

Notat



POWER BIO

Tang og ålegræs som kystsikring

Udarbejdet af Roskilde Universitet



Interreg



Medfinansieret af
Den Europæiske Union

Øresund-Kattegat-Skagerrak

REGION
SJÆLLAND
- vi er til for dig

Tang og ålegræs som kystsikring

Introduktion til beskyttelse mod kysterosion med tang og ålegræs

Tyge Kjær

Den 7. maj 2025

Roskilde Universitet

1. Introduktion – klimatilpasning

Formålet med dette notat er at give en kort introduktion til, hvordan man med tangmateriale kan bidrage til den del af klimatilpasningen, som handler om at reducere eller hindre erosion af kysten ved storm, højvande og kraftige bølger. Klimatilpasningen handler om mange ting og rummer mange forskellige former for indsats. En kortfattet oversigt over indsatsen kunne se sådan ud:

- (1) Klimatilpasning i **landzoner**, som primært handler om vandløbenes udløbskapacitet, hvor løsningen kan være en forøgelse af udløbskapaciteten, enten direkte eller ved dobbelt profilering af vandløbene, så kapaciteten forøges ved ekstrem regn. Løsningerne kan også bestå i at opmagasinere den kraftig nedbør ved forsinkelsesbassiner, udvidelse af søarealer og tilsvarende midlertidig lagring af ekstrem regnmængder. Videre løsninger kan også bestå i multifunktionel jordfordeling, hvor klimatilpasning indgår som et aktivt element. Et øget problem er terræn nær grundvandstigning, som i nogle tilfælde kan være en konsekvens af løsninger, hvor nedbøren tilbageholdes i nærliggende område..
- (2) Klimatilpasning i **byzoner** handler om at undgå negative konsekvenser af oversvømmelse i byområder. Typisk vil man udarbejde en terrænmodel, som viser de lokaliteter, hvor risikoen for oversvømmelse vil være ved forskellige nedbørsmængder, eksempelvis opgjort som en 20 års hændelse, 100 års hændelse, osv. Klimatilpasning til f.eks. en 100 års hændelse vil bestå i en række tiltag, som mindsker risikoen for oversvømmelse i de kritisk områder. Hovedløsningerne er også her forøget udløbskapacitet, forsinkelsesbassiner, og anvendelsen af forskellige byrumselementer, f.eks. parkeringsfaciliteter, regnvandsbassiner til en midlertidig lagring af nedbør, m.v.
- (3) Klimatilpasning i **kystområder** handler om at undgå oversvømmelser som følge af forhøjet vandstand, storm og ekstrem nedbør. Den typiske løsning er forskellige former for diger, som etableres eller udbygges til et nyt beskyttelsesniveau. Det er også muligt at etablere eller udvide bestående forstrande (strandparker), som kan fungere som en bufferzone i forhold til storm og bølger. Hvis der er vandløb i området, er det nødvendigt at etablere spærring af vandløbene mod opadgående vandstrømme med en højvandslukke for at hindre, at byzoner og landzoner bliver yderligere belastet fra kysten under ekstrem vejrlig.
- (4) **Kyst erosion**. Man taler om to former for erosion: Den ene er den såkaldte **kroniske erosion**, om består i, at kysten mister mere sand til havet end kysten modtager fra havet, som især skyldes tværgående havstrømme. Denne form er især kendt fra f.eks.



Power Bio



Vestjylland, hvor havet over en længere periode 'æder' af kysten. Denne form for erosion skal ikke behandles nærmere her.

Den anden form er **akut erosion**, som er den erosion, der opstår ved de ekstraordinære klimapåvirkninger, dvs. storm, bølger og forhøjet vandstand. En akut erosion kan fjerne betydelige sandmængder fra kystområdet. Den akutte erosion er som nævnt i særlig grad knyttet til de klimabetingede forandringer, hvor man må forvente, en betydelig forøget hyppighed af disse hændelser over de kommende år (se oversigten i bilag, planche 4 om stigende erosion ved de forventede øgede havvandsstigninger).

Figur 1. Eksempel på akut erosion i Køge Bugt, hvor betydelige sandmængder på stranden op mod klitområdet blev eroderet væk ved den store storm i oktober 2023.



2. Bekæmpelse af akut erosion – kystbeskyttelsen

Der anvendes en række forskellige metoder til erosionsbeskyttelse, som kan opdeles i en hård beskyttelsesstrategi og en naturbaseret beskyttelsesstrategi. De to strategier kan kort beskrives som følger:¹

Hård beskyttelse: Den hårde beskyttelse kan bestå i høfder, bølgebrydere, den såkaldte skråningsbeskyttelse (f.eks. anvendelse af ral til beskyttelse af det skrånende areal fra vandkanten op mod klitterne) eller etablering af en forstrand. Til hård beskyttelse hører også etablering af kystdræn, som kan hæmme erosionen. De hårde beskyttelsesstrategier er alle karakteriseret ved et forholdsvist stort indgreb i kystområdet, men i en række tilfælde vil man kunne få løsninger, som er holdbar med en længere levetid.

