

HALSNÆS, GRIBSKOV OG HELSINGØR KOMMUNER

NOVEMBER 2016

NORDKYSTENS FREMTID

KYSTTEKNISK SKITSEPROJEKT - RESUME

PROJEKTNR.

A084247

DOKUMENTNR.

A084247-PD-02

VERSION

5.0

UDGIVELSESDATO

08.11.2016

BESKRIVELSE

Skitseprojekt
Resume

UDARBEJDET

CEL/MLVX/KM/
PFKL/KBO/ERS/
DH/OJJ

KONTROLLERET

OJJ/CEL/KBO/KM

GODKENDT

CEL/OJJ

INDHOLD

1	Introduktion	6
1.1	Generelt	6
1.2	Skitseprojektets indhold	6
1.3	Udgangspunkt for projektet	7
2	Resume	9
2.1	Indledning	9
2.2	Kystteknisk vurdering	10
2.3	Kystteknisk skitseprojekt – helhedsplan for Nordkysten	14
2.4	Sammenligning af løsningsforslag	18
2.5	Vedligeholdelsesfodring	24
2.6	Demonstrationsprojekt i Gribskov Kommune	25
2.7	Sandressourcer	26
2.8	Metode til kystfodring	27
2.9	Miljøvurdering	28
2.10	Anlægsbudget	29
3	Referencer	31

1 Introduktion

1.1 Generelt

Gribskov Kommune har på vegne af Halsnæs Kommune, Gribskov Kommune og Helsingør Kommune bedt rådgivergruppen: COWI, NIRAS, DHI og Hasløv & Kjærsgaard udarbejde et kystteknisk skitseprojekt for et storskala kystbeskyttelsesprojekt på Nordkysten af Sjælland.

Kommunerne ønsker med skitseprojektet at belyse de kysttekniske og lovgivningsmæssige muligheder for at gennemføre et storskala kystbeskyttelsesprojekt, som omfatter hele Nordkysten mellem Hundested og Helsingør.

1.2 Skitseprojektets indhold

Skitseprojektet baseres primært på tidligere udførte undersøgelser og studier.

Skitseprojektet skal helt overordnet svare på:

- > Hvilke kysttekniske løsninger, der vil være de rigtige for en samlet beskyttelse af Sjællands Nordkyst og herunder en vurdering af storskala strandfodring.
- > Vurdering af behov for forbedret kystbeskyttelse
- > Kan den nødvendige mængde sand, grus og ral findes
- > Om projektet miljømæssigt vurderes at kunne gennemføres og herunder, hvordan projektet påvirker Natura2000 områderne og den sårbare marine natur. Projektet skal således være optimeret både miljømæssigt og økonomisk
- > Det er en forudsætning for opgaveløsningen, at der arbejdes med et teknisk projekt, som vil kunne opnå tilladelse fra Kystdirektoratet (KDI)

- > Projektet indeholder desuden prisoverslag for de foreslåede løsninger, som danner input til det videre arbejde med betalingsmodel mm.
- > Der skal være en sammenkobling med de juridiske afklaringer, der fremgår af det seneste notat fra Horten Advokaterne - som bl.a. anbefaler, at det vurderes, om kysten kan opdeles i del-strækninger med et nogenlunde ensartet behov for kystbeskyttelse, ligesom der skal tages hensyn til, at kystbeskyttelsesloven arbejder med et beskyttelsesbehov på 25 års sigt
- > Slutproduktet skal kunne anvendes som baggrund for det videre arbejde med udbud af kystbeskyttelsesprojekt for hele Nordkysten, samt detailprojektering af en del-strækning i Gribskov Kommune, der tænkes udført som et pilotprojekt

Skitseprojektet skal således beskrive et samordnet storskala kystbeskyttelsesprojekt med strandfodring som et nødvendigt element, og som kan forventes at kunne gennemføres praktisk, miljømæssigt og økonomisk, samt beskrive eventuelle andre løsningsforslag.

1.3 Udgangspunkt for projektet

Skitseprojektet er udarbejdet som en helhedsplan for kystbeskyttelsen langs hele nordkysten af Sjælland på en strækning på ca. 60 km mellem Hundested og Helsingør.

Helhedsplanen sigter mod at skabe den bedste kystbeskyttelse mod kronisk og akut erosion på 25 års og 50 års sigt.

Skitseforslaget er primært udformet ud fra behovet for kystbeskyttelse og kravene i Kystbeskyttelsesloven, § 1.

Formålet med kystbeskyttelse er at beskytte mennesker mod oversvømmelser samt ejendom mod oversvømmelser og nedbrydning fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet. Dette formål varetages ved en afvejning af følgende hensyn:

- > 1) Behovet for kystbeskyttelse,
- > 2) økonomiske hensyn,
- > 3) kystbeskyttelsesforanstaltningens tekniske og miljømæssige kvalitet,
- > 4) kystlandskabets bevarelse og genopretning,
- > 5) naturens frie udfoldelse,
- > 6) rekreativ udnyttelse af kysten,
- > 7) sikring af den eksisterende adgang til kysten og

- > 8) andre forhold af væsentlig betydning for kystbeskyttelse.

Forstærkning af hård kystbeskyttelse vil medføre krav fra KDI om kompensationsfodring. Tekniske løsningsforslag uden fodring er derfor ikke behandlet i skitseprojektet.

2 Resume

2.1 Indledning

2.1.1 Kystbeskyttelsesindsats på Sjællands Nordkyst

Sjællands Nordkyst omfatter ca. 60 km kyst mellem Hundested Havn og Helsingør Nordhavn. Nordkysten kan generelt ikke betragtes som fri natur på grund af menneskelig indvirkning i kystens naturlige dynamik. Der er dog nogle naturlige kyststrækninger mellem Liseleje og Tisvildeleje, Heatherhill, Trillingerne, Smidstrup Strand, Dronningmølle, Hornbæk Strand og delvist langs Hornbæk Plantage. De naturlige kyststrækningerne dækker ca. 15 km.

Efter stormfloderne i begyndelse af forrige århundrede og i 1921 blev de første kystbeskyttelseskonstruktioner anlagt, dels som erosionsbeskyttelse, dels som højvandsbeskyttelse. I den forbindelse blev de første Kystbeskyttelseslag og Digelag oprettet efter Landvæsenskommissions kendelser.

Der er i dag en række private kystbeskyttelseslag, ligesom private har beskyttet deres kystgrunde.

I erkendelse af det stigende erosionsproblem, de usammenhængende og visse steder uhensigtsmæssige kystbeskyttelses anlæg og utallige henvendelser fra private om kystbeskyttelse, nedsatte de fem daværende kystkommuner (Hundested, Frederiksværk, Helsingør, Græsted-Gilleleje og Helsingør), Frederiksborg Amt og Hovedstadsrådet i 1976 "Fællesudvalget for Kystpleje og -sikring af Nordkysten".

Gennem Fællesudvalgets arbejde blev det erkendt, at der var behov for en samordnet kystteknisk indsats på Nordkysten og endvidere, at Nordkysten mangler sand og ral.

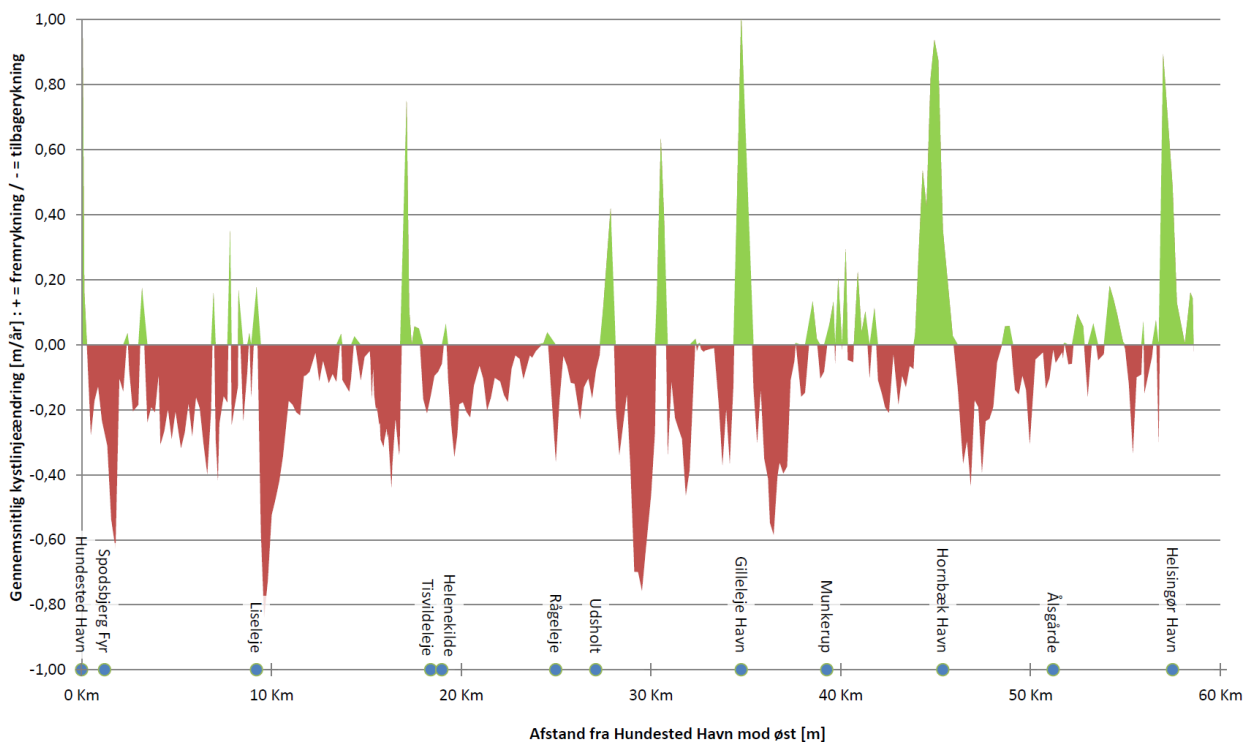
Den hidtidige kystbeskyttelsesindsats på Nordkysten har primært omfattet hård kystbeskyttelse. Der er kun i enkelte tilfælde som ved Liseleje udført strandfodring på Nordkysten.

