (2140)
- Havtornklit (2160)

Grå/grøn klit og klithede er prioriterede naturtyper (markeret med en stjerne (*), hvilket betyder, at beskyttelsen af naturtyperne er særligt prioriteret af EU.



Figur 3.5: Kystnær habitatnatur i Natura 2000-område nr. 135.

3.1.3 Natura 2000-område nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten

Natura 2000-område nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten er udelukkende marint og består af habitatområde H171 med to naturtyper på udpegningsgrundlaget: rev (1170) og sandbanke (1110) samt arten marsvin. Områdets samlede areal udgør ca. 15.000 ha. Området har vanddybder mellem 0 og 25 meter. Langs kysten findes sandbanker og stenrev, mens der i den nordlige ende er tale om dyndbund. Natura 2000-område nr. 195 rummer ingen prioriterede arter eller naturtyper. Habitatområde H171 er indberettet til EU Kommissionen 1. august 2009. Området er omfattet af habitatbekendtgørelsen den 22. januar 2010 (Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri, 2010).

De to naturtyper forekommer i mosaik i de kystnære dele af Natura 2000-området. Miljøstyrelsen har i 2012 og 2016 kortlagt de marine Natura 2000-områder rev og sandbanker i Habitatområde H171 (Miljøstyrelsen, 2021d):

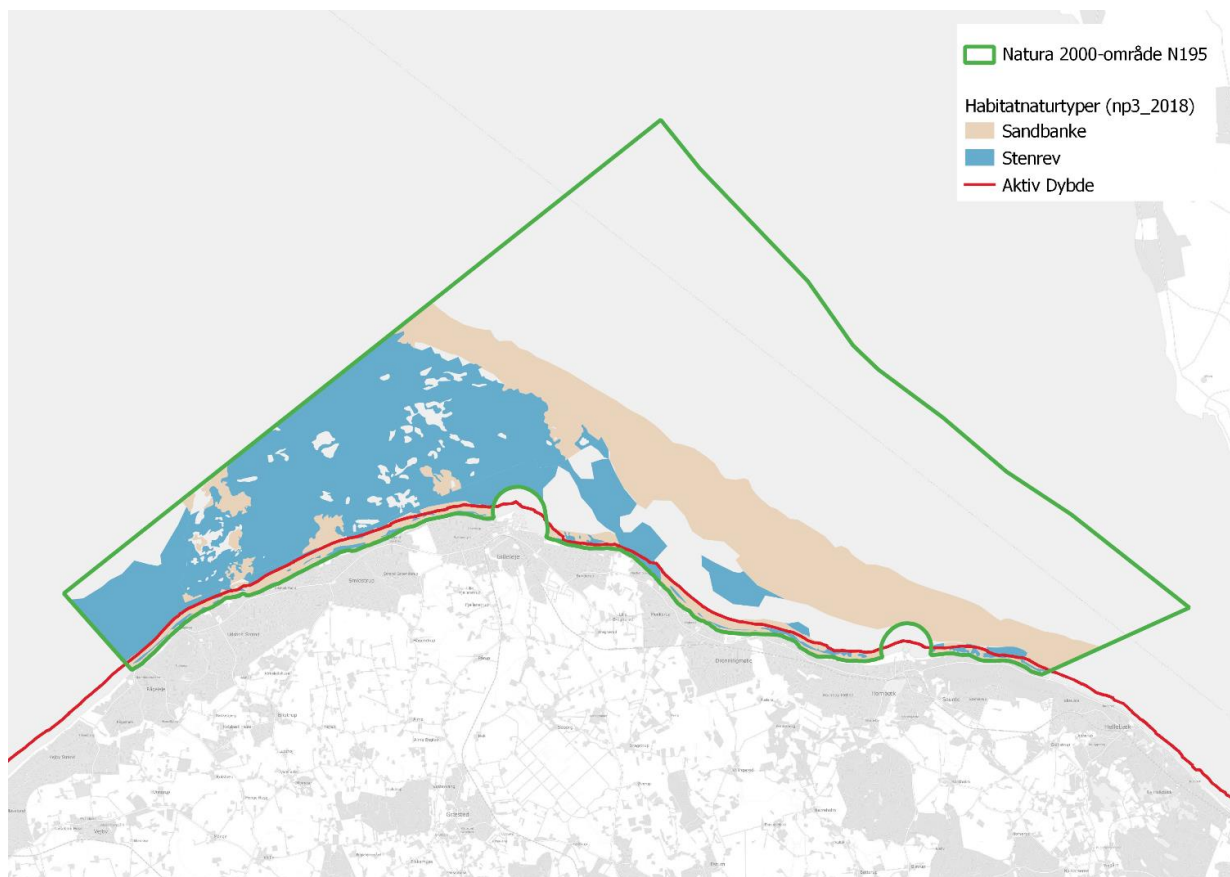
- 2.828 ha sandbanke (1110)
- 3.513 ha stenrev (1170)

Følgende kriterier gælder for kortlægning af habitatnaturtyperne (Naturstyrelsen, 2014):

- Rev - arealer med en stentæthed over 25 % samt arealer i forbindelse hermed med en stentæthed over 10 %, som rager op fra havbunden på dybt eller lavt vand. Revets hårde substrat kan være enten af biologisk oprindelse – f.eks. levende eller døde muslingeskaller- eller være af geologisk oprindelse – f.eks. sten, kridt eller andet hårdt materiale.

- Sandbanke - består hovedsagelig af sandede sedimenter som ikke blottes ved lavvande, men andre kornstørrelser i form af mudder, grus eller store sten kan også være til stede på en sandbanke.

Områdets beliggenhed og udstrækning samt kortlægning af sandbanke og stenrev er vist i Figur 3.6. Desuden fremgår aktiv dybde på figuren med en rød streg. Det er inden for den aktive dybde, at sandtransporten langs kysten forekommer. Ca. 3 % af Natura 2000-område nr. 195 ligger inden for aktiv dybde (471 ha ud af 15.113 ha).



Figur 3.6: Kortlagte habitatnaturtyper i Natura 2000-område N195 (Miljøstyrelsen, 2021d), (Miljøstyrelsen, 2022).

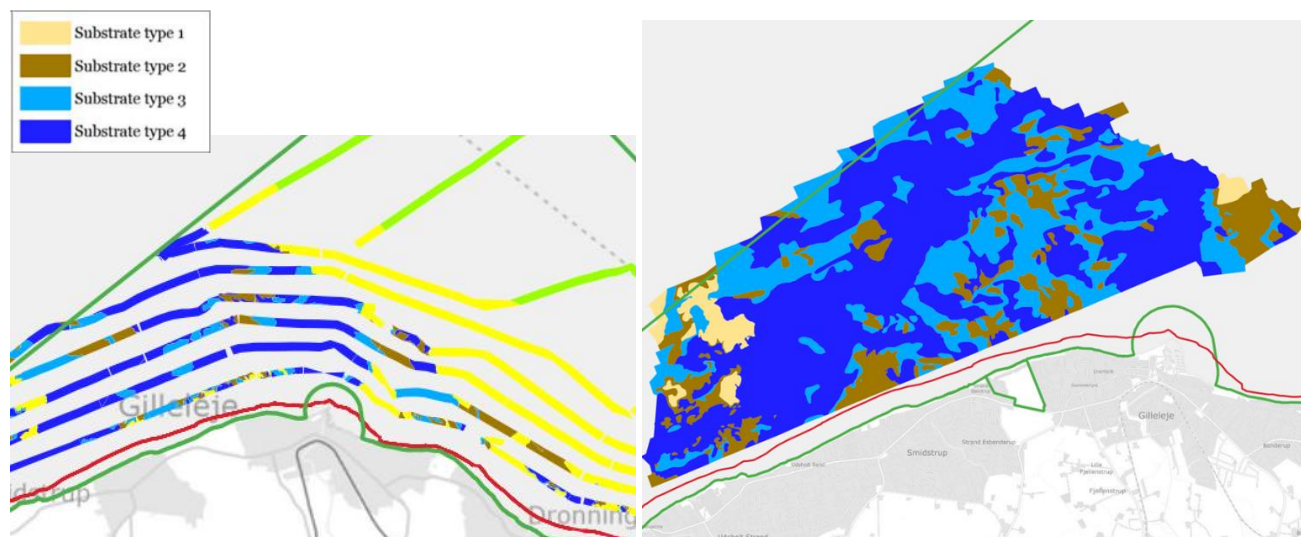
Minimumsareal for kortlægning af stenrev er 100 m² og sandbanke er 2.500 m² (Miljøstyrelsen, 2021a). Derudover gælder, at forekomster med kortlagte arealer under størrelseskriterierne, som ligger under 200 m fra anden kortlagt marin habitatnatur over størrelseskriterierne også medtages. Hvor naturtyperne forekommer i mosaik, kortlægges mindre arealer derfor også.

Kortlægningskriterierne for stenrev afhænger af substrattyperne med størrelse af sten og procentvis dækning. Dette fremgår MST's kortlægningsrapporter om kortlægningen fra 2012 og 2016 (GEUS & Orbicon, 2016). I området er der kortlagt substrattype 1-4, se kort beskrivelse her:

- Substrattype 1: sand, silt og dynd
- Substrattype 2: sand, grus og småsten med op til 10 % sten
- Substrattype 3: Sand, grus og småsten samt bestrøning (10 - 25 %) med sten > 10 cm
- Substrattype 4: Sten > 10 cm dækkende >25 %

Arealer med substrattype 3 og 4 kortlægges som stenrev (GEUS & Orbicon, 2016). Stenrev kan således også indeholde områder med sandbund ind imellem områderne med stenbund.

I Figur 3.7 ses kortlægning af substrattyper i Natura 2000-område nr. 195 i henholdsvis 2012 og 2016 (Miljøstyrelsen, 2022). Det fremgår, at kortlægningen er sket uden for aktiv dybde (rød streg på figurerne), og der er således ikke kortlagt substrattyper i det område (inden for aktiv dybde), som påvirkes af projektet. Kortlægningen af sandbanke og stenrev i Natura 2000-området bygger på det samlede datagrundlag, det vil sige både kortlægning i 2012 og 2016 (GEUS & Orbicon, 2016). MST har desuden oplyst, at kortlægningen af sandbanke og stenrev inden for aktiv dybde er sket på baggrund af gennemgang af ortofoto i 2012¹.



Figur 3.7: Kortlægning af substrattyper i Natura 2000-område nr. 195 i henholdsvis 2012 (til venstre) og 2016 (til højre) (Miljøstyrelsen, 2022). Afgrænsning af Natura 2000-område nr. 195 er vist med grøn streg og aktiv dybde er vist med rød streg på figurerne.

¹ Mail fra MST d. 10. marts 2022 14:06 til NKF og NIRAS med titlen: Sv: Opfølgning på møde om Nordkystens Fremtid og analysemetode (MST Id nr.: 4748358)

3.1.4 Natura 2000-område nr. 129 Gilbjerg Hoved

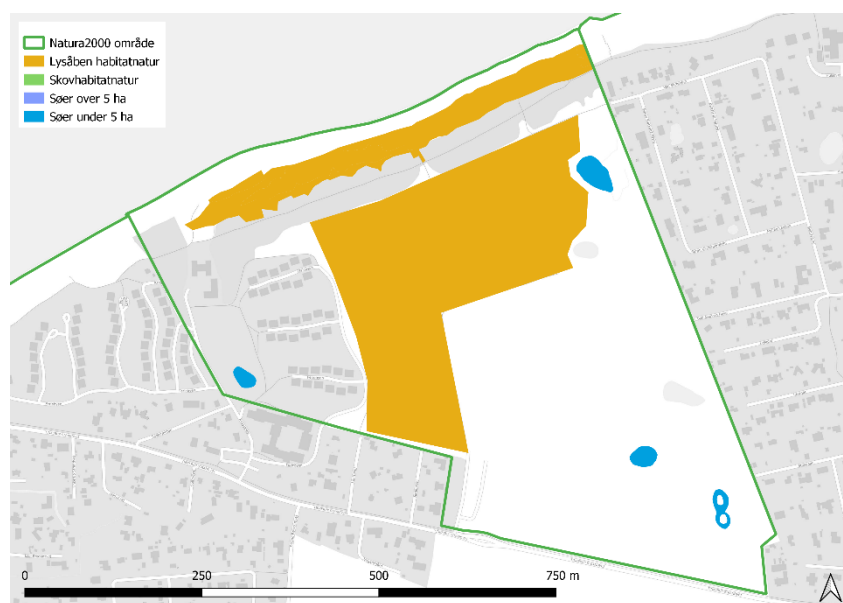
Natura 2000-område nr. 129 Gilbjerg Hoved omfatter et enkelt habitatområde H113. Natura 2000-området ligger helt ud til Kattegatkysten 2 km vest for Gilleleje, og det samlede areal er ca. 40 ha med en kystlinje på ca. 700 m. Gilbjerg Hoved er en 30 m høj, stejl moræneklint, der er svagt eroderet og delvist bevokset med træer. Den øvrige kystskrænt er forholdsvis åben og indeholder en artsrig overdrevsvegetation med flere sjældne eller halvsjældne planter. Stranden er smal og stenet, men mod vest er der også mindre arealer med klitnatur.

Der er i alt syv terrestriske habitatnaturtyper (heraf 3 prioriterede) og arten vandsalamander på udpegningsgrundlaget.

De naturtyper, der ligger tættest på stranden og potentielt kan påvirkes af projektet, er:

- Kystklint/klippe (1230)
- Grå/grøn klit* (2130)
- Kalkoverdrev* (6210)
- Surt overdrev* (6230)

Grå/grøn, kalkoverdrev og surt overdrev klit er prioriterede naturtyper (markeret med en stjerne (*), hvilket betyder, at beskyttelsen af naturtyperne er særligt prioriteret af EU.



Figur 3.8: Kystnær lysåben natur i Natura 2000-område nr. 129 (Miljøstyrelsen, 2022).

3.1.5 Natura 2000-område nr. 130 Teglstrup Hegn og Hammermølle Skov

Natura 2000-område nr. 130 Teglstrup Hegn og Hammermølle Skov omfatter et enkelt habitatområde H114 og udgør et samlet areal på ca. 1.007 ha. Området ligger primært inde i landet, men har en ca. 1 km lang kystnær strækning ved Hellebæk.

Der er i alt 19 terrestriske habitatnaturtyper (heraf 5 prioriterede) og fem arter på udpegningsgrundlaget (heraf 1 prioriteret).

Det er kun kystnære habitatnaturtyper i området, der potentielt kan blive påvirket, og det er følgende:

- Grå/grøn klit* (2130)
- Bøg på muld (9130)

Grå/grøn klit er en prioriteret naturtype (markeret med en stjerne (*), hvilket betyder, at beskyttelsen af naturtypen er særligt prioriteret af EU.



Figur 3.9: Kortlagt habitatnatur i Natura 2000-område nr. 130 (Miljøstyrelsen, 2022).

Venstre: Hele området

Højre: Kystnær strækning ved Hellebæk

4. De fem analyserede scenarier

Foruden projektforslaget (strandfodring med sand og ral) indgår der jvf. afgrænsningsnotatet fem alternativer i miljøkonsekvensvurderingen og Natura 2000-konsekvensvurderingen. I nærværende undersøgelse er det kun projektforslaget og de alternativer, der opfylder projektets formål, der betragtes, dvs. alternativer som ud fra veldokumenterede metoder kystbeskytter projektområdet. Ud over projektforslaget og alternativerne, der opfylder projektets formål, undersøges der for to andre scenarier. Det ene scenarie omhandler kystens naturlige udvikling, hvis man slet ikke kystbeskyttede nordkysten af Sjælland mod erosion, for at skabe en forståelsesramme for analyser og vurderinger, mens det andet scenarie er et referencescenarie, hvor udviklingen af kysten, med den kystbeskyttelse, der findes i dag, undersøges.

De fem analyserede scenarier er angivet nedenfor:

- Naturlig kystudvikling
- Projektforslaget: Strandfodring med sand og ral
- Referencescenariet: Nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse
- Alternativ D: Strandfodring med ral
- Alternativ E: Strandfodring med sand

4.1.1 Fravalgte scenarier

Der er tre fravalgte alternativer, som ikke indgår i analyserne, da de ikke lever op til projektets formål:

- Alternativ A omhandler muligheden for at gennemføre et projekt alene omfattende hård kystbeskyttelse. Alternativ A er fravalgt, fordi det ikke lever op til projekts formål om at skabe en langtidssikret og holdbar beskyttelse for hele kyststrækningen, der imødegår klimaforandringerne, herunder usikkerheden forbundet hermed. Alternativ A vil ikke løse problemet med sandunderskud, som findes langs store dele af Nordkysten.
- Alternativ B i konsekvensvurderingen omhandler CO₂ besparende tiltag som alternativ til mere traditionelle metoder til kystbeskyttelse. Alternativet opfylder ikke projektets formål, hvorfor det ikke indgår i nærværende analyse.
- Alternativ C i konsekvensvurderingen omhandler stenrev som en del af kystbeskyttelsen. Stenrev har en kystbeskyttende effekt, hvis stenrevne placeres og designes rigtigt, men der findes ikke dokumentation for stenrevnes effektivitet som kystbeskyttelsesmetode på linje med den dokumentation, der findes for mere traditionelle kystbeskyttelsesmetoder som fx fodring eller skråningsbeskyttelser. Dette er bl.a. baggrunden for det igangværende forskningsprojekt på DTU, BARREEF². Forskningsprojektet er påbegyndt i begyndelsen af 2022 og skal undersøge om etablering af stenrev kan være et supplement til strandfodring som kystbeskyttelse. Alternativ C er fravalgt, da der ikke vurderes at være rimelig videnskabelig sikkerhed for, at stenrev vil have den samme effekt som kystbeskyttelsesmetode som mere traditionelle og velafprøvede metoder som fx fodring, skråningsbeskyttelser mv. Det bemærkes i øvrigt, at der ifølge Kystbeskyttelseslovens § 3c ikke kan meddeles tilladelse til forsøgsprojekter til afprøvning af nye og endnu uprøvede kystbeskyttelsesmetoder til projekter igangsat efter § 1a.

² <https://www.aqua.dtu.dk/nyheder/2021/04/4000-kubikmeter-granitsten-skal-beskytte-dyr-og-kyster?id=2b9afc3a-f0d8-4a47-befd-9544fcb804d6>

4.1.2 Baggrund for valg af scenarier

Ifølge Kystdirektoratet er kystfodring den eneste kystbeskyttelsesmetode, der kan tilføre kysten det sediment, som mangler for at standse kysttilbagerykningen, jf. Kystplanlæggeren (Kystdirektoratet, 2020).

Stranden langs Nordkysten er i dag en blanding af ral og sand. Projektforslaget er en løsning, hvor Alternativ D og E kombineres. Ved at fodre med en blanding af ral og sand, beskyttes og bevares dermed det naturlige sediment på Nordkysten. Ved at lægge ral i bunden af fodringsprofilen, er der ikke behov for at fodre til lige så stor kote, som hvis der kun fodres med sand. Fodringsprofilen strækker sig dermed også kortere ud i vandet og påvirker dermed naturtyperne rev og sandbanke mindre.

Ralfodring anvendes primært ved kyster, der i forvejen er karakteriseret ved at have ralstrande. Langs Sjællands nordkyst vil ren ralfodring føre til læsideerosion nedstrøms fodringsstrækningerne, da transporten af ral er meget langsom, og der tilføres derfor ikke samme mængde sediment til nabostrækningerne, som hvis stranden består af sand eller blanding af sand og ral.

Skråningsbeskyttelserne medfører, at der ikke tilføres sediment til systemet fra skrænterne, hvilket medfører, at den kroniske erosion foran skråningsbeskyttelsen stiger. Dermed bliver stranden smallere og forsvinder med tiden. På sigt vil dette medføre, at bølgepåvirkningen bliver større, og at der er behov for at udbygge skråningsbeskyttelsen. Den manglende sedimenttilførsel fra skrænterne vil på sigt også medføre læsideerosion og dermed påvirke strækningen nedstrøms negativt. Den naturlige balance kan genoprettes ved at tilføje den manglende sand til systemet gennem strandfodring.

Nordkystens Fremtids formål er at skabe en helhedsorienteret kystbeskyttelse langs hele Nordkysten. Hvis der kun strandfodres med sand på nogle strækninger og i stedet beskyttes med skråningsbeskyttelse eller ralfodring på andre strækninger, vil det ikke give en samlet løsning. Det kan ikke undgås, at der vil blive transporteret sand fra strækningerne, hvor der strandfodres med sand, til nabostrækningerne. Og omvendt vil strækninger med kun skråningsbeskyttelse og ralfodring medføre læsideerosion på nabostrækningerne. I dag er der mange enkeltløsninger på kysten. På en strækning er der anlagt store skråningsbeskyttelser, på en anden strækning høfder eller bølgebrydere. Disse mange enkeltløsninger har alle konsekvenser for nabostrækningerne.

En kombination af forskellige kystsikringsløsninger på langs af kysten er fravalgt, da alle andre løsninger end strandfodring med sand påvirker nabostrækningerne negativt i form af læsideerosion, og der derved ikke opnås en samlet løsning for hele kysten.

I det følgende præsenteres de fem scenarier, som indgår i analysen.

4.2 Naturlig kystudvikling

Scenariet beskriver den naturlige kystudvikling, som den ville have set ud, hvis der ikke var blevet etableret hård kystbeskyttelse langs Nordkysten, dvs. en beskrivelse af den naturlige udvikling på kysten uden menneskelig påvirkning. Dette scenarie medtages i analyserne for at tydeliggøre den naturlige kystdynamik på Nordkysten samt forstå omfanget af behovet for strandfodring. Det antages, at der ikke er hård kystbeskyttelse langs kysten, og at stranden har en naturlig bredde svarende til forholdene i 1954.

4.3 Projektforslaget: Strandfodring med sand og ral

Projektforslaget omfatter strandfodring med sand og ral langs fodringsstrækningerne til +2,5 m DVR90 vest for Gilleleje og +2,0 m DVR90 øst for Gilleleje. Rallen lægges under sandet for at give en stærkere beskyttelse mod den akutte

erosion. Strandfodringen medfører, at stranden genopbygges og vedligeholdes med sand og ral langs fodringsstrækningerne og beskytter derved den hårde kystbeskyttelse og truet ejendomme, kritisk infrastruktur, naturarealer, fredede fortidsminder, andre kulturværdier mm. bagved.

4.4 Referencescenariet: Nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse

Referencescenariet beskriver den fremtidige udvikling af kysten med de nuværende skråningsbeskyttelser, høfder og bølgebrydere som vedligeholdes til samme niveau men uden etablering af yderligere beskyttelse. Referencescenariet er sammenligningsgrundlag for projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og alternativerne i miljøvurderingen.

4.5 Alternativ D: Strandfodring med ral

Alternativ D omfatter strandfodring med ral langs alle fodringsstrækninger til kote+1,75 m DVR90.

Strandfodringen medfører, at stranden genopbygges med ral alene og vedligeholdes langs fodringsstrækningerne og beskytter derved den hårde kystbeskyttelse og ejendommene bagved. Alternativ D er sammenligningsgrundlag for projektforslaget (strandfodring med sand og ral) i miljøvurderingen, da alternativet også kystbeskytter Nordkysten, som er formålet med Nordkystens Fremtid.

4.6 Alternativ E: Strandfodring med sand

Alternativ E omfatter strandfodring med sand langs fodringsstrækningerne til +2,75 m DVR90 vest for Gilleleje og +2,25 m DVR90 øst for Gilleleje. Strandfodringen medfører, at stranden genopbygges og vedligeholdes med sand alene langs fodringsstrækningerne og beskytter derved den hårde kystbeskyttelse og ejendommene mm. bagved. Alternativ E er sammenligningsgrundlag for projektforslaget (strandfodring med sand og ral) i miljøvurderingen, da alternativet også kystbeskytter Nordkysten, som er formålet med Nordkystens Fremtid.

5. Metodebeskrivelse

I dette kapitel forklares indledningsvist, hvordan den kroniske erosion beregnes for alternativerne, hvor der ikke strandfodres. Derefter beskrives det, hvordan udstrækningen af den initiale strandfodring og vedligeholdelsesfodringer langs fodringsstrækninger og mellemstrækninger findes for projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og de to alternativer (D og E), hvor der kun strandfodres med henholdsvis ral og sand. Til sidst forklares metoden til beregning af forholdet mellem sandbund og stenbund, hvordan dette forhold anvendes til at fremskrive MST's kortlægning af stenrev og sandbanke og endeligt, hvordan dette efterfølgende sammenholdes med udstrækningen af strandfodringen.

Udviklingen af habitatnaturen bestemmes til år 2027, som er det årstal, hvor første fodring (initialfodringen) forventes gennemført. Desuden foretages en fremskrivning til år 5, 10, 25 og 50 efter 2027.

Projektets påvirkning af udpegede naturtyper bestemmes til år 2027. Da påvirkningen ikke er statisk pga. landhævning og havspejlsstigning undersøges påvirkningen derfor også i hele projektets levetid. I undersøgelsen skal der derfor tages udgangspunkt i, hvordan forholdene vil være i 2027 og frem til 2077. Kysterosionen og forholdet mellem stenrev og sandbanke fremskrives derfor til år 2027 og påvirkningen af naturtyper undersøges dermed også fra år 2027 og frem til år 2077.

