

JULI 2013
FAXE KOMMUNE

KLIMATILPASNING - KYSTBESKYTTELSE VED FAXE LADEPLADS

SKITSEFORSLAG

JULI 2013
FAXE KOMMUNE

KLIMATILPASNING - KYSTBESKYTTELSE VED FAXE LADEPLADS

SKITSEFORSLAG

PROJEKTNR.	A041817
DOKUMENTNR.	A041817-002
VERSION	2.0
UDGIVELSESDATO	29.07.2013
UDARBEJDET	JSTE/HSV
KONTROLLERET	JJU
GODKENDT	HSV

INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Besigtigelse	7
1.2	Forslag til kystbeskyttelse langs Strandvejen	8
1.3	Strandarealer ud for Strandvejen	8
2	Historik	9
2.1	Før år 2000	9
2.2	År 2001 – Indre Kyst projekt	12
2.3	År 2002	17
2.4	År 2003 – Etablering af stenkastning	19
2.5	År 2004 til 2010	20
3	Hydrauliske forhold	23
3.1	Generelt	23
3.2	Vandstand	24
3.3	Vind	25
3.4	Bølger	26
3.5	Design parametre	26
4	Tilstandsvurdering af kystkonstruktioner	28
4.1	Generelt	28
4.2	Stenkastningen	29
4.3	Støttemur	30
4.4	Faxe Å udløbet	33
5	Forbedringer af kystbeskyttelsen	34
5.1	Generelt	34
5.2	Alternativ 1	35
5.3	Alternativ 2	37

6	Strandareal ud for Strandvejen	40
6.1	Generelt	40
6.2	Partsfordeling	41
6.3	Sandleverance	43
6.4	Forslag 1: Strand uden konstruktioner	46
6.5	Forslag 2: Strand med høfder	49
7	Anbefalinger	54
8	Referencer	56

BILAG

Bilag A	Besigtigelse	57
A.1	Generelt	57
A.2	Områder	57
A.3	Besigtigelse d. 15. maj 2013	59
Bilag B	Tværsnit	77

1 Indledning

Center for Teknik & Miljø har, jf. aftale dateret 6. maj 2013, anmodet COWI om at udarbejde et nyt forslag til kystbeskyttelse langs Strandvejen og strandarealerne ud for Strandvejen. Forslaget indeholder:

- › En vurdering af den eksisterende kystbeskyttelse langs Strandvejen (vurdering af tilstand, vedligeholdelsesbehov og levetid),
- › En vurdering af konsekvenser af øget havvandstand og kraftigere storme for kystbeskyttelsen og strandarealerne, og
- › En vurdering af mulighederne for og forslag til kystbeskyttelse.

Kystbeskyttelsen består af både private og kommunale kystbeskyttelsesforanstaltninger. Det er alene de kommunale matrikler der er omfattet af følgende kystbeskyttelsesforslag præsenteret i nærværende rapport.

I det følgende beskrives de aktiviteter, der behandles i nærværende rapport.

1.1 Besigtigelse

COWI har sammen med Faxe Kommune foretaget en besigtigelse af kystbeskyttelsen i Faxe Ladeplads syd for Lystbådehavnen for at vurdere eventuelle skader på stenkastningen mv.

Formålet med besigtigelsen af kyststrækningen er at:

- › Vurdere den eksisterende kystbeskyttelse langs Strandvejen (vurdering af tilstand, vedligeholdelsesbehov og levetid),
- › Vurdere konsekvenser af øget havvandstand og kraftigere storme for kystbeskyttelsen og strandarealerne, og
- › Vurdere mulighederne for og forslag til kystbeskyttelse.

1.2 Forslag til kystbeskyttelse langs Strandvejen

På baggrund af besigtigelsen har COWI udarbejdet en vurdering af den eksisterende kystbeskyttelse langs Strandvejen, dvs. støttemur, stenkastning, asfaltbefæstning mv. omfattende:

- › En vurdering af tilstand, vedligeholdelsesbehov og levetid,
- › En vurdering af konsekvenser af højere havvandstand og kraftigere storme, og
- › Udarbejdelse af et skitseforslag til forbedringer af kystbeskyttelsen, både med hensyn til vedligeholdelse (drift) og nyetablering (anlæg). Heri vil blive beskrevet hvad vedligeholdelsen forventes at kunne komme til at omfatte. Desuden vil der blive givet overslag over anlægs- og driftsomkostninger.

1.3 Strandarealer ud for Strandvejen

COWI har udarbejdet skitseforslag til (re)etablering af strandarealer ud for Strandvejen. Forslaget baseres på etablering af strande ved brug af både strandfodring og konstruktioner til at holde på strandene. Skitseforslaget indeholder:

- › En vurdering af fordele og ulemper af forslaget,
- › Et overslag over anlægs- og driftsomkostninger samt en vurdering af partsfordeling,
- › En vurdering af mulighederne for strandfodring resulterende i et konkret forslag. Følgende muligheder belyses:
 - › Brug af sand fra sejlrenden,
 - › Bypass af sand fra nord for havnen til syd for,
 - › Brug af sand fra klappladser, og
 - › Eventuelle andre mulige "leverancer".

2 Historik

2.1 Før år 2000

I det følgende præsenteres kort historikken for havnen og kysten i Faxe Ladeplads. På Figur 2.1 til Figur 2.4 ses udvidelserne havnen gennem årene har gennemgået.



Figur 2.1 Faxe Ladeplads Havn i 1973.



Figur 2.2 Faxø Ladeplads Havn i 1982.



Figur 2.3 Faxø Ladeplads Havn i 1994.



Figur 2.4 Faxø Ladeplads Havn i 1998.

På Figur 2.5 ses kysten umiddelbart syd for Faxe Ladeplads Havn før udvidelsen med lystbådehavnen i 1994. Det ses, at allerede dengang var høfderne på strækningen nedslidte og uden virkning.



Figur 2.5 Kysten umiddelbart syd for Faxe Ladeplads Havn før udvidelsen med lystbådehavnen i 1994.

2.2 År 2001 – Indre Kyst projekt

I Figur 2.6 til Figur 2.14 er vist billeder fra Indre Kyst projektet i 2001, Ref. /1/. Det ses, at allerede dengang var der flere steder uden strand foran stenkastning og støttemur. Desuden ses områder med store mængder tang. Alt sammen et resultat af etableringen af Faxe Ladeplads Havn og de efterfølgende havneudvidelser. Derudover viser billederne nedbrudte og virkningsløse høfder.



Figur 2.6 Kysten ved støttemuren ved Strandvejen i 2001 er fyldt med tang.



Figur 2.7 Stranden sydvest for havnen i 2001 hvor al sandet er bortroderet.



Figur 2.8 Stranden lige nordøst for Faxe Å's udløb i 2001.



Figur 2.9 Stranden sydvest for havnen i 2001 med nedbrudte hofder uden virkning.



Figur 2.10 Stranden sydvest for havnen i 2001 hvor der er udlagt en stenrække til beskyttelse af muren.



Figur 2.11 Stranden lige nordøst for Faxe Å i 2001.



Figur 2.12 Faxø Å's udløb i 2001. Der ses lidt lokal læsideerosion på grund af ledeværket.



Figur 2.13 Stranden sydvest for Faxø Å ud for Rosendal Godsets sommerhuse i 2001. Der ses et fremspring i betonstøttemuren og en nedbrudt høfde.



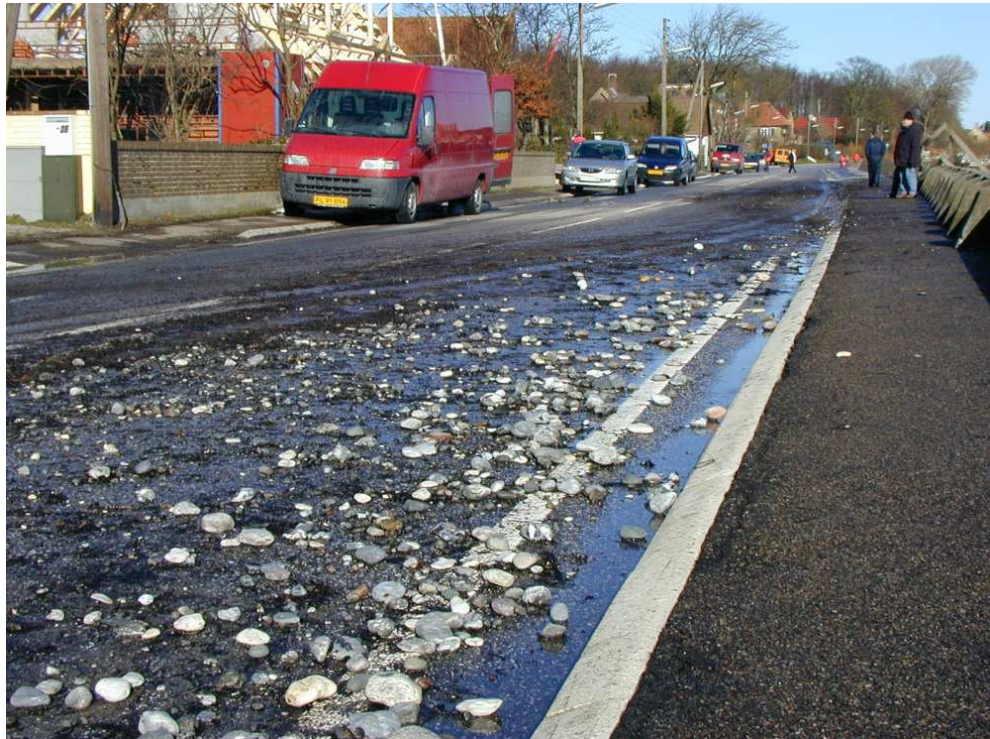
Figur 2.14 Strand uden konstruktioner på tværs umiddelbart sydvest for Rosendal Godsets sommerhuse i 2001.

Faxe Ladeplads strækningen blev i forbindelse med Indre Kyst projektet i 2001 udvalgt netop på grund af den typiske læsideerosion fra etablering af en havn på kysten. Denne læsideerosion har gennem en længere årrække medført stadig større udfordringer med manglende strand og behov for kystbeskyttelse for at beskytte Strandvejen. Dette har gennem årene medført forskellige mere eller mindre hensigtsmæssige beskyttelsesforanstaltninger der ikke er blevet vedligeholdt og derved er blevet virkningsløse i stigende grad frem til 2001. Forslagene i Indre Kyst projektet havde dengang til formål at:

- › At rydde op i overflødige og ineffektive kystkonstruktioner
- › At etablere en naturvenlig og effektiv kystbeskyttelse
- › At tilgodese de rekreative forhold
- › At sikre fri passagemulighed langs kysten
- › At give idé-forslag til forbedringer

2.3 År 2002

I 2002 blev der iværksat et kystbeskyttelsesprojekt, efter at en storm fra sydøst forårsagede overskyl med sten af håndstørrelse og lavede et hul i støttemuren med dertil hørende underminering af Strandvejen, se Figur 2.15 og Figur 2.16.



Figur 2.15 Strandvejen med "håndsten" skyllet op efter en kraftig sydøsten storm i 2002.



Figur 2.16 Hul i Strandvejen efter sydøsten storm i 2002, forårsaget af hul i støttemuren og som konsekvens deraf underminering af vejen.

2.4 År 2003 – Etablering af stenkastning

Faxe Kommune valgte i 2003 at etablere en stenbesætning til at beskytte Strandvejen. Reetablering af en strand var allerede dengang på tale, men af økonomiske årsager blev der ikke arbejdet videre med den del af projektet. Der blev således etableret en stenkastning på strækningen, hvor der endnu ikke var en beskyttelse af støttemuren, med formålet at beskytte Strandvejen, se Figur 2.17.



Figur 2.17 Den i 2003 netop etablerede stenkastning på den nordligste del af kysten syd for Faxe Ladeplads Havn i stormvejr.

Da Kommunen i forbindelse med etableringen af stenkastningen fik sand leveret billigt fra Faxe Kalk, blev der etableret en lille smal sandstrand på strækningen foran stenkastningen fra havnen og omtrent 100 m sydpå, se Figur 2.18. Mængden af sand var meget begrænset, cirka 1200 m³, hvorfor denne forventedes at blive eroderet bort relativt hurtigt.



Figur 2.18 Den i 2003 etablerede stenkastning med en lille smal sandstrand foran.

2.5 År 2004 til 2010

Figur 2.19 og Figur 2.20 viser nogle billeder af stranden fra DHIs rapport vedrørende udvidelse af havnen, Ref. /2/.

Sammenlignes billedet i Figur 2.19 fra 2005 med forholdene før etableringen af stenkastningen i 2003, se Figur 2.21, bemærkes det at sandstranden på billedet fra 2005 ikke eksisterer i 2001. Dette sammenholdt med, at der ved etableringen af stenkastningen i 2003 også blev etableret en lille smal sandstrand, vurderes det at den strand der ses i april 2005 faktisk skyldes strandfodringen fra 2003. Den etablerede strand fra 2003 forventedes dengang at ville bortroderne relativt hurtigt på grund af de begrænsede mængder tilført sand. Det ser således ud til at stranden i hvert fald har eksisteret i en acceptabel tilstand fra efteråret 2003 til foråret 2005, dvs. mindst 1½ år. Herefter, i årene frem til 2008, forsvinder stranden som forventet helt på denne delstrækning.



