

ROSENDAL OG MARGRETHELUND GODSER A/S

KYSTBESKYTTELSE AF STRANDHUS NR 4 FAXE LADEPLADS

ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

KYSTTEKNISK NOTAT TIL KDI

INDHOLD

1	Indledning	2
2	Kyststrækningen	2
2.1	Hus nr. 4	5
2.1.1	Hjørnet ved hus nr. 4 mod nordvest	5
3	Foreslået beskyttelse af hjørnet ved hus nr. 4 mod nordvest	7
3.1	Vandstand	7
3.1.1	Global vandspejlsstigning	7
3.1.2	Højvandsstatistik	8
3.1.3	Projekteringshøjvande	8
3.2	Bølger	8
3.3	Projektering	8
3.4	Stenstørrelse	9
3.4.1	Dækklag	9
3.4.2	Filterlag	10
3.4.3	Filterdug	10
3.5	Sandfodring	10
3.6	Skitser	11

PROJEKTNR. A041817-008
DOKUMENTNR. A041817-008-TN02
VERSION 1.0
UDGIVELSESDATO 18-05-2016
UDARBEJDET HSV
KONTROLLERET OJJ
GODKENDT HSV

4 Referencer

14

1 Indledning

Rosendal og Margrethelund Godser A/S har, jf. e-mail dateret 23. marts 2016 fra Hr. Christian Duch, anmodet COWI om at udarbejde projekt for beskyttelse af hjørnet ved grunden med hus nr. 4 mod nordvest (mod hus nr. 3), ved Rosendal Gods' strandgrunde i Faxe Ladeplads, se Figur 2.1. I nærværende notat er beskyttelsen kort beskrevet.

2 Kyststrækningen

Rosendals Gods' strandgrunde langs Strandvejen i Faxe Ladeplads strækker sig over en strækning på ca. 150 m, se Figur 2.1. De 8 grunde samt hus nr. 4 ejes af Rosendals Gods, mens de øvrige huse (nr. 1-3 og 5-8) ejes af lejerne af grundene, se Figur 2.2. Hus nr. 4 udlejes også, se Figur 2.3.

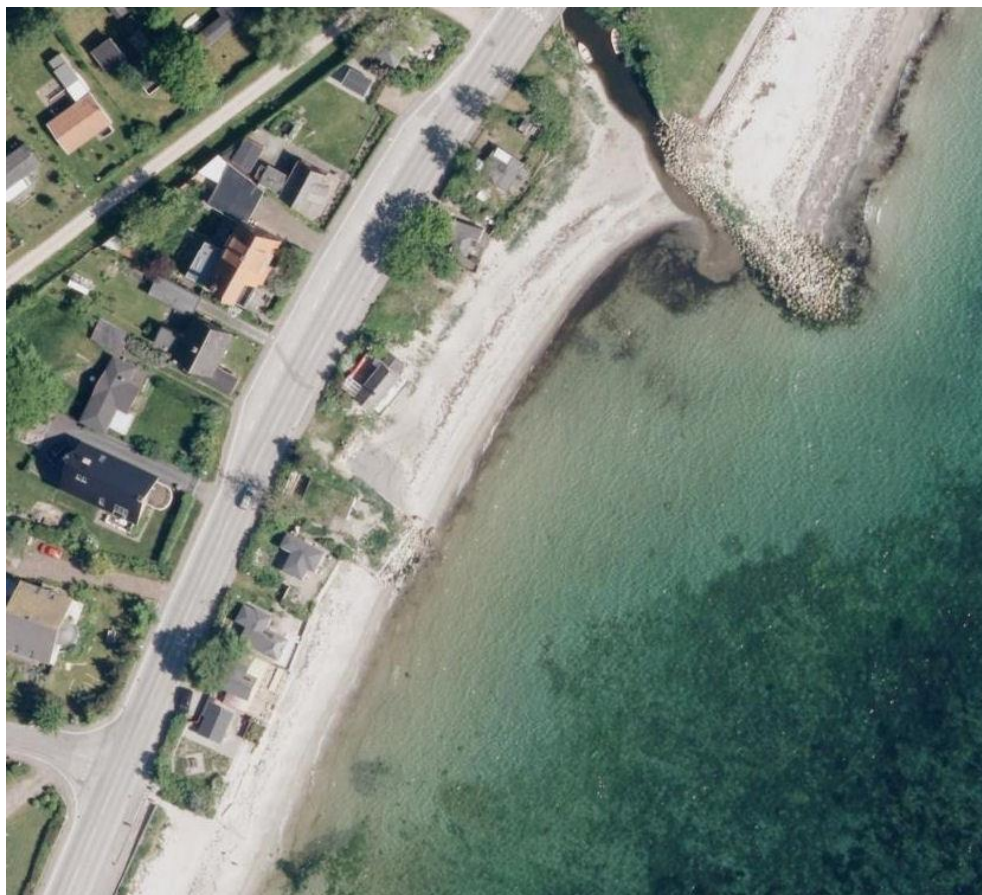
Ud for grundene ved hus nr. 1, 2 og 3 er der en smal strand, men der er ingen beskyttelse foran husene. Ud for grundene ved hus nr. 5, 6, 7 og 8 er der lodrette betonstøttemure foran en smal strand. Ud for hus nr. 4 er der en fremskudt støttemur, og stranden her er forsvundet. Støttemurene er oprindeligt etableret i første halvdel af det 20. århundrede og efterfølgende vedligeholdt i større eller mindre grad.