Naturbaseret beskyttelse: Alternativet må karakteriseres som naturbaseret beskyttelsesstrategier, som består i sandfodring; det vil sige en tilbageførelse af den sandmængde, der blev tabt ved den akutte erosion. Det er tre hovedformer:

- **Jævn sandfodring:** Der tilføres sand, svarende til den mængde sand, der blev mistet ved klimabegivenheden (højvand, storm). Sandfodringen, dvs. placeringen af sandet, kan varieres, afhængig af kyststrukturen, nemlig som klitfodring, strandfodring, revle-

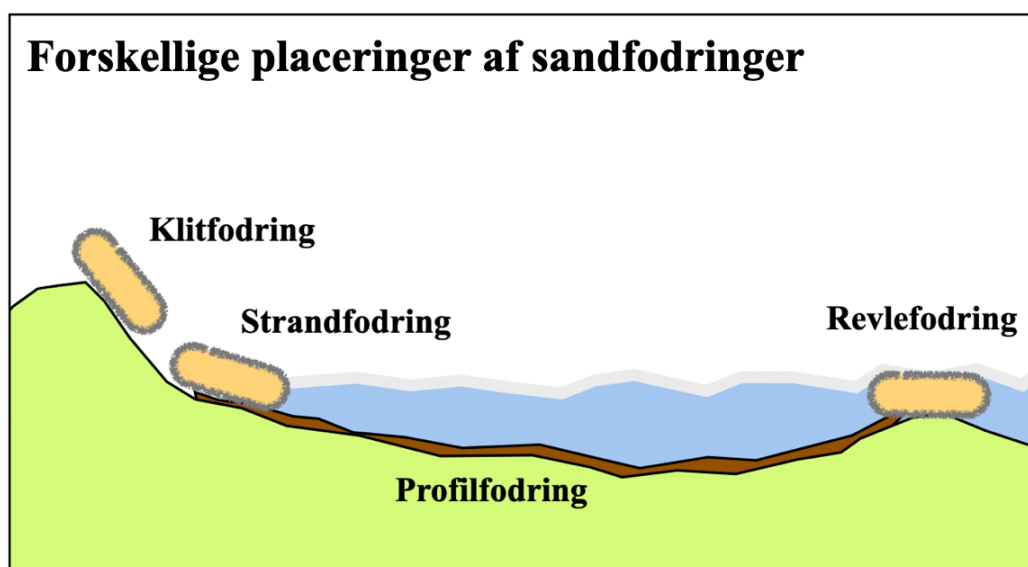
¹) Afsnittet bygger delvis på *Kystdynamik og kystbeskyttelse. Naturlige erosions- og oversvømmelsesprocesser – beskyttelsesmetoders virkning og økonomi*; Kystdirektoratet, 2015 (udarbejdet af DHI for Kystdirektoratet).

fodring (under vandet) eller tilrettelægges sådan, at sandfodringen placeres jævnt over hele kystens profil (profilfodring).

- **Depotfodring:** Der tilføres mere sand end, der blev mistet, til de område, hvor mest sand forsvinder eller som kan have en særlig effekt på en kommende erosion, eksempelvis i form af en særlig lokaliseret strandfodring på strand eller forstrand. Der oparbejdes et depot, som betyder, at sandfodringen kan holde længere eller modstå flere efterfølgende klimahændelser.
- **Ralfodring:** I stedet for sand eller i kombination med sand kan der anvendes ral (småsten) til fodringer, fordi man på den måde forventer at opnå en længere holdbarhed af indsatsen.

Sandfodringen som led i en naturbaseret kystbeskyttelse fungerer primært som kompensation for den sandmængde, der er tabt ved den akutte erosion. Sandfodringen kan anvendes på forskellige lokaliteter og måder, som belyst med nedenstående figur:

Figur 2. Sandfodringen gennemført som klitfodring, strandfodring, revlefodring eller som profilfodring.



Som det fremgår af figuren, kan sandfodringen anvendes på forskellige lokaliteter, afhængig af effekterne fra den akutte erosion. Klit- og strandfodring har især til formål at **genoprette** strandprofilen, medens profilfodring især skal bidrage til at øge eller forstærke kystprofilen. Revlefodringen kan bidrage til forbedring eller genetablering af de revler, som typisk er hjemsted for tang og ålegræs.