Figur 2.19 Stenkastningen med sandstrand i april 2005. Billede taget af Kjeld Larsen, Faxe By- og Kystlaug, fra DHI's rapport fra 2010 vedr. udvidelse af havnen, Ref. /2/.



Figur 2.20 Kysten langs Strandvejen i 2008. Sandstranden er eroderet bort og der er høj strandvegetation på stenkastningen. Billede taget af Kjeld Larsen, Faxe By- og Kystlaug, fra DHI's rapport fra 2010 vedr. udvidelse af havnen Ref. /2/.

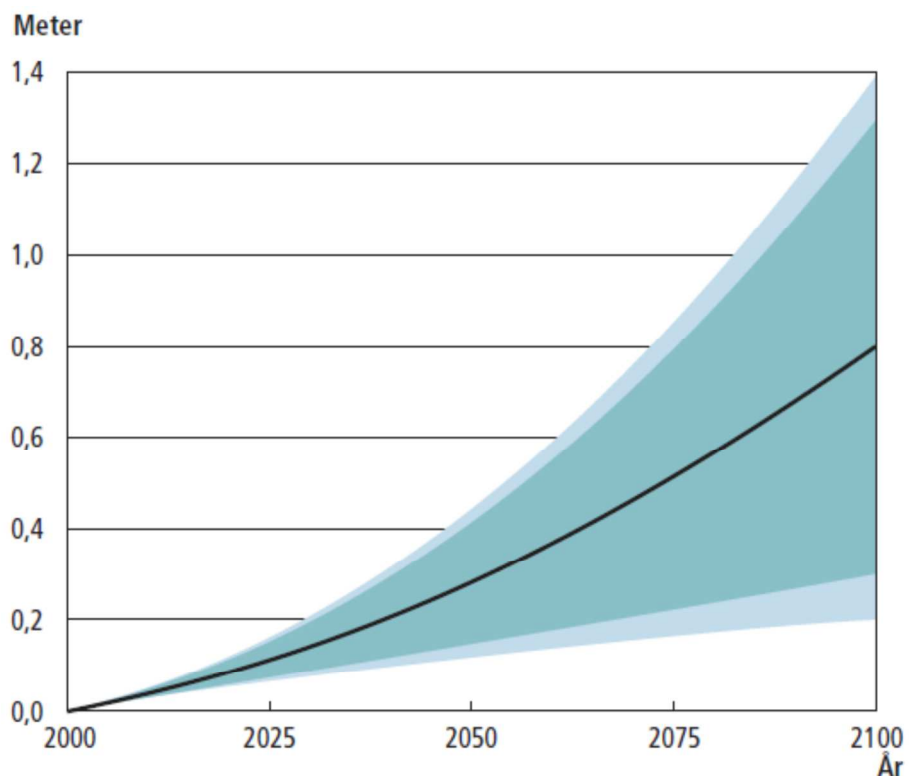


*Figur 2.21 Til venstre: Kysten i 2005 efter etableringen af stenkastningen.
Til højre: Kysten i 2001 før etablering af stenkastningen.*

3 Hydrauliske forhold

3.1 Generelt

De generelle temperaturstigninger har afledte konsekvenser for kystområderne. Disse konsekvenser er forøget nedbør, en generel havspejlsstigning, større bølger og en tilsvarende stigning i stormvandstande. Den generelle udvikling i havspejlsstigningen er illustreret i Figur 3.1, Ref. /3/.



Figur 3.1 En forventet vurdering af vandstandsstigninger de næste 100 år, Ref. /3/. Den sorte kurve er middelværdien og det blågrønne areal er usikkerheden. Landhævning er ikke medtaget i grafen.

De præcise konsekvenser af klimaforandringerne er svære at forudsige. En effekt heraf er, at prognoserne for blandt andet vandspejlsstigning med jævne mellemrum bliver revurderet og opdateret.

I det følgende bliver de hydrauliske forhold for Faxe Ladeplads beregnet på baggrund af den nyeste viden inden for klimaforanderingernes betydning.

De hydrauliske data sammenlignes med de data der blev anvendt som projekteringsparametre for stenkastningen ved Strandvejen i 2003, Ref. /4/. I kapitel 4 vurderes betydningen af de ændrede hydrauliske design parametre for konstruktionen samt eventuelle nødvendige tiltag.

Stenkastningen foran støttemuren ved Strandvejen blev i 2003 designet for en levetid på 50 år med en 50 års hændelse som dimensioneringskriterium. Designparametrene i nærværende rapport er derfor også baseret på en 50 års returperiode og en levetid frem til omkring 2050.

3.2 Vandstand

3.2.1 Højvandsstatistik

Kystdirektoratet har udarbejdet en højvandstandsstatistik, Ref. /5/, for Gedser Havn. Da der ikke foreligger data for Faxe Ladeplads anses Gedser Havn for repræsentativ for Faxe Ladeplads. Uddrag af højvandsstatistikken er vist i Tabel 3.1.

Hændelse	Vandstand
20 år	148 cm
50 år	159 cm
100 år	167 cm

Tabel 3.1 Højvandsstatistik for Gedser Havn i forhold til DVR90, Ref. /5/.

3.2.2 Global vandspejlsstigning

Ifølge Højvandsstatistikken 2012, Ref. /5/, er havspejlsstigningen $30 \text{ cm} \pm 20 \text{ cm}$ fra år 2012 og frem til år 2050. Dette stemmer overens med vurderingerne på Figur 3.1.

Gennemsnitsværdien på 30 cm er valgt, eftersom Strandvejen er en vigtig vej for lokalbefolkningen, men samtidig vil en beskadigelse af konstruktionen og vejen ikke være fatal.

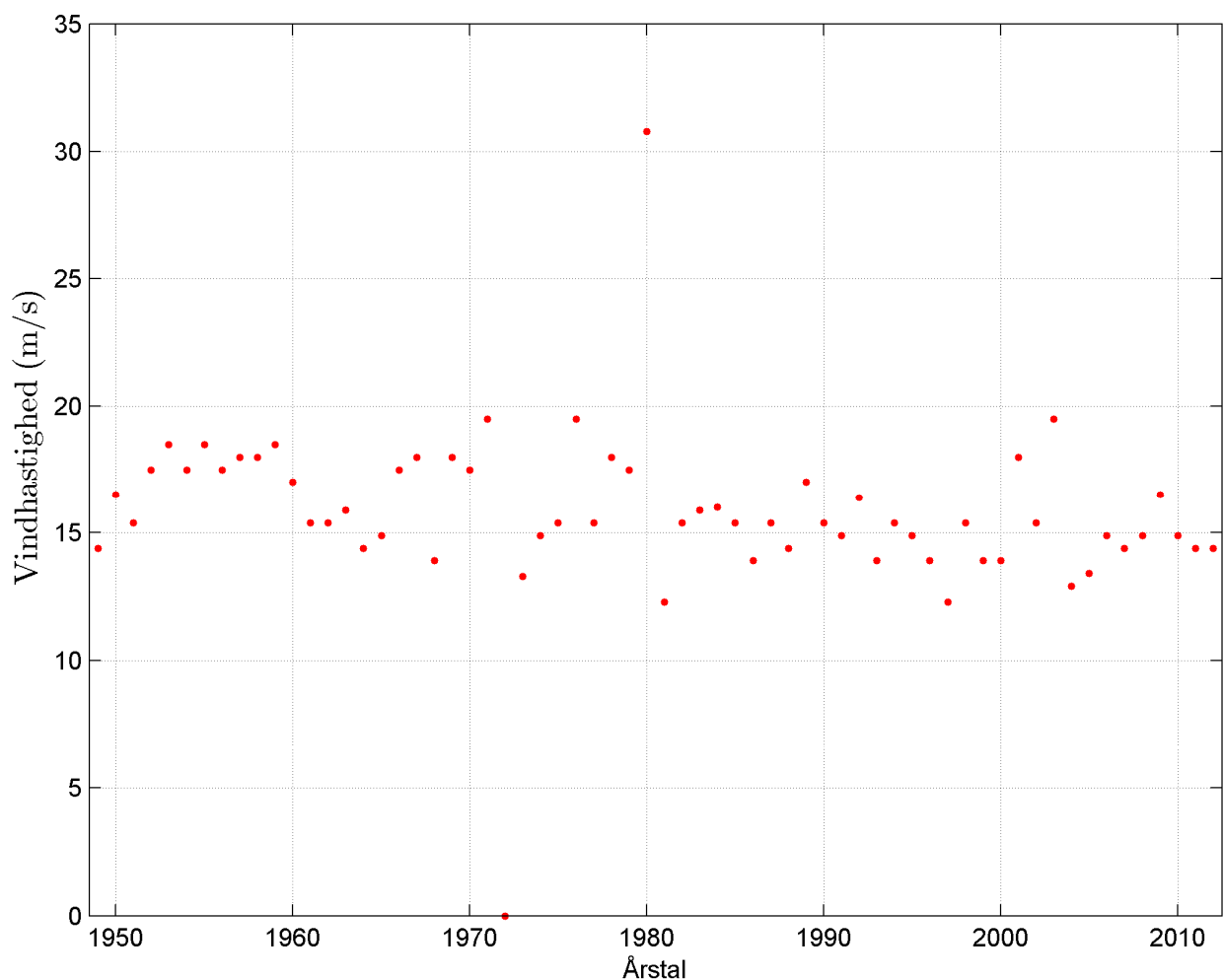
3.2.3 Design højvande

Design højvande er defineret som 50 års højvandshændelsen plus global vandstandsstigning efter 50 år. Således fås en design højvandstand for en 50 års returperiode på +1,9 m DVR90 hvilket svarer til +1,98 m DNN. Dette svarer til en for-

øgelse af designhøjvandstanden på 18 cm i forhold til den der blev anvendt i 2003, Ref. /4/.

3.3 Vind

I Figur 3.2 er den årlige maksimale vindhastighed målt i Kastrup Lufthavn vist for vindretningerne fra nordøst til syd for perioden 1949 til 2012. Figuren viser, at der ikke har været nogen stigning i den årlige maksimale vindhastighed for vind fra østlige retninger gennem de sidste 60 år. Der er således ikke indikation på at storme fra øst øges, hverken i antal eller styrke. Derfor anvendes en design vindhastighed baseret på historiske data og som anvendt i 2003, Ref. /4/, se Tabel 3.2.



Figur 3.2 Årlig maximal vindhastighed målt i Kastrup Lufthavn fra 1949 til 2012. Vind-data fra nordøst til syd er medtaget. Måledata mangler fra år 1972.

Vindretning	1t/50år	1t/10år	1t/år	10t/år	100t/år
N	22,7	20,7	17,5	13,6	7,9
NØ	27,4	25,1	21,4	16,9	10,6
Ø	32,4	29,7	25,4	20,1	12,9
SØ	29,1	26,8	23,0	18,5	12,5
S	27,5	25,1	21,3	16,6	9,9
SV	31,9	29,3	25,1	20,1	13,3
V	31,3	28,9	25,0	20,4	14,3
NV	31,6	29,1	25,1	20,4	14,1

Tabel 3.2 Vindhastigheder (m/s) beregnet ud fra vindstatistik fra Møn Fyr, Ref. /6/. Hastighederne er middel over en time.

3.4 Bølger

Eftersom vindhastighederne ikke er ændrede i forhold til beregningerne fra 2003, Ref. /4/, er bølgeparametrene det heller ikke. Kun bølgerne fra øst og for en 50 års returperiode er anvendt i det følgende da disse er dimensionsgivende, se Tabel 3.3. Bølgerne i tabellen er på middeldybden, 15 m, ud for Faxe Bugt.

H_s	4,6 m
T_p	9,1 s

Tabel 3.3 Signifikant bølgehøjde og peak-bølgeperiode fra øst ud for Faxe bugt for en 50 års retur periode, Ref. /4/.

Bølgerne transformeres ind til kysten ved brug af Goda's teori, Ref. /7/, hvilket giver følgende bølgeparametre foran stenkastningen.

- Signifikant bølgehøjde, H_s 1,7 m
- Peak-bølgeperiode, T_p 9,1 s

3.5 Design parametre

Design parametrene som blev anvendt i 2003, Ref. /4/, er:

- Vandstand +1,80 m DNN
- Signifikant bølgehøjde, H_s 1,6 m
- Peak bølgeperiode, T_p 9,1 s

De revurderede design parametre for stenkastningen med nyeste viden vedrørende klimaforandringer er følgende:

- Vandstand + 1,9 m DVR90 eller +1,98 m DNN

- › Signifikant bølgehøjde, H_s 1,7 m
- › Peak bølgeperiode, T_p 9,1 s

De revurderede design parametre giver en forøgelse af vandstanden og bølgehøjden på henholdsvis 18 og 10 cm i forhold til projektet i 2003. Dette er en begrænset forøgelse, men vil øge overskyllet på vejen under stormsituationer. I afsnit 4.2 tjekkes de ændrede design parametres betydning for stenkastningens stabilitet.

