



Bilag 1 Kystbeskyttel- sesmetoder


Nyborg Kyststrategi

NYBORG KOMMUNE TEKNISKE FORVALTNING

14. JANUAR 2021

Indhold

1	Kystdynamik	3
1.1	Sedimenttransport	3
1.2	Tværgående sedimenttransport og akut erosion	3
1.3	Langsgående sedimenttransport og kronisk erosion	6
1.4	Effekten af havniveaustigninger på kysten	10
2	Hård Kystbeskyttelse	13
2.1	Sedimentbudget ved hård kystbeskyttelse	13
2.2	Høfder	14
2.3	Bølgebrydere	15
2.4	Rev og Flak	16
2.5	Skråningsbeskyttelse	17
2.6	Vedligeholdelse af hård kystbeskyttelse	19
3	Kystfodring	20
3.1	Sedimentbudget ved kystfodring	20
3.2	Sandfodring	20
3.3	Sandfodringsmetoder	23
3.3.1	<i>Fodring af bagstranden</i>	24
3.3.2	<i>Strandfodring</i>	24
3.3.3	Revléfodring	24
3.3.4	Profilfodring	25
3.3.5	Sandmængder	25
3.3.6	Depotfodringer	25
3.3.7	Ralfodring	26
3.4	Fodringens udvikling med tiden	27
3.4.1	Jævnt fordelt fodring	27
3.4.2	Depotfodringer	28
3.4.3	Valg af fodringslokalitet i relation til virkning på kysten og baglandets udnyttelse	29



Revision 2

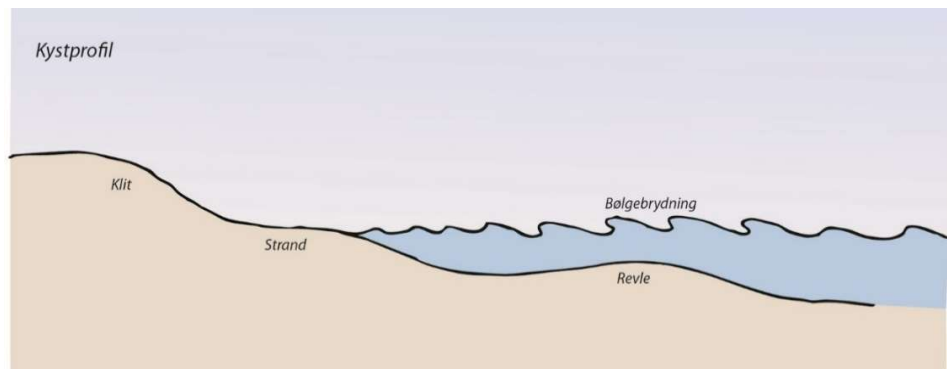
Udarbejdet af CHLD
 Kontrolleret af SSC
 Godkendt af KLBU

1 Kystdynamik

1.1 Sedimenttransport

Kysten er dynamisk og de morfologiske forhold fra yderste revle til skrænttoppen har afgørende betydning for kystudviklingen. Når bølger ruller ind på lavt vand og bryder, hvirvles sand op fra havbunden. Ved brydning dannes en strøm, som både har komponenter på tværs og på langs af kysten alt efter bølgeindfaldsvinklen. Lokale bølge- og strømforhold afgør da, hvor og hvordan sandet flyttes rundt. Bølgebrydningen medfører også lokal forøgelse af vandspejlet på strande.

Størrelsen af sedimenttransporten afhænger af mange faktorer, hvoraf de vigtigste er bølgehøjde, bølgeretning, sedimentets kornstørrelse samt kystprofilets form. Jo større bølgerne er, og jo finere sedimentet er, jo mere sediment transporteres der.



Figur 1.1: Et kystprofil består af en øvre del over vandet (klit og strand) og en nedre del under vandet (revler og trug), hvor bølgerne bryder. Billede: (DHI, et al., 2015).

1.2 Tværgående sedimenttransport og akut erosion

Den tværgående sedimenttransport former kystprofilet og danner revler. Sandkyster vil inden for den aktive del af kystprofilet indstille sig med et ligevægtsprofil, der tilnærmet svarer til Dean's formel

$$d = Ax^m$$

Hvor:

- **d** er dybden i afstanden **x**
- **x** fra strandlinjen (**d** og **x** regnes i meter).
- **A** er en dimensionsløs stejlehedsparameter, som er en funktion af middelkornstørrelsen, d_{50} af sandet i kystprofilet
- **m** er en dimensionsløs eksponent som gennemsnitligt har værdien 0.67.

Tabel 1-1 viser, at groft sand vil indstille sig i et stejlere kystprofil end finere sand. Det skal yderligere bemærkes, at ligevægtsprofilet som oftest er overlejret af revler.

Tabel 1-1 Korrelation mellem middeldornstørrelse og stejhedparameteren A i Dean's formel.

d_{50} [mm]	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.50	1.00
A	0.063	0.084	0.100	0.115	0.103	0.161	0.210

Bølgerne har indflydelse på til hvilken dybde ligevægtsprofilen udvikles, dvs. den aktive del af kystprofilen, hvori sedimenttransport forekommer.

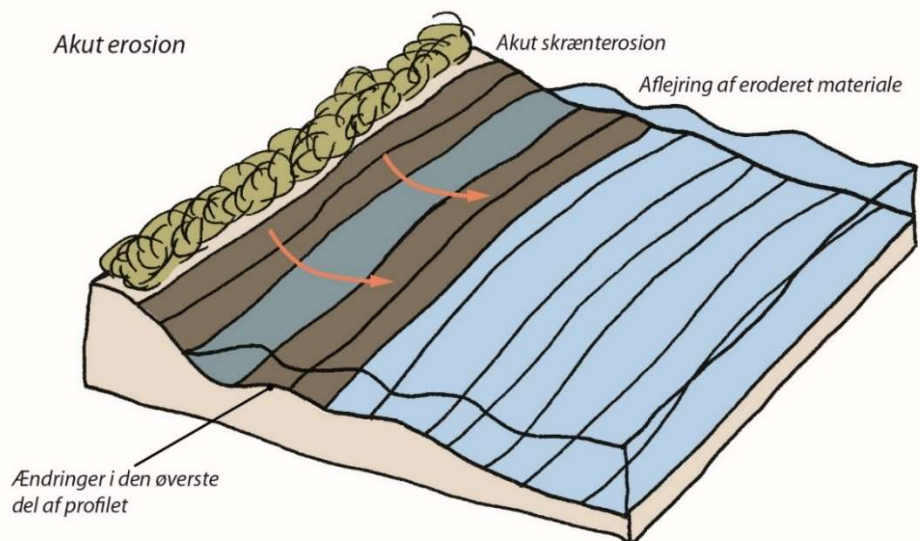
Denne zone strækker sig ud til den aktive dybde, d_l :

$$d_l = 2.28H_{s,12h/y} - 68.5 \frac{H_{s,12h/y}^2}{gT_s^2}$$

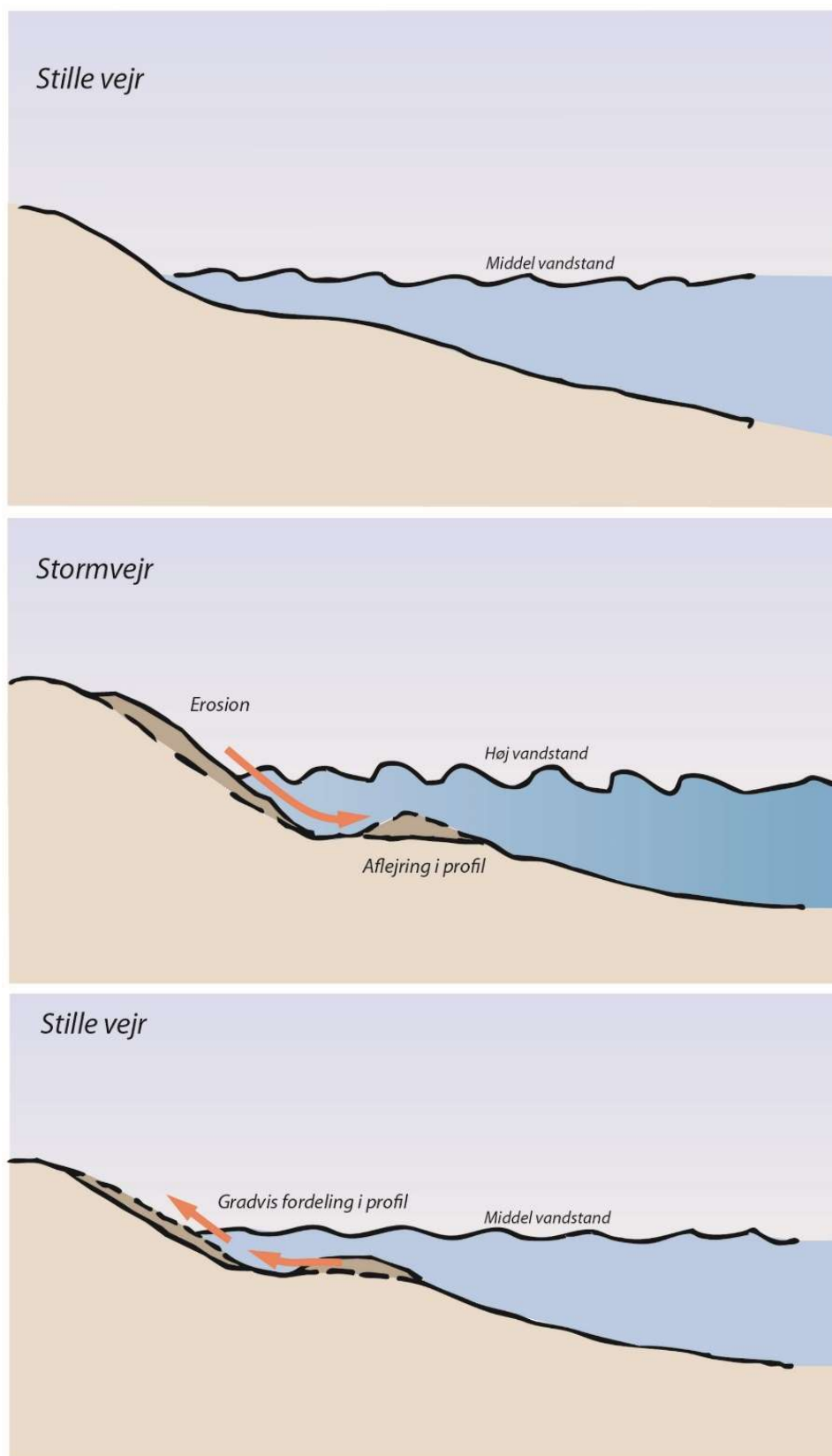
hvor:

- $H_{s,12h/y}$ er den bølgehøjde, som overskrides 12 timer per år
- g er tyngdeaccelerationen
- T_s er bølgeperioden for $H_{s,12h/y}$

I tilfælde hvor stormflod ledsages af store bølger kan bølgerne erodere den bagerste del af stranden, klitterne og skråningerne bagved. Tværtransporten vil her medvirke til at etablere et nyt kystprofil svarende til den forhøjede vandstand. Under denne situation flyttes sedimenterne typisk fra den indre til den ydre del af kystprofilen, hvilket opleves som akut tilbagerykning af kystlinjen også kaldt akut erosion, se Figur 1.2 og Figur 1.3.



