

Teknisk notat – kystsikring Solrød Strand

Metoder for kystsikring område A

Rekvirent	Solrød Kommune
Rådgiver	Lynghus Consult Aps
Underrådgiver	Ingen
Projektnummer	2007
Udgave nr.	4
Godkendt af	Henrik Lynghus
Udgivet	23. januar 2024



Figur 1-1 Solrød Strand under stormen 19. oktober 2023. Foto fra HedeDanmark.

Indholdsfortegnelse

1	Baggrund	3
2	Sammenfatning og anbefaling	4
2.1	Sammenfatning	4
2.2	Anbefaling	5
3	Lovkrav og myndighedsgodkendelser	6
4	Kystsikringsmetoder	8
4.1	Klitdige ved sandfodring	8
4.1.1	Udformning	8
4.1.2	Drift- og vedligehold samt robusthed	9
4.1.3	Anlægs- og driftsomkostninger	9
4.1.4	Øvrige forhold	9
4.2	Stendige	10
4.2.1	Udformning	10
4.2.2	Drift- og vedligehold samt robusthed	10
4.2.3	Anlægs- og driftsomkostninger	11
4.2.4	Øvrige forhold	11
4.3	Sanddækket stendige	11
4.3.1	Udformning	11
4.3.2	Drift- og vedligehold samt robusthed	12
4.3.3	Anlægs- og driftsomkostninger	13
4.3.4	Øvrige forhold	13
4.4	Højvandsmur	13
4.4.1	Udformning	13
4.4.2	Drift- og vedligehold samt robusthed	14
4.4.3	Anlægs- og driftsomkostninger	14
4.4.4	Øvrige forhold	15
5	Bilag - Kystbeskyttelsesmetoder, overslag	15

I dette notat anvendes begrebet ”kote”. Kote angiver højden i meter over normal havvandstand for et givent terrænpunkt. Kote-systemet baseres på Dansk Vertikal Reference 1990 (DVR90).

1 Baggrund

Dette notat er udarbejdet på anmodning fra Solrød Kommune som baggrundsnotat til byrådsmøde i Solrød Kommune, der er indkaldt til 30. januar 2024. Notatets formål er at beskrive forskellige metoder til kystsikring af boligområder mellem kystlinjen og Strandvejen i område A, Solrød Strand, strækningen fra Karlstrup Mosebæk i nord til Fuglesangsvej i syd.

Som udgangspunkt er der på strækningen i område A etableret et klitdige som kystbeskyttelse mod højvande. Klitdiget er valgt ud fra et ønske om at arbejde med naturen i stedet for mod naturen, og der har generelt været stor opbakning fra grundejerne om at vælge en løsning, der bygger på den eksisterende natur i området og dermed bevarer de rekreative værdier i området.

Klitdiget har i etablering krævet meget begrænsede ny-anlæg, idet de naturlige klitter i udgangspunktet har ydet en beskyttelse mod højvande for de bagvedliggende grunde, så ny-anlægget har begrænset sig til sandfodring og udplantning af sandhjælme i svage områder af klitrækken. Det er et grundlæggende forhold ved klitdiget, at klitdiget efter stormflodshændelser skal vedligeholdes ved genfodring med sand, for at kystbeskyttelseseffekten bibeholdes, da erosion i disse tilfælde må påregnes. Ved normale årligt tilbagevendende hændelser med vandstand lavere end kote 1,3 inkl. bølger vil der ikke ske betydende erosion af klitdiget, der vil kræve vedligeholdelse.

Tilladelsen til etablering af klitdiget betyder, at der også er tilladelse og pligt til at vedligeholde klitdiget ved sandfodring. Dette er udført efter stormfloden i oktober 2023.

Det bør bemærkes, at alle andre former for kystbeskyttelse i området end den allerede godkendte klitdige-baserede løsning vil kræve en proces tilsvarende den, der er gennemført ifm. den nuværende tilladelse til kystbeskyttelse. Dette vil omfatte udarbejdelse af for- og skitseprojekt med miljøvurdering, ansøgning, behandling jf. Lov om Kystbeskyttelse. Når tilladelse er givet skal der udarbejdes detailprojekt og udbudsmateriale, hvorefter der sker konkurrenceudbud, og kontrahering med vindende entreprenører.

Omkostninger forbundet med de fire beskrevne løsninger er baseret på erfaringspriser indhentet af Cowi, der har medvirket ifm. udarbejdelsen af nærværende notat. Der er desuden anvendt erfaringspriser fra den nyligt gennemførte retableringsindsats efter stormen 19.-20. oktober 2023.



Figur 1-1 Stormfloden 19. oktober 2023. Foto: Lynghus Consult

2 Sammenfatning og anbefaling

2.1 Sammenfatning

Notatet beskriver fire forskellige metoder for sikring og relevante parametre kan sammenholdes for de beskrevne metoder. Det bemærkes, at de beskrevne alternative løsninger er ideer til mulige koncepter. Der er ikke udarbejdet skitseprojekter for disse, der kan godtgøre, at løsningerne faktisk kan etableres.

Nedenstående matrix, giver et overblik over metoderne og disses konsekvenser.