4 Tilstandsvurdering af kystkonstruktioner

4.1 Generelt

COWI besigtigede kyststrækningen ved Faxse Ladeplads syd for Faxse Ladeplads Havn den 15. maj 2013. Besigtigelsen er beskrevet nærmere i Bilag A.

Kyststrækningen er inddelt i fire områder med hver deres karakteristika, se Figur 4.1 samt afsnit A.2 for en nærmere beskrivelse.



Figur 4.1 De fire delområder på kyststrækningen syd for Faxse Ladeplads Havn, Ref. Bilag A.

Besigtigelsen viste:

- Område 1: -Enkelte dæksten er faldet ned enkelte steder
-Enkelte revner i støttemuren bag stenkastningen
-Kronen af stenkastningen synker lidt ud for hus nr. 50 på Strandvejen
-Der er tang og plantebevoksning på kronen af stenkastningen
- Område 2: -Ingen beskadigelse af stenkastning eller støttemur
-Sandstrand med lidt tang
-Udløbet ved Faxe Å er delvist tilsandet og det ses at der er dybere længere oppe i åen end ved udløbet (hvilket i perioder medfører problemer med afvanding fra åen ud i havet)
- Område 3: -Området er ikke omfattet af nærværende projekt
- Område 4: -Omfattende beskadigelse af konstruktioner (støttemuren), der ud over revner også sætter sig mod kysten
-Asfaltbelægningen på stranden er beskadiget flere steder
-Bred strand med lidt tang

4.2 Stenkastningen

En stenkastning er en dynamisk konstruktion og stenene må derfor gerne flytte sig lidt efter opførelsen. Dog skal dæksten, som falder ned til foden af stenkastningen, lægges på plads igen, så der ikke forekommer huller i dæklaget.

Område 1 og 2 er de eneste strækninger med stenkastning. Enkelte steder i Område 1 er dæksten faldet ned fra skråningen. Dette er tilfældet ud for hus nr. 18 og 28 på Strandvejen samt fra hus nr. 30 og ca. 50 m sydpå, se Figur 4.2.

Kronen på stenkastningen synker lidt ud for hus nr. 50 på Strandvejen. Stenkastningen er ikke beskadiget, så sætningen kan skyldes lokal sætning af jorden under konstruktionen eller at den er blevet konstrueret lidt lavere her.



Figur 4.2 Enkelte dæksten faldet ned fra stenkastningen.

Bortset fra de nævnte steder hvor enkelte dæksten er faldet ned, er stenkastningens tilstand god og uden skader.

Eftersom design højvandstanden og bølgehøjden er øget i forhold til det oprindelige designgrundlag, Ref. /4/, er dækstenenes stabilitet undersøgt med de nye hydrauliske designparametre. Følgende parametre er anvendt:

- › Eksisterende stenklasse 500 - 1200 kg
- › Stabilitetskoefficient, K_D 2.5 (svarende til 0-5% skade)
- › Specifik vægt af sten 2,65 t/m³
- › Specifik vægt af vand 1,01 t/m³

Ifølge Hudsons formel giver dette en krævet middelvægt på 870 kg og en tilsvarende diameter på 0,69 m, hvilket svarer til stenklassen 500-1200 kg. Det forventes derfor, at stenkastningen ikke vil blive væsentlig påvirket af klimaforandringerne inden for de næste 50 år.

Idet vandstanden og bølgehøjden forventes at blive større de næste 50 år må et større overskyl forventes i stormsituationer.

COWI anbefaler, at de nedrullede dæksten lægges på plads, og at der frem over bliver holdt øje med skader – specielt efter storme. Vedligeholdelse vil med mellem rum være nødvendig.

4.3 Støttemur

Støttemuren bag stenkastningen i Område 1 og 2 er lavet af beton udført i sektioner af ca. 15 m. Støttemuren har revner flere steder, se Figur 4.3.

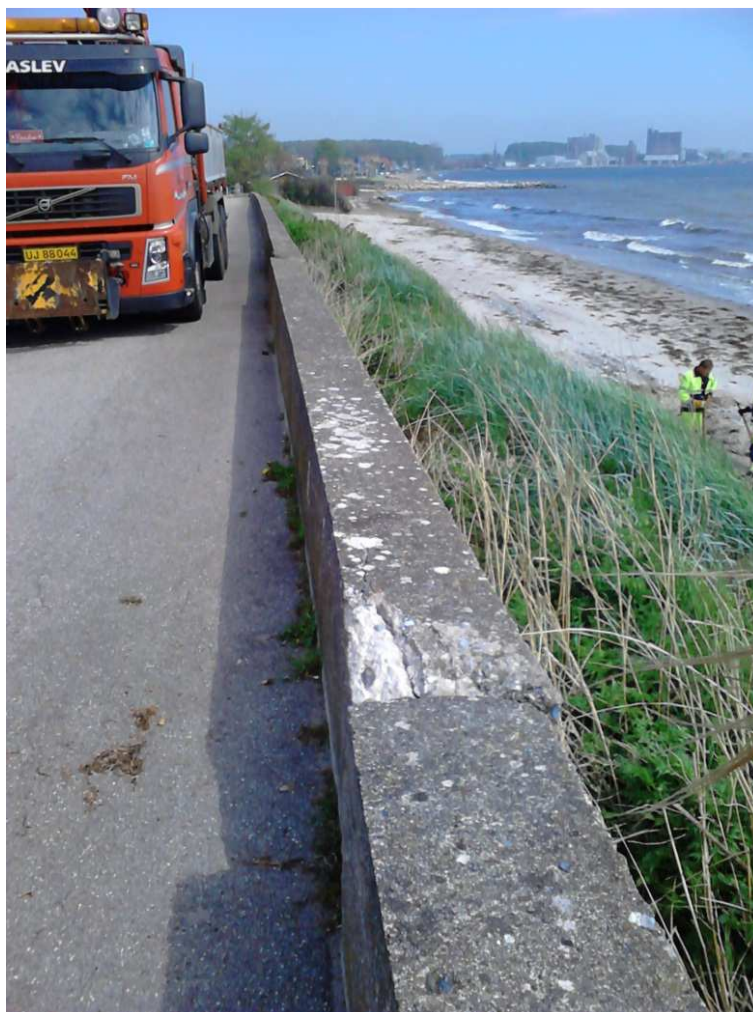


Figur 4.3 Beskadigelse af støttemur.

Støttemuren i område 4 har også slået revner flere steder, se Figur 4.4. Derudover har støttemuren i dette område også sat sig ud mod kysten, se Figur 4.5.



Figur 4.4 Beskadigelse af støttemur, Område 4.



Figur 4.5 Støttemur har sat sig ud mod kysten, Område 4.

Sætningen af støttemuren kan skyldes flere forskellige årsager:

- › For lidt støtte foran muren - skråningen på stranden er ikke stor nok
- › Materialet under asfalten er blevet skyllet ud og støtten dermed forsvundet
- › Fundamentsniveauet er ikke tilstrækkelig dyb
- › Materialet under fundamentet er for dårligt

For at forhindre, at støttemuren i Område 4 sætter sig yderligere foreslår COWI, at den nuværende skråning foran støttemuren erstattes med en stenkastning. Dette kræver dog, at der bliver foretaget en topografisk opmåling samt prøvegravninger. Prøvegravningerne skal fastslå fundamentniveauet af støttemuren samt beskaffenheden af materialet støttemuren står på.

Derudover anbefaler COWI, at de eksisterende revner (Område 1, 2 og 4) repareres og at der holdes øje med skadesudviklingen, samt at der jævnligt udføres reparationer.

Etableres der en strand foran stenkastning i Område 1 vil nødvendigheden af vedligeholdelse af støttemuren blive mindre og dens levetid øges. Dette skyldes at den vil blive udsat for mindre bølgelaster og bølgeoverskyl, og derfor vil der også komme mindre saltvand på muren hvilket er en væsentlig årsag til nedbrydning af betonen. Anlægges der ikke en strand må det forventes at støttemuren skal vedligeholdes oftere og at dens levetid forkortes som følge af klimaforandringerne inden for de næste 50 år.

Støttemuren og skråningsbeskyttelsen i Område 4 kræver meget vedligeholdelsesarbejde. Med højere vandstand og bølgehøjde i fremtiden risikeres det, at vandet vil underminere asfaltbelægningen og at den støtte den giver støttemuren vil forsvinde. Etableres der en stenkastning foran støttemuren i stedet for asfaltbelægningen vil vedligeholdelsen blive reduceret betydeligt og støttemurens levetid forlænget.

4.4 Faxe Å udløbet

Udløbet ved Faxe Å er delvist tilsandet. Åen er dybere længere oppe end ved udløbet, hvilket i perioder medfører problemer med afvanding fra åen ud i havet.

Forventningen om stigende havvandsstand og kraftigere nedbørsmængder øger risikoen for oversvømmelser. Ifølge rapporten om klimatilpasning i Faxe Kommune udarbejdet af COWI, Ref. /8/, er der ifølge kapitel 6.1.3 og 7 risiko for oversvømmelse i området omkring Faxe Å og Lille Å. Derfor er det vigtigt, at å-udløbet ikke blokeres af tilsanding, og at udløbet oprenses så der er fri passage for større vandmængder. Det opgravede sand fra å-udløbet kan genanvendes på stranden syd for å-udløbet.

COWI anbefaler, at å-udløbet oprenses efter behov. Alternativt kunne høfden forlænges, men dette vil mindske sandtilførslen til stranden syd for å-udløbet, og dermed forringe strandens kvalitet i dette område.

5 Forbedringer af kystbeskyttelsen

5.1 Generelt

I forbindelse med storme fra øst forekommer der gener i form af bølgeoverskyl på vejen samt tang på stenkastningens krone hvilket er grobund for planter. Den re-vurderede design vandstand og bølgehøjde er højere end parametrene beregnet i 2003, Ref. /4/. Det forventes derfor at problemet med bølgeoverskyl vil blive værre for stormsituationer i fremtiden.

Den mest effektive måde at reducere bølgeoverskyl på er, at øge topkoten af konstruktionen. En anden metode er at gøre kronen af konstruktionen bredere. Begge metoder vil samtidig øge volumenet af sten, der vil øge absorptionen af bølgeenergi og dermed reducere bølgeoverskyllet.

I det følgende er angivet to alternative forslag til hvorledes overskyllet kan reduceres, så der bliver færre gener for bilister og bløde trafikanter på Strandvejen.

Figur 5.1 viser strækningen med de forskellige eksisterende stenkastninger. Eksisterende tværsnit af Type 1 og Type 2 er vist i Bilag B. Tværsnit af Type 3 (bygget før 2003) kendes ikke af COWI og antages derfor at have tilsvarende opbygning som Type 1. Forslagene er for strækningen med tværsnit Type 1 og Type 3. Der er sandstrand foran tværsnit Type 2 og dermed mindre bølgeoverskyl end for strækningen med Type 1.

Til de to forslag om ændring af stenkastningens udformning anvendes samme materiale som den eksisterende stenkastning:

- Dæksten $M_{50} = 870 \text{ kg (500 – 1200 kg)}$
- Filtersten $D_{n50} = 0,12 \text{ m (0,08 – 0,20 m)}$

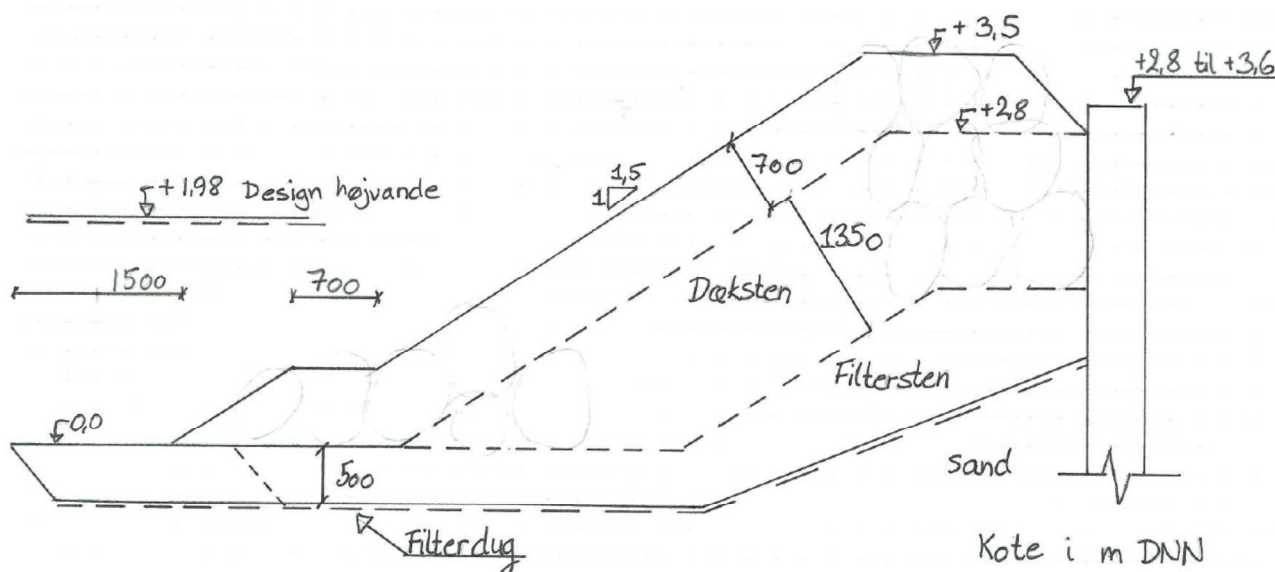


Figur 5.1 Skitse af de forskellige stenkastningstyper.