3. Fordele og ulemper ved sandfodring

Fordelene ved kystfodringen kan opgøres således:² Den erstatter det sand, som forsvinder ved den akutte erosion; den gør ikke stranden smallere, men den kan genoprette den oprindelige profil. Afhængig af metode (sand fra strand eller sand fra kysten) kan kystfodringen iværksættes rimeligt hurtigt. Sandfodringen understøtter det eksisterende kystlandskab og bidrager derfor til at fastholde eller udvikle kystens natur- og rekreative værdier. Hvis der er behov for det, så muliggør sandfodringer også forstærkninger af kystpro-

²) Der henvises til en række publikationer fra Kystdirektoratet: *Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder*, Kystdirektoratet, november 2018; *Kortlægning af erosion og oversvømmelse*, Kystdirektoratet, september 2016; *Sandfodring* med notatet *Kystfodring*, Kystdirektoratet, 2025. Fordele og ulemper ved sandfodringen er nærmere behandlet i det nævnte notat om *Kystfodring*.

fil, eksempelvis ved at gøre stranden bredere eller forstærke den kystnære strand- og havbund.

Ulemperne ved kystfodringen er, at den skal gentages periodisk for at opretholde den samme kystprofil. Fordi sandet med tiden forsvinder, kan man let tro, »... at det ikke nytter. Det er nødvendigt at skabe en forståelse for, at netop det faktum, at det er fodrings-sandet, der forsvinder, betyder at kystprofilen kan opretholdes«.³

4. Tang og ålegræs – øget holdbarhed af strandfodringen

Der er ingen tvivl: Naturbaseret kystbeskyttelse er langt at foretrække i sammenligning med hård kystbeskyttelse. Hovedinstrumentet i den naturbaserede kystbeskyttelse er sand og sandfodring, men problemet er *holdbarheden* af sandfodringen. Hvor længe holder sandfodringen og kan man forlænge holdbarheden, dvs. reducere omfanget af en efterfølgende erosion?

Svaret er: Sandfodringen kan stabiliseres med naturlige materialer ved de forskellige, tidligere nævnte former for sandfodring. Det skal belyses med nedenstående oversigt.

(1) *Klitfodringen* kan typisk stabiliseres ved udplantning af sandhjelme (*ammophila arenaria*) og marehalm (*leymus arenarius*). Disse planter kan vokse i nærringsfattigt sand og gennem deres rodnet stabilisere det udlagte sand.

(2) *Strandfodringen*: her er situationen lidt anderledes, idet klitplanterne ikke kan vokse i de strandnære områder på grund af ebbe/flod samt bølger og overskyl. Her har praktiske forsøg vist, at strandfodringen kan stabiliseres ved at udbringe tang og ålegræs på stranden. Tang og især ålegræs fungerer som strukturmateriale, som modvirker, at sandet på kysten straks transportere væk ved storm, højvande og ved ebbe/flod. En lille demonstration af metoden i Køge Bugt kan illustrere betydningen af strukturmaterialet:

Figur 3. Ålegræs som strukturmateriale, der reducerer udvaskning/erodering af sand. Demonstration af effekten af ålegræs i Køge Bugt, april 2025.



³) Jvf. *Kystfodring*, op.cit. s. 6.

Demonstrationen viser, at sand blandt med ålegræs har en betydelig større modstandskraft over for vand, som hældes ned over blandingen i sammenligning med en tilsvarende blanding, som udelukkende består af sand.

Demonstrationen svarer til de praktiske erfaringer fra Køge Bugt området, hvor en blanding af ålegræs og tang anvendes til at stabilisere den løbende strandfodring i strandområdet. I blandingen af tang/ålegræs er ålegræs mængdemæssigt dominerende, som er særlig gavnlig for materialets strukturvirkning. Tang/ålegræs udbringes på kystnært strandområde, hvorefter tang og ålegræs dækkes til med sand gennem strandfodringen.

(3) **Revlefodringen.** Sandfodringen handler primært om at genskabe revlerne i de kystnære områder. Stabilisering af revlefodringen har stor betydning for et kystområdes samlede dynamik. Eksempelvis er revlerne i Køge Bugt i meget høj grad hjemsted for tang, men især ålegræs. Her vil planter også kunne fungere som stabilisering af sandfodringen; nemlig ved bestående eller nyplantede ålegræs, som gennem rodnet og bundfaldsmateriale kan bidrage til en stabilisering af det eksisterende sand eller af det sand, som i givet fald udbringes som sandfodring på revlerne.

5. Sammenfattende

Der er ingen tvivl: Naturbaseret kystbeskyttelse er langt at foretrække. Hvis vi skal bevare kystens rekreative værdier og naturkvalitet må der satses på udviklingen af naturbaserede beskyttelsesforanstaltninger. Klimaændringerne med stigende havvand og øget ekstremt vejr vil ganske givet øge den akutte erosion.