Metode	Kliddige ved sandfodring	Stendige	Sanddækket stendige	Højvandsmur
Placering	I eksist. klitrække	Langs/på klitfod mod stranden	Indbygget i klitfod mod stranden	Udenfor strandbesk.linje på private matrikler
Materialer	Sand og klitplanter	Fiberdug, natursten	Fiberdug, natursten, sand og klitplanter	Beton, armering, tætninger, demonterbare mure
Normal drift og vedligehold	Bi-årlig kontrol, sand efter behov	Bi-årlig kontrol, Slid langs toppen, stier, nedgange	Bi-årlig kontrol, Sand efter behov	Bi-årlig kontrol af gennemgange, årlig beredskabsøvelse, overfladebehandling af betonflader
Indsats ifm. storm	Genopbygning af sikringszone ved erosion, sandfodring.	Kontrol efter storm, evt. reparation ved skade på stenkastning	Genopbygning af klitfod ved erosion, kontrol af stendige, evt. reparation af stenkastning	Kontrol efter storm, evt. reparation, overfladebehandling af betonflader
Robusthed	Kræver genopbygning efter storme. Kan reableres på 1-2 måneder.	Kræver måske genopbygning efter storme. Kan reableres på 1-2 måneder.	Kræver genopbygning efter storme. Kan måske reableres på 1-2 måneder.	Kræver måske genopbygning efter storme. Kan ikke reableres på 1-2 måneder.
Etableringsomkostninger	Dige er etableret	27-38 mio. kr.	30-43 mio. kr.	32-45 mio. kr.
Årlige drifts-omkostninger	Kr. 430-510.000,-	Ukendt	Kr. 270-350.000,-	Ukendt
Landskab	Uændret	Markante ændringer	Højere klitter	Uændret langs stranden, markante ændringer langs str.besk.linje
Natur	Uændret	Ændring/Forringelse	Uændret	Forringelse, ny faunaspærring,
Rekreative værdier	Uændret	Forringelse	Uændret, dog højere klitter	Uændret på strand, forringelse landværts

Figur 2-1 Sammenstilling af parametre til brug ved valg af metode for kystbeskyttelse. Priser er oplyst excl. moms.

2.2 Anbefaling

Dette notat beskriver 4 løsninger til kystbeskyttelse af en 2,7 km lang kyststrækning - område A mellem Karlstrup Mosebæk i nord og Fuglesangsvej i syd - langs Solrød Strand. De 4 løsninger er:

- Et klitdige, der opbygges og vedligeholdes ved sandfodring.
- Et stendige opbygget af store natursten, placeret kystværts foran klitterne.
- Et sanddækket stendige, der indbygges i de eksisterende klitter.
- En højvandsmur, der etableres i- eller bag strandbeskyttelseslinjen.

Område A rummer et eksisterende klitdige, der udgør sikringen i dag. Klitdiget har ifm. stormene 19.-20. oktober 2023 (en +100 års storm) og 2.-3. januar 2024 (en +20 års storm kombineret med ekstremregnsafstrømning fra oplandet) bidraget til at sikre mod oversvømmelse af lavtliggende boliger i område A, Klitdiget blev ikke gennembrudt ifm. stormene.

Et klitdige er, ud fra natur-, miljø-, landskabs-, og rekreative forhold, den løsning, der bør foretrækkes fremfor de øvrige vurderede løsninger. De alternative løsninger vil alle medføre betydende ændringer langs stranden og kystlinjen. Flere af løsningerne vil reducere mulighederne for at benytte stranden.

Både et stendige og en højvandsmur vil medføre omfattende og meget synlige forandringer i område A. Et sanddækket stendige vil kunne udformes tilsvarende den eksisterende strands udtryk, men diget skal udføres højere end de øvrige løsninger og således være et mere synligt anlæg. Alle alternative løsninger vil medføre længerevarende og omfattende anlægsarbejder på- og omkring stranden i område A.

En ny løsning vil medføre en investering mellem 30 og 45 mio. kr. alene til anlæg. Hertil skal lægges udgifter til skitseprojekt, projektering, udbud, kontrahering, tilsyn og byggeledelse, der typisk vil beløbe sig til ca. 15% an anlægsudgifterne - disse udgifter er ikke indeholdt i omkostningsvurderingerne. En ny løsning vil således kunne anslås til en samlet udgift mellem 35 og 50 mio. kr. excl. moms. Valg af en ny løsning vil således medføre, at kystlodsejere og Solrød Kommune påføres meget store meromkostninger. Et klitdige er derfor den billigste løsning - hovedsageligt fordi løsningen allerede er eksisterende.

Der vil være årlige drift- og vedligeholdelsesomkostninger forbundet med alle de beskrevne løsninger. To af de foreslåede løsninger er vurderet og prissat. To løsninger kan ikke vurderes, da der mangler erfaringspriser for vedligehold af disse.

Et klitdige vurderes som den mest egnede løsning langs Solrød Strand, fordi kysten ikke er en erosionskyst, hvor hård kystsikring kunne overvejes som en relevant sikringsløsning. Køge Bugts kystdynamik langs Solrød Strand giver og tager sand. Ved normalt forekommende vinterstorme eroderes forstrand og klitfod, men i løbet af sommerhalvåret vil der ofte blive tilført mere sand end vinteren tog. Kun ved kraftige storme vil havet borteerodere store mængder sand, der vil tage naturen flere år at genskabe.

Hertil kommer, at en alternativ løsning vil kræve fornyet godkendelses- og etableringsproces, der vil forløbe over en årrække. I denne periode, hvor der vil være usikkerhed for, om den valgte nye løsning kan tillades og udføres, skal den eksisterende sikring fra det eksisterende klitdige vedligeholdes.

