



Juni 2016

---

DISPOSITIONSFORSLAG TIL RENOVERING AF  
SKRÅNINGSBESKYTTELSE UD FOR VILLAVEJ VED HOV

---

**PROJEKT**

Kystbeskyttelse ved Hov  
Naturstyrelsen, Søhøjlandet og Odder Kommune

---

Projekt nr. 224363  
Dokument nr. 1219340079  
Udarbejdet af kaje  
Kontrolleret af jad  
Godkendt af dgp

---

---

**INDHOLD**

<b>1</b>	<b>Indledning.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Konklusion .....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Kysttekniske forhold .....</b>	<b>4</b>
3.1	Historisk udvikling af kysten.....	4
3.2	Seneste udvikling af Kysten fra Spøttrup Strand til Hov Havn .....	6
3.3	Stormhændelse 22. november 2015 .....	11
3.4	Den beskadigede skråningsbeskyttelse .....	12
3.5	Skade på skråningsbeskyttelsen .....	16
3.6	Analyse af sedimentprøver .....	16
<b>4</b>	<b>Designforudsætninger .....</b>	<b>18</b>
4.1	Udløb .....	18
4.2	Strøm .....	19
4.3	Vind.....	19
4.4	Vandstand.....	19
4.5	Bølger .....	20
<b>5</b>	<b>Løsningsforslag .....</b>	<b>21</b>
5.1	Beskrivelse.....	21
5.2	Skitse-mæssig dimensionering .....	23
5.2.1	Høfder .....	24
5.2.2	Skråningsbeskyttelse .....	25
5.2.3	Sandfodring.....	26
5.2.4	Kompensationsfodring .....	27
5.3	Prisestimat .....	27
<b>6</b>	<b>Referencer .....</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>Bilag .....</b>	<b>29</b>

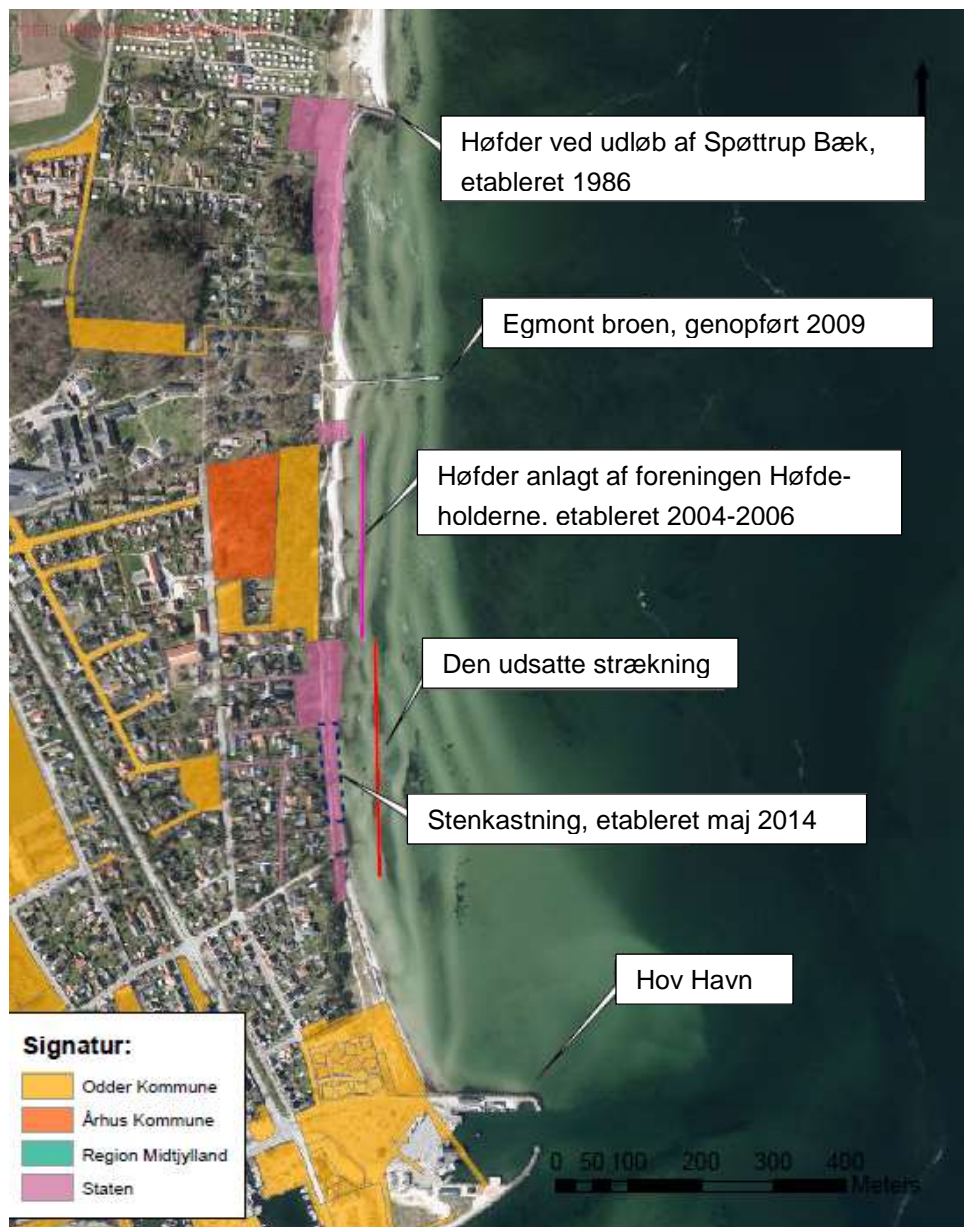
## 1 INDLEDNING

Naturstyrelsen, Søhøjlandet (NST) og Odder Kommune (OK) har anmodet NIRAS om at vurdere skaderne på en skråningsbeskyttelse ud for Villavej i Hov og udarbejde et forslag til en helhedsløsning for strækningen fra Spøttrup Bæk og til Hov Havn. Skråningsbeskyttelsen blev anlagt i maj 2014. Efter en række storme fra nordøst med samtidigt højvande blev skråningsbeskyttelsen ødelagt (Figur 1-1) i 2015.



Figur 1-1 Skader på skråningsbeskyttelsen, der beskytter en kyststi. Billede taget 21-04-2016 (foto: NIRAS).

Skråningsbeskyttelsen er en del af en samlet beskyttelse af stranden fra Spøttrup Bæks udløb til Hov Havn og den bagvedliggende kyststi (Figur 1-2).



Figur 1-2 Oversigtstegning over kystbeskyttelsen fra Spøttrup Bæk til Hov Havn (Kort udleveret af Odder Kommune).

Med udgangspunkt i et opstartsmøde og besigtigelse af kysten d. 21-04-2016 er der foretaget en vurdering af skadernes omfang og udarbejdet en skitse til renovering af skråningsbeskyttelsen. Skitsen tager udgangspunkt i en helhedsvurdering af den samlede beskyttelse fra Spøttrup Bæk's udløb til Hov Havn.

Det er hensigten, at skitsen kan danne grundlag for en efterfølgende drøftelse mellem Naturstyrelsen, Søhøjlandet, Odder Kommune og Kystdirektoratet om vilkår og betingelser for løsning af beskyttelsen af stien og stranden generelt. Denne drøftelse ligger udenfor denne opgave.

Rapporten er udarbejdet i henhold til kontrakt indgået mellem Odder Kommune og NIRAS d. 18.03.2016.

---

## 2 KONKLUSION

Kysten ud for skråningsbeskyttelsen er udsat for erosion, som følge af kystbeskyttelsen længere mod nord. Erosionen startede med etablering af udløbet ved Spøttrup Bæk, og efterfølgende er stranden eroderet syd for. Dette skyldes, at sedimenttransporten fra nord blev afskåret pga. aflejringen nord for Spøttrup Bæk efter udløbets etablering. Efterfølgende blev der etableret høfder syd for udløbet, og disse har fastholdt stranden. Strandene er i dag begyndt at bygge op efterhånden som sandet igen er begyndt at vandre rundt om udløbet og bevæge sig mod syd.