2.2 Kystteknisk vurdering

2.2.1 Erosionspres

Langs Nordkysten er en stor del af kystlinjen gennem årene rykket betydeligt tilbage primært med undtagelse af kysten vest for havnene i Gilleleje, Hornbæk og Helsingør. Denne tendens vurderes at fortsætte i fremtiden med øget hastighed bl.a. på grund af klimaændringer.

Kystlinjeændring mellem år 1897 og 2003 på Nordkysten



Figur 2-1 Historisk kystlinjeudvikling (m/år) mellem Hundested og Helsingør i perioden 1897 og 2003. Grøn er kystfremrykning og rød er kysttilbagerykning (erosion). Kilde: Kabuth, A.K., Kroon, A., Pedersen, J.T., 2014. Figuren viser, at kysten generelt rykker tilbage (rød) primært på nær vest for havnene (grøn)

Nordkysten er udsat for et stort erosionspres som følge af kronisk og akut erosion. Kronisk erosion er den løbende erosion, mens akut erosion sker under stormflodshændelser.

2.2.2 Kronisk erosion

Der er i dag generelt mangel på sand og ral langs Nordkysten som følge af, at transporten af sand og ral langs kysten (langstransporten) stiger fra Kikhavn imod Gilleleje og igen fra Gilleleje til Hornbæk og fra Hornbæk til Helsingør,

hvilket giver anledning til kronisk erosion. En af hovedårsagerne til manglen på sand og ral er, at havnene udgør barrierer for transporten langs Nordkysten, idet en stor del af langstransporten fanges ved havnene og derved mangler øst herfor.

Den omfattende hårde kystbeskyttelse langs Nordkysten i form af skræntfodsbeskyttelse, høfder og bølgebrydere har medført, at tilførslen af sand og ral til kysten fra skrænterne med tiden er reduceret betydeligt. I takt med at den løbende udbygning af skråningsbeskyttelserne har stabiliseret skråningerne, er der lange strækninger, hvor stranden er blevet smallere, helt forsvundet eller afløst af sten/ral-strand. Vanddybderne foran den eksisterende hårde kystbeskyttelse er herved gradvist øget. Den kroniske erosion er ikke stoppet ved etableringen af hård kystbeskyttelse, men snarere forværret, da der bliver mindre og mindre tilførsel af sand og ral fra erosion af skrænterne. Så i stedet for erosion af skrænterne fortsætter erosionen i den ubeskyttede del af kystprofilen, dvs. fra stranden og ud i vandet til ca. 5 m vanddybde. Dette resulterer i, at dybden til havbunden gradvist bliver større og større.



Figur 2-2 Meget stejl og høj skrånning og lav skråningsbeskyttelse ved Salgårdshøj

2.2.3 Akut erosion

Nordkysten er også udsat for et stort erosionspres som følge af akut erosion i forbindelse med storme, hvor der er kraftig bølgepåvirkning og højvande samtidigt (stormflod). I disse situationer eroderer den øverste del af kystprofilen tilbage (bagstrand og skrænterne) og det eroderede materiale føres dels længere ud i kystprofilen og dels langs kysten.

Stormen Bodil medførte ekstraordinært langvarigt ekstremt højvande. Kombinationen af større vanddybde langs kysten og den forhøjede vandstand under stormen medførte omfattende skader på den eksisterende kystbeskyttelse og

skråningerne bagved. Stormen viste, at der er behov for vedligeholdelse af strandene og kystbeskyttelsen på Nordkysten, dels for at beskytte mod fremtidige akut erosion under stormflod, og dels for at beskytte mod den kroniske erosion.



Figur 2-3 Havstokken ved Udsholt, Gribskov Kommune, under stormen Bodil 06.12.2013

2.2.4 Forstærkning af eksisterende hård kystbeskyttelse

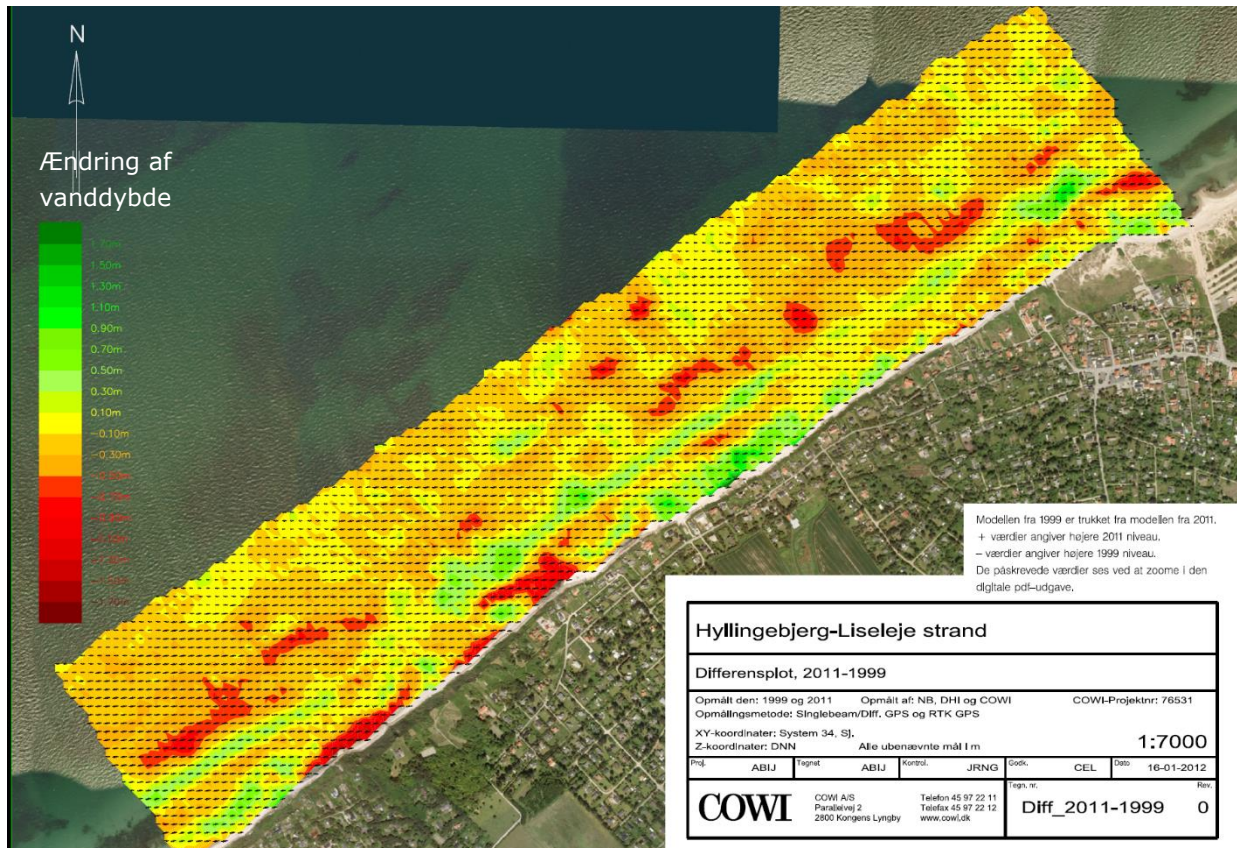
Der er mange steder langs Nordkysten gennem årene bygget hård kystbeskyttelse i form af høfder, bølgebrydere og skræntfodssikring. En del af denne hårde kystbeskyttelse blev beskadiget under stormen, Bodil d. 6/12 2013, og er siden blevet repareret og mange steder væsentligt udbygget og forhøjet. Konstruktionerne er dog oftest genopbygget med eksisterende stenmaterialer, som ofte ikke er tilstrækkelig store til at modstå nye storme, hverken i dag eller fremover, da vanddybden foran kystbeskyttelsesanlæggene er øget og vil fortsætte med at forøges yderligere fremover. Derudover er mange af de eksisterende anlæg ikke høje nok som følge af den forøgede vanddybde foran.

Kystlagene administrerer typisk kyststrækninger på en halv til en hel kilometer, og hvert lag fokuserer typisk på at beskytte kystskrænten mod erosion, mens der ikke fokuseres på beskyttelse af selve stranden. Der har været en tendens til at kystbeskyttelsesanlæggene på en strækning har medført øget erosionspres på nabostrækningen mod øst i og med, at tilførslen af sediment til nabostrækningen er blevet reduceret. På den måde er erosionspresset blevet flyttet langs kysten, og det er dermed blevet nødvendigt at anlægge hård kystbeskyttelse på lange strækninger.