Området, der analyseres, er et dynamisk miljø, hvor dybdeforholdene varierer hen over året pga. den kontinuerlige transport af sand langs kysten. Derfor varierer områderne, hvor der findes stenbund og sandbund, også hen over årene. Dette medfører en usikkerhed på ortofotoanalyser og opmålinger samt på analyseresultater og dermed de faglige vurderinger. Usikkerheden i analysen vurderes at svare til den naturlige variabilitet, der forekommer langs kysten.

5.1 Analyse og fremskrivning af strandlinjen

Vurderingen af den kroniske erosion har til formål at beskrive, hvordan kysten vil udvikle sig, hvis ikke Nordkystens Fremtid gennemføres.

I scenariet hvor den naturlige kystudvikling undersøges, i referencescenariet med nuværende kystbeskyttelse, samt i alternativ D (strandfodring med ral) vil der fortsat ske en kysttilbagerykning og dermed en ændring i strandens udbredelse på hele eller dele af kyststrækningen.

I analysen bestemmes den årlige kysttilbagetrækning samt den årlige ændring i strandbredden. Disse fremskrives efterfølgende til år 2027 (hvor initialfodringen forventes gennemført) plus 5, 10, 25 og 50 år. Strandbredden defineres som afstanden fra vandlinjen til vegetationslinjen, og vandlinjen defineres som grænsen mellem stranden og havet.

Ved skrænter uden foranliggende skråningsbeskyttelse bestemmes udviklingen af selve skræntfodens placering, dvs. ikke placeringen af skrænttoppen. Skrænttoppen vil ved erosion flytte sig tilbage tilsvarende skræntfoden og dermed påvirke ejendommene, der ligger på toppen af skrænten.

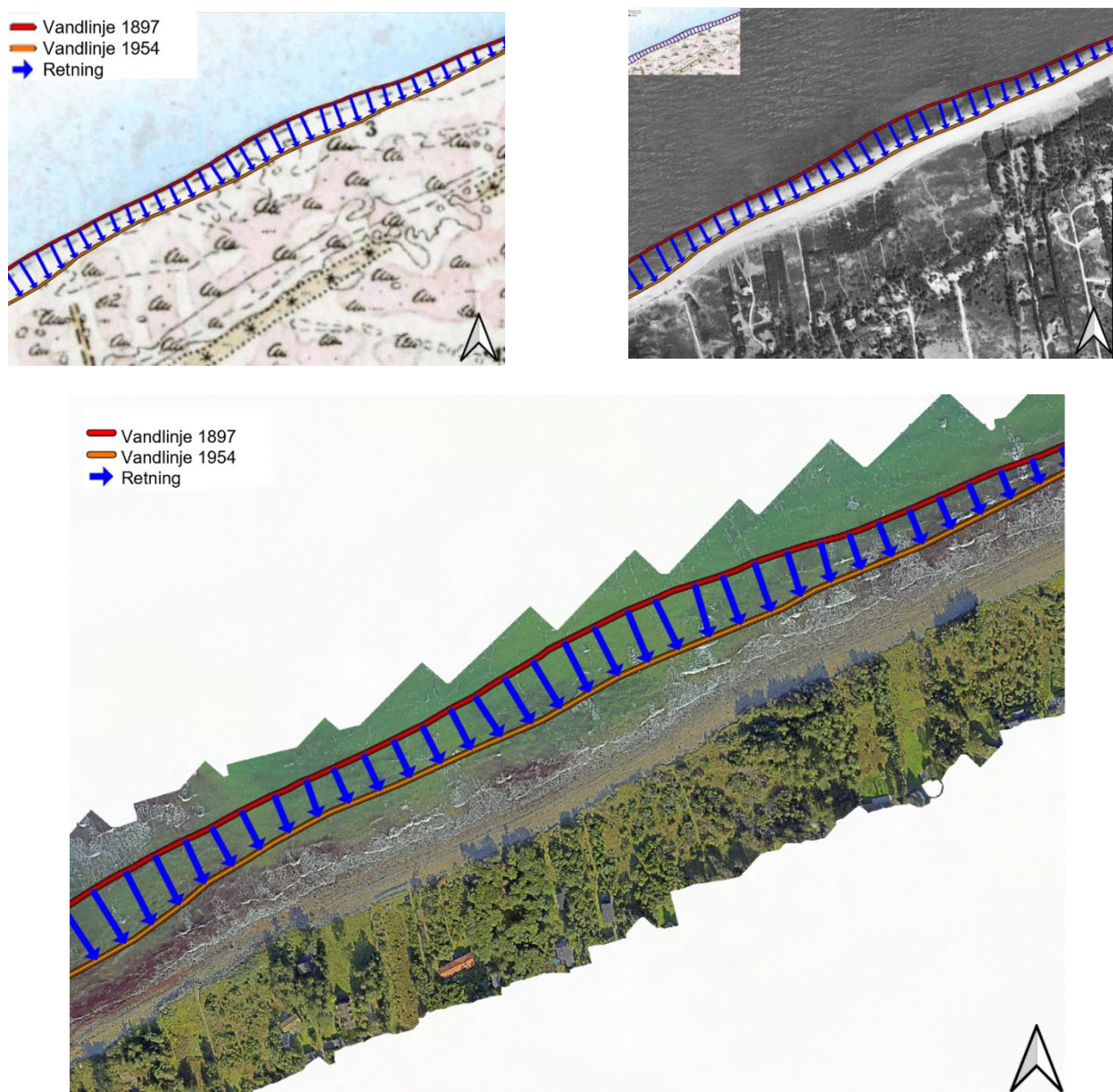
I vurderingen af hvordan kysttilbagerykningen eroderer naturtyperne inden for Natura 2000-områderne, undersøges påvirkningen i forhold til den nyeste kortlægning (udført 2016-2018) (Miljøstyrelsen, 2022).

I de næste afsnit gennemgås det, hvordan den årlige kysttilbagerykning findes og fremskrives.

5.1.1 Naturlig kystudvikling uden kystbeskyttelse

Scenariet beskriver den naturlige kystudvikling, som den ville se ud, hvis der ikke var blevet etableret hård kystbeskyttelse langs Nordkysten.

For at beskrive kystens naturlige udvikling, bestemmes den kroniske erosion ved at sammenholde placering af vandlinjen i 1897 og 1954, som er de ældste tilgængelige data. Ved at måle afstanden mellem vandlinjen i 1897 og 1954 kan den gennemsnitlige kroniske erosion pr. år findes. Denne erosionsrate benyttes til en fremskrivning af 1954-situationen til 2027 samt år 5, 10, 25 og 50 herefter (2032, 2037, 2052 og 2077). Som eksempel er vandlinjens placering i 1897, 1954 og 2020 ved Smidstrup vist i Figur 5.1. Det ses tydeligt, at der er sket en kysttilbagerykning fra 1897 til 1954, og at erosionen er fortsat frem til 2020.



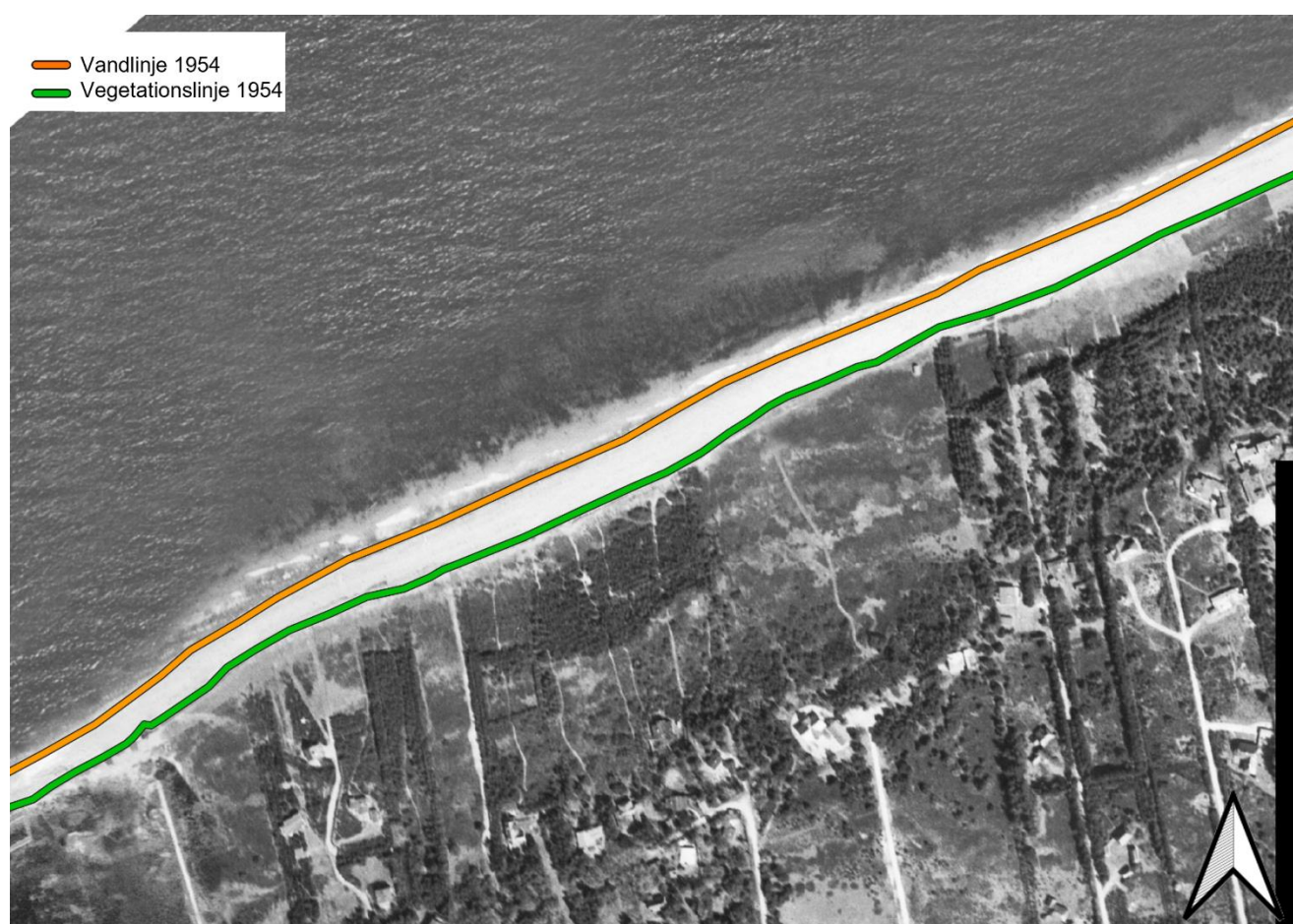
Figur 5.1: Vandlinjens placering ved Smidstrup i 1897 (rød) og i 1954 (orange) med tre forskellige baggrundsbilleder: Øverst til venstre: 1897, øverst til højre: 1954, nederst 2020. Pilen viser kysttilbagerykningen i perioden 1897 til 1954.

På nogle strækninger ligger vandlinjen fra 1954 foran vandlinjen i 1897, hvilket tillægges usikkerheder i opmålingen i 1897. Da kyststrækningen er en erosionskyst, men erosionsraten mellem 1897 og 1954 ikke kendes, er kysttilbagerykningen i mangel af viden i stedet for sat til nul langs de pågældende strækninger.

Der blev allerede anlagt en del kystbeskyttelse i perioden mellem 1897 og 1954. Med de tilgængelige data beskrives den situation, som er mindst påvirket af hård kystbeskyttelse og derved den mest naturlige udvikling, som det er muligt at bestemme. På strækninger, hvor der allerede var anlagt hård kystbeskyttelse i 1954, kan erosionen derfor være større, end hvad analysen viser.

I sammenligningen af scenariernes kystudvikling, antages strandbredden for den naturlige kystudvikling at være som i 1954, da dette er det bedste bud på den uberørte strands bredde. På strækninger, hvor der allerede i 1954 var anlagt skråningsbeskyttelse, kan strandbredden allerede være blevet mindre end den naturlige strandbredde.

Et eksempel på vegetationslinjen og vandlinjen og dermed strandbredden i 1954 ses i Figur 5.2.



Figur 5.2: Vandlinje og vegetationslinje i 1954. Baggrundsbillede er fra 1954.

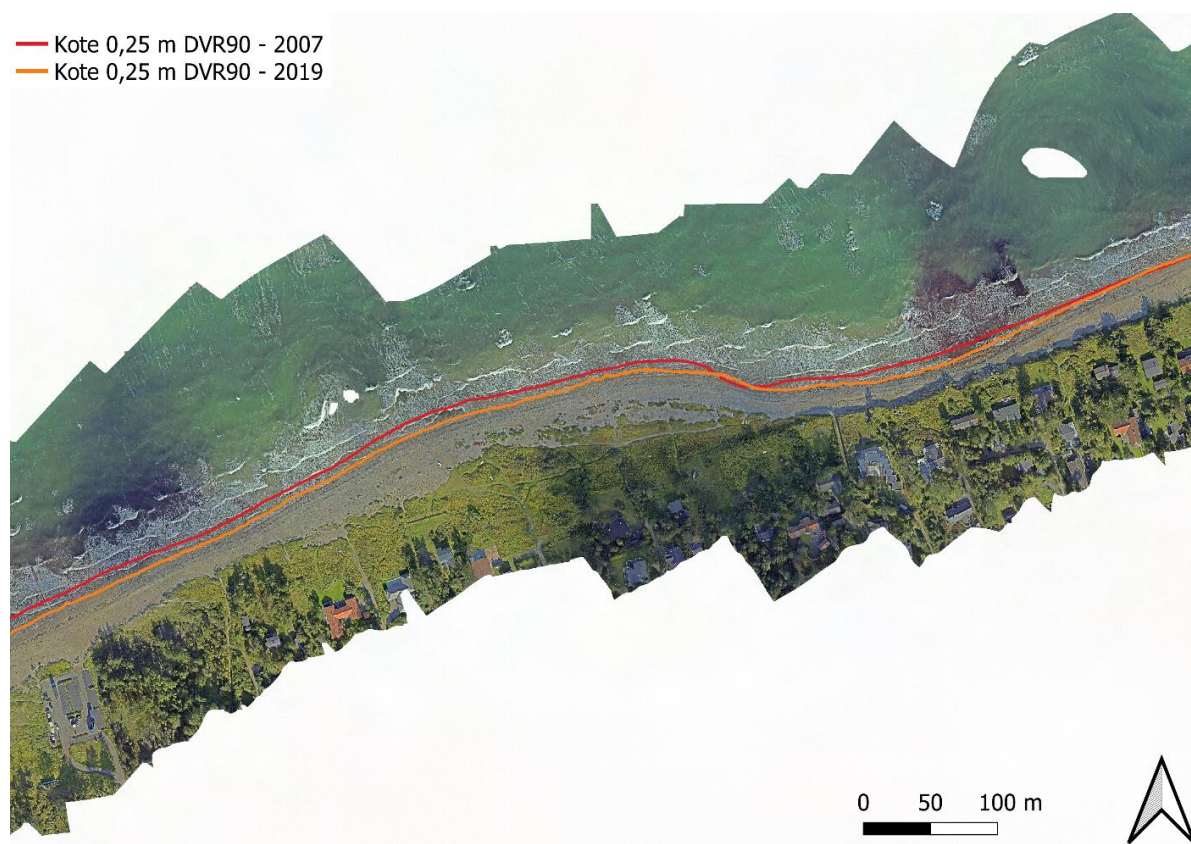
5.1.2 Kystudvikling med hård kystbeskyttelse

I dette tilfælde undersøges den fremtidige udvikling af kysten, hvis der ikke strandfodres med sand på fodringsstrækningerne og gælder dermed referencescenariet (Nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse), samt på mellemstrækningerne i alternativ D (Strandfodring med ral). Alternativ D vil i forhold til referencescenariet medføre en merpåvirkning på mellemstrækningerne. Denne merpåvirkning, og hvordan denne findes, beskrives i Afsnit 5.1.3.1.

For at beskrive kystens udvikling uden en udbygning af den nuværende hårde kystbeskyttelse er den kroniske erosion bestemt ved at sammenholde +0,25 m DVR90 højdekurven i 2007 og 2019 fra Danmarks Digitale Terræn Model, som er den ældste og nyeste tilgængelige højdemodel. Dermed bestemmes kysttilbagerykningen over så mange år som muligt. Årsagen til, at det ikke er 0,0 m kurven, der er anvendt, skyldes, at den ikke altid findes på kortene, hvis det var højvande den dag, opmålingen blev gennemført. Forholdet mellem +0,25 m kurverne for de to år og 0,0 m kurverne anslås dog at være den samme. Ved at finde afstanden mellem +0,25 m DVR90 højdekurven i 2007 og 2019 kan den gennemsnitlige kroniske erosion pr. år findes.

På strækninger med skråningsbeskyttelse stopper kysttilbagerykningen i analysen foran skråningsbeskyttelsen, da det antages, at kystbeskyttelsen opretholdes og vedligeholdes. Hvor der ikke er skråningsbeskyttelse, fortsætter tilbage-rykningen uændret. Betonmure medregnes som skråningsbeskyttelser i analysen, da betonmure også stopper erosionen af skrænterne. Høfder og bølgebryderes påvirkning på kystens tilbagerykning eller fremrykning indgår i den beregnede kroniske erosion. Deres betydning for kystens udvikling indgår derfor også i analysen.

Som eksempel er +0,25 m højdekurven i 2007 og 2019 vist langs kysten ved Smidstrup i Figur 5.3. Det er tydeligt at se, at kysten har trukket sig tilbage mellem 2007 og 2019.



Figur 5.3: Kote +0,25 m DVR90 i Smidstrup i 2007 (rød) og i 2019 (orange) vist på ortofoto fra 2017.

Ændringen i strandbredden findes ved at trække den kroniske erosion fra strandbredden, på strækningen hvor skrænten beskyttes af en skråningsbeskyttelse eller betonmur. Strandbredden defineres som afstanden fra vegetationslinjen og til vandlinjen og er baseret på undersøgelserne foretaget som del af Nordkystens Fremtid i 2017. Her blev vandlinjen og vegetationslinjen kortlagt ud fra højtopløselige ortofoto. Eksempel på vand- og vegetationslinje fra 2017 er vist i Figur 5.4. I figuren ses det også, at kysttilbagerykningen er stoppet foran skråningsbeskyttelsen i midten af billedet, men at stranden foran beskyttelsen er væk.

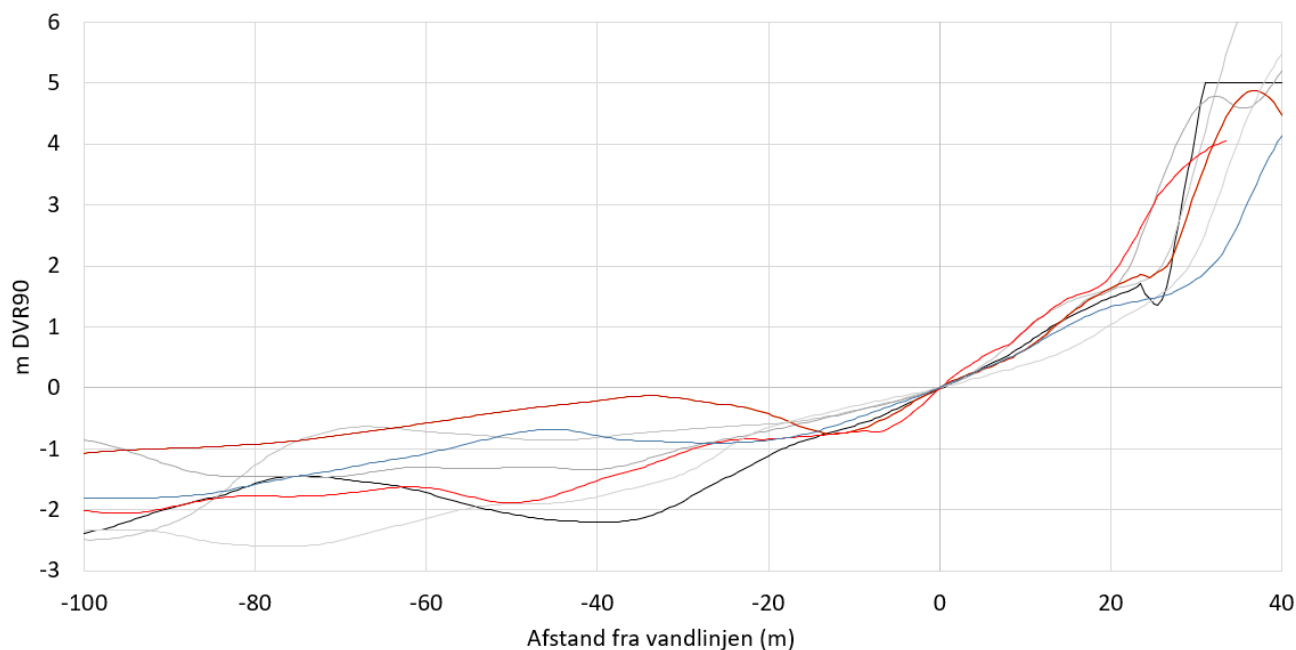


Figur 5.4: Vegetationslinje (grøn) og vandlinje (blå) i Smidstrup vist på ortofoto fra 2017.

5.1.3 Fodringsscenarier

I projektforslaget strandfodres der med sand og ral. I alternativ D strandfodres der kun med ral og i Alternativ E kun med sand.

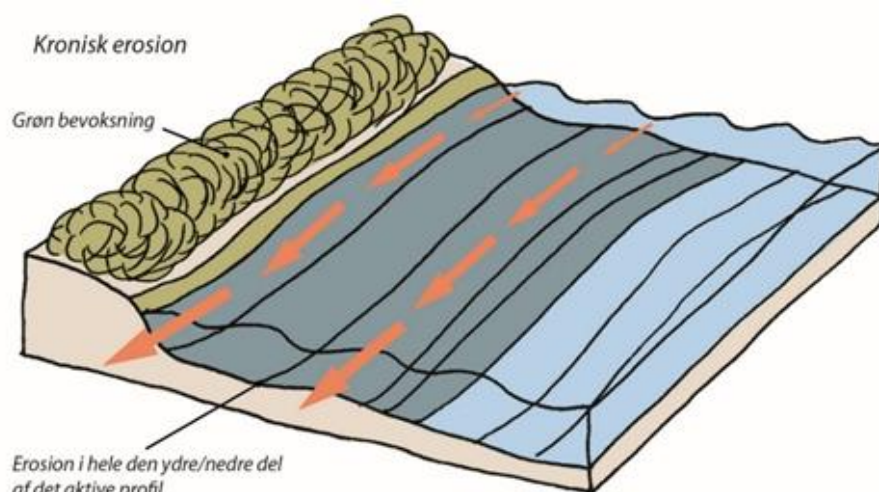
I projektforslaget strandfodres der vest for Gilleleje langs fodringsstrækningerne til +2,5 m DVR90 og øst for Gilleleje til +2,0 m DVR90, mens der i Alternativ E fodres til kote henholdsvis +2,75 og +2,25 m DVR90. Der vil ved de to scenarier ske transport af sand fra fodringsstrækningerne til mellemstrækningerne. Sandet på mellemstrækningerne kommer fra fodringsstrækningerne vest for. For at tage højde for den øgede strandbredde, der naturligt vil opstå på mellemstrækningerne, når der tilføres mere sand til systemet, forudsættes det, at der på mellemstrækningerne vil blive dannet en smal strand med et ligevægtsprofil til kote +1,5 m DVR90 både i projektforslaget og i Alternativ E. Det svarer nogenlunde til den strandbredde, der allerede findes i dag langs strækninger med sandstrand på Nordkysten, hvor overgangen fra forstrand og til bagstranden (hvor skrænten/klitten begynder) er omkring kote +1,5 m som vist i Figur 5.5. I projektforslaget og i Alternativ E, hvor der tilføres mere sand til systemet, vil en strandbredde til kote +1,5 m dermed kunne opstå også på mellemstrækningerne.



Figur 5.5: Udvalgte kystprofiler langs Nordkysten med sandstrand. Overgangen fra forstranden til bagstranden (hvor skrænten/klitten begynder og der er en ændring i strandens hældning) sker omkring i kote +1,5 m DVR90. Derfor antages det, at strandbredden på mellemstrækningerne på sigt vil blive øget med et ligevægtsprofil til kote +1,5 m DVR90. Profilerne er opmålt i 2018 som en del af Nordkystens Fremtid.

