



NOVEMBER 2018
SPODSBJERG KYSTBESKYTTESLAUG

OPDATERET STRATEGIPLAN FOR KYSTBESKYTTELSE PÅ STRÆKNINGEN ML. HUNDESTED-KIKHAVN

TEKNISK RAPPORT TIL ANSØGNING



NOVEMBER 2018
SPODSBJERG KYSTBESKYTTELSESLAUG

OPDATERET STRATEGI FOR KYSTBESKYTTELSE PÅ STRÆKNINGEN ML. HUNDESTED-KIKHAVN

TEKNISK RAPPORT TIL ANSØGNING

PROJEKTNR.

A118616

DOKUMENTNR.

01

VERSION

1.0

UDGIVELSESDATO

23.11.2018

BESKRIVELSE

Teknisk Rapport

UDARBEJDET

ASHN/OJJ

KONTROLLERET

OJJ

GODKENDT

ASHN

INDHOLD

1	Introduktion	7
2	Beskrivelse af projektstrækningen	8
2.1	Inspektion af kystbeskyttelses anlæg d. 21. september 2018	10
2.2	Terræntværsnit langs projektstrækningen 2016	51
2.3	COWIs handlingsplan fra 1998	57
3	Hydrografiske forhold	59
3.1	Vandstand	60
3.2	Bølger	63
4	Opdateret plan for de næste 25 år	66
4.1	Kystbeskyttelsens tilstand i dag	66
4.2	25 års Handlingsplan	67
4.3	Ansøgning om myndighedsgodkendelser for planlagte arbejder og udbudsdokumenter	69
4.4	Krav til renovering af konstruktioner	70
4.5	Detaljeret oversigtsplan for kystbeskyttelsesløsning	73
5	Koordinering med projektet "Nordkystens fremtid"	75
6	Referencer	77

BILAG

Appendix A	Projektet fra 1998	78
Appendix B	Skråfoto fra kortforsyningen, marts 2017	102

1 Introduktion

Spodsbjerg Kystbeskyttelseslaug har indgået aftale med COWI A/S vedrørende udarbejdelse af en strategiplan for kystbeskyttelses anlægget på strækningen mellem Hundested Havn og Kikhavn for de næste 25 år.

Strækningen som hører under kystbeskyttelseslauget, strækker sig fra Hundested Havn til Linesvej, Kikhavn. Projektstrækningen hører under Halsnæs Kommune. Det tidligere projekt vedr. udarbejdelse af en strategiplan blev udført i 1998 af COWI for Frederiksborg Amt.

Projektstrækningen blev besigtiget d. 21. september 2018.

Lauget ønsker udarbejdet en strategiplan for kystbeskyttelsesstrækningen for de næste 25 år, der adresserer følgende forhold:

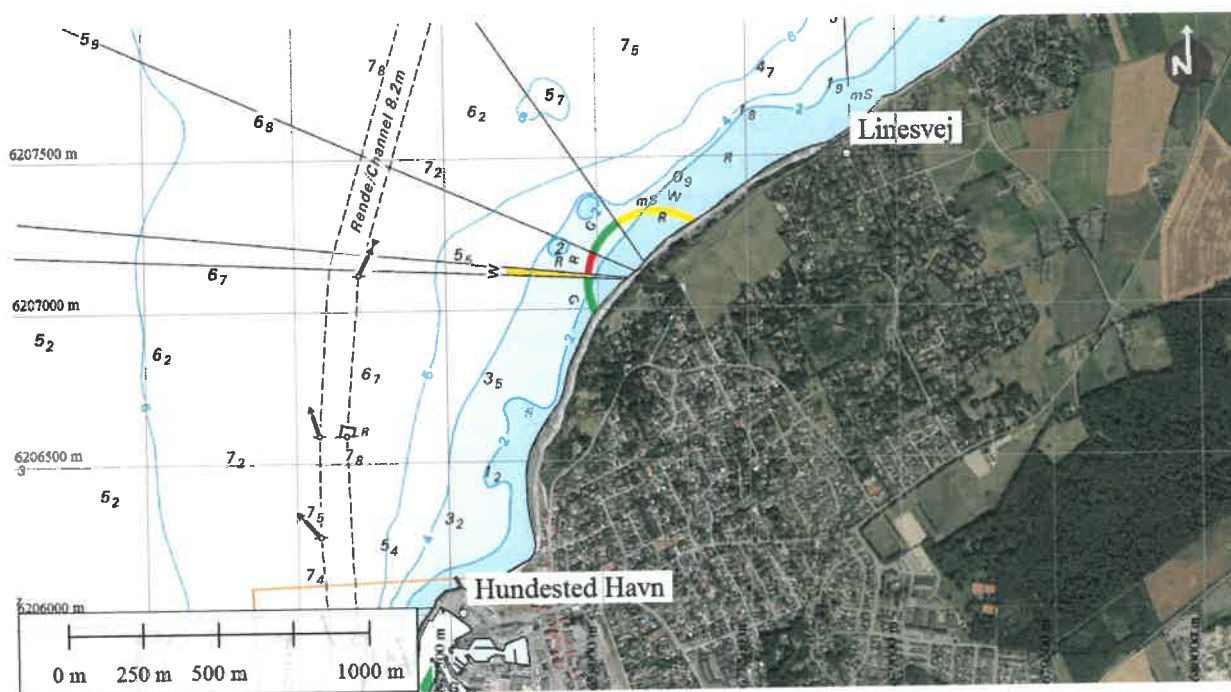
- > En vurdering af kystbeskyttelsens tilstand, herunder udsatte områder på strækningen og en vurdering af særlige indsatsområder.
- > Udfærdigelse af en løsningsmodel, der opdaterer kystbeskyttelseskonstruktionerne på strækningen således, at de kan beskytte kysten og skrænten de næste 25 år.

De samlede strategiplan præsenteres for Spodsbjerg Kystbeskyttelseslaug og der udfærdiges efterfølgende udbudsmateriale som basis for indbudt licitation.

2 Beskrivelse af projektstrækningen

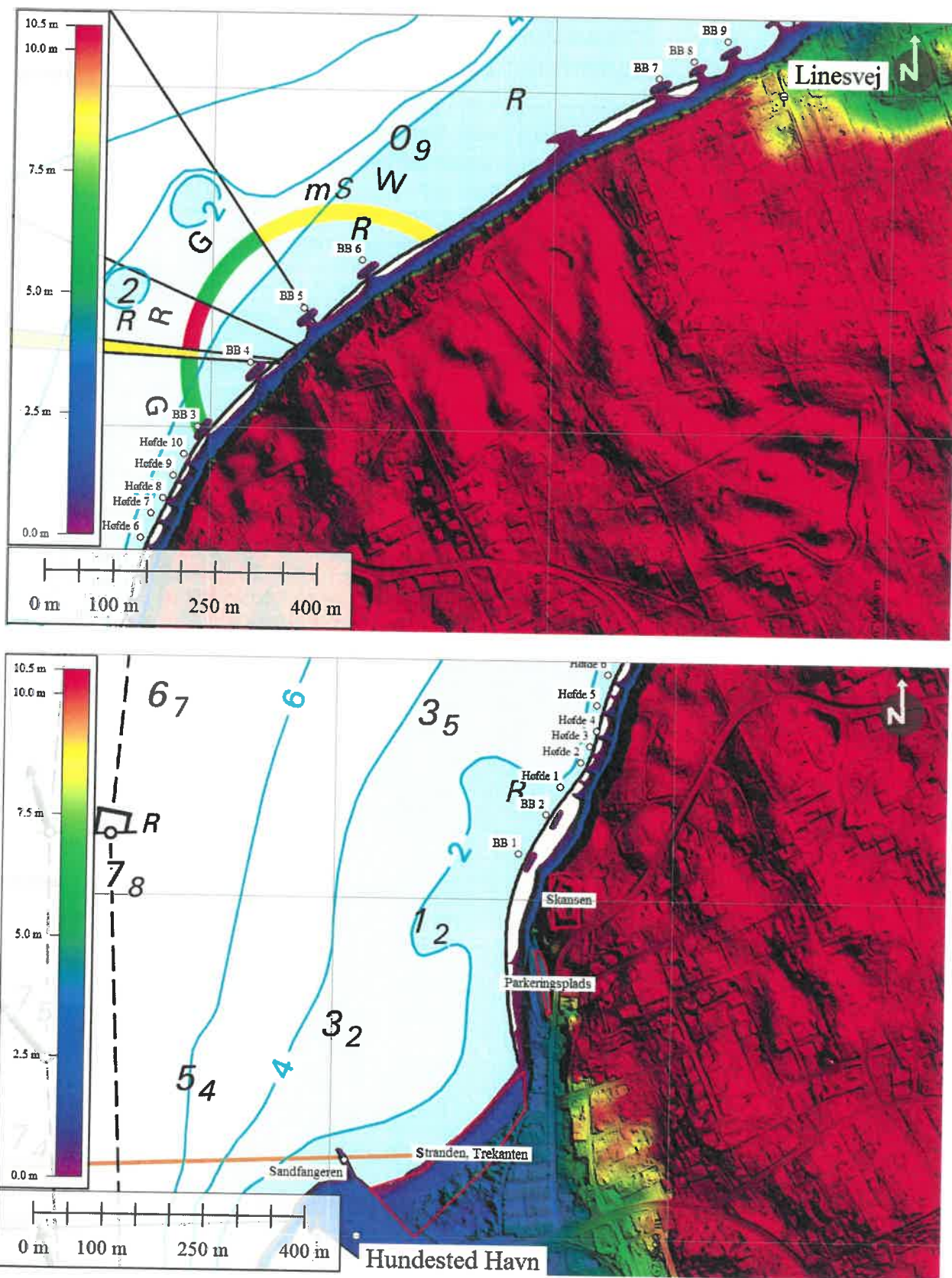
Dette kapitel præsenterer resultaterne af den foretagne inspektion af projektstrækningen d. 21 sept. 2018.

Denne inspektion blev foretaget sammen med Thomas Egebøl, formand for laug af Andreas Stengel Hansen og Ole Juul Jensen, begge COWI. Figur 2-1 viser et overblik over området og projektstrækningen, der strækker sig fra Hundested Havn til Linesvej, Kikhavn, en godt 2 km strækning.



Figur 2-1 Kort over projektstrækning fra Hundested Havn til Linesvej, Kikhavn. Kort vist i UTM 32 N. Udsnit af Søkort 117 er vist på kortet.

Figur 2-2 viser et overblik over terrænkoter i området. Der er langs det meste af strækningen tale om at der er en høj skrænt lige bag kystlinjen, som for det meste af strækningen har kystbeskyttelse i form af bølgebrydere, høfder, skræntfodsbeskyttelse og ralvolde.



Figur 2-2

Terrænkort over projektstrækning fra Hundested Havn til Linesvej, Kikhavn. Kort vist i UTM 32 N. Terrænkoter iht. DHM/Terræn 2015 (0,4 m grid), indhentet fra kort og matrikelstyrelsen.

2.1 Inspektion af kystbeskyttelses anlæg d. 21. september 2018

En oversigt over konstruktioner og stednavne kan ses på Figur 2-3. Der refereres til disse i de følgende afsnit. Generelt er konstruktionerne navngivet og hvis der er flere af samme type angives de med navn og nummerering startende fra SV og ender mod NØ, se figur.

Totalt på projektstrækningen betragtes konstruktionerne;

- > en sandfanger-høfde
- > 9 bølgebrydere (BB)
- > 10 høfder
- > et naturligt stenrev
- > ralvolde foran kystskrænten

Der er i det følgende præsenteret en vurdering af 1. og 2. prioritetsvedligeholdelsesarbejder, som kan/bør udføres indenfor en tidshorisont på ca. 8 år.