Mange steder har man forsøgt at holde på stranden ved at opføre høfder eller kystnære bølgebrydere. Der kommer dog generelt ikke mere sand i systemet

ved, at de forskellige lag kæmper om at fange en del af den faldende mængde sand og ral, som vandrer langs kysten.

Det generelle billede er, at kysterosionen fortsætter ude i kystprofilen på trods af den hårde kystbeskyttelse, hvilket langsomt forværrer situationen efterhånden som vanddybden øges. Herved bliver bølgerne, der kan nå stranden og skræntfodsbeskyttelserne stadig større.



Figur 2-4 Ændring af vanddybden ved Liseleje over en periode på 12 år baseret på historiske opmålinger. På trods af optimeret hård kystbeskyttelse og initial strandfodring stiger vanddybden fortsat ude i kystprofilen ved Liseleje (røde og orange områder). Løbende vedligeholdelsesfodring er nødvendig for at modvirke dette.

Den aktuelle og fremtidige kroniske og akutte erosion viser sig således i stigende grad at være en fælles udfordring for grundejerne langs hele Nordkysten.

Det kan konkluderes, at det omfattende underskud af sand og ral på Nordkysten ikke kan afhjælpes med hård kystbeskyttelse.

Det er teknisk muligt at forstærke den eksisterende kystbeskyttelse ved at udbygge den hårde kystbeskyttelse for derved at opnå den ønskede beskyttelse af ejendomme og infrastruktur. Denne praksis vil dog medføre, at kysten bliver

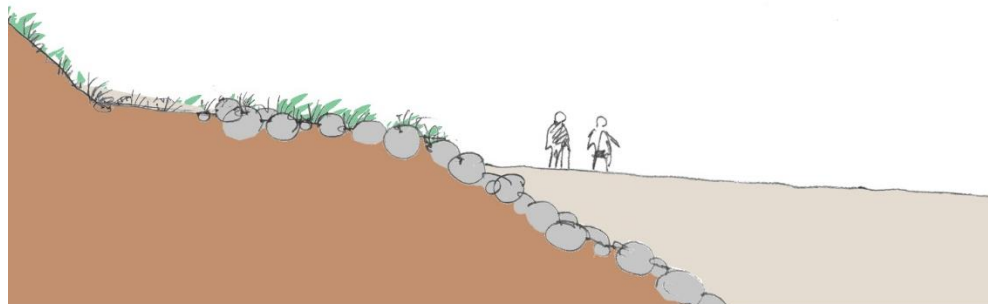
yderligere udsat i fremtiden, fordi erosionen og forstejlingen af kystprofilen vil fortsætte. Derfor er det ikke tilrådeligt at fortsætte denne praksis.

Det konkluderes, at det omfattende underskud af sand og ral på Nordkysten kræver strandfodring (sand/ral) fremover for at kunne skabe en langsigtet og tilstrækkelig beskyttelse af Nordkysten.

2.3 Kystteknisk skitseprojekt – helhedsplan for Nordkysten

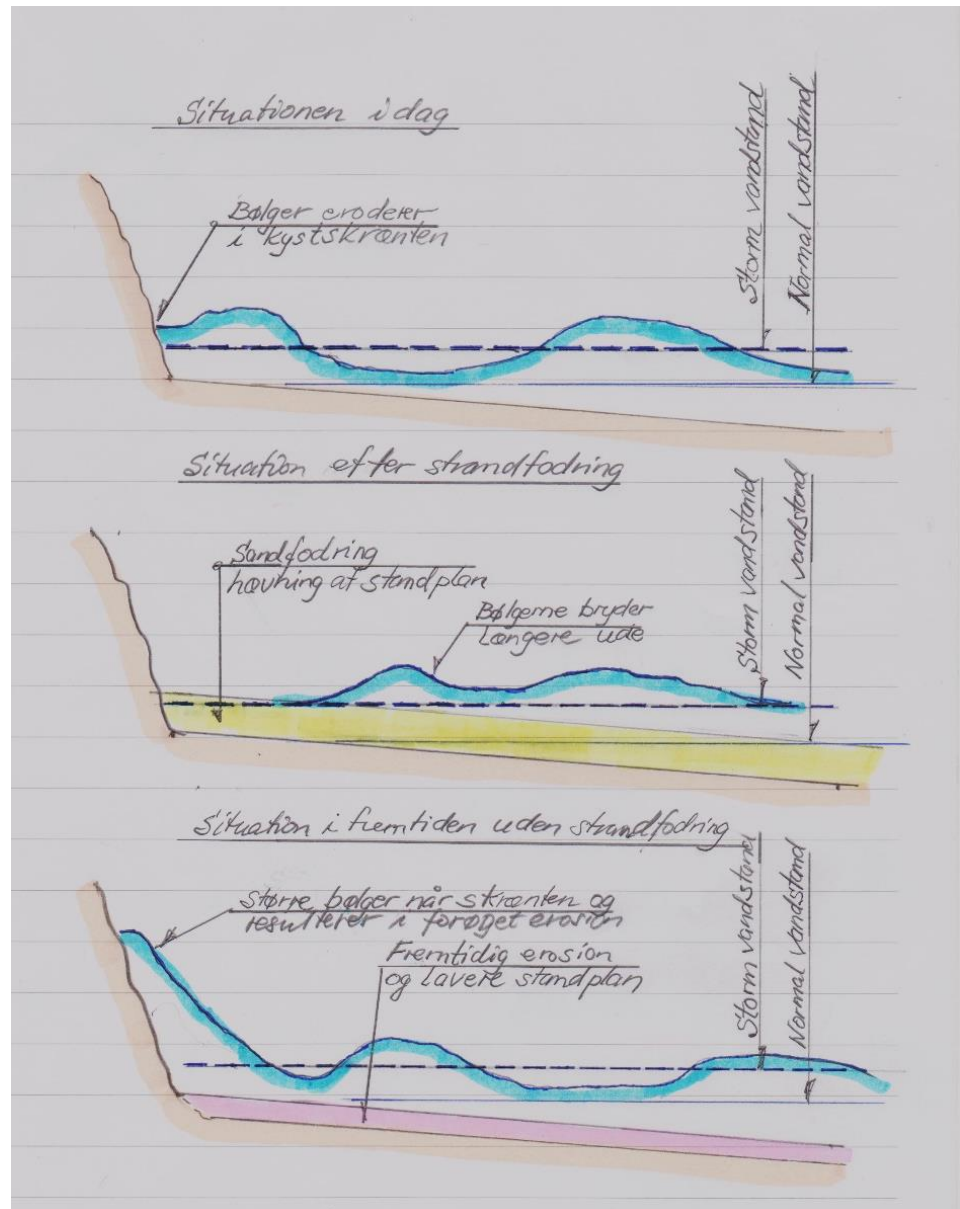
2.3.1 Kysttekniske principper

Rådgiverne vurderer, at den bedste beskyttelse mod kronisk og akut erosion på Nordkysten er en kombination af strandfodring med en blanding af sand, grus og ral og skråningsbeskyttelser opbygget af sten.



Figur 2-5 Overordnede kysttekniske principper for den foreslåede helhedsplan for kystbeskyttelsen på Nordkysten omfatter strandfodring med sand, grus og ral kombineret med skråningsbeskyttelser af sten

Strandfodring anbefales udført med sand med et betydeligt indhold af grus og ral svarende til det naturlige sediment på Nordkysten, hvilket vil forbedre virkningen og holdbarheden af fodringerne.



Figur 2-6 Strandfodring hæver stranden og beskytter den eksisterende kystbeskyttelse og skråningerne bagved ved at reducere bølgerne der rammer skræntfodsbeskyttelsen

Strandfodring udlægges ligeligt fordelt langs stranden på længere truede strækninger med ensartede forhold, hvilket forlænger og forøger effekten.

Strandfodring omfatter en betydelig initialfodring samt mindre løbende vedligeholdelsesfodringer.

Analysen af kysten har vist, at der er underskud af sand og ral langs Nordkysten, som medfører generel kronisk erosion og at kystprofilen derfor rykker tilbage ud til den aktive dybde omkring 5,0m. Vanddybden foran eksisterende konstruktioner øges herved. Fodring er den eneste form for kystbeskyttelse, som kan stabilisere hele kystprofilen, afhjælpe den kroniske erosion og styrke kystprofilen imod akut erosion langs Nordkysten.

Strandfodring opbygger en buffer foran eksisterende skråningsbeskyttelser og reducerer derved vanddybden. Strandfodring vil reducere påvirkningerne på bagvedliggende skråningsbeskyttelser og reducere vedligeholdelsesbehovet for de hårde anlæg på kort og længere sigt.

Skråningsbeskyttelserne er nødvendige for at beskytte baglandet mod akut erosion i forbindelse med stormflod, hvor der både forekommer store bølger og høj vandstand.

2.3.2 Fodringsstrækninger

Projektet omfatter strandfodring på ca. halvdelen af Nordkysten, men projektet vil have en gavnlig virkning langs det meste af kysten fra Hundested til Helsingør. Udlagt sand, grus og ral vil naturligt blive transporteret øst på over tid og efter et par år vil virkningen af fodringerne omfatte det meste af kysten.



Figur 2-7 Foreslåede fodringsstrækninger

Det foreslås at strandfodre over længere strækninger, hvor der generelt er en stor tæthed af bebyggelse, og hvor husene ligger tæt på havet, og der således er behov for forbedret kystbeskyttelse. De valgte fodringsstrækninger har en længde mellem 2.000 og 7.500 m. Det bemærkes, at strandfodring på kortere

strækninger ikke kan anbefales fordi dette medfører relativt stort sandtab ved enderne af fodringsstrækningerne. De foreslåede fodringsstrækninger er vist på Figur 2-7.