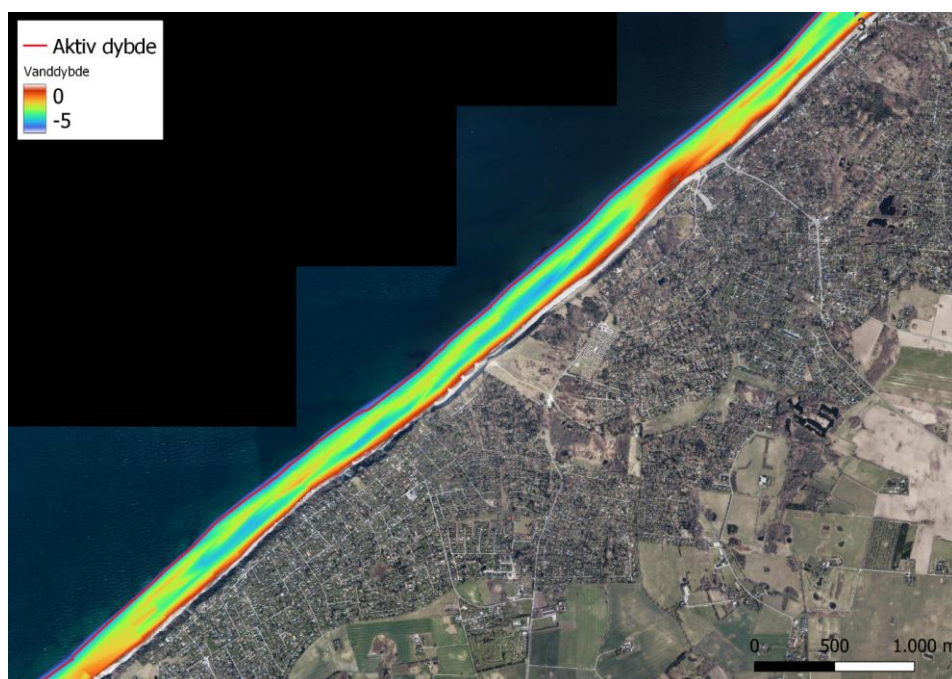
I alternativ D fodres der med ral til kote +1,75 m på alle fodringsstrækninger. Der regnes ikke med tildækning af havbund på mellemstrækninger, da transporten langs kysten er langsom og vil svare til nuværende forhold, hvor der også er en langsgående sedimenttransport.

I alle scenarier strandfodres der kun på stranden og på lavt vand. Sand pumpes gennem ledninger til stranden, hvor ledningen kobles til faste rør, der løbende forlænges til udledning af sand på den ønskede position. Rallet vil blive pumpet ind på stranden på samme måde som sandet, eller det vil blive sejlet ind på stranden. Herefter fordeles fodringsmaterialet på stranden med entreprenørmateriel for at opnå det ønskede strandprofil. Lige efter fodring vil sandet derfor primært ligge på stranden (over vand). Over tid vil bølger og strøm føre sedimentet fra stranden og længere ud i profilet. Fodringsmaterialerne vurderes at blive inden for den aktive dybde. Den aktive dybde er grænsen for, hvor langt ud i kystprofilet bølgerne dominerer sedimenttransporten langs kysten som vist i Figur 5.6. Den aktive dybde er fundet for hele strækningen mellem Hundested og Helsingør i det Kysttekniske projektforslag (Bilag 2). Den aktive dybde er ca. 3 m (under middelvandstanden) ved Hundested stigende til ca. 4 m langs den vestlige halvdel af kysten. Nær Havstokken og Gilleleje Havn er den aktive dybde ca. 5 m. Øst for Gilleleje Havn er den aktive dybde lavere, fordi kysten her er drejet op mod Sverige, og kysten er derfor eksponeret for mindre bølger end det er tilfældet langs den vestlige halvdel af Nordkysten. Således varierer den aktive dybde mellem 3 m nær Gilleleje og 2 m længst mod øst. Afstanden fra vandlinjen og ud til den aktive dybde er 200-300 m vest for Gilleleje og 100-200 m øst for Gilleleje. På dybere vand vil strandfodringerne ikke påvirke naturtyperne, da der ikke sker nogen sedimenttransport på disse dybder.



Figur 5.6: Kronisk erosion sker når langstransporten stiger i transportretningen. Der transporteres mere sediment ud af området end ind, hvilket betyder, at området er under erosion. Det mørkeblå område viser de aktive dele af profilet, hvor langstransporten foregår. Lyseblå områder forbliver upåvirkede. Figur fra (DHI & Haslev & Kjærsgaard, 2015).

Udstrækningen ud i vandet af strandfodring langs fodringsstrækninger og mellemstrækninger bestemmes ud fra 3D terrænmodeller af den eksisterende kyst for at få et nøjagtigt grundlag for beregning af arealerne stenrev og sandbanke, der dækkes til med sand og ral. Der er udarbejdet en samlet 3D højdemodel af terrænoverfladen for hele Nordkysten, både over og under vand, baseret på flyopmåling fra 2017 (ca. 40x40cm opløsning på land), RTK-GPS profilopmåling fra 2017 (Vade-survey med ca. 200 m interval langs kysten) og bathymetri fra 2017 (Profiler opmålt med ekkolod med ca. 200 m interval langs kysten). Alle opmålinger er foretaget som del af forundersøgelserne til Nordkystens Fremtid (DHI, 2018). Mellem de opmålte profiler er der interpoleret lineært. Et udsnit af den bathymetriske model ses i Figur 5.7.

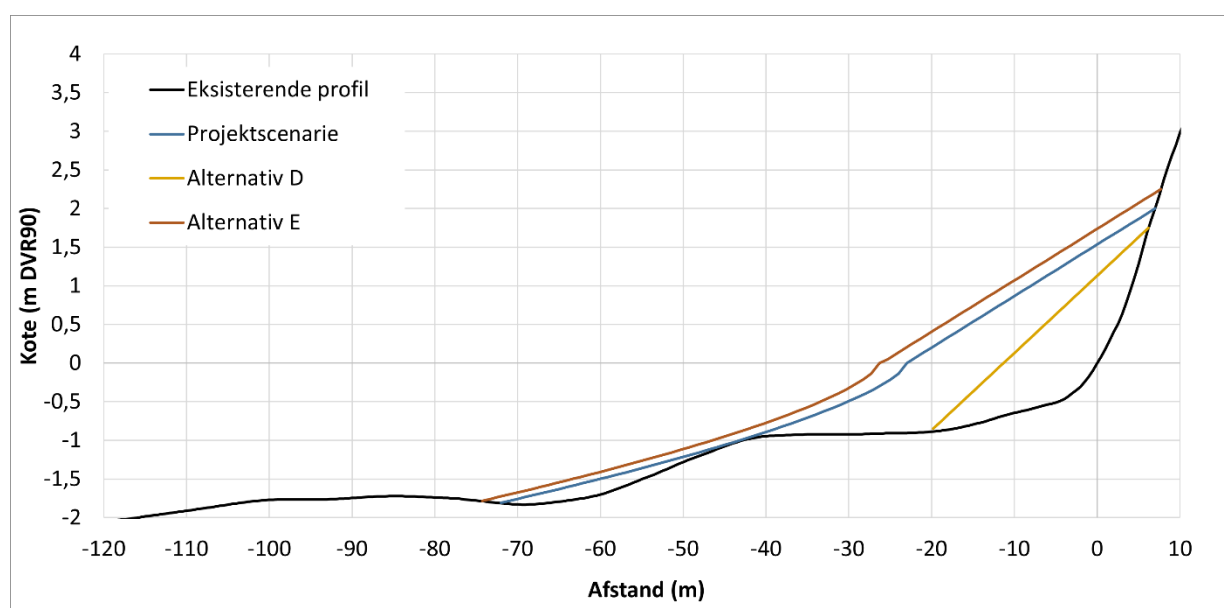


Figur 5.7: Bathymetrisk model, vanddybden er i meter, interpoleret fra opmålingen foretaget af DHI.

Til at beskrive form og udbredelsen af strandfodringen langs Nordkysten kombineres 3D højdemodellen både på stranden og på havbunden med beregnede ligevægtsprofiler for de forskellige fodringsscenarier. Formler for ligevægtsprofilen med sand og ral er defineret som følger (Bilag 2):

- Sandfodringsprofil under vandet ($< +0,12\text{ m DVR90}$): $y = a x^{2/3}$ $a = -0,135$ for sand med $d_{50}=0,35\text{ mm}$
- Sandfodringsprofil over vandet ($> +0,12\text{ m DVR90}$): $y = b x$ $b = -1/15$ for sand med $d_{50}=0,35\text{ mm}$
- Ralfodringsprofil: $y = c x$ $c = -1/10$ for ral med $20\text{ mm} < d < 150\text{ mm}$

Som det ses af formlerne for ligevægtsprofilerne, kan ral, pga. den større kornstørrelse, opretholde et stejlere profil end sand. Udbredelsen af ral ud i havet er derfor mindre, end når der fodres med sand. Dette er illustreret i Figur 5.8, som viser et eksempel på et strandprofil øst for Gilleleje, og hvordan ligevægtsprofilen varierer alt efter om der fodres med sand eller ral.



Figur 5.8: Eksempel på ligevægtsprofiler øst for Gilleleje, når der fodres med ral til kote +1,75 m DVR90 (Alt. D), sand til kote +2,25 m DVR90 (Alt. E) og kombineret sand og ral til kote +2,0 m DVR90 (projektforslaget). Udbredelsen af profilet er større, når der fodres med sand. Strandfodringsprofilet med sand er lineært over kote 0,0 m, mens det under kote 0 følger en parabel (potensfunktion). Derfor er der et knæk på ligevægtsprofilet for sand i kote 0.

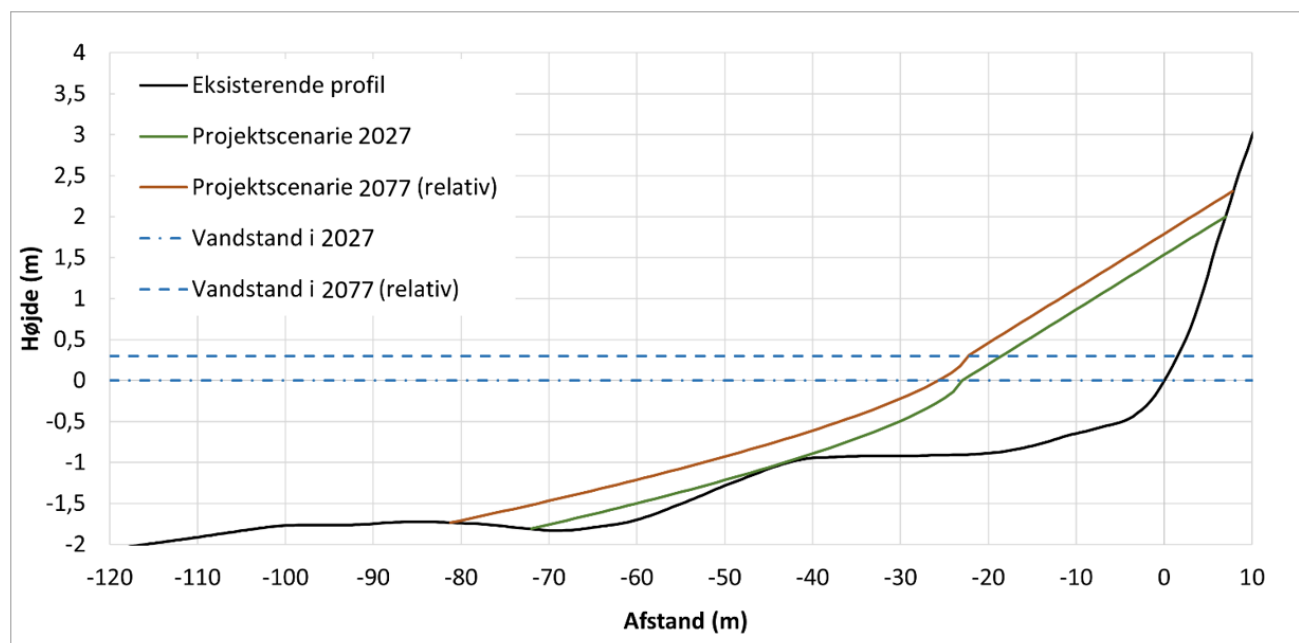
Som beskrevet tidligere dannes ligevægtsprofilerne ikke fra første dag. Sandet vil langsomt vha. bølger og strøm blive transporteret fra stranden og længere ud i profilet.

Ligevægtsprofilerne er yderligere hævet svarende til den relative havspejlsstigning, angivet i Tabel 5.1. Den relative havspejlsstigning er forskellen mellem havspejlsstigningen og landhævnningen, også angivet i Tabel 5.1. Herved er det sikret, at 3D overfladerne er i forhold til DVR90, samt at strandfodringsvolumener og udstrækning af fodringerne er så korrekte som muligt, så fodringerne er tilpasset den relative havspejlsstigning.

År	Havspejlsstigning, m Hævning af strandfodringsprofil, m	Landhævning, m Hævning af eksisterende kystprofil, m	Relativ havspejlsstigning, m
2027	0.00	0.00	0.00
2032	0.03	0.01	0.02
2037	0.06	0.02	0.04
2052	0.17	0.04	0.13
2077	0.39	0.08	0.31

Tabel 5.1: Den relative havspejlstigning frem til 2077, som er forholdet mellem havspejlsstigningen, (IPCC, 2021), og landhævningen, (Kystdirektoratet, 2018).

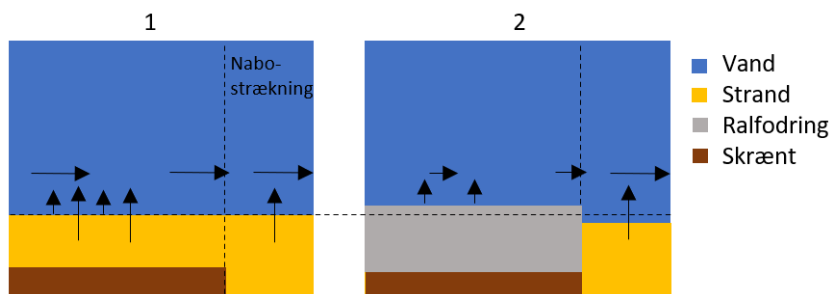
I 2077 strandfodres der dermed vest for Gilleleje til kote +2,8 m og øst for Gilleleje til kote +2,3 m i projektforslaget for at opretholde det samme beskyttelsesniveau som i 2027. Dette betyder også, at ligevægtsprofilen vil have en større udbredelse i 2077 og dermed strække sig længere ud i vandet. Figur 5.9 viser et eksempel på et ligevægtsprofil øst for Gilleleje i 2027 og 2077. Det ses, at profilet i 2077 strækker sig længere ud i vandet og at afstanden fra skrænten til vandlinjen også er større.



Figur 5.9: Ligevægtsprofil øst for Gilleleje i 2027 og 2077. Vandstand og profilet i 2077 er i forhold til den relative havspejlstigning, dvs., havspejlstigningen fratrasket landhævning.

5.1.3.1 Læsideerosion forårsaget af fodring med ral (Alternativ D)

I alternativ D fodres der med ral på fodringsstrækningerne. Ralfodringen vil medføre en moderat påvirkning af mellemstrækningen nedstrøms i form af læsideerosion. Dette skyldes, at rallen, som ligger på stranden, stopper den kroniske erosionen af selve stranden. Den langsgående sedimenttransport bliver derfor mindre. Dette er illustreret i Figur 5.10.



Figur 5.10: Illustration af hvordan ralfodring kan medføre erosion på nabostrækningen nedstrøms. Pile angiver retning og størrelsesorden på sedimenttransporten. Der tilføres sediment til den langsgående sedimenttransport fra profilet over og under kote 0 m.

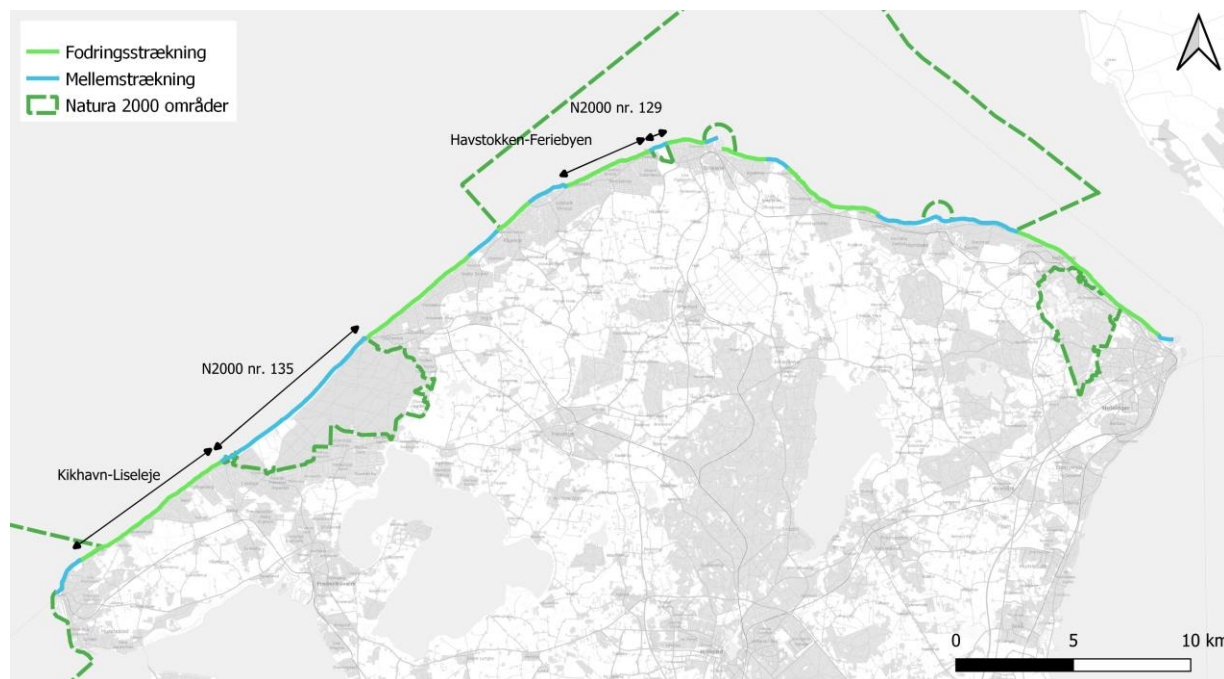
Billede 1: Der tilføres sediment til den langsgående sedimenttransport fra profilet over og under kote 0 m. Sedimentet føres ind til nabostrækningen og indgår i sedimentbudgettet her.

Billede 2: Der er nu fodret med ral på stranden. Der tilføres derfor ikke sediment fra stranden til den langsgående sedimenttransport, men kun fra profilet under vand, som dermed bliver stejlere. Der føres derfor mindre sediment til nabostrækningen. Men da erosionen her er uændret, begynder stranden på nabostrækningen derfor at erodere.

Fokus for undersøgelse af læsideerosionens omfang er de tre Natura 2000-områder på land (nr. 135, 129 og 130). Natura 2000-område nr. 130 ligger inde i en fodringsstrækning. Naturtyperne her beskyttes derfor med erosion pga. ralfodringen. Langs de to andre Natura 2000 områder, vil ralfodringen opstrøms medføre en øget erosion. De to områder er vist i Figur 5.11

Den manglende tilførsel af sediment nedstrøms fodringsstrækningerne findes ved at sammenholde, hvor på stranden den kroniske erosion foregår, og hvad den årlige kysttilbagerykning er. Dette er beskrevet nærmere i Bilag A.

Den manglende sedimenttilførsel medfører en øget erosion på nabostrækningerne på omkring 0,1 m/år svarende til 5 m i hele projektets levetid, hvis det antages, at erosionen fordeles ligeligt på strækningen.



Figur 5.11: Angivelse af de to Natura 2000-områder, hvor der pga. ralfodringen langs fodringsstrækningerne opstrøms sker en øget erosion svarende til 0,1 cm/år.

5.2 Analyse og fremskrivning af stenrev og sandbanke

Undersøgelse af udviklingen i forholdet mellem sandbund og stenbund benyttes til at vurdere, om det er nødvendigt at fremskrive MSTs kortlægning af stenrev og sandbanke til 2027, 2032, 2037, 2052 og 2077. Fremgangsmåden forklares i det følgende afsnit.

5.2.1 Udvikling i forhold mellem sandbund og stenbund

For at bestemme hvordan Nordkystens Fremtid og alternativerne påvirker naturtyperne stenrev og sandbanke skal udviklingen af disse vurderes på kort og lang sigt.

Som udgangspunkt for at fremskrive arealerne af de to naturtyper i udpegningsgrundlaget beskrives den historiske udvikling i forholdet mellem stenbund og sandbund indenfor den aktive dybde som følge af udbygningen af den hårde kystbeskyttelse over en lang årrække. Denne beskrivelse anvendes efterfølgende til at fremskrive areal af de to naturtyper på udpegningsgrundlaget, stenrev og sandbanke inden for Natura 2000-område nr. 195.

For at kunne tage højde for årlige variationer i forholdet mellem stenbund og sandbund, baseres analysen på data for flere år. Forholdet mellem sandbund og stenbund langs kysten er fundet for 10 udvalgte ortofoto fra 1954 frem til 2022 angivet i Tabel 5.2.

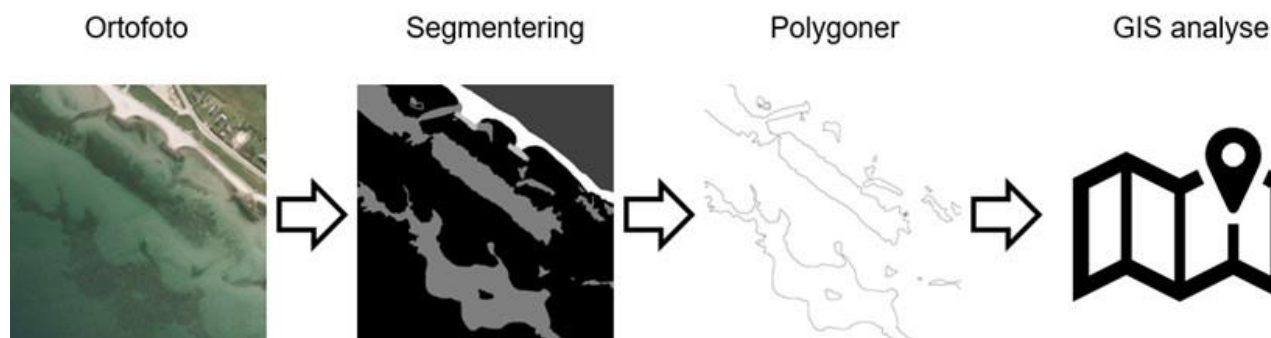
Tabel 5.2: Oversigt over anvendte ortofoto.

År	Navn	Årstid
1954	DDO 1954	Sommer
1978	Flyfoto 1978	Sommer
1999	DDO 1999	Sommer
2006	DDO 2006	Sommer
2012	DDO 2012	Sommer
2014	HRKS 2014	Forår
2016	Orto Forår 2016	Forår
2018	Orto Forår 2018	Forår
2020	Orto Forår 2020	Forår
2022	Orto Forår 2022	Forår

Det vurderes ikke at have betydning for analysen af forholdet mellem stenbund og sandbund, om ortofotoet er taget om foråret eller sommeren, da der hen over året og fra år til år er en naturlig variabilitet i dette forhold. De ældste sort/hvide ortofotos (1954 og 1978) er mere utydelige end ortofotos fra de sidste 20 år. Forholdet mellem stenbund og sandbund for de ældste ortofotos er dermed forbundet med nogen usikkerhed. De er dog alligevel medtaget for at have den historiske udvikling i stenbund og sandbund med.

Der findes også ortofotos fra 1945, 1974 og 1984, men kvaliteten af disse er endnu dårligere end ortofotos fra 1954 og 1978 eller dækker ikke hele strækningen og er derfor ikke medtaget i analysen.

Stenbund og sandbund kan i et vist omfang differentieres baseret på pixel-værdierne i et ortofoto. Typisk er stenbund mørk og varierende, mens sandbund er lys og mere ensartet. En Deep Learning algoritme er anvendt til at analysere mønstre i de anvendte ortofotos. En sådan algoritme kan med en tilpas mængde data trænes til at genkende mønstre på havbunden på både dybt og lavt vand. På den måde kan udbredelse og forholdet mellem sandbund og stenbund estimeres over tid. Analyseprocessen er udført som vist i Figur 5.12 og forklares i det følgende.



Figur 5.12: Analysemetode af udstrækning af stenbund og sandbund baseret på historiske ortofoto. Stenbund og sandbund analyseres for flere årgange. I GIS-analysen findes en trendlinje for udvikling af stenbund og sandbund.

Ortofotos fra 1954, 1978, 1999, 2006, 2012, 2016, 2018 og 2020 er manuelt segmenteret som træningsdata til Deep Learning-modellen, og bruges derved som udgangspunkt for analyse af hele kysten indenfor Natura 2000-område nr. 195. Data for 2014 og 2022 er inkluderet i analysen på et senere tidspunkt. For disse årstal er derfor kun segmenteret automatisk med Deep Learning-modellen. Efterfølgende er der udført manuel kontrol af deep-learning-modellens analyser, og det er dermed kontrolleret, at segmenteringen også er korrekt for disse to årstal.

Den manuelle segmentering er foretaget på fire udvalgte delstrækninger af hver ca. 1 km længde. Delstrækninger er beliggende inden for Natura 2000-område nr. 195 ved:

- Tinkerup
- Gilbjerg Hoved
- Strandbakkerne
- Munkerup

De fire strækninger er vist i Figur 5.13. Strækningerne er udvalgt, fordi stenbund og sandbund tydeligt kan identificeres på ortofotoet fra 1954, og da de samlet set repræsenterer variation i kystretning og sedimenttransportskapacitet langs kysten på begge sider af Gilleleje Havn.



Figur 5.13: Oversigtskort af de udvalgte delstrækninger til manuel segmentering indenfor N195 Gilleleje Flak og Tragten.

Segmenteringen af ortofoto er baseret på følgende kategorier:

- Stenbund (mørke uensartede områder)
- Sandbund (lyse ensartede områder)
- Vandlinje (overgang mellem områder med lys strand og områder med mørkere vand)

Eksempler på segmentering af stenbund ses i Figur 5.14.