Figur 2-3 *Oversigtskort over konstruktioner og områder på projektstrækningen mellem Hundested Havn og Linesvej, Kikhavn.*

2.1.1 Sandfangeren til bebyggelsen ved Skansevej 15 til 19

Sandfangeren er beliggende vest for stranden, Trekanten. Denne blev ikke inspireret. Den er kendt fra COWIs nylige arbejde for Hundested Havn med renovering af molen i Hundested Havn. Sandfangeren er i relativt god stand og der forventes ikke at være behov for vedligehold/repairation i de næste 25 år, da konstruktionen blev udsat for stormen Bodil d. 6/12 2013 uden væsentlig beskadigelse.



Figur 2-4 Sandfangeren set henover den nye betonbølgeskærm i Hundested Havn (COWI projekt). I baggrunden ses projektstrækningen med bebyggelsen ved Skansevej og Skansen.

Stranden Trekanten vurderes som stabil og der er formentlig i dag en ligevægts-situation således at den sandmængde der løbende naturligt tilføres stranden er tilsvarende den mængde der mistes ved transport rundt om sandfangren og som føres videre mod syd til aflejring i havneindsejlingen. Dette fremgår også af et projekt, som COWI udførte omkring årtusindskiftet for Frederiksborg Amt.



Figur 2-5 Hundested Strand, Trekanten (foto fra Halsnæs Kommunes hjemmeside) med kysten ud mod Spodsbjerg bagved.

Bebyggelsen Skansevej 15 til 19 har grundene beliggende helt ud til kysten, som vist på foto, se Figur 2-6.



Figur 2-6 Ved Skansevej 19 set mod Hundested.

Skansevej 19 har en mur ud mod havet, mens de andre grunde ikke har det. Det rapporteres, at der ikke kom væsentlige mængder vand ind i haverne under stormen, Bodil. Det ses at der foran grundene er en blanding af ral (ca. 3 til 20 cm) og nogle større sten.

Da der ikke skete væsentligt oversvømmelse her, vurderes det som en 2. prioritet at vedligeholde/renovere kystbeskyttelsen her. En sådan renovation kan foretages ved, at fjerne de eksisterende store sten, og lægge dem i depot, mens

man retter op på rallaget, og tilføjer mere ral. Skråningen laves således, at man kan udlægge et lag store sten (ca. 40 til 50 cm sten i ca. 7 m bredde, og med tåen lidt nedgravet i rallen. Skråningen vil have en hældning på ca. 1:3 og have en længde på ca. 70 m for at dække alle matriklerne. Disse prioritet 2 arbejder kan være reserve til prioritet 1. arbejder, såfremt budgettet og indkomne entreprenøritilbud tillader dette.

Mængder:

Det vurderes at der er behov for i alt ca. 125 m³ ral og $0,45 \times 7 \times 70 = 220 \text{ m}^3$ dæksten.

2.1.2 Parkeringspladsen og strækningen foran Skansen

Foran parkeringspladsen er der en flad stenkastning ud mod havet bestående af ral og håndsten, ca. 3 cm til 30 cm, se Figur 2-7. Denne stenkastning virker rimelig stabil, men der ses erosion i den lave skrænt fra græsarealet ned til stenstranden.

Da området har været udsat for stormen, Bodil vurderes det som en 2. prioritet at der udføres vedligehold på stedet. Afstanden fra hjørnet af muren ved Skansevej til stenkastningen foran Skansen er ca. 100 m. Vedligehold på stedet kan udformes tilsvarende den foran Skansevej 15 til 19, dog med en større hældning af dæklaget, ca. 1:4.

Mængder:

Det vurderes at der er behov for ca. 1,5 m³/m af ral og alt 2 m³/m af dæksten. Med en længde på 100, fås således: 150 m³ ral og 200 m³ dæksten.



Figur 2-7 Ved parkeringspladsen set mod Hundested og Trekanten.



Figur 2-8 Stenkastningen op mod parkeringspladsen.



Figur 2-9 Stenkastningen foran Skansen.



Figur 2-10 Skansen.

Der blev i 1993 udført en stenkastning foran Skansen, som vist på foto i Figur 2-9. Denne ses også med foto i COWIs 1998 strateginotat. Det fremgår, at toppen af stenkastningen er lidt beskadiget og rallen lidt udjævnet.

Det vurderes som en 2. prioritet, at der foretages vedligehold af stenkastningen. Der kan udføres vedligehold ved genplacering af nogle af de flyttede sten, og ved at der udføres en kraftig "kantsten" af store sten 1 til 2 t, og at der her bagved udlægges mere ral, ca. 30 cm ekstra lagtykkelse i stiens fulde bredde på ca. 5 m, dvs. ca. 1,5 m³/m.

Mængder:

Længden af konstruktionen er ca. 125 m, og derved fås $125 \times 1,5 \text{ m}^3/\text{m} = 190 \text{ m}^3$ ral og behovet for store sten 1-2 t (ca. 80 cm størrelse) er ca. $0,65 \text{ m}^3/\text{m}$ eller i alt $125 \times 0,65 = 80 \text{ m}^3$ dæksten.

2.1.3 Bølgebryder nr. 1 og 2

Efter stenkastningen foran Skansen kommer to bølgebrydere hhv. nr. 1 og 2, som vist på Figur 2-11 og Figur 2-12.

Skrænten bag stranden er bevokset, som det kan ses på Figur 2-12. Bølgebryder nr. 1 kan ses at være beskadiget ved omlejring af en del sten, men konstruktionen opfylder stadig sit formål at være et "rev" der bryder bølgerne og dermed holder på ralstranden bagved, samt derved stabiliserer kysten.

Som 2. prioritet bør bølgebryderen genoprettes/renoveres, og der bør tilføres mere ral ca. 25 m³ mellem bølgebryderne, og som 2. eller 3. prioritet kan forsidens af ralvolden sikres med et lag dæksten, ca. 0,3 til 1,0 m (lagtykkelse ca. 0,6 m). Hertil medgår endvidere estimeret 15 m³ ral. Strækningen er i alt ca. 130 m hen til hofde nr. 1.

Mængder:

Ralfodring: 25 m³

Ral bag nye dæksten: 15 m³

Dæksten på 130 m, ca. 4 m bredde, dvs. i alt 2,4 m³/m eller i alt 300 m³.



Figur 2-11 Bølgebryder nr. 1 med en del omlægning af dæksten.



Figur 2-12 Bølgebryder nr. 2.



Figur 2-13 Nærbillede af ral tæt ved start af hofde felt. Længde af tommestok 40 cm.

2.1.4 Bølgebryder nr. 2 til hofde nr. 1

Der forstærkes og renoveres med mere ral på denne strækning for at få bedre køre/adgangsvej.

Ral ca. 1 m³/m alt 45 m³ (1. prioritet).

Som 2. prioritet forstærkes med beskyttelse af store sten foran rallen.

Længde 45 m

Mængder: ralfodring på ca. 45 m³, og stenbeskyttelse senere med ca. 120 m³ sten og 45 m³ ral.

2.1.5 Hofde nr. 1 til 2

Hofde nr. 1 rettes op med eksisterende sten. Skrænten mellem hofde nr. 1 og 2 er OK med fin bevoksning. Mellem de to hofder rettes ral op med 1 m³/m.

Længde mellem hofder 40 m.

Mængder: ralfodring på ca. 40 m³.



Figur 2-14 Høfde nr. 1.



Figur 2-15 Mellem høfde nr. 1 og 2.

2.1.6 Høfde nr. 2 til 4

Lille nedbrudt høfde nr. 3 kan fjernes og sten genbruges. Høfde nr. 2 og 4 er i god stand.

Ral tilføres og beskyttes med dæksten (2. prioritet da skrænten bagved er pænt bevokset). Længde mellem høfderne er 50 m, men dæksten på forside af ral tilføres over ca. 30 m. Mod øst tilføres lidt ral bag eksisterende kantsten.

Mængder: Ral i alt ca. 20 m³ og dæksten ca. 100 m³.



Figur 2-16 Mellem hofde nr. 2 og 4.



Figur 2-17 Mellem hofde nr. 2 og 4.

2.1.7 Høfde nr. 4 til 5

Situationen vurderes som næsten acceptabel med ralmængde og stensætning/dæklag foran ral.

Lidt ral-trimning/reovering behøves (1st prioritet). Længde mellem høfder 35 m.

Mængder: 0,3 m³/m af ral, dvs. i alt 10 m³.



Figur 2-18 Fra høfde nr. 4 mod øst.



Figur 2-19 Mellem høfde nr. 4 og 5 mod vest.

2.1.8 Høfde nr. 5 til 6

1st prioritets strækning renoveres. Der bør her udføres en kant af dæksten og fyldes ral bagved, ca. 1 m³/m.

Gammel nedbrudt høfde fjernes hvis entreprenør kan komme til med sit grej. Længde mellem hølfer 45 m.

Mængder: dæksten ca. 3 m³/m, alt ca. 130 m³ plus 45 m³ ral.



Figur 2-20 Høfde nr. 5.



Figur 2-21 Høfde nr. 6.



Figur 2-22 Høfde nr. 6.



Figur 2-23 Skrænten ud for høfde nr. 6.

2.1.9 Høfde nr. 6 til 7

Meget god tilstand, dog tilføres 1 m³/m af ral. Skrænten er fint bevokset, og sten/dæksten foran ral er i god stand. Længde mellem høfder 40 m.

Mængder: Ral 40 m³



Figur 2-24 Ud for hofde nr. 6.



Figur 2-25 Mellem hofde nr. 6 og 7.



Figur 2-26 Mellem hølfe nr. 6 og 7.

2.1.10 Hølfe nr. 7 til 8

Meget fin tilstand af beskyttelse og skræntbevoksning.

For bedre entreprenørpassage mm. udlægges lidt ral, 0,5 m³/m. Længde mellem hølfer 30 m.

Mængder: Ral ialt 15 m³.



Figur 2-27 Hølfe nr. 7.



Figur 2-28 *Skrænt ud for hofde nr. 7.*



Figur 2-29 *Mellem hofde nr. 7 og 8.*



Figur 2-30 Høfde nr. 8.

2.1.11 Høfde nr. 8 til 9

Ok tilstand af beskyttelse og skræntbevoksning, men der bør forstærkes/renoveres med større sten på forsiden af ralvej, ca. 1 m³/m.

For bedre entreprenørpassage mm. udlægges ral, ca. 1 m³/m. Længde mellem høfder 35 m.

Mængder: Ral i alt 35 m³, store sten i alt 35 m³



Figur 2-31 Mellem høfde nr. 8 og 9.

2.1.12 Høfde nr. 9 til 10

Kanten af store sten rettes op, med ca. 0,5 m³/m af ral og tilsvarende mængde af store sten. Længde mellem høfder 30 m.

Mængder: 12 m³ ral og 12 m³ store sten



Figur 2-32 Mellem høfde nr. 9 og 10.



Figur 2-33 Mellem høfde nr. 9 og 10.



Figur 2-34 Høfde nr. 10.

2.1.13 Høfde nr. 10 til bølgebryder nr. 3

Ved Høfde 10 slutter strækningen med sommerhusmatrikler oppe bag skrænten. Bag strækningen mod NØ er der et offentligt areal med Knud Rasmussen Museet. Kysten er her på denne strækning beskyttet med fire store bølgebrydere. Ca. 25 m stenbeskyttelse udføres fra høfden mod NØ, og der udlægges ral, ca. 1,5 m³/m. Længde af strækning 52 m.

Mængder:

Ral: 52 m med 1,5 m³/m , i alt 80 m³. (1st. prioritet)

Sten: 25 m af 2 m³/m sten, i alt 50 m³ sten. (1st. prioritet).



Figur 2-35 Mellem høfde nr. 10 og bølgebryder nr. 3.



Figur 2-36 Skrænten ud for høfde nr. 10.



Figur 2-37 Skrånt ud for bølgebryder nr. 3.

2.1.14 Bølgebryder nr. 3 til 4

Bølgebryder nr. 3 rettes op med eksisterende sten (2d prioritet). Mellem de to bølgebrydere tilføres mere ral (2d. prioritet stabilitetsmæssigt), ca. 2 m³/m over ca. 30 m, dvs. i alt 60 m³. Der er fin skråntbevoksning. Men det er formentligt nødvendigt at tilføre 60 m³ ral i alt til entreprenørs adgangsvej. Længde mellem bølgebrydere 115 m. Ral bag Bølgebryder 3 kan flyttes og genbruges, i alt ca. 20 m³.

