

Kystfodring

Indhold

Beskrivelse	2
Dimensioneringsgrundlag	4
Funktion/virkning	5
Påvirkning af naturens frie dynamik, kystlandskab og miljø	6
Anlægsomkostninger	6
Drift og vedligeholdelse	6
Fremtidssikring	6
Fordele og ulemper	6
Muligheder for multifunktionalitet/rekreativ merværdi	7
Læs mere	7



Kystnær fodring ved indpumpning af sand i en stråle ('Rainbow') fra sandsugeren

Beskrivelse

Kystfodring er den eneste kystbeskyttelsesmetode, der kan tilføre kysten det sediment, som mangler, for at standse tilbagerykningen. Kystfodring kan være en effektiv kystbeskyttelsesmetode mod både kronisk og akut erosion, såfremt der fodres med tilstrækkelige mængder sand som en [initialfodring](#), der fungerer som buffer mod akut erosion, og ved vedligeholdelsesfodringer, der modvirker den kroniske erosion.



Kystnær fodring ved indpumpning af sand i en stråle ('Rainbow') fra sandsugeren

Generelt om kystfodring

Kystfodring kan være strandfodring eller kystnær fodring. Fodringsmaterialet skal være uforurenet materiale, der ikke er alt for finkornet. Det lidt grovere sand har den fordel, at det ikke eroderes helt så let og er mindre udsat for fygning. Fodring med grovere materiale som ral sker inde på stranden. Ved større sandfodringer, typisk på Vestkysten, indvindes sandet fra indvindingsområder til søs med en sandsuger og sejles til den kyststrækning, som skal fodres. Ved små strandfodringer kan fodringen dog også foretages fra landsiden, hvor sandet transporteres med lastvogn.

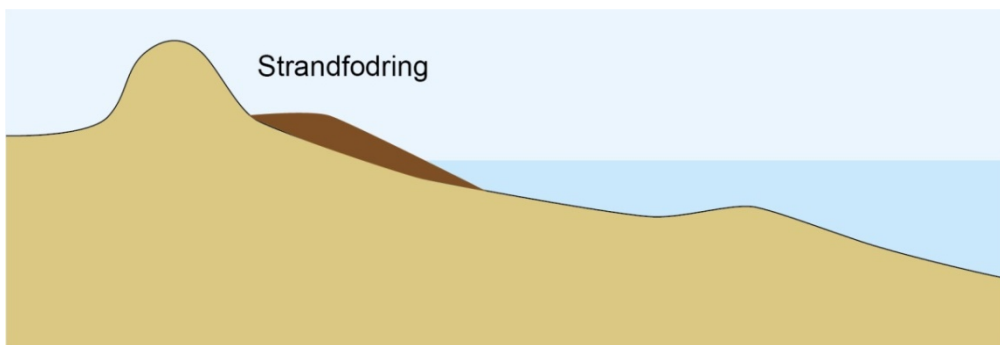
Strandfodring

Strandprofilen tilføres sand, så stranden kan opretholdes eller evt. blive bredere, hvis der samlet set tilføres mere sand, end der eroderes bort, når bølger og strøm rammer kysten (akut erosion og kronisk erosion). Sandet pumpes ind på stranden via et rør og fordeles med entreprenørmateriel.

Der kan også foretages en fodring af bagstranden, som forstærker den øvre del af stranden f.eks. langs en klitfod eller foran en skråningsbeskyttelse af sten. Sandet skal forebygge erosion af skrænt- eller klitfoden.

Strandfodringen kan også udgøre en buffer i tilfælde af ekstrem vejrhændelse og på denne måde forhindre gennembrud eller kollaps af den hårde beskyttelse.