Figur 5.14: Eksempler på manuel segmentering af stenebund ved Gilbjerg Hoved i ortofotos fra 1954, 1999, 2012 og 2020.

Modellen er efterfølgende trænet på data baseret på den manuelle segmentering og er derefter brugt til at segmentere ortofotos langs kysten inden for hele Natura 2000-område nr. 195. Baseret på segmenteringen er stenebund og sandbund optegnet som polygoner, og ud fra dette er forholdet mellem sandbund og stenebund for de forskellige år beregnet.

Metoden afgrænser som udgangspunkt de områder, der kan karakteriseres som ensartet lys sandbund nogenlunde svarende til MST substrattype 1 (sandbanke), og hvor der ikke findes tydelige tegn på uensartet mørk stenebund.

Øvrige arealer karakteriseret som uensartet mørk stenebund (nogenlunde svarende til stenrev) omfatter således stenebund med sandbund ind imellem nogenlunde svarende til substrattype 2, 3 og 4, beskrevet i afsnit 3.1.3. Metoden formodes at medtage mere areal som stenebund end habitatnaturtypen stenrev, der indeholder substrattype 3 og 4. Dette har dog ikke betydning for vurderingen af forholdet mellem stenebund og sandbund, da analysen er konsekvent i forhold til hvad der er stenebund og sandbund for alle årstal.

Modellen medregner ikke alle områder med meget spredte sten som stenebund, der i stedet indgår under sandbund. Disse områder formodes at ligge tæt på grænsen mellem substrattype 1 og 2.

Metoden sættes op i overensstemmelse med kortlægningskriterier således, at minimumsareal for uensartede mørke områder med stenbund er 100 m² og ensartede lyse områder med sandbund er 2.500 m² (Miljøstyrelsen, 2021a). Desuden medtages områder, der er under størrelseskriterierne, hvor de ligger under 200 m fra et andet område, som er større end størrelseskriterierne. Da stenbund og sandbund ligger i mosaik på hele projektarealet inden for aktiv dybde er der i praksis set bort fra størrelseskriterierne, og alt areal inden for aktiv dybde er medtaget som enten stenbund eller sandbund.

Der er meget stor variation i udstrækningen af uensartede mørke områder med stenbund og ensartede lyse områder med sandbund fra det ene år til det andet som følge af kystens naturlige dynamik og geologi. Der er derfor forskel på de arealer, som kategoriseres som uensartet mørk stenbund og ensartet lys sandbund fra NIRAS' metode og den kortlægning af stenrev og sandbanke, som MST har udarbejdet i 2012/2016. Denne analyse forholder sig kun til ændringen i forholdet mellem sandbund og stenbund fra år til år og anvender dette forhold til at fremskrive MST's kortlægning af stenrev og sandbanke.

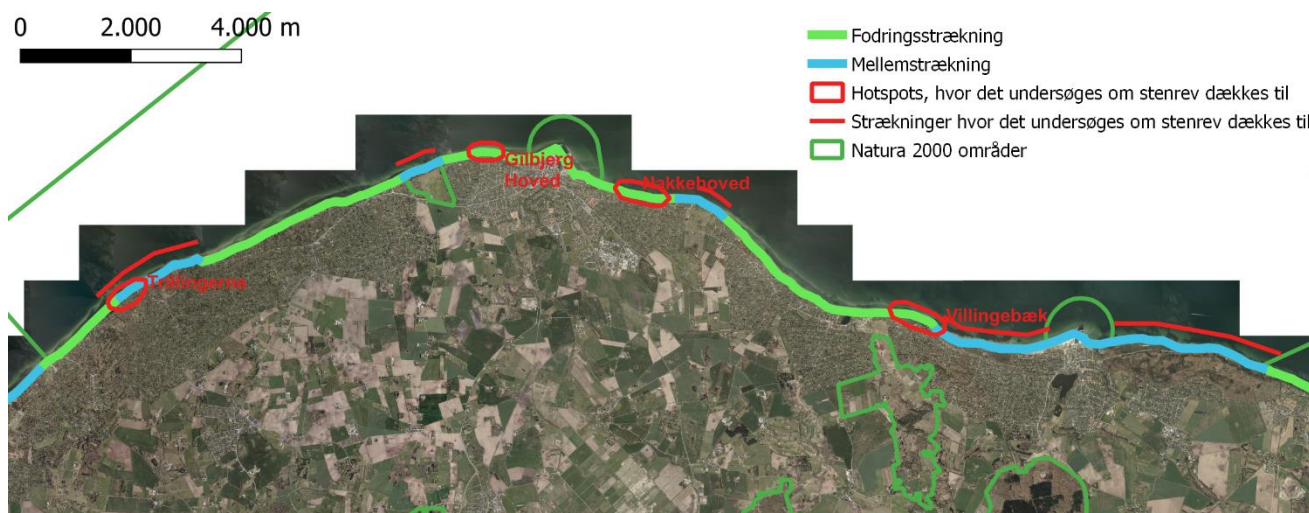
5.2.2 Påvirkning af stenrev og sandbanke

Forholdet mellem sandbund og stenbund for de analyserede år anvendes til at finde en trendlinje i udviklingen af stenbund og sandbund. Trendlinjen anvendes efterfølgende til at vurdere om det er nødvendigt at fremskrive MST's kortlægning af stenrev og sandbanke inden for Natura 2000-område nr. 195 fra 2016 til 2027 og efterfølgende til plus 5, 10, 25 og 50 år. Hermed kan udgangspunktet af påvirkningen af stenrev og sandbanke som følge af strandfodring i forbindelse med Nordkystens Fremtid og alternativer vurderes.

Påvirkningen opgøres som det areal af stenrev og sandbanke inden for den aktive dybde, der tildækkes. Naturtyper, som ligger inden for den aktive dybde men uden for den zone, der påvirkes ved direkte tildækning med strandfodring på fodringsstrækninger og ved øget strandbredde på mellemstrækningerne, vil opleve en variabilitet og dynamik, som svarer til forholdene langs kysten i dag.

Områder med stenrev, som analysen af forholdet mellem stenbund og sandbund viser aldrig tildækkes af sand, undersøges nærmere. Hvis områderne fra et kystteknisk perspektiv vurderes til at være områder, hvor langstransporten af sediment er kraftig stigende i forhold til kysten i øvrigt, fx foran en pynt, tages disse områder ud af tildækningsarealerne. I det næste beskrives, hvilke strækninger, denne vurdering foretages for.

Den østlige ende af fodringsstrækningen ved Trillingerne er i det kysttekniske projekt (Bilag 2) udpeget som et hotspot, hvor det vil være vanskeligt at fastholde sedimentet lokalt, da kystens orientering skifter retning. Det samme gør sig gældende ved Gilberg Hoved, vest for Nakkehoved og ved Villingebæk. Hotspots er vist i Figur 5.15. Områder foran disse hotspots, der er kortlagt som stenrev og som i analysen af forholdet mellem stenbund og sandbund altid er blotlagt, vil derfor blive taget ud af tildækningsarealerne, selvom hotspots ligger på fodringsstrækninger.



Figur 5.15: Angivelse af hotspot og mellemstrækninger inden for Natura 2000-område nr. 195, hvor bund, der er kortlagt som stenrev, og som i analysen af forholdet mellem stenbund og sandbund altid er blotlagt som stenbund, tages ud af tildækningsarealerne.

Vest for Gilleleje Havn stiger sedimenttransporten fra vest mod øst. Langs de to mellemstrækninger føres der derfor mere sediment væk fra strækningerne end der tilføres. Områder, der er kortlagt som stenrev, og som i analysen af forholdet mellem stenbund og sandbund altid er blotlagt, vil derfor blive taget ud af de beregnede tildækningsarealerne på disse to mellemstrækninger. Strækningerne er vist med en rød linje i Figur 5.15.

Øst for Gilleleje Havn er sedimenttransporten langs første fodringsstrækning og første mellemstrækning mere eller mindre konstant. På de første 250 m af mellemstrækningen fra vest fastholdes de beregnede tildækningspolygonerne derfor, da der vil ske en sedimenttransport fra fodringsstrækningen og ind på mellemstrækningen. På mellemstrækningen ændres kystens orientering efter 250 m, hvilket medfører en stigning i sedimenttransporten. På den resterende del af mellemstrækningen vil områder, der er kortlagt som stenrev, og som i analysen af forholdet mellem stenbund og sandbund altid er blotlagt, derfor blive taget ud af tildækningsarealerne. Strækningen er vist med en rød linje i Figur 5.15.

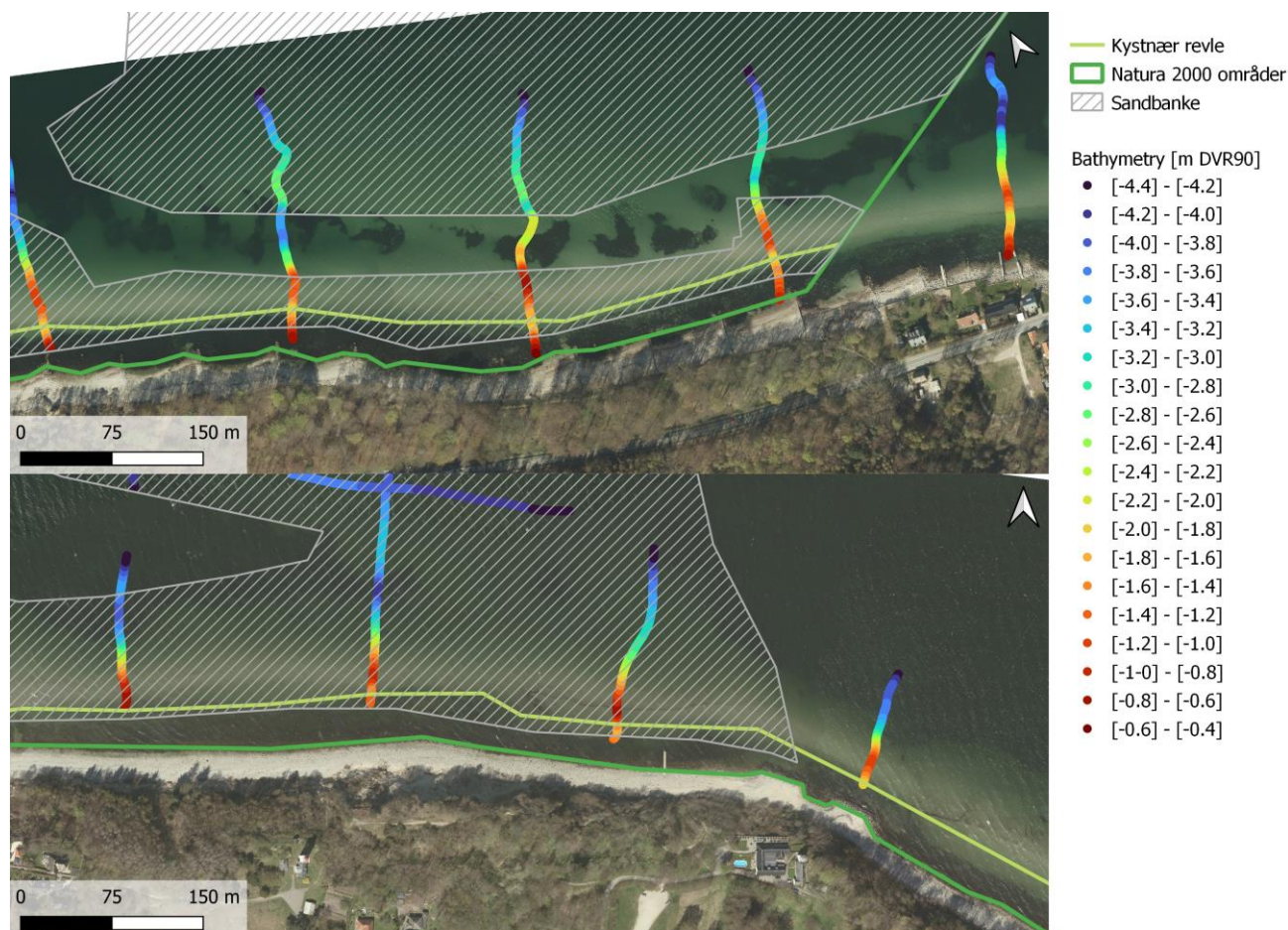
Vest for Hornbæk Havn stiger sedimenttransporten fra vest mod øst. På mellemstrækningen vest for Hornbæk Havn tages stenrev, der i analysen altid er blotlagt, ud af de beregnede tildækningspolygonerne. Det samme gør sig gældende på den resterende del af mellemstrækningen øst for Hornbæk Havn, da denne strækning er udsat for et erosionspres, da Hornbæk Havn blokerer for den langsgående sedimenttransport.

Som tidligere beskrevet vil sandet i forbindelse med strandfodringen lægges inde på kysten og vil med tiden blive transporteret ud i kystprofilet af strøm og bølger. Områderne, der tages ud af analysen, er derfor ikke områder, der vil blive tildækket under anlægsarbejdet. Når sandet efterfølgende spredes ud i kystprofilet, vil det på grund af strømmen aldrig nå at lægge sig på de ovennævnte stenrev.

5.2.3 Definition på sandbanke

I habitattypebeskrivelserne fremgår det, at sandbanke er topografiske elementer i havet i form af opragende eller forhøjede dele af havbunden, som ikke blottes ved lavvande (Miljøstyrelsen, 2016). Sandbund op mod land omfattes derfor ikke af typen. Dog kan revledannelser være omfattet, hvis de opfylder kriterierne om ikke at være blottet ved lavvande, rage op over den omgivende havbund og hovedsagelig være omgivet af dybere vand.

For at vurdere hvor sandbankerne begynder efter strandfodring, er placeringen er 1. revle indledningsvis fundet for forholdene som de er i dag. Afstanden fra land til første revle er fundet ud fra profilopmålingerne foretaget af DHI i 2017 som del af forundersøgelserne til Nordkystens Fremtid (DHI, 2018) suppleret med ortofoto. I Figur 5.16 er vist eksempel, hvor første revle tydeligt ses fra profilmålingerne, mens der i Figur 5.17 er vist et eksempel, hvor første revle tydeligt ses fra ortofoto.



Figur 5.16: Eksempel hvor første revle tydeligt ses af profilmålingerne.



Figur 5.17: Eksempel hvor første revle tydeligt ses af ortofoto. Bølgerne bryder på revlen omkring 50 m fra vandlinjen.

Det er NIRAS vurdering, at der efter strandfodring med sand vil opstå revler i samme afstand fra vandlinjen som i 2017, og dermed vil der retableres sandbanke igen uden for første revle på tildækket sandbanke og stenrev. Da fremrykningen af kysten er omkring 30 m og bølge- og strømforholdene ikke ændres, vurderes det, at afstanden fra land til første revle bevares med strandfodringen. I nærværende beregninger og analyser forskydes placeringen af første revle derfor havværts svarende til kystfremrykningen, der forekommer ved strandfodringen.

Der ligger i dag 49,4 ha kortlagt sandbanke inden for den fundne 1. revle. Dette skyldes, at projektområdet er et dynamisk miljø. Revlernes placering afhænger af dynamikken langs kysten og ændrer placering i løbet af året. I vurderingen af projektets påvirkning af habitatnatur ses der bort fra sandbanke inden for den fundne 1. revle, da dette areal, som tidligere beskrevet, ikke lever op til definitionen af sandbanke. På samme måde vil arealet fra den nye vandlinje og ud til første revle ikke indgå i arealet, der bliver til sandbanke efter fodring med sand eller ral.

6. Resultater

Resultaterne af analyserne præsenteres i dette afsnit. Indledningsvis præsenteres udviklingen af forholdet mellem sandbund og stenbund til brug for fremskrivningen af stenrev og sandbanke.

Efterfølgende præsenteres resultater af projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og alternativernes påvirkning af hele kyststrækningen i form af kysttilbagetrækning og ændring i strandbredden. Resultaterne vises i forhold til de årstal, der tages udgangspunkt i analysen. Dette for at tydeliggøre, hvordan resultaterne er fundet.

Til sidst sammenlignes påvirkningen af naturtyper inden for Natura 2000-områderne. Påvirkning af naturtyper er beregnet for start år 2027, da de endelige myndighedsgodkendelser forventes opnået og initialfodringen forventes gennemført i dette årstal.

6.1 Analyse og variabilitet af stenbund og sandbund

Analysen af forholdet mellem stenbund og sandbund er udført for 10 år mellem 1954 og 2022. I Tabel 6.1 er arealet af stenbund og sandbund indenfor den aktive dybde for de forskellige år, der er undersøgt for, angivet. Udstrækningen af sandbund varierer mellem 64 % og 77 % af arealet og stenbund dermed mellem 23 % og 36 % af arealet.

Arealerne stemmer nogenlunde overens med MSTs kortlægning. Inden for den aktive dybde er der kortlagt 113 ha stenrev og 313 ha sandbanke.

Tabel 6.1: Arealer (ha) og forhold mellem stenbund og sandbund i perioden 1954-2022.

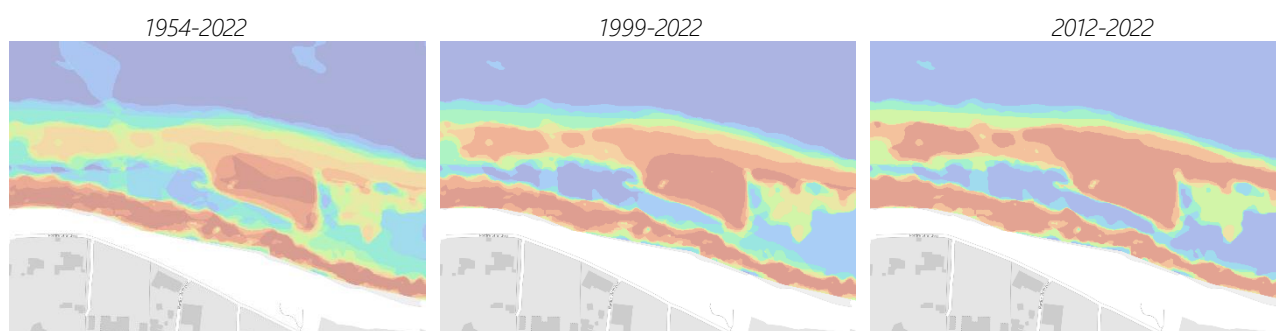
År	Totalt areal	Stenbund	Sandbund	Stenbund %	Sandbund %
1954	471	139	332	30%	70%
1978	471	167	304	36%	64%
1999	471	125	347	26%	74%
2006	471	115	356	25%	75%
2012	471	110	361	23%	77%
2014	471	138	334	29%	71%
2016	471	126	346	27%	73%
2018	471	114	357	24%	76%
2020	471	124	348	26%	74%
2022	471	121	351	26%	74%
Middel, 1954-2022		128	343	27%	73%
Middel, 1999-2022		121	350	26%	74%
Middel, 2012-2022		122	349	26%	74%

Resultaterne af analysen af udviklingen af sten- og sandbund undersøges for tre perioder:

- 2012-2022 (ca. 10 år tilbage)
- 1999-2022 (ca. 20 år tilbage)
- 1954-2022 (længst mulige periode)

De to korte perioder, der ser 10 og 20 år tilbage i tiden, medtages begge for at vurdere om udviklingen i forholdet mellem stenbund og sandbund varierer alt efter periodens længde. Den længste periode helt tilbage fra 1954 medtages for at vurdere om forholdet mellem stenbund og sandbund har ændret sig meget efter der er anlagt flere og flere skråningsbeskyttelser langs kysten.

Selvom det samlede areal af sten- og sandbund er nogenlunde konstant over tid, er der stadig stor variabilitet fra år til år. I Figur 6.1 ses analysen for et område vest for Gilleleje Havn, hvor røde farver indikerer permanent stenbund i perioden, mens blå farver indikerer permanent sandbund. De mellemliggende farver indikerer varierende bundtype.



Figur 6.1: Variabilitet i forholdet mellem stenbund og sandbund fra år til år inden for den aktive zone.

Mørkeblå = permanent sandbund

Rød = permanent stenbund

Mellemliggende farver indikerer varierende bundtype

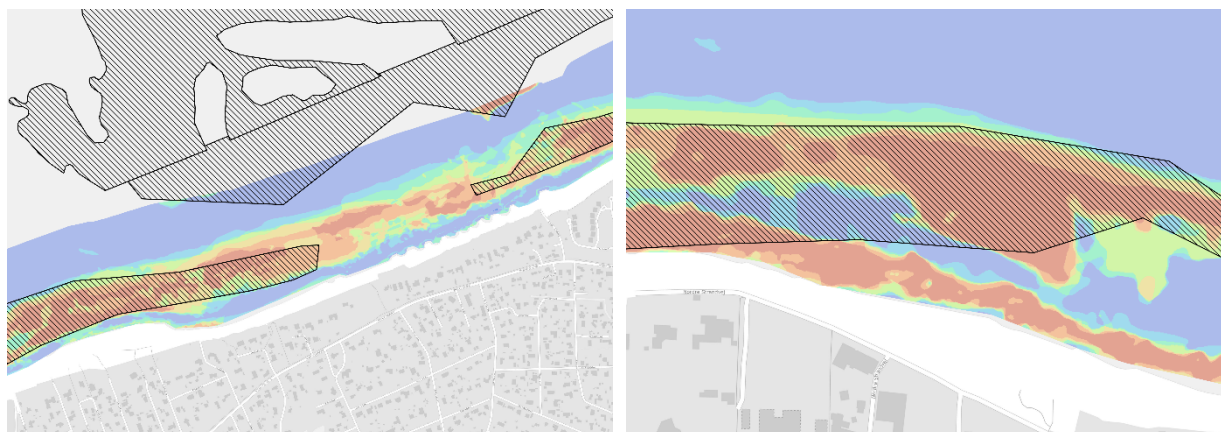
Det ses, at området med permanent stenbund er størst for den korte periode, hvilket understreger, at områder med stenbund varierer, og at jo længere en periode, der betragtes, jo mindre er området, hvor der er permanent stenbund. Dette er tydeliggjort i Tabel 6.2, hvor størrelsen på områder med permanent sandbund og stenbund er angivet for de tre perioder for hele Natura 2000-område nr. 195. Betragtes den længste periode 1954-2022 er det samlede område, hvor der er permanent stenbund 18,9 ha, For de to kortere perioder 1999-2022 og 2012-2022 er området med permanent stenbund henholdsvis 30,0 ha og 47,8 ha.

Tabel 6.2: Angivelse af størrelsen på områder, hvor der altid er fundet stenbund og sandbund for tre perioder (inden for aktiv dybde).

	Permanent stenbund	Permanent sandbund	Variierende bundtype
1954-2022	18,9 ha	154,7 ha	300,1 ha
1999-2022	30,0 ha	223,0 ha	219,8 ha
2012-2022	47,8 ha	255,5 ha	169,2 ha

I Figur 6.2 sammenlignes områder med permanent stenbund med MST's kortlægning af stenbund ved Tinkerup og Gilbjerg Hoved. Det ses, at der inden for MST's kortlægning af stenrev også er en årlig variabilitet, og at stenrevne til tider også er tildækkede af sand.

Variabiliteten i areal stenbund for hele Natura 2000-område nr. 195 er opgjort i Figur 6.3 for udvalgte årstal og sammenholdt med MST's kortlægning af stenrev. De forskellige analyser og kortlægninger sammenlignes ved at beregne Jaccard indexet (IoU – intersection over union). Jaccard indexet beskriver forholdet mellem fællesmængden og foreningsmængden af to datasæt og kan betragtes som et udtryk for, hvor "enige" to analyser er.



Figur 6.2: Sammenligning mellem NIRAS' analyse af stenbund og MST's kortlægning af stenrev (sort skravering). Rød angiver områder hvor der i analyse af stenbund altid er fundet stenbund, mens blå angiver områder hvor der oftest er sandbund. Tinkerup (th), Gilbjerg Hoved (tv).

For NIRAS' analyser af stenbund i 2012, 2016 og 2018 ses det, at IoU ligger på ca. 0,55-0,6. Det betyder, at 55-60 % af stenbunden ligger samme sted fra et analyseår til det næste og dermed, at lidt under halvdelen af arealet af stenbund ikke ligger det samme sted fra år til år. Sammenligningen understreger, at der er en naturlig variabilitet og dynamik langs kysten.

Overensstemmelsen med MST's kortlægning af stenrev er omkring 35 % og dermed lavere, hvilket skyldes, at metode og kriterier for stenbund (denne analyse) og stenrev (MST) ikke er ens og ikke er baseret på de samme ortofoto. Variabiliteten er dog mere eller mindre ens for de tre årstal (2012, 2016 og 2018), hvilket viser, at nærværende analyse finder stenbund på 35 % af MSTs kortlægning for alle tre år. Som beskrevet ovenfor stemmer det samlede areal med kortlagt stenrev og sandbanke nogenlunde overens med NIRAS' undersøgelse af forholdet mellem stenbund og sandbund. En variabilitet på 35 % er dermed ikke et udtryk for, at NIRAS' metode ikke kan anvendes til at fremskrive MSTs kortlægning men i stedet et udtryk for, at det er et dynamisk miljø, hvor bundforholdene varierer år for år.