Disse strækninger vil blive endeligt fastlagt under detailprojektering; dog forventes kun mindre justeringer i enderne af de 7 delstrækninger og den samlede længde forventes bibeholdt.

Den initiale fodringskampagne kombineret med løbende vedligeholdelsesfodringer vil bevirke, at der kommer mere sand, grus og ral på hele Nordkysten også i mellemrummene mellem fodringsstrækningerne. Strandfodringerne fokuseres dog på de strækninger, hvor der er et stort direkte behov for at beskytte baglandet mod kronisk erosion og til dels akut erosion. De øvrige strækninger som ikke fodres direkte vil primært opleve en reduktion af den kroniske erosion.

Det vil formentlig være en fordel at initialfodringerne af de enkelte udvalgte delstrækninger starter lidt vest for den aktuelle del-strækning, idet dette vil sikre, at der i længere tid er tilstrækkeligt sand og ral i den vestlige ende af delstrækningen.

De fremtidige vedligeholdelsesfodringer vil blive planlagt efter monitoring af den aktuelle situation langs hele kysten inklusiv både de udvalgte fodringstrækninger og strækningerne ind i mellem.

2.3.3 Dimensionering af kystbeskyttelsen

Initialt foreslås det, at der i middel strandfodres med i størrelsesorden 60 m³/m, og 90 m³/m på udsatte strækninger. Strandfodring bør foretages i storskala/tværkommunalt regi for at sikre en koordineret og fælles indsats. Det vil desuden kunne reducere enhedsprisen, at der fodres med større mængder.

Der skal fodres med meget store mængder, hvis strandfodring alene skal kunne beskytte mod akut erosion i forbindelse med storme. Det foreslås derfor, at strandfodring kombineres med skråningsbeskyttelser. På mange strækninger er skråningsbeskyttelser dog allerede etableret, og der udestår derfor kun en opgradering af utilstrækkelige konstruktioner.

Det foreslås, at renovere og forstærke eksisterende skråningsbeskyttelser til at have en levetid på 50 år (2066) og til at kunne modstå en stormhændelse som i gennemsnit forekommer en gang på 50 år.

Alle skråningsbeskyttelser og den nederste del af skråningen bagved foreslås dækket med sand for at stabilisere skråningerne bagved og skabe mulighed for naturlig vegetation.

2.3.4 Tilpasning

Uvirksomme og nedslidte konstruktioner på stranden og på strandplanet bør fjernes helt før der strandfodres. En del af de overskydende stenmaterialer kan med fordel anvendes til at forstærke eksisterende skråningsbeskyttelser, hvorved nyttevirkningen af eksisterende sten kan optimeres.

Desuden anbefales det at omlægge en del af de meget små konstruktioner på stranden og i vandet til enkelte større konstruktioner for at optimere beskyttelsen af kysten.

Kystbeskyttelseskonstruktioner på stranden i form af nye bølgebrydere, høfder, rev og flak kan være relevante på udsatte strækninger, hvor sand og ral har svært ved at blive liggende i tilstrækkelig udstrækning. Det foreslås at vente en årrække med at planlægge og skitsere nye konstruktioner på stranden til man ser effekten af den initiale strandfodring. Herved kan det reelle behov afdækkes og nye konstruktioner optimeres til de lokale forhold. Herudover skal sådanne tiltag udformes således, at de kan godkendes af Kystdirektoratet.

Behovet for hård kystbeskyttelse i form af høfder, bølgebrydere og rev reduceres, når der fodres over lange strækninger. Konstruktionerne virker ved at tilbageholde en del af det sand, grus og ral, der transporteres langs stranden og opbygger derved højden af stranden.

Strandfodring medfører, at eksisterende konstruktioner får mere sand, grus og ral at arbejde med, hvorved virkningen af eksisterende konstruktioner forbedres.

2.4 Sammenligning af løsningsforslag

En fremskrivning af den nuværende situation på Nordkysten viser, at kysttilbagegangen (erosionspresset) vil øges uden en ændret kystbeskyttelsespraksis.

Stigende erosionspres langs Nordkysten kræver en ændret kystbeskyttelsespraksis.

Den bedst egnede beskyttelse mod kronisk og akut erosion på Nordkysten vurderes, at være strandfodring med en blanding af sand, grus og ral kombineret med skråningsbeskyttelser.

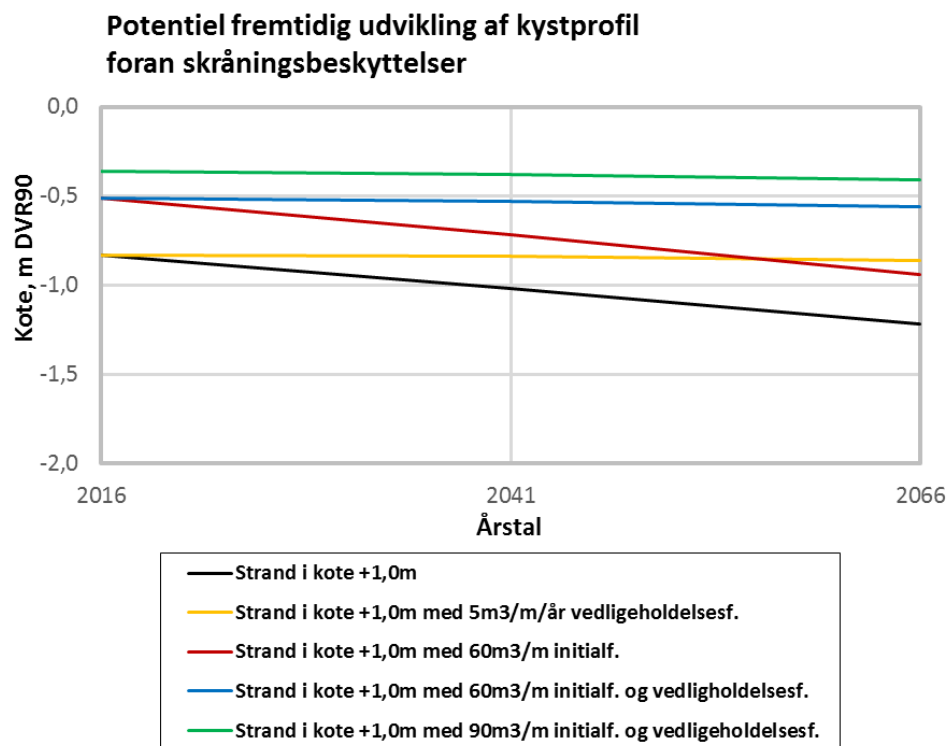
Det foreslås, at renovere og forstærke eksisterende skråningsbeskyttelser til optimal standard med en levetid på 50 år og til at kunne modstå en storm som i gennemsnit forekommer 1 gang på 50 år. Eksisterende skråningsbeskyttelser bør i mange tilfælde opgraderes ved at forstærke foden og ved at forhøje konstruktionen afhængigt af de lokale forhold. Det yderste lag dæksten bør i mange tilfælde udskiftes med et lag nye større dæksten afhængigt af omfanget af fremtidig strandfodring, højden af stranden og den eksisterende kystbeskyttelse. Opbygning af kystprofilen med sand- og ralfodring vil medvirke til, at dybden foran skråningsbeskyttelserne fremover reduceres, hvorved der opnås en bedre be-

skyttelse af baglandet. Strandfodring medvirker til at styrke og beskytte de eksisterende skråningsbeskyttelser.

Der er foretaget en beregning af, hvorledes den eksisterende kystbeskyttelse fungerer på kort og lang sigt. Samme beregning er gentaget med strandfodring for at kunne vurdere virkningen af den samlede kystbeskyttelse og herunder nødvendig forstærkning af eksisterende skråningsbeskyttelser.

Figur 2-8 viser udviklingen af højden af stranden umiddelbart foran en typisk skråningsbeskyttelse i år 2016, 2041 og 2066 med forventet havspejlsstigning og en storm som i gennemsnit forekommer en gang på 50 år som funktion af omfanget af fremtidig strandfodring. Det fremgår:

- 1 Den sorte kurve viser den lavest mulige kote af stranden lige foran skråningsbeskyttelsen i dag på -0,8m. Hvis der ikke strandfodres vil dybden vokse til -1,0 m i 2041 og til -1,25 m i 2066.
- 2 Den gule kurve viser situationen, hvis man i gennemsnit strandfodrer med $5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{år}$. Kurven viser, at man derved kan opnå, at den nuværende situation stort set stabiliseres de næste 50 år.
- 3 Den røde kurve viser, at man ved en initialfodring på $60 \text{ m}^3/\text{m}$ kan løfte hele kystprofilet med i gennemsnit 0,3 m, men at dybden igen bliver større med tiden, hvis der ikke vedligeholdelsesstrandfodres.
- 4 Den blå kurve viser situationen, hvis det foreslåede projekt med både initialfodring på $60 \text{ m}^3/\text{m}$ og vedligeholdelsesfodring på i gennemsnit $5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{år}$ gennemføres. Det fremgår, at kurven nogenlunde er vandret, hvilket betyder, at man ved initialfodringen løfter hele stranden, og ved at vedligeholdelsesfodre kan fastholde denne situation.
- 5 Endelig viser den grønne kurve situationen, hvis der initialt fodres med $90 \text{ m}^3/\text{m}$ og ved vedligehold fodres med $5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{år}$. Herved forstærkes kystbeskyttelsen yderligere.