Mængder: 60-20= 40 m³ ral tilføres.



Figur 2-38 *Bølgebryder nr. 3.*



Figur 2-39 *Skrænt ud for bølgebryder nr. 3.*



Figur 2-40 Mellem bølgebryder nr. 3 og 4.



Figur 2-41 Skrænten mellem bølgebryder nr. 3 og 4.

2.1.15 Bølgebryder nr. 4 til 5

Bølgebryder nr. 4 rettes op med eksisterende sten (2d prioritet). Mellem de to bølgebrydere fjernes flere store sten og bruges andetsteds.

Længde mellem bølgebryderne 105 m. Over ca. 50 m rettes rallen op til bedre kørevej. Der tilføres ca. 3 m³/m, i alt 150 m³. God bevoksning på skrænten.

Mængder: *Ral*: 150 m³.



Figur 2-42 Mellem bølgebryder nr. 4 og 5.



Figur 2-43 Bølgebryder nr. 5.



Figur 2-44 Skrånt ud for bølgebryder nr. 5.

2.1.16 Bølgebryder nr. 5 til 6

Bølgebryder nr. 5 i god stand. Spodsbjerg Fyr er beliggende oppe på skrænten bag bølgebryderen. Mellem Bølgebryder nr. 5 og 6 er god skræntbevoksning. Nogle store sten kan genbruges andetsteds. Der udlægges ca. 3 m³/m af ral over ca. 40 m, i alt 120 m³. Bølgebryder 6 rettes lidt op (2.prioritet).

Mængder:

Ral: 120 m³



Figur 2-45 Ud for bølgebryder nr. 5.



Figur 2-46 Mellem bølgebryder nr. 5 og 6.



Figur 2-47 Skrænt ud for bølgebryder nr. 6.



Figur 2-48 *Skrænt ud for bølgebryder nr. 6.*



Figur 2-49 *Bølgebryder nr. 6.*

2.1.17 Bølgebryder nr. 6 til naturligt stenrev

Bag denne skrænt ligger det åbne offentlige areal med Spodsbjergstien.

Der er ingen kystbeskyttelse på denne strækning, og der er gennem årene sket en tilbagerykning af skrænten efter bølgeerosion i skræntfoden. Ved slutningen af strækningen mod NØ begynder der igen at være sommerhuse bag skrænten og Spodsbjergstien.

Det første hus var i mange år ejet af nu afdøde, Prof. Helge Lundgren (DTU) og hans familie. Han foretog i mange år en måling fra hjørnet af sin grund til

skrænttoppen. Herved fandt han at skrænten i middel var rykket ca. 0,3 m tilbage om året.

Ca. 120 m inden dette sommerhus er der i dag kun ca. 7 m fra Spodsbjergstien til skrænttoppen.

Hvis der tillades ca. max. 2- 3 m mere erosion vil det sige at stien bør flyttes længere ind i land over en strækning på ca. 170 m inden der er gået ca. 8 år eller omkring år 2025. Det er ikke taget med i projektet, da der ikke er tale om et kystbeskyttelsesprojekt under laugets ansvar.

Med den eksisterende kystforvaltningslov vil det ikke være muligt, at få tilladelse til udførelse af kystbeskyttelse på strækningen. Men på meget lang sigt (4d prioritet), år 2050 bør/kan der udføres en række bølgebrydere langs denne strækning og laves en skræntfodsbeskyttelse. Dette projekt blev forelagt som en mulighed i den af COWI i 1998 udarbejdede strategiplan (Se rapport i Appendix A).



Figur 2-50 Ud for bølgebryder nr. 6.



Figur 2-51 Mellem bølgebryder nr. 6 og naturligt stenrev.



Figur 2-52 Naturligt stenrev.



Figur 2-53 Ud for naturligt stenrev mod vest.

2.1.18 Stenrev til bølgebryder nr. 7

Generelt har skrænten på denne delstrækning en god bevoksning, dog med erosion enkelte steder. Det vurderes ikke at være muligt at køre med entreprenørgrej på strækningen, hvor der er lavet en kraftig stenkastning tæt på skrænten. For entreprenørpassage behøves der ca. 4 m bredde. Det foreslås derfor, at stenkastningen flyttes ud og der etableres en 4 m bred ralvej og en rampe op til denne, ca. 60 m fra naturlig revkant. Dette kræver ca. 3,5 m³/m af ral over ca. 90 m, og flytning og genplacering af eksisterende store sten. Der er en lunke midt mellem revet og Bølgebryder 7. Der tilføres endvidere lidt ekstra store sten ca. 2,5 m³/m over 40 m, i alt 100 m³. Disse arbejder er 1st prioritet.

På længere sigt 15 til 20 år bør der bygges en ny bølgebryder i dette område (3d prioritet), pris ca. 700.000 til 1 mill. DKK.

Mængder:

Ral: 3,5 x 90 = 315 m³

Store sten: 100 m³



Figur 2-54 Mellem naturligt stenrev og bølgebryder nr. 7.



Figur 2-55 Mellem naturligt stenrev og bølgebryder nr. 7.



Figur 2-56 *Skrænten mellem naturligt stenrev og bølgebryder nr. 7.*



Figur 2-57 *Bølgebryder nr. 7.*



Figur 2-58 Ud for bølgebryder nr. 7 mod vest.



Figur 2-59 Bølgebryder nr. 7.



Figur 2-60 Skrænt ud for bølgebryder nr. 7.

For enden af vejen Havblik ligger 3 grunde ud til Spodbjergsstien mellem stenrevet og bølgebryder nr. 7, hvor skrænten er eroderet mere end den øvrige del af projektstrækningen. Der er i dag ca. 3 m fra stien til toppen af skrænten. Billederne herunder er luftfoto fra hhv. 1954 og 2017. Det viser en total tilbagerykning af skrænttoppen på ca. 10 m. Samtidigt er der ikke etableret en bølgebryder foran skrænten. Ved en ekstrem stormhændelse er der risiko for yderligere skred i skrænten. Da der kun er mulighed for at flytte stien få meter yderligere ind i land kan det overvejes yderligere at sikre, at der ikke sker yderligere erosion af skrænten. Skrænten hælder ca. 1:2,5 (ca. 40 grader). Det er derfor muligt, at fylde op med materiale fra toppen af skrænten.. Materialet kan være velgraderede skærver, da dette materiale vil have en naturlig skræntvinkel på ca. 40-45 grader. Dette vil på dette sted kunne forhindre fremtidige skred i skrænten, hvis kystbeskyttelsen ved foden af skrænten sikrer, at der ikke sker yderligere erosion i skræntfoden. Men det kan ikke udelukkes, at det på længere sigt vil være nødvendigt at foretage samme operation på nabostrækningerne.

En sådan opfyldning kan f.eks. ske over en strækning på ca. 60 m., se figur ovenfor. Dette areal fra top skrænt til skræntfod er ca. 700 m². Det kræver formentlig ca. ca. 1-2 m opfyldning, her antaget 1,5 m, svarende til ca. 1000 m³. Prisen for en sådan sikring vil være af størrelsesordenen 0,5 mill. DKK.

Mængder:

Fyldmateriale: 1000 m³

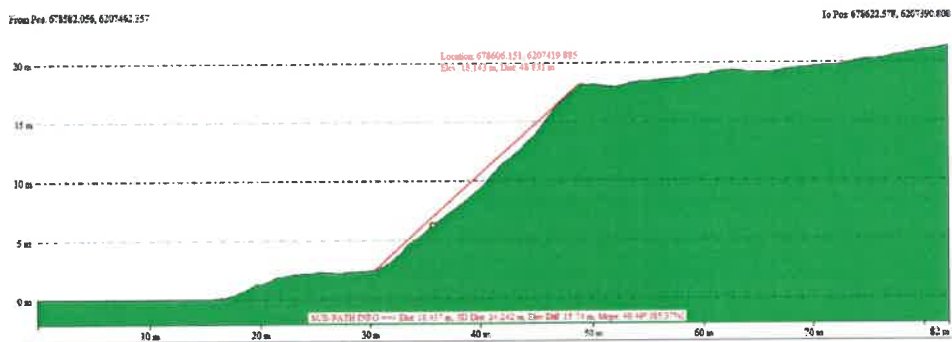
Denne renovering af skrænten er ikke medtaget i det øvrige projekt.



Figur 2-61 Skrænten foran vejen Havblik, med markeret strækning på 60 m.



Figur 2-62 Luftfoto fra hhv. 1954 og 2017, der viser en tilbagerykning på ca. 10 m.



Figur 2-63 Skrænten mellem stenrev og bølgebryder nr. 7. Skræntens hældning er ca. 1:2.

2.1.19 Bølgebryder nr. 7 til 8.

Ralvej renoveres og etableres som 1st prioritet. Længde ca. 30 m og ral ca. 2,5 m³/m inklusive tombola.

2./3. prioritet: etablering af stenbeskyttelse med store sten foran ralforside. Lige efter Bølgebryder 7, er der en flot stenkastning, og nok ral som kan planeres. Der er kraftig bevoksning af skrænten.

Mængder:

Ral: 75 m³



Figur 2-64 Bølgebryder nr. 7.



Figur 2-65 Ud for bølgebryder nr. 7.



Figur 2-66 Skrænten ud for bølgebryder nr. 7.



Figur 2-67 Mellem bølgebryder nr. 7 og 8.

2.1.20 Bølgebryder nr. 8 til 9

Eksisterende beskyttelse af store sten vurderes om tilstrækkelig, og de NØ-ligste ca. 6 m flyttes NØ for tomboladannelsen ved Bølgebryder 8. Desuden vurderes det, at der her mangler 25 m³ ral til tombolaen.

For at skabe bedre adgangsforhold og kørevej, og generel forstærke og renovere kystbeskyttelse bør stenkastningen flyttes ca. 1,5 m ud. Der er tale om en strækning på ca. 20 m, og behovet for ekstra ral vurderes til ca. 5 m³/m, dvs. i alt ca. 100 m³ ral.

Mængder:

Ral: 25+100= 125 m³

Store sten: 10 m³



Figur 2-68 *Skrænten ud for bølgebryder nr. 9.*



Figur 2-69 *Mellem bølgebryder nr. 8 og 9 mod vest.*



Figur 2-70 Bølgebryder nr. 9.

2.1.21 Bølgebryder nr. 9 til Linesvej (slut på laugets strækning)

Bagved Bølgebryder 9 er der erosion i skrænten bag kystbeskyttelsen. Denne var også udsat for erosion i 1998, og skrænten blev her repareret med en blanding af groft grus og muld og græsbevokset. Der renoveres med en mængde ca. 10 m³ (1st. prioritet).

Tombolaen suppleres som 1st. prioritet med 25 m³ ral, og der etableres beskyttelse af store sten foran foran ralvolden. Det vurderes, at der over strækningen på ca. 40 m er behov for ca. 3,5 m³/m at store sten eller i alt 140 m³ sten.

Mængder:

Grus/muld: 10 m³

Ral: 25 m³

Store sten (ca. 50 cm) 140 m³



Figur 2-71 Mellem bølgebryder nr. 9 og Linesvej.

2.2 Terræntværsnit langs projektstrækningen 2016

Dette afsnit skal udelukkende benyttes som opslagsværk for denne rapport. COWI har tilgang til en terrænmodel fra kort og matrikelstyrelsen (DHM/Terræn 2015 (0,4 m grid), se Figur 2-2). Figur 2-72 viser området langs projektstrækningen og der er herpå markeret en række tværsnit med rødt, nummereret fra 1 til 10, startende fra husene ned til stranden ved Skansevej til bølgebryder nr. 9 ved Linesvej.

Samtlige tværsnit er udtrukket fra vandside til overkant skrænt. Der er udvalgt en række relevante tværsnit som inddrager konstruktionerne på strækningen.