På den sidste strækning ud for skråningsbeskyttelsen er der i dag erosion. Dette skyldes manglende sand fra nord. Derfor er der etableret en skråningsbeskyttelse i 2014 for at beskytte kyststien. Efterfølgende faldt skråningsbeskyttelsen delvist sammen under storme med højvande fra NØ.

Ønskes det at genopføre skråningsbeskyttelsen anbefales det at denne forstærkes og anlægges kystteknisk korrekt. Det betyder, at stenstørrelsen skal forøges, således at middelvægten bliver 500 kg (nuværende størrelse 30 kg), og at skråningsbeskyttelsen anlægges med hældning 1:2 (nuværende 1:1,5).

Yderligere indeholder forslaget en helhedsløsning for hele kysten mellem Spøttrup Bæk og Hov Havn. Helhedsløsningen indbefatter, at strækningen, som de nuværende høfder dækker, udvides med en mindre forlængelse af de to sidste eksisterende høfder, samt ved at etablere 2 mindre nye høfder med aftagende længde ud for skråningsbeskyttelsen.

I henhold til Kystdirektoratets nye administrationspraksis skal der foretages en initial sandfodring, således at skråningsbeskyttelsen pakkes ind i sand, og området mellem høfderne fyldes op. Løsningen sikrer mod erosion og underskæring af den renoverede skræntbeskyttelse.

Med tiden vil den naturlige sedimenttransport fra nord til syd bevirke, at stranden kan fastholdes og antageligt opbygges yderligere, mens den del af sedimenttransporten, som foregår på revlerne, vil fortsætte uforstyrret og blive aflejret ved Hov Havn.

Der er for genopførelsen af skråningsbeskyttelsen, anlæggelse af høfder samt sandfodringen udarbejdet et budgetoverslag. Det lyder samlet på 1,9 mio. kr. ekskl. moms (2,385 mio. kr. inkl. moms). Dette vil sikre en ensartet kyst på strækningen, og beskytte kyststien mod erosion på den udsatte strækning.

### 3 KYSTTEKNISKE FORHOLD

Kystens udvikling analyseres i dette afsnit på grundlag af historiske kort, en besigtigelse af kysten 21. april, 2016 sammen med Christian Kristensen, Odder Kommune, Dorte Wissendorff, Hov Fællesforum og Erik Hviid, Høfdeholderne samt en vurdering af kystens respons på de forskellige anlæg, der er opført de seneste 30 år på kyststrækningen.

#### 3.1 Historisk udvikling af kysten

Den aktuelle strækning er en del af en naturlig kystcelle, der strækker sig fra Dyngby Hage i nord til Hov Havn i syd (Figur 3-1).

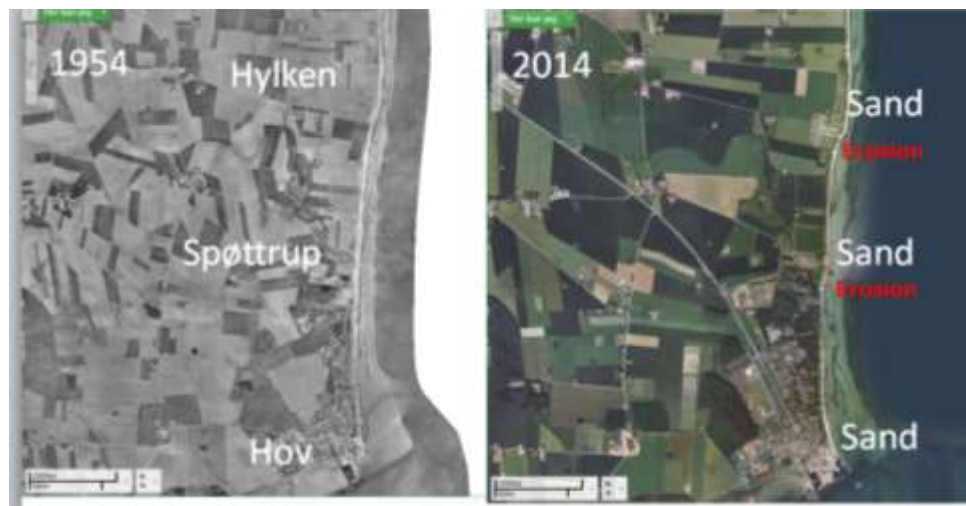
Sedimenttransporten er i gennemsnit sydgående på denne strækning, mens den er nordgående nord for Dyngby Hage (Figur 3-1). Indenfor den sydlige kystcelle vil indgreb i de fysiske forhold således ikke påvirke forholdene i kystcellen nord for.

Ved Hylken Strand sker der en opbremsning af den sydgående transport og en tilsanding.



Figur 3-1 Overordnet kystcelle inddeling og sedimenttransportretninger (NIRAS Ortofoto 2014).

Længere mod syd ud for Spøttrups Bæk's udløb har sikringen af udløbet med en dobbelthøfde i 1986 skabt en langstrakt sandaflejrning nord for udløbet (Figur 3-2).

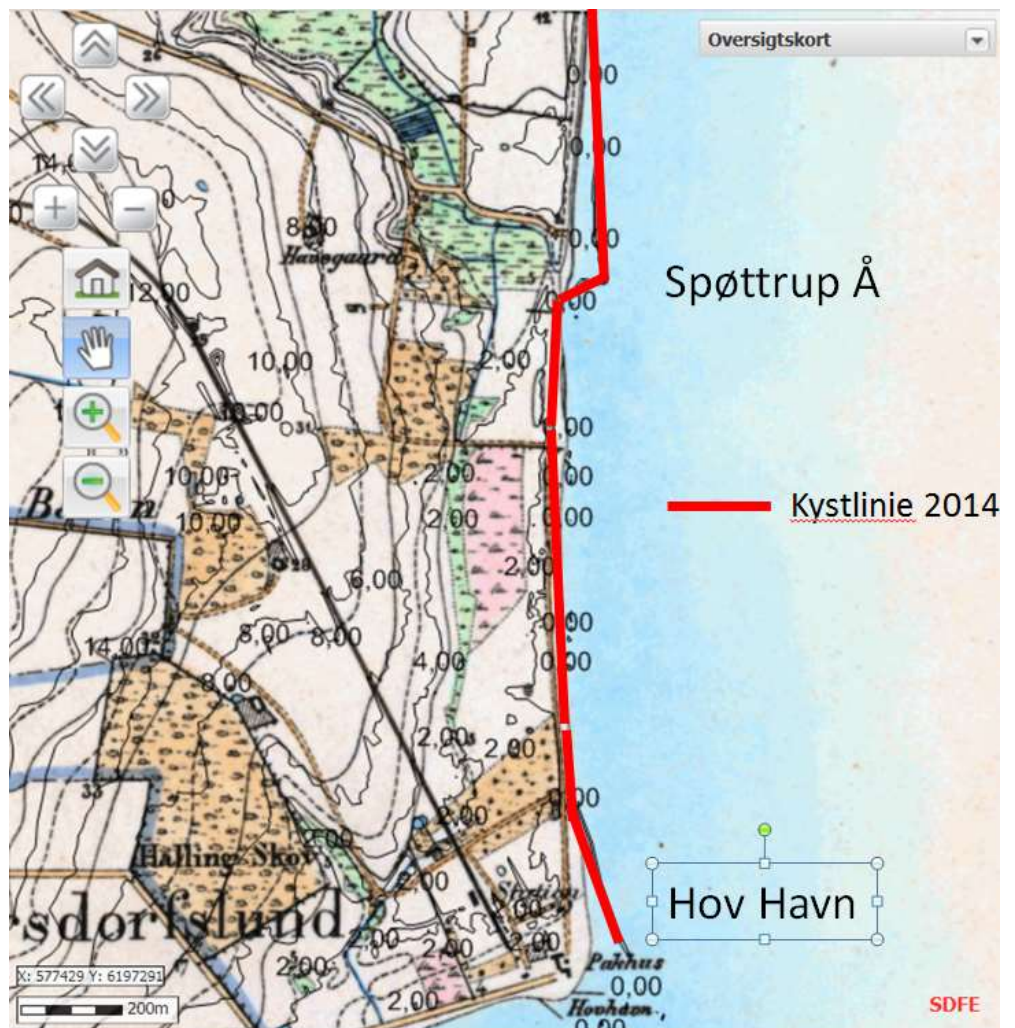


Figur 3-2 Sammenligning af kysten fra 1954 til 2014. Der er aflejret sand ud for Hylken og Spøttrup Bæk samt Hov Havn og sket mindre lokale erosioner lige syd for de pågældende to førstnævnte lokaliteter (kilde: Miljøportalen).