Figur 2-8 Potentiel udvikling af laveste kote af stranden foran en typisk skråningsbeskyttelse i år 2016, 2041 og 2066 samt effekt af forventet havspejlsstigning og en storm som i gennemsnit forekommer en gang på 50 år som funktion af omfanget af fremtidig strandfodring

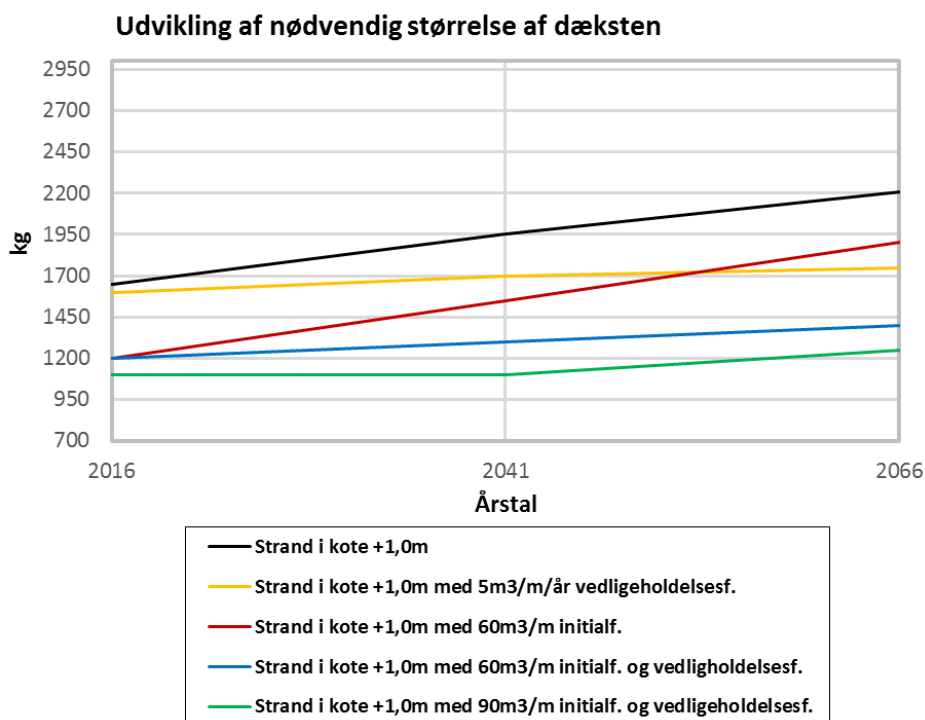
Figur 2-9 og Figur 2-10 viser parallelt som forklaret for udviklingen af højden af stranden, hvordan behovet for forstærkning af eksisterende skråningsbeskyttelser vil afhænge af strategien for initial- og vedligeholdelsesfodring.

Figur 2-9 viser udviklingen af nødvendig størrelse af dækstenene på skråningsbeskyttelserne.

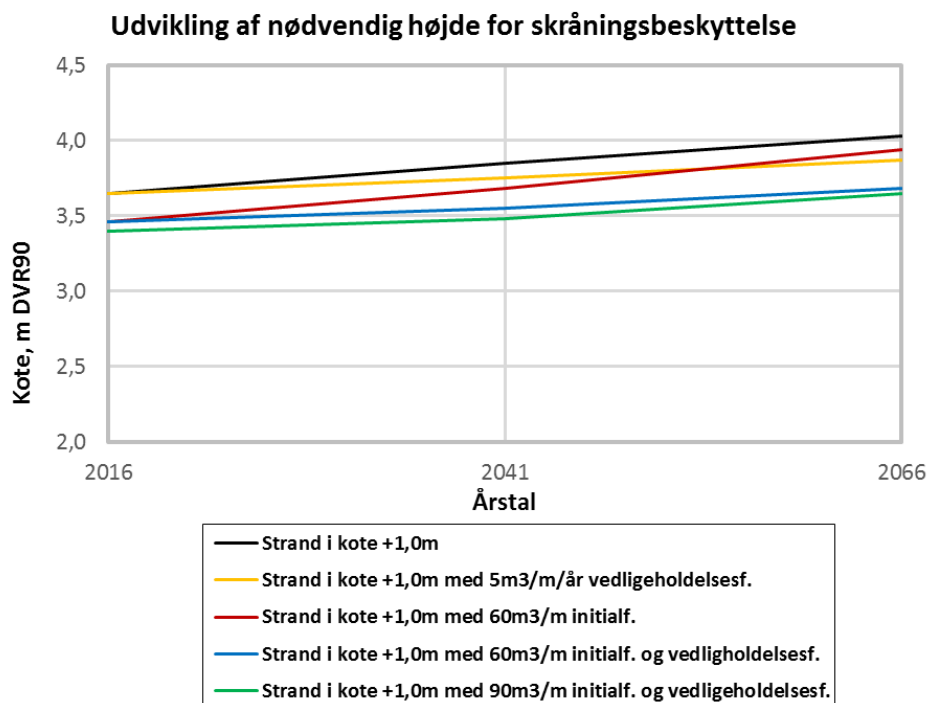
Figur 2-9 viser, at en typisk skræntfodsbeskyttelse i dag bør have dæksten på 1600 kg. Hvis der ikke strandfodres (den sorte kurve) vil kravet til stenstørrelse vokse til ca. 2200 kg om 50 år.

Ved gennemførelse af den anbefalede strategi med initialstrandfodring med 60m³/m og løbende vedligeholdelsesfodring på 5m³/m/år, vil kravet til stenstørrelsen falde til ca. 1400 kg for en typisk skråningsbeskyttelse om 50 år.

Figur 2-10 viser udviklingen i nødvendig højde af skråningsbeskyttelserne. I fremtiden vil skråningsbeskyttelserne skulle forhøjes som følge af havspejlsstigningen og omfanget af strandfodring.



Figur 2-9 Udvikling af nødvendig størrelse af dæksten for en typiske skråningsbeskyttelse i år 2016, 2041 og 2066 samt effekt af forventet havspejlsstigning og en storm som i gennemsnit forekommer en gang på 50 år som funktion omfanget af fremtidig strandfodring



Figur 2-10 Udvikling af nødvendig højde (kronokote) af en typisk skråningsbeskyttelse i år 2016, 2041 og 2066 samt effekt af forventet havspejlsstigning og en storm som i gennemsnit forekommer en gang på 50 år som funktion omfanget af fremtidig strandfodring

Beregningerne af den akutte erosion af kystprofilen vurderes at være konservative. Den reelle akutte erosion af stranden foran eksisterende skråningsbeskyttelse forventes at være mindre end beregnet primært som følge af, at der er en delral på strandene langs Nordkysten.

Beregningerne er dog gennemført parallelt for alle scenarier, hvilket giver en klar konklusion i forhold til at sammenligne de forskellige scenarier og til at belyse løsningen for forbedring af kystbeskyttelsen på Nordkysten.

Figurene viser klart, at hvis der ikke foretages strandfodring, vil forholdene gradvist blive væsentligt forværrede fremover. Når der strandfodres vil behovet for forstærkning af skråningsbeskyttelserne være betydeligt mindre.

Stormen Bodil medførte omfattende skader på eksisterende skråningsbeskyttelser som følge af, at højden af konstruktionerne generelt er for lav, foden ikke er tilstrækkelig stabil og dækstenene er for små. Stormen og beregningerne viser, at der er behov for at forstærke den eksisterende kystbeskyttelse både på kort og lang sigt.