- > 1) Snit ved de første huse lige syd for parkeringspladsen.
- > 2) Snit ud for parkeringspladsen.
- > 3) Snit ved første bølgebryder fra syd.
- > 4) Snit mellem hofde 1 og 2 fra syd.
- > 5) Snit ved hofde 5.
- > 6) Snit ved bølgebryder 3 fra syd.
- > 7) Snit ved bølgebryder 5 fra syd.

- > 8) Snit ved bølgebryder 7 fra syd.
- > 9) Snit mellem bølgebryder 7 og 8 fra syd.
- > 10) Snit ved bølgebryder 9 (sidste bølgebryder lige vest for Linesvej).

Tabel 2-1 viser en oversigt over koterne til stensætninger af ral hvor de møder møder den naturlige skrænt. Det ses, at koten typisk er +2,5 til +3,0 m. Dette benyttes senere ved vurdering af fremtidig kystbeskyttelse.

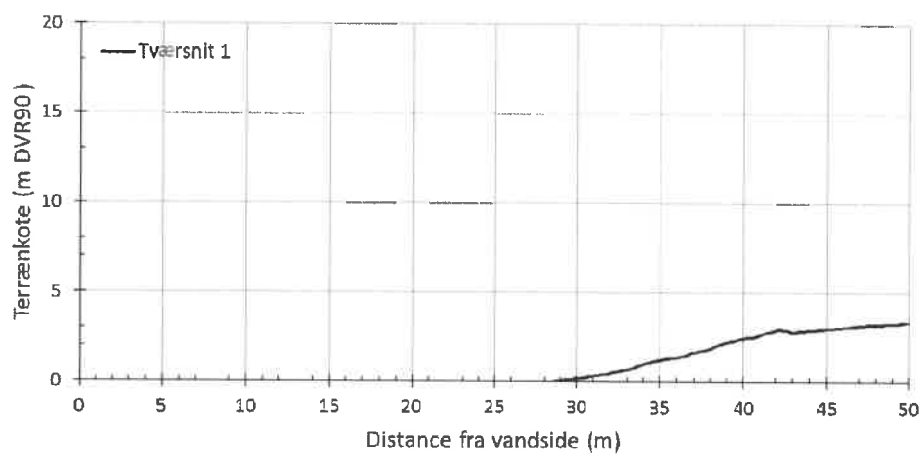
Tabel 2-1 Terrænkoter i tværsnit vist på Figur 2-72.

Tværsnit	Terrænkote (m DVR90)
1	+2,0
2	+2,3
3	+2,6
4	+2,6
5	+2,7
6	+2,7
7	+2,8
8	+3,0
9	+3,0
10	+2,5

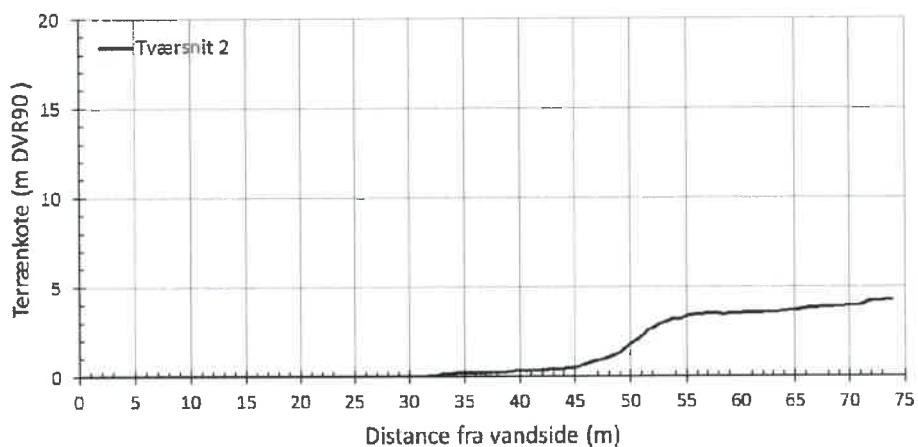


Figur 2-72 Overblik over tværsnit langs projektstrækningen fra Hundested Havn til Kikhavn.

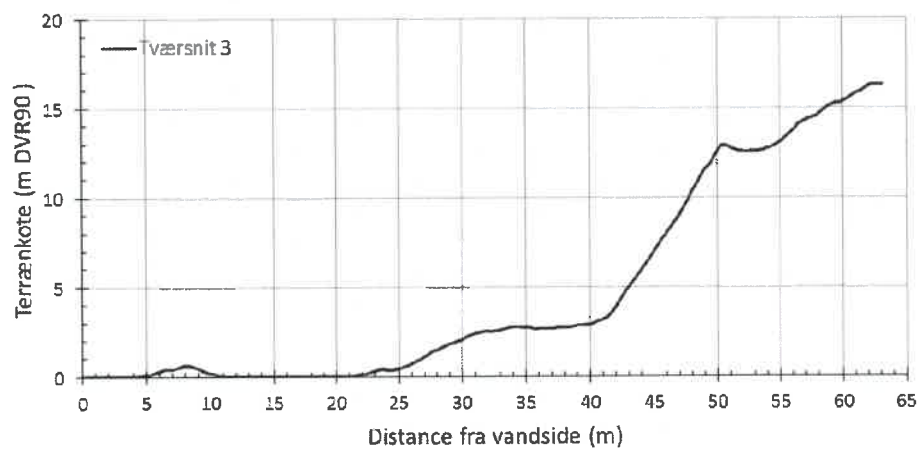
Bemærk disse figurer har ikke samme skaleringsforhold, men skal betragtes som en oversigt over terrænkoter langs projektstrækningen.



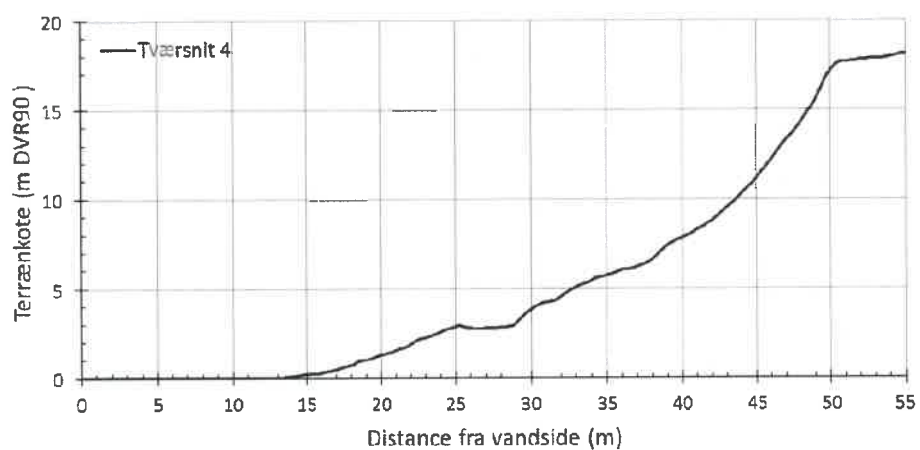
Figur 2-73 Tværsnit 1.