Sandfodring og naturens planter byder på flere muligheder. I klitterne kan plantning af hjælme, marehalm mv. stabilisere sandfodringen. På stranden kan den løbende strandfodring stabiliseres med ålegræs og tang, som modvirker eller nedsætter en ny erosion af den genetablerede strand.

Der skal her to ingredienser til, nemlig sand, som vi især finder i havet fra erosionen samt tang og ålegræs, som vi har som opskyl på stranden. Hvis begge ingredienser er til stede i tilstrækkeligt omfang i de nærliggende kystområder, vil kystsikring med sandfodring og sandstabilisering med tang og ålegræs kunne iværksættes hurtigt - inden den næste storm.

Sandfodring, tang og ålegræs er materiale fra strandområdet, og byder således ikke på de helt store miljømæssige problemer, men man skal dog være opmærksom på følgende: Tildækning af ålegræs og tang med sand kan skabe et iltfattigt (anaerob) miljø, og føre til en biologisk nedbrydning, hvor der kan dannes metan og svovlbrinte. Nedbrydningsprocesserne er temperaturafhængige med stærk begrænset omsætning i perioder med temperatur under 10-15°C.

Går vi tabt af noget ved at anvende tang og ålegræs til stabilisering af strandfodringer? Hvis vi fjernede tang og ålegræs fra kysten ved at bruge den eller deponere den uden for kystområdet, så vil vi også fjerne al det kvælstof, som er optaget af tang og ålegræs i deres vækst. Vi kan ikke opnå begge fordele, stabilisering af sandfodringen og fuld fjernelse af det optagede kvælstof. Noget opnår vi dog.⁴ Yderligere reduktion af kvælstofbelastningen af vores kystvande må findes ved andre løsninger.

⁴) En vækst af ålegræs på 1 ha vil i alt optage 244 kg kvælstof. 48% af denne kvælstof bliver neutraliseret gennem denitrifikation, akkumulation i sediment og infauna, medens 52% af kvælstoffet findes i ålegræssets rod, jordstængel og bladproduktion. De 52% bliver deponeret på kysten ved at anvende ålegræs til stabilisering af sandfodringen; jvf. tabel 2, i: *Notat 3 • Biopower: Ålegræs – Vækst og sammensætning*; Tyge Kjær, RUC, 17. marts 2025. Sagt på en anden måde: Vi taber kun godt halvdelen (de 52%) af den kvælstofmængde, som ålegræs har optaget i sin vækst.

6. Bilag

Bilaget indeholder 12 oversigter, som illustrerer en række af de forhold og omstændigheder er præsenteret i det foregående. Med enkelte undtagelser er der anvendt materiale, som stammer fra Kystdirektoratets forskellige publikationer (se henvisningerne i fodkote 1 og 2). Kildeangivelserne er som følger:

Billeder, foto, figurer er baseret på egne optagelser og fremstillinger samt på materiale og figurer fra Kystdirektoratet med følgende publikationer som kilde:

- Kystdynamik og kystbeskyttelse. Naturlige erosions- og oversvømmelses-processer – beskyttelsesmetoders virkning og økonomi; Kystdirektoratet, 2015.
- Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder; Kystdirektoratet, november 2018.
- Kortlægning af erosion og oversvømmelse, Kystdirektoratet, september 2016.
- Sandfodring med notatet Kystfodring, Kystdirektoratet, 2025.

Bilagene:

1. Introduktion
 2. Kronisk erosion. Særlig egenskab: erosionskyst
 3. Akut erosion – stormvejr
 4. Akut erosion – risiko Sjælland
 5. Øget erosion ved forventet havvandsstigninger
 6. Erosion – beskyttelsesmetoder
 7. Sandfodring – kombineret med tang
 8. Sandfodring
 9. Sandfodring – strand og klit
 10. Depotfodring, ralfodring, kystdræn
 11. Løsninger – beskyttelsesmetoder
 12. Erosionsbeskyttelse: Vedligeholdelse af kystens naturlige funktioner
-