Samlet set vurderes et klitdige som den økonomisk mest attraktive løsning både nu og i fremtiden. Diget er en robust løsning, det vil på kort tid efter storm kunne genskabes, og det kan forhøjes. Disse faktorer kan vise sig nødvendige fremover i tilfælde ved stigende havvandstand eller ved evt. øget storm-frekvens.

Et klitdige rummer en række positive effekter omkring natur, diversitet, landskab, æstetik og benyttelse, som de øvrige beskrevne løsninger ikke kan tilbyde i samme grad.

På baggrund af ovenstående sammenfatning og vurderingerne beskrevet i nærværende notat anbefales det at bevare den eksisterende sikring i form af et klitdige nu og fremover, samt at klitdiget driftes og vedligeholdes ved supplerende sandfodring ved behov som beskrevet.

3 Lovkrav og myndighedsgodkendelser

Retablering af det eksisterende klitdige kan ske uden yderligere myndighedsgodkendelse, idet der er givet de relevante tilladelser til denne løsning iht. Lov om Kystbeskyttelse (benævnt KBL herunder), inkl. tilladelse til genindvinding af sand fra stranden iht. betingelser beskrevet af Kystdirektoratet.

For alle tre alternative løsningsforslag gælder, at de indebærer en så vidtgående ændring af det eksisterende projekt, at der i kystbeskyttelseslovens forstand er tale om et nyt projekt eller delprojekt. Da kommunen fortsat ønsker at fremme sagen efter reglerne om kommunale fællesprojekter, skal kommunen følge denne procedure:

1. Kommunalbestyrelsen udarbejder et projektforslag (forundersøgelser og skitseprojekt), jf. KBL. § 1a.

2. Kommunalbestyrelsen skal indhente en udtalelse fra Kystdirektoratet om det påtænkte projekt, jf. KBL. § 2. Kystdirektoratet skal i sin udtalelse vurdere, om der er et behov for kystbeskyttelse på den omhandlede strækning og i givet fald, hvilken form for kystbeskyttelse der skal søges fremmet.

Kommunalbestyrelsen er ikke bundet af Kystdirektoratets udtalelse, der alene er vejledende, og kan således også vælge at gennemføre projekter eller metoder, som ikke ligger inden for den tekniske udtalelse, Kystdirektoratet afgiver. Det må dog formodes, at der skal være saglige grunde til at fravige udtalelsen.

Der er ikke pligt til at høre grundejerne, men kommunen kan altid indhente en udtalelse samtidigt. Grundejerne har her mulighed for at tilkendegive, hvilken interesse den enkelte måtte have i projektets realisering.

3. Kommunalbestyrelsen træffer på grundlag af udtalelsen afgørelse om, hvorvidt sagen skal fremmes, jf. KBL. § 2a.

4. Hvis sagen fremmes, underrettes de grundejere, der vil opnå beskyttelse eller anden fordel herom. Kommunen kan herefter "indgive en ansøgning til sig selv", jf. KBL. § 2a og § 4.

5. Kommunalbestyrelsen går herefter i gang med at forberede det egentlige projekt. Den tilladelse, som kommunen senere udsteder "til sig selv", erstatter en række andre afgørelser, der ellers skulle træffes efter anden lovgivning for at projektet lovligt kan gennemføres jf. KBL. § 3a. Det gælder bl.a.:

- Naturbeskyttelseslovens bygge- og beskyttelseslinjer §§ 16 - 19 (sø- og å-beskyttelseslinje, skovbyggelinje, fortidsmindebeskyttelseslinje, kirkebyggelinje)
- Naturbeskyttelseslovens bestemmelser om klitfredning og strandbeskyttelseslinjen §§ 8 og 15
- Beskyttede naturtyper, jf. naturbeskyttelseslovens § 3
- Dispensationer fra fredskovspligt og skovlovens § 28 a om beskyttet natur, dispensation fra fredninger, afgørelser efter vandløbsloven, og jagtlovgivningen.

Den samlede afgørelse skal træffes med hjemmel i kystbeskyttelsesloven ud fra de hensyn, som er angivet i denne. Det betyder også, at de sagsbehandlingsregler, der er fastsat i de enkelte lovgivninger, ikke skal følges. Men ved vurderingen af, om der skal gives tilladelse til udførelse af en kystbeskyttelsesprojektet, skal de hensyn, som de nævnte regler varetager, *fortsat indgå i vurderingen*. Så kommunen skal stadig sikre sig, at afgørelsen er forsvarlig efter den nævnte lovgivning.

Der er lovgivning, som *ikke* er inkluderet. Det gælder:

- Miljøvurderingsloven om miljøvurdering af planer og programmer, hvor lovens procedurer skal følges. Hvis det ikke kan afvises, at projektet får væsentlig indvirkning på miljøet, skal der udarbejdes en miljøkonsekvensrapport. En afgørelse efter kystbeskyttelsesloven erstatter en tilladelse efter miljøvurderingslovens § 25 (VVM-tilladelse), jf. miljøvurderingsbekendtgørelsen - men procedurerne skal som anført følges.
- Kommunen skal desuden følge planloven, men kan dog efter lovens § 13, stk. 8, fravige lokalplankravet, hvis det vil forsinke projektet væsentligt.

- Endelig skal der ske en vurdering af projektet i forhold til påvirkningen af Natura 2000-områder.

6. Når projektet samt dets økonomi er klar, skal det udsendes i høring hos alle, som kan blive pålagt bidragspligt samt visse andre interessenter, jf. KBL. § 5.