Går vi endnu længere tilbage i historien, viser en sammenligning af den nuværende kyst med kysten fra 1874, at kysten over de sidste ca. 140 år er rykket 50 m og 100 m frem henholdsvis lige nord for Spøttrup Bæk's udløb og nord for Hov Havn, mens kysten mellem de to lokaliteter er rykket 20 m tilbage (Figur 3-3) svarende til 0,15 m/år. Dette benævnes i kystteknisk henseende for den kroniske erosion.

Fremrykningen indikerer en sydgående sedimenttransport på hele strækningen af en vis størrelse, som nærmere estimeres i det næste afsnit. Fra 1995 og til 2014 er tilbagerykningen (baseret på orto foto) accelereret som følge af det sediment som fanges af konstruktionerne nord for skråningsbeskyttelsen.





Figur 3-3 Historisk udvikling af kysten fra slutningen af 1800 tallet til 2014 (kilde: Høje Målebordsblade og NIRAS Ortofoto fra 2014).

### 3.2 Seneste udvikling af Kysten fra Spøttrup Strand til Hov Havn

Opstrøms Spøttrups Bæk er der, som omtalt ovenfor, sket er stor tilsanding, som har skabt en bred badestrand nord for udløbet (Figur 3-4).



Figur 3-4 Udløbet af Spøttrup Bæk. Venstre: Tilsanding nord for bygværket (Spøttrup Strand). Højre: Dobbeltthøfden, der sikrer mod tilsanding af udløbet. Billeder taget 21-04-2016 (foto: NIRAS).

Efter anlægget af dobbelthøfden ved Spøttrup Bæk blev en del af den sydgående sandtransport tilbageholdt, hvilket forårsagede en generel erosion af hele kysten fra bækkens udløb til Hov Havn.

1995                      1999                      2010                      2014



Figur 3-5 Tilsanding ved Spøttrup Strand efter anlæg af høfde i 1986. (Kilde: Miljøportalen).

Før høfden blev bygget forløb revlerne parallelt med kysten uden afbrydelse (Figur 3-2). Efter udbygningen sker der en gradvis aflejring af sand nord for høfden (Figur 3-5). Først i 2014 er det parallelle uforstyrrede revleforløb forbi udløbet genskabt.

Fra 1986 til 1995 er kysten lige nord for revlen rykket ud med ca. 25 m over en 300 m strækning. Hvis høfden af tilsandingen er ca. 3 m, så vil det betyde en aflejring på  $22.500 \text{ m}^3$ , svarende til en gennemsnitlig tilvækst over de ni år med  $2.500 \text{ m}^3$ . Fra 1995 og til 1999 er det sket en yderligere udflytning på ca. 20 m, hvilket svarer til en gennemsnitlig årlig tilvækst på  $4.500 \text{ m}^3$ . En større del af materialet passerer forbi høfden ved højvande og bølger fra NØ, så alt i alt må der forventes en samlet materiale transport i størrelsesordenen  $5-10.000 \text{ m}^3$  pr år.



Figur 3-6 Høfder syd for dobbelthøfden ved Spøttrup Bæk. Billede taget 21-04-2016 (foto: NIRAS).

Syd for dobbelthøfden anlagdes tre høfder til at reducere læsideerosionen (Figur 3-6). Disse høfder er fyldt med sandmateriale.

I 2009 blev Egmont broen (Figur 3-7) genopført, og den har reduceret transporten af sand tæt på kysten mod syd i en årrække. Egmont broen har samlet både sand fra syd og fra nord.

I 2014 forløber revlerne frit forbi Egmont høfden, og dens blokerende virkning er derfor reduceret væsentligt, eftersom der er fyldt op med sand ved brofæstet.



Figur 3-7 Egmont broen, som blev genopført i 2009. Billede taget 21-04-2016 (foto: NIRAS).

Høfdernes og broens anlæg og tilsanding udsultede kysten syd for broen i årene efter anlægget. Derfor anlagdes 5 høfder længere mod syd til at opsamle sand, som passerede broen (Figur 3-8).



Figur 3-8 Høfder anlagt af Høfdeholderne fra 2004 til 2012. De sidste tre høfder blev afkortet for at reducere læsideerosionen mod syd. Billeder taget 21-04-2016 (foto: NIRAS).

Antallet af høfder var oprindeligt planlagt således, at de dækkede kysten langs den beskadigede skråningsbeskyttelse.

Naturstyrelsen ønskede imidlertid ikke kysten beskyttet med hølfer dengang, men ville se tiden an for bedre at vurdere behovet.

Mens disse hølfer blev fyldt med sand, er der sket en læsideerosion syd herfor ud for skråningsbeskyttelse (Figur 3-9).



Figur 3-9 Udviklingen af hølferne opført af Hølferholderne fra 2006 til 2014. Hølferne har samlet sand og givet anledning til læsideerosion syd for den sidste hølfe. Der kan overvejes at forlænge de sydligste korte hølfer (vist med blå farve) og supplere med to ekstra hølfer med aftagende længde mod syd. Hølferne fyldes op med groft sand (gul punkteret linje) for at reducere læside erosionen (kilde NIRAS kort og Miljøportalen).

Den sydgående transport har i det store hele fyldt op mellem hølferne, således at disses blokerende virkning i dag er reduceret. Hølferne vil naturligvis fortsat reducere transporten inde i opskylszonen, men den større generelle transport er nu nået hen til skråningsbeskyttelsen.

Det betyder, at det må forventes, at en forlængelse af de sidste to hølfer samt to nye hølfer (Figur 3-9) vil øge strandbredden og dermed sikre en renoveret skråningsbeskyttelse mod underskæring.

---

### 3.3 Stormhændelse 22. november 2015

Skråningsbeskyttelsen har, siden den blev anlagt, oplevet flere stormhændelser. Om en stormhændelse er kritisk afhænger af kombinationen af bølger, vandstand og varighed.

Et eksempel på en kombination af bølger og højvande, som gør, at bølgerne når skråningsbeskyttelsen ses på Figur 3-10. Yderligere ses skader på stien som følge af bølgeoverskyl. Denne hændelse vurderes at være under designhændelsen, som fastsættes i afsnit 4.



Figur 3-10 Stormhændelse ved skråningsbeskyttelse d. 22. november 2015. (Foto: Dorte Wissendorff).

Efterfølgende blev der konstateret skader på skråningsbeskyttelsen. Et eksempel på disse, fremgår af Figur 3-11, hvor mindre sten er trukket ud fra skråningen og ligger foran samt erosionsskår i stien.



Figur 3-11 Skader på skråningsbeskyttelsen efter stormhændelse den d. 22. november, 2015. Stenene er trukket ud af skråningsbeskyttelsen, og der er erosionskår i stien (Foto: Dorte Wissendorff).

### 3.4 Den beskadigede skråningsbeskyttelse

Skråningsbeskyttelsen er beliggende syd for Høfdeholdernes høfder (Figur 3-12).



Figur 3-12 Høfdeholdernes sydligste høfder inden skråningsbeskyttelsen, som ses i baggrunden. Billede er taget 21-04-2016 (Foto: NIRAS).