**Tang som kystsik-
ring mod erosion**

Tyge Kjær

Roskilde University
tk@ruc.dk



Power Bio



Öresund-Kattegat-Skagerrak



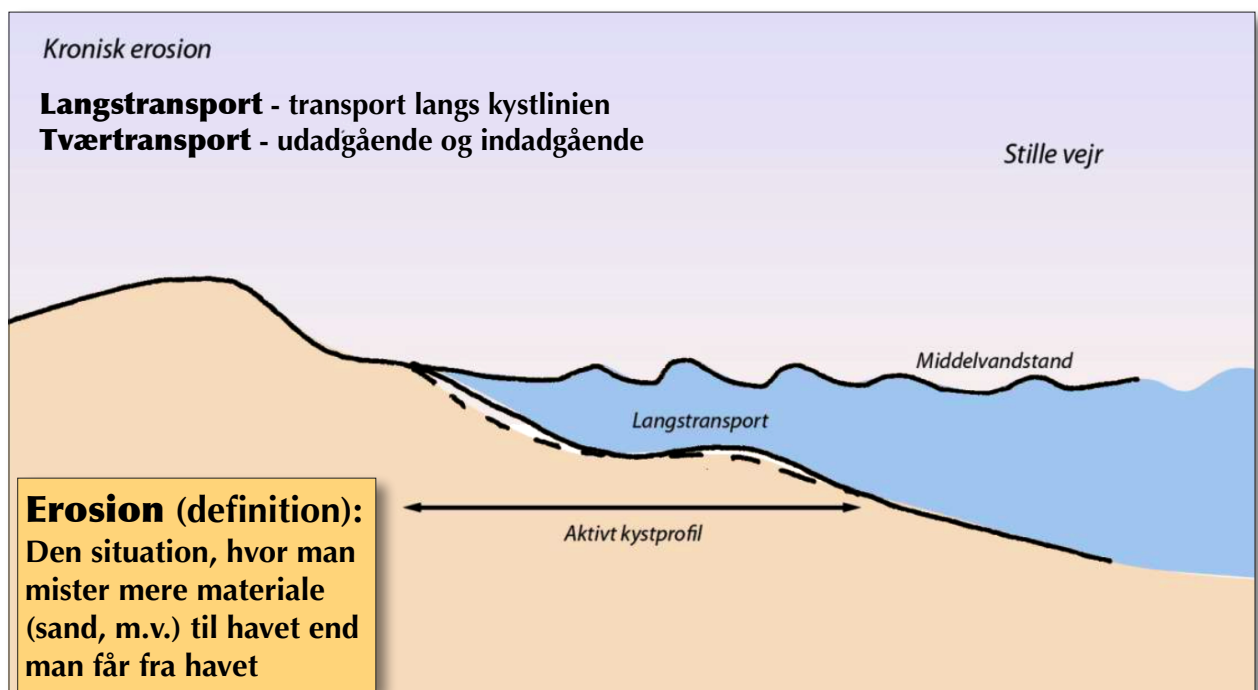
Co-funded by
the European Union



REGION
SJÆLLAND
- vi er til for dig

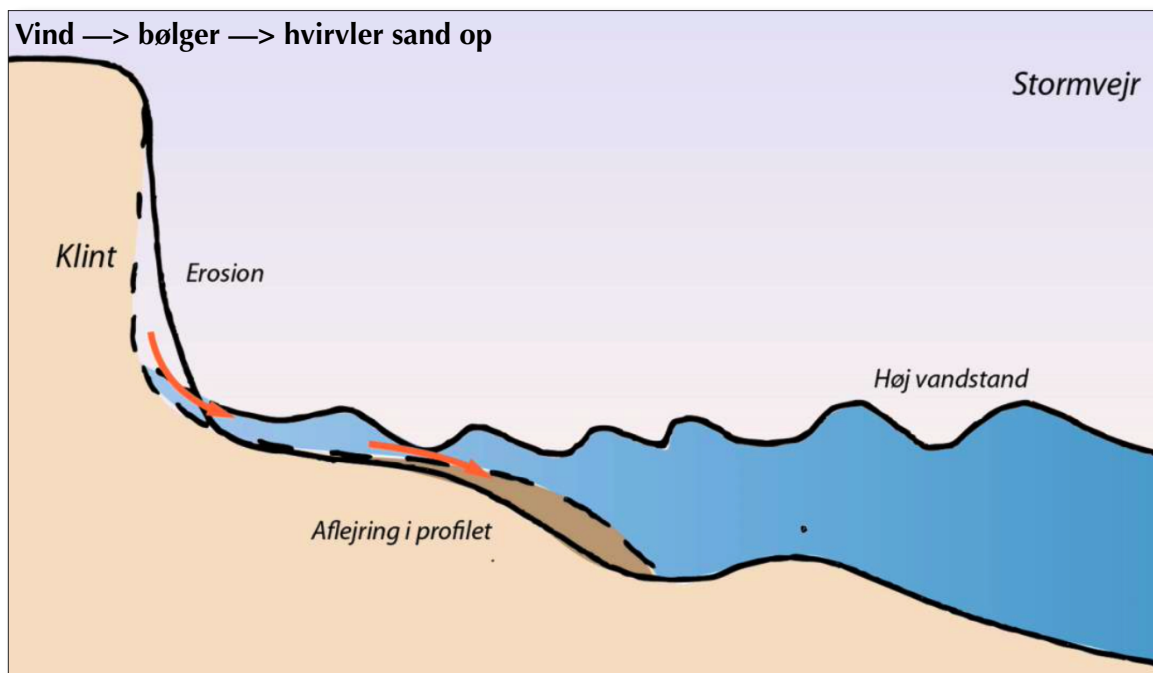
Kronisk erosion. Særlig egenskab: erosionskyst