5.2 Alternativ 1

5.2.1 Generelt

I dette forslag øges kronen af den eksisterende stenkastning ved at placere endnu et lag dæksten, se Figur 5.2. Dette giver en ca. 70 cm højere stenkastning end den eksisterende. Tåen med filtersten forlænges så dækstenene kan placeres direkte på den eksisterende konstruktion.



Figur 5.2 Skitse af Alternativ 1. Stiplet linjer viser Type 1 som blev bygget i 2003.

Fordele og ulemper ved løsningen:

- Forventet reduktion af bølgeoverskyl med 90 % for en stormsituation
- Løsningen er let at udføre idet den eksisterende konstruktion ikke skal ændres
- Løser ikke problemet med tang, men vil muligvis reducere mængden lidt idet konstruktionen er højere
- Det ekstra lag dæksten vil tage noget af udsigten for husene langs Strandvejen
- Konstruktionen bliver bredere og der vil derfor ikke være strand foran konstruktionen

5.2.2 Prisoverslag

I nedenstående tabel er angivet prisoverslag for Alternativ 1. Alle priser er eksklusiv moms. Dette er et overslag og vil kunne ændres i forbindelse detailprojekteringen og tilbudsfasen da den aktuelle pris afhænger af udbud, konkurrencesituation m.m.

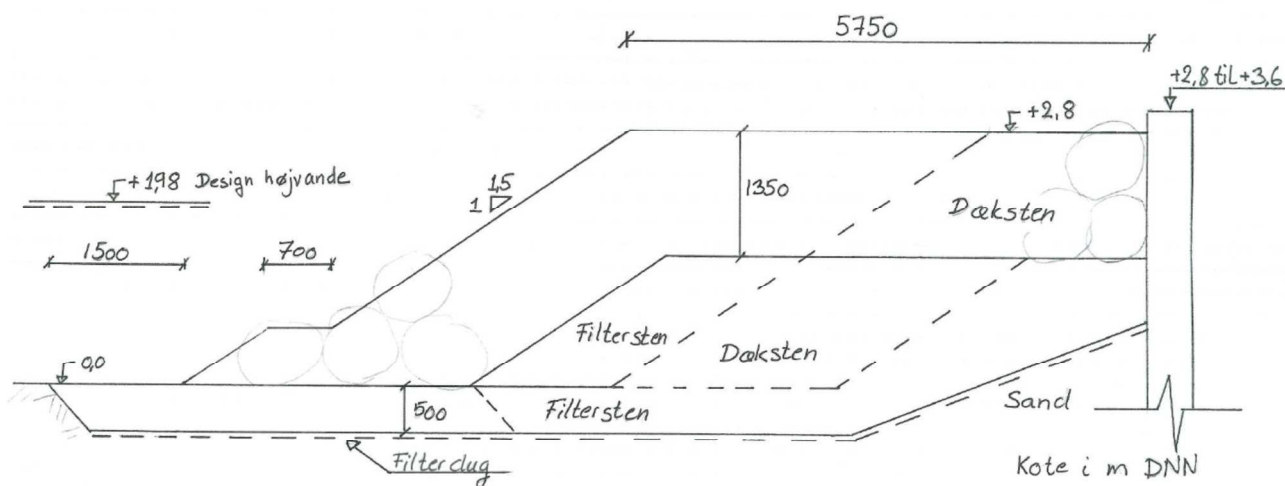
Prisen inkluderer ikke tilsyn, projektering m.m.

Enhed	Mængde	Enhedspris	Pris (i DKK)
Dæksten	2300 m ³	500 kr./m ³	1.150.000
Filtersten	400 m ³	400 kr./m ³	160.000
Filterdug	850 m ²	125 kr./m ²	106.250
Anlægsudgifter, i alt			1.416.250
Etablering af arbejdsplads	7 % af anlægsudgifter		99.000
Uforudsete udgifter	15 % af anlægs- og etableringsudgifter		227.000
Pris i alt			1.742.000
Årlig vedligeholdelse	2 % af anlægsprisen		35.000

Tabel 5.1 Prisoverslag for Alternativ 1 (ekskl. moms).

5.3 Alternativ 2

I dette forslag laves stenkastningens krone bredere, se Figur 5.3. Kronens bredde er bestemt således, at den giver samme reduktion af bølgeoverskyllet som Alternativ 1. Kan mindre reduktion end de 90 % accepteres, kan krone bredden bygges snævrere. Den bredere krone kan konstrueres ved at lægge filtersten uden på de eksisterende dæksten, og derefter placere et nyt lag dæksten. Alternativt kan de eksisterende dæksten flyttes og genanvendes til den nye skråning.



Figur 5.3 Skitse af Alternativ 2. Stiplet linjer viser Type 1 som blev bygget i 2003.

Fordele og ulemper ved løsningen:

- › Forventet reduktion af bølgeoverskyl med 90 % for en stormsituation
- › Udsigten bevares da kronen ikke forhøjes

- › Løsningen kræver meget ekstra materiale – en dyr løsning
- › Løser ikke problemet med tang, men tangen vil sandsynligvis blive fanget længere ude på kronen
- › Konstruktionen bliver bredere og der vil derfor ikke være strand foran konstruktionen

5.3.1 Prisoverslag

I nedenstående tabeller er angivet prisoverslag for Alternativ 2. I Tabel 5.2 er priser angivet for situationen hvor der bygges uden på den eksisterende konstruktion og ikke flyttes på stenene. I Tabel 5.3 er angivet priser for den alternative situation hvor dækstenen genanvendes fra den eksisterende konstruktion.

Alle priser er eksklusiv moms.

Dette er et overslag og vil kunne ændres i forbindelse med detailprojekteringen og tilbudsfasen da den aktuelle pris afhænger af udbud, konkurrencesituation m.m.

Prisen inkluderer ikke tilsyn, projektering m.m.

Enhed	Mængde	Enhedspris	Pris (i DKK)
Dæksten	4000 m ³	500 kr./m ³	2.000.000
Filtersten	2000 m ³	400 kr./m ³	800.000
Filterdug	2200 m ²	125 kr./m ²	275.000
Anlægsudgifter, i alt			3.075.000
Etablering af arbejdsplads	7 % af anlægsudgifter		215.000
Uforudsete udgifter	15 % af anlægs- og etablerings udgifter		494.000
Pris i alt			3.784.000
Årlig vedligeholdelse	2 % af anlægsprisen		76.000

Tabel 5.2 Prisoverslag for Alternativ 2 hvor de eksisterende sten ikke flyttes (ekskl. moms).

Enhed	Mængde	Enhedspris	Pris (i DKK)
Dæksten, genbrug	3000 m ³	250 kr./m ³	750.000
Dæksten, nye	2600 m ³	500 kr./m ³	1.300.000
Filtersten	3500 m ³	400 kr./m ³	1.400.000
Filterdug	2200 m ²	125 kr./m ²	275.000
Anlægsudgifter, i alt			3.725.000
Etablering af arbejdsplads	7 % af anlægsudgifter		261.000
Uforudsete udgifter	15 % af anlægs- og etablerings udgifter		598.000
Pris i alt			4.584.000
Årlig vedligeholdelse	2 % af anlægsprisen		92.000

Tabel 5.3
Prisoverslag for Alternativ 2 hvor de eksisterende sten flyttes og genanvendes (ekskl. moms).

6 Strandareal ud for Strandvejen

6.1 Generelt

Arealet ud for Strandvejen består i dag stort set kun af stenkastningen (Område 1, Figur 4.1) og ingen eller kun meget begrænset strand. Ønskes det at forskønne strækningen samt at gøre den mere rekreativ er en sandstrand en oplagt mulighed.

Etableres hverken strand eller andre yderligere tiltag på strækningen end at vedligeholde den i 2003 etablerede stenkastning, vil erosionen af kystprofilen fortsætte, idet sandtilførslen er blokeret på grund af havnen, og der vil ikke være strand foran stenkastningen. Dette er den billigste løsning, men løser ikke problemet med overskyl, tang eller manglende strand.

Ud over de æstetiske og rekreative fordele ville en strand foran stenkastningen reducere overskyl på Strandvejen uden at den eksisterende stenkastning ændres. Stranden vil desuden forhindre tang i at aflejre sig på stenkastningens krone. Stranden vil kræve vedligeholdelsesfodring men vil samtidig reducere omkostningerne til vedligeholdelse af stenkastningen og støttemuren.

Der er flere muligheder for hvorledes stranden kan anlægges. Stranden kan udformes som sandstrand uden konstruktioner, strand med bølgebryder(e), strand med høfde(r).

En strand uden konstruktioner er den mest naturvenlige og giver de bedste muligheder for rekreative aktiviteter. En strand uden konstruktioner kræver dog årlig vedligeholdelsesfodring, idet havnen nord for projektområdet forhindrer den naturlige sandtransport langs kysten i at nå området, samtidig med at der fortsat vil ske erosion. På en naturlig strand vil tangen blive skyllet væk i perioder. For meget brede strande uden konstruktioner er der desuden risiko for sandfygning.

Forlænges høfden ved Faxe Å's udløb er det muligt at holde på mere sand på stranden nord for høfden. Dette vil gøre stranden bredere lige nord for å-udløbet samt reducere vedligeholdelsesfodringen. Strandforholdene syd for å-udløbet vil dog blive forværret, da sandtilførslen hertil vil blive reduceret. Dette vil skabe lignende forhold for Område 3 som havnen gør for Område 1. Forlænges høfden ikke vil

hele kyststrækningen have glæde af den årlige vedligeholdelsesfodring i Område 1. Der vil dog komme mere sand i å-udløbet hvilket vil kræve hyppigere oprensning.

En strand med konstruktioner er dyrere at anlægge, men kræver mindre vedligeholdelsesfodring. Konstruktioner skæmmer udsigten og der er en risiko for at konstruktionerne fanger tang ved stranden. Specielt ved bølgebrydere er der risiko for at tang fanges på stranden og ikke skylles ud igen ved højvandssituationer. Risikoen for at fange tang er mindre ved store høfder, der strømliner kyststrømningerne. Derudover kan konstruktioner forværre badeforholdene lige omkring konstruktionen. Derfor bør badegæster informeres om ændrede strømforhold og risiko for huller omkring konstruktionerne ("hestehuller").

Fordelen ved høfder er, at stranden kan anlægges i dens naturlige orientering hvilket vil sige den vinkel en strand vil have uden konstruktioner og hvor erosionen derfor er mindst. En ulempe ved høfder er, at passagen på stranden bliver mere besværlig.

I afsnit 6.4 og 6.5 er de to forslag som COWI anser for de bedste løsninger for strækningen beskrevet. Den første er strand uden konstruktioner, og den anden er en strand med to store høfder. For at få strandorienteringen rigtig og opnå en ikke alt for bred strand er to høfder nødvendige.

I løsningsforslagene ses der bort fra bølgebrydere, da der er meget tang i området. Bølgebrydere vil fange meget af tangen, og gøre stranden mindre attraktiv.

6.2 Partsfordeling

En strand er en forskønnelse af området og giver lokalbefolkningen en værdiforøgelse. Derfor er det en mulighed at grundejerne inden for 1 km fra stranden, er med til at finansiere anlæggelse og den årlige vedligeholdelse af en sådan. I Figur 6.1 er vist forslag til, hvilke grundejere som kunne være omfattet af ordningen. Forslaget inkluderer cirka 140 grundejere. For at følge lovgivningen, skal hver enkel grundejers bidrag vurderes individuelt. COWI vurderer at grundejerne får samme brugsværdi af stranden, da ingen har direkte strandadgang og at bidraget derfor er det samme for alle.



Figur 6.1 Grundejere som kunne være omfattet af aftale om medfinansiering.

Anvendes sandet nord for pram-høfden ved Faxehavn er det oplagt, at Faxehavn også bidrager til anlægs- og vedligeholdelsesomkostningerne. Sandkapaciteten nord for pram-høfden er fyldt op, hvilket vil betyde at større mængder sand sandsynligvis vil passere pram-høfden fremover, og dermed skulle oprenses fra sejlrunden. Dette er også afspejlet i, at Faxehavn i 2012 ansøgte om tilladelse til at klappe større sandmængder.

I det følgende er to forskellige fordelingsnøgler af initialstrandfodringen, og én for vedligeholdelsesfodring foreslået.

Fordelingsnøgle 1

Sand til initialstrandfodringen leveres andetsteds fra for at få grovere sand.