7. Herefter træffer kommunalbestyrelsen beslutning om tilladelse til projektet, jf. KBL. § 5a.

8. Afgørelsen sendes til de parter, der har haft projektet i høring og til relevante myndigheder, jf. KBL. § b, stk. 2.

4 Kystsikringsmetoder

I dette afsnit beskrives 4 metoder til sikring af område A. Alle beskrivelser tager udgangspunkt i samme strækning og samme sikringsniveau i kote 2,2.

For hver metode beskrives metodens udformning, forventninger til drift- og vedligehold, metodens forventede robusthed, økonomiske konsekvenser der forventes at være til metoden, samt øvrige forhold. Formålet med beskrivelserne er at danne et sammenligneligt grundlag til brug for en beslutning om valg af metode.

4.1 Klitdige ved sandfodring



Figur 4-1 Klitdige. Foto Lynghus Consult.

4.1.1 Udformning

Kystsikring baseret på klitdige ved sandfodring er den metode, der er valgt og gennemført på en 2,7 km strækning fra Karlstrup Mosebæk i nord til Fuglesangsvej i syd.

Sandfodringen består af en supplerende af de eksisterende klitter med tilsvarende materiale (marint sand indvundet lokalt med samme kornstørrelse som eksisterende klitter), der formes således, at der etableres en sikringszone med en bredde på 20 meter i niveau kote 2,2.

Sikringszonen indbygges langs kystlinjen i de eksisterende klitters naturlige top, således at kystens fysiske udseende og placering ændres mindst muligt. Hvor de eksisterende klitter er højere end sikringsniveauet udføres ingen yderligere sikring, hvor der findes lavninger indenfor sikringszonen opfyldes disse til sikringsniveauet.

Der udføres udplantning af erosionshæmmende planter (Sandhjelme og Marehalm) langs sikringszonens øvre forside, da den væsentligste vind-erosion forekommer her.

Hvor der i klitterne findes eksisterende stier i forlængelse af landværts liggende veje accepteres nedslidning af klitterne langs stierne. Disse "nedslidningsrender" gives særlig opmærksomhed ifm. varsel om stormflod, og vil blive opfyldt med sand ifm. beredskabsindsats under varslets varighed.

4.1.2 Drift- og vedligehold samt robusthed

Drift- og vedligehold: I perioder, hvor der ikke forekommer storme fra østvendte retninger er drift- og vedligehold begrænset til jævnlig kontrol af sikringszonens fysiske form. Dette kan f.eks. ske ved droneopmåling af klitzonen hvert andet år, hvor opmålingen sammenholdes med den sandfodring, der oprindeligt er udført. Ved kraftig nedslidning i områder med særlig intens færdsel kan det besluttes at retablere nedslidningen ved sandpåfyldning.

Ved storme fra øst kombineret med højvande og bølger skal kystsikringen vedligeholdes og genetableres efter stormen. Vedligehold består primært i at gentage sandfodring, når der er forekommet borterosion af klitfoden som følge af bølgeerosion, således at klitfodens form genskabes.

Robusthed: Et klitdige er ikke robust ifm. storme, hvor der opstår bølgeerosion på klitfoden. Ved storm kombineret med højvandshændelser er det forventeligt, at dele af klitdiget må eroderes. Det borteroerede sand vil ifm. stormen danne en ny, højere og bredere forstrand, der vil reducere bølgepåvirkningen i takt med at bølgerne brydes tidligere på grund af den reducerede vanddybde, der skabes på forstranden ved tilførelse af sand fra klitfoden.

På baggrund af erfaringerne fra vinteren 2023-2024, hvor der er forekommet to storme hhv. 19.-20. oktober 2023 samt 2.-3. januar 2024, er det relevant at anslå nødvendig tid for genopbygning. Det eksisterende klitdige blev efter oktober-stormen genopbygget på knap 2 måneder, hvilket viste sig at være en fordel ifm. den efterfølgende storm, der opstod ca. 1½ uge efter klitdiget var genetableret.

4.1.3 Anlægs- og driftsomkostninger

Anlægsomkostninger forbundet med etablering af et nyt klitdige vurderes ikke relevant at beskrive, fordi klitdiget er eksisterende. Der har været omkostninger forbundet med etablering af sikringszonen langs klitdigets top.

Baseret på den seneste genopbygning af klitdiget efter stormen d. 19.-20. oktober 2023 har omkostninger forbundet med at genopbygge klitdiget med ca. 25.000 m³ genindvundet eller tilkøbt sand været 5-6 mio. kr. svarende til ca. 2.500 kr. pr. lbm.

Der er udarbejdet vurdering af forventelige vedligeholdelsesomkostninger til fodring af klitdiget (se bilag 1) svarende til 160-190 kr. pr. lbm., svarende til en årlig omkostning på 430-510.000 kr. excl. moms.

4.1.4 Øvrige forhold

Sandfodring vil:

- kunne bevare og øge det eksisterende kystlandskab bestående af bevoksede klitter.
- Bevare og øge eksisterende natur og artsdiversitet
- Bevare de eksisterende rekreative værdier, hvor stranden særligt hen over forår, sommer og efterår benyttes intensivt af lokale borgere og besøgende i området. Områdets benyttelsesmuligheder bevares fuldt ud.

4.2 Stendige



Figur 4-2 Opbygning af stendige/erosionssikring iht. KD's anvisninger. Digets opbygning på landsiden kan være tilsvarende kystsiden eller udføres som eksisterende klitter. Fra Kystdirektoratet.