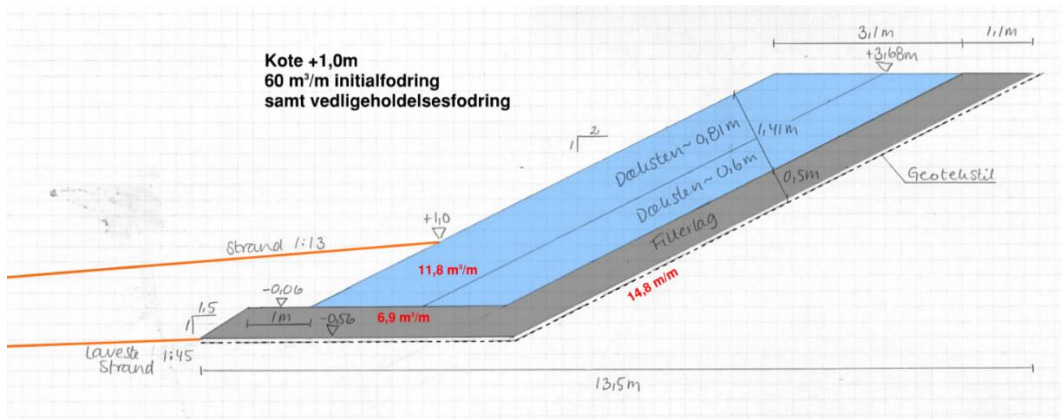
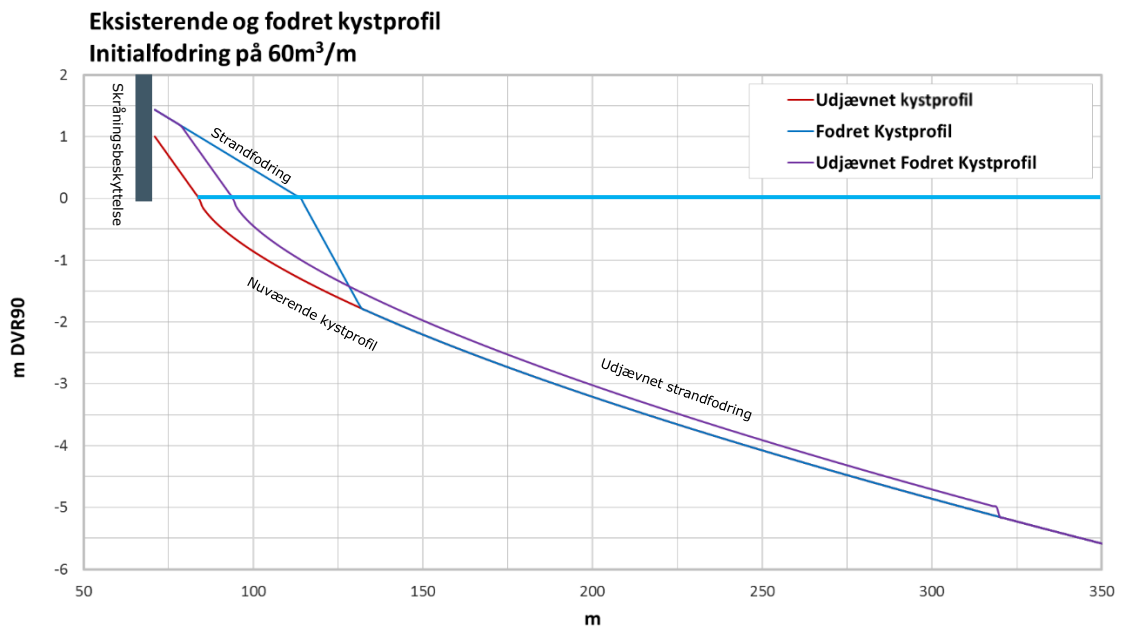
Figur 2-11 Skader på skråningsbeskyttelser i forbindelse med stormen Bodil 06.12.2013

KDI giver ikke tilladelse til, at eksisterende hård kystbeskyttelse opgraderes uden at der samtidig strandfodres. Der er en række tilfælde, hvor private grundejere har forstærket eksisterende anlæg uden at søge ny tilladelse og herunder udføre kompensationsstrandfodring. Sådanne anlæg er ulovlige.

Strandfodring med små mængder over korte strækninger vurderes ikke at være en løsning, som kan stabilisere Nordkysten og derved fremtidssikre kystbeskyttelsen.

Det foreslås at strandfodre langs cirka 28 km af Nordkysten med en blanding af sand, grus og ral. Det vurderes, at der som minimum skal foretages en initial-strandfodring på i størrelsesordenen 1.700.000 m³ svarende til 60 m³/m i mid-del. Langs kritiske strækninger, hvor den eksisterende strand er lav anbefales det, at strandfodre med i størrelsesorden 90 m³/m.

Figur 2-12 viser øverst det nuværende kystprofil med højden af stran-den/havbunden fra skråningsbeskyttelsen ud til 5,5m vanddybde. Det blå profil viser, hvorledes strandfodringen foretages umiddelbart foran skråningsbeskyt-telsen på stranden og på lavt vand. Efter bølgepåvirkning udjævnes strandfod-ringens over hele kystprofilet (lilla kurve) således, at højden af bunden hæves helt ud til 5,0m vanddybde svarende til den aktive zone. Den nederste figur vi-ser en typisk optimeret skræntfodsbeskyttelse som gælder på lang sigt, når den anbefalede strategi for strandfodring gennemføres.



Figur 2-12 Optimeret kystbeskyttelse med opgraderet skråningsbeskyttelse og initial strandfodring med 60 m³/m samt løbende vedligeholdelse

De eksisterende skråningsbeskyttelser bør opgraderes for at opnå den nødvendige skræntfodsbeskyttelse baseret på den fodringsmængde, der vælges og den deraf følgende højde af stranden.

Særligt udsatte strækninger kan med fordel beskyttes ved anlæggelse af nye og forbedrede konstruktioner på strandplanet i form af høfder, bølgebrydere, rev eller flak. Rev og flak vil ikke blokere den langsgående transport i samme omfang som bølgebrydere og høfder.

Typisk vil sådanne konstruktioner være anvendelige på strækninger nedstrøms for kystfremspring, hvor den langsgående transportkapacitet øges over en kort afstand og sand og ral derfor kan have svært ved at blive liggende i tilstrækkeligt omfang.

Det anbefales at rydde op i gamle uvirksomme konstruktioner på strandplanet før der strandfodres. Eksisterende stenmaterialer kan med fordel indbygges i eksisterende skråningsbeskyttelse for at sikre en optimal udnyttelse af materialerne.

2.5 Vedligeholdelsesfodring

Det udlagte sand, grus og ral vil gradvist vandre op langs kysten fra sydvest mod nordøst på den nordvestvendte strækning og fra vestnordvest imod østsydøst på den nordøstvendte strækning. Derved kommer sandet på sigt det meste af Nordkysten til gode. For at opretholde en beskyttende strand langs tæt bebyggede strækninger af Nordkysten, skal der efter den initiale strandfodring vedligeholdelsesfodres med mængder minimum svarende til den kroniske erosion samt for at modvirke den forventede havspejlsstigning.

Det er vurderet, at der samlet set skal vedligeholdelsesfodres med i størrelsesordenen 100.000 m³/år langs Nordkysten for at opretholde en beskyttende strand foran den eksisterende kystbeskyttelse for at stoppe den kroniske erosion. Derudover forventes kystprofilen at erodere tilbage som følge af den forventede fremtidige havspejlsstigning. Det vurderes, at der yderligere skal fodres med ca. 15.000 m³/år for at modvirke stigningen i havvandspejlet fremover langs de foreslåede fodringsstrækninger.

Det vurderes, at der samlet skal vedligeholdelsesstrandfodres med i størrelsesordenen 115.000 m³/år for at opretholde beskyttelsesniveauet svarende til ca. 4 m³/m/år.

I forbindelse med de første vedligeholdelsesfodringer kan det overvejes, at forstærke sand- og ralbufferen langs kysten på udsatte strækninger for at komme op i nærheden af en buffer svarende til 90 m³/m initialfodring afhængigt af de lokale forhold. Jo større sand- og ralbuffer der opbygges over årene desto mindre vil det være nødvendigt at opgradere og vedligeholde eksisterende skråningsbeskyttelser.

For at optimere vedligeholdelsesindsatsen anbefales det at udføre større vedligeholdelsesfodringerne med 2 til 3 års mellemrum. Herved fodres med større mængder, hvilket reducerer enhedsprisen som følge af færre mobiliseringer af sandsuger og rørledning mm.

Vedligeholdelsesfodringerne skal planlægges efter monitoring af situationen, og vil derfor ikke nødvendigvis blive foretaget på nøjagtig samme del-strækninger som initialfodringerne. På grund af den østgående sedimenttransport må man forvente, at vedligeholdelsesfodringerne primært skal foretages nær vest-enden af de 7 del-strækninger.

I fremtiden bør det sand, der oprenses i sejlrenden og i indsejlingerne ved Gilleleje Havn og Hornbæk Havn benyttes som strandfodring øst for havnene. Dette vil hjælpe med til at opretholde balance i sedimentbudgettet på Nordkysten og dermed styrke strandene som beskyttelse mod kronisk og akut erosion. Herudover kan det overvejes at foretage større initialoprensninger ved Gilleleje og ved Hornbæk, dels med henblik på at afhjælpe stigende tilsandings- og aflejningsproblemer ved havnene og dels for at skaffe sand til de planlagte initialfodringer.

2.6 Demonstrationsprojekt i Gribskov Kommune

Kysten mellem Tisvildeleje og Vincentstien foreslås som demonstrationsstrandfodringsstrækning. Strækningen ligger i Gribskov Kommune og er præget af utilstrækkelig kystbeskyttelse og et stort erosionspres som følge af underskud af sand og ral. Den udvalgte strækning fra Tisvildeleje Bølgebryderen til Vincentstien er 5.600m lang.



Figur 2-13 Pilotfodringsstrækningen mellem Tisvildeleje og Vincentstien

Strækningen er præget af mange små konstruktioner på strandplanet. De eksisterende kystbeskyttelseskonstruktioner er generelt utilstrækkelige både med hensyn til konstruktionernes dimensioner og deres virkemåde. Det har betydet, at stranden er smal og helt er forsvundet på flere strækninger. Desuden er der flere steder alvorlige problemer med skrænterosion, hvilket kan true bebyggelsen langs toppen af de meget høje skrænter.

Demonstrationsprojektet foreslås bygget på samme principper som anvendt på Nordfyn med stor succes. Disse principper omfatter som første prioritet storstilet strandfodring og efterfølgende monitoring. Herefter planlægges vedligeholdelsesfodringerne efter behov. På udsatte lokaliteter, hvor sand og ral i praksis viser sig at have svært ved at blive liggende i tilstrækkelig omfang kan det være nødvendigt at anlægge enkelte hårde kystbeskyttelseskonstruktioner på stranden. Dertil kommer opgradering af skræntfodsbeskyttelserne ud fra det lokale behov.

For at få en langsigtet virkning af strandfordringen, anbefales det som pilotprojekt at strandfodre på den 5.600 m lange strækning mellem Tisvildeleje Bølgebryderen og Vincentstien.