- › Faxehavn Kommune betaler 50 % af udgifterne
- › Grundejerne betaler 50 % af udgifterne

Fordelingsnøgle 2

Sand til initialstrandfodringen leveres fra nord for pram-høfden ved Faxehavn.

- › Faxehavn Kommune betaler 25 % af udgifterne

- › Grundejerne betaler 25 % af udgifterne
- › Faxe Kalk betaler 50 % af udgifterne

Fordelingsnøgle, årlig vedligeholdelsesfodring

Sandet antages at blive leveret fra nord for pram-høfden ved Faxe Kalk Havn.

- › Faxe Kommune betaler 25 % af udgifterne
- › Grundejerne betaler 25 % af udgifterne
- › Faxe Kalk betaler 50 % af udgifterne

6.3 Sandleverance

For at opbygge en strand foran den eksisterende stenkastning skal der laves en initialfodring på hele strækningen i Område 1, Figur 4.1. Initialfodringen skal helst bestå af grovere sand ($d_{50} = 0,4$ til $0,6$ mm), for at få et stejlere strandprofil og dermed reducere sandmængden til initialfodringen. Den årlige vedligeholdelsesstrandfodring kan være af finere sand. I afsnit 6.4 og 6.5 er der lavet to forskellige forslag til hvorledes en strand kan anlægges. Begge forslag kræver årlig vedligeholdelsesfodring da kystudviklingen fortsat vil være dynamisk.

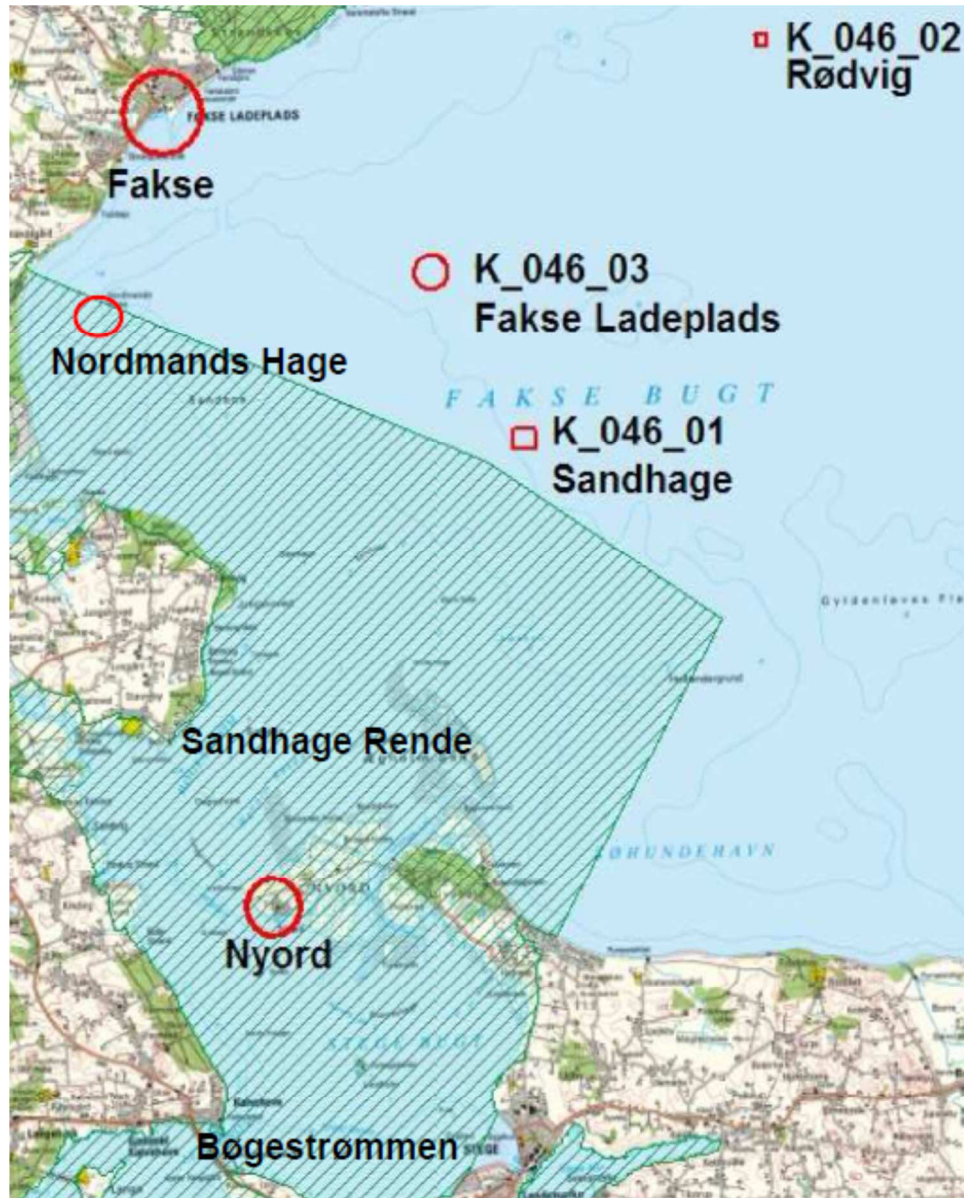
Der er flere forskellige muligheder for hvorfra sandleverance i nærheden af Faxe Ladeplads kan komme:

- › Sejlrenden til Faxe Kalk Havn
- › Nord for pram-høfden
- › Faxe Ladeplads klapplads
- › Sandhage klapplads
- › Nordmands Hage indvindingsplads
- › Bøgestrømmen og Sandhage Rende

De forskellige muligheder for sandleverance er vist i Figur 6.2 og Figur 6.3.



Figur 6.2 Sand depot nord for pram-højden.



Figur 6.3 Mulige sandleverancer (undtagen Rødvig og Nyord).

Der oprenses hvert år mellem 10.000 og 20.000 m³ sand fra sejlrenden til Faxø Kalk Havn. Det oprensede materiale bliver i dag klappet på Faxø Ladeplads klappplads. Det oprensede materiale er meget tangfyldt, hvorfor det måske ikke er egnet til strandfodring. Dette skal dog undersøges nærmere ved prøvetagning. Prøvetagningen vil også vise, om sandets kornstørrelse er egnet til strandfodring. Dette skal undersøges da sand fra sejlrender ofte har en mindre kornstørrelse og derfor ikke er egnet til strandfodring.

Sandet som er fanget nord for pram-høfden er sandsynligvis egnet til strandfodring. Det er ikke så tangfyldt som i sejlrenden. Ved at fjerne sandet vil der fremover komme mindre sand i sejlrenden, da området så igen kan virke som en sandfangsbassin. Vanddybden er begrænset ved pramhøfderne, hvilket kræver et skib med lille dybdegang. Noget af sandet kan muligvis hentes fra land.

Sand fra sejlrenden eller nord for pram-høfden har den fordel, såfremt det findes egnet, at det igennem et samarbejde med Faxe Kalk, vil kunne hjælpe begge parter at anvende det. Faxe Kalk vil få mindre sand i deres sejlrende og Faxe Kommune vil få sand til stranden. Dette løsningsforslag kan derfor være en økonomisk fordel for begge parter. Såfremt der indgås et samarbejde vil kajpladsen i Faxe Kalk Havn med fordel kunne benyttes til at læsse sandet i dumpere for derefter at blive transporteret til stranden. Dette vil være den billigste løsning.

Et par indvindingsfirmaer har udtrykt tvivl om Faxe Ladeplads klappads og Sandhage klappads egnethed. Nordmands Hage indvindingsplads vurderes derimod at være egnet til strandfodring. Prøvetagning skal dog bekræfte dette. For at hente sand fra Nordmands Hage kræver det at entreprenøren har en suge-tilladelse.

Kystdirektoratet står for oprensningen ved Bøgestrømmen og Sandhage Rende. Den næste oprensning er endnu ikke fastlagt. Det vil sandsynligvis være muligt at lave en aftale med Kystdirektoratet om at anvende det opgravede sand til en strand i Faxe Ladeplads, hvilket kan komme begge parter økonomisk til gode. For at kunne anvende sandet, kræver det en nyttiggørelsestilladelse og en prøvetagning som viser kornstørrelsen. Strømforholdene, begrænset vanddybde samt den længere sejltur, kan øge omkostningerne ved at indvinde sand herfra.

På trods af de mange muligheder for at skaffe sand i nærheden af Faxe Ladeplads kan det være, at det kan betale sig at hente sand andetsteds fra til initialfodringen. Dette afhænger af sandets kornstørrelse og beskaffenhed. Hvis det 'lokale' sand er meget fint, kan mængden af sand til initialfodringen reduceres ved at hente grovere sand andetsteds idet grovere sand kan have et stejlere profil. Den årlige strandfodring bør dog være fra én af de nærliggende områder.

Ud fra de forskellige muligheder for sandleverance beskrevet ovenfor vurderer COWI, at den bedste løsning vil være, at hente sandet nord for pram-høfderne.

Godkendes projektet som strandfodring eller bevilliges en nyttiggørelsestilladelse for det oprensede materiale skal der ikke betales råstofafgift og vederlag til staten. Råstofafgiften er 5,00 kr./m³ og vederlag til staten 8,39 kr./m³ (2013).

6.4 Forslag 1: Strand uden konstruktioner

Stranden anlægges ved at fodre på hele strækningen fra havnen til stranden lige nord for Faxe Å's udløb, Figur 6.4. Strandbredden ved havnen er ved etablering cirka 10 m bred mens den er cirka 30 m det bredeste sted. Vanddybden ved havnens slæberampe vil blive cirka 1,5 m. Strandbredden må dog forventes at ændre sig over tid idet stranden indstiller sig efter sin ligevægtsorientering samt nogle steder vil stranden blive eroderet hurtigere end andre.

Ved stenkastningen udlægges sandet op til kote +1,5 m. Hældningen på det bredeste sted er 1:40. Det skønnes, at initialstrandfodringen er cirka 60.000 m³ og at der årligt skal vedligeholdelsesfodres med cirka 10.000 m³ sand. COWI vurderer, at den årlige vedligeholdelsesfodringsmængde er konservativ. Dette baseres på observationerne for stranden etableret i 2003, se afsnit 2.5. I dette tilfælde var stran-

den længere tid om at erodere væk end forventet. I en detailprojektering vil en sedimenttransport analyse kunne vise det årlige behov for vedligeholdelsesfodring.

Mængden til initialstrandfodringen er konservativt estimeret ud fra dybdemålingen fra 2003. En ny opmåling fra hele strækningen bør foretages i en detailfase.



Figur 6.4 Skitse plan layout af strand. De stiplede linjer er -1, -2 og -2.25 m kurverne.

6.4.1 Prisoverslag

I det følgende prisoverslag er mængderne baseret på fint sand ($D_{50} = 0,25$ mm). Det antages at råstofafgift og vederlag ikke skal betales. For forslag hvor kajplads i Faxe Kalk Havn benyttes, er en eventuel pris for at benytte kajpladsen ikke medtaget. Vedligeholdelsesoprensning af Faxe Å er ikke med i prisoverslaget.

I Tabel 6.1 er priser angivet for initialstrandfodring og i Tabel 6.2 for årlig vedligeholdelse. Tabellerne indeholder to forskellige forslag til hvorledes sandet transporteres til stranden. I det første sejles sandet ind i Faxe Kalk Havn. Her bliver det læsses på en dumper, transporteret til stranden, og fordelt med en dozer. I det andet forslag pumpes sandet i slanger til stranden og fordeles.

Dette er et overslag og vil kunne ændres i detailprojekteringen og tilbudsfasen da den aktuelle pris afhænger af udbud, konkurrencesituation m.m.

Prisen inkluderer ikke tilsyn, projektering m.m.

Alle priser er eksklusiv moms.

Metode		Sand leveret fra	Mængde	Enhedspris	Sum (DKK)	Pris (i DKK)
A1	Sand sejlet til Faxen Kalk Havn	Nord for hofde, Sejlrenden eller Nordmandshage	60.000 m ³	46 kr./m ³		2.760.000
A2	Sand pumpet ind til stranden	Nordmandshage	60.000 m ³	50 kr./m ³	3.000.000	3.800.000
		Anstilling/afrigning	1	800.000 kr.	800.000	
		Anlægspris				

Tabel 6.1 Prisoverslag for initialstrandfodring (ekskl. moms).

Afhængig af metoden er prisen for at anlægge stranden mellem 2,7 og 3,8 mio. kr.

Metode		Sand leveret fra	Mængde	Enhedspris	Sum (DKK)	Pris (i DKK)
B1	Sand sejlet til Faxen Kalk Havn	Nord for hofde, Sejlrenden eller Nordmandshage	10.000 m ³	46 kr./m ³		460.000
B2	Sand pumpet ind til stranden	Nordmandshage	10.000 m ³	50 kr./m ³	500.000	900.000
		Anstilling/afrigning	1	400.000 kr	400.000	
		Anlægspris				
B3	Sand pumpet ind til stranden	Sejlrenden	10.000 m ³	45 kr./m ³	450.000	850.000
		Anstilling/afrigning	1	400.000 kr	400.000	
		Anlægspris				

Tabel 6.2 Prisoverslag for vedligeholdelsesfodring (ekskl. moms).

