

Til
Faxe Kommune

Dokumenttype
Rapport

Dato
April, 2025

Stenrev i Faxe Bugt

Forundersøgelse



Stenrev i Faxe Bugt

Forundersøgelse

Projektnavn **Forundersøgelse af stenrev i Faxe Bugt**
Projekt nr. **1100060705**
Modtager **Rasmus Amann Nyholt, Faxe Kommune**
Dokumenttype **Rapport**
Version **0.17**
Dato **2025/01/07**
Udarbejdet af **PEDA, MSKV, STROS**
Kontrolleret af **PEDA**
Godkendt af **---**

*Forsidebillede
kreditering* *Center for Marin Naturgenopretning*

Rambøll Danmark A/S
CVR NR. 35128417

Medlem af FRI

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion	4
1.1 Forundersøgelsens formål.....	4
1.2 Forundersøgelsens baggrund og mangeartet interesse	4
1.3 Rapportens indhold.....	5
2. Terminologi ift. stenrev og kystbeskyttelse	5
2.1 Hvad er et stenrev?.....	5
2.1.1 Definition på stenrev	5
2.1.2 Formålet med etablering af stenrev	6
2.1.3 Typer af stenrev	6
2.1.4 Egnet etableringssteder og livsfaktorer på et stenrev	7
2.2 Vurdering af egnede stenrevshabitater.....	8
2.2.1 Fysiske forhold	8
2.2.2 Miljøforhold	8
2.2.3 Historisk analyse - mulige projektpreciseringer ift. naturgenopretning eller naturforbedrende rev	9
2.3 Hvad er kystbeskyttelse?	10
2.3.1 Definition af kystbeskyttelse	10
2.3.2 Formålet med etablering kystbeskyttelse	10
2.3.3 Typer af kystbeskyttelse	10
3. Eksisterende forhold	13
3.1 Projektstrækningens afgrænsning	13
3.1.1 Eksisterende kystbeskyttelse	14
3.1.2 Bypass og nyttiggørelse af oprensning materiale	15
3.2 Kystzonens dynamikker	16
3.2.1 Vandstandsforhold	16
3.2.2 Bølgeforhold.....	17
3.2.3 Sedimentforekomster og -transport	19
3.3 Marine habitater og vandmiljøet	22
3.3.1 Havets salinitet, temperatur og iltforhold	22
3.3.2 Livet i havet.....	22
3.3.3 Transport af marin vegetation.....	25
3.3.4 Vandmiljø - vurderinger af nuværende stadie jf. Vandrammedirektivet	26
4. Definering af projekt(er).....	27
4.1 Mulige projekttyper og -beskrivelser	27
4.1.1 Projekt, hvis primære formål er naturforbedring ved etablering af stenrev	27
4.1.2 Projekt, hvis primære formål er etablering af kystbeskyttelse	28
4.1.3 'Hybrid - et naturforbedrende kystbeskyttelsesprojekt'	29
4.2 Afdækning af projektudviklingsproces, ift. lovgivning og forvaltningsmæssige rammer.....	31
4.2.1 Kunstigt stenrev	32
4.2.2 Kystbeskyttelse	32
4.3 Opsummering af identificerede problemstillinger og mulige synergier ift. afvejning af projektperspektiver	33
5. Referencer	35

1. Introduktion

1.1 Forundersøgelsens formål

Formålet med undersøgelsen er at afdække mulighederne for at etableres stenrev. Enten som et kystbeskyttelses anlæg med et naturinkluderende design for stimulering af liv på stenrev og understøttelse af biodiversiteten generelt eller som mindre stenrev hvor evt. kystbeskyttelseseffekter opnås. Stenrev har afhængig af deres design og størrelse potentielt også en positiv kystbeskyttende effekt ved højvandshændelser og storme hvor særligt den akutte erosion er stor, mens mindre negative kystbeskyttelseseffekter kan være en realitet lokalt i form af kronisk erosion.

Kystbeskyttelse i området omkring Faxe Ladeplads kan umiddelbart udføres med afsæt i 'naturbaserede løsninger', så som etablering af bølgebrydere og sandfordring. Tiltag, som ventes både at have positive og negative effekter på områdets flora og fauna. Anlæg af bølgebrydere har også funktion som stenrev, men det er ikke nødvendigvis tilfældet at stenrev har den fornødne bølgebrydende effekt, og dermed reducere energien tilstrækkeligt i forhold til at opnå den ønskede kystbeskyttelseseffekt. Designbetingelser for et anlæg er nemlig afgørende for effekten og evnen til at opfylde et projektformål og mål.