4.2.1 Udformning

Ved etablering af et stendige, vil det være klitterne, der udgør den egentlige kystbeskyttelse mod højvande, mens stendiget fungerer som skråningsbeskyttelse af klitternes forside, så erosion af klitterne i stormflodstilfælde undgås. I etableringsfasen kan der stadig være behov for sandfodring, for at klitterne har den rette højde.

I forbindelse med stormflod vil forstranden være udsat for forøget erosion i forhold til den naturlige situation, og det er derfor vigtigt, at stendiget er funderet tilstrækkelig dybt. På grund af den forøgede erosion af forstranden vil større bølger kunne nå frem til foden af klit og stendige i stormflodstilfælde, og det er derfor ikke sikkert at topkoten (+2,2) anvendt til klitdiget er tilstrækkelig for stendiget. Dette skal undersøges nærmere. Efter stormflod vil forstranden være eroderet til tilbage i forhold til udgangspunktet.

Et stendige kan opbygges som beskrevet i Kystdirektoratets vejledninger. Stendiget gives en sidehældning på 1:2 eller fladere og opbygges af et indre udjævningslag, en kraftig fiberdug, der beskyttes af et filterlag af mindre sten. Oven på dette filterlag indbygges mindst 2 lag natursten med stor diameter indenfor en standardgradering - f.eks. mellem 300-1000 kg.

Ved sti- eller vejadgange skal stier/veje føres over stendiget, dette vil typisk kræve en form for belægning, idet borgere ikke kan forventes at kunne færdes på kampestenene. Stendiget vil der imod ikke medføre nedslidningsrender som for de øvrige løsninger i klitrækken.

Der bør ikke være bevoksning på selve stenkastningen, idet rødder kan ødelægge opbygningen og besværliggøre inspektion og evt. reparation. Uden vedligehold vil stendiget vil over tid kunne få en vis bevoksning, men denne vil blive markant anderledes sammensat ift. den eksisterende bevoksning af klitterne.

4.2.2 Drift- og vedligehold samt robusthed

Drift- og vedligehold: I perioder, hvor der ikke forekommer storme fra østvendte retninger er drift- og vedligehold begrænset, idet stenene generelt ikke vil bevæge sig. Der bør føres jævnlig kontrol af sikringszonens fysiske form, f.eks. ved droneopmåling af klitzonen hvert 2.-5.år, hvor opmålingen sammenholdes med stendigets oprindelige form.

Ved storme fra øst kombineret med højvande og bølger skal et stendige kontrolleres efter stormen og retableres, hvor der er sket forskydning af stendigets overflade. Vedligehold består primært i at genplacere eller genopbygge stendigets form, når der er forekommet borterosion af enkelt sten eller partier af sten som følge af bølgeerosion.

Robusthed: Et stendige vil være robust overfor mindre storme, hvor bølgepåvirkningen ikke overstiger digets evne til at modstå påvirkningen fra bølger. Ved kraftige storme med høj vandstand og meget kraftige bølger vil der kunne ske bevægelser i stendiget, hvor enkelte sten eller partier af sten flyttes af bølgenes kraft.

Genopbygning af et stendige efter mindre storme forventes ikke at være nødvendigt. Genopbygning efter kraftige storms vil kræve genplacering af sten eller partier af sten, der er flyttet. Genplacering af sten, der udføres med store gravemaskiner, forventes at kunne gennemføres indenfor 1-2 måneder.

4.2.3 Anlægs- og driftsomkostninger

Der henvises til bilag 1.

Anlægsomkostninger forbundet med etablering af et nyt stendige er vurderet til 10-14.000 kr. pr. lbm., svarende til en samlet anlægsomkostning på 27-38 mio. kr. excl. moms.

Forventelige årlige vedligeholdelsesomkostninger til et stendige er særdeles vanskelige at vurdere, da der ikke findes erfaringspriser for dette. Omfang af vedligehold og omkostninger forbundet hermed afhænger af forekomsten af storme, stormenes intensitet, vindretning og stendigets placering mm.

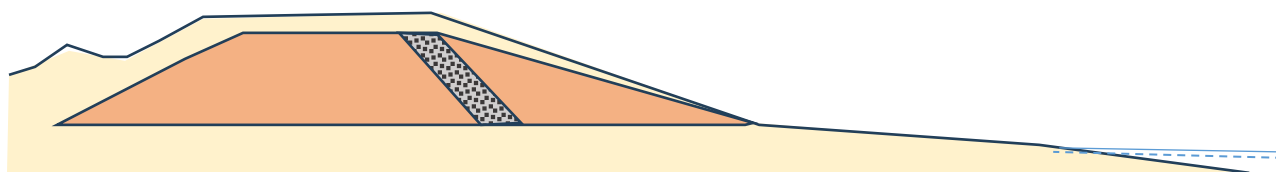
Årlige vedligeholdelsesomkostninger kan i denne sammenhæng ikke vurderes.

4.2.4 Øvrige forhold

Et stendige vil:

- Ændre eksisterende natur og artsdiversiteten, fordi stendiget vil tiltrække helt andre arter end en sandklit. Eksempelvis findes svømme- og vadefugle, der ynder at bygge rede mellem store sten.
- Forringe de eksisterende rekreative værdier, idet stendiget ikke vil kunne benyttes som opholdsområde. Et stendige vil desuden betyde en markant ændring af det nuværende landskabelige/æstetiske udtryk langs stranden/kysten.