Prisen for den årlige vedligeholdelsesfodring er mellem 460.000 til 850.000 kr. afhængig af metoden.

Anvendes partsfordelingsnøglerne som beskrevet i afsnit 6.2, bliver budgettet som vist i Tabel 6.3 for initialstrandfodringen og Tabel 6.4 for vedligeholdelsesfodringen.

Metode	Fordelingsnøgle	Parter	Pris (i DKK)
A1	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	1.380.000
		Grundejerne (9.860 kr./stk.)	1.380.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	690.000
		Grundejerne (4.930 kr./stk.)	690.000
		Faxe Kalk	1.380.000
A2	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	1.900.000
		Grundejerne (13.570 kr./stk.)	1.900.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	950.000
		Grundejerne (6.785 kr./stk.)	950.000
		Faxe Kalk	1.900.000

Tabel 6.3 Partsfordeling af initialfodringen (ekskl. moms).

Metode	Fordelingsnøgle	Parter	Pris (i DKK)
B1	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	230.000
		Grundejerne (1.645 kr./stk.)	230.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	115.000
		Grundejerne (820 kr. /stk.)	115.000
		Faxe Kalk	230.000
B2	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	450.000
		Grundejerne (3.215 kr./stk.)	450.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	225.000
		Grundejerne (1.610 kr./stk.)	225.000
		Faxe Kalk	450.000
B3	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	425.000
		Grundejerne (3.035 kr./stk.)	425.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	212.500
		Grundejerne (1.520 kr./stk.)	212.500
		Faxe Kalk	425.000

Tabel 6.4 Partsfordeling af årlig vedligeholdelsesfodring (ekskl. moms).

6.5 Forslag 2: Strand med hofder

Stranden anlægges med to hofder som vist i Figur 6.5. Strandorienteringen er den samme som den eksisterende strand lige nord for å-udløbet, idet det antages, at dette er strandens naturlige orientering og at den nye strand vil være mest stabil med denne orientering. Hofderne er vinklet lidt i forhold til strandorienteringen for at strømhvirvlerne nedstrøms skal blive mindre og dermed reducere mængden af tang som bliver fanget. Strandbredden de smalleste steder er ved etablering cirka 10 m

mens den er cirka 40 m det bredeste sted. Vanddybden ved havnens slæberampe vil blive cirka 1,5 m.

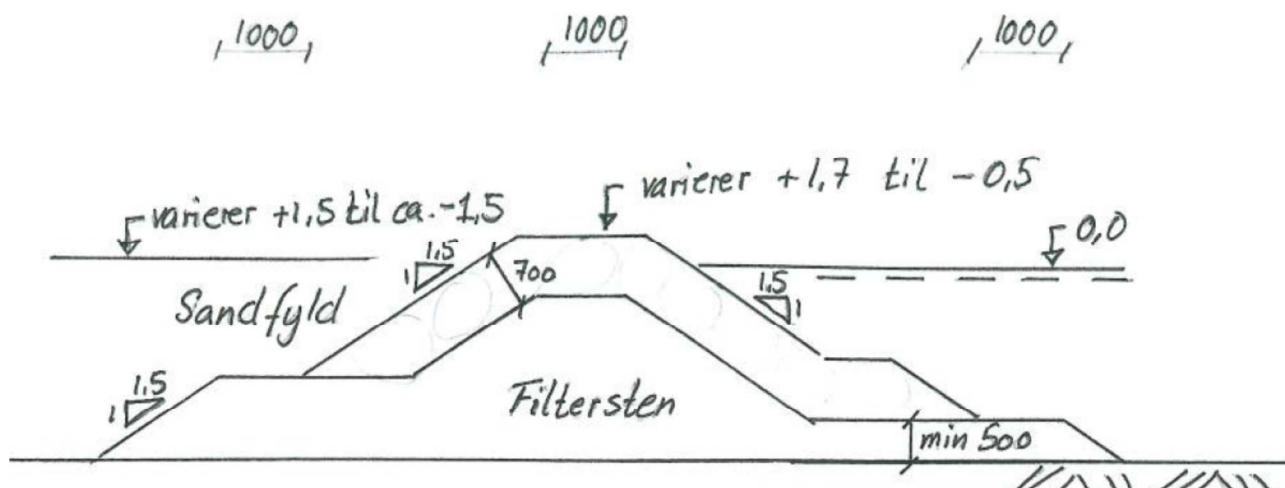
Ved stenkastningen udlægges sandet op til kote +1,5 m. Hældningen på det bredeste sted er 1:40. Det skønnes, at initialstrandfodringen er cirka 60.000 m³ og at der årligt skal vedligeholdelsesfodres med cirka 2.000 m³ sand.

Det er en mulighed at bygge høfderne og så langsomt fylde sand ind ved de årlige oprensninger fra nord for pram-høfden. Dette vil sprede anlægsudgiften over flere år.

Høfderne går cirka 65 m ud fra den eksisterende stenkastning, hvorefter de neddykkes, og fortsætter cirka 15 m. Figur 6.6 viser en skitse af høfden. Hullerne mellem dækstenene skal udfyldes med filtersten for at forhindre sandvandring gennem konstruktionen.



Figur 6.5 Skitse plan af strand med to høfder. De røde, stiplede linjer er -1, -2 og -2.25m kurverne.



Figur 6.6 Skitse af hofde tværsnit.

6.5.1 Prisoverslag

I det følgende prisforslag er mængderne baseret på fint sand ($D_{50} = 0,25$ mm). Det antages at råstofafgift og vederlag ikke skal betales. For forslag hvor kajplads i Faxe Kalk Havn benyttes, er en eventuel pris for at benytte kajpladsen ikke medtaget. Vedligeholdelsesoprensning af Faxe Å er ikke med i prisoverslaget.

I Tabel 6.5 er prisen for hofderne angivet og i Tabel 6.6 er priser angivet for initial-strandfodring og i Tabel 6.7 for årlig vedligeholdelse. Tabellerne indeholder to forskellige forslag til hvorledes sandet transporteres til stranden. I det første sejles sandet ind i Faxe Kalk Havn. Her bliver det læsset på en dumper, transporteret til stranden, og fordelt med en dozer. I det andet forslag pumpes sandet i slanger til stranden og fordeles.

Dette er et overslag og vil kunne ændres i detailprojekteringen og tilbudsfasen da den aktuelle pris afhænger af udbud, konkurrencesituation m.m.

Prisen inkluderer ikke tilsyn, projektering m.m.

Alle priser er eksklusiv moms.

Enhed	Mængde	Enhedspris	Pris (i DKK)
Dæksten	1100 m ³	500 kr./m ³	550.000
Filtersten	2100 m ³	400 kr./m ³	840.000
Anlægsudgifter, i alt			1.390.000
Etablering af arbejdsplads	7 % af anlægsudgifter		97.000
Uforudsete udgifter	15 % af anlægs- og etablerings udgifter		223.000
Pris i alt			1.710.000
Årlig vedligeholdelse	2 % af anlægsprisen		34.000

Tabel 6.5 Prisoverslag for høfder (ekskl. moms).

Metode		Sand leveret fra	Mængde	Enhedspris	Sum (DKK)	Pris (i DKK)
A1	Sand sejlet til Faxe Kalk Havn	Nord for høfde, Sejlrenden eller Nordmandshage	60.000 m³	46 kr./m³		2.760.000
A2	Sand pumpet ind til stranden	Nordmandshage Anstilling/afrigning Anlægspris	60.000 m³ 1	50 kr./m³ 800.000 kr	3.000.000 800.000	3.800.000

Tabel 6.6 Prisoverslag for initialstrandfodring (ekskl. moms).

Afhængig af metoden er prisen for at anlægge stranden med høfder mellem 4,5 og 5,5 mio. kr. Det vil også være muligt at bygge høfderne for derefter løbende at fylde sand ind fra vedligeholdelsesoprensning. Derved bliver anlægsprisen delt over flere år.

Metode		Sand leveret fra	Mængde	Enhedspris	Sum (DKK)	Pris (i DKK)
B1	Sand sejlet til Faxe Kalk Havn	Nord for høfde, Sejlrenden eller Nordmandshage	2.000 m³	46 kr./m³		92.000
B2	Sand pumpet ind til stranden	Nordmandshage Anstilling/ afrigning Anlægspris	2.000 m³ 1	50 kr./m³ 400.000 kr	100.000 400.000	500.000
B3	Sand pumpet ind til stranden	Sejlrenden Anstilling/ afrigning Anlægspris	2.000 m³ 1	45 kr/m³ 400.000 kr	90.000 400.000	490.000

Tabel 6.7 Prisoverslag for årlig vedligeholdelsesfodring (ekskl. moms).

Prisen for vedligeholdelsesfodring er 92.000 til 490.000 kr. afhængig af metoden.

Anvendes partsfordelingsnøglerne som beskrevet i afsnit 6.2, bliver budgettet som vist i Tabel 6.8 for anlæggelse og Tabel 6.9 for årlig vedligeholdelse.

Metode	Fordelingsnøgle	Parter	Pris (i DKK)
A1	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	2.235.000
		Grundejerne (15.600 kr./stk.)	2.235.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	1.117.500
		Grundejerne (7.980 kr./stk.)	1.117.500
		Faxe Kalk	2.235.000
A2	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	2.755.000
		Grundejerne (19.700 kr./stk.)	2.755.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	1.377.500
		Grundejerne (9.840 kr./stk.)	1.377.500
		Faxe Kalk	2.755.000

Tabel 6.8 *Partsfordeling af initialfodringen (ekskl. moms).*

Metode	Fordelingsnøgle	Parter	Pris (i DKK)
B1	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	63.000
		Grundejerne (450 kr./stk.)	63.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	31.500
		Grundejerne (225 kr./stk.)	31.500
		Faxe Kalk	63.000
B2	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	267.000
		Grundejerne (1.910 kr./stk.)	267.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	133.500
		Grundejerne (955 kr./stk.)	133.500
		Faxe Kalk	267.000
B3	Fordelingsnøgle 1	Faxe Kommune	262.000
		Grundejerne (1.870 kr./stk.)	262.000
	Fordelingsnøgle 2	Faxe Kommune	131.000
		Grundejerne (935 kr./stk.)	131.000
		Faxe Kalk	262.000

Tabel 6.9 *Partsfordeling af årlig vedligeholdelsesfodring (ekskl. moms).*

7 anbefalinger

Vurderinger af klimaforandringer for kystbeskyttelsen langs Strandvejen i Faxe Ladeplads er blevet vurderet. Forslag til reduktion af bølgeoverskyl er blevet udarbejdet og omfatter to alternativer for ændring af stenkastningen og to alternativer til etablering af strand foran stenkastningen. Prisoverslag for alternativerne er vist i Tabel 7.1.

	Anlægsudgift (DKK)	Årlig vedligeholdelse (DKK)
Forøgelse af kronekoten af eksisterende stenkastning	1.742.000	35.000
Forøgelse af kronebredden af eksisterende stenkastning	3.784.000	76.000
Strand uden konstruktioner	2.760.000	460.000
Strand med to høfder	4.470.000	126.000

Tabel 7.1 Priser for de alternative forslag med billigste udførelsesmetode (ekskl. moms).

Den billigste løsning for at reducere bølgeoverskyllet er at øge kronekoten af den eksisterende stenkastning. En strand giver dog en meget større værdiforøgelse, og COWI anbefaler derfor, at der arbejdes videre med et af de to strandforslag.

I forbindelse med valg af en strandløsning er der mulighed for at anvende en fordelingsnøgle hvorved anlægs- og vedligeholdelsesomkostningerne for Faxe Kommune bliver væsentlig mindre.

For at reducere anlægningsudgifterne til de to strandforslag er det en mulighed at reducere sandmængderne enten ved at gøre strandene smallere eller at anlægge stranden til kote +1,0 i stedet for til kote +1,5 ved den eksisterende stenkastning.

Faxe Kalk betaler en råstofafgift på 5 kr./m³ for det sand der klappes. Indgår Faxe Kommune og Faxe Kalk et samarbejde om at anvende sandet til strandfodring, skal afgiften ikke betales. Den optimale løsning vil derfor være, at anvende sandet til strandfodring frem for at sejle det til klapplads.

COWI anbefaler at sandkvaliteten - kornstørrelse og mængden af urenheder f.eks. iblandet tang - undersøges for de forskellige lokale sandleverance muligheder

nævnt i afsnit 6.3. Specielt vil det være formålstjenstlig at få afklaret kvaliteten af sandet fra sejlrenden og på klappladserne.

For at kunne bestemme sandmængderne til initialstrandfodring mere præcist anbefales det, at der foretages en sø-opmåling foran Område 1 og 2.

COWI anbefaler, at der foretages en undersøgelse af støttemuren på den sydlige strand i Område 4, og at asfaltskråningen foran støttemuren erstattes med en stenkastning.

Å-udløbet fra Faxe Å bør oprenses med jævne mellemrum så baglandet kan afvandes ved kraftige regnskyl og ikke bliver oversvømmet.