Afhængig af om der etableres kystbeskyttelse eller stenrev som hovedformål, varierer lovgivningen og dermed de forskellige krav til anlæggets udformning, drift og vedligehold, ejerskab, organisering, finansiering, mv. Forundersøgelsen skal således være med til at danne overblik ift. evt. at etablerer en forening som skal arbejde videre med mulighederne for etablering af stenrev i Faxe Bugt, samt om yderligere kystbeskyttelsestiltag skal iværksættes.

1.2 Forundersøgelsens baggrund og mangeartet interesse

Kystnaturen og havmiljø omfatter en rigdom af kystnære og lavvandede økosystemer med en mangfoldig flora og fauna, men på trods af årtiers indsats for at forbedre vandkvaliteten i vores kystnære havmiljø er den økologiske tilstand utilfredsstillende, og selv de beskyttede naturtyper har de fleste steder en ugunstig bevaringsstatus, ref. (1).

Sten på havbunden er historisk blevet udnyttet til etablering af kystnære anlæg som fæstningsanlæg, havne, diger, kystbeskyttelse og som erosionsbeskyttelse ved andre marine anlægsopgaver. Udnyttelsen af sten langs kyster og på det helt lave vand kan gå tilbage til stenalderens gravmonumenter. Behovet for sten voksede markant med udbygningen af den danske kystinfrastruktur gennem 1900-tallet, hvor et meget stort antal havne blev anlagt langs de danske kyster og selv på mindre øer, ref. (2)

Stenfiskeri af større sten på lavere vanddybder og kystnære områder gør at tilbageværende rev strukturer er mere ustabile, hvorved erosion kan sprede revets tilbageværende mindre sten ud over området, ref. (3). Dette påvirker kvaliteten af revet og dens værdi for bl.a. fiskebestanden, herunder mulighederne for rekreative aktiviteter så som lystfiskeri, undervandsjagt mv.

Strandområdet og tilgængeligheden til havet, er det som gør Faxe Ladeplads til et yndet udflugtsmål. Derfor er behovet for kystbeskyttelse også blevet samtænkt med muligheder for at understøtte strandområdet. Et kystbeskyttelsesprojekt med en større initial sandfordring skete i 2018 og klappning af havnesedimentet fra Faxe Ladeplads Havn, sker jævnligt i området, ref. (4). Dette er bl.a. til store ærgrelse for lystfiskere og naturelskere, som mener konsekvenserne for det marine liv bør mindskes og andre initiativer prioriteres.

Igennem en årrække har der således været snakke omkring kystbeskyttelse, herunder typer af foranstaltninger og metoder samt mulighederne for etablering af stenrev, også oftest omtalt som biodiversitetsrev eller naturforbedrende rev. Dette har foranlediget at det nu er politisk besluttet at Faxe

Kommune skal bidrage til at få skabt eller genskabe stenrev i Faxe Bugt. Faxe Kommune bistår derfor arbejder med at få udarbejdet en forundersøgelse af havbunden i Faxe Bugt.

1.3 Rapportens indhold

Arbejdet i indeværende rapport dækker beskrivelser af hvad definitionerne på kystbeskyttelse og stenrev er, samt hinandens fordele og ulemper samt synergier, herunder hvilke regler og love et evt. gennemførselsprojekt er omfattet af ved hhv. stenrev og stenrev som effektiv kystbeskyttelse.

Rapporten vil afslutningsvist skitsere muligheder for projekter, men et eller flere formål, samt mulige placeringer af anlæg indenfor undersøgte område. Rapporten understreger således vigtigheden i at understøtte helhedstækning, herunder forstå et systems indvirkninger og påvirkninger på os alle.

2. Terminologi ift. stenrev og kystbeskyttelse

Definitionerne af stenrev og kystbeskyttelse skitseres indledningsvist, for at forstå formålet med anlæggene, herunder fordele og ulemper, samt eventuelle problemstillinger.

2.1 Hvad er et stenrev?

Livet på bunden af havet er defineret af substratet som enten kan være blødt, som sand eller mudder eller hårdt som sten og klipper. På den bløde bund findes det meste af dyrelivet nede i sedimentet og kaldes infauna, ref. (5). På den bløde bund findes også frøplanter, ålegræs der ligesom planter på land har rødder, der vokser i sedimentet. På sten og klipper derimod findes dyrelivet ovenpå stenene og kaldes Epifauna, det kan være søanemoner eller koraldyr, ref. (6). Ligeledes kræver tangplanter også sten eller klipper til at fasthæfte sig på. Dermed er der helt fundamentalt forskel på livet på hårdt og blødt substrat i havet.