Erosion over længere tid - gør kyst mere eksponeret for akut erosion



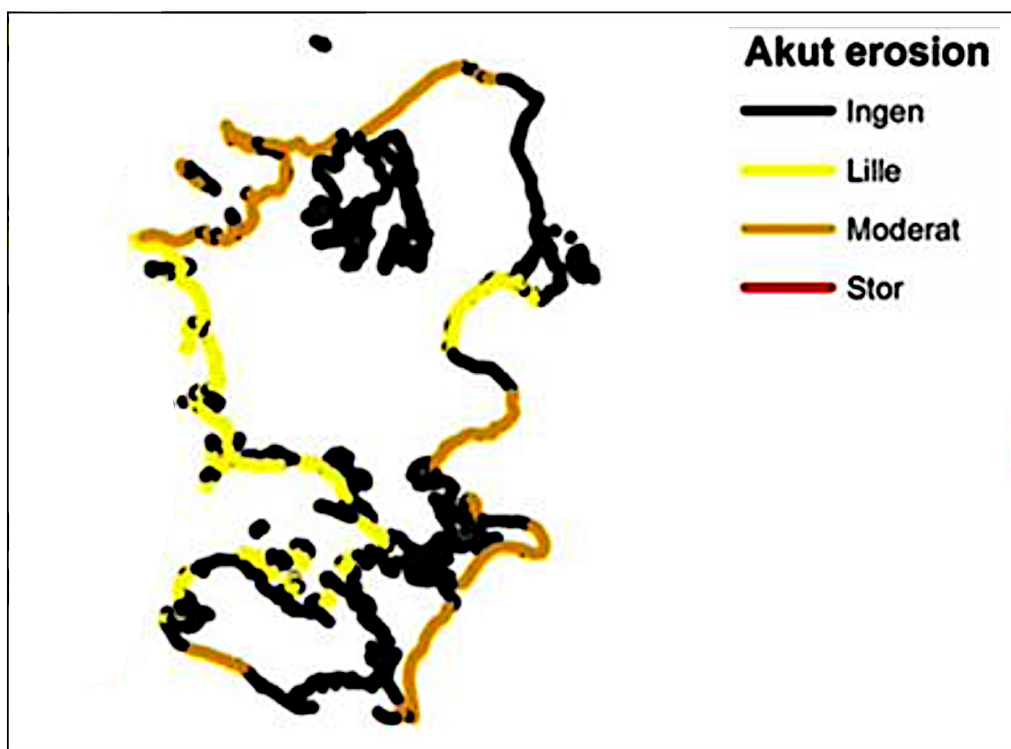
Akut erosion - stormvejr

Erosion under **storme** og **højvande**. Mere synlig og større borttransport



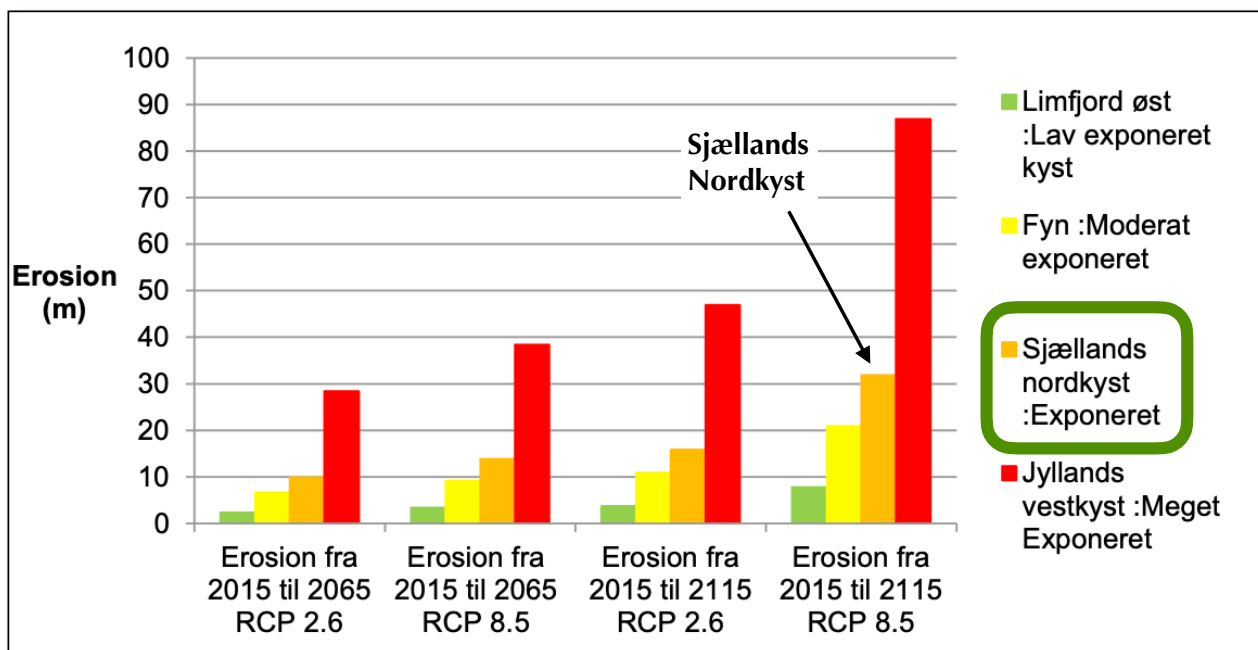
Akut erosion - risiko Sjælland

Generel aktuel beskrivelse - risikoen vil blive forøget pga. klimaændringer



Øget erosion ved forventet havvandsstigninger

Forudsagt efter to klima-modeller - RCP 2.6 og RCP 8.5 (den mest brugte)



Erosion - beskyttelsesmetoder

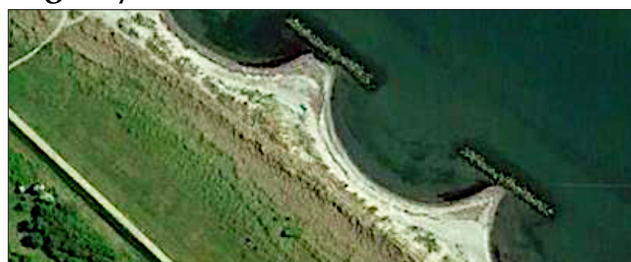