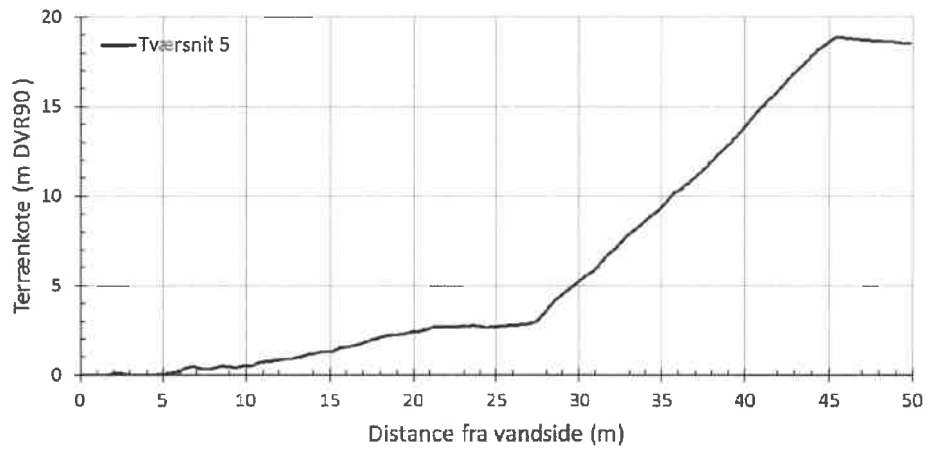
Figur 2-74 Tværsnit 2



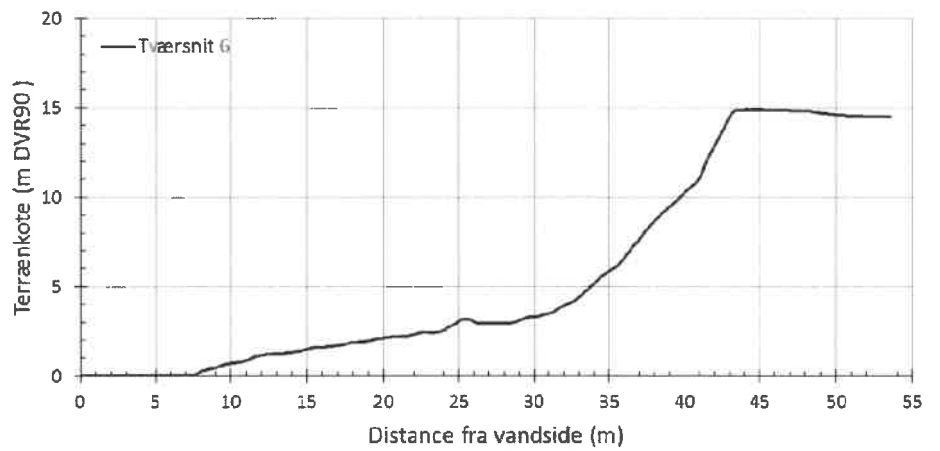
Figur 2-75 Tværsnit 3



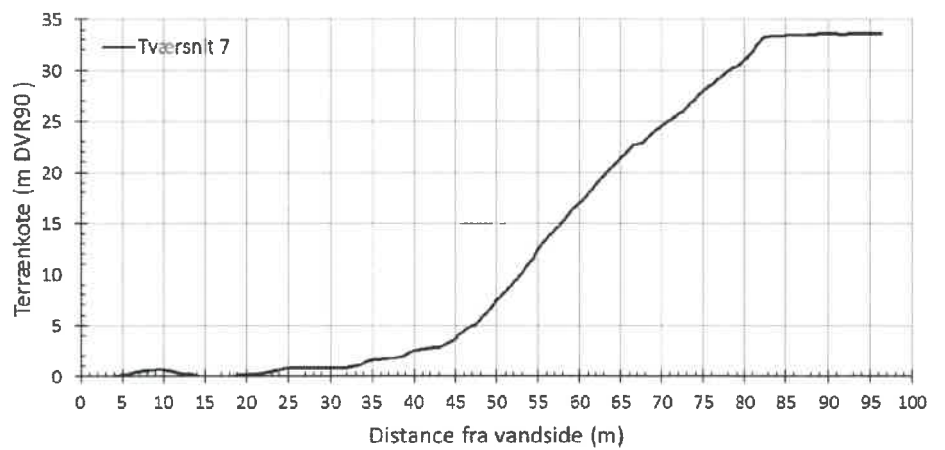
Figur 2-76 Tværsnit 4



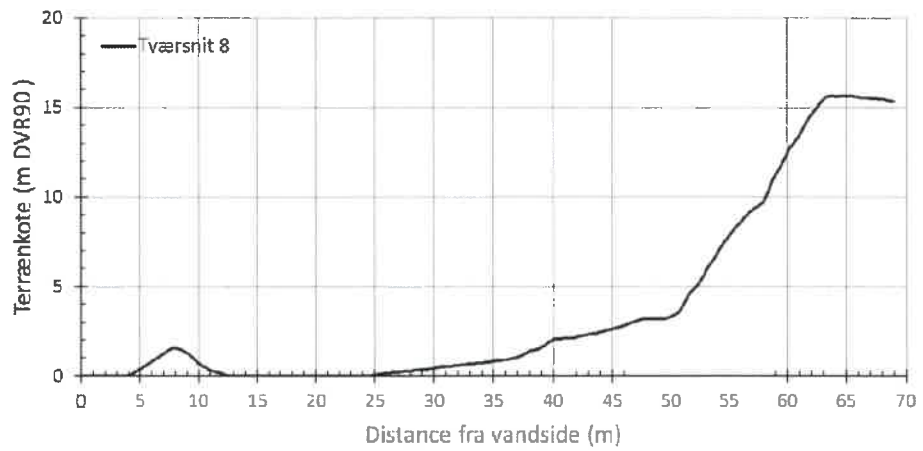
Figur 2-77 Tværsnit 5



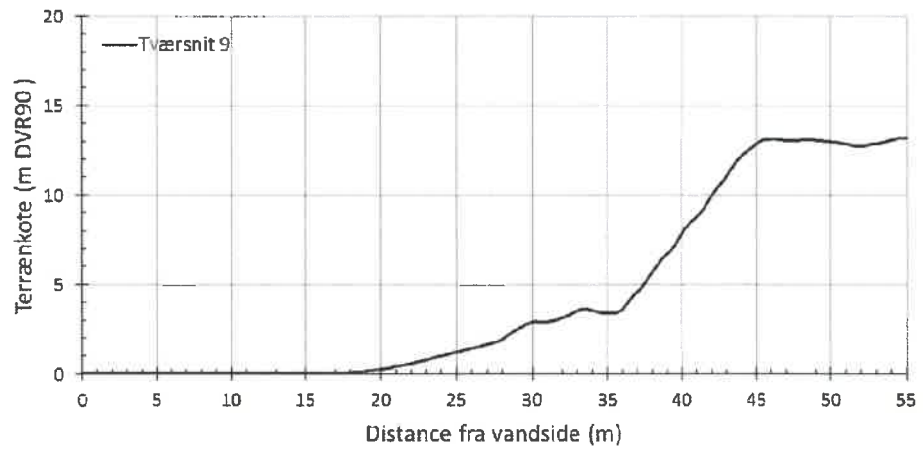
Figur 2-78 Tværsnit 6



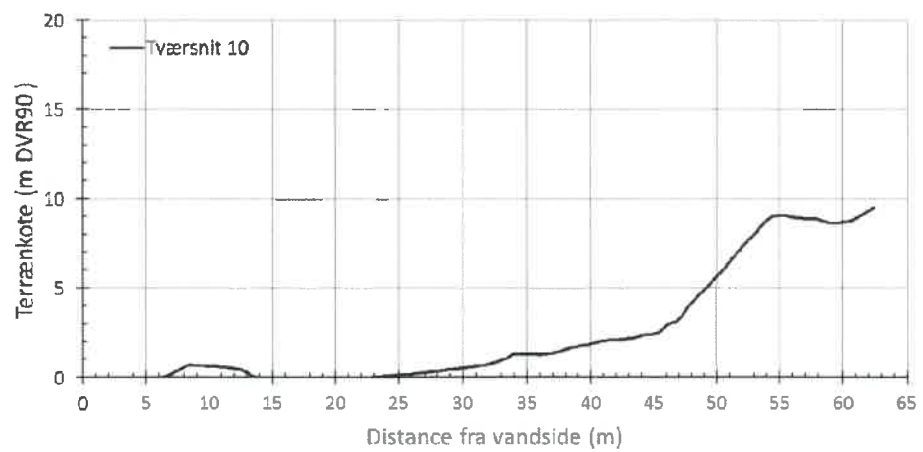
Figur 2-79 Tværsnit 7



Figur 2-80 Tværsnit 8



Figur 2-81 Tværsnit 9



Figur 2-82 Tværsnit 10

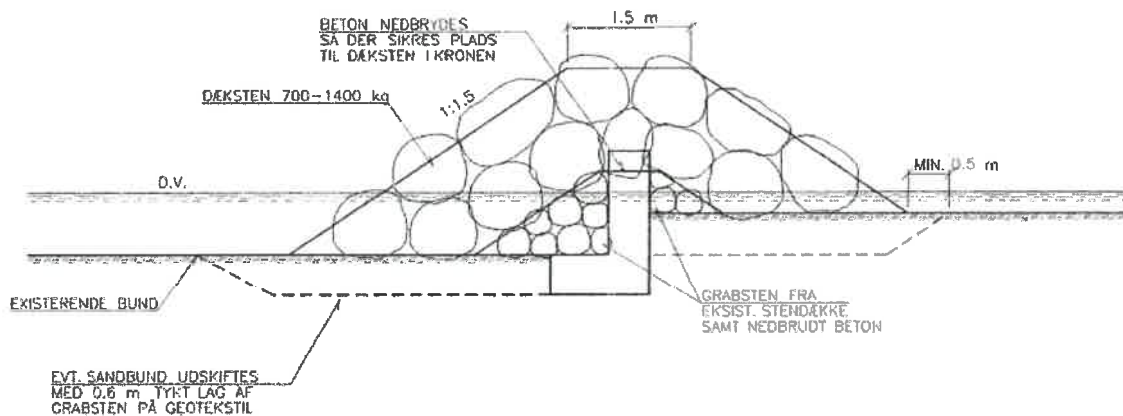
2.3 COWIs handlingsplan fra 1998

COWI udførte for nøjagtig 20 år siden på strækningen fra Hundested Havn til Linesvej en handlingsplan. Dette projekt blev udført for Frederiksborg Amts, Teknik og Miljø, se [Ref. 1]. Handlingsplanen er kopieret og vises i Appendix A.

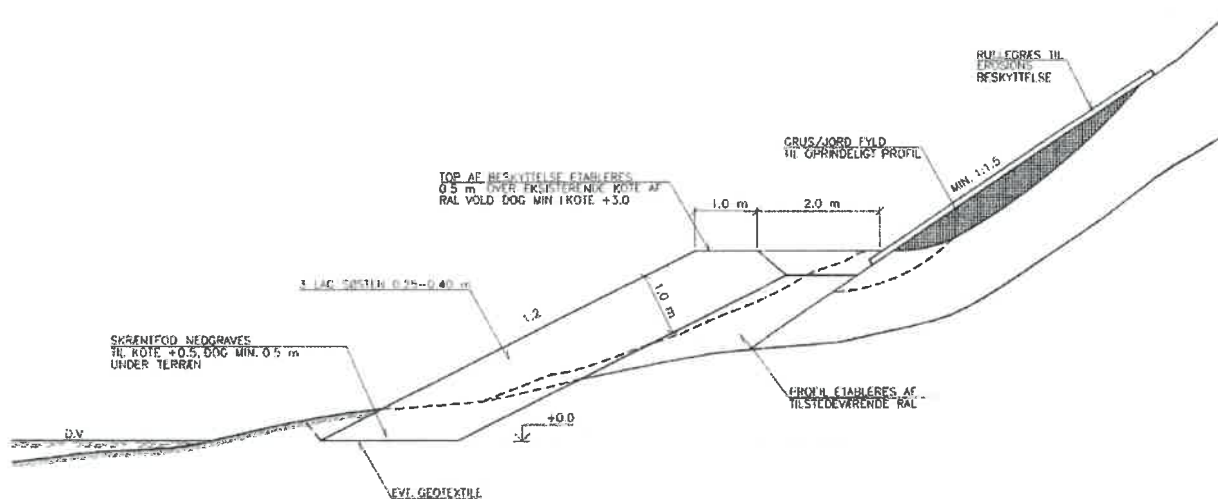
Baggrunden for dette projekt var de i 1993 og 94 udførte arbejder primært omfattende fodring med ral, som ikke levede op til Amtets og Grundejernes forventninger.

Projektet udført af COWI i 1998 omfattede således en gennemgang af hele den 2050 m lange projektstrækning herunder hydrografiske forhold, projektet fra 1994 samt gennemgang af projektstrækningen. På dette grundlag blev der udarbejdet en anbefalet handlingsplan, samt omkostningsoverslag for udførelse af de anbefalede anlægsarbejder. Disse omfattede primært en forstærkning af rækken af de dengang nedslidte hølfer ca. St. 700-1000, anlæg af flere bølgebrydere samt tilførsel af mere ral tilsvarende den naturlige ral på stedet (dvs. ikke flint og kalksten som der blev tilført i 1994).

Tegningerne herunder på Figur 2-83 og Figur 2-84 viser foreslået renovering af bølgebryder og skrænt fra projektet i 1998, se [Ref. 1].



Figur 2-83 Projekteret bølgebryder fra projektet i 1998, se [Ref. 1].



Figur 2-84 *Projekteret skræntbeskyttelse fra projektet i 1998, se [Ref. 1]. Der er tale om skrænten ved Bølgebryder 8, hvor der i dag igen er sket erosion i skrænten.*

3 Hydrografiske forhold

De hydrografiske forhold på strækningen mellem Hundested Havn og Kikhavn er specielle i forhold til andre steder på Nordkysten, da den midterste del af strækningen ud for Spodsbjerg Fyr udgør en skillelinie for materialetransporten langs Nordkysten. Kystlinjen er orienteret omkring en Nordvestlig retning, som er den mest fremtrædende bølgeretning. Der vil derfor i middel foregå en nettotransport af eroderet materiale bort fra strækningen, og det er derfor der stort ikke er sandstrande på strækningen på nær de mindre samlinger af sand bagved de sidste bølgebrydere mod NØ. Det er derfor der er stor risiko for fortsat kysterosion, hvis ikke kystbeskyttelsen på strækningen løbende vedligeholdes og senere opdateres/forstærkes når vandstanden i havet stiger yderligere.

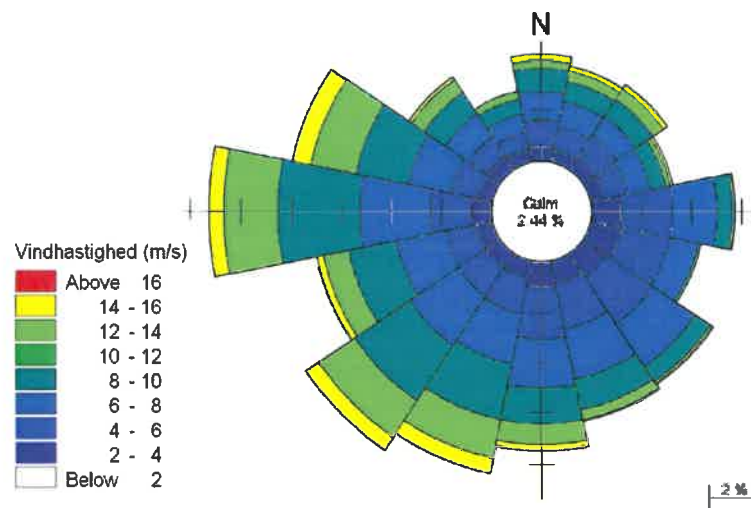
På den vestlige del af projektstrækningen ved hofdegruppen og Skansen er kysten orienteret mod vest. Den fremherskende bølgeretning (NV) påvirkes af lavvande omkring området ved Grønnerevle ud for Korshage på den anden side af Isefjordens udmunding. Nettotransporten vil derfor fortrinsvis være sydvestgående, og sandet ender på Stranden Trekanten, hvorfra kun en mindre del bliver transporteret rundt om Sandfangeren og ender i sejlrenden ind til Hundested havn.

Ud for det fredede område øst for Spodsbjerg Fyr og ved Linesvej er kysten orienteret mere mod nord. Her afhænger retningen af nettotransporten af dominerende bølgeretning, men i middel vil transporten ske mod nordøst.

Dette beskriver udelukkende de forhold der i middel gør sig gældende på projektstrækningen.

Vinddata fra DMI's vejrstation på Anholt er benyttet som udgangspunkt for de kysttekniske vurderinger og beregninger i forbindelse med projektet. Dataene vurderes at være et godt grundlag for vurdering af vindforholdene i den sydlige del af Kattegat.