Stenrev er levested for tangskove, hvorom Karsten Dahl skriver:

Stenrevene rummer en fantastisk artsrigdom og meget store mængder (biomasse) af både planter og dyr. Revene er hjemsted for farvestrålende dyr som havkarusser, berggylter, kæmpesøpindsvin og læderkoraller. Revenes tangskove udgør med deres grønne, røde og brune farver et sceneri, der ville være helt på højde med tropernes koralrev, hvis bare vandet var lige så klart herhjemme. En nylig undersøgelse på småstenede områder på et rev i det sydlige Kattegat viste at de undersøgte 4 m² indeholdt 67 algearter og 19.000 dyr fordelt på 163 forskellige arter.

Stenrev er næsten altid omgivet af sand eller mudderbunde. Disse bunde virker umiddelbart golde, da det meste af dyrelivet gemmer sig nede i bunden. De frodige rev fremtræder derfor umiddelbart som "havbundens oaser". Mest spektakulære er de huledannende rev, som består af store bunker af næsten lige store kampesten stablet oven på hinanden. De fleste rev af denne type er forsvundet pga. stenfiskeri, men der findes fortsat nogle stykker af dem langt ude i Kattegat og Nordsøen, hvor stenfiskeri aldrig har været rentabelt. Begrebet stenrev dækker imidlertid over en meget bred vifte af rev, hvor størrelsen og tætheden af sten kan variere meget. Læs mere i Stenrev – Havets oaser, ref. (7)

2.1.1 Definition på stenrev

Miljøministeriet har i relation til udpegning og forvaltning af beskyttede områder under Habitatdirektivet udarbejdet en definition på naturtypen stenrev. Ifølge den definition skal der i et kerneområde være en samling sten med mindst 25 % dækning af havbunden. Er det tilfældet afgrænses revet udadtil, hvor stenedes dækning reduceres til 10 %, ref. (8). Et stenrev er kendetegnet af stabile sten, der kan danne habitat for flerårige organismer der vokser på stenedes overflader. Størrelsen på sten der er stabile, afhænger af det fysiske miljø på lokaliteten. Erfaringsmæssigt vil størrelsen på stabile sten variere mellem 5 og 30 cm.

Stenrev kan opdeles i forskellige geomorfologiske typer. Nogle rev er velafgrænsede enten med skarpe overgange fra sten til sedimentbunde, mens andre har en mere glidende overgang, hvor stenene gradvist bliver sjældnere og typisk mindre. Endelig findes også revområder, hvor stenene er placeret i en mosaik struktur, hvor tættere stenforekomster afløses af bundtyper med finere sedimenter. Hvis der ikke er for langt mellem revstrukturerne med 25 % dækning, kortlægges naturtypen rev som hele mosaikområdet inklusiv de sandede partier imellem. En uddybende beskrivelse af faktorer der har betydning for livet på stenrev, kan findes i Stæhr et al., ref. (9).

2.1.2 Formålet med etablering af stenrev

Rev har til formål at medvirke til at øge biodiversiteten og dermed produktionen af levende marine ressourcer i et område. Derudover kan de være til gavn for kommercielle interesser som erhvervsfiskeri eller rekreative interesser som dykning og undervandsjagt. Det kan desuden have en socioøkonomisk betydning i forhold til turisme, ref. (3).

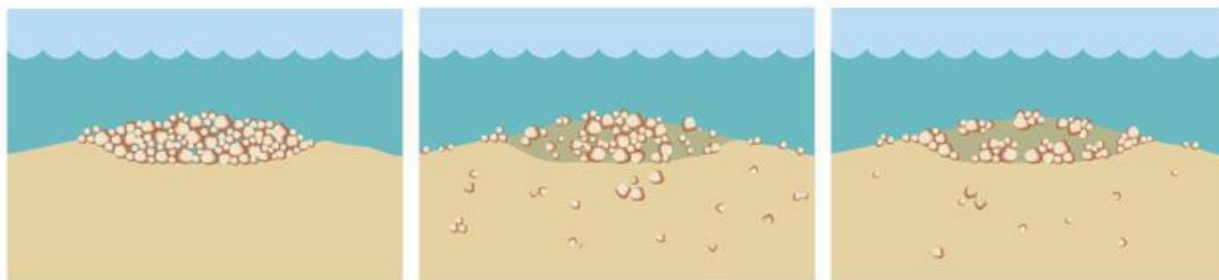
Typiske specifikke formål for etablering og/eller genetablering af stenrev omfatter dermed, ref. (10):