8 Referencer

- /1/ **COWI, Kystdirektoratet** for Storstrøms Amt, Faxe Kommune
Indre Kyster - skitseprojekter, Faxe Ladeplads
Skitseprojekt nr. 14, December 2001.
- /2/ **DHI** for Faxe Ladeplads Lystbådehavn
Vurdering af virkningen af udvidelse af Faxe Ladeplads Lystbådehavn
September 2010.
- /3/ **Kystdirektoratet**
Guidelines for klimatilpasning i kystområder
november 2012.
- /4/ **COWI** for Faxe Kommune
Kystbeskyttelse af Strandvejen, Faxe Ladeplads
Detailprojekt, Doc. no. 57965-001, Maj 2003.
- /5/ **Kystdirektoratet**
Højvandsstatistikker
2012.
- /6/ **DMI**
Danmarks Klima I, Vind, Standardnormaler 1931-60
Dansk Meteorologisk Institut, 1971.
- /7/ **Goda, Y.**
Random Seas and Design of Maritime Structures, 2nd edition
2000.
- /8/ **COWI** for Faxe Kommune
Handleplan for Klimatilpasning i Faxe Kommune
Doc. no. A033004-5, Januar 2013.

Bilag A Besigtigelse

A.1 Generelt

Den 15. maj 2013 besigtigede COWI kyststrækningen ved Faxø Ladeplads syd for Faxø Ladeplads Lystbådehavn.

Formålet med besigtigelsen af kyststrækningen var at:

- › Vurdere den eksisterende kystbeskyttelse langs Strandvejen (vurdering af tilstand, vedligeholdelsesbehov og levetid),
- › Vurdere konsekvenser af øget havvandstand og kraftigere storme for kystbeskyttelsen og strandarealerne, og
- › Vurdere mulighederne for og forslag til kystbeskyttelse.

Repræsentant fra Faxø Kommune var:

Poul Jensen
Teamkoordinator
Center for Teknik & Miljø

Natur & Miljø
Industrivej 2
4683 Rønnede

Direkte tlf.: 56203073
Mobil tlf.: 23644114

Repræsentant fra By- og Kystlauget var:

Kjeld Larsen
Stilledal 4
4654 Faxø Ladeplads
56726503/ 51906503

A.2 Områder

Kyststrækningen ved Faxø Ladeplads kan inddeles i fire områder:

- › Område 1 – 400 m: Stenkastning med lidt eller ingen strand foran (de første cirka 370 m af stenkastningen fra lystbådehavnen blev projekteret af COWI i 2002 og bygget i 2003)
- › Område 2 – 230 m: Sandstrand med mindre stenkastning mod promenade

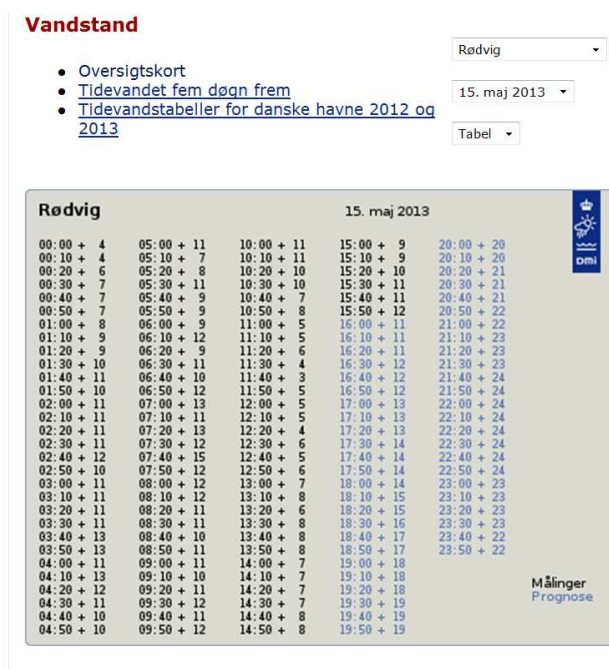
- › Område 3 – 135 m: Sommerhusområde med bebyggelse ned til vandkanten (privat strandret) – det bemærkes at denne del af kyststrækningen ikke er med i nærværende projekt, der alene omfatter kysten ud for Kommunens matrikler
- › Område 4 – 230 m: Sandstrand med asfaltskråning op mod vejens støttemur



Figur A.1 Oversigt over kyststrækningen.

A.3 Besigtigelse d. 15. maj 2013

A.3.1 Vandstand d. 15. maj 2013



Figur A.2 Vandstand ved Rødvig, DMI.

A.3.2 Billeder, område 1



Figur A.3 Hjørnet op mod lystbådehavnen, set mod syd.



Figur A.4 Stenkastningen langs Strandvejen, set mod syd.



Figur A.5 Enkelte dæksten faldet ned fra stenkastningen; ud for hus nr. 18 på Strandvejen.



Figur A.6 Strand foran stenkastning er væk. Tåen af filterstenene ses i vandkanten.



Figur A.7 Beskadigelse af støttemur.



Figur A.8 Enkelte dæksten faldet ned fra stenkastningen ud for hus nr. 30 og ca. 50 m sydpå.



Figur A.9 Tang og bevoksning på stenkastningens krone starter ved ud for hus nr. 26 på Strandvejen og fortsætter sydpå.

A.3.3 Konklusion for område 1:

- › Dæksten er faldet ned nogle steder:
 - Ud for hus nr. 18 på Strandvejen
 - Ud for hus nr. 28 på Strandvejen
 - På strækningen fra ud for hus nr. 30 på Strandvejen og ca. 50 m sydpå
- › Enkelte revner i støttemuren bag ved stenkastningen
- › Kronen af stenkastningen synker lidt ud for hus nr. 50 på Strandvejen
- › Tang og bevoksning starter ud for hus nr. 26 på Strandvejen og fortsætter sydpå
- › Område 1 stopper ved hus nr. 54 på Strandvejen. Herfra og sydpå forsvinder tang og bevoksning.

A.3.4 Billeder, område 2



Figur A.10 Område 2 starter ved hus nr. 54 på Strandvejen.



Figur A.11 Sandstrand med mindre stenkastning mod promenade, set mod syd.



Figur A.12 Sandstrand umiddelbart nord for høfden ved udløbet af Faxe Å, set mod nord.



Figur A.13 Sandstrand umiddelbart nord for hofden ved udløbet af Faxe Å.



Figur A.14 Hofde ved Faxe Å's udløb.



Figur A.15 Faxe Å's udløb.

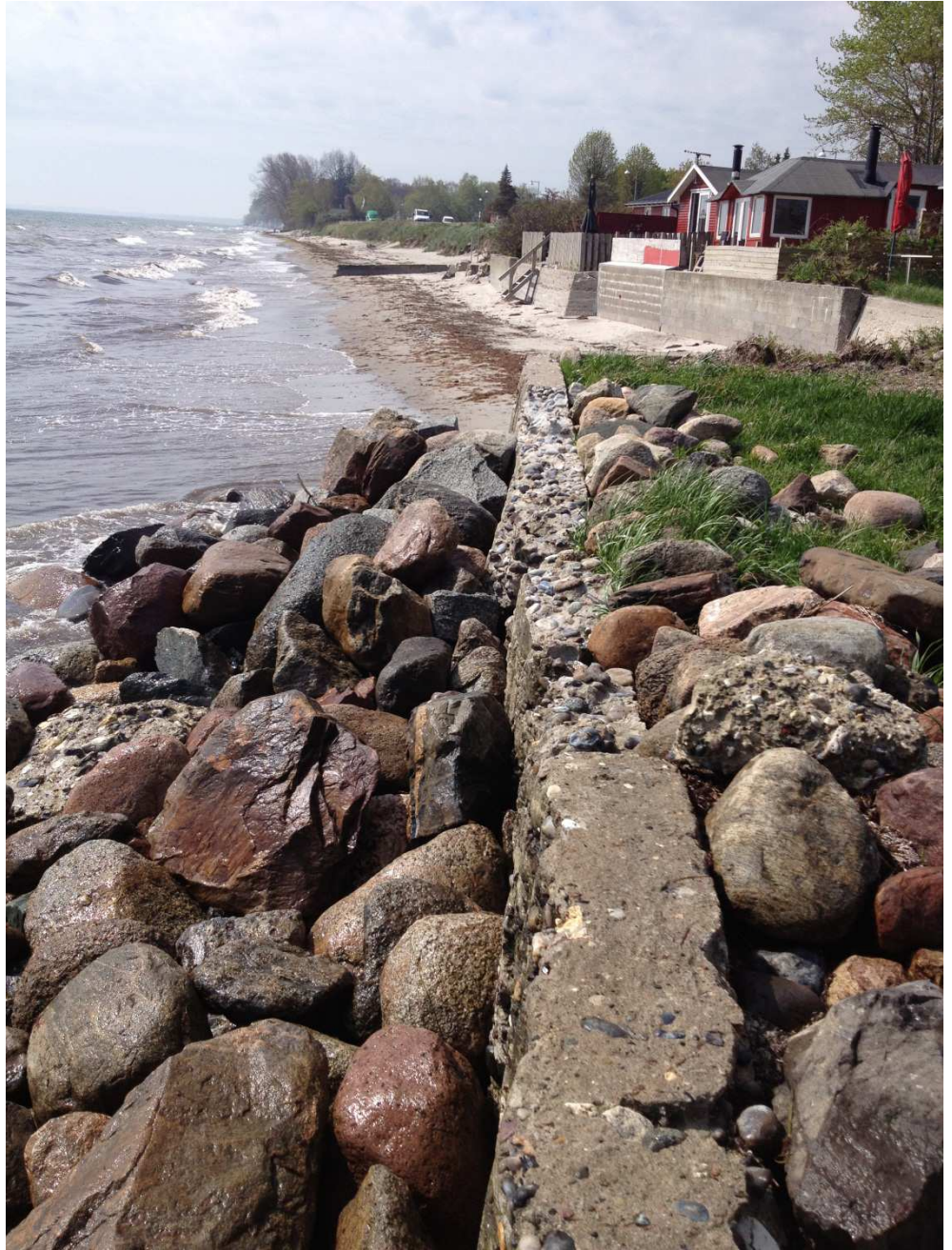
A.3.5 Konklusion for område 2:

- › Ingen beskadigelse af stenkastning eller støttemur
- › Sandstrand med lidt tang
- › Udløbet ved Faxe Å er delvist tilsandet og det ses at der er dybere længere oppe i åen end ved udløbet (hvilket i perioder medfører problemer med afvanding fra åen ud i havet)
- › Område 2 stopper ved den intakte hofde ved Faxe Å.

A.3.6 Billeder, område 3 – ikke omfattet af nærværende projekt



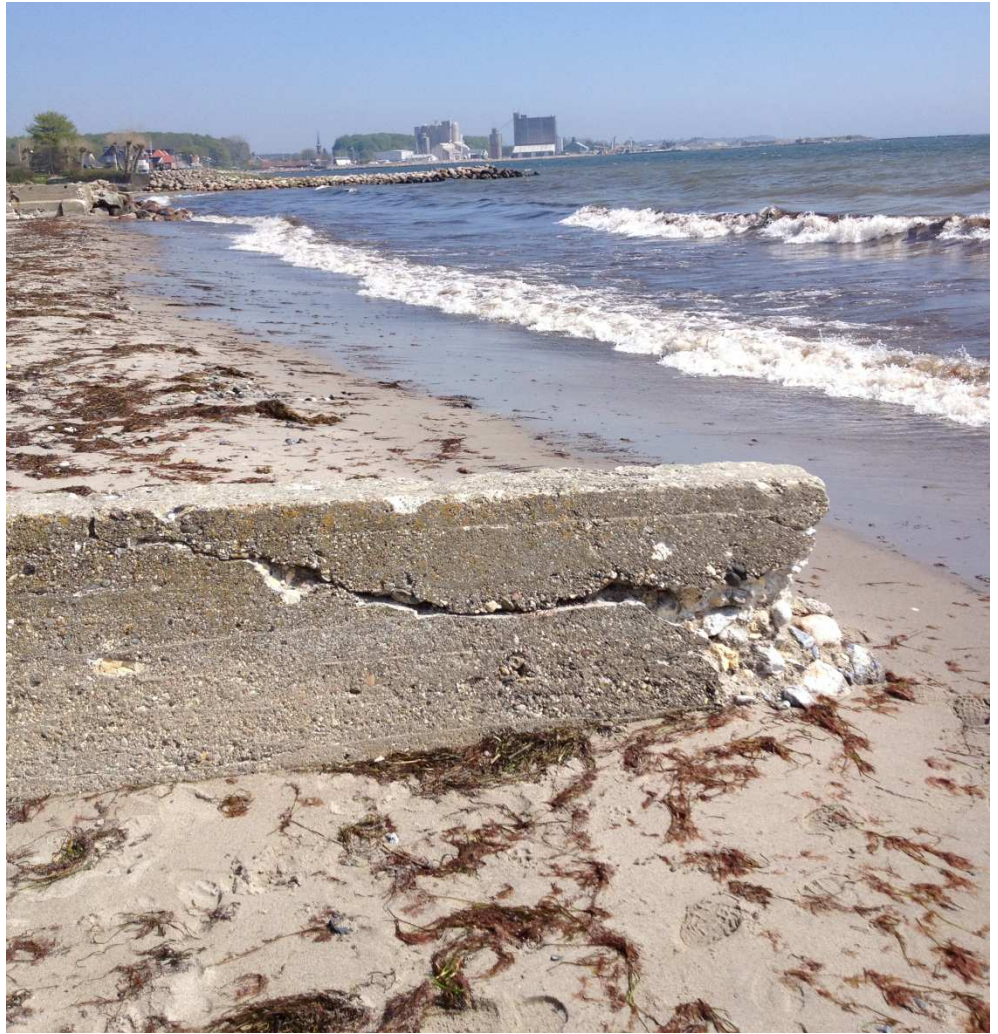
Figur A.16 Sommerhuse på stranden.