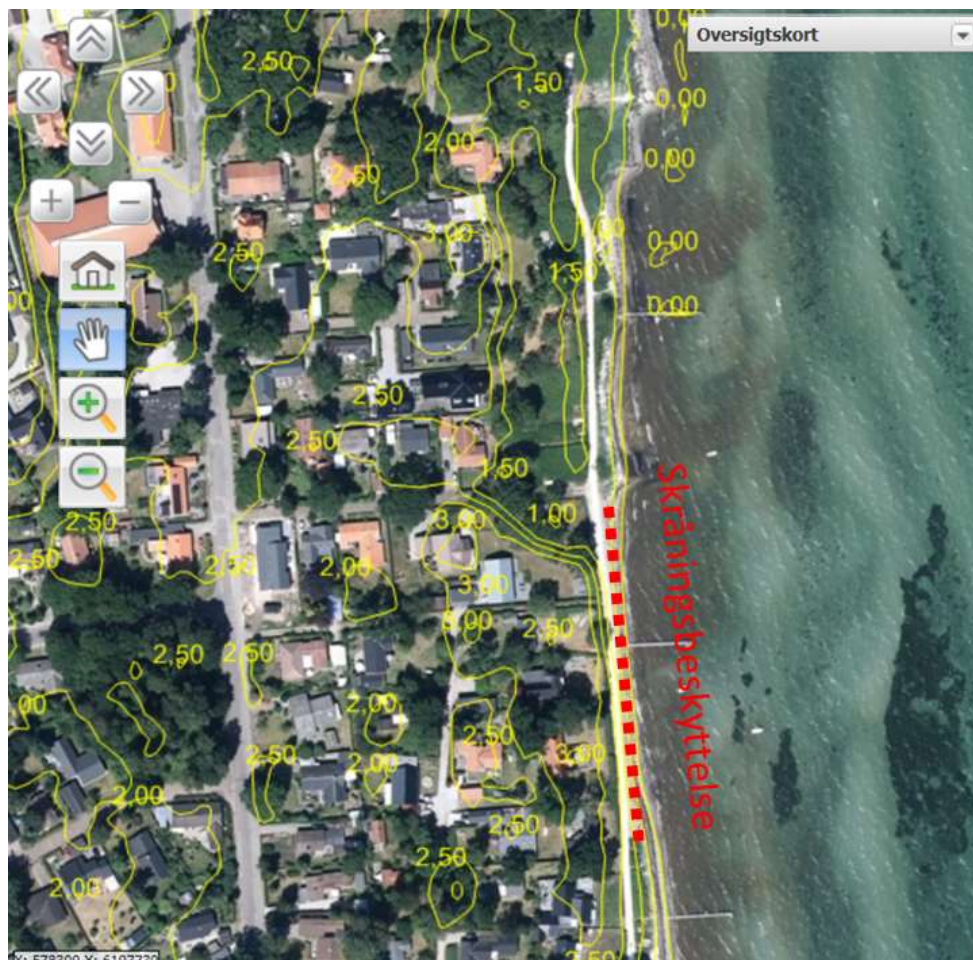
Skråningsbeskyttelsen sikrer den bagvedliggende sti (Figur 3-13) og pynt (Figur 3-14) mod erosion og oversvømmelse.



Figur 3-13 Sti beskyttet af skråningsbeskyttelsen. Billede taget 21-04-2016 (Foto: NIRAS).

Topkoten på stien falder fra ca. +1,75 m (DVR90) i den sydligste ende ned til ca. kote +1,25 m (DVR90) i den nordlige ende (Figur 3-14). Den er afgrænset af en mindre vold ind mod de private grunde (Figur 3-15).

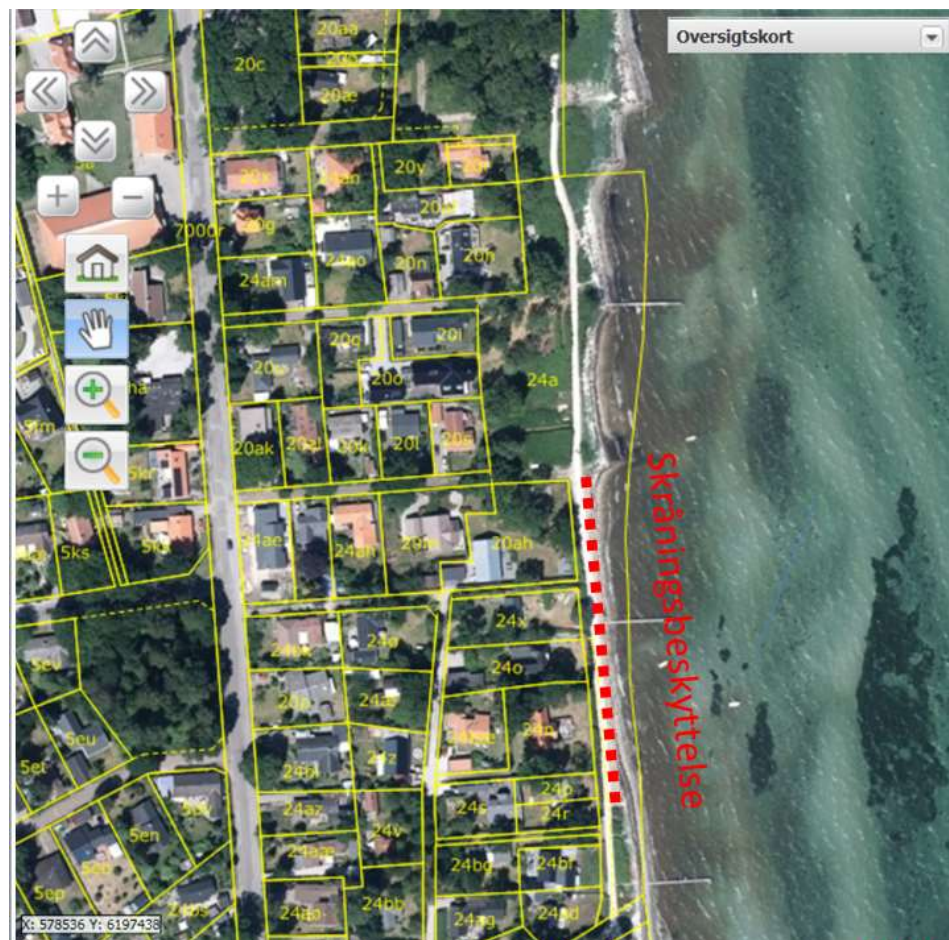




Figur 3-14 Højdeforhold ved skråningsbeskyttelsen (Kilde: NIRAS Højdemodel).

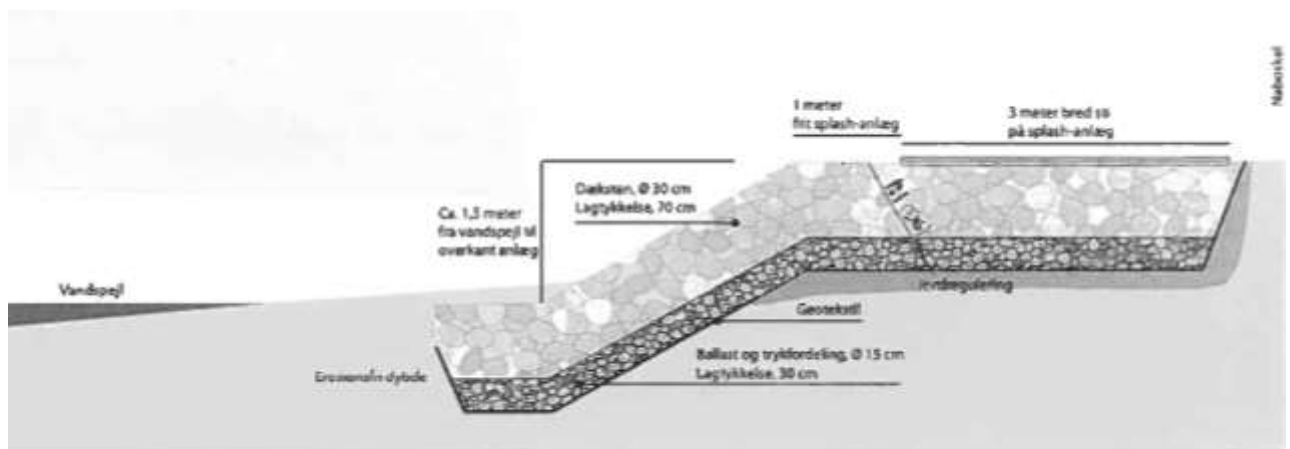
Skråningsbeskyttelsen er beliggende på Naturstyrelsens matrikel 24a (Figur 3-15).