4.3 Sanddækket stendige



Figur 4-3 Skitse af sanddækket stendige med indre kerne af natursten (sort/grå), sikringszone af marint sand (orange) omgivet af forstrand og klitter. Stenkernen, der bør afdækkes med ca. 1 m sand.

4.3.1 Udtømmning

Et sanddækket stendige har principielt set samme funktion som et stendige, der er beskrevet i afsnit 4.2 ovenfor, med den forskel, at stenlaget ikke er synligt under normale forhold.

Det vil fortsat være klitterne, der udgør den egentlige beskyttelse mod højvande, hvor stendiget vil fungere som et reducerende element for erosion af klitterne ifm. stormflod.

Det sanddækkede stendige udføres med principielt samme udformning som stendiget beskrevet i afsnit 4.2, idet en del af for-klitten dog først bortgraves, og stendiget afdækkes med sand efter etablering.

Et sanddækket stendige vil have samme udseende som et klidige, men det sanddækkede stendige skal etableres ca. 0,5 - 1 meter højere end et klidige, fordi stenlaget skal afdækkes med 0,5-1 m sand, således at stenene ikke blotlægges ifm. færdsel på stranden og i klitterne.

Et sådant dige langs Solrød Strands klitter kan etableres ved bortgravning af de yderste 2-3 meter af sikringszonen med skrånende hældning mod kysten med sideanlæg 1:2-1:4 (sandet kan ikke stå stejlere).

Der udlægges en kraftig fiberdug, herover et filterlag og derefter mindst 2 lag natursten med stor diameter, der opbygges til det valgte sikringsniveau - for Solrød Strand område A vil dette være i kote 2,2.

Naturstenen bør gives en størrelse på 300-1000 kg, svarende til stenstørrelse anvendt ved etablering af et stendige (se foregående afsnit 4.2). Natursten-laget kan også etableres med mindre sten, men dette vil medføre øget erosion ifm. kraftige storme - se efterfølgende afsnit 4.3.2.

Bevoksning på et sanddækket stendige formodes at få samme karakter som ved sandfodring af klitdige.

Hvor der i klitterne findes eksisterende stier i forlængelse af landværts liggende veje accepteres nedslidning af klitterne langs stierne. Disse "nedslidningsrender" skal gives særlig opmærksomhed ifm. varsel om stormflod, og vil blive opfyldt med sand ifm. beredskabsindsats under varslets varighed.

4.3.2 Drift- og vedligehold samt robusthed

Drift- og vedligehold: I perioder, hvor der ikke forekommer storme fra østvendte retninger, er drift- og vedligehold begrænset til jævnlig kontrol af sikringszonens fysiske form. Dette kan f.eks. ske ved droneopmåling af klitzonen hvert andet år, hvor opmålingen sammenholdes med den sandfodring, der oprindeligt er udført. Ved kraftig nedslidning i områder med særlig intens færdsel kan det besluttes at retablere nedslidningen ved sandpåfyldning. Vedligehold i perioder, hvor der ikke forekommer storme vil være identisk med vedligehold for et klitdige.

Ved mindre storme fra øst kombineret med højvande og bølger skal kystsikringen vedligeholdes og genetableres efter stormen. Vedligehold består primært i at gentage sandfodring, når der er forekommet borterodion af klitfoden, således at klitfodens form genskabes. Sandfodringen må ved mindre storme formodes at svare til behovet ved normal sandfodring, idet erosionen bør kunne begrænses til det dæklag, der er placeres havværts for stenlaget i den forreste del af klitterne.

Ved egentlige stormflodshændelser/kraftige storme med høj havvandstand og høj bølgepåvirkning vil sanddækningen blive bortskyllet tilsvarende situationen for et klitdige. Den blottede stenkerne vil herefter kunne reducere fortsat erosion i en periode.

Stendiget vil kunne eroderes af bølgerne. Er stendiget udført af kraftige natursten 300-1000 kg vil disse kun blive påvirket ved meget kraftige storme. Er stendiget udført af mindre natursten, vil disse blive påvirket af bølgerne og spredt ud over stranden ifm. en storm med bølgepåvirkning af stenlaget. Genopbygning efter kraftige storme vil i sådanne tilfælde kræve både genopbygning af stendige med fiberdug, filterlag og stenlag samt retablering af borteroderet sanddækning.

Robusthed: Et sanddækket stendige er ikke robust ifm. storme, hvor der opstår bølgeerosion på klitfoden. Ved storm kombineret med højvandshændelser er det forventeligt, at den yderste del af diget eroderes. Det borteroderede sand vil ifm. stormen ikke, som det er tilfældet ved et klitdige, danne en tilsvarende højere og bredere forstrand, der vil reducere bølgepåvirkningen i takt med at bølgerne brydes tidligere på grund af den reducerede vanddybde, der skabes på forstranden ved tilførelse af sand fra klitfoden. Dette skyldes, at den borteroderede sandmængde er begrænset til den afdækning, der er sket over stendiget, hvilket er langt mindre end erosionen ved et klitdige uden stendige.

Genopbygning af et sanddækket stendige efter mindre storme, der ikke påvirker stenlaget vil svare til genopbygning af et klitdige, men begrænset til den afdækning, der er etableret af stenlaget. Dette vil kunne gennemføres indenfor ca. 1-2 måneder.