IOU	NIRAS '12	NIRAS '16	NIRAS '18	MST '12/'16
NIRAS '12	1	-	-	-
NIRAS '16	0.55	1	-	-
NIRAS '18	0.54	0.59	1	-
MST '12/'16	0.37	0.35	0.36	1

Figur 6.3: Variabilitet for forekomst af stenbund og sandbund inden for aktiv dybde i Natura 2000-område nr. 195 angivet i Jaccard indekset, (IoU – intersection over union), som beskriver forholdet mellem fællesmængden og foreningsmængden af to datasæt, og kan betragtes som et udtryk for hvor "enige" to analyser er. Desuden er data sammenholdt med MST's kortlægning af stenrev og sandbanke.

6.1.1 Fremskrivning stenrev og sandbanke

På trods af den årlige variation i områder med stenbund og sandbund er der ikke stor variation i forholdet mellem det samlede areal sandbund og stenbund fra år til år. Det vil sige, det samlede areal med stenbund er konstant, men områderne, hvor der er stenbund, varierer fra år til år. Udviklingen i forholdet mellem stenbund og sandbund for de tre perioder ses i Figur 6.4. I perioden 2012-2022 ses et fald på ca. -0,02 ha pr. år for stenbund, mens der i perioden 1999-2022 ses en stigning på ca. +0,02 ha pr. år. For perioden dækkende fra 1954 til 2022, ses et fald på -0,5 ha pr. år. For sandbanke er udviklingen modsat udviklingen for stenrev.

Usikkerheden i analyserne er størst for den længste periode pga. kvaliteten af ortofotos fra 1954 og 1978. Derudover er der over 20 år mellem de tre første årstal. Det er dermed svært at vurdere om udsvinget i 1978, hvor det største areal med stenbund er fundet, kun forekommer dette år eller over en årrække. Forholdet mellem stenbund og sandbund er dog i samme størrelsesorden i 1954 og 1978 som de sidste 20 år og det vurderes derfor, at forholdet har været nogenlunde stabilt siden 1954.

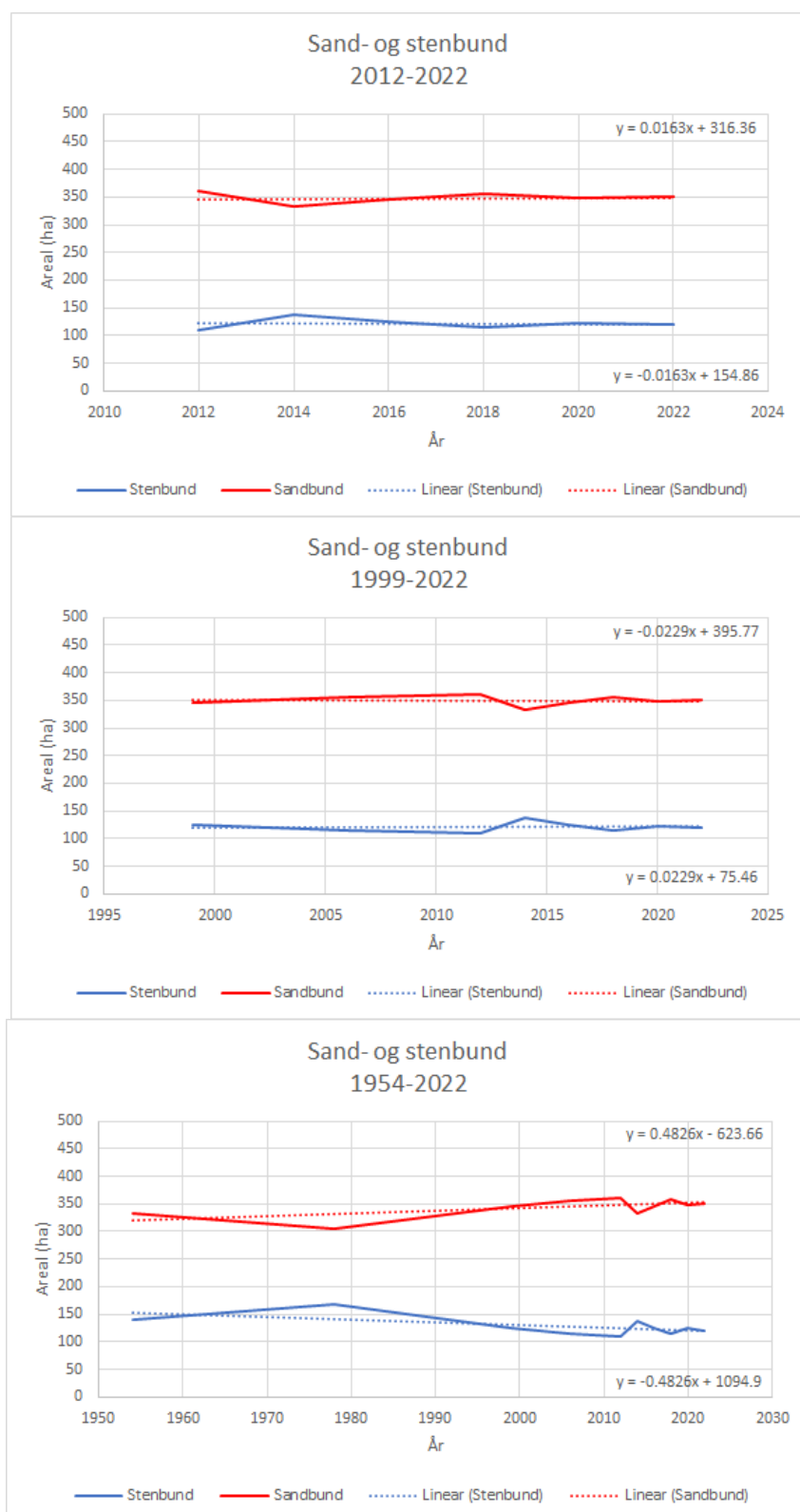
De to kortere perioder fra 1999 og frem repræsenterer forholdene langs kysten, som de er i dag med hård kystbeskyttelse på store dele af strækningen, bedst. Det er derfor valgt at basere fremskrivningen af stenrev og sandbanke på analysen, der dækker de sidste cirka 20 år.

En fremskrivning baseret på $\pm 0,02$ ha pr. år vil resultere i en ændring på ± 1 ha efter 50 år. Dette vurderes at være inden for usikkerheden af metoden, og udviklingen af det samlede areal af stenbund og sandbund kan derfor betragtes som værende konstant over tid.

Hvis der over tid ikke sker en ændring i forholdet mellem sandbund og stenbund, må det forventes, at kortlægningen af MST's stenrev og sandbanke også er konstant. En fremskrivning vil derfor ikke ændre på arealet af kortlagt stenrev og sandbanke.

I analyserne af påvirkning i 2027 plus 5, 10, 25 og 50 år anvendes MST's kortlægning af stenrev og sandbanke derfor direkte.

Årsagen til, at der ikke ses en stigning i mængden af stenbund, må tilskrives den konstante erosion, der fortsat sker langs kysten af både ubeskyttede skrænter, selve stranden og i kystprofilen.



Figur 6.4: Udviklingen i forholdet mellem stenbund og sandbund fra 1954-2022. Den stiplede linje angiver den lineære regression. Hældningen af denne linje viser ændringen i areal med stenbund og sandbund pr. år. For denne periode viser et fald i stenbund på 0,5 ha/år og dermed en stigning i sandbund på 0,5 ha/år.

6.2 Arealændringer som følge af de fem scenarier

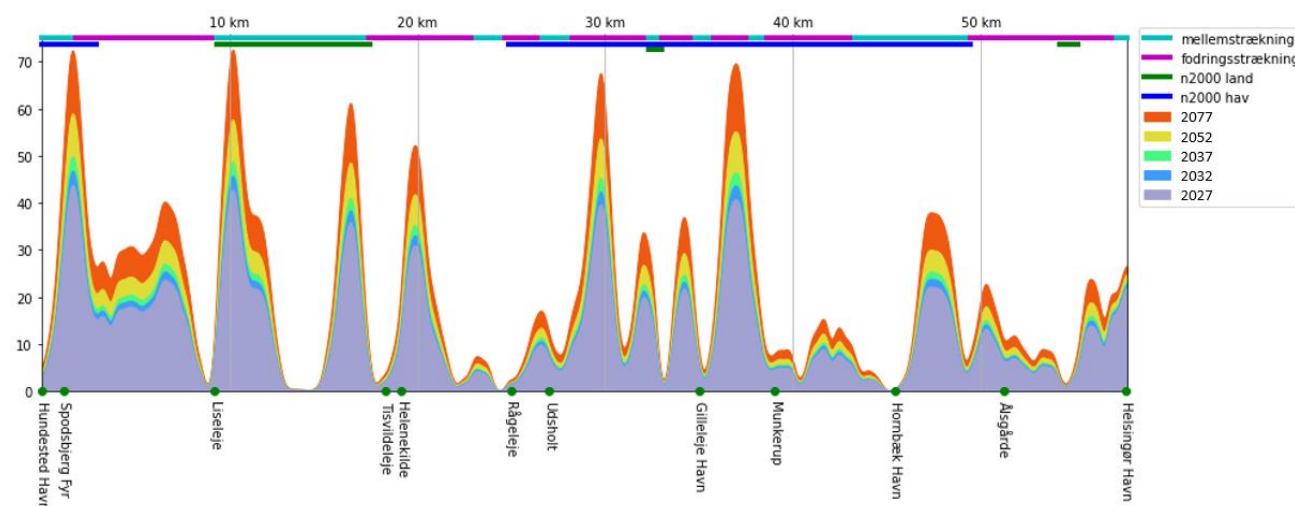
I de næste afsnit præsenteres, hvordan kystudviklingen vil være i referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) og naturlig kystudvikling, samt hvordan de øvrige scenarier vurderes at ville påvirke kysten.

6.2.1 Naturlig kystudvikling

Scenariet beskriver den naturlige kystudvikling, som den vil se ud, hvis der ikke var blevet etableret hård kystbeskyttelse langs Nordkysten.

I Figur 6.5 ses den beregnede erosion langs hele Nordkysten, hvis der ikke var etableret kystbeskyttelse. Udgangspunktet i figuren er 1954, som er det årstal, der beskriver den naturlige kystudvikling bedst. Dvs. den grå farve viser erosionen fra 1954 og frem til 2027, mens fx den gule farve viser erosionen fra 1954 og frem til 2052. Erosionen er fundet som et løbende gennemsnit. Det vil sige i hvert punkt er erosionen fundet som gennemsnittet af erosionen 500 m til hver side af punktet.

Figuren viser tydeligt, at der uden kystbeskyttelse ville være sket en kraftig tilbagerykning af store dele af Nordkysten. Årsagen til, at erosionen på nogle strækninger er nul, fx midt mellem Liseleje og Tisvildeleje, skyldes usikkerheder i kortet fra 1897, eller at der allerede i 1954 var anlagt hård skråningsbeskyttelse, som havde stoppet kysttilbagetrækningen. Overordnet set viser figuren dog en kysttilbagerykning på mellem 20-40 m fra 1954 og frem til 2027, hvilket ville have truet ejendomme mm. ud til kysten.



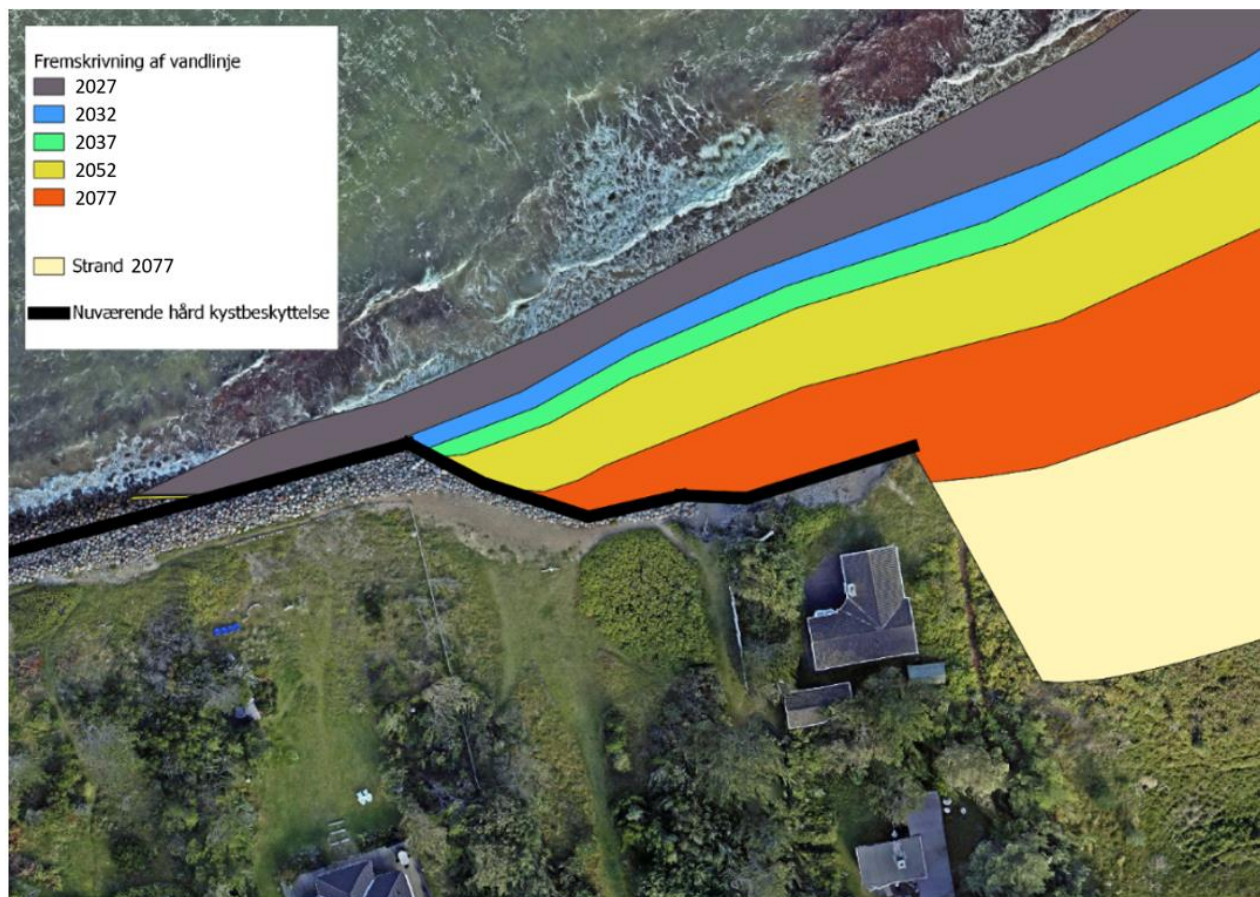
Figur 6.5: Forventet erosion i meter (y-aksen) ved naturlig kystudvikling uden kystbeskyttelse i forhold til kystlinjen i 1954 langs strækningen (x-aksen). Erosionen er fundet som et løbende gennemsnit. Det vil sige i hvert punkt er erosionen fundet som gennemsnittet af erosionen 500 m til hver side af punktet.

6.2.2 Referencescenariet: Nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse

Referencescenariet beskriver den fremtidige udvikling af kysten med nuværende skråningsbeskyttelser, høfder og bølgebrydere som vedligeholdes men uden etablering af yderligere beskyttelse.

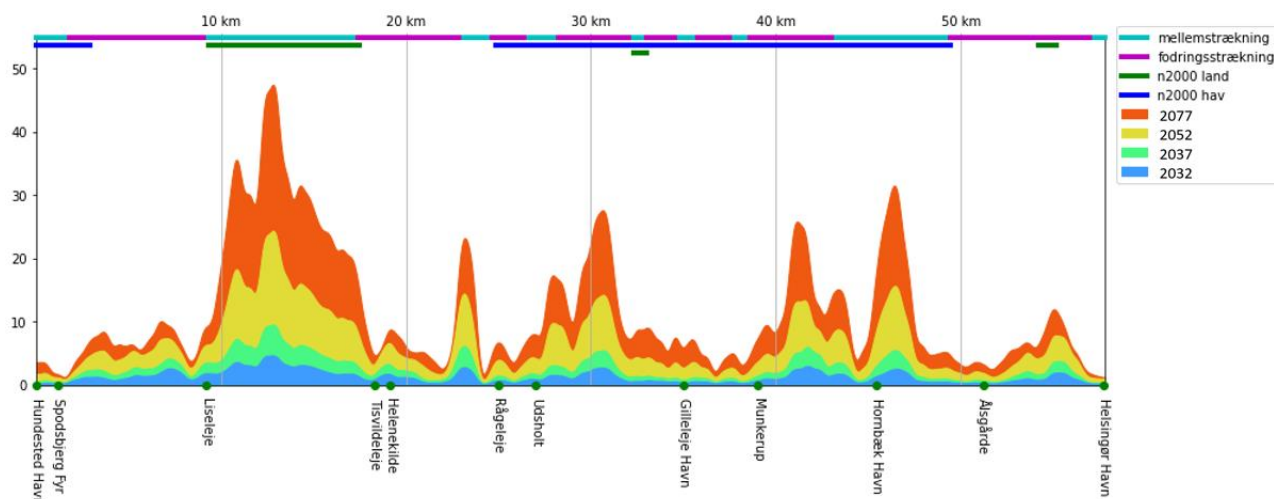
Langs strækninger med eksisterende hård kystbeskyttelse beskyttes ejendommene bagved til et vist niveau, men stranden vil forsvinde mange steder som følge af kronisk erosion. Strandbredden bliver mindre og mindre og til sidst forsvinder den helt. Kysten udvikler sig naturligt de steder, hvor der ikke er skråningsbeskyttelse, hvilket medfører, at stranden og skrænterne rykker tilbage og derved truer ejendommene bagved. Samtidig antages det, at strandbredden på strækningerne uden hård kystbeskyttelse bibeholdes. Dette ses tydeligt i Figur 6.6, som viser et eksempel på

fremskrivning af vandlinjen fra 2007 til 2027 plus 5, 10, 25 og 50 år. Fra 2027 til 2032 vil vandlinjen rykke tilbage svarende til den blå linje i figuren. Fra 2052 til 2077 vil vandlinjen rykke tilbage svarende til den orange linje på figuren. I figuren er strandens bredde i 2077 også vist. Skråningsbeskyttelsen stopper vandlinjens tilbagerykning, hvilket dog medfører, at stranden borteroderer.



Figur 6.6: Eksempel på fremskrivning af vandlinje og strand til 2027 plus 5, 10, 25 og 50 år baseret på vandlinjens placering i 2007.

Kysttilbagerykningen langs hele Nordkysten ses i Figur 6.7. Den blå kurve viser kysttilbagerykningen fra 2027-2032, mens den gule kurve fx viser kysttilbagerykningen fra 2027-2052. Erosionen er som udgangspunkt mindst langs fodringsstrækningerne i projektforslaget (strandfodring med sand og ral). Dette skyldes, at der allerede i dag findes en del hård kystbeskyttelse på disse strækninger, som stopper tilbagerykningen af kysten, når vandlinjen eroderes helt ind til den hårde kystbeskyttelse. I referencescenariet vil der ske en arealreduktion af naturtyperne i Natura 2000-områderne nr. 135, 129 og 130 på grund af den kroniske erosion. Dette beskrives i Afsnit 6.3.

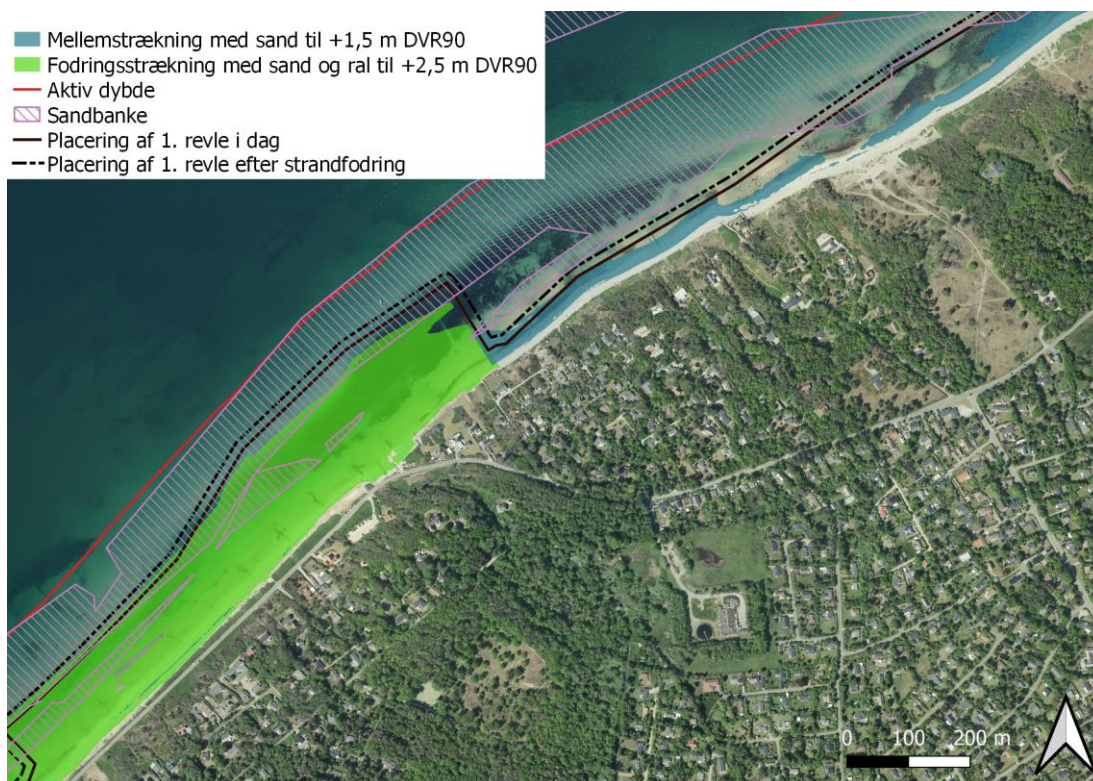
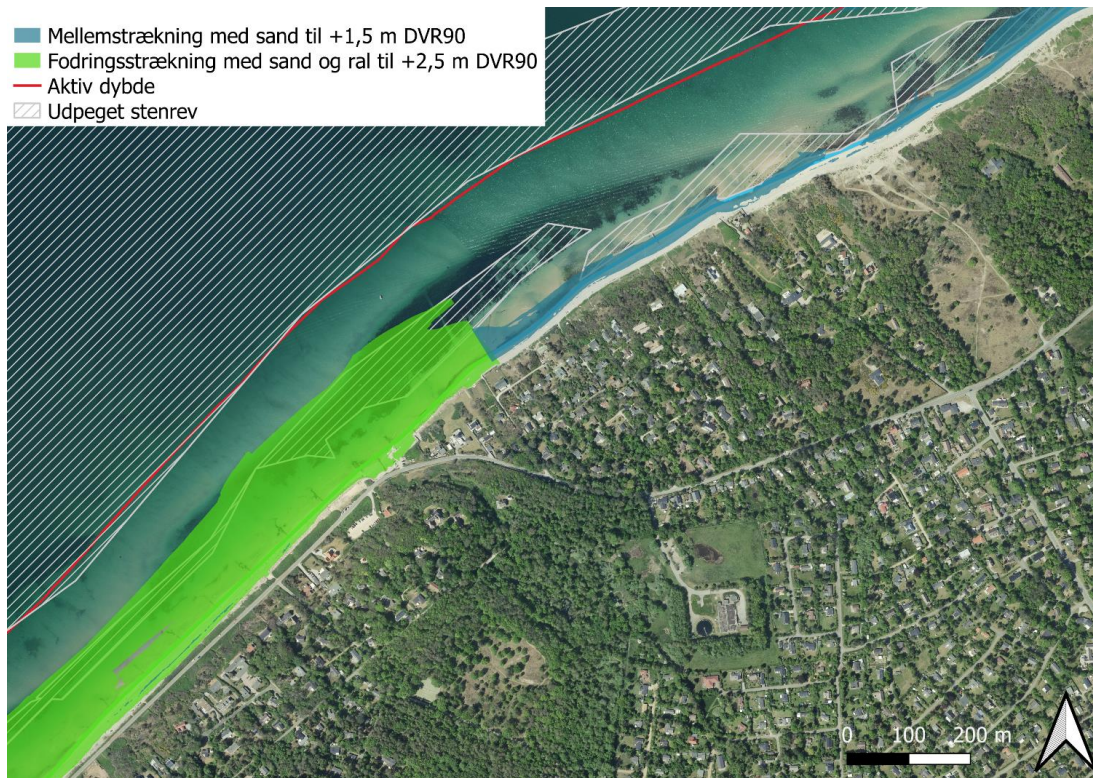


Figur 6.7: Forventet erosion i meter (y-aksen) i forhold til vandlinjens placering i år 2027 i referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) langs strækningen (x-aksen). Erosionen er fundet som et løbende gennemsnit. Det vil sige i hvert punkt er erosionen fundet som gennemsnittet af erosionen 500 m til hver side af punktet.

6.2.3 Projektforslaget: Strandfodring med sand og ral

Projektforslaget omfatter strandfodring med sand og ral langs fodringsstrækningerne. Et eksempel på de beregnede tildækningspolygoner ved strandfodring med sand i overgangen fra en fodringsstrækning til en mellemstrækning er vist i Figur 6.8 øverst. Det ses, at udstrækningen af polygonet er mindre på mellemstrækningen jf. forklaringerne i Afsnit 5.1.3.