Figur 1.2: Under akut erosion eroderes den øvre del af profilet under højvande (storm). Det erode-rede materiale trækkes ud i de dybere dele af profilet. Mørk brun og mørk blå svarer til, hvor profilet er aktivt under akut erosion. Lysere blå er ikke en del af det aktive profil. Billedet: (DHI, et al., 2015).



Figur 1.3 Tværtransport giver anledning til erosion under storm og opbygning under roligt vejr (vinterprofil og sommerprofil). Billede: (DHI, et al., 2015)

Sandet forsvinder ikke, men lægger sig ude i profilet og medvirker på denne måde til at reducere bølgerne, inden de når kysten. Finere sedimenter tabes dog ud på dybt vand og går derved tabt. Da bølgerne er større om vinteren end om sommeren, taler man om typiske vinter- og sommerprofiler, hvor der er mest sand på stranden om sommeren.

Under efterfølgende perioder med mindre bølger og normal vandstand vil tværtransporten gradvist retablere det oprindelige ligevægtsprofil ved at flytte sand fra revlerne ind på kysten, se Figur 1.3. Akut erosion er således delvis en reversibel proces, men eventuel skrænterosion under stormfloden vil dog ikke gendannes, se Figur 1.4.



Figur 1.4: Eksempel på skrænterosion på kyststrækningen nord for Nyborg. Mængden af vegetation på skrænten indikerer at det er et stykke tid siden, der sidst har været bølgepåvirkning.

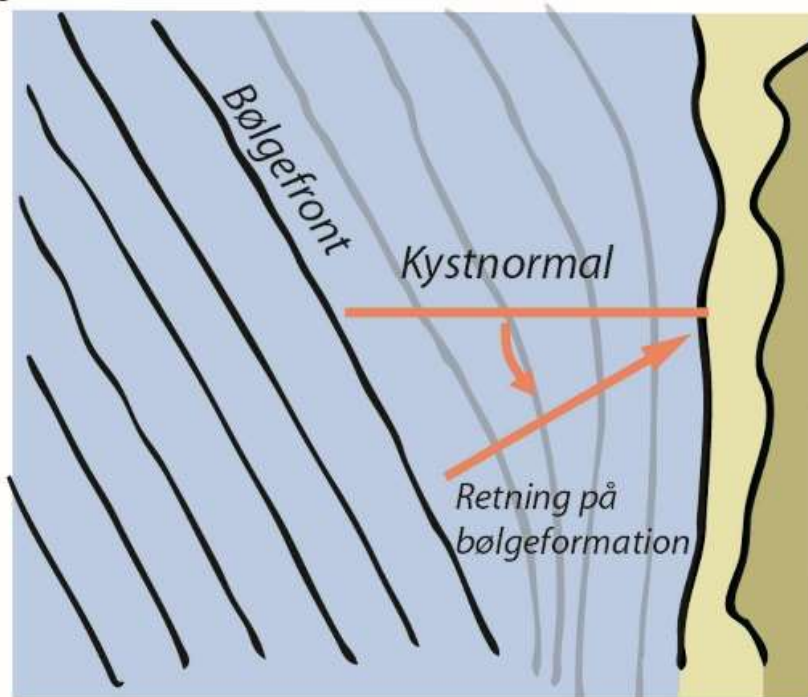
Revler fungerer som sanddepoter og har afgørende betydning for mængden af energi, der når helt ind på stranden. De lave vanddybder over revlen bevirker, at bølgerne bryder på revlen og dermed frigiver energi.

1.3 Langsgående sedimenttransport og kronisk erosion

Sedimenttransport langs kysten forårsages af bølger, som rammer kysten med en skrå vinkel, se Figur 1.5. Når bølgerne bryder langs kysten driver de en strøm, som løber langs kysten. Denne strøm kan transportere det ophvirvlede sediment. Brydende bølger kan således transportere store mængder af sediment, afhængig af bølgestørrelse og bølgeretning.

Definition af bølgeindfaldsvinkel

Kystlinje



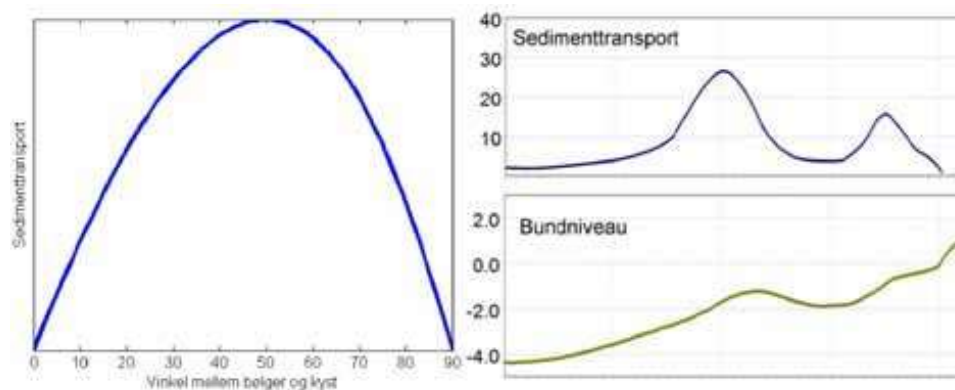
Figur 1.5: Definition af bølgefront og bølgeretning. Billede: (DHI, et al., 2015).

Figur 1.6 viser sammenhængen mellem langstransporten og bølgeretning samt bundens udformning. Figuren viser, at sedimenttransporten er størst, når bølgerne nærmer sig kysten med en vinkel på omkring 50 grader. Det faktum, at sedimenttransporten aftager, når vinklen mellem bølgeretningen og kystens orientering bliver større end 50 grader gør, at strandlinjen bliver ustabil.

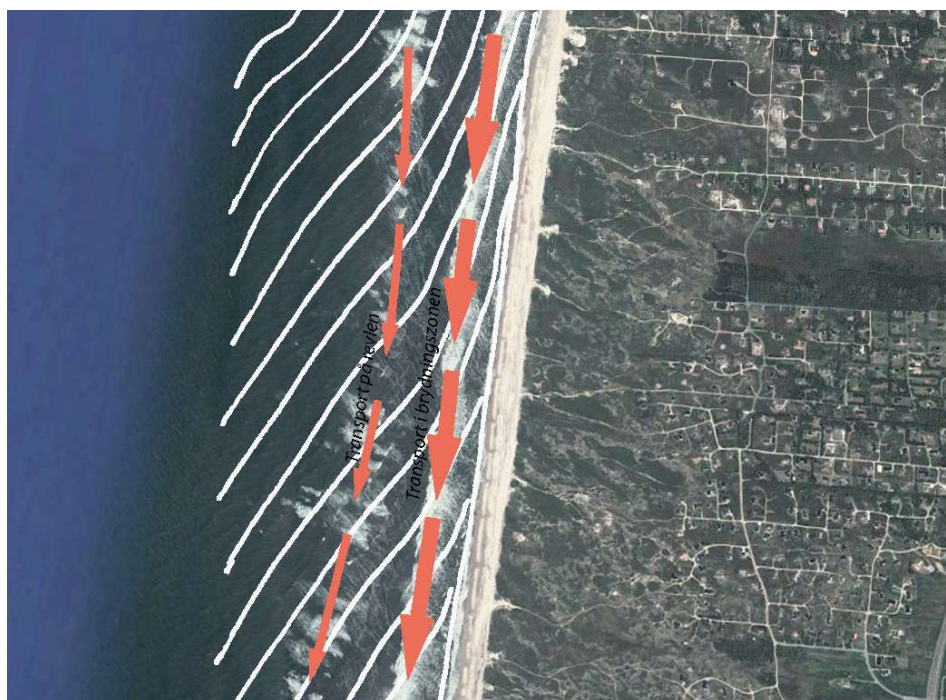
Hvis den dominerende bølgeretning er vinkelret på kysten (0 grader indfaldsvinkel) er den gennemsnitlige langstransport over tid nul. Denne orientering af kysten kaldes kystens ligevægtsorientering.

Figur 1.6 og Figur 1.7 viser, hvordan kystprofilen typisk ser ud langs de ubeskyttede dele af kysten. De fleste steder er der revler i kystprofilen. Revlerne har betydning for, hvor meget bølgeenergi, der når helt ind på kysten.

Under kraftig bølgepåvirkning bryder bølgerne først på revlen og senere helt inde langs strandkanten. Den resulterende langsgående strøm og langstransport er derfor størst hen over revlerne og i den kystnære del af kystprofilen.



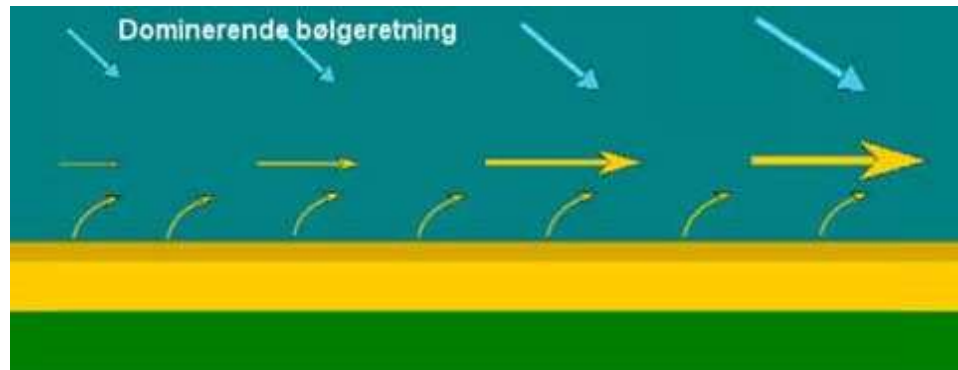
Figur 1.6: Grafen til venstre viser, hvordan langstransporten afhænger af bølgenes indfaldsvinkel på kysten. De to grafer til højre viser, hvordan langstransporten er fordelt på et typisk kystprofil med én revle.



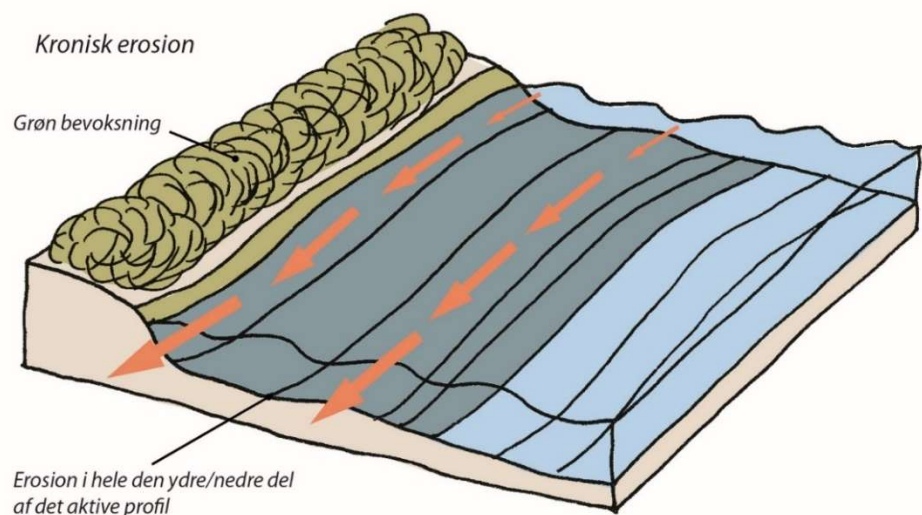
Figur 1.7: Bølger, som falder ind på en strand og driver en langsgående transport. Hvide linjer viser bølgetoppe. Orange pile indikerer langstransport retning og størrelse. Billede: (DHI, et al., 2015).