Vinddataene er standarddata bestemt som 10-min middelvind målt hver time i 10 m's højde over terræn i perioden 20/05-1993 til 07/07-2008. På basis af DMI's data er der blevet udarbejdet en vindrose for vindklimaet på Anholt. Vindrosen viser, at vinden oftest er fra retning SSV til VNV. Det er også fra disse retninger de kraftigste vinde optræder.



Figur 3-1 Vindrose for Anholt, baseret på data fra DMI

3.1 Vandstand

Vandstanden ved Hundested og Kikhavn påvirkes af en række faktorer, herunder det astronomisk tidevand, vandstandsvariationer på grund af ændringer i det barometriske lufttryk og vindstuvning ved pålandsvind.

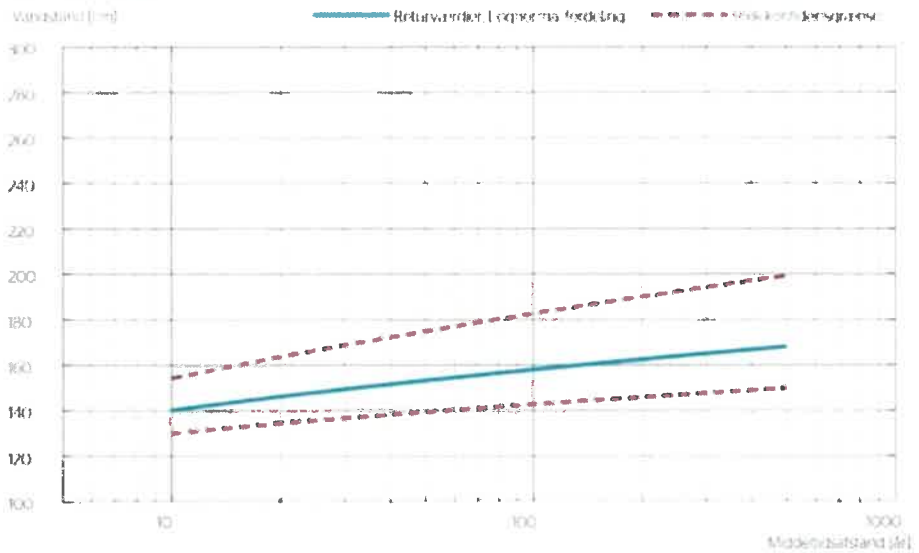
Figur 3-2 viser Kystdirektoratets højvandsstatistik for Hundested Havn og de højeste målte vandstande fra 1986 til 2016, [Ref. 2].

Det fremgår, at en 100 års storm vurderes til +1,58 m, og en 50 års storm til +1,53 m DVR90.

Under stormen Bodil målt den højeste vandstand nogensinde, ca. + 1,75 m, som ses at svare ca. til en 450 års hændelse.

Desuden forekommer der bølgestuvning helt inde ved kysten på ca. 7 til 12 %, middel vurderes til 10% af dybvandbølgehøjden udfor kysten hvor bølgerne begynder at bryde. Der er i det følgende, for designforhold, regnet med 0,3 m ekstra vandstand inde ved kyststrækningen.

Middeltidshændelser



Højeste registrerede vandstande i cm (trendfri)

27 december 2016	151	30 januar 2000	132	5. februar 1999	120	20. december 1993	111
1 november 2006	141	27 februar 1990	131	2 oktober 1997	117	26 november 2007	110
11 januar 1995	139	11 januar 2015	128	30 oktober 1996	116	12 januar 2007	109
9 november 2007	139	29. december 1986	124	28. september 1995	114	4 oktober 2009	109
15 februar 1989	133	14 marts 1992	122	20. december 1991	113	29 januar 2002	107

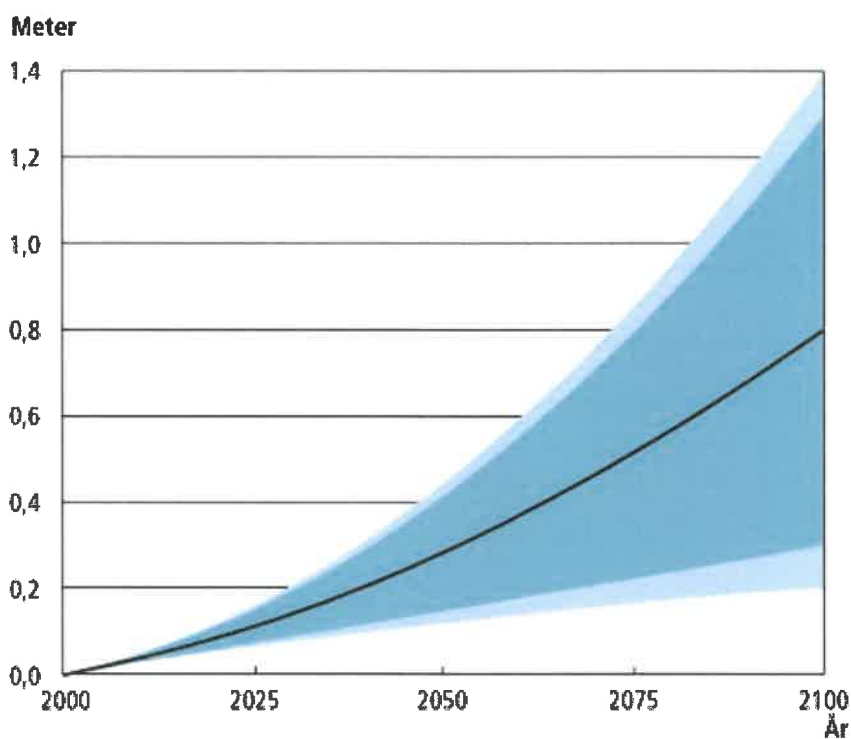
Figur 3-2 Seneste højvandsstatistik fra Kystdirektoratet, 2017. Højvandsstatistikken betragter hændelser fra 1986 til 2016. Måleperioden er fra 01.01.1986 til 01.03.2017, se [Ref. 2].

3.1.1 Vandstandsstigning

Ved fastlæggelse af en passende designvandstand skal der endvidere tages højde for den forventede vandstandsstigning som følge af den globale opvarmning. Den primære klimaforandring er en temperaturstigning, som har afledte konsekvenser med betydning for kystområderne. Afledte konsekvenser af betydning for projektet er primært stigningen i vandspejlet.

Den forventede vandstandsstigning er fastlagt ud fra Kystdirektoratets anbefalinger, som baserer sig på DMIs seneste databehandling af IPPCs rapport (*Intergovernmental Panel on Climate Change*).

Med en forventet levetid på 50 år kan vandstandsstigningen for projektområdet omkring Hundested estimeres til mellem 20-70 cm, i middel ca. 0,45 m i år 2070 som bør tages i regning ved nye konstruktioner. Dette svarer til Kystdirektoratets middelskøn. Men i strategiperioden på 25 år til ca. 2045 forventes en stigning på ca. 10 til 15 cm.

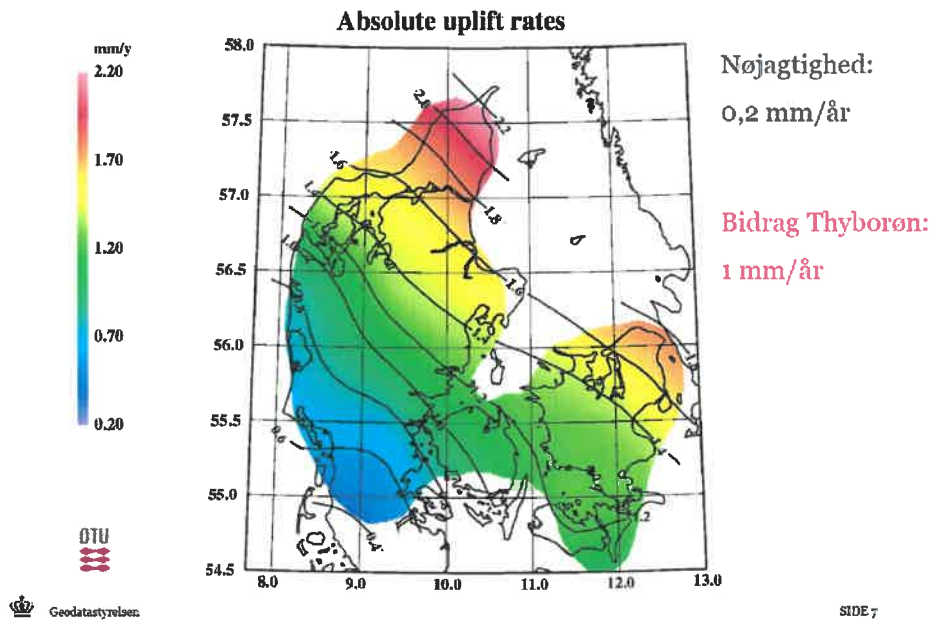


Figur 3-3 DMI's bedste bud på vandstandsstigninger de næste 100 år i meter, når der ses bort fra landhævning. Den sorte kurve viser middelværdien, mens det grønne og blå areal viser usikkerheden henholdsvis globalt og omkring Danmark, [Ref. 3].

3.1.2 Landhævning

Figur 3-4 viser, at landet i Danmark generelt hæver sig. Dette skyldes at landet var trykket ned under den sidste istid. Dette forhold skal også medregnes i forbindelse med bestemmelse af den vandstand projektet skal projekteres for. Figuren viser, at landet ved Hundested/Kikhavn hæver sig ca. 1,6 mm/år, hvilket svarer til 4 cm på 25 år og 8 cm på 50 år.

Isostatisk landhævning



Figur 3-4 Landhævning i Danmark (Geodatastyrelsen, DTU-space, KDI og DMI)

3.1.3 Dimensionsgivende vandstand

Den dimensionsgivende vandstand på dybt vand for projektområdet ved Hundested Havn/Kikhavn defineres som tidligere nævnt, som kombinationen af en 50 års stormhændelse og den forventede vandstandsstigning i år 2065.

Den anbefalede dimensionsgivende vandstand på dybt vand bliver således:

- > 50 års ekstrem vandstand: +1,53 m
- > Vandstandsstigning i år 2065: +0,45 m
- > Landhævning i år 2065: -0,08 m
- > Dimensionsgivende højvandsvandstand: +1,90 m DVR90

Tilsvarende fås for en tidshorizont på 25 år en vandstand på $1,53 + 0,12 - 0,04 = +1,65$ m. Det ses at denne designvandstand er ca. 0,10 m mindre end vandstand under stormen, Bodil d. 6/12 2013. I praksis er det derfor valgt, at benytte en designvandstand på **+1,75 m** i det følgende. Det er vigtigt at fremføre, at de højeste vandstande optræder i forbindelse med storme fra NV til N-lig retning, og der er en god korrelation mellem høj vandstand, kraftig vind og bølger fra disse retninger.

3.2 Bølger

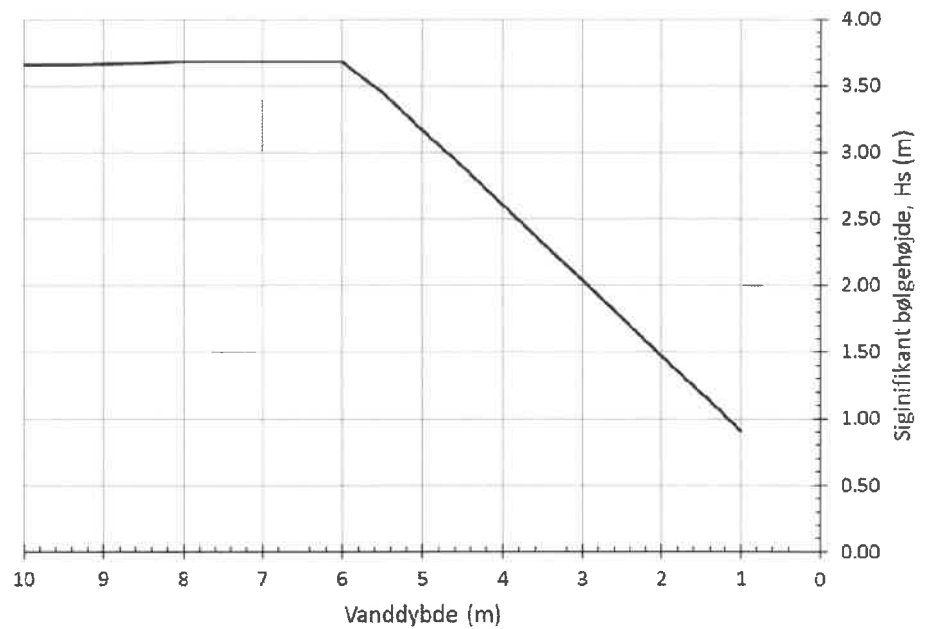
Der er foretaget en beregning af det frie stræk, hvorover vinden blæser for vind fra sektoren NV til N, for at bestemme en dimensionsgivende dybtvandsbølge. Antages en vindhastighed på 25-28 m/s giver dette anledning til en signifikant

bølgehøjde på dybt vand på ca. $H_s = 4,0$ m udfor Hundested med tilhørende peak-periode på ca. 9 s, se Figur 3-5.