Det anbefales at udføre en initialstrandfodring svarende til $60 \text{ m}^3/\text{m}$ eller 335.000 m^3 med en blanding af sand, grus og ral.

Derudover foreslås det at vedligeholdelsesstrandfodre med $5 \text{ m}^3/\text{m}/\text{år}$ svarende til $28.000 \text{ m}^3/\text{år}$ eller $84.000 \text{ m}^3/3\text{år}$.

Skråningsbeskyttelserne bør opgraderes til optimal standard til at kunne modstå en storm som i gennemsnit forekommer en gang på 50 års storm og med en levetid på 50 år (2066).

Oprydning af gamle konstruktioner på stranden bør indbygges i forstærkede skråningsbeskyttelser. Gamle konstruktioner bør samles til enkelte større konstruktioner på strandplanet.

2.7 Sandressourcer

Der er to kategorier af indvindingsområder, som er interessante i forbindelse med kystfodring:

- > Fællesområder, hvor danske sandsugere har indvindingsret
- > Bygherreområder, hvor bygherrer kan ansøge om retten til indvinding uanset sandsugerfirmaets nationalitet

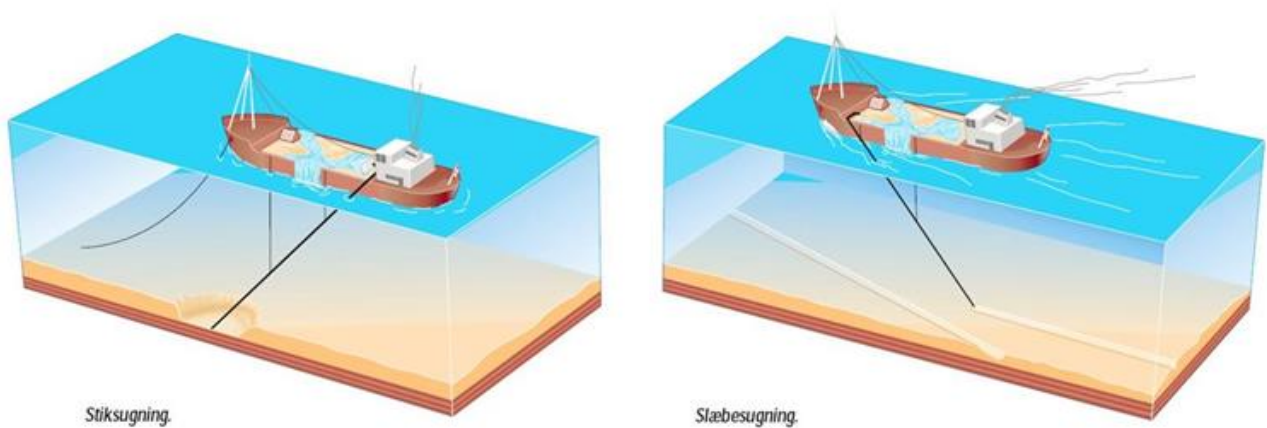
I Fællesområderne kan der årligt indvindes maksimalt ca. 850.000 m^3 til kystfodring og i de reservede bygherreområder er der estimerede ressourcer af mellemkornet sand på 185 millioner m^3 og 72 mio. m^3 ral. Det skal under detaljprojekteringen vurderes om projektet skal ansøge om eget bygherreområde.

Hvis dette bliver tilfældet, skal bygherren først opnå tilladelse til efterforskning og miljøvurdering af det ønskede interesseområde. Når disse undersøgelser er gennemført og godkendt af SVANA kan der opnås indvindingstilladelse i en år-række.

2.8 Metode til kystfodring

Indvindingen af sand foretages typisk som stiksugning eller slæbesugning.

Sandet indpumpes på standen ved hjælp af flydende pumpeledning, hvorfra det kan pumpes ud til siderne ved hjælp af rørledninger på stranden. Hvis det er nødvendigt kan sandet yderligere fordeles ved hjælp af entreprenørmateriel.



Figur 2-14 Sandindvinding



Figur 2-15 Indpumpning og fordeling af sand på stranden

2.9 Miljøvurdering

Der er foretaget en overordnet miljøvurdering for den foreslåede strandfodring. Vurderingerne er under forudsætning af, at anbefalingen til fodringstidspunktet overholdes.

Det konkluderes, at der kun forekommer mindre til ubetydelig påvirkning på de forskellige naturtyper.

Påvirkningerne ved strandfodring vurderes at være mindre end påvirkningerne i forbindelse med en almindelig storm.

Under storm flyttes der meget rundt på bundsedimentet helt ud til den aktive dybde afhængigt af den aktuelle storm og vandstand. Sedimentflytningen sker på hele kysten næsten samtidigt under en storm og udgør en langt større miljøpåvirkning end hvad der er tale om i forbindelse med en strandfodring, også taget i betragtning af, at strandfodring sker på begrænsede del-strækninger.

De årstidsbestemte profilændringer ved naturlige sandomlejringer i henholdsvis sommer- og vinterprofil indenfor den aktive zone har en større påvirkning på den marine natur end ved strandfodring og de marine naturtyper indstiller sig efter de ændrede forhold.

Anbefalingerne til strandfodringstidspunkt er baseret på de perioder på året, hvor de forskellige biologiske parametre påvirkes mindst.

Anbefalingen er, at der bør fodres i perioden; sent efterår og vinter, svarende til november til februar.

Kysten huser et meget stort antal arter, som er af betydning som føde for bl.a. fisk. For dem alle gælder det generelt, at de om vinteren er trukket ud på dybere vand, hvor de ikke udsættes for samme kraftige påvirkning af bølger. Forklaringen er, at dyrene om vinteren er mere eller mindre kuldelamme og ikke vil være i stand til at overleve i et dynamisk ustabil miljø. Dette er den biologiske begrundelse for at fodre om vinteren og derved minimere den skadelige virkning af strandfodring på kystfaunaen.

Samlet set vurderes påvirkningen på bundfauna som følge af strandfodring på de planlagte strækninger at være af mindre grad, hvis der fodres om vinteren og så langt oppe på stranden som muligt (strandfodring).

2.10 Anlægsbudget

På baggrund af det udarbejdede kysttekniske skitseprojekt er der udarbejdet et overslagsmæssigt budget for hele projektet. Dette budget skal kvalificeres yderligere under detailprojektfasen. Budgettet er angivet i 2016 prisniveau og eksklusiv moms.

Totalbudget for den foreslåede helhedsplan for kystbeskyttelsen langs Nordkysten omfatter:

> **Entreprisebudget for strandfodring:**

Denne store post i budgettet er vurderet ud fra den estimerede samlede mængde sand og ral til strandfodring på 1,7 mill. m³ og under antagelse af en enhedspris på 60 kr./m³ alt inklusiv. Denne pris forudsætter, at de enkelte projektfaser omfatter store fodringsmængder.

Det samme gælder vedligeholdelsesstrandfodringer, som bør foretages hvert 2. eller 3. år for at sikre, at der er tale om relativt store mængder per anstilling.

> **Entreprisebudget for forbedring af skråningsbeskyttelser:**

Det ligger udenfor dette skitseprojekts rammer at foretage en samlet detaljeret registrering og opgørelse over de eksisterende skråningsbeskyttelser på den ca. 60 km lange kyststrækning. Et sådant projekt er meget omfattende og vurderes ikke som nødvendigt på nuværende stadi af projektet; og er ikke nødvendigt for iværksættelse af strandfodringskomponenten af projektet. Der er udregnet en typisk enhedspris per meter forstærket skræntfodssikring på ca. 6000 kr./m. Det er overslagsmæssigt vurderet, at den samlede indsats for opgradering og eventuelt i visse tilfælde ny-anlæg af skræntfodssikringer svarer til ca. 10 km forstærkede konstruktioner, og derfor er totalbudgettet på 60 mill. kr.

En vurdering af fordelingen på de enkelte del-strækninger i de tre kommuner vil kræve, at der foretages et nærmere studie af den eksisterende situation. Dette kan være enten det ovennævnte detailstudie eller eventuelt en mere overslagsmæssig gennemgang.

> **Entreprisebudget for evt. faste konstruktioner til stabilisering af strandfodringen:**

På særligt udsatte lokaliteter langs kysten kan der være behov for hårde kystbeskyttelseskonstruktioner til at stabilisere stranden. Erfaringen fra projektet for 13 km kystbeskyttelse på Nordfyn viser, at man i praksis kan vente med at fastlægge, hvor disse lokaliteter er til et par år efter, at man har foretaget initial-strandfodringen. Man må regne med, at disse konstruktioner i nogle tilfælde vil skulle anlægges med 100% nye materialer, mens man i andre tilfælde kan forestille sig, at diverse materialer fra eksisterende mindre konstruktioner genbruges.

> **Omkostninger:**

- kommunernes egne projektudviklingsomkostninger, administration og procesomkostninger (ikke medregnet)
- forundersøgelser og herunder totalpejling af projektstrækningen

- evt. udgifter til studie af status af skræntfodssikringer
- evt. udgifter til VVM for indvinding af sand fra bygherreområder
- Rådgiverhonorar til detailprojekt(er), udbud og tilsyn

Et skøn på disse udgifter er 3 – 4 % af anlægsomkostningerne inklusiv nødvendige forundersøgelser og pejlinger.