Stiens og skråningsbeskyttelsens placering ligger fast, da der under høringen i forbindelse med etableringen af den nuværende skråningsbeskyttelse, var et ønske om ikke at ændre topkoten på skråningsbeskyttelsen og dermed stiens beliggenhed.



Figur 3-15 Matrikulære forhold langs skråningsbeskyttelsen (Kilde: NIRAS matrikelkort).

Skråningsbeskyttelsen blev oprindeligt godkendt af Kystdirektoratet på grundlag af principsnittet, som ses på Figur 3-16. Den er opbygget af to til tre lag dæksten med en diameter på 30 cm med en hældning 1:1,5, beliggende på et 30 cm filterlag af sten med en diameter på 15 cm. Det ses, at der er etableret en tå foran konstruktionen med topkote i midlevandspejl, mens stiens topkote varierer mellem +1,75 m til +1,25 m (DVR90).



Figur 3-16 Principsnit for nuværende skråningsbeskyttelse (Kilde: Odder kommune).

### 3.5 Skade på skråningsbeskyttelsen

Skråningsbeskyttelsen har lidt skade under flere storme fra NØ med samtidigt højvande (Figur 3-17).



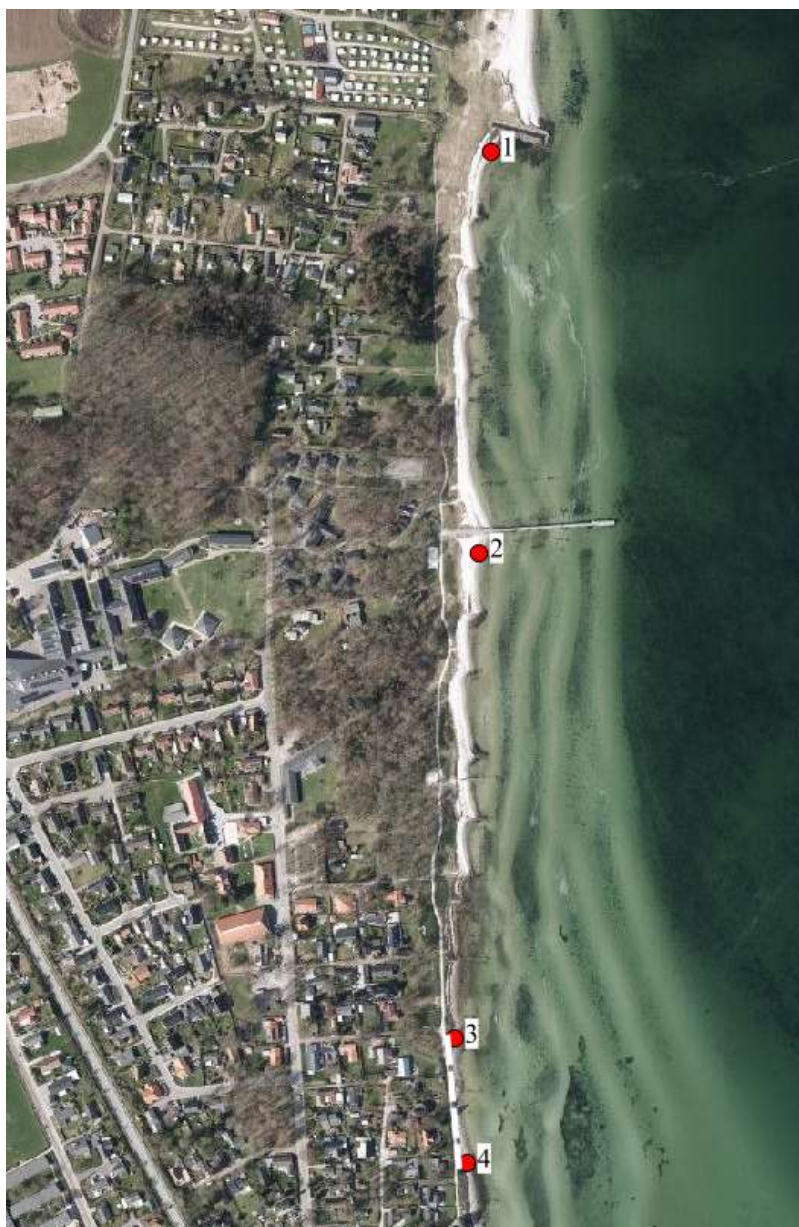
Figur 3-17 Billederne af den beskadigede skråningsbeskyttelse. Størrelsen på dækstenene varierer fra 15 cm til 50 cm. De store sten ligger oftest tilbage, mens de mindre små sten er suget ud af bølgerne. Stenenes middeldiameter vurderes at have været væsentligt under 30 cm. Billeder taget 21-04-2016 (Foto: NIRAS).

Årsagen til skaden skal søges i to hovedforhold: Stenene er generelt alt for små, mens graderingen er alt for stor. Højvande med bølger kan skabe bølgehøjder på 1,2 m, som vil kunne flytte rundt med alle sten mindre end ca. 50 cm.

Den store mængde af sten på 20 cm vil hurtigt blive trukket ud mellem de store sten og undergrave underlaget, hvorefter de store sten også vil rulle ned.

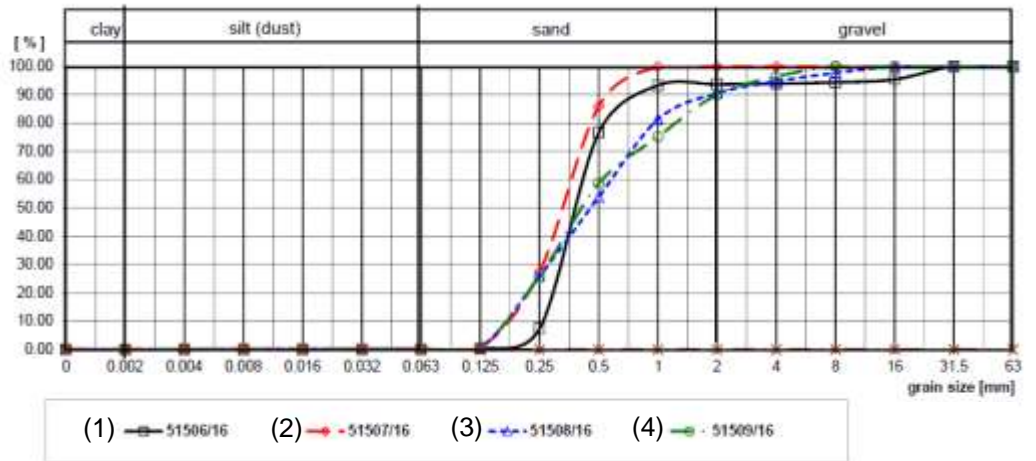
### 3.6 Analyse af sedimentprøver

Der er på strækningen fra Spøttrup Bæk til Hov Havn udtaget 4 sedimentprøver med henblik på en analyse af kornstørrelsesfordelingen. Prøverne er udtaget (ved udløbet, Egmont molen samt lige nord og syd for skråningsbeskyttelsen).