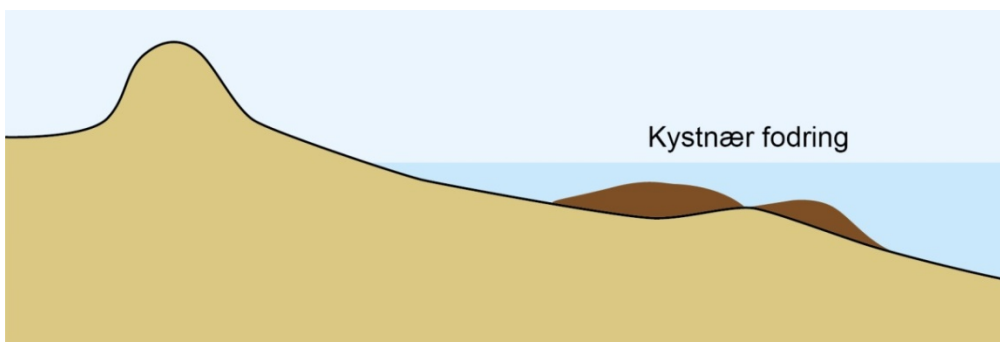
Endvidere kan en strandfodring opveje den negative effekt fra de hårde kystbeskyttelsesanlæg. Uden ekstra tilførsel af sand kan stranden foran en skråningsbeskyttelse blive smallere og vanddybden kan øges, da erosionen fortsætter ud for anlægget. Strandfodring kan også ske for at kompensere for læsideerosion fra hårde kystbeskyttelsesforanstaltninger som hølfer og bølgebrydere.



Kystnær fodring

Revler i kystprofilen fungerer som sanddepoter og har afgørende betydning for mængden af den bølgeenergi, der når helt ind på kysten. De lave vanddybder over revlen bevirker nemlig, at bølgerne bryder på revlen og dermed frigiver en masse energi, som ellers ville have ramt kysten og eroderes af strand og klitter.

Ved revlefodring klappes (placeres) det ekstra sand ude i kystprofilen enten på en eksisterende revle eller på en sådan måde, at der opbygges en ny kunstig revle. Sand klappes gennem en række bunddøre, der normalt er placeret i to rækker parallelt med lastens centerlinje i hver side i bunden af skibets lastrum. Dørene åbnes ned ad under skibets bund og bort fra skibets centerlinje, for at mindske risikoen for at dørene begraves i den klappede last. Metoden kræver større vanddybde under skibets køl, og der bruges jetvand til at skylle lasten ud med.



En anden metode af klapping er splitning. Et splitfartøj består af to skibshalvdele, der er hængslet sammen med et stort hængsel på dækket foran og agten for lastrummet. De to skibshalvdele holdes sammen med to kraftige hydrauliske cylindere i skibets bund foran og agten for lastrummet. Lasten klappes ved at de to skibshalvdele åbnes bort fra hinanden i bunden, hvorved hele lasten klappes meget koncentreret og kompakt. Der kan klappes med kun få centimeter vand under kølen. Af de to metoder kan klappings-metoden betragtes som den mest miljøvenlige grundet den hurtige lossetid (minimeret brændstofforbrug). Erfaring fra Holland og Danmark viser, at klapping ved splitning kan ske indenfor 4-5 meter dybdekurven, og klapping med bunddøre indenfor 6 meter kurven.

Sandet tilføres i det aktive kystprofil og modvirker kronisk erosion, idet sandtilførslen bremser [forstejling](#) af kystprofilen. Revlefodring modvirker dog ikke akut erosion umiddelbart efter en fodring. Fodrings-sandet bevæger sig over tid ind mod stranden.

Depotfodring

Ved en depotfodring placeres der en større mængde sand på kysten. Mængden af sand i den kunstige "sandopfyldning" modsvarer den mængde sand, som vil blive ført væk fra kysten af langstransporten gennem en årrække. Som tiden går, vil den naturlige sedimenttransport sørge for at fordele sandet langs kysten i transportretningen. Efterhånden som sandet fordeler sig, vil det udgøre en effektiv erosionsbeskyttelse. Denne proces vil dog tage en del år. Metoden kendes fra Holland, hvor sand har en meget finere kornkurve end sand, der anvendes til kystfodring i danske farvande.



Depotfodring: En metode, der kendes fra Holland

Ralfodring

Ralfodring anvendes primært ved kyster, der i forvejen er karakteriseret ved at have ralstrande. Sten og ral forekommer naturligt på erosionskyster, som består af moræne eller kridt. Ral transporteres typisk landværts over stranden og danner højtliggende ralvolde, som udgør en form for naturlig beskyttelse. På klintekyster, hvor der ikke er tilstrækkelige mængder ral til, at disse ralvolde kan dannes naturligt, kan man beskytte mod især akut erosion ved at tilføre ral til den øvre del af strandprofilen langs klintfoden.