Langstransporten som er vist i Figur 1.6 svarer til et strandprofil, som udelukkende består af mobilt sand. Ofte vil dele af profilet dog være dækket af grovere materiale såsom grus, ral, sten eller ler og transporten vil i disse områder være stærkt reduceret i forhold til det, der er angivet i Figur 1.6. Ligeledes vil kystbeskyttelse såsom høfder eller bølgebrydere reducere eller helt eliminere transporten i den del af kystprofilet, der dækkes af konstruktionerne.

Erosion langs en eksponeret kyststrækning forårsages som oftest af variationer i langstransporten langs med kysten. Hvis langstransporten vokser i transportens retning vil en given kyststrækning modtage mindre sediment opstrøms fra, end den mister nedstrøms. Dette underskud af sediment fører til, at sediment eroderes fra kystprofilet og kystlinjen vil derfor rykke landværts. Dette kaldes kronisk erosion, se Figur 1.8 og Figur 1.9.



Figur 1.8: Skitse der viser, hvordan stigende langstransport forårsager kronisk erosion. Langstransporten vokser mod højre og derved fjernes sediment fra kystprofilen, hvilket medfører, at kystlinjen rykker tilbage.



Figur 1.9 Kronisk erosion sker når langstransporten stiger i transportretningen. Der transporteres mere sediment ud af området end ind, hvilket betyder, at området er under erosion. Mørkeblå område viser de aktive dele af profilet. Lyseblå områder forbliver upåvirket. Billede: (DHI, et al., 2015)

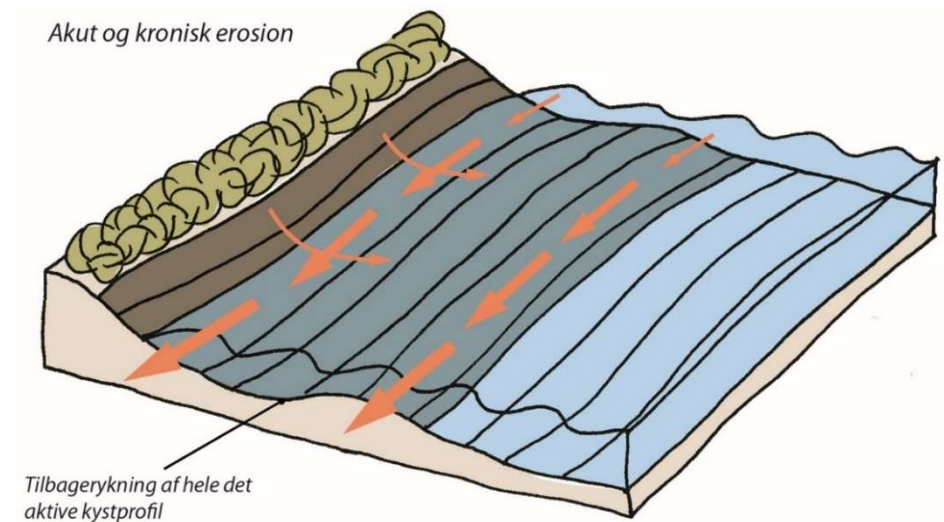
Erosion forekommer således på kyststrækninger, hvor den kystparallelle sedimenttransport vokser langs kysten. Naturlige årsager til at transporten vokser langs en kyststrækning er typisk variationer i bølgefórhóldene eller i kystens orientering.

Hvis transporten derimod aftager langs kysten vil der på en given strækning være et overskud af sediment, hvilket giver anledning til aflejring i kystprofilet, og kystlinjen vil rykke søværts. Dette kaldes kystfremrykning eller akkumulation.

I tilfælde hvor store bølger ledsages af højvande, når bølgerne langt op på bagstranden. Herved medfører tværtransporten, at sediment fra bagstranden transporteres ud i kystprofilet, dvs. der opstår akut erosion. Da der ligeledes i disse situationer typisk er underskud af sand i langstransporten på kysten transporteres strandmaterialet videre ned langs kysten, og er således ikke til rådighed til igen at blive transporteret ind mod stranden i roligere perioder. Således bidrager akut

erosion til, at der løbende fjernes sediment fra kysten, hvilket er en medvirkende årsag til kysterosionen, se Figur 1.10.

Ligeledes reduceres tilførslen af sand til kystzonen på de strækninger, som er beskyttet med kystbeskyttelseskonstruktioner, fordi sikringen af kysten forhindrer, at der frigives samme mængde sand ved erosion af den øverste del af kystprofilen.



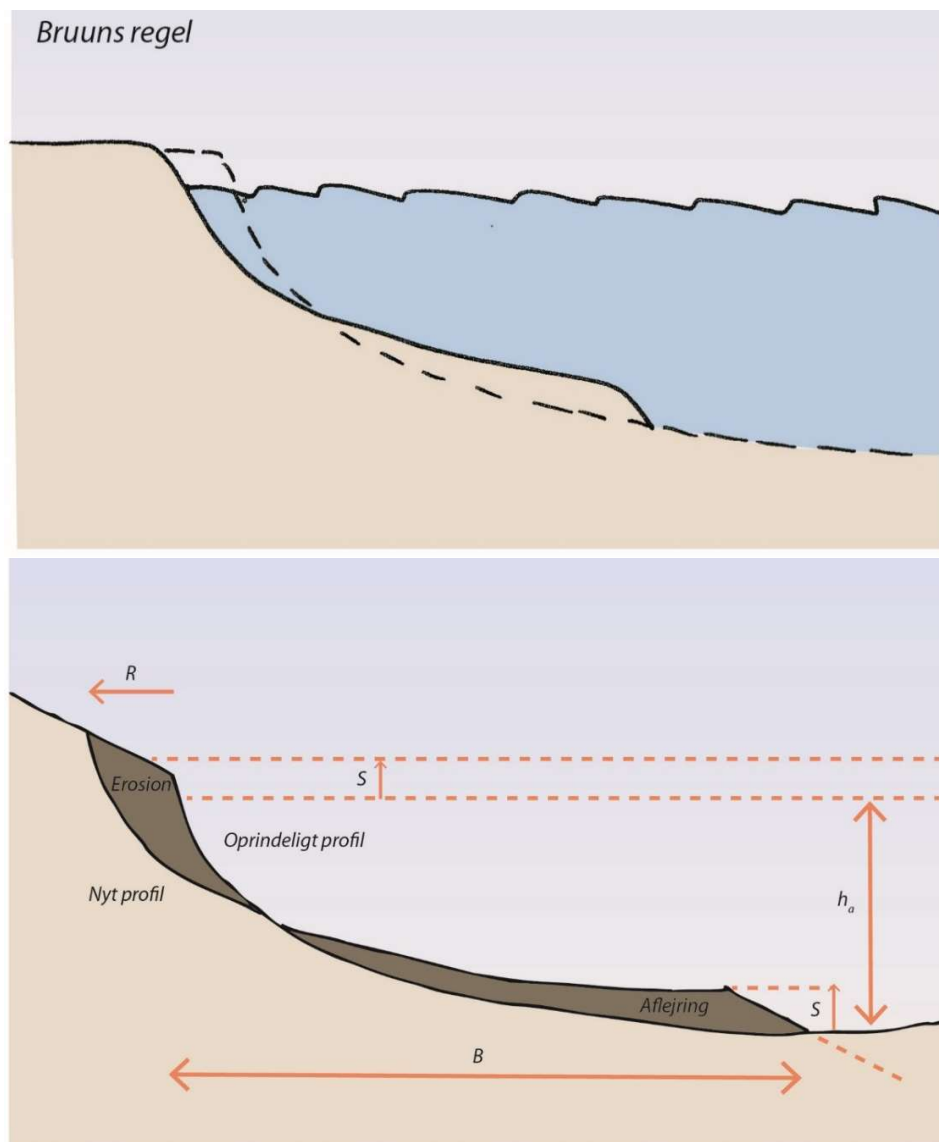
Figur 1.10: Sedimentbudget for den samlede virkning af akut og kronisk erosion. Mørk blå og brun områder viser de aktive dele af profilet. Lysere blå områder forbliver upåvirket. Billede: (DHI, et al., 2015).

1.4 Effekten af havniveaustigninger på kysten

Klimaændringerne forventes at medføre en gradvis stigning i havniveauet (middelvandstanden). Dette vil påvirke erosionspresset på kysten ved en forskydning af ligevægtsprofilen. Endvidere forekommer der landhævning.

De effekter som havniveaustigningerne vil have på langstransporten og den deraf følgende erosion forventes at være af mindre betydning. Derfor vil kyststrækninger som i dag er udsat for et stort erosionspres på grund af kronisk erosion fortsat være udsatte. Ligeledes vil strækninger der i dag er stabile ikke udsættes for et større erosionspres fra kronisk erosion. Der vil dog komme et nogenlunde ensartet erosionspres på alle strækninger grundet havniveaustigningerne, som vil medføre en forskydning af ligevægtsprofilen, som beskrevet under akut erosion.

På en kyst som under nuværende forhold har en stabil strand vil stigningen i havniveauet i middel forårsage en tilbagerykning af kysten som vist i Figur 1.11.

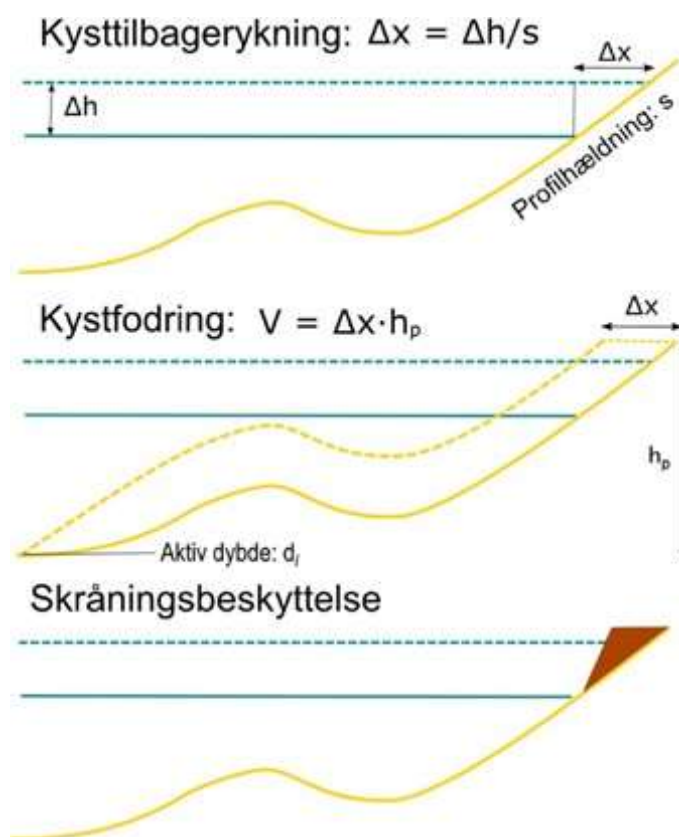


Figur 1.11: Bruuns regel for kysttilbagerykning. Øverst: Bundmaterialet omfordeles, når vandet stiger. Nederst: Definitioner af betegnelser for flytninger, R: Tilbagerykning af kystlinje, S: Vandspejlsstigning, B: Bredde af aktivt profil, h_a : Aktiv dybde. Billede: (DHI, et al., 2015).