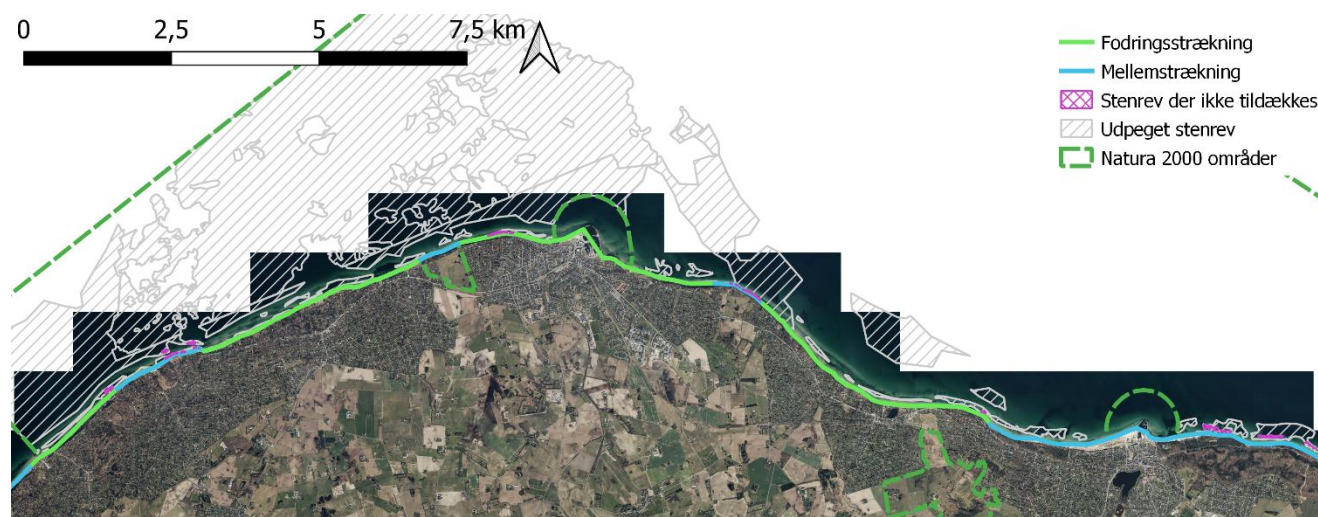
I Figur 6.8 nederst er placering af 1. revle i dag samt hvordan den forskydes havværts pga. strandfodringen vist. Som beskrevet i afsnit 5.2.3 ses der bort for sandbanke inden for den fundne 1. revle i vurderingen af projektets påvirkning af habitatnatur, da dette areal, som tidligere beskrevet, ikke lever op til definitionen af sandbanke.



Figur 6.8: Tildækningspolygoner ved projektforslaget i 2027 ved Rågeleje-Trillingerne, Ortofoto forår 2020. Øverst: Angivelse af stenrev, der tildækkes. Nederst: Placering af 1. revle, der ses bort fra sandbanke inden for den fundne 1. revle i vurderingen af projektets påvirkning af habitatnatur.

Ved strandfodring lægges ral og derefter sand på stranden, og sandet transporteres af strøm og bølger ud i profilet. Der er identificeret 5,3 ha stenrev, hvor det vurderes, at der ikke vil sedimentere sand, på trods af at de beregnede strandfodringspolygoner viser dette, simpelthen fordi strømforholdene her er kraftige, og der i alle analyserede ortofoto ikke har ligget sand på disse rev. Områderne er vist i Figur 6.9. Områderne er identificeret som områder med permanent stenbund i perioden fra 1954 til 2022, og er beliggende på mellemstrækninger eller foran hotspots beskrevet i afsnit 5.2.2.

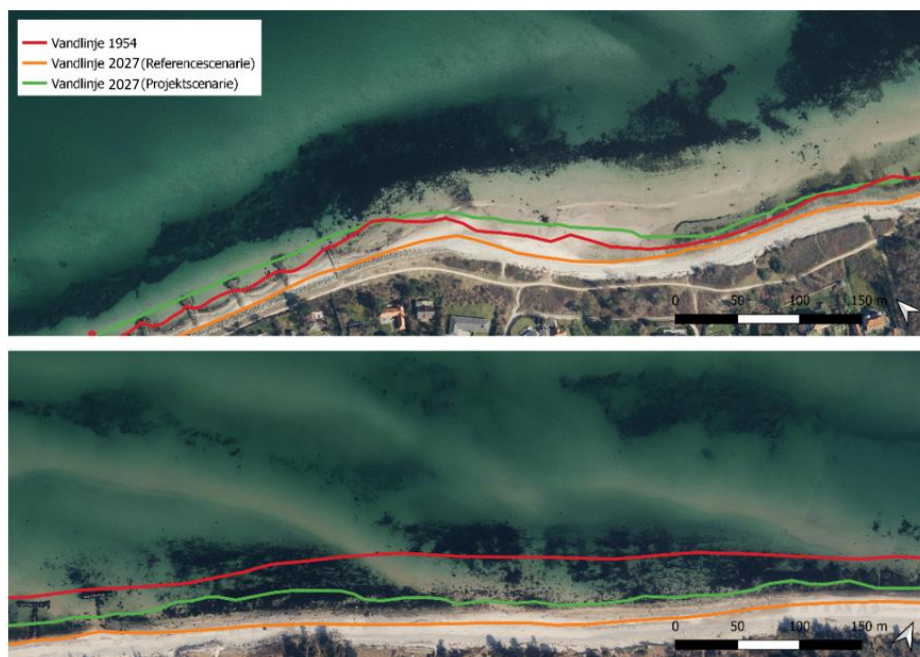
De 5,3 ha vil blive fratrasket den beregnede tildækning af stenrev i vurderingen af påvirkning af naturtyper. I forhold til de resterende stenrev, som beregningerne viser tildækkes, vil der være perioder, hvor de er tildækket og perioder hvor de blotlagt. Forholdene langs kysten er dynamiske, sedimenttransporten varierer år fra år og fra sæson til sæson. Og som analyserne af forholdet mellem stenbund og stenrev har vist, er det ikke de samme områder, hvor stenbunden er blotlagt fra år til år.



Figur 6.9: Områder, hvor det vurderes, at stenrev ikke vil blive tildækket.

6.2.3.1 Sammenligning af referencescenariet og projektforslaget

Den nuværende kroniske erosion, der fortsætter uændret i referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse), bremses i projektforslaget (strandfodring med sand og ral) – også på mellemstrækningerne, da den naturlige sedimenttransport langs kysten vil tilføre sand til disse strækninger. Dette er vist i Figur 6.10, som på to kyststrækninger sammenligner vandlinjens placering i 1954 med vandlinjens placering i 2027 i projektforslaget og referencescenariet. Øverst ses et eksempel, hvor vandlinjen efter strandfodring ligger på linje eller lidt foran vandlinjen i 1954. Nederst ses et eksempel, hvor vandlinjen efter fodring rykker frem i forhold til referencescenariet, men stranden, som den var i 1954, bliver ikke genskabt.



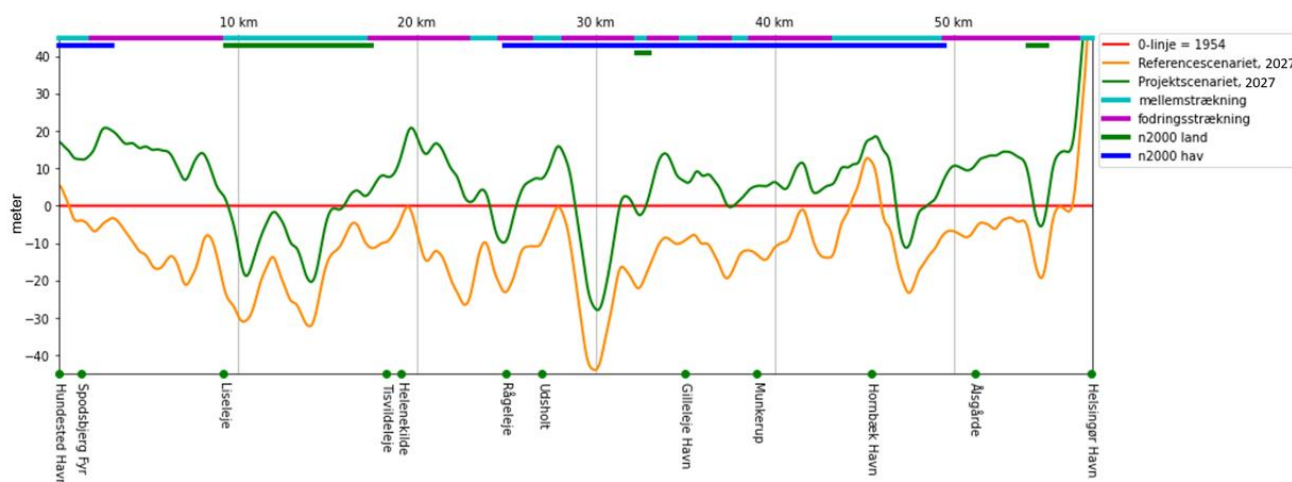
Figur 6.10: Sammenligning af vandlinjer. Øverst: Strækning mellem Dronningmølle og Hornbæk
Nederst: Strækning ved Smidstrup.

I Figur 6.11 sammenlignes vandlinjens placering på hele kyststrækningen. Udgangspunktet er vandlinjen i 1954 (rød linje). Hvis projektforslaget vandlinje (grøn) og referencescenariets vandlinje (gul) er positiv, betyder det, at vandlinjen er rykket frem i forhold til 1954, mens en negativ værdi betyder, at vandlinjen er rykket tilbage.

Overordnet ses det, at projektforslaget medfører, at vandlinjen rykker 10-30 m frem i forhold til referencescenariet (forskellen mellem de to kurver). På størstedelen af Nordkysten ligger projektforslagets vandlinje over vandlinjen i 1954. På strækninger, hvor der siden 1954 er sket en kraftig kysttilbagerykning fx mellem Liseleje og Tisvildeleje, sker der en fremrykning af vandlinjen i projektforslaget men ikke til samme niveau som i 1954.

Det er vigtigt at pointere, at kysten er dynamisk og hen over årene, vil strandens bredde variere og rykke frem og tilbage. Der vil stadig være en langsgående sedimenttransporten fra vest mod øst. Mellem vedligeholdelsesfodringerne hver 5. år vil der i projektforslaget derfor ske en langsom erosion af kysten dog ikke til samme niveau som i dag.

Den reduktion af lysåbne naturtyper i Natura 2000-områderne 135, 129 og 130, der ses i referencescenariet, forekommer dermed ikke i projektforslaget, som til gengæld påvirker stenrev og sandbanke inden for Natura 2000-område nr. 195, som beskrevet i afsnit 6.3.



Figur 6.11: Sammenligning af referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) og projektforslagets (strandfodring med sand og ral) vandlinje langs hele Nordkysten i forhold til vandlinjens placering i 1954. Vandlinjen er fundet som et løbende gennemsnit. Det vil sige i hvert punkt er erosionen fundet som gennemsnittet af erosionen 500 m til hver side af punktet.

6.2.4 Alternativ D: Strandfodring med ral

Alternativ D omfatter strandfodring med ral til kote +1,75 m DVR90 langs alle fodringsstrækninger. Et eksempel på tildækningspolygonerne ved strandfodring med ral er vist i Figur 6.12. Det ses, at udstrækningen af polygonet er lille. Omfanget af stenrev og sandbanke, der tildækkes, er derfor mindre end i projektforslaget (strandfodring med sand og ral). Årsagen til, at rallen ikke når helt ind skrænten på hele strækningen, skyldes, at terrænet her ligger over fodringshøjden.

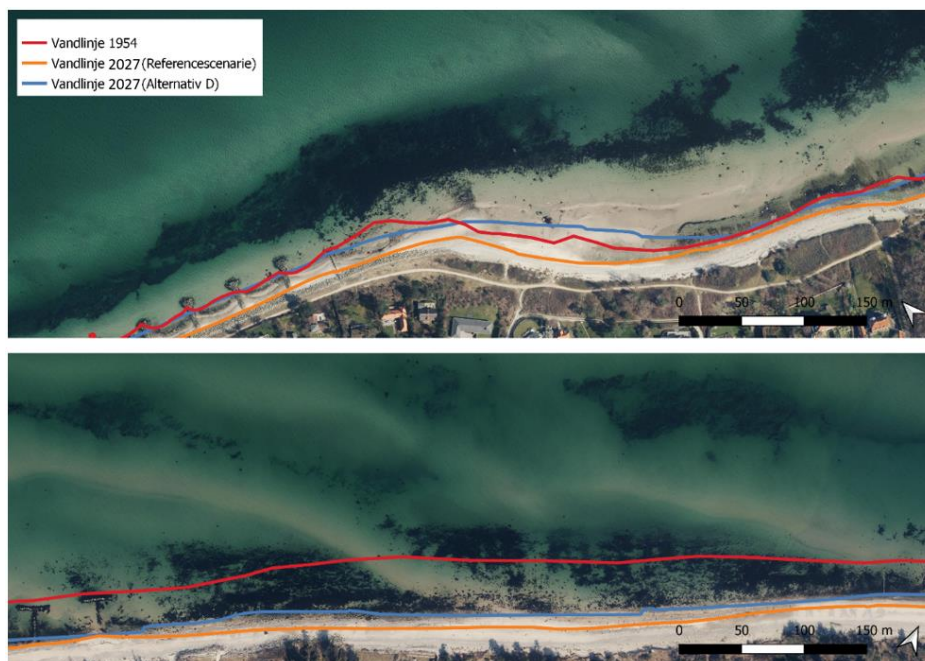


Figur 6.12: Tildækningspolygoner for sand og ralfodring i 2027 ved Rågeleje-Trillingerne. Ortofoto forår 2020.

På mellemstrækningerne vil der ikke ske tildækning med ral, da transporten sker meget langsomt. Det vil derfor svare til forholdene i dag, hvor der også sker en sedimenttransport langs kysten. Her vil kysten derfor rykke tilbage svarende til referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse).

6.2.4.1 Sammenligning af referencescenariet og Alternativ D

Den nuværende kroniske erosion, der fortsætter uændret i referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse), bremses i alternativ D (strandfodring med ral) langs fodringsstrækningerne. Dette er vist i Figur 6.13, som på to kyststrækninger sammenligner vandlinjens placering i 1954 med vandlinjens placering i 2027 i alternativ D og referencescenariet. Øverst ses et eksempel, hvor vandlinjen efter strandfodring ligger på linje eller lidt foran vandlinjen i 1954. Nederst ses et eksempel, hvor vandlinjen efter fodring rykker frem i forhold til referencescenariet, men stranden, som den var i 1954, bliver ikke genskabt.



Figur 6.13: Sammenligning af vandlinjer.

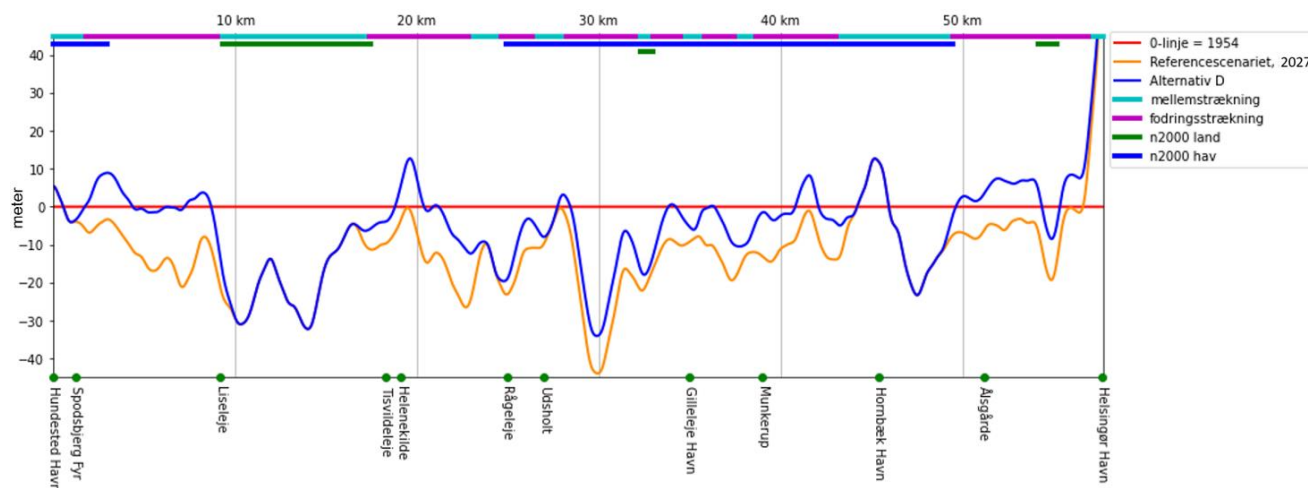
Øverst: Strækning mellem Dronningmølle og Hornbæk

Nederst: Strækning ved Smidstrup

I Figur 6.14 sammenlignes vandlinjens placering på hele kyststrækningen. Udgangspunktet er vandlinjen i 1954 (rød linje). Hvis alternativ D's vandlinje (blå) og referencescenariets vandlinje (gul) er positiv, betyder det, at vandlinjen er rykket frem i forhold til 1954, mens en negativ værdi betyder, at vandlinjen er rykket tilbage.

Overordnet ses det, at alternativ D medfører, at vandlinjen rykker omkring 10 m frem i forhold til referencescenariet (forskellen mellem de to kurver) på fodringsstrækningerne. På disse strækninger fluktuerer vandlinjen for alternativ D omkring vandlinjen i 1954. På mellemstrækningerne er vandlinjen ens for referencescenariet og alternativ D. Årsagen til, at det ikke ses i figuren mellem Udsholt og Hornbæk Havn skyldes at vandlinjen er vist som et løbende gennemsnit, hvor vandlinjen i et punkt er gennemsnittet af vandlinjen 500 m til hver side.

Den nuværende kroniske erosion, der fortsætter uændret i referencescenariet, bremses i alternativ D på fodringsstrækningerne. På mellemstrækningerne øges erosionen i alternativ D i forhold til referencescenariet, da mindre sediment transporteres fra fodringsstrækningerne og mellemstrækningerne. Påvirkningen af den lysåbne natur i Natura 2000-områderne 135 og 129 er dermed større i alternativ D i forhold til referencescenariet som forklaret i afsnit 5.1.3.1. Alternativ D vil påvirke stenrev inden for Natura 2000-område nr. 195. Påvirkningen vil dog være begrænset i forhold til projektforslaget, da udstrækningen af ralfodringen er mindre havværts. Påvirkningens omfang af naturtyper præsenteres i afsnit 6.3.



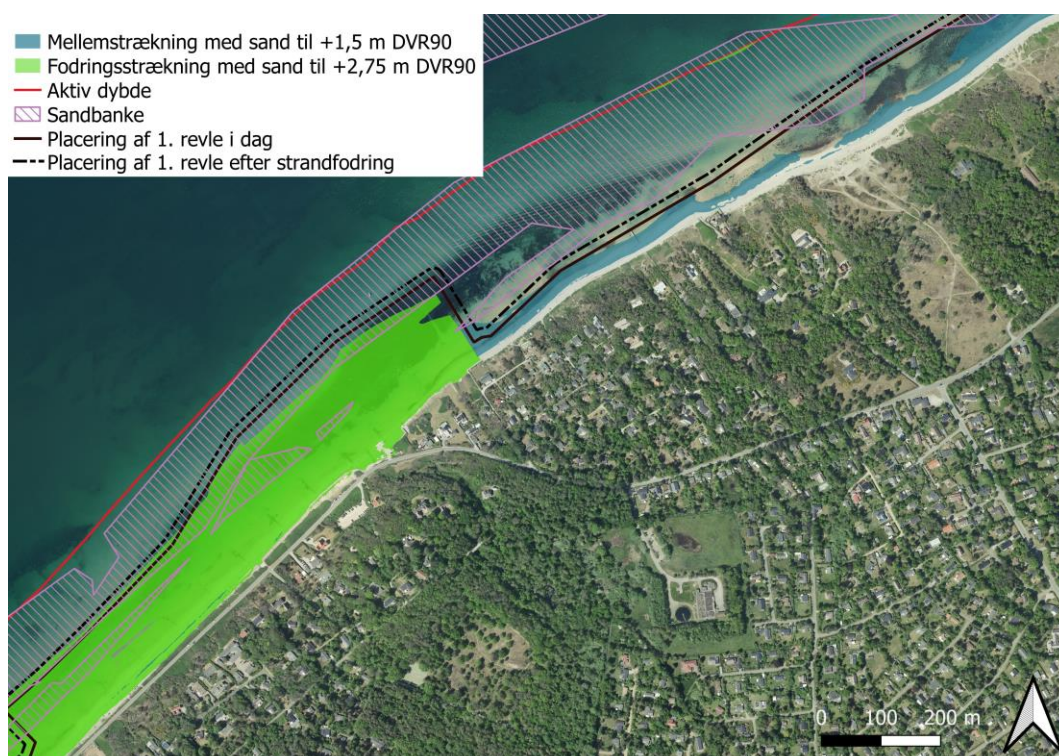
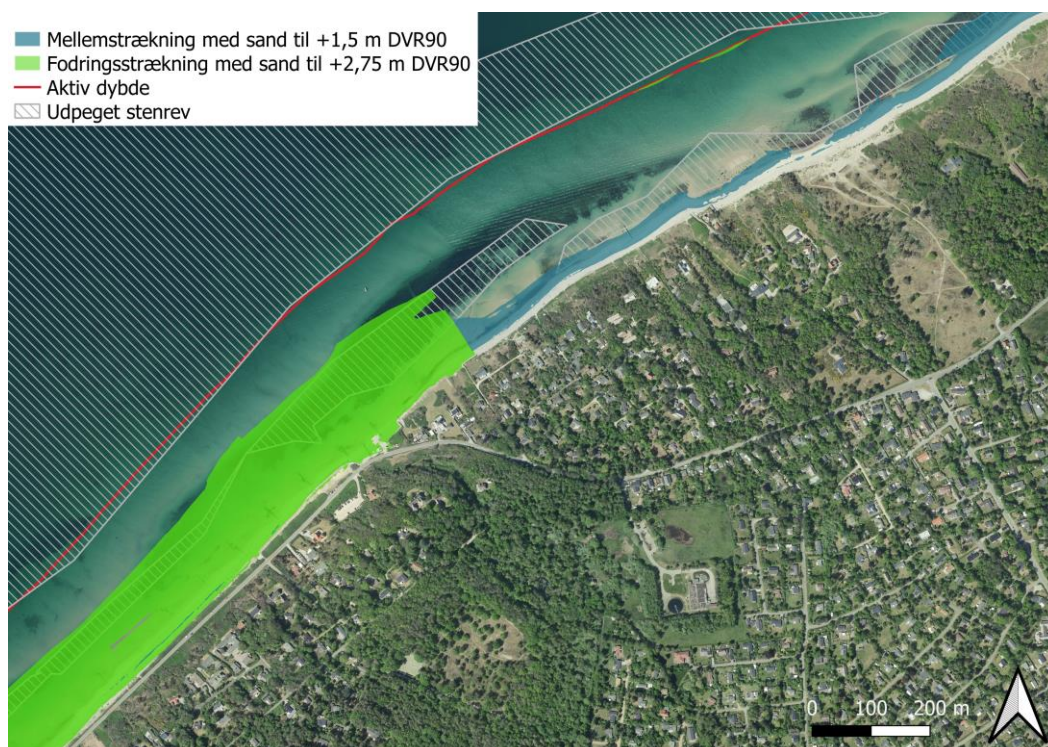
Figur 6.14: Sammenligning af referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) og alternativ D's (strandfodring med ral) vandlinje lang hele Nordkysten i 2027 i forhold til vandlinjens placering i 1954. Vandlinjen er fundet som et løbende gennemsnit. Det vil sige i hvert punkt er erosionen fundet som gennemsnittet af erosionen 500 m til hver side af punktet.

6.2.5 Alternativ E: Strandfodring med sand

Alternativ E omfatter strandfodring med kun sand langs fodringsstrækningerne.

Et eksempel på tildækningspolygonerne ved strandfodring med sand i overgangen fra en fodringsstrækning til en mellemstrækning er vist i Figur 6.15, øverst. Det ses, at udstrækningen af polygonet er mindre på mellemstrækningen jf. forklaringerne i Afsnit 5.1.3.

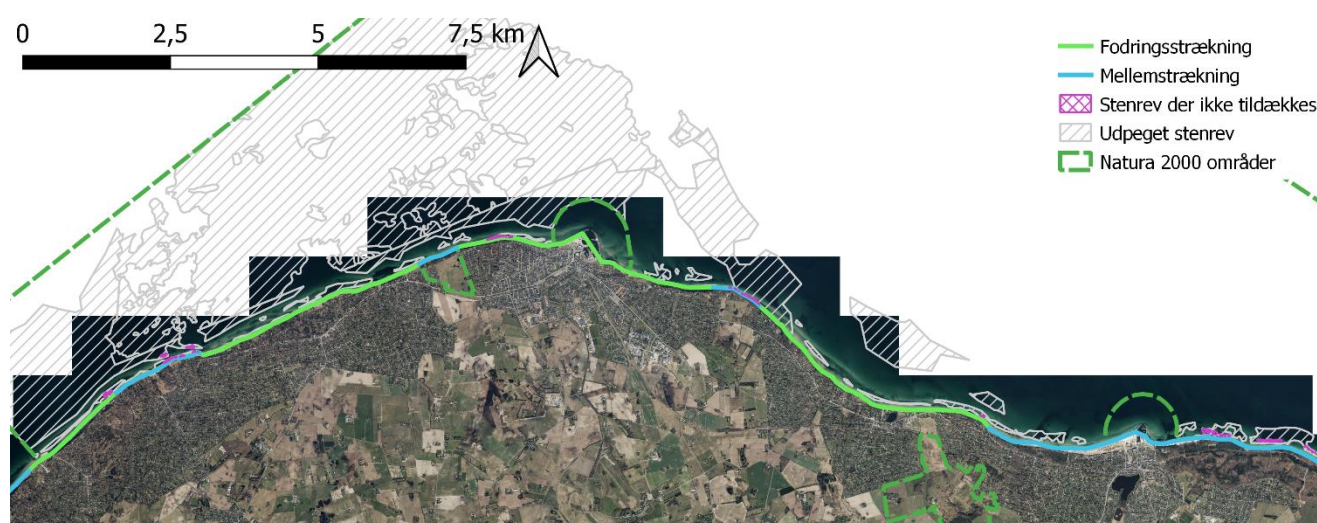
I Figur 6.8nederst er placering af 1. revle i dag samt hvordan den forskydes havværts pga. strandfodringen vist. Som beskrevet i afsnit 5.2.3 ses der bort for sandbanke inden for den fundne 1. revle i vurderingen af projektets påvirkning af habitatnatur, da dette areal, som tidligere beskrevet, ikke lever op til definitionen af sandbanke.