Dimensioneringsgrundlag

For at dimensionere kystfodringen det vigtigt at kende følgende forhold på strækningen:

- Kystens eksponeringsgrad (bølgeforskel)
- Længde af strækning, der ønskes beskyttet
- Kystprofilen (skrænttop, skræntfod, kystlinje, dybdekurverne)
- [Erosionsraten](#) (både den kroniske og akutte erosion)
- Naturligt materiale på stranden

For [formel for sandfodring](#), se begrebslisten

Oversigt over kystfodringsmængder i forhold til kystens eksponeringsgrad:

Lille = fjorde, Moderat = sunde og bæltter, Stor = Kattegat og Østersøen, Meget stor = Vesterhavet

Eksponeering	Dybde (m)	Topkote (m)	Projektområde (m)	Initial sandtilførsel* (m ³ /m)	Vedligeholdelse*** (m ³ /m per år)
Lille	1,3	2,0	100	6*	0,2
Moderat	3,0	1,9	500	15*	0,5
Stor	4,0	1,9	1.000	60*	2,0
Meget stor	6,5	3,3	25.000	30**	30

*Forudsætter at strækning har været sikret med faste konstruktioner i lang periode ~ 30 år og at det aktive kystprofil skal genoprettes, eksempelvis Sjællands Nordkyst. Det er således fodring for at oprette 30 års underskud.

**Forudsætter at kysten har været vedligeholdt med fodringer årligt, eksempelvis Vestkysten. Det er således fodring for et års underskud.

***Vedligeholdelsesfodringsmængden skal modsvare [erosionsraten](#) på kysten.

Oversigt over ralfodringsmængder i forhold til kystens eksponeringsgrad:

Lille = fjorde, Moderat = sunde og bæltter, Stor = Kattegat og Østersøen, Meget stor = Vesterhavet

Eksponeering	Dybde (m)	Topkote (m)	Projektområde (m)	Initial sandtilførsel* (m ³ /m)	Vedligeholdelse*** (m ³ /m per år)
Lille	1,3	2,0	100	6*	0,2
Moderat	3,0	1,9	500	15*	0,5
Stor	4,0	1,9	1.000	60*	2,0
Meget stor	6,5	3,3	25.000	30**	30

Funktion/virkning

I overordnede træk virker fodring ved at tilføre kysten eller kystprofilen det sediment, som normalt vil eroderes bort over en vis periode. For at undgå erosion og fastholdelse af kystlinjen er jævnlig tilførsel af sediment nødvendig. Nyt sediment tilføres med passende mellemrum til erstatning for det sediment, der løbende føres bort med den langsgående transport.

Mængden af sediment, der anvendes til fodring, skal modsvare den aktuelle [erosionsrate](#) på den strækning, der ønskes beskyttet, hvis målsætningen er at standse kysttilbagerykningen.

Der skal naturligvis også tages hensyn til, om, og i hvor høj grad der allerede måtte være sedimentunderskud på strækningen, inden fodringen igangsættes.

Kystfodring beskytter mod akut og kronisk erosion på kyststrækningen. For at beskytte mod akut erosion forudsættes dog, at der er tilstrækkeligt med sediment, der kan fungere som en buffer i tilfælde af stormflod.

Kystfodring kan anvendes som selvstændig kystbeskyttelse. Fodringsmetoden afhænger af kystens udseende, den ønskede virkning og ikke mindst økonomien. Det handler om at kystbeskytte i tide. Kystnærfodring og strandnær fodring ses typisk i områder, hvor sikkerheden i forvejen er moderat eller høj. I områder, hvor strand, skrænter og klitter ikke giver den ønskede sikkerhed og buffer, benyttes i højere grad strandfodring. Ved strandfodring opnås, at bølgerne i højere grad gnaver i fodringsmaterialet end i eksisterende klitter og skrænter. På den måde bremses skrænttilbagerykning og den nødvendige sikkerhed kan opretholdes.

Kystfodring bør ligeledes igangsættes som supplement til hårde kystbeskyttelsesforanstaltninger som fx skråningsbeskyttelser af sten, høfder eller bølgebrydere for at kompensere for den læsideerosion, som disse forårsager.

Påvirkning af naturens frie dynamik, kystlandskab og miljø

Kystfodring giver generelt god mulighed for naturlig indpasning i kystmiljøet, såfremt der fodres med det materiale, som er naturligt forekommende på strækningen.

Der, hvor sandet placeres, ændres den naturlige dynamik, mens dynamikken opretholdes i resten af profilet og nedstrøms.