Genopbygning af store sten eller partier af store sten, der er flyttet på grund af bølgeerosion, forventes at kunne gennemføres indenfor 1-2 måneder.

Genopbygning af stenlag udført af mindre sten efter kraftige storme vil kræve genopbygning af fiberdug, filterlag og stenlaget, samt retablering af sandafdækningen af stenlaget. Et sådant arbejde forventes ikke at kunne gennemføres indenfor 1-2 måneder, hvorfor denne løsning ikke vurderes at kunne retableres betids til at kunne modstå 2 på hinanden følgende storme.

4.3.3 Anlægs- og driftsomkostninger

Der henvises til bilag 1.

Anlægsomkostninger forbundet med etablering af et nyt sanddækket stendige er vurderet til 11-16.000 kr. pr. lbm, svarende til en samlet anlægsomkostning på 30-43 mio. kr. excl. moms.

Forventelige vedligeholdelsesomkostninger til fodring af klitdiget anslås til 100-130 kr. pr. lbm., svarende til en årlig omkostning på 270-350.000 kr. excl. moms.

4.3.4 Øvrige forhold

Et sanddækket stendige vil:

- Være 0,5-1 m højere end et klitdige grundet behov for afdækning og vil dermed reducere havudsigten for kystnære lodsejere.
- Kunne bevare og øge det eksisterende kystlandskab bestående af bevoksede klitter.
- Bevare og øge eksisterende natur og artsdiversitet.
- Bevare de eksisterende rekreative værdier, hvor stranden særligt over forår, sommer og efterår benyttes intensivt af lokale borgere og besøgende i området. Områdets benyttelsesmuligheder bevares.

4.4 Højvandsmur



Figur 4-4 Højvandsmur i Lemvig. Fra Kystdirektoratet.

4.4.1 Udformning

En højvandsmur udformes typisk som støbt beton eller betonelementer (aggressiv miljø-klasse på grund af saltpåvirkning), der forankres ved nedgravning til en dybde, der typisk er 1,5-3 gange murens højde. Muren skal kunne tåle ensidigt vandtryk til den valgte kronekote på muren.

Ved sti/vej-gennemgange skal en mur brydes. Her etableres i stedet for mobile vægge som f.eks. stoplogs i aluminium, der skal monteres ved varsel om højvande/stormflod.

En højvandsmur skal tilsvarende andre sikringsmetoder opføres ubrudt. Løsningen kræver således enighed blandt lodsejere på længere sammenhængende strækninger.

En højvandsmur vil normalt ikke kunne rumme beplantning eller bevoksning.

Der vil ikke skulle udføres vedligehold af de eksisterende klitter, fordi sikringslinjen med en højvandsmur er flyttet ind langs strandbeskyttelseslinjen. Klitterne vil kunne udvikle sig naturligt mht. erosion, udbredelse af klitbevoksning osv.

4.4.2 Drift- og vedligehold samt robusthed

Drift- og vedligehold: Højvandsmure skal efterses og vedligeholdes som andre bygningselementer dvs. kontrol af betonoverflader, overfladebehandling, maling, kontrol af korroderet armering mv.

Ved brydning af mure ifm. sti- eller vejadgang skal der etableres mobil spærring i form af "stoplogs/svinerysplanker", der monteres ved højvandsvarsel. Disse stoplogs monteres i U-profiler langs bund og sider, der bør renses ofte gennem stormflodssæsonen - fordi der ifm. en beredskabssituation ikke vil være tid til at rense profilerne. Opbevaring af plankerne vil kræve et antal større containere, der skal placeres i nærområdet.

Der skal ved stormflodsvarsel ske en meget omfattende beredskabsindsats, der ved alle 50-100 spærringer omfatter rensning af monteringsprofiler, afhentning af afspærringsplankerne fra opbevaringsstederne, montering af plankerne og kontrol af tæthed. Beredskabsindsatsen, der vil kræve at beredskabet gives adgang til private matrikler, skal ske indenfor ca. 24-48 timer, svarende til et normalt stormflodsvarsel. Løsningen vil kræve en beredskabsindsats, der er betydeligt mere omfattende end de øvrige løsninger beskrevet i dette notat.

Robusthed: Faste mur-strækninger og afspærringsplanker af aluminium vil være robuste over tid under forudsætning af, at murkonstruktioner vedligeholdes.

En enkelt manglende spærring vil kunne resultere i oversvømmelse af områderne bag spærringen. Løsningens robusthed mod oversvømmelse relateres derfor primært til, at der i tide kan sikres afspærring ved samtlige mur-åbninger, hvor disse er brudt med henblik på at tillade adgang til stranden.

Genopbygning af højvandsmure forventes ikke at være relevant, hvis højvandsmurene er udført med tilstrækkelig styrke.

Hvis sektioner af højvandsmure beskadiges af en meget kraftig storm, vil genopbygning kræve at den eksisterende, beskadigede mur nedbrydes og at der sker genopbygning med nye sektioner.

Et sådant arbejde kan ved anvendelse af præfabrikerede mur-elementer ikke forventes at kunne gennemføres indenfor 1-2 måneder, fordi der vil være leveringstid på betonelementerne.

Støbning in-situ af betonelementer vil kunne ske indenfor 1-2 måneder, men den ny-støbte beton vil først have fuld styrke efter ca. 4 uger.

Det er derfor tvivlsomt om mure kan retableres betids til at kunne modstå 2 på hinanden følgende storme.