Figur 3-5 Kort over Kattegat. Frit stræk fra nordvestlig retning til nordøstlig retning på omkring 50 km.

Der foretages en transformation af bølgehøjden fra dybt vand til lavere vand ved brug af en metode udviklet af japaneren, Goda, Herved bestemmes bølgehøjden fra dybt vand til området hvor bølgerne bryder (på engelsk surf-zonen). Dette er afbilledet på Figur 3-6. Når bølgerne begynder at bryde er forholdet mellem dybden, d , og den signifikante bølgehøjde cirka $H_s \approx 0,65 \cdot d$. Der er regnet med en hældning af havbunden på 1:50, bestemt ud fra søkortet, se Figur 3-5.



Figur 3-6 Signifikant bølgehøjde, Hs som funktion af den faktiske vanddybde d, dvs. inkl højvande under storm.

Det ses f.eks at der typisk under storm med designvanstanden +1,75 m vil optræde bølger på ca. Hs= 1,25 m ved den normale strandlinje. Disse bølger rammer så kystbeskyttelsen.

Det ses også, at en bølgebryder eller høfde på ca. 1,25 m vand vil have en designvandstand på ca. 3,0 m og derfor en designbølgehøjde på ca. Hs=2,0 m.

4 Opdateret plan for de næste 25 år

4.1 Kystbeskyttelsens tilstand i dag

Generelt er laugets kyststrækning i relativt god stand i sammenligning med mange andre strækninger langs nordkysten og danske kyster generelt. Dette skal også ses i lyset af, at Stormen Bodil d. 6 dec. 2013 med hensyn til vandstand var den værste storm der er forekommet i "mands minde" dvs. i de sidste ca. 150 år. Kun en storm i denne periode havde næsten samme højvande ca. 5 cm mindre. Denne storm forekom i efteråret 1921. Dvs. stormen Bodil var mindst en 100 års hændelse, og ifølge Kystdirektoratet var vandstanden en 450 års hændelse. Det er oplyst, at der skete nogen skade under stormen, og at der blev foretaget vedligeholdelsesarbejder efter stormen. Det er forventeligt at en 100 års storm vil forårsage beskadigelse, men da en 100 års storm kun har en sandsynlighed for at forekomme på 1% per år eller 10% per 10 år, kan man sige, at der ikke er stor sandsynlighed for at en tilsvarende storm forekommer i de næste 5 til 10 år. Derfor er det COWIs vurdering, at der i dag som 1. og 2. prioritet kun er behov for vedligeholdelsesarbejder på projektstrækningen, og at der senere kan/bør foretages yderligere forstærkning og forhøjelse af kystbeskyttelsen.

Nu i oktober 2018 kan man langs laugets strækning se, at de prioriterede områder: Ved husene på Skansevej ca. stationering 325; Fra hofde nr. 1 til bølgebryder nr. 3 (ca. stationering 700 til 1050 (længde 350 m), se oversigtsplan i [Ref. 1]) og ca. fra stenrev til Linesvej (ca. stationering 1680 til 2040 (længde 250 m), se oversigtsplan i [Ref. 1]) fremstår med god beskyttelse og at skrænten ovenfor ralvolden mange steder har en end dog kraftig bevoksning helt ned til ralvolden. Dette indikerer, at bølgeopskyllet under normale storme ikke når op på skrænten over ralvolden. Figur 4-1 viser de prioriterede strækninger langs projektstrækningen som skal prioriteres og reoveres.



Figur 4-1 *Prioritetsstrækninger på projektstrækningen markeret med rød og vist på figuren ved husene ved Skansevej, fra høfde nr. 1 til bølgebryder nr. 3 og fra naturlig stenrev til Linesvej.*

4.2 25 års Handlingsplan

COWI vurderer, at på grund af strækningens relativt gode tilstand kan 1. og 2. prioritetsarbejderne karakteriseres som vedligehold af eksisterende konstruktioner indenfor de oprindelige godkendelser og tilladelser af projektet.

Efter at COWI ved selvsyn to gange har gennemgået strækningens tilstand i dag, og med vores erfaring fra den i 1998 udarbejdede handlingsplan og besøg på strækningen jævnligt i de sidste 20 år, anbefales det at gennemføre en i mindst 3 faser opdelt handlingsplan. Der blev i Afsnit 2 nøje gennemgået hvad vi vurderer bør udføres af vedligeholdelsesarbejder på de enkelte delstrækninger og i de forskellige delfaser af projektet. Alle disse arbejder er vist i Tabel 4.1.

- > Tabellen viser alle mængderne for de forskellige delstrækninger samt vurderede budgetpriser for diverse andre arbejder. Totalprisen i 2018/19 prisniveau (inkl. MOMS) er udregnet ved hjælp af vurderede enhedspriser for ral og stenmaterialer alt inklusive med leverance og udlægning dertil kommer budget for mobilisering og demobilisering [REDACTED] DKK. Dertil kommer [REDACTED] DKK for usikkerhed/uforudsete udgifter.
- > Forslagene til vedligeholdelsesarbejder er opdelt i forskellige prioriteter;
 - > 1. prioritetsarbejder til vedligehold skal udbydes og gennemføres i løbet af vinteren 2018/19. Det ses at totalbudgettet er opgjort til [REDACTED] DKK,
 - > 2. prioritetsarbejder til vedligehold kan vente 6 til 8 år, og er opgjort til [REDACTED] DKK
 - > 3. prioritetsarbejder kan vente ca. 15 år eller mere indenfor de 25 år, som er handlingsplanens tidshorisont.
 - > 4. prioritetsarbejder – kun medtaget tre bølgebrydere udfor det offentlige areal. Det er dog tvivlsomt om der til den tid vil kunne opnås tilladelse til kystbeskyttelse af dette offentlige og fredede areal.

Under 3. prioritetsarbejderne er endvidere at der på de to prioritets strækninger på 350 m (St. 700 til 1050) og 300 m (St 1680 til 2040) i alt ca. 650 m udføres en forstærkning af kystbeskyttelsen i form af en forhøjelse af koten på ralvolden med i middel 0,4 m og tilsvarende forhøjelse af stenkastningen af store sten (ca. 50 cm) foran ralvolden. Ved en middelbredde på ca. 5 m vil dette kræve ca. 2,0 m³/m af ral og ca. 1,0 m³ af store sten. Med en samlet længde på 600 m fås samlet en vurdering af materialemængderne på 1280 m³ ral og 640 m³ sten. Disse arbejder vil fremtidssikre kystbeskyttelsen for de næste 40 til 50 år, og bør udføres i sidste halvdel af 25 års af strategiplansperioden.

Samlet fremgår alle 3. prioritetsarbejderne i Tabel 4.1.

4.3 Ansøgning om myndighedsgodkendelser for planlagte arbejder og udbudsdokumenter

COWI foreslår, at der efter at handlingsplanen er udarbejdet afholdes et møde med grundejerne, hvor resultaterne og anbefalingerne præsenteres og diskuteres så alle grundejerne får mulighed for at komme med forslag og stille spørgsmål.

Når handlingsplanen er godkendt vil der blive udarbejdet en ansøgning til Kommunen for alle de i handlingsplanen angivne arbejder for de næste 25 år, dog med særlig fokus på de nærtstående 1. prioritetsvedligeholdelsesarbejder.

Herefter vil der, for de valgte 1. prioritetsarbejder blive udarbejdet kortfattede udbudsmaterialer med alle de normale dokumenter som SAB, TAG, TBL m.m. til en begrænset indbudt licitation.

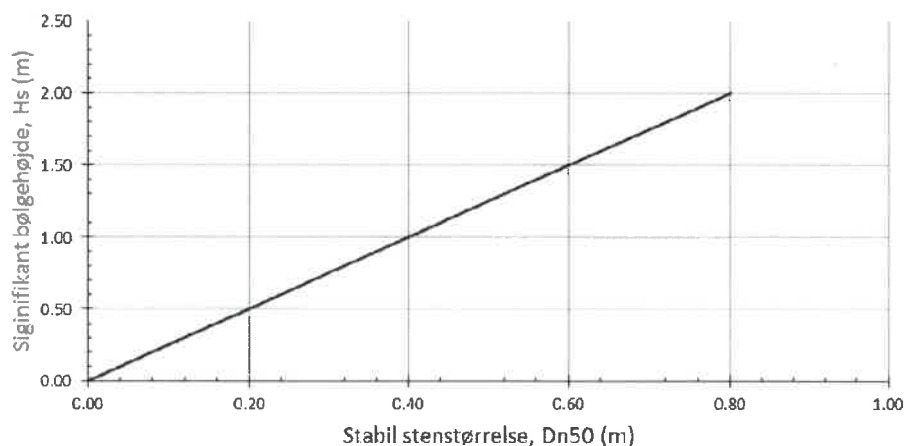
4.4 Krav til renovering af konstruktioner

Renoveringen af kystbeskyttelsen langs projektstrækningen skal tage hensyn til de hydrografiske forhold, se Afsnit 3. Der er derfor foretaget en vurdering og beregning af hvilke stenklasser der er nødvendige til bl.a. renovering af høfder, bølgebrydere, ralkant og ral.

Ved beregning af stabiliteten af sten til bølgebrydere og skråningbeskyttelser benyttes Hudsons formel. Hudsons formel beskriver relationen mellem signifikant bølgehøjde og middelvægten for en stenklasse. Her indgår parametre som densitet af sten, her $\rho_r=2650 \text{ kg/m}^3$, signifikant bølgehøjde H_s , som varierer fra position til position, stabilitetsparameteren K_D , som her vurderes til $K_D=2,0$ svarende til begyndende beskadigelse for designbølgehøjden. Det antages at hældningen på konstruktionen er, 1:2.

$$W = \frac{\rho_r \cdot H_s^3}{K_D \cdot (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

Figur 4-2 afbilder Hudsons stabilitetsformel, her den signifikante bølgehøjde som funktion af stabil stenstørrelse.



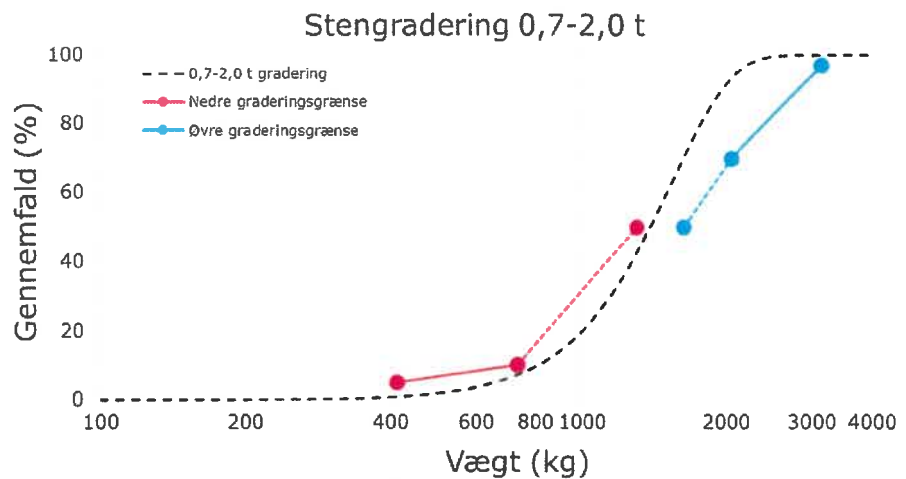
Figur 4-2 Signifikant bølgehøjde, H_s , som funktion af stabil nominal stenstørrelse, D_{n50} , som er kantstørrelsen på en kube med samme volumen som den aktuelle sten.