Bølgeforholdene vil forsøge at danne et nyt ligevægtsprofil, der svarer til det eksisterende bortset fra, at vandlinjen vil ligge højere og dermed længere ind mod land. Den resulterende kysttilbagerykning, Δx , kan estimeres ud fra hældningen, s , af det eksisterende kystprofil og havniveaustigningen, Δh , efter følgende sammenhæng:

$$\Delta x = \frac{\Delta h}{s}$$

Der er grundlæggende tre muligheder for at håndtere det øgede erosionspres, som skyldes en stigende vandstand. Figur 1.12 viser en illustration af disse muligheder.



Figur 1.12: Illustration af forskellige strategier til håndtering af den øgede erosionspres fra havniveauæstigninger.

Tillad tilbagerykning: I tilfælde af, at der ikke findes beskyttelsesværdige bygninger eller infrastruktur i baglandet er det en mulighed at lade kysten rykke tilbage under påvirkning af det øgede erosionspres. Klimaforandringerne vil i så fald forårsage en kysttilbagerykning som beskrevet ovenfor. Hvis der ud over presset fra klimaforandringer er et eksisterende erosionspres, vil dette forårsage en hurtigere kysttilbagerykning.

Kystfodring: Kan benyttes til at modvirke kysttilbagerykning ved at opbygge kystprofilen således, at der dannes et ligevægtsprofil svarende til den forhøjede vandstand og herved bibeholde kystlinjens initiale position.

Hård kystbeskyttelse: Skråningsbeskyttelse kan ligeledes benyttes til at kontrollere kysterrosionen ved fysisk at blokere for kystlinjens potentielle tilbagerykning. Denne type beskyttelse vil typiske føre til, at stranden efterhånden forsvinder foran skråningsbeskyttelsen, som gradvis vil blive mere og mere udsat.

Hvilken type kystbeskyttelse, der kan benyttes til imødegåelse af havniveauæstigninger for en given strækning afhænger bl.a. af baglandets karakter, af krav til kystens benyttelse og af myndighedskrav. For højtliggende bagland kan der anlægges skråningsbeskyttelse kombineret med strandfodring, mens det for et lavtliggende bagland kan være nødvendigt at forstærke/forhøje et eksisterende dige eller at opføre et nyt dige, som beskytter imod såvel kystlinjetilbagerykning som imod oversvømmelse, igen kombineret med strandfodring.

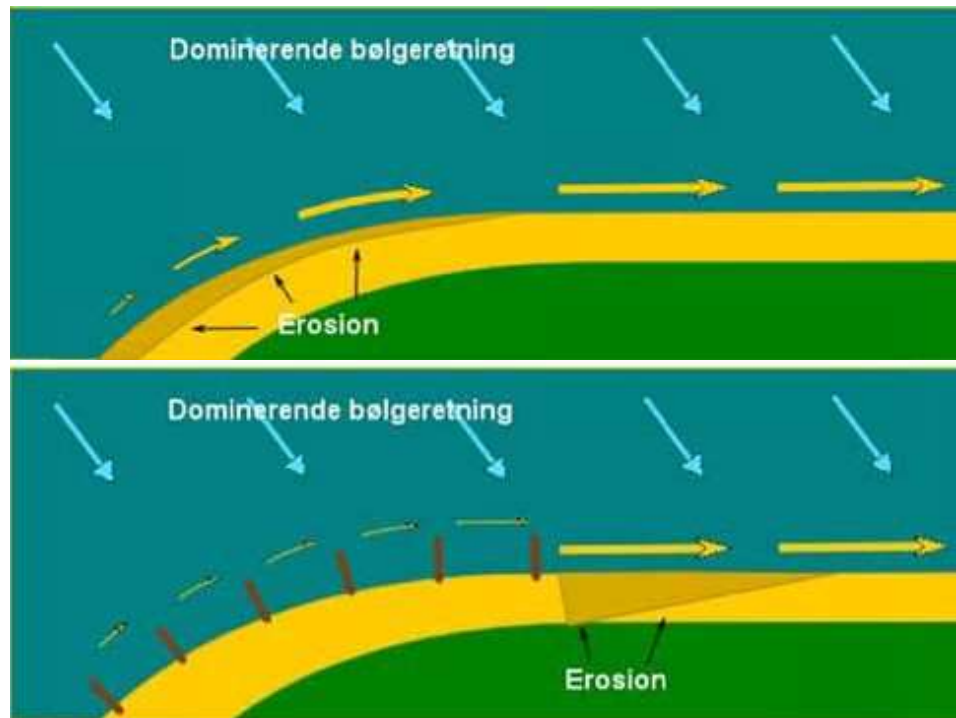
2 Hård Kystbeskyttelse

2.1 Sedimentbudget ved hård kystbeskyttelse

Hård kystbeskyttelse såsom bølgebrydere, høfder og skråningsbeskyttelse, standser ikke årsagen til erosionen, men reducerer kun erosionen i den indre beskyttede del af kystprofilen. Erosionen fortsætter i den del af kystprofilen, som ikke er beskyttet. En beskyttet kyststrækning vil derfor løbende miste sand, hvilket vil betyde, at strandene forsvinder og at kystprofilen forstøjes. Dette medfører øget pres på kystbeskyttelseskonstruktionerne, som derfor jævnligt må forstærkes.

Konsekvensen af en reduktion af frigivelsen af sediment fra den beskyttede kyststrækning er derudover også en reduktion eller eliminering af langstransporten, hvilket medfører øget erosionspres på den tilstødende nedstrøms strækning.

Dette ses flere steder langs kysten, hvor hård kystbeskyttelse måske bremser tilbagerykningen af kystlinjen langs den beskyttede strækning, men flytter erosionspresset ud på den ikke beskyttede del af kystprofilen samt til strækningen nedstrøms. Et eksempel på dette er vist i Figur 2.1, hvor den buede del af kyststrækningen er udsat for et naturligt erosionspres, da kystens orientering her ændrer sig, og langstransporten derfor vokser. Den lige strækning er dog ikke udsat for erosion, da transporten her er konstant.



Figur 2.1: Eksempel på hvordan hård kystbeskyttelse kan flytte erosionspresset

Beskyttes den buede strækning vil tilbagerykningen af kystlinjen reduceres og ligeledes vil transporten langs denne reduceres. Dette medfører, at den første del af den lige strækning vil være udsat for erosion, da denne strækning nu tilføres mindre sand end tidligere og mindre end den mængde, som føres videre. Det typiske scenarie vil da være, at der opføres mere hård kystbeskyttelse ned langs den lige kyststrækning, hvorved erosionspresset løbende forskydes i nedstrøms retning.

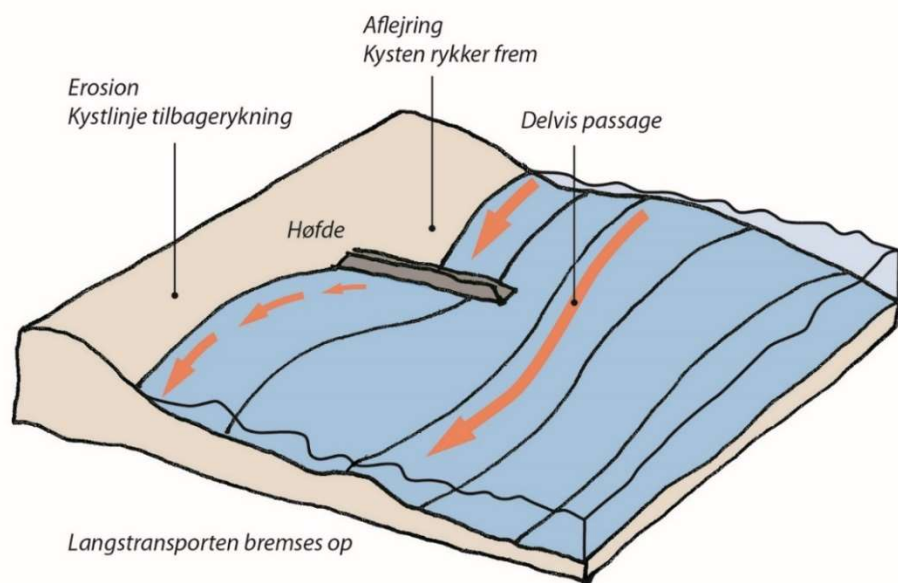
2.2 Høfder

Høfder er konstruktioner, som typisk udføres som en stenkastning opført fra bagstranden og vinkelret på kystlinjen ud til en vis afstand fra kysten, se Figur 2.2.

Høfdens virkemåde er, at den blokerer for den del af langtransporten, som foregår mellem strandlinjen og udstrækningen af høfden. Derved fanges en del af langtransporten og sandet aflejres opstrøms for høfden i forhold til transportretningen. Virkemåden er således, at der fanges sand og ral som kompensation for eksempelvis kronisk erosion. Efterhånden som tilsandingen vokser opstrøms for høfden vil der føres mere sand forbi høfden. Høfders indvirkning på den nedstrøms strækning varierer derfor over tiden.

Det sand der fanges stabiliserer således kysten på en strækning opstrøms for konstruktionen, men dette er på bekostning af, at det samme sand og ral mangler på den nedstrøms side. En høfde flytter således erosionen nedstrøms, dette kaldes **læsideerosion**.

En forudsætning for at en høfde virker er således, at der er en vis nettolangstransport.



Figur 2.2: Langtransporten blokeres helt eller delvist af høfden. Sand og ral akkumuleres og kysten vokser ud tæt på høfdens opstrøms side. Langtransport skal bygges op igen til samme niveau som før høfden, hvilket giver erosion og kysttilbagerykning tæt på høfdens nedstrøms side. Billede: (DHI, et al., 2015).

Formen af tilsandingen er afhængig af hovedindfaldsvinkelen mellem bølgerne og kystnormalen. Ved bølger med en lille indfaldsvinkel dannes en lang tilsanding og ved bølger med en stor indfaldsvinkel dannes en kort tilsanding. Ved bølger med en meget stor indfaldsvinkel kan høfden desuden medføre, at sandet føres bort fra kysten, hvorved kysten destabiliseres.

Høfder udføres ofte over længere strækninger med en vis afstand. Denne formation kaldes en høfdegruppe eller et høfdefelt.

Høfdernes længde udgør oftest kun en fraktion af bredden af den aktive zone.

Høfderne udføres oftest så de overskylles under de dimensionsgivende forhold, topkoten er typisk ca. 80% af den dimensionsgivende vandstand.

Afstanden mellem høfderne vil afhænge af længden af høfden og af indfaldsvinklen for de fremherskende bølger. Afstanden kan typisk sættes til 2,5 gange længden af høfden.

En høfde vil typisk kun reducere erosionsraten på den beskyttede del idet erosionen jo fortsætter i kystprofilen søværts for høfdeenderne og erosionsraten nedstrøms for høfden bliver derfor øget.