Figur A.17 Opfyldning af strandgrund med støttemur og stenkastning.



Figur A.18 Sommerhusgrund på stranden.



Figur A.19 Gammel nedslidt hofde, der ikke længere har nogen effekt.

A.3.7 Konklusion for område 3:

- › Da området ikke er omfattet i nærværende projekt belyses det ikke yderligere i denne aktivitet.

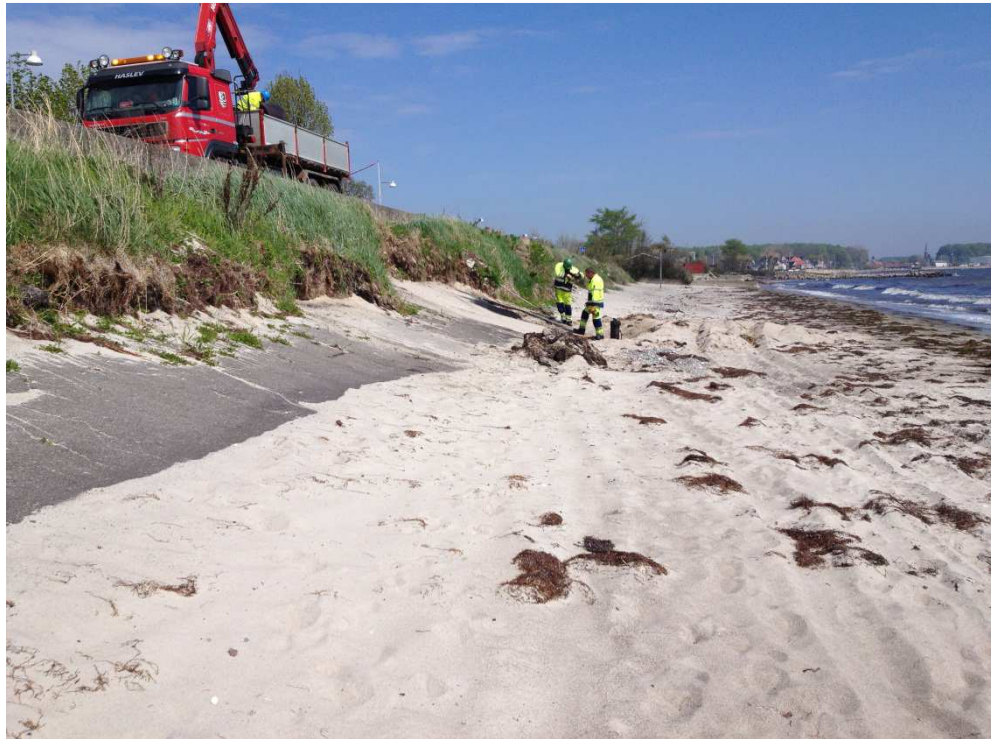
A.3.8 Billeder, område 4



Figur A.20 Asfaltskråning med jord og bevoksning ovenpå.



Figur A.21 Sandstrand, set med syd.



Figur A.22 Sandstrand samt reparation af asfaltskråning, set mod nord.



Figur A.23 Nyrenoveret nedkørselsrampe. Strandniveauet er sunket foran rampen, så der er blevet efterfyldt på stranden med en blanding af sand og sten.



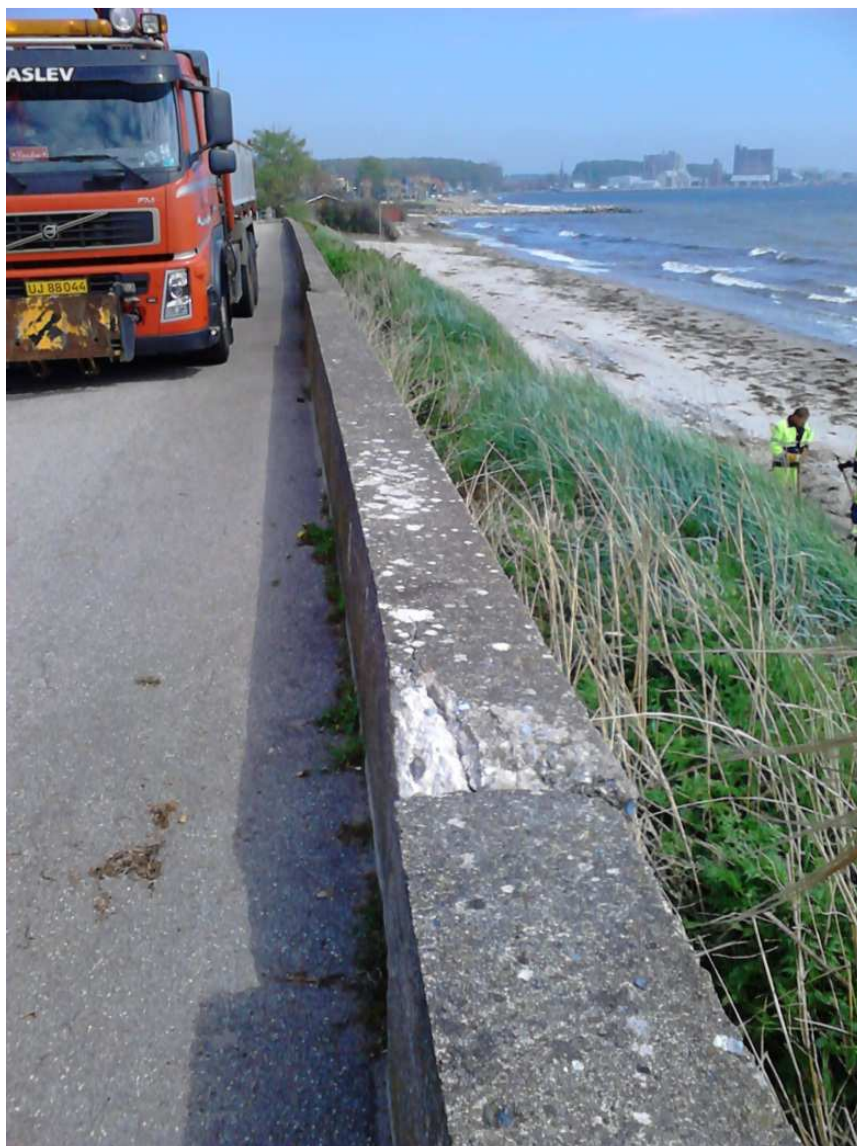
Figur A.24 Beskadigelse af støttemur.



Figur A.25 Støttemur, skåningsbeskyttelse og strand, set mod nord.



Figur A.26 Beskadigelse af støttemur.

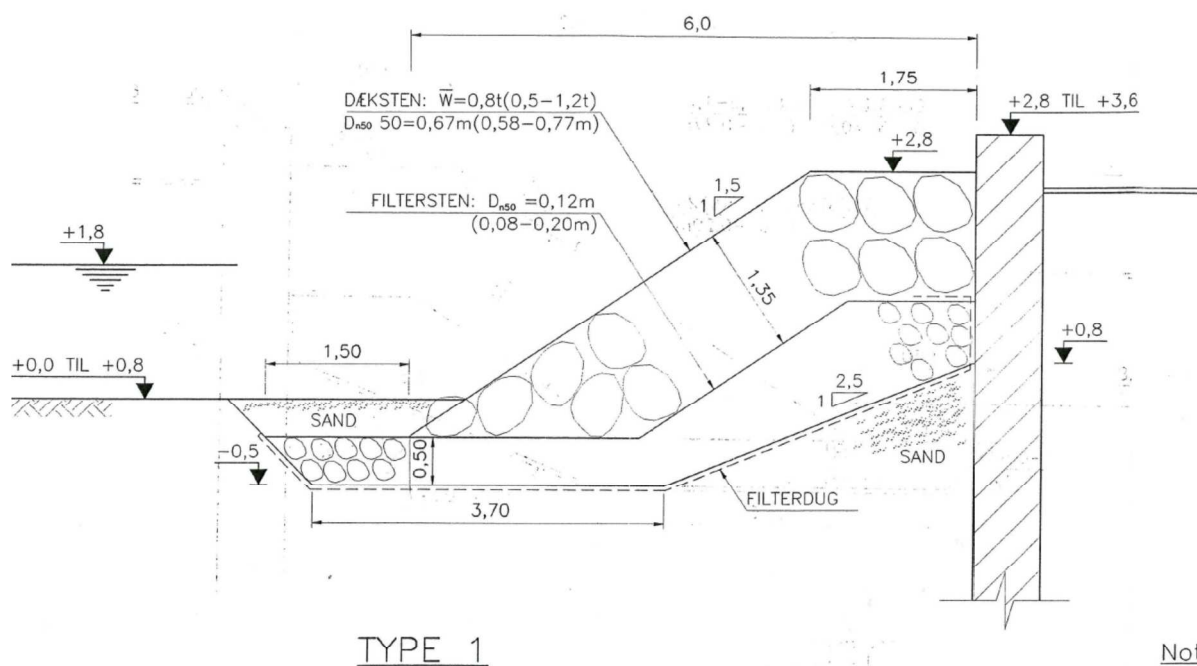


Figur A.27 Beskadigelse af støttemur. Her ses også at muren som helhed sætter sig ud mod kysten.

A.3.9 Konklusion for område 4:

- › Der ses omfattende beskadigelse af konstruktioner (støttemuren), der ud over revner også sætter sig mod kysten
- › Asfaltbelægningen på stranden er også omfattende beskadiget og renoveres jævnligt, senest på dagen for besigtigelsen
- › Sandstrand med lidt tang
- › Nedkørselsrampen er netop blevet renoveret efter beskadigelse
- › Område 4, og dermed projektstrækningen stopper ved nedkørselsrampen.

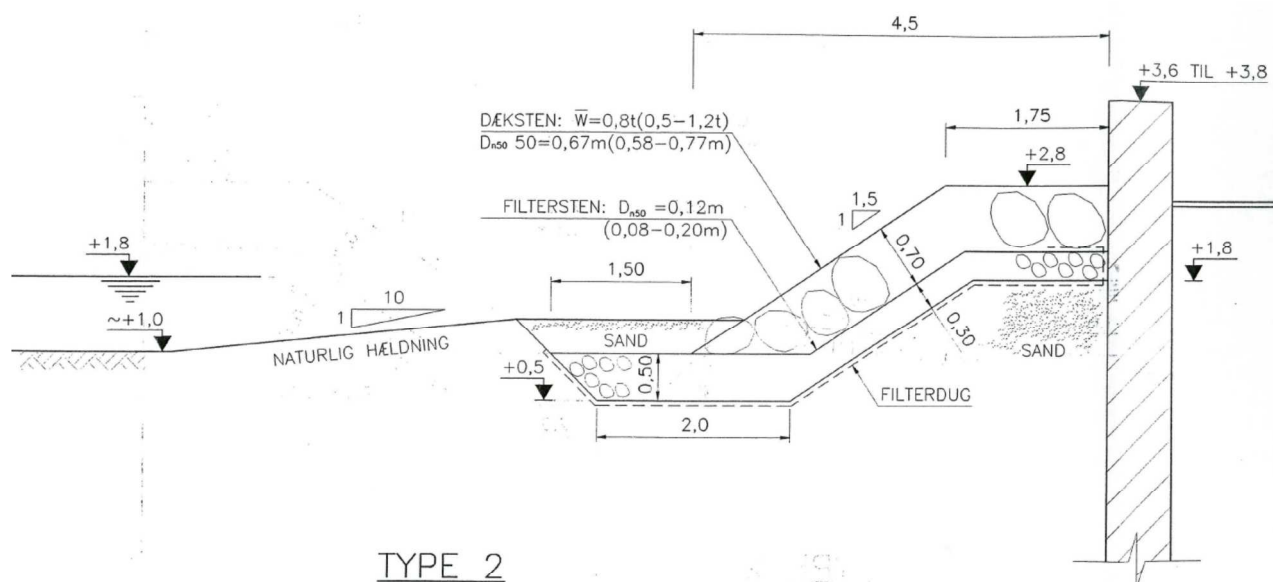
Bilag B Tværsnit



Notater

1. Kolen i m DNN.
2. Møl i meter.

Figur B.1 Type 1 tværsnit, 2003. Fra stationering 60-348.



Notater

1. Kōten i m DNN.
2. Mōl i meter.

Figur B.2 Type 2 tværsnit, 2003. Fra stationering 0-40.