Generelt ligger husene lavt:

- › Hus nr. 1, 2 og 3 er skønnet til at ligge i kote ca. +1,6 til +1,8 m DVR90
- › Hus nr. 4, 5, 6, 7 og 8 er skønnet til at ligge i kote ca. +2,0 m DVR90

Kyststrækningen er præget af læsideerosion, primært på grund af havnens blokering af den kystparallelle sedimenttransport og på grund af ledeværket (stenhøfden) ved Faxe Å's udløb. Dette har, sammen med de lodrette støttemure, gennem årene bevirket, at stranden foran husene er næsten forsvundet.

Dette har bevirket at grunden i hjørnet eroderes og truer hus nr. 4 samt Strandvejen, og at der jævnligt sker oversvømmelse af huset samt af hus nr. 3 og 5 (bagfra) ved højvandssituationer.



Figur 2.1 *Luftfoto af Rosendal Gods' 8 grunde langs stranden umiddelbart sydøst for Faxen Å's udløb*



Figur 2.2 Oversigt over de 8 matrikler som ejes af Rosendal Gods



Figur 2.3 Grund og hus nr. 4 og skønnede dimensioner på støttemur mv.

2.1 Hus nr. 4

Hus nr. 4 er omkranset af en lodret støttemur, der er fremskudt i forhold til resten af støttemurene på strækningen. Muren er også her anlagt i første halvdel af forrige århundrede, og huset ligger omtrent i samme kote som husene mod sydvest. Omkring årtusindskiftet blev der udlagt sten foran muren, men bølgepåvirkningen har med tiden spredt stenene ud. Stranden foran støttemuren er eroderet bort og oversvømmelse og bølgeopskyl er derfor en reel udfordring i stormsituationer.

2.1.1 Hjørnet ved hus nr. 4 mod nordvest

Stranden i hjørnet ved hus nr. 4 mod nordvest er lav og dette medfører i højvands-situationer oversvømmelser bagfra af både hus nr. 3, 5 og 4, se Figur 2.4 og Figur 2.5.



Figur 2.4 Hjørnet af grunden ved hus nr. 4 mod nordvest, 17 september 2015



Figur 2.5 Hjørnet af grunden ved hus nr. 4 mod nordvest, vinter 2016 efter to storme fra øst



Figur 2.6 Hjørnet af grunden ved hus nr. 4 mod nordvest, forår 2016

3 Foreslået beskyttelse af hjørnet ved hus nr. 4 mod nordvest

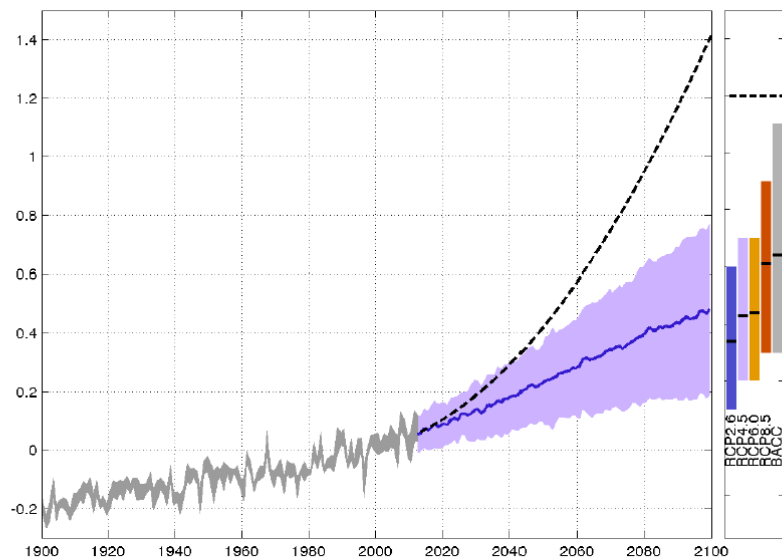
For dels at beskytte mod yderligere erosion ind mod Strandvejen og af hjørnet ved hus nr. 4 mod nordvest, samt for at reducere oversvømmelsesrisikoen af huset samt af hus nr. 3 og nr. 5 (bagfra), foreslås en beskyttelse med en lille stenskråning i hjørnet (ca. 4 m på hver side heraf), der dækkes af sand. Sandet skal dels være med til at beskytte mod yderligere erosion og skal dels kompensere for manglende erosion pga. stenskråningen.