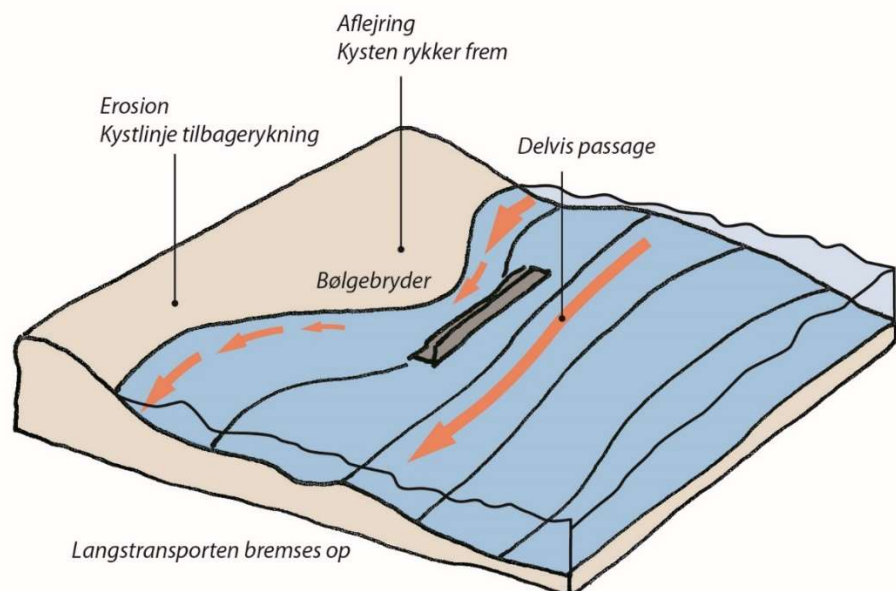
Høfder virker ikke imod akut erosion, og da erosionen ikke stoppes 100% vil kystprofilen efter et stykke tid begynde at rykke tilbage.

2.3 Bølgebrydere

Kystbeskyttelse kan udføres som en række af bølgebrydere, der ligger i en afstand fra stranden og er parallelle med kysten, se Figur 2.3.

Bølgebryderne virker ved direkte at mindske den bølgeenergi, der når ind på kysten. Bølgebrydere virker desuden ved, at langstransporten reduceres i læzonen af bølgebryderen, hvorved der samler sig sand og ral bag hver bølgebryder.

Hvis bølgebryderen er tilstrækkelig lang vil der samle sig så meget sand og ral, at bølgebryderen bliver landfast i form af en såkaldt tombolo. Tomboloen vil under normale vandstandsforhold blokeret for strøm og transport bag om bølgebryderen og den vil komme til at virke som en høfde.



Figur 2.3: Sandet samler sig bag en bølgebryder og skaber læsideerosion. Billede: (DHI, et al., 2015)

Typisk vil bølgebrydere blive bygget i den indre del af den aktive zone. Længden af bølgebryderne er typisk lidt mindre end deres afstand fra kysten, og mellemrummet mellem dem svarer til omkring 1½ gange længden. Højden er typiske omkring 80% af den dimensionsgivende vandstand, hvilket giver voldsom overskyl under kraftige storme.

Bølgebryderne vil således reducere langtransporten og eventuelt helt blokere den. Dette medfører akkumulation af sand bag ved bølgebryderen og på kysten opstrøms for og tilsvarende læsideerosion nedstrøms for. Erosionsraten reduceres typisk opstrøms for bølgebryderen og øges tilsvarende nedstrøms.

Ligesom for høfder vil en række bølgebrydere skabe læsideerosion på kyststrækningen nedstrøms, da mængden af tilført sand reduceres, og der må påregnes, at skulle kompenseres med fodring.

På strækninger med bølger med en indfaldsvinkel på 0 eller tæt på 0 vil bølgebrydere også have en virkning. Under sådanne forhold er den resulterende langs-transport nul eller meget lille, men alligevel vil der også i det tilfælde samle sig sand bag bølgebryderen. Grunden til dette er, at de brydende bølger medfører bølgestuvning på den eksponerede strækning udenfor bølgebryderens læzone, men i læzonen vil der ikke være nogen bølgestuvning. Der vil derfor opstå en strøm ind imod læzonen bag ved bølgebryderen. Resultatet er en cirkulationsstrøm, som trækker sandet ind bag bølgebryderen. Dette medfører lokal akkumulation af sand bag ved bølgebryderen på bekostning af en tilsvarende erosion på begge sider af bølgebryderen.

Da bølgebryderne mindsker bølgeenergien lokalt, har de en vis virkning mod akut erosion bag den enkelte bølgebryder. Mellem dem er den akutte erosion ikke mindsket væsentligt, og på grund af cirkulationsstrømmen vil det eroderede sand føres ind bag bølgebryderne, hvilket kan forsinke den efterfølgende naturlige re-tablering af stranden.

I bølgebryderprojekter fyldes der ofte sand ind bag bølgebryderne. Såfremt dette ikke gøres vil den umiddelbare virkning af bølgebryderne være erosion mellem dem. Sandindfyldningen vil ligeledes reducere læsideerosionen i den tid efter etableringsfasen, hvor sandet endnu ikke har lejret sig i den nye ligevægtssituation. Det vil derfor oftest være et krav fra myndighederne, at der skal fyldes sand ind bag en ny bølgebryder.

I bølgebryderprojekter er det ofte et krav fra myndighederne, at der over årene skal kompenseres for læsideerosionen ved at fodre langs strækningen på læsiden af gruppen af bølgebrydere. Den mængde der skal fodres med, for at kompensere for bølgebrydernes læsideerosion, svarer til det sand som gruppen af bølgebrydere tilbageholder.

2.4 Rev og Flak

Stenrev er områder på havbunden dækket af små og store sten. Stenrev er dækket af vand under normale vandstandsforhold.

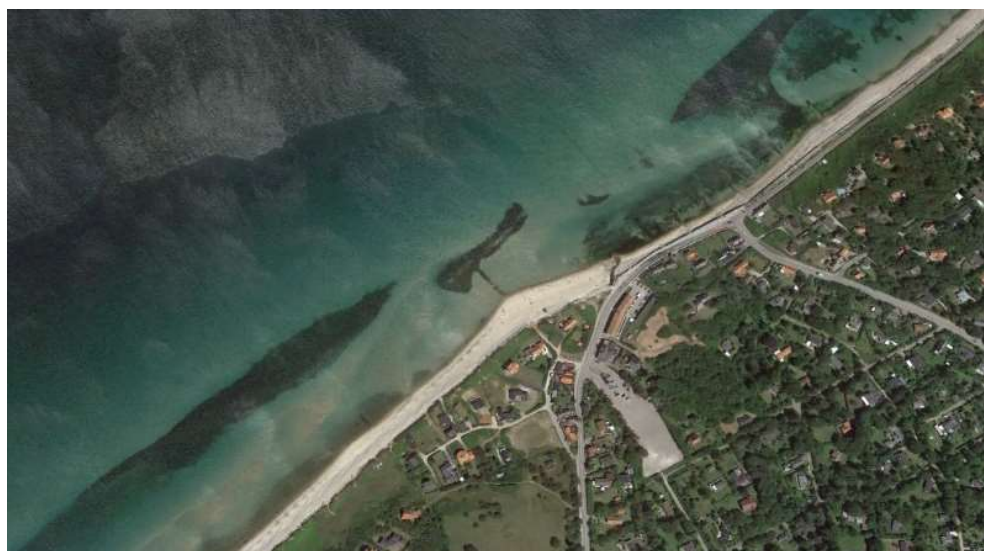
I kystteknisk sammenhæng er et stenrev at betragte som en neddykket bølgebryder. Revet foranlediger bølgebrydning og reducerer bølgetransmissionen så der er et mildere bølgeklima i læ af stenrevet, hvilket medfører reduceret transportkapaciteten bag stenrevet, dog ikke af samme størrelsesorden som ved en sædvanlig bølgebryder.

Stenrev kan medvirke til at hæve kystprofilet på opstrøms side og bagved.

Flak er stenrev som går ind til kysten. Flak kan medvirke til at opbygge kystprofilet på opstrøms side.

Den kysttekniske virkning af stenrev og flak afhænger af vanddybden oven over.

Menneskeskabte rev og flak kan med fordel kombineres med strandfodring over længere strækninger, da de ikke blokerer langtransporten i samme grad som høfder og bølgebrydere.



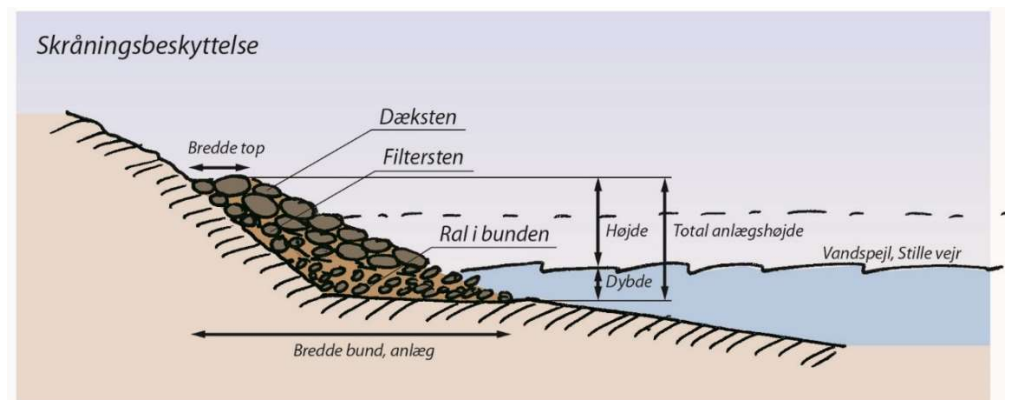
Figur 2.4: Naturligt stenrev på Nordkysten ved Stængehage (øverst) og den ødelagte bølgebryder i Rågeleje (nederst)

2.5 Skråningsbeskyttelse

En skråningsbeskyttelse er typisk opbygget af sten placeret langs kystlinjen på kyster under erosion, se Figur 2.5. Beskyttelsen anlægges typisk langs foden af en klint eller på forsiden af klitter og kan også etableres til beskyttelse af eksponerede diger.

Skråningsbeskyttelser virker direkte ved at hindre erosion i bagvedliggende skrånninger. Den forhindrer frigivelse af sand fra området bag stranden og modvirker derved akut erosion. Skråningsbeskyttelsen griber ikke umiddelbart ind i transporten i den ubeskyttede del af profilet, og har derfor ikke nogen umiddelbar virkning på den langsgående sandtransport.

Såfremt kysten er udsat for kronisk erosion, vil denne derfor fortsætte, hvilket resulterer i, at kystprofilet eroderes og stranden vil blive smallere. Til sidst vil stranden foran skråningsbeskyttelse blive eroderet helt væk.

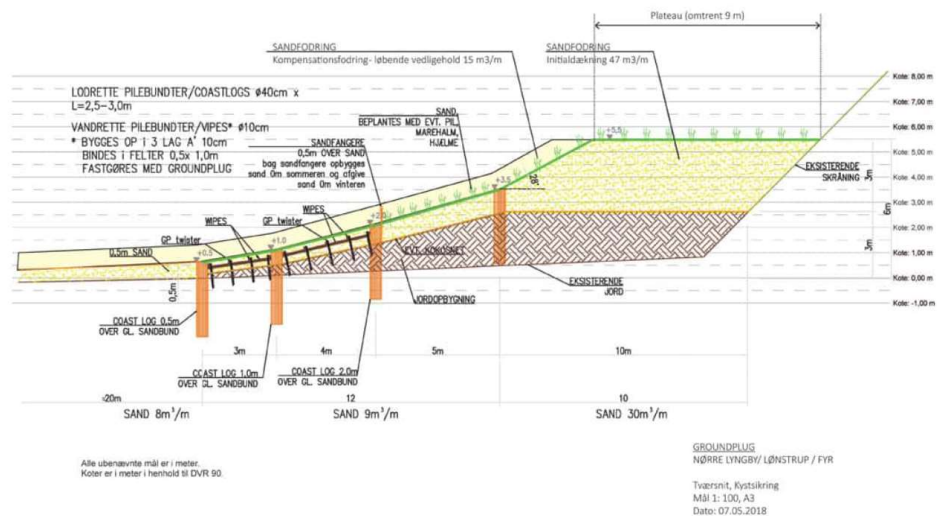


Figur 2.5: Snittegning af skråningsbeskyttelse med sten. Billede: (DHI, et al., 2015).