En række forskellige metoder - her 8 forskellige

Metoder:

(1) Hård beskyttelsesstrategi

- Høfde
- Bølgebryder
- Skråningsbeskyttelse
- Forland

Bølgebryder

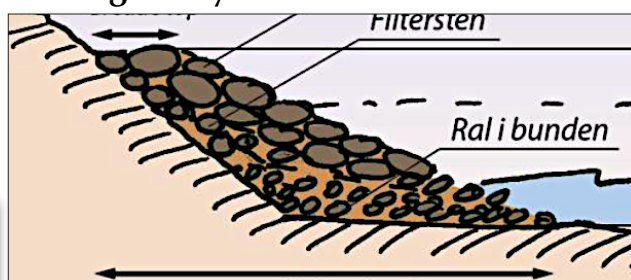


(2) Beskyttelse, der udnytter naturens kræfter

- Sandfodring
- Depotfodring
- Ralfodring
- Kystdræn

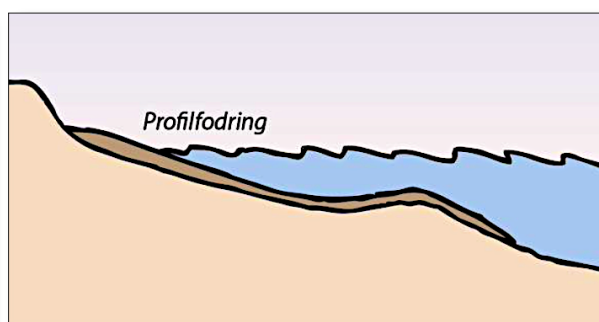
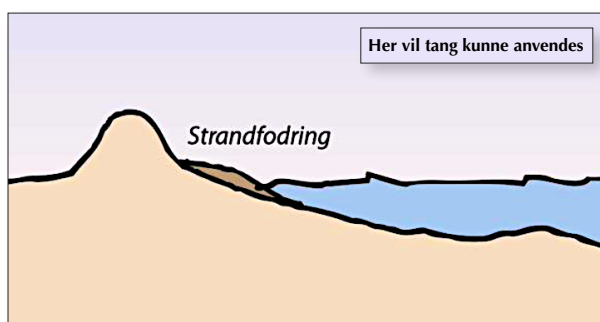
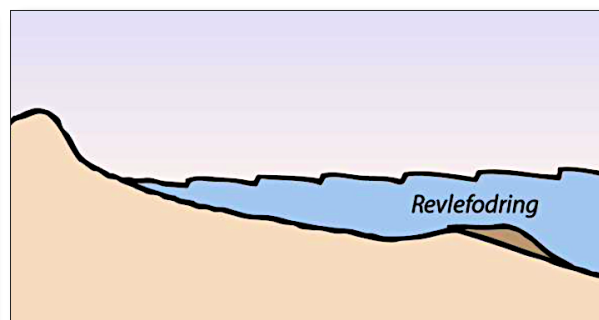
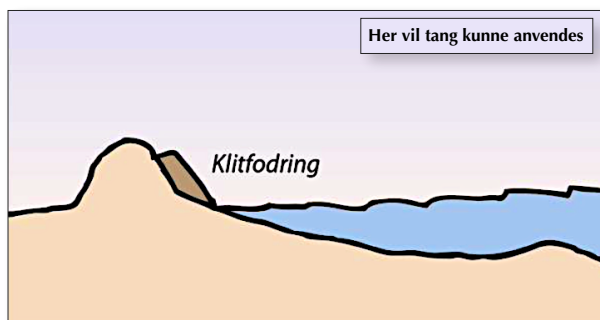
Blød beskyttelsesstrategi. Se nærmere på sandfodringen, hvor tang kan indgå