Figur 3-18: Kortet viser hvor at de fire sedimentprøver er udtaget.

Sandet er finere ved lokalitet 1 og 2 og grovere ved lokalitet 3 og 4. Yderligere er kornkurven mere stejl ved lokalitet 1 og 2 end ved lokalitet 3 og 4. Dette viser at sandet er lidt grovere ved skråningsbeskyttelsen og det formegentligt skyldes at den finere fraktion er vasket bort.



Figur 3-19: Kornstørrelsesfordeling ved de fire prøver. Nummeret til venstre viser prøvens nummer på Figur 3-18 og nummeret til højre er prøvens nummer i bilag 1.

## 4 DESIGNFORUDSÆTNINGER

Designforudsætninger præsenteres i dette kapitel.

### 4.1 Udløb

Der er i skråningsbeskyttelsen en enkelt brønd og tilhørende udløb. Længere mod nord ved høfderne er der et andet udløb. Disse er de eneste udløb, som er markeret på strækningen.



Figur 4-1 Kort over afløbsledninger og udløb langs kysten (Kilde: Odder Kommune).

#### 4.2 Strøm

Strøm vurderes ikke at være den dominerende faktor for dimensioneringen af skråningsbeskyttelsen.

#### 4.3 Vind

Til beregningen af den dimensionsgivende bølgehøjde anvendes en vindstyrke,  $U_{10}$  på 21 m/s i 10 meters højde på baggrund af (Cappelen & Jørgensen, 1999).

#### 4.4 Vandstand

Vandstanden ved Hov er bestemt i Klimatilpasningsplan for Odder Kommune (Odder Kommune, 2015 (April)). Her angives en vandstand for henholdsvis en 20 og 50 årshændelse til 1,44 m (DVR90) og 1,54 m (DVR90) i 2014. Der benyttes i det følgende en designvandstand på 1,5 m (DVR90). Der tages ikke højde for klimaforandringer i form af øget vandstand, selvom stenkastninger normalt har en levetid, hvor der må forventes en øget ændring havspejlet. Dette skyldes, at der på et senere tidspunkt skal iværksættes en helhedsløsning for klimatilpasning i Hov.

## 4.5 Bølger

Til at bestemme bølgehøjden foran konstruktionen benyttes en fritstræk beregning efter Sverdrup-Munk og Bretschneiders model for lavt vand se evt. (US Army Corps of Engineers, 2002). Forudsætninger og resultatet af beregningerne ses i Tabel 4-1. Der er for bølgeretningerne 30° og 60° benyttet en vandstand på +1,5 m (DVR90) og for 90° og 110° en vandstand på +0,5 m (DVR90), da særligt højvande forventes i forbindelse med storme fra nordvest og som siden drejer i nordøstlig retning.

Retning [°]	Vandstand DVR90 [m]	Estimeret gennemsnitsdybde [m]	Frit stræk [m]	$U_{\text{vind}}$ [m/s]	$H_s$ [m]	$T_p$ [s]
30	1,5	12	28.000	21	2,1	5,1
60	1,5	10	10.000	21	1,4	3,8
90	0,5	15	21.000	21	2	4,8
110	0,5	10	20.000	21	1,8	4,6

Tabel 4-1: Fritstræk bølgeberegning ved kyststi i Hov.

Bølgehøjderne i Tabel 4-1 beskriver bølgerne, som kan opbygges over det frie stræk og for de estimerede gennemsnitsdybder. Da det sidste stykke inden kysten er relativt lavvandet og består af flere revler, vurderes det, at bølgerne vil være dybdebegrænsede. Da bølgerne vil bryde første gang på revlerne længere ude, vurderes det, at en designbølgehøjde på ca. 1,2 m en bølgelængde foran konstruktionen, svarende til et brydningsindeks (bølgehøjde divideret med dybden) på knap 0,6, er passende.



Figur 4-2: De frie stræk som er benyttet i Tabel 4-1.

## 5 LØSNINGSFORSLAG

For at opnå tilladelse fra Kystdirektoratet anbefaler NIRAS, at beskyttelsen udformes som afslutning på en helhedsløsning for beskyttelsen af hele strækningen fra Spøttrup bæk til Hov Havn. Dette er vigtigt da de nuværende problemer stammer fra etableringen af udløbet ved Spøttrup bæk. Efterfølgende er der etableret kystbeskyttelse mod syd efterhånden som stranden mod syd er forsvundet på grund af den manglende tilførsel af sand fra nord. Problemet er nu nået til den sidste del af strækningen og derfor skal løsningen indgå som en helhed, således at kysten bliver ensartet ned til at aflejringen nord for havnen starter og en løsnings for hele strækningen opnås.

### 5.1 Beskrivelse

NIRAS' forslag til sikring af skråningsbeskyttelsen går derfor ud på at lave en helhedsløsning for strækningen nord for Hov Havn, således at der etableres en



ensartet løsning på hele strækningen. Helhedsløsningen indeholder 3 delelementer.

Første delelement er, at den nuværende række af høfder syd for Spøttrup Bæk og Egmont molen fortsættes, indtil høfderne når aflejringen nord for Hov Havn. Dette vil sikre en strand, som vil beskytte det bagvedliggende område mod bølgepåvirkning og sikre mod underskæring af skråningsbeskyttelsen. De to nordlige høfder er to eksisterende som udbygges og de to sydlige er nye.

Andet delelement er en reetablering af den eksisterende skråningsbeskyttelse, men anlagt efter kysttekniske principper således, at den kan modstå bølgepåvirkning under højvande fra NØ.

Tredje delelement er en sandfodring mellem de nyetablerede høfder og over skråningsbeskyttelsen, således at den tildækkes, og stranden fremstår ensartet. Det vil reducere læsideerosion samt sikre en strand der beskytter mod underskæring af skråningsfod og reducere overskyllet fra bølgerne.



Figur 5-1 Plan over løsningsforslag med høfder, skråningsbeskyttelse og sandfodring. Se bilag 2 (tegning C3\_001).

Inden for den nuværende lovgivning kan skråningsbeskyttelsen reetableres som den oprindeligt var designet. Ændres der på designet, dvs. stenstørrelse, topkote, hældning med videre betragtes dette som et nyt anlæg og derfor skal der søges om tilladelsen til anlægget på ny.

Med virkning fra maj 2016 har kystdirektoratet ændret praksis, således at der i forbindelse nye anlæg stilles krav om at de skal være tildækkede med sand. Forsvinder sandet i forbindelse med en stormhændelse skal der efterfølgende tilføres sand igen således, at skråningsbeskyttelsen igen er tildækket. Den skal være tildækket med en mængde sand som svarer til 2 gange den akutte erosion, som kan forekomme under ekstreme storme.

---

Såfremt at bredden bliver mindre skal der tilføres sand igen så bredden bliver 2 gange den akutte erosion. Kystdirektoratet har ikke noget mål for den akutte erosion, men en størrelsesorden svarende til 8 gange den kroniske erosion kan forventes. Det betyder, at bredden af sandfodringen aldrig må blive mindre end 2,4 m. Yderligere skal sandfodringens topkote være en meter over skråningsbeskyttelsens topkote. Uden på dette sand placeres der igen en kompensationsfodring som skal svare til den kroniske erosion på 0,15 m/år.

De tre elementer i kystbeskyttelsen tjener hver sit formål. Skråningsbeskyttelsen skal beskytte stien mod ekstremhændelser. Høfderne skal sikre, at stranden foran skråningsbeskyttelsen og dermed mod underskæring af skråningsbeskyttelsen. Sandfodringen skal kompensere for den manglende sandtilførsel til sedimenttransporten fra erosion af kysten som følge af skråningsbeskyttelsen.

Som en del af projektet vil der på den sidste del af strækningen fra Spøttrup Bæk til Hov havn blive ryddet op i den eksisterende kystbeskyttelse, således at stranden får et ensartet udtryk med høfder og sandstrande. I dag skifter stranden udtryk mellem sand, sten og høfder på en del af strækningen og en sammenfaldet skråningsbeskyttelse med en smal sten-strand foran inden der igen kommer en bred sand strand.