Derfor må foden af en skråningsbeskyttelse, hvis denne ikke er funderet i tilstrækkelig dybde, forstærkes for at holde funderingen intakt. Skråningsbeskyttelse alene er derfor ikke velegnet som beskyttelse mod kronisk erosion, dels fordi stranden forsvinder og dels fordi skråningsbeskyttelsen over tid bliver undermineret.

Hvis beskyttelsen udformes som en tæt, stejl mur vil bølgerne blive reflekteret, når de rammer muren. Refleksionen giver forøget bølgeaktivitet foran konstruktionen, som medfører kraftigere sandtransport og forøget erosionspres. Skråningsbeskyttelsen vil derfor oftest blive udført som stenkastning, som skråner og har et stort porevolumen og hvor bølgerrefleksionen derfor er mindre.

Der er også eksempler med skråningsbeskyttelser udført med neg af pilegrene (Ground Ploug). Negene af pilegrene graves ned i stranden i rækker og skaber derved en række lave terrasser, som skal hjælpe med til at beskytte skråningerne bagved, se Figur 2.6.



Figur 2.6: Snittegning af skråningsbeskyttelse med Ground Plug.

Holdbarheden af pilene er endnu ikke dokumenteret. Desuden er højden af anlægget typisk mindre end skråningsbeskyttelser af sten.

Som kompensation mod kronisk erosion foran skråningsbeskyttelser må der påregnes jævnligt at skulle fodres med sand og ral. Det kan udføres som læside strandfodring, hvis konstruktionen forudsættes vedligeholdt jævnligt. Ofte vil det være mere fordelagtigt at fodre foran skråningsbeskyttelsen, som da hovedsageligt vil fungere mod akut erosion under storme.

2.6 Vedligeholdelse af hård kystbeskyttelse

Grundet den kroniske erosion er det nødvendigt løbende at vedligeholde og til tider forstærke den hårde kystbeskyttelse.

Den hårde kystbeskyttelse kan bremse tilbagerykning af kystlinjen, men ikke erosionen i profilet søværts for den hårde beskyttelse. Dette medfører, at stranden på beskyttede strækninger gradvist forsvinder, og at den hårde kystbeskyttelse bliver mere udsat med tiden.

Forstærkning af den eksisterende hårde kystbeskyttelse kan udføres på to principielt forskellige måder under forudsætning af formålet er at bibeholde den nuværende kystlinje:

- Ved at forstærke den eksisterende hårde kystbeskyttelse med tilførsel af flere sten, f.eks. til forstærkning af foden af skråningsbeskyttelser fordi stranden er eroderet bort og til forhøjelse af konstruktionerne fordi bølgerne giver større opløb grundet den øgede vanddybde i kystprofilet foran. En sådan forstærkning af de hårde konstruktioner vil imidlertid ikke reducere den pågående erosion i kystprofilet, hvilket vil medføre, at strandene efterhånden bortroderes og yderligere forstærkning vil være påkrævet.
- Ved at kompensere for at kysten konstant mister sand, hvilket jo fører til kysterosion, dvs. kompensere for manglen på sand i kystprofilet ved at tilføre sand og ral ved strandfodring. Strandfodring vil genopbygge kystprofilet og vil derved reducere påvirkningerne på de eksisterende kystbeskyttelseskonstruktioner, som således ikke vil behøve forstærkning såfremt de er korrekt

udført. Strandfodring i denne forbindelse skal således opfattes som en alternativ måde til at forstærke eksisterende hård kystbeskyttelse. Det skal bemærkes, at strandfodring skal foretages løbende.

3 Kystfodring

3.1 Sedimentbudget ved kystfodring

Beskyttelse af kysten og baglandet kan udføres ved at tilføre sand og ral som kompensation for den mængde, der er eroderet bort. Fodring med sand og ral er den eneste kystbeskyttelsesmetode, der kan tilføre kysten det sediment, som mangler i sedimentbudgettet. Fodring er således nødvendig for at standse det pågående tab af sand og ral, som har ført til den nuværende situation med tab af strand og stadig større eksponering af eksisterende hårde kystbeskyttelse og skråningerne bagved.

Fodring beskytter kysten ved at erstatte det underskud af sediment, som gradienter i sedimenttransporten forårsager på kysten og som kompensation for stigningen i vandspejlet. Fodring opbygger stranden og havbunden og herved reducerer bølgepåvirkningen af skråningerne bagved.

Fodring bør foretages over længere strækninger for at sikre en effektiv beskyttelse samt for at minimere den relative størrelse af tabet til tilstødende strækninger ved enderne af fodringen. Ved korte fodringsstrækninger tabes en stor del af det fodrede sand og ral til nabostrækningerne, hvorved man vil opleve at sandet "forsvinder" meget hurtigt fra den fodrede strækning.

Fodringer kan udføres ud fra følgende hovedprincipper:

- Jævnt fordelt fodring af hele kystprofilen over længere strækninger
- Strandfodring af den inderste del af strandprofilen og delvis tildækning af skråningsbeskyttelser
- Større depotfodringer (sandmotor)

"Klatfodringer" af kortere strækninger skal undgås fordi de som ovenfor beskrevet "forsvinder" for hurtigt og derved giver fodring et dårligt ry.

3.2 Sandfodring

Sandfodring kan anvendes som selvstændig kystbeskyttelse, hvor der med jævne mellemrum tilføres sand for at kompensere for erosionen og derved fastholde kysten. Som beskrevet ovenfor vil beskyttelse med konstruktioner ofte blive kombineret med en tilførsel af sand og ral for at fylde op mellem eller foran konstruktionerne. Regelmæssig sandfodring er også nødvendig for at afbøde læsideerosion nedstrøms for en strækning beskyttet med konstruktioner, samt for at kompensere for den reducerede tilførsel af erosionsmaterialer til kysten på beskyttede strækninger.

I overordnede træk virker sandfodring ved at tilføre kysten det sand, som normalt eroderes over længere perioder. Det betyder, at sandfodring virker ind på den kroniske erosion, se Figur 3.1.

Sandfodring kan i princippet også udføres, så den virker mod akut erosion. Dette forudsætter dog, at der tilføres tilstrækkeligt med sand, der kan fungere som en

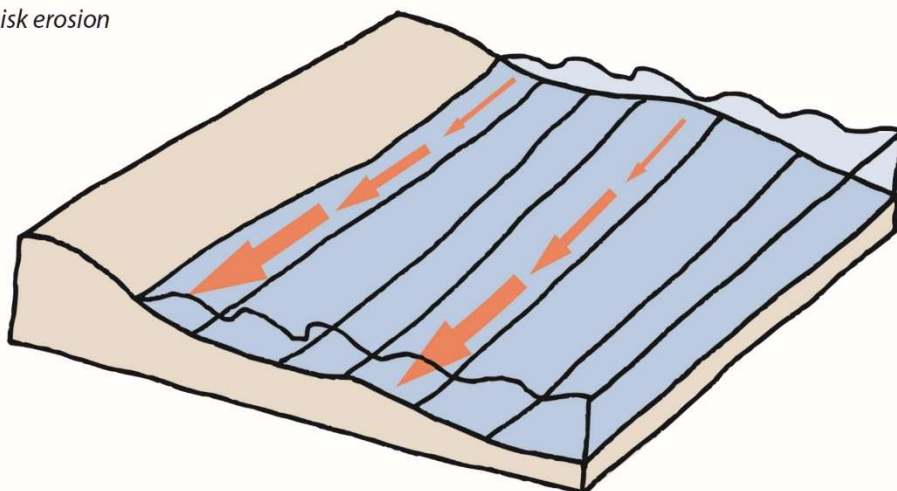
buffer for den akutte erosion. Hvorvidt dette kan garanteres kan kun afgøres i den enkelte sag.

Når der sandfodres i et kystprofil vil det fodrede sand indstille sig i ligevægtsprofil. Derfor skal fodringssandet helst have tilnærmelsesvis samme kornstørrelsesfordeling som det naturlige sand. Hvis der fodres med grovere sand vil man typisk kunne opnå et stejlere kystprofil end det naturlige kystprofil. Hvis der omvendt fodres med finere sand end det naturligt forekommende sand vil det fodrede sand have tendens til at blive trukket ud i profilet, idet det vil indstille sig med en fladere hældning. Derved medgår der mere sand til at opnå en bestemt strandbredde.

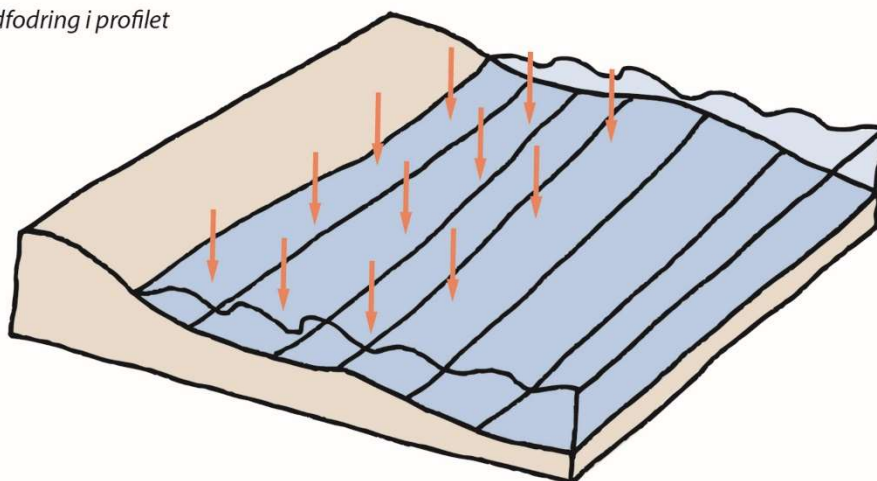
Sandfodring fjerner ikke årsagen til, at en kyst eroderer, men sandfodring kompenserer for underskuddet af sand på en naturlig måde. Sandfodring er den optimale løsningsmetode for at bevare sandstrandene og disses energidæmpende effekt i forbindelse med den globale havvandspejlsstigning.

Det er nødvendigt at tilføre tilstrækkeligt med sand til at hele det aktive profil løftes op til et niveau, der svarer til stigningen i vandstanden og som kompenserer for underskuddet i sedimentbudgettet (kronisk erosion). Dette gælder såvel den del af profilet som ligger over vandlinjen, som den del der ligger under vandlinjen. Under vandlinjen strækker det aktive profil sig ud til den aktive dybde.