I det følgende præsenteres forslaget til beskyttelse af hjørnet ved hus nr. 4 mod nordvest, se Figur 2.6. Beskyttelsen dimensioneres for en 20 års hændelse om 20 år.

3.1 Vandstand

3.1.1 Global vandspejlsstigning

De generelle temperaturstigninger har afledte konsekvenser for kystområderne, da en generel havspejlsstigning er en af disse konsekvenser. Den generelle udvikling i havspejlsstigningen er illustreret i Figur 3.1, Ref. /1/.



Figur 9: Den absolute middelvandstand ved Danmark i meter for årene 1900-2100. Den grå skygge for år 1900-2012 viser den observerede årlige middelvandstand ved danske vandstandsmålere, korrigeret for landhævning. Den blå streg for år 2012-2100 viser IPCC's bedste estimat af middelvandstanden i Nordsøen for RCP4.5 scenariet, og skyggen angiver usikkerheden for dette scenarie. Den stiplede linje angiver DMI's estimat af en øvre grænse for vandstandsstigninger til brug for usikkerhedsberegninger. I højre side af figuren vises middelværdi og usikkerheder for de fem IPCC scenarier samt for BACC's vurdering af A1B scenariet for perioden 2081-2100. Den stiplede linje viser DMI's øvre bud for denne periode.

Figur 3.1 Eustatisk havspejlsstigning for Danmark, DMI, Ref. /1/. Landhævningen er ikke medtaget i grafen

Ifølge Figur 3.1 er den gennemsnitlige havspejlsstigning ca. 15 cm DVR90 om 20 år. Gennemsnitsprognosen er valgt eftersom en evt. beskadigelse af konstruktio-

nen og vejen ikke vil være fatal. Derfor medtages en eventuel usikkerhed, som er vist på figuren, ikke.

3.1.2 Højvandsstatistik

Kystdirektoratet har udarbejdet en højvandsstatistik, Ref. /2/ for Gedser Havn. Da der ikke foreligger data for Faxe Ladeplads anses Gedser Havn for repræsentativ for projektstrækningen. Der dimensioneres for en 20 års hændelse, dvs. med en vandstand på +148 cm.

3.1.3 Projekteringshøjvande

Projekteringshøjvande er defineret som 20 års højvandshændelse plus global vandspejlsstigning på +15 cm i år 2036.

Således fås en projekteringsvandstand på:

- › Vandstand: +1,63 m DVR90

Bagstranden ligger på nuværende tidspunkt i kote ca. +1 m, men i projekteringen tages højde for at det foranliggende strand vil erodere bort til ca. kote +0.5 m.

Således fås en projekteringsvanddybde foran konstruktionen på:

- › Vanddybde foran konstruktionen, h: 1,13 m

3.2 Bølger

Den signifikante bølgehøjde, anvendt som projekteringsgrundlag, er estimeret ud fra vanddybden foran konstruktionen, idet det antages at bølgerne er vanddybdebegrænsede. Bølgehøjden antages at udgøre ca. 80 % af den potentielle vandhøjde foran konstruktionen.

- › Signifikante bølgehøjde, H_s : 0,9 m

3.3 Projektering

Beskyttelsen dimensioneres, som nævnt ovenfor, for en 20 års hændelse om 20 år.

Der foreslås opbygget en stenkastning med et lag tæt pakkede dæksten, oven på et filterlag af mindre stenmaterialer og en kerne bestående af eksisterende/tilført sand. Mellem filterlaget og sandbunden udlægges en filterdug for at undgå udvaskning af sand og dermed følgende sætninger af konstruktionen.