Så middelstenvægten er: $W = D_{n50}^3 \cdot \rho$. Figuren viser, at man som en håndregel kan regne med at stenstørrelsen D_{n50} skal være 40% af H_s . Derfor skal der bruges sten med $D_{n50}=0,50 \text{ m}$ til sikring af forsiden af ralkantene, da designbølgehøjden er ca. $H_s=1,25 \text{ m}$.

Det antages at bølgebryderne står på ca. 1,25 m under normal forhold. Hertil skal tillægges en designvandstand på +1,75 m. Dette giver en designvandstand

på 3,0 m og jf. Figur 3-6 en signifikant bølgehøjde på $H_s=2,0$ m. Benyttes Figur 4-2 ses at en stabil stenklasse opnås ved en nominal stenstørrelse på 0,8 m.

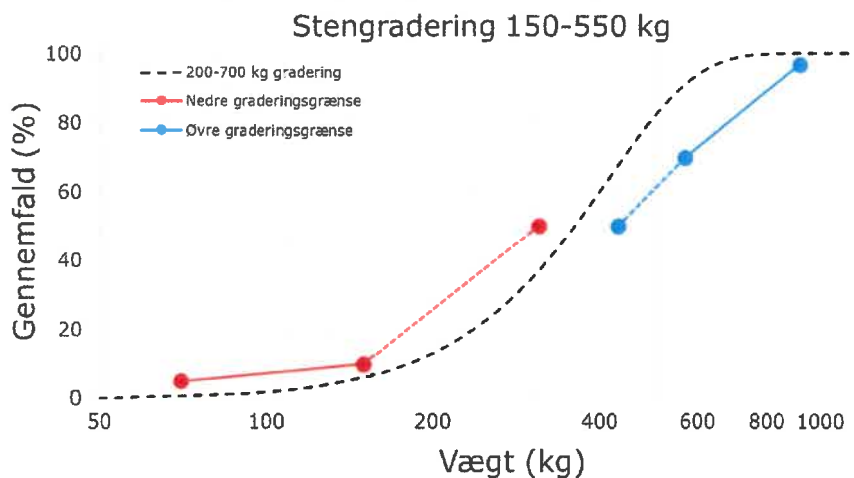
Dette svarer til en middelvægt på 1,4 t. En standard gradering der er tættest på denne middelvægt ville være en 1-3 t standard EU gradering. Dette ville dog være noget større sten, som måske ville øge projektets pris. En ikke-standard gradering ville være en 0,7-2,0 t gradering, som den der er vist på Figur 4-3.



Figur 4-3 Ikke-standard gradering 0,7-2,0 t, defineret jf. Rock Manual C683 2007, med en middelvægt af stenklasse $M_{em}=1,4$ t.

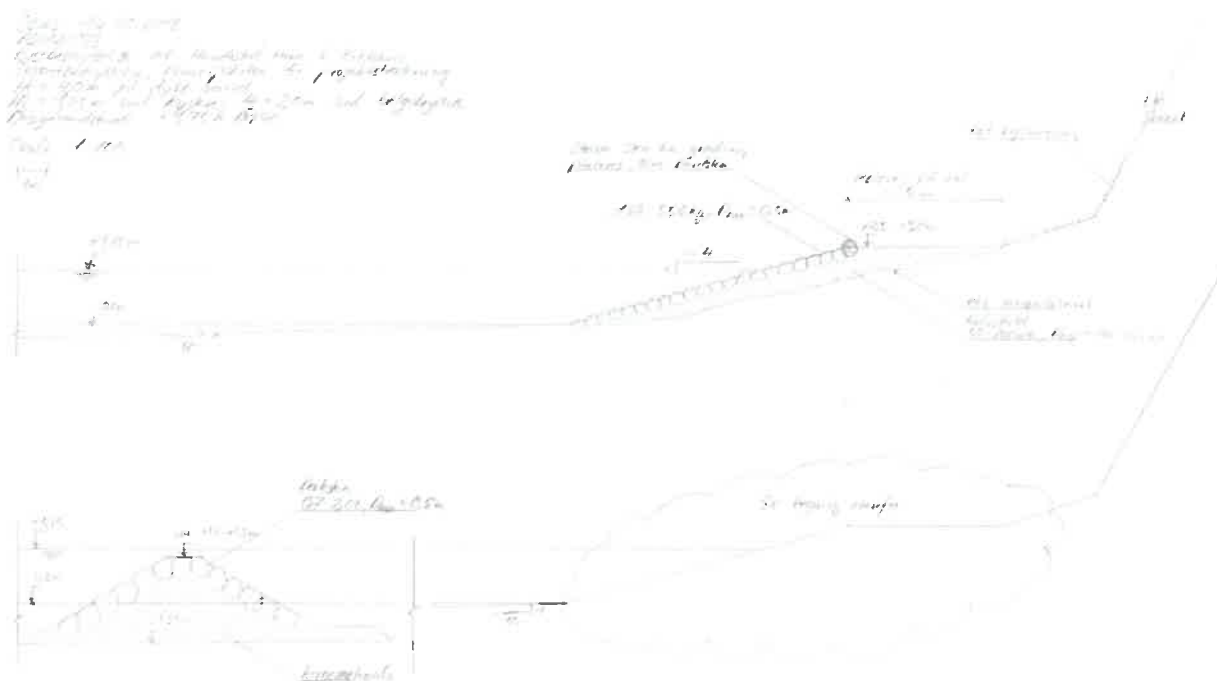
På landsiden anlægges der større sten på forsiden af rallen. Foden af rallen antages at stå i kote 0,0 m. Altså vil den signifikante bølgehøjde antage værdien $H_s=1,25$ m ved en designvandstand på +1,75 m, jf. Figur 3-6. Benyttes Figur 4-2 ses at en stabil stenklasse opnås ved en nominal stenstørrelse på 0,50 m.

Dette svarer til en middelvægt på 0,33 t. En standard gradering der er tættest på denne middelvægt ville være en 300-1000 kg standard EU gradering. Dette ville dog være noget større sten, som måske ville øge projektets pris. En ikke-standard gradering ville kunne være en 150-550 kg gradering, som den der er vist på Figur 4-4. I praksis forventes det, at de bydende entreprenører vil kunne levere søsten eller grusgravssten med vægt fra ca. 100 kg til 500 kg fra diverse grusgrave formentlig på Sjælland.



Figur 4-4 Ikke-standard gradering 150-550 kg, defineret jf. Rock Manual C683 2007, med en middelvægt af stenklasse $M_{em}=330$ kg.

Den ral der udlægges skal have størrelsen 50-200 mm, med en median $D_{n50} = 100$ til 120 mm.



Figur 4-5 Principielle skitser af kystbeskyttelsesløsninger for hhv. skrænt uden bølgebryder foran og skrænt med bølgebryder foran.

En anden vigtig parameter er topkoten af ralvolden. Denne er i dag på mellem ca. 2,5 m og 3,0 m. Med en designvandstand på +1,75 m og en designbølgehøjde på $H_s=1,25$ m, kan opskylshøjden af bølgerne vurderes. Ud fra formler kan man regne med en opskylshøjde af bølgerne på ca. $1,0 \times H_s$, Dvs. for H_s til en kote på $1,75+1,25 = +3,0$ m. Men der er større bølger end H_s i et naturligt

bølgetog, så opskylshøjden er større. Men med en 5 m bred permeabel ralvold vurderes det, at for en topkote på ca. +2,8 m vil bølgenes opskyl ikke kunne ramme den bagvedliggende skrænt med nogen signifikant kraft der kan erodere skrænten hvis denne er bevokset. Men når vandstanden i havet stiger bliver bølgerne der rammer større og deres opskyl kan nå længere op. Der er derfor som 3. prioritet regnet med en forhøjelse af ralvolden og stensætningen foran med i middel ca. + 0,4 m.

4.5 Detaljeret oversigtsplan for kystbeskyttelsesløsning

Oversigtskort over 1., 2. og 3. prioriteter er vist på Figur 4-6. En detaljeret specifikation af prioritetsarbejderne kan ses i Afsnit 2 og Tabel 4.1.



Figur 4-6 Oversigt over prioritetsarbejder på projektstrækningen fra Hundested Havn til Linesvej, Kikhavn. 1., 2. og 3. prioriteter er markeret med hhv. rød, gul og grøn markering. Se Tabel 4.1 for specifikationer på prioritetsarbejder.

5 Koordination med projektet "Nordkystens fremtid"

COWI har været i kontakt med NIRAS som i dag er ledende firma på projektet Nordkysten fremtid. Følgende spørgsmål er blevet fremsendt per mail d. 11/10 2018 til Christian Helledie (chld@niras.dk) og Peter Fløkke Klagenberg (PFKL@NIRAS.DK):

Kære Christian og Peter,

Vi har set jeres opgørelse over Nordkysten på hjemmesiden under nyheder, Interactive Kort, og vedr. Spodsbjerg (Hundested til Linesvej) bemærket følgende.

1. I regner med at sandfodringen skal starte allerede ved Havblik, hvor Spodsbjergstien går foran det offentlige areal til hvor der er sommerhuse bagved. Der er ca. 250 m af Spodsbjerg laugets strækning til Linesvej mod NØ.

Hvad regner I med vil være virkningen at dette sand på dette sted? Og skal der senere ske vedligeholdelsesfodringer på dette sted, når sandet er forsvundet/bortroderet? Vil det primært blive transporteret mod Gilleleje eller mod Hundested til Stranden, Trekanten?

2. Vi kan se, at længere mod SV på strækningen (for situationen dags dato) har I markeret høfdefeltet og skråningsbeskyttelsen bagved med rødt, hvilket betyder at der ifølge jeres vurdering behøves genopbygning dags dato. Vi læser det, som at denne rødmarkering gælder både høfderne og skræntfodsbeskyttelsen bagved; bekræft venligst at vores forståelse er korrekt?

Vi ønsker jer og Kommunerne alt held med at få Nordkystprojektet gennemført. Vi ser frem til at høre fra jer.

Med venlig hilsen/Best regards

Ole Juul Jensen

Senior Teknisk Direktør

Vandbygning og Kystteknik

COWI

Hej Ole og Andreas

Tak for din mail.

Myndighedsprojektet for strandfodring på Nordkysten er endnu ikke afsluttet og vi kan derfor ikke gå ind i en nærmere dialog om strandfodringen. Kommunerne har indtil nu frigivet data. Der vil løbende ske frigivelse af rapporter og herunder rapporter der beskriver detaljerne vedrørende tilstandsvurderingen.

Vi forventer at myndighedsprojektet offentliggøres i løbet af efteråret, hvor det er muligt at se mere detaljeret hvordan fodringen tænkes foretaget. Håber det går godt hos jer. God fornøjelse med Spodsbjerg, det er jo et spændende projekt.

Med venlig hilsen

Christian Helledie
Projektchef, MSc.
Coastal Engineering
Marine Anlæg og Geoteknik

NIRAS,
Sortemosevej 19
3450 Allerød
Danmark
www.niras.dk

M: +45 6026 1879

E: chld@niras.dk

6 Referencer

- Ref. 1 **COWI A/S**
Kystbeskyttelse, Hundested Havn til Linesvej, Vedligehold og forstærkning, Projektbeskrivelse
August 1998.
- Ref. 2 **Kystdirektoratet**
Højvandsstatistikker 2017
2017.
- Ref. 3 **KDI**
Guidelines for klimatilpasning i kystområder
.

Appendix A Projektet fra 1998