Figur 6.15: Tildækningspolygoner ved projektforslaget i 2027 ved Rågeleje-Trillingerne, Ortofoto forår 2020. Øverst: Angivelse af stenrev, der tildækkes. Nederst: Placering af 1. revle, der ses bort fra sandbanke inden for den fundne 1. revle i vurderingen af projektets påvirkning af habitatnatur.

Som ved projektforslaget er der identificeret 5,3 ha stenrev, hvor det vurderes, at der ikke vil sedimentere sand, på trods af at de beregnede strandfodringspolygoner viser dette, simpelthen fordi strømforholdene her er kraftige, og der i alle analyserede ortofotos ikke har ligget sand på disse rev. Områderne er vist i Figur 6.16. Områderne er identificeret som områder med permanent stenbund i perioden fra 1954 til 2022, og er beliggende på mellemstrækninger eller foran hotspots beskrevet i afsnit 5.2.2.

De 5,3 ha vil blive fratrasket den beregnede tildækning af stenrev i vurderingen af påvirkning af naturtyper. I forhold til de resterende stenrev, som beregningerne viser tildækkes, vil der være perioder, hvor de er tildækket og perioder hvor de blotlagt. Forholdene langs kysten er dynamiske, sedimenttransporten varierer år fra år og fra sæson til sæson. Og som analyserne af forholdet mellem stenbund og stenrev har vist, er det ikke de samme områder, hvor stenbunden er blotlagt fra år til år.



Figur 6.16: Områder, hvor det vurderes, at stenrev ikke vil blive tildækket. Figuren er den samme som Figur 6.9.

6.2.5.1 Sammenligning af referencescenariet og alternativ E

Den nuværende kroniske erosion, der fortsætter uændret i referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse), bremses i alternativ E (strandfodring med sand) - også på mellemstrækningerne, da den naturlige sedimenttransport langs kysten vil tilføre sand til disse strækninger. Dette er vist i Figur 6.17, som på to kyststrækninger sammenligner vandlinjens placering i 1954 med vandlinjens placering i 2027 i alternativ E og referencescenariet. Øverst ses et eksempel, hvor vandlinjen efter strandfodring ligger på linje eller lidt foran vandlinjen i 1954. Nederst ses et eksempel, hvor vandlinjen efter fodring rykker frem i forhold til referencescenariet, men stranden, som den var i 1954, bliver ikke genskabt.



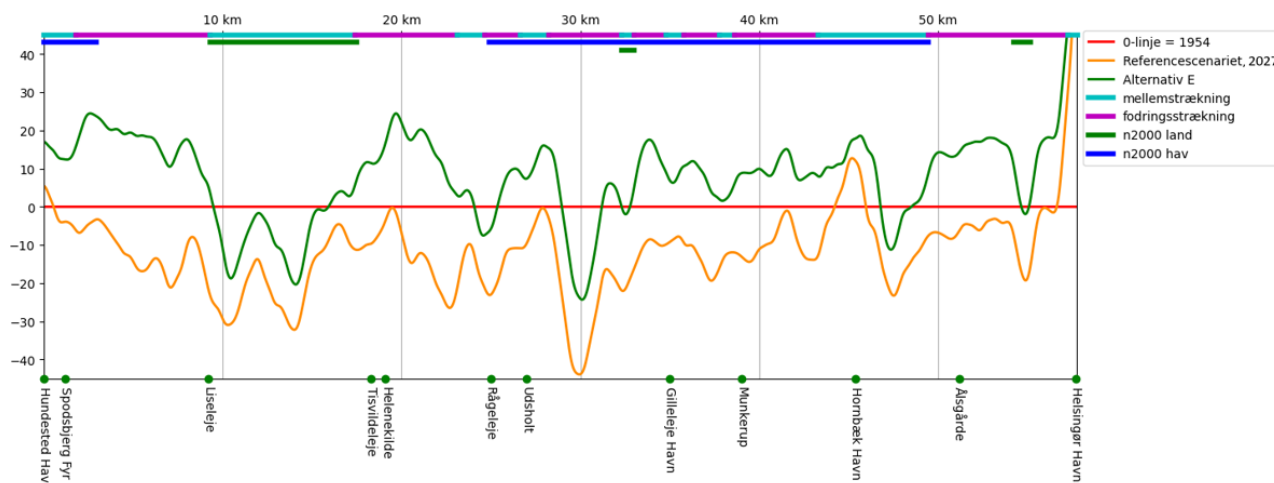
Figur 6.17: Sammenligning af vandlinjer. Øverst: Strækning mellem Dronningmølle og Hornbæk
Nederst: Strækning ved Smidstrup.

I Figur 6.18 sammenlignes vandlinjens placering på hele kyststrækningen. Udgangspunktet er vandlinjen i 1954 (rød linje). Hvis alternativ E's vandlinje (grøn) og referencescenariets vandlinje (gul) er positiv, betyder det, at vandlinjen er rykket frem i forhold til 1954, mens en negativ værdi betyder, at vandlinjen er rykket tilbage.

Overordnet ses det, at alternativ E ligesom projektforslaget medfører, at vandlinjen rykker 10-35 m frem i forhold til referencescenariet (forskellen mellem de to kurver). På størstedelen af Nordkysten ligger alternativ E's vandlinje over vandlinjen i 1954. På strækninger, hvor der siden 1954 er sket en kraftig kysttilbagerykning fx mellem Liseleje og Tisvildeleje, sker der en fremrykning af vandlinjen i alternativ E, men ikke til samme niveau som i 1954.

Det er vigtigt at pointere, at kysten er dynamisk og hen over årene vil strandens bredde variere og rykke frem og tilbage. Der vil stadig være en langsgående sedimenttransporten fra vest mod øst. Mellem vedligeholdelsesfodringerne hver 5. år vil der i alternativ E derfor ske en langsom erosion af kysten, dog ikke til samme niveau som i dag.

Den reduktion af lysåbne natur i Natura 2000-områderne 135, 129 og 130, der ses i referencescenariet, forekommer dermed ikke i alternativ E, som til gengæld påvirker stenrev og sandbanke inden for Natura 2000-område nr. 195, som beskrevet i afsnit 6.3.



Figur 6.18: Sammenligning af referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) og Alternativ E's vandlinje lang hele Nordkysten i forhold til vandlinjen i 1954. Vandlinjen er fundet som et løbende gennemsnit. Det vil sige i hvert punkt er erosionen fundet som gennemsnittet af erosionen 500 m til hver side af punktet.

6.3 Arealændring af naturtyper i Natura 2000-områder langs kysten

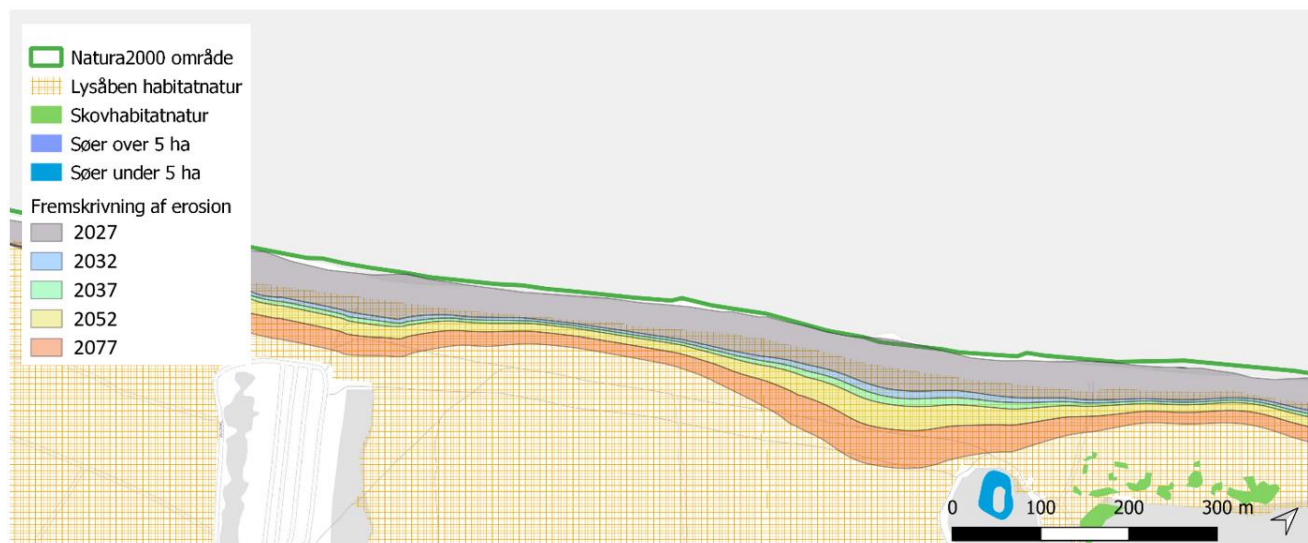
I det næste sammenlignes arealændringer af naturtyper langs Natura 2000-områder langs Nordkysten. Gennemgangen af områderne sker fra vest mod øst.

6.3.1 Natura 2000-område nr. 153 Havet og kysten mellem Hundested og Rørvig

Projektet vil ikke påvirke kortlagte naturtyper på udpegningsgrundlaget i Natura 2000-område 153.

6.3.2 Natura 2000-område nr. 135 Tisvilde Hegn og Melby Overdrev

Natura 2000-område nr. 135 Tisvilde Hegn og Melby Overdrev ligger mellem to fodringsstrækninger, det vil sige på en mellemstrækning, hvor der ikke strandfodres i projektet. Langs Natura 2000-område nr. 135 Tisvilde Hegn og Melby Overdrev sker der kronisk erosion af kysten. I Figur 6.19 er vist eksempel på omfanget af den kroniske erosion langs Melby overdrev fra år 2027 og frem til 2077, og hvordan den kroniske erosion vil reducere forekomsten af kystnære naturtyper. Der er vist en delstrækning langs Melby Overdrev for at tydeliggøre erosionens omfang. Flere af de kystnære kortlagte polygoner med habitatnatur består af en mosaik med 2-3 naturtyper. Det er derfor ikke muligt at opgøre areal pr. naturtype. Den naturlige rækkefølge fra kysten ind i landet er, at forklit ligger nærmest stranden, efterfulgt af hvid klit og dernæst grå/grøn klit og havtornklit. Inderst ligger arealer med klithede. Ved erosionen forventes forklit og hvid klit at rykke ind i landet og borteodere grå/grøn klit, havtornklit og klithede. Hen over årene vil mere og mere af den prioriterede naturtype grå/grøn klit samt klithede derfor borteodere. Arealreduktionen af naturtyperne forekommer ved referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) og alternativ D (strandfodring med ral). Påvirkningen er lidt større i alternativ D, da dette alternativ medfører en øget læsideerosion nedstrøms fodringsstrækningerne som beskrevet i afsnit 5.1.3.1.



Figur 6.19: Kystfremskrivning langs delområde af Natura 2000-område nr. 135, Tisvilde Hegn og Melby Overdrev fra 2027-2077 ved referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse). Området har ca. 8 km lang kystlinje, se Figur 3.5. Den viste delstrækning er ud for Melby Overdrev.

I Tabel 6.3 fremgår størrelsesordenen på areal af grupper af naturtyper, der bortroderes, hvis kysterrosionen langs Nordkysten får lov til at fortsætte. Det bemærkes, at beregningen er foretaget på baggrund af den nyeste kortlægning af MST (2016-2019). Som beskrevet ovenfor består de kystnære kortlagte polygoner med habitatnatur af en mosaik med 2-3 naturtyper, og arealet kan derfor ikke opgøres pr. naturtype. De lysåbne naturtyper, der reduceres, er forklit, hvid klit, grå/grøn klit, havtornklit og klithede. Det forventes, at forklit og hvid klit vil rykke ind i landet og størstedelen af arealtabet vil således omfatte den prioriterede naturtype grå/grøn klit.

Allerede i 2032 vil henholdsvis 2,2 ha lysåben habitatnatur være bortroderet. Erosionen fortsætter frem til 2077, hvor i alt 21,4 ha lysåben habitatnatur vil være bortroderet. Det vurderes, at størstedelen af arealet vil udgøres af den prioriterede naturtype hvid klit og grå/grøn klit.

Tabel 6.3: Arealreduktion (ha) af naturtyper i Natura 2000-område nr. 135 for referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) og alternativ D (strandfodring med ral). For hvert årstal er det angivet, hvor stort et areal, der vil værre bortroderet i forhold til år 2027. Sidste kolonne angiver merpåvirkningen i alternativ D (strandfodring med ral) pga. den øgede erosion nedstrøms fodringsstrækningerne. *Herunder prioriterede naturtyper (se forklaring i afsnit 3.1.2).

		Referencescenariet og alternativ D				Referencescenariet	Alternativ D
Naturtype	Areal total	2027	2032 yderligere	2037 yderligere	2052 yderligere	2077 i alt	2077 i alt
Lysåben natur*	269,3	0,0	2,2	4,5	11,3	21,4	25,4
Egeskov	69,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	0,6
Skovklit	215,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,7	1,0

I Tabel 6.3 er merpåvirkningen i alternativ D (strandfodring med ral) i 2077 pga. den øgede erosion nedstrøms fodringsstrækningerne angivet. I 2077 vil alternativ D have påvirket yderligere 4 ha lysåben natur, 0,2 ha egeskov og 0,3 ha skovklit i forhold til referencescenariet.

Det skal bemærkes, at modellen også viser, at der er sket/sker en reduktion af habitatnatur i perioden 2017 til 2027, og denne reduktion indgår ikke i Tabel 6.3, da opgørelsen starter i 2027. Modellen viser, at der forsvinder 7,8 ha lysåben natur og 0,04 ha egeskov i perioden 2017 til 2027. Samlet vil der derfor i 2077 vil være forsvundet 30,3 ha habitatnatur i forhold til den nyeste kortlægning (udført 2016-2018) (Miljøstyrelsen, 2022) i referencescenariet og 34,8 ha i alternativ D.

6.3.3 Natura 2000-område nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten

I Figur 6.4 og

Tabel 6.5 er det arealmæssige omfang af påvirkningen af henholdsvis habitatnaturtypen Rev (1170) og Sandbanke (1110) som følge af initialsandfodringen og vedligeholdelsesfodringer ca. hvert femte år angivet. Påvirkningen vil forekomme ved projektforslaget (strandfodring med sand og ral), alternativ D (strandfodring med ral) og E (strandfodring med sand).

Det er beregnet, at henholdsvis 41,0 ha og 43,8 ha stenrev dækkes til af de beregnede tildækningspolygoner baseret på initialfodringen i henholdsvis projektforslaget og alternativ E. Heraf udgør 5,3 ha de områder med stenrev, som ikke vurderes, vil blive tildækket jf. afsnit 0 og Figur 6.9/Figur 6.16. Den samlede tildækning af stenrev i projektforslaget og alternativ E som følge af initialfodringen (som forventes gennemført i 2027) er derfor henholdsvis 35,7 ha og 38,5 svarende til 1,0 % og 1,1% af det samlede kortlagte areal af stenrev i Natura 2000-område nr. 195.

Det er vigtigt at understrege, at forholdene langs kysten er dynamiske med stor variabilitet, og stranden vil derfor ændre form og udstrækning over tid. Den del af stranden, som ligger under vandet, vil indgå i kystens naturlige dynamik og vil medvirke til at opbygge revler og trug med ekstra sand. Revler og sandbanker i den aktive zone langs Nordkysten vil ændre form og placering over tid, som tilfældet også er i dag. Som analysen af forholdet mellem stenrev og sandbanke viser, er der stor variation i hvilke områder med stenbund der er blotlagt fra år til år. Udstrækningen af de sanddækkede områder øges ved strandfodringerne, men kystdynamikken er stadig principielt den samme. Under en storm vil der langs en naturlig ubeskyttet kyst blive frigivet store mængder sediment til kystprofilen, som også vil tildække stenrev. Det vurderes, at den type af stenrevssamfund, som forekommer helt kystnært, er meget dynamisk og kraftigt påvirket af bølger og strøm, og der er derfor generelt ikke tale om et klimakssamfund, der er stabilt over tid. Derfor vil et stenrevssamfund af samme naturtilstand relativt hurtigt indfinde sig, når nye områder med stenbund opstår. De beregnede arealer stenrev er worst case, hvor det antages at alle stenrev dækkes til samtidig. Nogle af stenrevene vil kun være tildækket midlertidigt, og det forventes ikke, at tildækningen af alle stenrev vil forekomme samtidig. Dette er dog ikke muligt at beregne.

I projektforslaget (strandfodring med sand og ral) ligger 11,3 ha af de stenrev, der tildækkes, uden for første revle i 2027 og vil inden for kort tid udvikle sig til habitatnaturtypen sandbanke. Dette er beskrevet i separat notat (NIRAS, 2022) og uddybes i Natura 2000-konsekvensvurderingen. I år 2077 vil yderligere 3,1 ha stenrev have udviklet sig til habitatnaturtypen sandbanke.

I alternativ E, hvor der fodres med sand alene, vil 11,5 ha af de stenrev, der tildækkes i 2027, ligge uden for første revle og vil inden for kort tid udvikle sig til habitatnaturtypen sandbanke. I år 2077 vil yderligere 3,2 ha stenrev have udviklet sig til habitatnaturtypen sandbanke.

I alternativ D, hvor der strandfodres med ral, vil 0,6 ha stenrev blive tildækket som følge af initialfodringen. Dette svarer til 0,02 % af det samlede kortlagte areal af stenrev i Natura 2000-område nr. 195. Denne påvirkning forventes at være permanent, da ral ligger mere stabilt og transporten af ral foregår meget langsomt.

Tabel 6.4: Det arealmæssige omfang af påvirkningen af habitatnaturtypen rev (1170) som følge af initialsandfodringen og vedligeholdelsesfodringer ca. hvert 5 år for henholdsvis projektforslaget (strandfodring med sand og ral), alternativ D (strandfodring med ral) og E (strandfodring med sand). % angiver arealets omfang i forhold til den samlede kortlægning i Natura 2000-område nr. 195. Arealer angivet i ha.

Naturtype	Strækning	Tildækket 2027	Tildækket yderligere 2032	Tildækket yderligere 2037	Tildækket yderligere 2052	Tildækket yderligere 2077	Tildækket 2077, i alt
Projektforslaget	I alt	35,7	0,6	0,5	2,7	6,3	45,8
	I alt (% af kortlagt)	1,0%	0,02%	0,02%	0,1%	0,2%	1,3%
Alternativ D	I alt	0,6	0,06	0,06	0,3	0,6	1,6
	I alt (% af kortlagt)	0,02%	0,002%	0,002%	0,007%	0,02%	0,05%
Alternativ E	I alt	38,5	0,6	0,6	2,8	6,3	48,8
	I alt (% af kortlagt)	1,1%	0,02%	0,02%	0,08%	0,2%	1,4%

I projektforslaget og alternativ E tildækkes henholdsvis 23,5 ha og 26,8 ha sandbanke med sand i 2027 som følge af initialfodringen. Påvirkningen vil være af midlertidig karakter, da det til sandbanke tilknyttede dyre- og planteliv inden for kort tid vil reetablere sig (dette uddybes i Natura 2000-konsekvensvurderingen). I alternativ D tildækkes kun 0,03 ha sandbanke, da ralfodringen ikke breder sig langt ud i vandet og det udlagte ral strækker sig derfor kun et enkelt sted ud forbi 1. revle. Denne påvirkning vil også være af midlertidig karakter.

Som det fremgår af tallene præsenteret i Figur 6.4 og

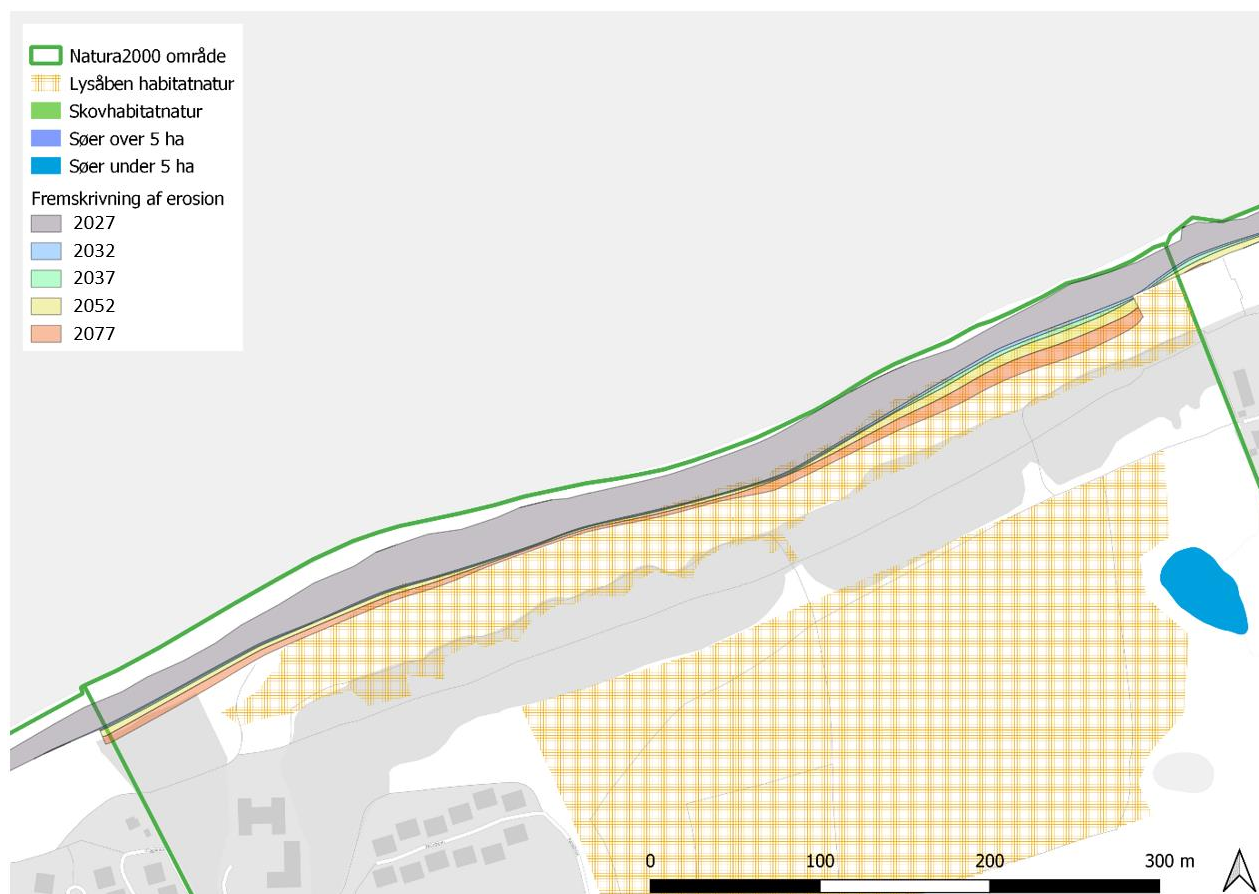
Tabel 6.5, vil større arealer tildækkes som tiden går. Årsagen til, at påvirkningen bliver større på sigt skyldes, at der pga. af havspejlstigningerne skal fodres til en højere kote for at opretholde samme beskyttelsesniveau. Ligevægtsprofilerne vil derfor også strække sig længere ud fra kysten og dermed tildække et større areal stenrev og sandbanke.

Tabel 6.5: Det arealmæssige omfang i ha af påvirkningen af habitatnaturtypen sandbanke (1110) som følge af initialsandfodringen og vedligeholdelsesfodringer ca. hvert 5 år for henholdsvis projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og E (strandfodring med sand). % angiver arealets omfang i forhold til den samlede kortlægning i Natura 2000-område nr. 195. Arealer angivet i ha.