Dæklaget foreslås med en hældning på 1:1,5, se Figur 3.2.

Konstruktionen placeres således at kronen har samme højde som baglandet (grunden) og flugter med den eksisterende betonmur og træværk (træværket fjernes mens betonmuren består). På stykket parallelt med vejen vil kronen ende hvor

skrænten og træværket på nuværende tidspunkt er placeret, se Figur 3.2 og Figur 3.3.

Konstruktionens udstrækning er ca. 4 m til hver side fra hjørnet (eksklusiv afrunding af stenskråningen), se Figur 3.3.

3.4 Stenstørrelse

3.4.1 Dæklag

Dæklagets nominelle diameter bestemmes på baggrund af almindelig ingeniørpraksis med denne størrelse beskyttelse og bølger.

$$D_{n,50} = 0,5H_s$$

Middelvægten af dækstenene bestemmes ud fra:

$$W_{50} = \frac{D_{n,50}^3}{\gamma_s}$$

Hvor:

$\gamma_s = 2,65 \text{ t/m}^3$ (specifikke vægt af sten)

Heraf fås følgende diameter og vægt for stenene i dæklaget:

- > $D_{n,50} = 0,45 \text{ m}$
- > $W_{50} = 250 \text{ t}$

Det er vigtigt at dækstenene er velgraderede således at filterlaget ikke udvaskes. Stenklassen/graderingen beregnes baseret på anerkendt empirisk relation med brug af fastsatte konstanter, Ref. /3/.

	d_{15a}	d_{50a}	d_{85a}
m	0,34 m	0,45 m	0,58 m
kg	0,1 t	0,25 t	0,53 t

Tabel 3.1 Dæklagets gradering i størrelse og vægt. a refererer til dæksten. Tallet 15, 50 og 85 (procenter) angiver hvor stor en mængde ud af 100% der er mindre end det givne tal

Dæklaget består af et lag sten og vil derfor have en tykkelse på 450 mm, som er dækstenenes nominelle diameter, $D_{n,50}$. Dækstenene skal bestå af granit eller lignende stenart. Pr. tværsnit vil dæklaget fylde ca. 1 m², se Figur 3.2, og det skønnes at den samlede mængde dæklagssten er ca. 8 m³, og inklusive ende-afslutninger, ca. 10 til 12 m³.

For en 20 års stormhændelse med ekstremt højvande må op til 5 % skade på stenskråningen forventes. Efter stormhændelser skal stenkastningen derfor tilses og evt. nedrullede sten lægges på plads.

3.4.2 Filterlag

Følgende kriterier, modificeret fra Terzaghi, bruges til projektering af filterlagets minimumstørrelser således at der sikres mod udvaskning gennem dæklaget, Ref. /4/:

$$D_{15a} / D_{85f} < 4$$

$$D_{50a} / D_{50f} < 7$$

$$D_{15a} / D_{15f} < 15$$

Hvor a og f refererer til dæklag, henholdsvis filterlag. Tallet 15, 50 og 85 (procenter), angiver hvor stor en mængde ud af 100 % der er mindre end det givne tal.

Filtermaterialets minimum størrelser består således af sten med:

- > $D_{50} = 50 \text{ mm}$
- > $D_{15} = 30 \text{ mm}$ til $D_{85} = 90 \text{ mm}$

Filterlagets tykkelse på 250 mm i tåen er fastsat som 5 gange filterstenenes middelstørrelse. Pr. tværsnit vil filterlaget fylde ca. 1 m², se Figur 3.2, og det skønnes at den samlede mængde filterlagssten er ca. 10 m³ inklusive ende-afslutninger.

Under- og oversiden af filterlagets tå er i kote +0,5 m DVR90 henholdsvis +0,75 m DVR90.

3.4.3 Filterdug

Filterdugen skal være en 350 g/m² nålebunden dug, som ikke er varmebehandlet.

Pr. tværsnit skal bruges ca. 3,3 m filterdug, hvilket i alt giver ca. 26,5 m² eller omkring 30 m² inklusive overlæg.

3.5 Sandfodring

For dels at beskytte mod yderligere erosion, og for dels at kompensere for manglende erosion pga. stenskråningens tilstedeværelse, dækkes stenskråningen med sand.

Sandet vil med fordel kunne hentes fra oprensning af Faxe Å udløbet eller havneindsejlingen, hvis der gives tilladelse hertil af henholdsvis Faxe Kommune eller Faxe Kalk, samt Kystdirektoratet og Naturstyrelsen. Alternativt tilføres sand af sammenlignelig kvalitet som eksisterende sand på stranden.