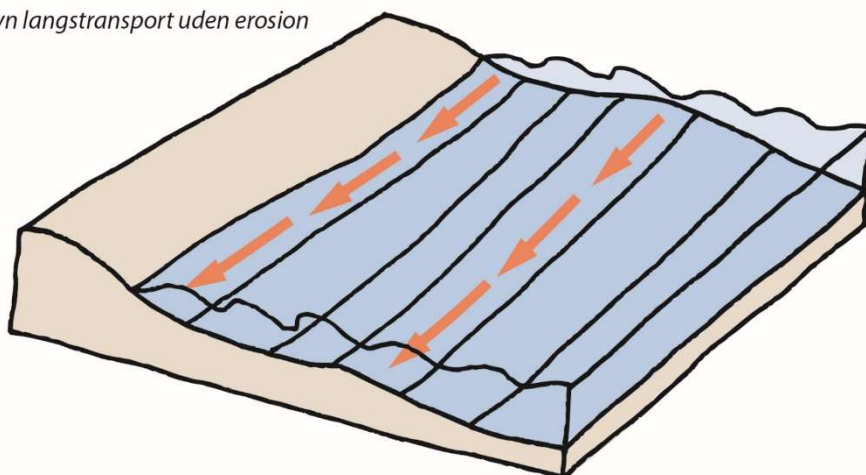
Kronisk erosion



Sandfodring i profilet



Jævn langtransport uden erosion



Figur 3.1: Ved at tilføre sand i profilet (tegning i midten) som den langsgående transport tager væk (tegning øverst) vil kysten komme til at "ligne" en kyst i ligevægt, dvs. en kyst med en langsgående transport, der ikke varierer langs kysten (tegning nederst). Billede: (DHI, et al., 2015).

Langstransporten vil løbende transportere det fodrede sand ud af den fodrede strækning grundet gradienten i langstransporten. Hertil kommer den akutte erosion og erosion som følge af havspejlsstigningerne.

Derfor er det nødvendigt med kontinuerlig tilførsel af sand såfremt man vil undgå at kysten fortsat rykker tilbage. Den mængde sand som tabes fra den fodrede strækning er bestemt af, hvor meget sand strækningen tilføres opstrøms fra, og hvor meget der transporteres videre nedstrøms, samt komponenten krævet for at kompensere for erosion forårsaget af havspejlsstigningen.

På kyststrækninger, som i forvejen er beskyttet af hård kystbeskyttelse eller hvor store dele af kystprofilen består af groft materiale eller hård ler, vil sandfodring give anledning til forøget sedimenttransport, da en større del af profilet vil bestå af mobilt sand. Den fodrede strækning vil således levere mere sand til den nedstrøms strækning end før fodringen blev iværksat. Sandfodring kommer således ligeledes den nedstrøms strækning til gode.

Langs de beskyttede strækninger af kysten er der typisk ikke længere et komplet ligevægtsprofil, idet kystbeskyttelsen har fastholdt kystlinjen, men ikke hele kystprofilen. Derfor skal man på sådanne strækninger først fodre op til et naturligt kystprofil, som har en naturlig strandlinje sammenfaldende med foden af kystbeskyttelsen. Hvis man herudover ønsker en beskyttende strand, skal der fodres yderligere for at parallelforskyde ligevægtsprofilen udefter til man opnår den ønskede bredde af stranden.


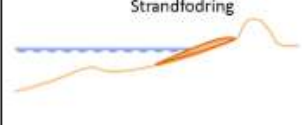


Det forhold skal man gøre sig klart, når der diskuteres strandfodring på en kyststrækning, som gennem mange år har været beskyttet med hård beskyttelse. For at opnå den ønskede styrkelse af den eksisterende kystbeskyttelse, via retablering af kystprofilen og en bredere strand, skal der derfor indledningsvist fodres med en større mængde sand end, hvis der bliver fodret langs en naturlig sandkyst, hvor formålet er at regulere kysttilbagerykningen.

3.3 Sandfodringsmetoder

Ved større sandfodringer vil sandet blive indvundet til søs med et sandsugningsfartøj og sejlet til den aktuelle kyststrækning. Sandet kan også stamme fra andre steder på kysten, hvor der naturligt akkumuleres sand, som for eksempel umiddelbart sydvest for Hirtshals Havn. Oprensat sand fra sejlløb kan også nyttiggøres til sandfodring. Mindre mængder marint sand kan evt. indvindes på land og transporteres med entreprenørmateriel.

Fodringsmaterialet skal være sand uden væsentlige mængder af fint sediment. Det skal helst være lidt grovere end det oprindelige strandsand, da finere sand lettere eroderes og er mere udsat for fygning.

Der findes i princippet 4 forskellige måder at placere sandet i kystprofilen som illustreret i Figur 3.2.

Metode	Illustration af fodring	Fodringsmetode	Virkning på kysten
Klitfodring		Fra land	Især imod oversvømmelse
Strandfodring		Fra land eller Over boven eller Strandledning fra havn el. Havledning	Moderat strandforbedring og styrkelse af kystbeskyttelse
Revlefodring		Split	Profilopbygning men ikke strandforbedring
Profilfodring		Fra land og Over boven og Split	Strandforbedring, profilforstærkning og styrkelse af kystbeskyttelse

Figur 3.2: Illustration af tek.niske forhold i forbindelse med fordeling af fodring i kystprofil. Billede: (Mangor, et al., 2017)

3.3.1 Fodring af bagstranden

En fodring på bagstranden forstærker den øvre del af stranden for eksempel langs klitfoden eller foran en skråningsbeskyttelse, se Figur 3.2. Sandet udgør en buffer og vil reducere erosion af en skræntfod eller gennembrud eller svigt af en beskyttelse mod oversvømmelse; men sandet vil helt eller delvist blive bortroderet ved akut erosion under en ekstrem hændelse. Sandet udgør ikke en del af det naturlige strandprofil, og der vil eroderes betydelige mængder med dannelse af en erosionsskrænt.

Fodring af bagstranden kan udføres ved at pumpe sandet ind fra en sandsuger gennem rør til foden af klitten eller skråningen, der skal beskyttes. Det vil ofte være nødvendigt at anvende en bulldozer eller gummiged til at få sandet op i det ønskede profil.

Klitfodring benyttes specielt, hvis klitten er en del af en naturlig beskyttelse imod oversvømmelse af lavtliggende land bag ved klitten. Klitfodring udføres med dette formål også som en forstærkning af den bagerste del af klitten.

3.3.2 Strandfodring

Tilførsel af sand til strandprofilen modvirker erosion og vil også gøre stranden bredere, se Figur 3.2. Profilet er tæt på det naturlige og erosionen vil forgå som på en naturlig strand. Sandet kan pumpes ind fra en sandsuger gennem rør til og langs med stranden, hvor det fordeles med entreprenørmateriel. Mindre fodringer kan gennemføres med landbaseret entreprenørmateriel.

Strandfodring benyttes når man ønsker at øge strandens bredde og styrke den øvre del af kystprofilet. Det skal dog bemærkes, at sandet med tiden bliver udjævnet over den aktive del af kystprofilet.

3.3.3 Revlefodring

Revlefodring er en metode, som har vundet øget udbredelse fordi den er billigere per tilført kubikmeter sand. Sandet lægges ude i kystprofilet enten på en eksiste-

rende revle eller ved, at der opbygges en ny revle, se Figur 3.2. Sandet kan klappes direkte ved at sandsugeren åbner lemme i bunden eller splitter på langs (splitbarges) eller sandsugere sejler tættere på kysten og pumper sandet ud i en stråle (Rainbowing).

Revlefodring modvirker forstøjning af profilet på grund af erosion, som det sker ud for beskyttelse med høfder og bølgebrydere; men da strandens bredde ikke umiddelbart øges er denne metode ikke direkte effektiv mod akut erosion. Revlefodring kan udføres i kombination med strandfodring for at styrke hele profilet.

Revlefodring benyttes især, hvor kystprofilet i almindelighed trænger til sand, men denne type fodring bidrager kun indirekte til opbygning af en bredere strandbred.

3.3.4 Profilfodring

Profilfodring er en kombination af strandfodring og revlefodring, hvor hele kystprofilet opbygges på en gang, se Figur 3.2.

Kombination af strandfodring og revlefodring som profilfodring medvirker til en generel styrkelse af kystprofilet såvel som til en øgning af strandens bredde.

3.3.5 Sandmængder

Mængderne der anvendes til sandfodring afspejler den aktuelle erosionsrate på den beskyttede strækning, og i hvor høj grad profilet i forvejen mangler sand på grund af mangelfuld beskyttelse og vedligeholdelse.

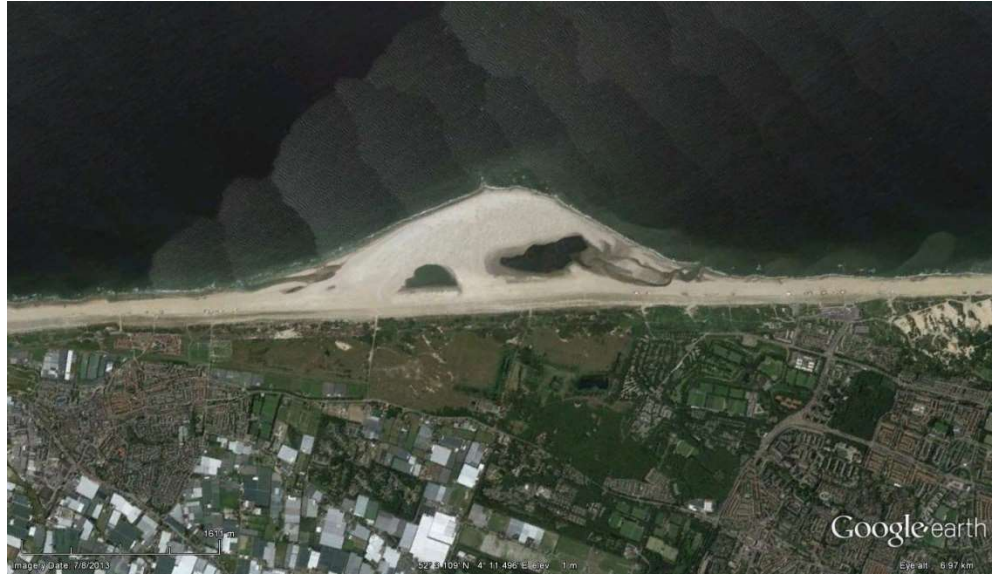
Sandfodring kan bruges enten som en selvstændig metode til at modvirke erosion på ubeskyttede strækninger eller som supplement til eksisterende kystbeskyttelse. Dette sker ved at modvirke de negative erosionseffekter som hårde konstruktioner påfører kysten, dels på den beskyttede strækning og dels på læsiden af den beskyttede strækning.

Dette understreger, at kystfodring er et særdeles vigtigt redskab for god kystvedligeholdelse.

3.3.6 Depotfodringer

Ved en depotfodring placeres der en større mængde sand på kysten på en kortere strækning, svarende til adskillige års langstransport, se Figur 3.3. Sandet skal så fordeles langs kysten ved den naturlige transport, der gradvis vil udjævne sanddepotet og føre sandet i transportretningen.

Fordelen er, at det er de naturlige processer, der er aktive, og at miljøet i kystprofilet ikke forstyrres over længere strækninger, som det er tilfældet ved jævn tilførsel af sand med korte tidsintervaller. Sandet kan forventes at forblive i det aktive profil og depotet vil efterhånden, som sandet er fordelt over strækningen, medføre en reduktion i den kroniske erosion. Det vil dog tage mange år før sandet er jævnt fordelt over en længere strækning, og metoden vil derfor først efter nogle år kunne erstatte mere konventionelle metoder til kystbeskyttelse på de tilstødende strækninger. Metoden har den ulempe, at den forårsager læsideerosion, idet den blokerer for den naturlige langstransport, og der alene føres sediment fra depotet nedstrøms svarende til bølgenes transportevne på lokaliteten.



Figur 3.3: Sandmotor i Holland to år efter fodring, foto fra Google Earth.