## 5.2 Skitse-mæssig dimensionering

Høfder og skråningsbeskyttelse dimensioneres efter the Rock Manual (CIRIA, CUR, CETMEF, 2007 (reprinted 2012)). Skråningsbeskyttelsen vil blive udsat for mindre bølgepåvirkning end høfderne, dog anlægges høfderne med en lav kronkote, således at en del af bølgeenergien kan passere over ved kombineret bølger og højvande.

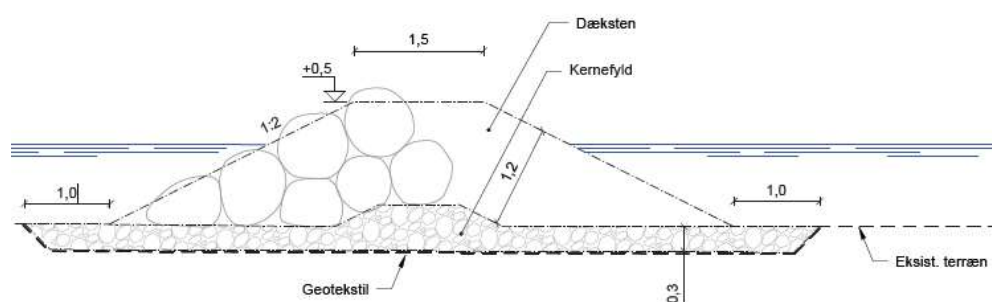
Skråningsbeskyttelsen og høfder er dimensioneret efter Van der Meer's formel, med et Van der Meer's skadesniveau,  $S_d = 2$ . Koefficienterne,  $C_{pl}$  og  $C_s$ , sættes til gennemsnitsværdierne, hvilket betyder, at der er 50 % sandsynlighed for, at Van der Meer's skadesniveauet overskrides for en given designhændelse. Dette er værdier, der typisk anvendes til stenkonstruktioner. For at korrigerer for anvendelse af delvist runde sten korrigeres  $C_{pl}$  med 0,95, og for  $C_s$  er der ingen korrektion. Yderligere anvendes en teoretisk permeabilitet,  $P = 0,1$  for skråningsbeskyttelsen, da konstruktionen ikke er permeabel. For høfderne anvendes en teoretisk permeabilitet på  $P = 0,4$ , da konstruktionerne er permeable.

Endelig fastsættes forholdet mellem dæksten og kernemateriale  $D_{n50a}/D_{n50c} = 3,2$  for høfderne og  $D_{n50a}/D_{n50f} = 4,5$  for skråningsbeskyttelsen, hvor  $D_{n50}$  er den nominelle stenstørrelse (antager en kubisk sten), og indeks a er dæksten, f er filter og k er kernemateriale. Overholdes disse forhold, er filterkriterierne (beskrevet af (Thomsen & Shuttler, 1976)) automatisk overholdt, hvilket sikrer imod en udvaskning af finere materiale fra de nedre lag gennem de øvre lag. Tykkelsen af filterlaget i skråningsbeskyttelsen sættes til 30 cm svarende til 0,5  $D_{n50a}$ . Endelig sikres skråningen med en geotekstil, således at denne ikke vaskes ud gennem konstruktionen.

Den teoretiske tykkelse af de enkelte lag er bestemt ud fra den antagelse, at stenene er kubiske. I dæklaget placeres stenene i to lag, og i filterlaget placeres der tre sten. De faktiske tykkelser af lagene vil være større, da stenene ikke vil være kubiske.

### 5.2.1 Høfder

Figur 5-2 viser et tværsnit af høfderne. Da høfden er lille, er der kun dæksten samt et kernelag oven på en geotekstil. Kernematerialet graves 0,5 m ned under terræn og går ud under dækstene som en tå. Dette sikrer mod underskæring af konstruktionen. Længden af høfderne sættes til 15 m ligesom Høfdeholdernes nuværende høfder, dog vil den sidste høfde kun være 10 m for at nedtrappe påvirkningen fra høfderne.



Figur 5-2 Tværsnit af høfde. Se bilag 3 (tegning C3\_002).

I Tabel 5-2 ses stenstørrelsen for dæksten og kernematerialet for høfderne.

Stenbetegnelse	M <sub>50</sub> [kg]	NLL [kg]	NUL [kg]	D <sub>N50</sub> [m]
Dæksten	500	200	750	0,57
Filtersten	4	15	30	0,13

Tabel 5-1 Stenklasser for høfder. M<sub>50</sub> er middelvægten. NLL er nominal laveste grænse svarende til maksimalt 10 % passage efter vægt. NUL er nominal øvre grænse svarende til minimum 70 % passage efter vægt. D<sub>N50</sub> er den nominelle diameter hvor det antages at stenen er kubisk for 50% passage efter vægt ved en sigtning.

I Tabel 5-2 er de bestemte stenmængder og skønnede enhedspriser. Her er det antaget, at dybden er -0,5 m. I en senere fase kan en opmåling af bunden give mulighed for en bedre fastsættelse af mængderne. Da der skal anvendes meget små mængder kernemateriale, er det slået sammen med dækstenene, da en højere pris må forventes pga. små mængder.

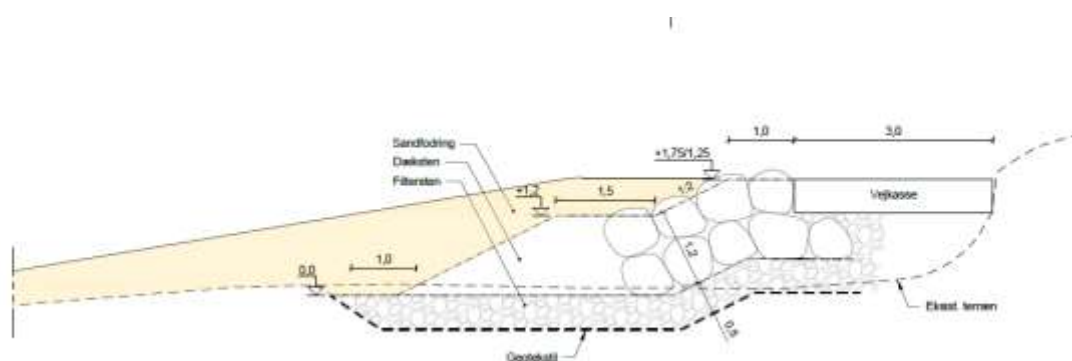
Stenbetegnelse	Stenmængder	Enhedspriser
----------------	-------------	--------------

	[m <sup>3</sup> ]	ekskl. moms [kr./m <sup>3</sup> ]
Dæksten og kernesten	220	700
	Mængde [m <sup>2</sup> ]	enhedspriser ekskl. moms [kr./m <sup>2</sup> ]
Geotekstil	400	50

Tabel 5-2 Stenmængder og skønnede enhedspriser hølfer.

### 5.2.2 Skråningsbeskyttelse

Figur 5-2 viser et tværsnit af skråningsbeskyttelsen. Denne består af dæksten, filtersten og en geotekstil oven på det eksisterende terræn. Skråningsbeskyttelsen har en hældning 1:2 for at sikre stabiliteten. Foran skråningsbeskyttelsen placeres en tå i både dæksten og filtersten, som det fremgår af Figur 5-3. For at reducere overskyl på selve skråningsbeskyttelsen hæves oversiden af tåen til kote +1,25 m (DVR90), og under tåen går filtermaterialet ud. I enderne drejes dækstenene ind, således at skråningsbeskyttelsen sikres mod bagskæring.



Figur 5-3 Tværsnit af hølfe. Se bilag 3 (tegning C3\_002)

I Tabel 5-3 ses stenstørrelsen for dæksten og filtersten i Skråningsbeskyttelsen.