Sandlaget lægges vandret flugtende med toppen af stenskråningen i en meters bredde og derefter med en hældning på 1:2. Sandet vil således nå ca. 4,7 m ud på stranden, Figur 3.2.

Pr. tværsnit af konstruktionen skal således lægges ca. 2 m³/m sand oven på dæklaget. Under filterlaget skal der fyldes op med sand og her kræves ca. 0,4 m² sand pr. tværsnit. Således skal der i alt tilføres ca. 20-25 m³ sand.

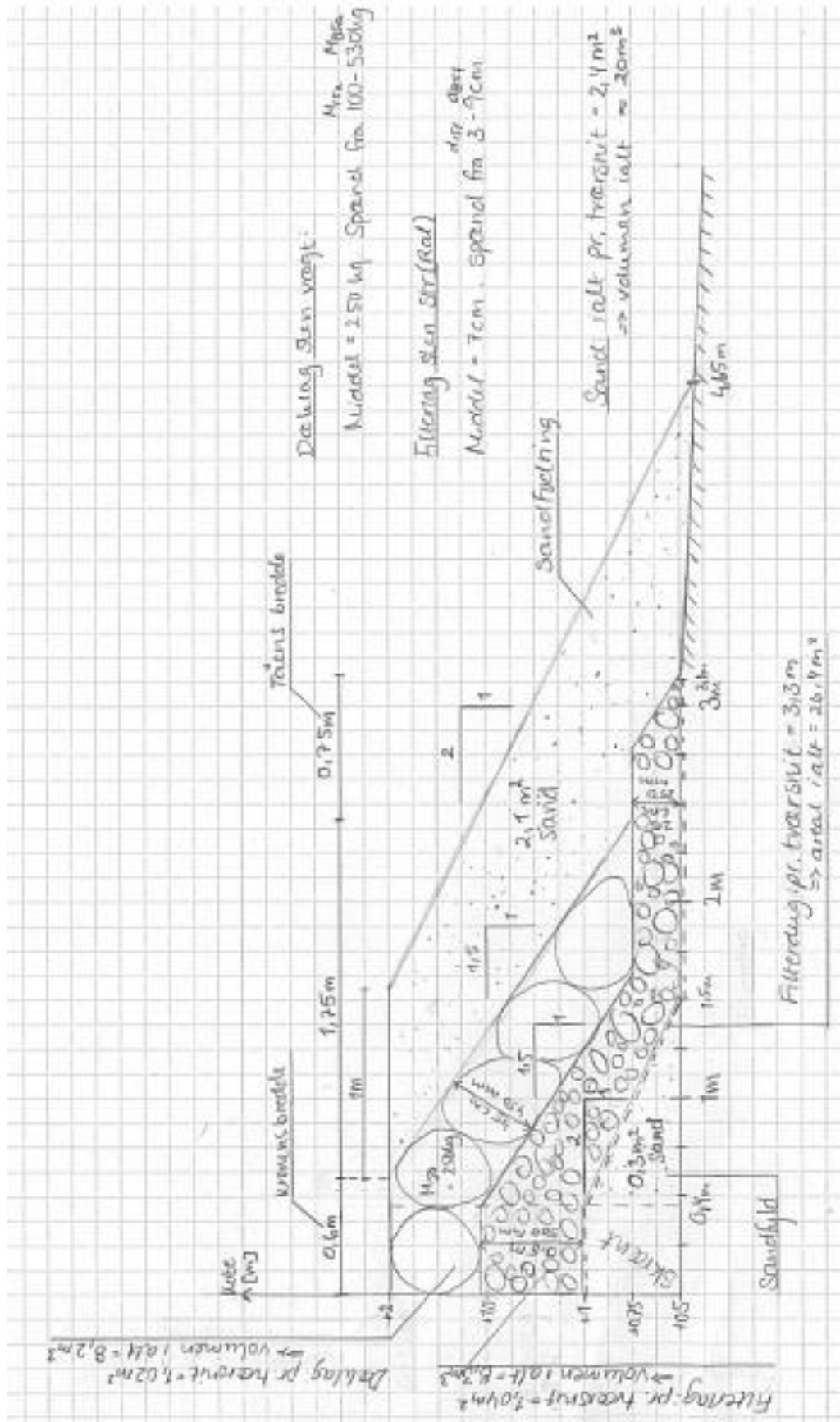
Der gøres opmærksom på, at det viste sand-tværsnit er midlertidigt, da naturens kræfter vil udjævne området til en naturlig hældning svarende til den omkringliggende strand.