> **Budgettillæg:**

Der er ikke regnet med budgettillæg, da der er mulighed for en vis variation i fodringsmængden, så det vil være muligt at operere med et rimeligt fast budget. Bygherren må vurdere denne post til eventuelle uforudsete udgifter.

Det samlede anlægsoverslag er baseret på 2016 priser og er opgjort eksklusiv moms.

Nordkystens Fremtid							
Kystteknisk Skitseprojekt							
Nr.	Strandfodringsstrækning	Længde (m)	Fodring (m ³ /m)	Samlet fodring (m ³)	Enhedspris (kr/m ³)	Samlet budgetpris (mill. kr)	Tid/forløb
Initial Strandfodring							
1	Kikhavn-Liseleje	7500	60	450000	60	27	
2	Tilsvilde-Vincentstien	5600	60	336000	60	20	
3	Rågeleje-Trillingerne	2000	60	120000	60	7	
4	Havstokken-Feriebyen	3600	60	216000	60	13	
5	Gilleleje-Nakkehoved	2000	60	120000	60	7	
6	Munkerup	2700	60	162000	60	10	
7	Ålsgårde	4700	60	282000	60	17	
Sum		28100	60	1686000	60	101	En gang
Rådgivere - Initialstrandfodring						4	En gang
Vedligeholdelsesfodring							
	Strækning ialt: 28,1 km (varierer, i middel 4m ³ /m/år)	28100	4	112400	60	7	Per år løbende
Rådgivere - Vedligeholdelsesfodring						0.3	Per år løbende
Skræntfodssikring							
	Reparation af Skræntfodssikring i alt 10 km med 6000 kr/m	10000			6000	60	I alt over næste ca. 20 år
Bølgebrydere							
	10 bølgebrydere; 10 stk af 1 mill kr					10	I alt over næste ca. 20 år

Skråningsbeskyttelserne er som udgangspunkt private anlæg og kan derfor med fordel vedligeholdes og udbygges i privat regi efter grundejernes ønsker.

Strandfodring er et tiltag, som strækker sig over lange strækninger og sand, grus og ral vandrer langs kysten. Strandfodring bør derfor foretages over længere strækninger i fælles regi.

3 Referencer

CIRIA/CUR (2007)

The Rock Manual - The use of rock in hydraulic engineering

.

COWI (2009)

Sandfodring på Nordkysten - Skitseprojekt, for Gribskov Kommune

.

COWI (2012)

Optimering af kystbeskyttelse ved Hyllingebjerg og Liseleje - Helhedsplan og opmåling, for Hyllingeberg-Liseleje Kystbeskyttelseslaug

.

COWI (2015)

Sandfanger vest for Gilleleje Havn - Konceptstudie, for Gribskov kommune

.

Danmarks Fiskeriundersøgelser (2007)

Kystfodring og kystøkologi, Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring, DFU-rapport 171-07

.

Danmarks Klimacenter (2014)

Fremtidige klimaforandringer i Danmark. Rapport nr. 6 2014

.

Dean, R. (2003)

Beach Nourishment: Theory and Practice

.

DHI (2012)

Bølgeklima for 40 lokaliteter i danske farvande med vurdering af klimaeffekter for udvalgte lokaliteter, for Kystdirektoratet

.

DHI (2013)

Erosionsatlas - Metodeudvikling og Pilotprojekt for Sjællands Nordkyst, for Kystdirektoratet

.

DHI and Hasløv & Kjærsgaard (2013)

Genanvendelse af Havnesand fra Gilleleje og Hornbæk havne

.

DHI and Hasløv & Kjærsgaard (2015)

Kystdynamik og Kystbeskyttelse, for Kystdirektoratet

.

DOF-databasen (2016)

<http://dofbasen.dk/IBA/lokalitet.php?lokid=126>

.

Essink (1999)

Ecological effects of dumping of dredged sediments; options for management

.

Fællesudvalget for kystpleje og kystsikring af Nordkysten (1984)

Nordkysten - Basisrapport

.

Fællesudvalget for kystpleje og kystsikring, p. N. (1978)

Nordkysten - Kystpleje og kystsikring: Basisrapport - Tegninger

.

Fiskeøkologisk Laboratorium (2000)

Fiskeundersøgelser i Fjorde og kystnære, marine områder. Udredning

.

Geodatastyrelsen (2016)

<http://www.danskehavnelods.dk/>

.

Goda, Y. (1985)

Random Seas and Design of Maritime Structures

.

Hasløv & Kjærsgaard (2015)

Nordkystens Fremtid - Skitseprojekt

.

Hebsgaard, M., Sloth, P. and Juhl, J. (1998)

Wave Overtopping of Rubble Mound Breakwater, Proc. of the International Conference on Coastal Engineering (ICCE '98)

.

Helledie, C. (2011)

Beach Nourishment at the Inner Danish Waters, Coastal Management 2011, ICE

.

Horten Advokatpartnerselskab (2016)

Kystsikring på Nordkysten - Bidragsfordeling og risikovurdering

.

Hygum, B. (1993)

Miljøpåvirkninger ved ral- og sandsugning. Et litteraturstudie om de biologiske effekter af råstofindvinding i havet

.

Jensen, O. J. (1984)

A Monograph on Rubble Mound Breakwaters, DHI

.

Kabuth, A.K., Kroon, A., Pedersen, J.T. (2014)

Multidecadal shoreline changes in Denmark; Journal of Coastal Research

.

Knudsen, P., Abbas Khan, S., Engsager, K. S. and Sorensen, C. (2016)

An uplift model for Denmark - and work ahead

.

Komar, P. D. (1998)

Beach processes and sedimentation, Prentice Hall

.

Kystdirektoratet (2011)

Kystbeskyttelsesstrategi - En strategisk indsats for smukkere kyster

.

Kystdirektoratet (2013)

Højvandsstatistikker 2012

.

Kystdirektoratet (2016)

Kystdirektoratets administrationspraksis ved tildækket skråningsbeskyttelse

.

Mangor, K., DHI Water & Environment (2004)

Shoreline Management Guidelines

.

Miljø- og Fødevareministeriet (2016)

Natura 2000-plan 2016-2021, Havet og kysten mellem Hundested og Rørvig, Natura 2000-område nr. 153, Høbitatområde H134, Fuglebeskyttelsesområde F102

.

Miljøministeriet, Naturstyrelsen, Orbicon & GEUS (2012)

Marin kortlægning, Kortlægning af sandbanker og rev i 30 kystnære, marine Natura 2000-områder

.

Miljøministeriet, Naturstyrelsen (2013)

Natura 2000-basisanalyse 2016-2021, Havet og kysten mellem hundested og Rørvig, Natura 2000-område nr. 153, Habitatområde H134, Fuglebeskyttelsesområde F102

.

Miljøministeriet (2005)

*Forvaltningsplan for spættet sæl (*Phoca vitulina*) og gråsæl (*Halichoerus grypus*) i Danmark*

.

Miljøministeriet (2011)

Natura 2000-plan 2010-2015. Hesselø med omliggende stenrev. Natura 2000-område nr. 128. Habitatområde H112

.

Mills & Fonseca (2003)

*Mortality and productivity of eelgrass *Zostera marina* under conditions of experimental burial with two sediment types*

.

Naturstyrelsen (2011)

Resume af Natura 2000 plan 2010-2015. Hesselø med omkringliggende stenrev. Natura 2000-område nr. 128, Habitatområde 112

.

Naturstyrelsen (2013)

Oversigt over Habitatområdernes udpegningsgrundlag 31/12 2012

.

Naturstyrelsen (2013)

Oversigt over Habitatområdernes udpegningsgrundlag 31/12 2012

.

Naturstyrelsen (2014)

Sælunger på nordkysten

.

Naturstyrelsen (2016)

<http://naturstyrelsen.dk>

.

Nicolaisen, W. and Kanneworf, E. (1969)

*On the burrowing and feeding habits of the amphipods *Bathyporeia pilosa* lindström and *Bathyporeia sarsi* watkin*

.

Nicolaisen, W. and Kanneworf, E. (1983)

*Annual variations in vertical distribution and density of *Bathyporeia sarsi* watkin at Julebæk (North Sealand, Denmark), *Ophelia* nr. 22*

.

NIRAS (2016)

Højvandsstatistik for Isefjord og Roskilde Fjord

.

Olesen et al (2011)

*Øresunds unikke dyreliv er truet, *Aktuel Naturvidenskab* 2*

.

Pihl og Christensen (2014)

Pihl S, Christensen TK. Oversigt over danske fugles yngle- og forårstræktider, Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi

.

Sand Jensen (red) (2006)

Naturen i Danmark, Havet, Gyldendahl

.

Silvester, R. (1999)

Coastal stabilisation, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.

Støttrup et al. (2007)

Kystfodring og kystøkologi, Evaluering af revlefodring ud for Fjaltring. Danmarks Fiskeriundersøgelser, DFU-rapport 171-07

.

Teilmann et al (2008)

High density areas for harbour porpoises in Danish waters. National Environmental Research Institute, University of Aarhus, NERI Technical Report No. 657

.

Vejdirektoratet (2010)

Ny fjordforbindelse ved Frederikssund, VVM-redegørelse. Miljøvurdering del 3. Rapport 353_Miljø_del 3

.

Warner et al. (2012)

Fiskebestandenes struktur, Fagligt baggrundsnotat til den danske implementering af EU's havstrategidirektiv

.

Worsøe et al (2003)

Gydning og gydeområder

.