Hyppe kystfodringer må dog bringe en vis forstyrrelse i økosystemet på kysten (afhængig af metode, tidspunkt og fodringsinterval).

Anlægsomkostninger

Kystfodringer vil kunne udføres for gennemsnitligt 2250 kr. pr. meter, dog afhængigt af mængde, sedimentets herkomst, leveringsmetode m.m. Prisen vil dog i høj grad være afhænge af det konkrete sted herunder transportomkostningerne. Kystfodringer bør udføres i samarbejde mellem grundejere over længere strækninger for at gøre den omkostningseffektiv.

Drift og vedligeholdelse

Ved kystfodringer er det typisk nødvendigt at vedligeholdelsesfodre. Et kystfodringsprogram er derfor nødvendigt for at holde trit med den naturlige erosion samt kompensere for ekstreme vejrhændelser som fx stormflod. Ralfodring kræver mindre vedligeholdelse.

For at nedsætte omkostninger kan kystfodring foretages med nogle års mellemrum, så der bliver færre mobiliseringer af entreprenørmateriellet.

Fremtidssikring

Kystfodringer skal typisk vedligeholdes og kan vanskeligt fremtidssikres i langsiget perspektiv. Til gengæld kan fordringsmængde og -hyppighed løbende tilpasses ændringer i vandstand og klima.

Fordele og ulemper

Generelle fordele

- Kystfodring løser det generelle erosionsproblem ved at erstatte det sand, som forsvinder pga. en netto langs- og tværgående sedimenttransport.
- Forårsager ikke læsideerosion nedstrøms og gør ikke stranden smallere.
- Afhængig af metode kan kystfodring iværksættes rimeligt hurtigt.
- Falder ind i det omgivende kystlandskab, understøtter muligheden for at færdes langs kysten og fremmer rekreative værdier på kysten.
- Afhængig af fodringsmængden kan kysttilbagerykningen bremses eller også kan kystprofilet forstærkes, så stranden bliver bredere eller den kystnære havbund forstærkes.

Generelle ulemper

- Kystfodringer skal gentages periodisk for at opretholde kystprofilet.
- Det er vanskeligt at kommunikere nytten af kystfodring, fordi sandet med tiden forsvinder, og man derfor let kan tro, at "det ikke nytter". Det er derfor nødvendigt at skabe en forståelse for, at netop det faktum, at det er fodringssandet, der forsvinder, betyder, at kystprofilet kan opretholdes.

Muligheder for multifunktionalitet/rekreativ merværdi

Selve den kendsgerning, at der er en strand og måske endda en strand af høj kvalitet har stor rekreativ værdi. Strandene i Danmark har generelt stor betydning for turismen, og der kan udføres mange aktiviteter på stranden.

Eksempler

Kystfodringen beskytter baglandet mod oversvømmelse.



Kontinuerlig strandfodring på Nordfyn har forbedret strandens kvalitet

Læs mere

Undersøgelser med sandfodring (10 områder) (Kystdirektoratet, DHI, Geografisk Institut, 2017) <http://omkystdirektoratet.kyst.dk/coadapt.html>

Kystfodring og sandressourcer (Kystdirektoratet, 2014)
<http://omkystdirektoratet.kyst.dk/pages/webseite.asp?articleGuid=202329>

Analyse af revlefodringer (Kystdirektoratet, 2012)
<http://omkystdirektoratet.kyst.dk/analyse-af-revlefodringer.html>

Højvandsstatistik (statistikker for ekstreme vandstande)
<http://kysterne.kyst.dk/hojevandsstatistikker.html>

Beach Nourishment Theory and Practice

Dean, R. G. (2002): Beach Nourishment Theory and Practice, World Scientific

Kystmorfologi (læren om kystzonens former og deres dannelse)

Aagaard T., Nielsen N. & Nielsen J. (2008): Kystmorfologi. Københavns Universitet.

Shoreline Management Guidelines (giver bl.a. overblik over kystdynamiske processer, kystmorfologi, kysttyper, planlægning)

Mangor, K., Drønen, N. K., Kærsgaard, K. H. & Kristensen S. E. (2017): Shoreline Management Guidelines. DHI.

Kort uddrag:

https://www.dhigroup.com/upload/campaigns/shoreline/assets/ShorelineManagementGuidelines_Feb2017-TOC.pdf

Sedimentklassifikation

<https://www.masterpiece.dk/UploadetFiles/10852/36/Sedimentklassifikation.pdf>