Den forventede mængde sand der eroderes vil være af samme størrelse som for strækningen med støttemuren umiddelbart syd for strandhusene. Denne årlige erosion er tidligere estimeret til, at der i gennemsnit forsvinder ca. 0,26 m³/m hvert år. Den berørte kystparallelle strækning i nærværende projekt er ca. 4 m, svarende til en årlig erosion på ca. 1 m³, eller ca. 20 m³ på de 20 år levetiden for konstruktionen er dimensioneret til. Således vil en tilførsel af sand på 20 m³, som foreslået, kompensere for manglende erosion i hele konstruktionens levetid.

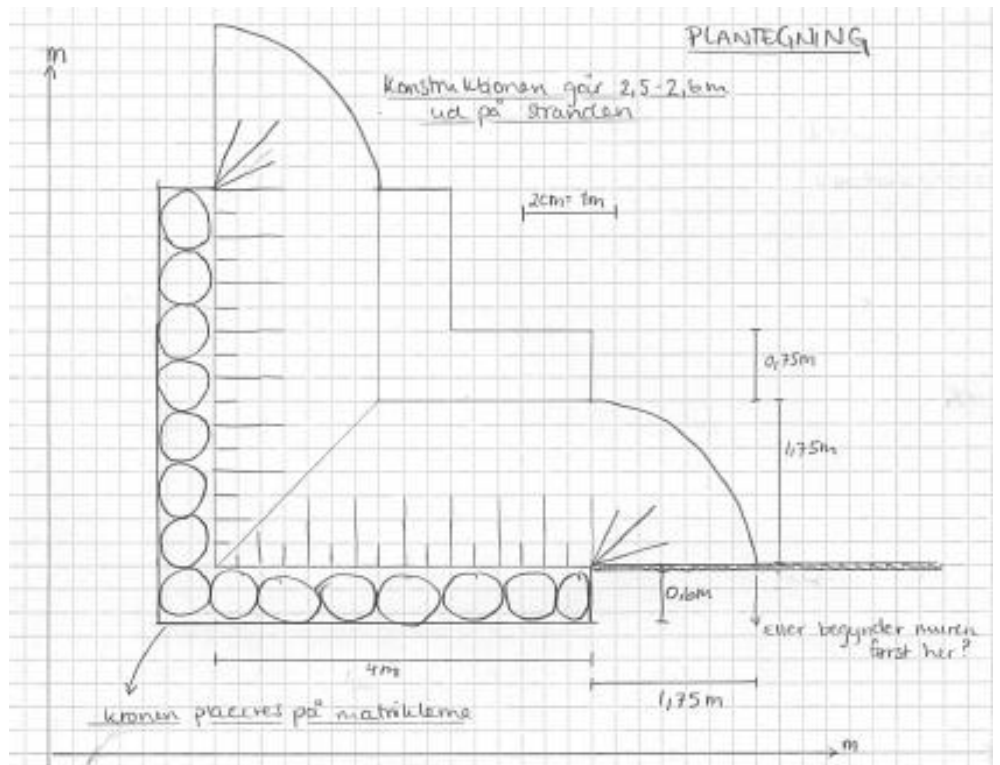
Det bemærkes at det kan være hensigtsmæssigt at sandfodre med mindre mængder efter østlige storme, der kan forårsage større erosion på én gang.

3.6 Skitser

I det følgende præsenteres skitser af tværsnit samt plan af den foreslåede sten-skråning samt dennes placering og udstrækning, se Figur 3.2 - Figur 3.5.



Figur 3.2 Tværsnit af foreslåede skråningsbeskyttelse



Figur 3.3 Plantejning af foreslåede skråningsbeskyttelse



Figur 3.4 Placering af skråningsbeskyttelse på matriklerne



Figur 3.5 Placering af skråningsbeskyttelse på matriklerne, zoom

4 Referencer

- /1/ **Danmarks Klimacenter**
Fremtidige klimaforandringer i Danmark. Rapport nr. 6
2014.
- /2/ **Kystdirektoratet**
Højvandsstatistikker
2012.
- /3/ **CIRIA**
The Rock Manual - The use of rock in hydraulic engineering, 2nd edition
London :2007.
- /4/ **Jensen, O. J.**
A Monograph on Rubble Mound Breakwaters
1984.