4.4.3 Anlægs- og driftsomkostninger

Der henvises til bilag 1.

Anlægsomkostninger forbundet med etablering af faste højvandsmure i beton med demonterbare mur-sektioner er vurderet til 11-15.000 kr. pr. lbm. for faste mure og 22-32.000 kr. pr. lbm. for demonterbare mursektioner.

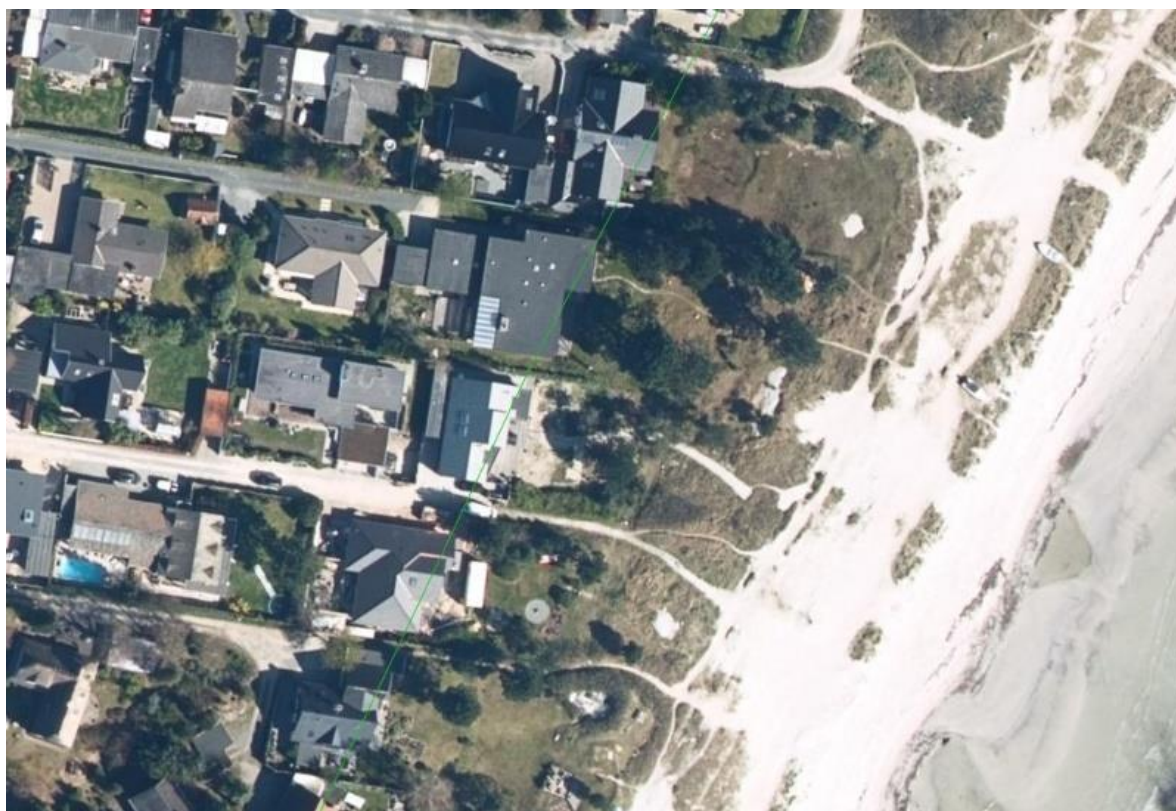
Ved antagelse af en samlet strækning på 2,7 km, hvoraf der bag strandbeskyttelseslinjen etableres demonterbare 5 m brede mursektioner ved de eksisterende vej/sti-gennembrud mod stranden, skal der etableres 2450 lbm. faste mure og 250 lbm. demonterbare mure, svarende til en samlet anlægsomkostning på 32-45 mio. kr. excl. moms.

Etableringsomkostninger indeholder ikke supplerende udgifter ifm. fjernelse af eksisterende have-anlæg, udgifter ifm. ekspropriation, matrikulering mv.

Forventelige årlige vedligeholdelsesomkostninger til højvandsmure er særdeles vanskelige at vurdere, da der ikke findes erfaringspriser for dette. Omfang af vedligehold og omkostninger forbundet hermed afhænger som for stendiger af forekomsten af storme, stormenes intensitet, vindretning og murenes placering mm.

Årlige vedligeholdelsesomkostninger kan i denne sammenhæng ikke vurderes, men omkostningerne må antages at være betragtelige, da der skal afholdes udgifter til:

- opbevaring af demonterbare sektioner, løbende vedligehold af fastholdelsesprofiler,
- kontrol, eftersyn og vedligehold af faste mursektioner
- beredskabsøvelser



Figur 4-5 Strandbeskyttelseslinje vist med grøn. De kystnære boliger er placeret langs med- eller på strandbeskyttelseslinjen. Muren vil på den viste strækning skulle suppleres med 3-4 mobile spærringer. Fra Scalgo.

4.4.4 Øvrige forhold

En højvandsmur:

- Vil medføre en markant ændring af udtryk og brug af private grunde.
- Kan ændre eksisterende natur og artsdiversiteten, fordi muren udgør en faunaspærring.
- Bevare de eksisterende rekreative værdier under forudsætning af, at alle eksisterende sti- og vejadgange udføres som mobile spærringer.

5 Bilag – Kystbeskyttelsesmetoder, overslag

Bilag 1: Kystbeskyttelsesmetoder, Overslag - fra Cowi, januar 2024.