Metoden er ikke hidtil anvendt i Danmark, men der er intet til hinder for, at man kan begynde at vurdere mulighederne for at afprøve en sådan metode. Da denne kystbeskyttelsestype er en særlig indgriben i kystens dynamik og æstetiske fremtoning kræver store depotfodringer et grundigt forstudie af virkningen på den givne lokale strækning.

3.3.7 Ralfodring

Ralfodring består i at tilføre ral til den øvre del af strandprofilen som beskyttelse imod erosion af en kystklint. Denne type kystbeskyttelse kan opfattes som en blød skråningsbeskyttelse, der virker mere naturlig end en egentlig fast skråningsbeskyttelse.

Sten og ral forekommer naturligt på erosionskyster, hvor geologien består af moræner eller kridt, se Figur 3.4.

Ral transporteres kun i mindre grad langs kysten, mens rallens rolle i tværtransporten typisk giver anledning til, at ral transporteres landværts over stranden, hvilket medfører dannelse af højtliggende ralstrandvolde. Dette forudsætter, at der er tilstrækkelig med ral i nedbrydningsprodukterne fra moræneklinten. Sådanne ralstrandvolde udgør en naturlig beskyttelse imod moderat akut erosion.

På klintekyster, hvor der ikke er tilstrækkelige mængder af ral til, at der kan dannes ralstrandvolde, kan man beskytte imod akut erosion ved at tilføre ral langs klintfoden ved en hævning af den naturlige ralstrandvold.

Ralfodring medfører kun ubetydelig øget erosion på nabostrækninger og ralfodring kan således udføres uden kompenserende foranstaltninger. Ralfodring er ikke en offerfodring som eksempelvis sandfodring, og ralfodring kræver derfor kun mindre vedligeholdelse.



Figur 3.4: Nyborg Kyststrækning syd for Kavslunde Å. Sten og ral forekommer naturligt på erosionskyster, hvor geologien består af moræne eller kridt.

3.4 Fodringens udvikling med tiden

3.4.1 Jævnt fordelt fodring

Fodring med sand og ral eliminerer ikke årsagen til erosionsproblemerne.

Derfor skal fodring gentages/vedligeholdes med jævne mellemrum som minimum svarende til underskuddet i sedimentbudgettet langs den pågældende kyststrækning.

Strandfodring og kystfodring vedligeholder kysten og modvirker, at der sker en tilbagerykning af kystprofilen.

Hvis man foretager fodring over en forholdsvis kort strækning, vil sand og ral hurtigt blive transporteret videre langs kysten, og blive spredt ud, og den fodrede strækning vil forholdsvis hurtigt miste det tilførte sediment.

Sedimentet forsvinder ikke fra kysten, men spredes ud over en længere strækning og virkningen vil derfor reduceres.

Fodring foretages derfor typisk jævnt fordelt over længere strækninger for at reducere erosionsraten og for at forlænge virkningen.

Hvis man fodrer over en lang strækning vil den midterste og den nedstrøms delstrækning modtage sediment fra den opstrøms delstrækning. Således vil der på en længere strækning med jævnt fordelt fodring kun forekomme erosion i den opstrøms ende, mens de strækninger, som ligger nedstrøms vil være nogenlunde stabile såfremt profilet er fodret tilstrækkeligt.

Af ovennævnte årsager er det ikke anbefalelsesværdigt at operere med for korte strækninger, idet det vil opleves at sandet hurtigt forsvinder.

Jævnt fordelt sandfodring kan benyttes på alle typer af kyster uafhængigt af bølgeindfaldsvinklen.

Kystfodring medvirker til at forstærke effekten af eksisterende hård kystbeskyttelse som hølfer og bølgebrydere.

Når der fodres med sand og ral vil konstruktionerne kunne opbygge en bredere og højere strand, som øger beskyttelsen på opstrømssiden. Derudover vil fodring reducere læsideerosionen af de hårde anlæg og således også forbedre beskyttelsen på læsiden af den hårde beskyttelse.

Tekniske karakteristika, miljømæssige forhold og anbefaling for jævnt fordelt fodring:

- Kan benyttes for alle typer bølgeklima
- Sandfodring udføres over længere strækninger idet det holder bedre og er lettere at vedligeholde end enkeltvise fodringer over kortere strækninger
- Lange og store fodringer medfører at genfodring skal udføres med større tidsintervaller, hvilket reducerer enhedspriserne og miljøpåvirkninger
- Egnede til styrkelse af eksisterende hård kystbeskyttelse
- Reducerer erosion langs nedstrømsområder
- Fodringer over lange strækninger retablerer adgang langs stranden
- Sandstrandene og den naturlige kystdynamik retableres
- Relativ stor generel påvirkning i byggefasen idet arbejdet foregår over lang strækning
- Relativ mere omkostningskrævende i forhold til depotfodring

3.4.2 Depotfodringer

For depotfodringer vil den påvirkede strækning typisk være af størrelsesordenen 5 gange den fodrede strækning regnet fra den opstrøms grænse af fodringsstrækningen og nedstrøms langs den ikke fodrede strækning. Bølgepåvirkningen vil starte med at erodere sandet fra depotet og fordele det nedstrøms. Dvs. at den nedstrøms del af projektområdet gradvist vil modtage sand i perioden indtil depotet er borteroderet. Herudover er måden sandet transporteres videre på afhængig af bølgeindfaldsvinklen.

Depotfodring yder ikke den samme øjeblikkelige supplerende styrkelse af eksisterende kystbeskyttelse inden for projektområdet, idet sandet jo kun gradvist transporteres til den nedstrøms del af projektområdet og ikke nødvendigvis aflejres tilstrækkelig højt i kystprofilen til at levere den ønskede styrkelse af eksisterende kystbeskyttelse. Depotfodring er bedst egnet til at imødegå pågående kysterosion langs ikke-beskyttede kyststrækninger.

På en kyststrækning med lille indfaldsvinkel vil bølgerne gradvist erodere i depotet og sandet vil blive transporteret nedstrøms langs læsiden af depotet og videre ned langs den nedstrøms kyst, hvorved denne gradvist vil blive fodret. Depotfodringen vil derfor medvirke til at stabilisere kysten nedstrøms.

På en kyststrækning med stor indfaldsvinkel vil introduktionen af depotet have tendens til at destabilisere kysten, idet sand eroderet fra depotet vil have tendens til at afleje sig i en sandtange nedstrøms den yderste del af sanddepotet. Årsagen til dette er, at bølgerne er så skråt indfaldende, at de i begyndelsen ikke kan transportere sandet helt ind til kysten. Fordi sandet ikke føres ind imod kysten vil kyststrækningen nedstrøms for depotet blive udsat for erosion. Depotfodring på en sådan kyst vil således danne sandtanger, som igen vil skabe strandlaguner, hvilket medfører et mere varieret strandmiljø og øget biodiversitet. Afslutningen af sandtangen kan være ret brat.

Tekniske karakteristika, miljømæssige forhold og anbefaling for depotfodring:

- Strækker sig ifølge konceptet over begrænset strækning
- Virkningsmåde varierer med bølgeforhold
- Yder kun styrkelse af eksisterende kystbeskyttelse for den korte strækning som depotet dækker
- Store fodringer medfører at genfodring skal udføres med større tidsintervaller, hvilket reducerer enhedspriserne og miljøpåvirkninger
- Medfører nedstrøms erosion ved stor bølgeindfaldsvinkel, men reducerer erosion langs nedstrøms område ved lille indfaldsvinkel
- Retablerer ikke adgang langs kysten
- Introducerer nyt "kystlandskab" med naturmæssig, landskabelig og rekreativ værdi
- Retablerer ikke sandstrandene i samme omfang som ved jævn fodring
- Relativ lille virkning på marin flora og fauna, idet mindre areal påvirkes ved depotfodring i forhold til jævn fodring
- Relativ lille generel påvirkning i byggefasen idet arbejdet foregår over kort strækning
- Relativ mindre omkostningskrævende i forhold til jævn fodring

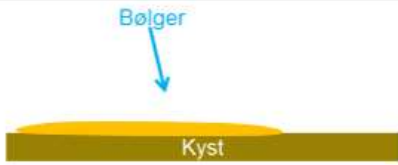

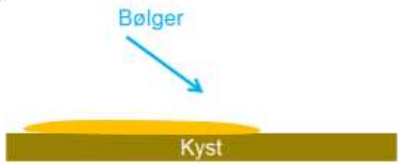
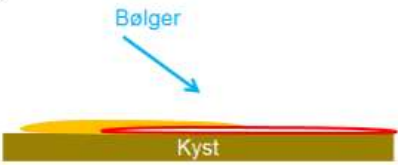
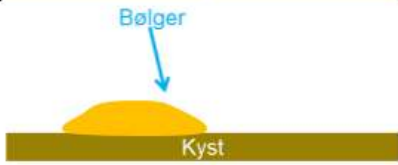
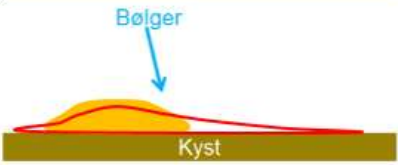
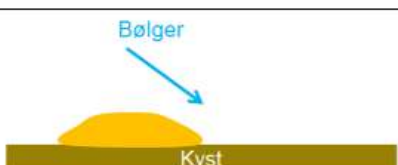
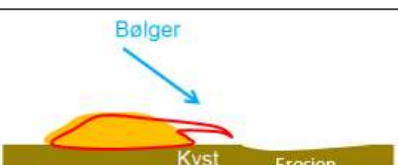
3.4.3 Valg af fodringslokalitet i relation til virkning på kysten og baglandets udnyttelse

De forskellige virkemåder for jævnt fordelt fodring og for depotfodring gør at, de to typer fodringer har forskellige anvendelsesområder.

Jævnt fordelt fodring egner sig til generel retablering af strandene langs kysten, og er velegnet som supplement til eksisterende kystbeskyttelse, idet fodring kan anvendes i stedet for forstærkning af eksisterende kystbeskyttelse. Dvs. at koordineret og velplanlagt jævnt fordelt fodring i forholdsvis stor skala er velegnet ud for private strækninger.

Depotfodring egner sig bedst til etablering af naturmæssigt og rekreativt spændende enkeltlokaliteter ud for områder med god offentlig adgang og ud for feriecentre, campingpladser og lignende områder med stor offentlig interesse.

Depotfodring er velegnet til forbedring af badeforholdene på udvalgte lokaliteter langs strækninger som er præget af stenstrande. De egner sig ikke som supplement til eksisterende kystbeskyttelse ud for længere strækninger.

Fodringstype/ indfaldsvinkel	Umiddelbart efter fodring	Udviklingsforløb	Kommentarer
Jævn/lille			Jævn udvikling Ingen nedstrøms erosion Sikker badning
Jævn/stor			Jævn udvikling Ingen nedstrøms erosion Sikker badning
Depot/lille			Jævn udvikling Ingen nedstrøms erosion Sikker badning
Depot/stor			Udvikling af sandtange og strandlagune Ny biodiversitet Nedstrøms erosion Stor rekreativ værdi men farlig for badning ved sandtange

Figur 3.5: Afhængighed af bølgeindfaldsvinkel for udviklingsforløb for jævn fodring og for depotfodring.

4 Bibliografi

DHI og Haslev & Kjærsgaard Kystdynamik og kystbeskyttelse. Naturlige erosions- og oversvømmelsesprocesser- beskyttelsesmetoders virkning og økonomi [Rapport]. - 2015.

Mangor K., Kærgaard K.H. og Kristensen S.E. Shoreline Management Guidelines [Rapport]. - [s.l.] : DHI, 2017.