Naturtype Sandbanke (1110)	Strækning	Tildækket 2027	Tildækket 2032	Tildækket 2037	Tildækket 2052	Tildækket 2077	Tildækket 2077, i alt
Projektforslaget	I alt	23,5	0,5	0,5	2,3	5,5	32,4
	I alt (% af kortlagt)	0,8%	0,02%	0,02%	0,08%	0,2%	1,1%
Alternativ D	I alt	0,03	0	0	0	0	0,03
	I alt (% af kortlagt)	0,001%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,001%
Alternativ E	I alt	23,9	0,6	0,6	3,1	6,8	32,9
	I alt (% af kortlagt)	0,8%	0,02%	0,02%	0,08%	0,2%	1,2%

6.3.4 Natura 2000-område nr. 129 Gilbjerg Hoved

Natura 2000- område nr. 129 Gilbjerg Hoved ligger mellem to fodringsstrækninger, det vil sige på en mellemstrækning, hvor der ikke der ikke strandfodres i projektet. Langs Natura 2000-område nr. 129 Gilbjerg Hoved sker der kronisk erosion af kysten. I Figur 6.20 er vist omfanget af den kroniske erosion langs Gilbjerg Hoved fra år 2027 og frem til 2077, og hvordan den kroniske erosion vil reducere udbredelsen af naturtyperne. Hen over årene vil gradvis mere grå/grøn klit borteroderes. Udviklingen vil forekomme ved referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) og alternativ D (strandfodring med ral). Påvirkningen er større i alternativ D, da det alternativ medfører en øget læsideerosion nedstrøms som beskrevet i afsnit 5.1.3.1.



Figur 6.20: Kystfremskrivning langs Natura 2000-område nr. 129 Gilbjerg Hoved fra 2027-2077 ved referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse). Langs den østligste del af Natura 2000-området er anlagt en skråningsbeskyttelse for at beskytte bebyggelsen lige øst for, og derfor sker der ikke kysterosion på denne del.

I Tabel 6.6 fremgår størrelsesordenen på areal af habitatnaturtype, der bortroderes mellem 2027 og 2077 i referencescenariet, hvis kysterosionen langs Nordkysten får lov til at fortsætte som i referencescenariet.

Kysterosionen vil især reducere udbredelsen af de to naturtyper grå/grøn klit og kystklint/klippe. Erosionen af kystklint/klippe sker allerede nu, mens erosion af grå/grøn klit først begynder mellem 2037 og 2052. Efter 2052 vil erosion af kalkoverdrev og surt overdrev begynde.

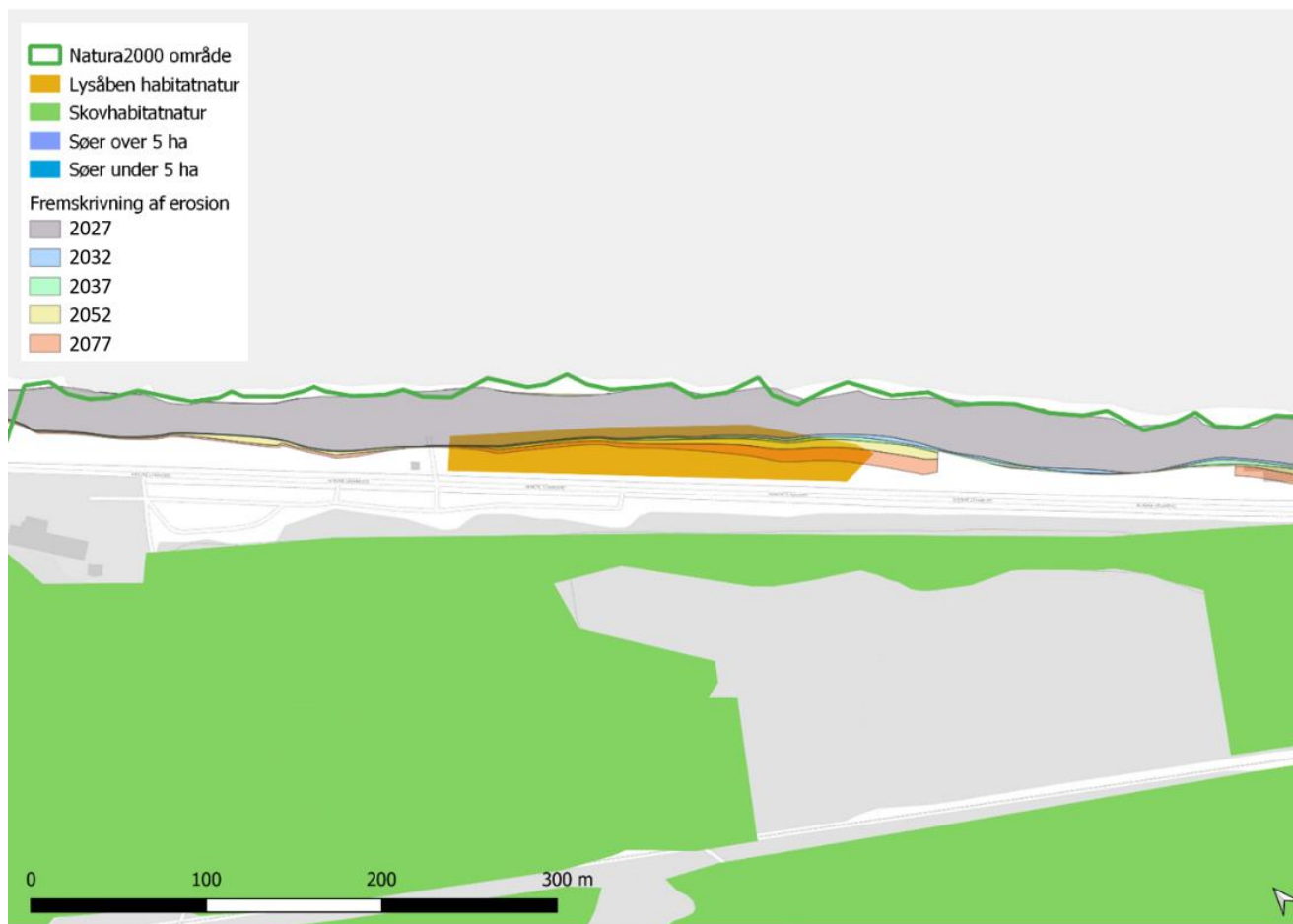
I Tabel 6.6 er merpåvirkningen fra alternativ D i 2077 også angivet. Arealreduktionen i alternativ D i 2077 vil være 0,3 ha større end i referencescenariet.

Tabel 6.6: Arealreduktion (ha) af naturtyper i Natura 2000-område nr. 129. For hvert årstal er det angivet, hvor stort et areal, der vil være borte/roderet i forhold til år 2027. * prioriterede naturtyper (se forklaring i afsnit 0).

Naturtype	Areal total	Referencescenariet og alternativ D				Reference-scenariet	Alternativ D
		2027	2032 yderligere	2037 yderligere	2052 yderligere	2077	2077
Grå/grøn klit*	0,1	0,0	0,0	0,0	0,01	0,02	0,06
Kalkoverdrev*	5,05	0,0	0,0	0,0	0,0	0,001	0,04
Kystklint/klippe	1,1	0,0	0,03	0,1	0,2	0,4	0,6
Surt overdrev*	5,05	0,0	0,0	0,0	0,01	0,02	0,04

6.3.5 Natura 2000-område nr. 130 Teglstrup Hegn og Hammermølle Skov

Langs Natura 2000-område nr. 130 Teglstrup Hegn og Hammermølle Skov sker der kronisk erosion af kysten. I Figur 6.21 er vist omfanget af den kroniske erosion langs Teglstrup Hegn og Hammermølle Skov fra år 2027 og frem til 2077, og hvordan den kroniske erosion vil reducere udbredelsen af naturtypen grå/grøn klit. Hen over årene vil gradvis mere grå/grøn klit borte/roderes. Udviklingen vil forekomme ved referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse), og det vurderes, at der i alternativ D (strandfodring med ral) vil ske den samme udvikling.



Figur 6.21: Kystfremskrivning langs Natura 2000-område nr. 130 Teglstrup Hegn og Hammermølle Skov fra 2027-2077 ved reference-scenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse).

I Tabel 6.7 fremgår størrelsesordenen på areal af habitatnaturtype, der bortroderes mellem 2027 og 2077, hvis kysterosionen langs Nordkysten får lov til at fortsætte.

Allerede i 2032 vil der være sket erosion af naturtypen grå/grøn klit. Erosionen fortsætter frem til 2077 hvor 0,2 ha ud af de 0,7 ha af naturtypen er bortroderet.

Tabel 6.7: Arealreduktion (ha) af naturtype i Natura 2000-område nr. 130 i referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse) og alternativ D (strandfodring med ral). For hvert årstal er det angivet, hvor stort et areal der vil være bortroderet i forhold til år 2027. * prioriteret naturtype (se forklaring i afsnit 3.1.5).

Naturtype	Areal total	2027	2032 yderligere	2037 yderligere	2052 yderligere	2077
Grå/grøn klit*	0,7	0,0	0,02	0,03	0,1	0,2

7. Opsummering af resultater og kort diskussion

Analysen af den naturlige kystudvikling viser tydeligt, at projektstrækningen er en erosionskyst med behov for kystbeskyttelse af ejendomme, kritisk infrastruktur mm., der ligger tæt på kysten. Samtidig har analyserne i udviklingen i forholdet mellem stenbund og sandbund tydelig vist, at projektstrækningen er meget dynamisk, og at der er stor variabilitet i havbunden fra år til år, samt at forholdet mellem stenbund og sandbund er stort set konstant over tid.

Påvirkningerne ved projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og alternativerne sammenlignes i det følgende.

7.1 Påvirkning af habitatnatur indenfor Natura 2000-områder

I Tabel 7.1 ses en samlet opgørelse af permanent påvirket marin habitatnatur i referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse), projektforslaget (strandfodring med sand og ral), alternativ D (strandfodring med ral) og alternativ E (strandfodring med sand) i år 2077. I Tabel 7.2 ses tilsvarende en samlet opgørelse af permanent påvirket habitatnatur på land. Resultater for år 2027, 2032, 2037 og 2052 fremgår af tabellerne i afsnit 6.3.2-6.3.5. De stenrev, der ligger uden for 1. revle, og som bliver dækket med sand vil inden for få år udvikle sig til sandbanke. Dette drejer sig for projektforslaget (strandfodring med sand og ral) om 14,2 ha i 2077 og for alternativ E (strandfodring med sand) om 14,3 ha i 2077 og fremgår i Tabel 7.1 som ny sandbanke. Påvirkning af marine habitatnatur forekommer i projektforslaget samt alternativ D og E. Påvirkningen i alternativ D er betydelig mindre end påvirkningen i projektforslaget og alternativ E. Påvirkningen er størst i alternativ E.

Arealreduktion af habitatnatur på land forekommer i referencescenariet og alternativ D, se Tabel 7.2. Projektforslaget og alternativ E beskytter mod erosion af kysten, så kysthabitatnaturen med prioriterede naturtyper bevares.

Det fremgår af Tabel 7.1 og Tabel 7.2, at alle scenarier vil reducere areal af habitatnatur i projektets løbetid.

Påvirkningen i projektforslaget og alternativ D og E skal sammenholdes med referencescenariet. For de marine habitatnaturtyper er der ingen ændring i referencescenariet, og påvirkningen i forhold til referencescenariet er derfor som angivet i Tabel 7.1. For habitatnaturtyper på land er der i Tabel 7.3 angivet påvirkningen i forhold til referencescenariet.

Det fremgår af Tabel 7.1 og Tabel 7.3 at uanset hvilken løsning der vælges, vil der ske skade på et eller flere områders udpegningsgrundlag, og projektet kan således kun gennemføres ved en fravigelsesproces. Det ses, at projektforslaget og alternativ E sammenlagt arealmæssigt har større påvirkning af ikke-prioriteret habitatnatur i forhold til referencescenariet og alternativ D (sandfodring med ral).

I alternativ D vil der ske større erosion af prioriteret habitatnatur i de terrestriske Natura 2000-områder end i referencescenariet. Som beskrevet i afsnit 6.3.2 er det primært de prioriterede naturtyper grå/grøn klit og klithede, der borte-roderes, da forklit og hvidklit flytter med ind i land, når kysten rykker tilbage. Sandfodringen i projektforslaget og alternativ E vil stoppe den kroniske erosion af kysten, så klitnaturen bevares. Det anslås, at mindst 75% af de lysåbne naturtyper, der borte-roderes, vil være prioriteret natur (grå/grøn klit og klithede) og i worst case er det 100%.

Det fremgår af resultaterne, at det udelukkende er projektforslaget og alternativ E, der ikke påvirker prioriteret natur på land og samlet set har projektforslaget mindre arealpåvirkning end alternativ E.

Samlet set anbefales det at gennemføre projektforslaget, da det ikke påvirker prioriteret habitatnatur som alternativ D, tværtimod bevarer det over 23 ha lysåben habitatnatur, og den samlede påvirkning er mindre end i alternativ E.

Tabel 7.1: Opgørelse af permanent påvirket marin habitatnatur i referencescenariet (Nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse), projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og alternativ D (strandfodring med ral) og E (Strandfodring med sand) i år 2077. Arealer er angivet i ha, samt beregnet i % af samlet kortlagt areal i Natura 2000-område nr. 195. Ingen ændring er angivet med "-". Minus (-) foran tal angiver reduktion af areal. Plus (+) foran tal angiver øgning af areal.

	Kortlagt areal (MST)	Referencescenarie	Projektforslaget	Alternativ D	Alternativ E
Stenrev	3.515	-	-45,8 1,3%	-1,6 0,05%	-48,8 1,4%
Ny sandbanke		-	+14,2 0,4%	-	+14,3 0,4%

Tabel 7.2: Opgørelse af arealreduktion af habitatnatur på land i referencescenariet (nuværende kystbeskyttelse uden iværksættelse af yderligere beskyttelse), projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og alternativ D (strandfodring med ral) og alternativ E (strandfodring med sand) i år 2077/2077. Arealer er angivet i ha, samt beregnet i % af samlet kortlagt areal i Natura 2000-område nr. 135, 129 og 130. Lysåben natur omfatter primært prioriterede naturtyper som grå/grøn klit, klithede kalkoverdrev og surt overdrev. Ingen ændring er angivet med "-".

* indeholder prioriterede naturtyper (anslået 75-100%). Minus (-) foran tal angiver reduktion af areal. Plus (+) foran tal angiver øgning af areal.

	Kortlagt areal (MST)	Referencescenarie	Projektforslaget	Alternativ D	Alternativ E
Lysåben natur*	281	-22,0 8%	-	-26,5 9%	-
Egeskov	69	-0,40 0,6%	-	-0,60 0,9%	-
Skovklit	216	-0,70 0,3%	-	-1 0,5%	-

Tabel 7.3: Opgørelse af permanent påvirket habitatnatur på land i projektforslaget (strandfodring med sand og ral) og alternativ D (strandfodring med ral) og E (strandfodring med sand) i år 2077 i forhold til referencescenariet. Arealer er angivet i ha, samt beregnet i % af samlet kortlagt areal i Natura 2000-område nr. 135, 129 og 130. Lysåben natur omfatter primært prioriterede naturtyper som grå/grøn klit, klithede kalkoverdrev og surt overdrev. Ingen ændring er angivet med "-". * indeholder prioriterede naturtyper (anslået 75-100%). Minus (-) foran tal angiver reduktion af areal. Plus (+) foran tal angiver øgning af areal.

	Kortlagt areal (MST)	Projektforslaget	Alternativ D	Alternativ E
Lysåben natur*	281	+22,0 8%	-4,50 2%	+22,0 8%
Egeskov	69	+0,40 0,6%	-0,2 0,3%	+0,40 0,6%
Skovklit	216	+0,70 0,3%	-0,3 0,1%	+0,70 0,3%

8. Referencer

- Bilag 2. (u.d.). *Nordkystens Fremtid. Kystteknisk projektforslag.*
- Bilag 7. (u.d.). *Nordkystens Fremtid Natura 2000 konsekvensvurdering.*
- DHI. (2018). *Nordkystens fremtid - Myndighedsprojekt. Numerisk modellering. Fase2: Kystteknisk grundlag.*
- DHI, & Haslev & Kjærsgaard. (2015). *Kystdynamik og kystbeskyttelse. Naturlige erosions- og oversvømmelsesprocesser – beskyttelsesmetoders virkning og økonomi.*
- GEUS & Orbicon. (2016). *Pre-investigations in Natura 2000-area 195 Gilleleje Flak and Tragten to reestablish the stone reef Draft.*
- IPCC. (2021). *Summary for Policymakers.* Cambridge University Press.
- Kystdirektoratet. (2018). *Højvandsstatistikker 2017.* Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet.
- Kystdirektoratet. (11 2020). *kystplanlæggeren.dk.* Hentet 05. 12 2022 fra <https://xn--kystplanlægger-cgb.dk/>
- Miljøstyrelsen. (2016). *Habitatbeskrivelser, årgang 2016.* Hentet fra <https://mst.dk/media/128611/habitatbeskrivelser-2016-ver-105.pdf>
- Miljøstyrelsen. (2021a). *Faglige kriterier for opdatering af habitatområdernes udpegningsgrundlag for habitatnaturtyper - 2021.* https://mst.dk/media/238830/faglige-kriterier-for-naturtyper-2021_tilrettet.pdf.
- Miljøstyrelsen. (2021b). *Natura 2000-basisanalyse 2022-2027 Havet og kysten mellem Hundested og Rørvig Natura 2000-område nr. 153, Habitatområde H134, Fuglebeskyttelsesområde F102, revideret udgave offentliggjort 21-02-2022.*
- Miljøstyrelsen. (2021c). *Natura 2000-basisanalyse 2022-2027 Tisvilde Hegn og Melby Overdrev Natura 2000-område nr. 135, Habitatområde H119, revideret udgave offentliggjort 21-02-2022.*
- Miljøstyrelsen. (2021d). *Natura 2000-basisanalyse 2022-2027 for Gilleleje Flak og tragten. Natura 2000-område nr. 195 og Habitatområde nr. 171, revideret udgave offentliggjort 21-02-2022.*
- Miljøstyrelsen. (9. juni 2022). GIS-data fremsendt pr mail fra Anna-Grethe Underlien Pedersen.
- Miljøstyrelsen. (2022). *Natura 2000-høring 2022-27.* Hentet fra <https://miljoegis.mim.dk/spatialmap?profile=natura2000planer3h2021>
- Miljøvurderingsloven. (2021). *LBK nr 1976 af 27/10/2021 om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM)1.*
- Ministeriet for Fødevarer, Landbrug og Fiskeri. (2010). *BEK nr 63 af 11/01/2010 Bekendtgørelse om ændring af bekendtgørelse om udpegning og administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter.* <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2010/63>.
- Naturstyrelsen. (2014). *Natura 2000-basisanalyse 2016-2021 Revideret udgave Gilleleje Flak og tragten Natura 2000-område nr. 195 Habitatområde nr. 171.*
- NIRAS. (2022). *ATR 20, Ændring af Naturtype.* NIRAS.
- Nordkystens Fremtid. (2019). *Nordkystens Fremtid. Afgrænsningsnotat for Miljøvurdering. Revision efter foroffentlighed.*
- Nordkystens Fremtid. (2024). *Miljøkonsekvensrapport for Nordkystens Fremtid.*

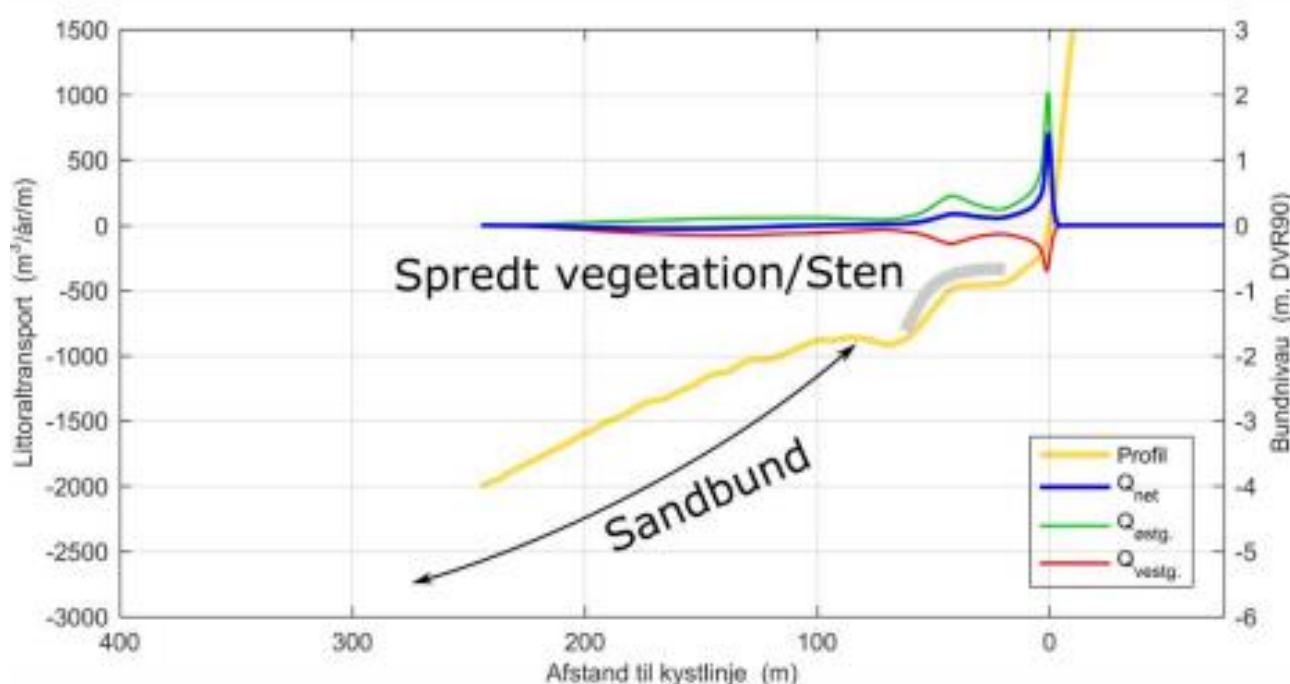
Bilag A

Læsideerosion forårsaget af fodring med ral

Læsideerosion forårsaget af fodring med ral (Alternativ D)

I dette bilag forklares det, hvor den øgede erosion langs de to Natura 2000-områder nr. 135 og 129 forårsaget af ral-fodringen i alternativ D findes.

Som beskrevet i Kapitel 3 har DHI beregnet den aktuelle sedimenttransport langs hele Sjællands nordkyst. DHI har desuden beregnet hvor i kystprofilen sedimenttransporten og dermed erosionen sker (DHI, 2018). På fodringsstrækningen Kikhavn-Liseleje (som ligger opstrøms Natura 2000-område nr. 135) foregår den kroniske erosion af stranden cirka mellem kote 0 og +1 mDVR90, dvs. erosionshøjden er $h_e = 1$ m (DHI, 2018). Et eksempel er vist i Figur B.1, som viser den beregnede sedimenttransport gennem et profil mellem Kikhavn og Liseleje (Profil 056P00). Nettotransporten Q_{net} sker på stranden mellem kote 0 og +1,0 mDVR90.



Figur B.1: Eksempel på den beregnede langsgående sedimenttransport gennem et profil mellem Kikhavn og Liseleje (Profil 056P00), (DHI, 2018). På stranden sker transporten mellem kote 0 og +1,0 m DVR90.

På fodringsstrækningen Havstokken-Feriebyen (som ligger opstrøms Natura 2000-område nr. 129) foregår den kroniske erosion af stranden cirka mellem kote 0 og +0,5 mDVR90, dvs. erosionshøjden er $h_e = 0,5$ m (DHI, 2018).

Den årlige kysttilbagerykning langs Nordkysten er jf. Afsnit 5.1.2 fundet ved at sammenholde +0,25 m DVR90 højdekurven i 2007 og 2019 fra Danmarks Digitale Terræn Model. Vest for Gilleleje er kysttilbagerykningen omkring $\delta_e = 0,3$ m/år og øst for Gilleleje omkring 0,2 m/år.

Den årlige mængde sediment, Q , der ikke tilføres til den langsgående sedimenttransport pga. ralfodringen kan dermed findes fra

$$Q = \delta_e h_e L_e$$

Hvor L_e er længden af fodringsstrækningen. Ud fra det manglende volumen sediment, Q , kan den medførende årlige kysttilbagerykning på mellemstrækningen nedstrøms beregnes vha. formelen:

$$\delta = \frac{Q}{h_a L}$$

Hvor h_a er den aktive dybde på mellemstrækningen og L længden af mellemstrækningen.

Omfanget af den årlige erosion, hvis det antages, at erosionen fordeles ligeligt på strækningen, er vist i Tabel B.1. På begge strækninger øges erosionen med omkring 0,1 m/år svarende til 5 m i hele projektets levetid.

Tabel B.1: Angivelse af fodringsstrækninger med nedstrøms mellemstrækninger, hvor der findes et Natura 2000-område på land som vil blive påvirket af ralfodringen i alternativ D. I tabellen er den manglende årlige sedimenttilførsel til strækningen nedstrøms angivet, Q , samt hvad dette medfører af forøget kronisk erosion langs Natura 2000-området på mellemstrækningen nedstrøms, δ .

Strækning	Fodringsstrækning				Mellemstrækning		
	L_e	δ_e	h_e	Q	h_a	L_m	δ
Kikhavn-Liseleje Natura 2000-omr. nr. 135	7500 m	0,3 m/år	1 m	2250 m ³ /år	3 m	8000 m	0,01 m/år
Havstokken-Feriebyen Natura 2000-omr. nr. 129	1570	0,3 m/år	0,5 m	236 m ³ /år	5m	700 m	0,01 m/år