Skråningsbeskyttelse



Sandfodring - kombineret med tang

Fire former: materiale tilføres, svarende til den mængde, erosionen har fjernet



Sandfodring

Indpumpning af sand i en stråle, som betyder 'genbrug' af det eroderede materiale



Sandfodring - strand og klit

Tang/ålegræs kan stabilisere sand, som er tilført ved strandfodring

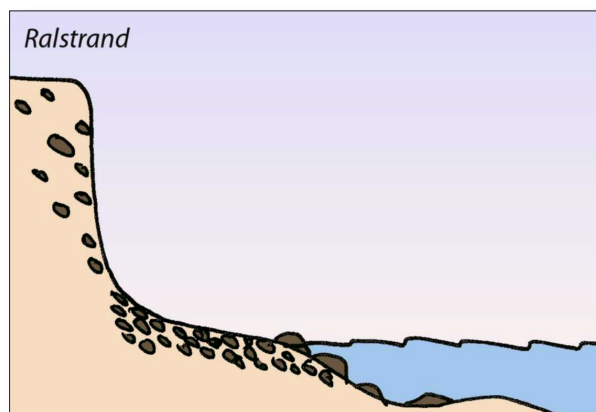


Depotfodring, ralfodring, kystdræn

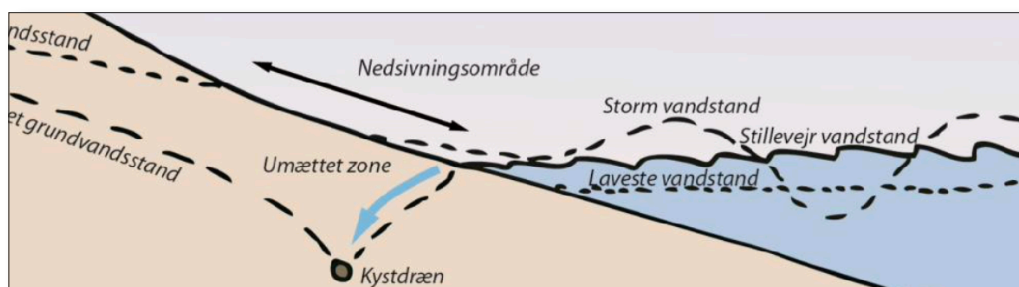
Ikke særlig udbredte metoder i Danmark - tang vil kunne indgå i depotfodring

Depotfodring

Ekstra fodring til flere års erosion



Kystdræn



Meget problematisk

Moderate problemer

Mindre problematisk

Løsninger - beskyttelsesmetoder

Hvilke problemer kan man løbe ind i?

	Problemer ved forskellige beskyttelsesmetoder?						
	Læside- erosion	Tang	Vedlig.	Æstetik	Miljø ^{*)}	Rekreativ	Sikkerh.
Høfde	Større	Større	Moderat	Større	Moderat	Større	Større
Bølgebryder	Større	Større	Moderat	Større	Moderat	Mindre	Større
Forland	Større	Moderat	Moderat	Moderat	Moderat	Mindre	Mindre
Skråningsbeskyt.	Større	Mindre	Moderat	Større	Moderat	Større	Mindre
Jævn fodring ^{**)}	Mindre	Mindre	Større	Mindre	Større	Mindre	Mindre
Depotfodring ^{**)}	Mindre	Mindre	Større	Mindre	Moderat	Mindre	Mindre
Ralfodring ^{**)}	Mindre	Mindre	Mindre	Moderat	Mindre	Mindre	Mindre
Kystdræn	Større	Mindre	Moderat	Mindre	Mindre	Mindre	Mindre

Erosionsbeskyttelse: Vedligeholdelse af kystens naturlige funktioner

Regenerativ design

Kortlægning af effekter

- Hyppighed - større eller mindre ved tang
- Æstetik (lugtfrihed)
- Miljø (metandannelse, f.eks.)
- Sikkerhed (erosionsrisiko)
- Andre kriterier