Stenbetegnelse	M <sub>50</sub> [kg]	NLL [kg]	NUL [kg]	D <sub>N50</sub> [m]
Dæksten	500	200	750	0,57
Kernemateriale	6	2	15	0,13

Tabel 5-3 Stenklasser for skråningsbeskyttelsen. M<sub>50</sub> er middelvægten. NLL er nominal lower limit svarende til maksimalt 10 % passage efter vægt. NUL er nominal upper limit svarende til minimum 70 % passage efter vægt. D<sub>N50</sub> er den nominelle diameter hvor det antages at stenen er kubisk for 50% passage efter vægt ved en sigtning.

I Tabel 5-4 er de bestemte stenmængder og skønnede enhedspriser for skråningsbeskyttelsen. Da der skal anvendes meget små mængder, må der forventes en højere enhedspris. Yderligere er der specificeret to typer materiale. Den ene er "nye", som betyder nyindkøbte materialer og indbygning af disse. Den anden er "genbrug", som betyder, at de eksisterende sten tages op, sorteres og genindbygges. Det vurderes, at der i den nuværende skråningsbeskyttelse er 20 % af de nødvendige dæksten og 40 % af de nødvendige filtersten til den nye skråningsbeskyttelse. Det skal understreges, at der er tale om et skøn og ikke en optælling, og derfor er der noget usikkerhed om disse mængder.

Stenbetegnelse	Stenmængder [m <sup>3</sup> ]	Enhedspriser ekskl. moms [kr./m <sup>3</sup> ]
Dæksten (nye)	680	700
Filtersten (nye)	180	700
Dæksten (genbrug)	170	300
Filtersten (genbrug)	120	300
	Areal [m <sup>2</sup> ]	enhedspriser ekskl. moms [kr./m <sup>2</sup> ]
Geotekstil	1100	50

Tabel 5-4 Stenmængder og skønnede enhedspriser for skråningsbeskyttelsen

### 5.2.3 Sandfodring

Det anbefales at foretage en initialfodring, således at skråningsbeskyttelsen og høfderne fyldes op med sand. Dette vil forstærke hele anlægget og reducere mod en evt. risiko for læside erosion. Til initialfodringen bør der anvendes sand med en relativ stor kornstørrelse. Dette vil sikre, at sandet bliver liggende i længere tid, da sedimenttransporten reduceres i forhold til en mindre kornstørrelse.

Det vurderes, at der skal lægges sand fra kote +0 m (DVR90) til kote +1,75 m så det ligger med anlæg 1:8. I Tabel 5-5 er mængde og enhedspriser vist. Bemærk, at på grund af de små mængder, skal sandet køres til, hvilket sammen med den relative store kornstørrelse giver anledning til den høje enhedspris.

Stenbetegnelse	mængder [m <sup>3</sup> ]	enhedspriser ekskl. moms [kr./m <sup>3</sup> ]
Sandfodring	1300	400

Tabel 5-5 Mængde og enhedspriser for sandfodring.

Den foreslåede sandfodring opfylder Kystdirektoratets krav om tildækning af ny skråningsbeskyttelse med sand.

Der var på opstartsmødet en drøftelse omkring nyttiggørelse af materialet, som opgraves i forbindelse med uddybning af sejlrenden til Hov Havn. Der er på nuværende tidspunkt ikke nogen information om den typiske kornstørrelsesfordeling i det opgravede materiale. Umiddelbart betragtet forventes det at materialet vil have en høj fraktion af finere materiale, som hurtigt vil udvaskes fra stranden. Det foreslås derfor at gennemføre en nærmere analyse af mængder og sandkvalitet med henblik på at undersøge om det er rentabelt at genbruge oprensningsemængderne til sandfodring.

#### 5.2.4 Kompensationsfodring

Med etableringen af høfderne vil stranden sammen med den naturlige tilførsel af sand fra nord være i naturlig kystmorfologisk ligevægt med de marine kræfter. Det vurderes derfor ikke nødvendigt at udføre egentlige kontinuerte kompensationsfodringer efter den første initialfodring.

Yderligere vil sandet fra kontinuerte kompensationsfodringer formegentligt ende ved havnen, da sandet vandrer fra nord mod syd og med tiden øge tilsanding af havnen.

### 5.3 Prisestimat

I bestemmelse af priserne (ekskl. moms) er de tre delelementer angivet hver for sig, og til sidst lægges de sammen. For hvert delelement er der tillagt et beløb til anstilling på 10% af anlægssummen og rådgiver på 15 % af anlægssummen. I dette tilfælde er rådgiverhonoraret hævet da helhedsløsningen består af tre forskellige delelementer og for høfder er den mere end 15 % da anlægssummen er lille. Yderligere er der lavet et budgettillæg på 25 % af den samlede sum (anlægssum + anstilling + rådgiver). I denne opstilling er rådgiver og anstilling delt ud på de tre delelementer, men det er antaget, at alle dele udføres samtidigt, således at projektet opnår en vis størrelse. Priserne er givet i Tabel 5-6 til Tabel 5-8. Den samlede sum ekskl. moms er givet til 1.900.000 kr. og 2.385.000 med moms.

Emne	Pris (ekskl. moms) [kr.]	Pris (inkl. moms) [kr.]
Høfder	150.000	-
Anstilling	20.000	-
Rådgiver	30.000	-
Usikkerhed (25%)	50.000	-
Total	250.000	320.000

Tabel 5-6 Budgetoverslag for anlæggelse af hølfer (afrundende priser).

Emne	Pris (ekskl. moms) [kr.]	Pris (inkl. moms) [kr.]
Skråningsbeskyttelse	520.000	-
Anstilling (10%)	50.000	-
Rådgiver (15%)	80.000	-
Usikkerhed (25%)	150.000	-
Total	800.000	1.000.000

Tabel 5-7 Budgetoverslag for renovering af skråningsbeskyttelse (afrundende priser).

Emne	Pris (ekskl. moms) [kr.]	Pris (inkl. moms) [kr.]
Sandfodring	550.000	-
Anstilling (10%)	50.000	-
Rådgiver (15%)	80.000	-
Usikkerhed (25%)	170.000	-
Total	850.000	1.065.000

Tabel 5-8 Budgetoverslag for anlæggelse af sandfodring (afrundende priser)

Den totale pris for projektet er givet i Tabel 5-9. Her ses det, at projektet vurderes at kunne gennemføres for kr. 1.900.000 og 2.385.000 med moms.

Emne	Pris (ekskl. moms) [kr.]	Pris (inkl. moms) [kr.]
Hølfer	250.000	320.000
Skråningsbeskyttelse	800.000	1.000.000
Sandfodring	850.000	1.065.000
Total	1.900.000	2.385.000

---

Tabel 5-9 Samlet anlægssum for hølfer, skråningsbeskyttelse og sandfodring, inklusiv anstilling, rådgiverhonorar og usikkerhed.

## 6 REFERENCER

Cappelen , J. & Jørgensen, B., 1999. *Observed Wind speeds and direction in Denmark - with climatological standard normals, 1961-90*, s.l.: Danish Meteorological Institute, Ministry of Transport.

CIRIA, CUR, CETMEF, 2007 (reprinted 2012). *The Rock Manual, The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition)*, s.l.: C683, CIRIA, London.

Odder Kommune, 2015 (April) . *Konkretisering af Odder Kommunes Klimatilpasningsplan, Forudsætning for udvalgte havvandstande*, s.l.: Grontmij A/S.

Thomsen, J. S. & Shuttler, R. M., 1976. Design of riprap slope protection against wind-wave attack. *CIRIA Report 61*.

US Army Corps of Engineers, 2002. *Coastal Engineering Manual*, s.l.: US Army Corps of Engineers.

## 7 BILAG

Følgende bilag er vedlagt rapporten.

Bilag 1 Kornkurver

Bilag 2 Tegning C3\_001 (Plantegning)

Bilag 3 Tegning C3\_002 (Snit i hølfe og skråningsbeskyttelse)