- Genoprette et revs stabilitet og fysiske kompleksitet
- Genskabe bestemte habitattyper. Det kan være:
 - Tangskove i den fotiske zone (dvs. hvor der er lys ved havbunden)
 - Fauna-dominerede rev på dybder med ingen eller kun lidt lys
 - Rev hvor både alger og flora findes.
- I Natura 2000 områder vil genopretning af rev understøtte opnåelse af gunstig bevaringsstatus for naturtypen rev, hvis denne indgår i områdets udpegningsgrundlag.
- Bevare eller restaurere artsrigdommen af tangplanter, bunddyr og fisk.
- Styrkelse af marine fødekæder herunder fisk og havpattedyr.
- Styrke blå korridorer for spredning af organismer mellem områder.
- Socioøkonomiske interesser. F.eks. at fremme dykker- eller lystfisketurisme eller erhvervsfiskeri ved at ophjælpe lokale fiskebestande.

2.1.3 Typer af stenrev

Overordnet set skelnes der mellem naturlige stenrev, der er dannet af naturlige geologiske processer og kunstige rev der er skabt af mennesker i områder hvor der ikke tidligere har været stenrev.

Naturlige rev kan opdeles i forskellige geomorfologiske former og at være mere eller mindre sammenhængende. Naturlige stenrev opdeles typisk afhængig af opbygning ift. forskellige geomorfologiske typer. Nogle rev er velafgrænsede enten med skarpe overgange fra sten til sedimentbunde andre med en mere glidende overgang, hvor stenene gradvist bliver sjældnere og typisk mindre. Naturlige stenrev kan have mange forskellige udformninger fra tætte stensamlinger der rejser sig brat fra den omkringliggende havbund, til at bestå af en mosaik af stenbanker eller have en mere diffus struktur med spredte sten på en sandet eller gruset bund, se Figur 1.



Figur 1: Tværsnitsskitser af forskellige typer stenrev bestående af en samling mindre og større sten som rejser sig fra den omkringliggende sandede havbund i en mere eller mindre velafgrænset form, ref. (7).

Kunstige rev kan være etableret med det formål at understøtte og øge biodiversiteten. Stenrev tiltrækker bl.a. torsk viser flere studier. En af årsagerne er at der findes mange flere torsk på stenrev, ref. (11), er at stenrev yder beskyttelse for torsken, ref. (12). Kunstige rev kan også være anlagt for at øge produktionen af levende marine ressourcer på en lokalitet for enten at fremme rekreative forhold som dykning og sportsfiskeri, kommercielle forhold som erhvervsfiskeri eller socioøkonomiske forhold som turisme eller erhvervsudviklingen i et givent område. De kan også opstå i forbindelse med anlæg, hvis primære mål er andet end biologiske, såsom kystbeskyttelse, havnemoler, havvindmøller, olieplatforme og lignende. Kunstige rev kan således bestå af forskellige materialer, som f.eks. sten, beton eller jern, ref. (9). Opbygningen af kunstige stenrev varierer da også, men hvis anlagt med hovedformål for at øge biodiversiteten, kan de med fordel etableres med inspiration fra de naturlige stenrev.

2.1.4 Eget etableringssteder og livsfaktorer på et stenrev

Livet på stenrev varierer alt afhængigt af forskellige såkaldte abiotiske faktorer, der hver især stiller forskellige livsbetingelser for livet på revene beskrevet herunder. Disse faktorer er afgørende for stenrevets overordnede betydning for økosystemet og bør tages i betragtning hvis man skal designe et stenrev, om end det er kunstigt eller en naturgenopretning.

- Havdybden påvirker flere faktorer for livet på stenrevene, herunder tidevand, bølgepåvirkninger og lysforhold.
 - Tidevandszonen er karakteriseret ved at der skiftevis vil være vanddækket og tørlagt, på stenrevene vil det betyde at alger og dyr skal kunne tåle udtørring, dette giver en zonerings på kysten med forskellige arter der er tilpasset mere eller mindre udtørring.
 - Lysforholdene aftager med dybden, stærkt kombineret med vandets klarhed. Næringsrigt vand vil indeholde flere planktonalger der også begrænser lysforholdene. Lysmængden afgør hvilke dybder makroalgerne på stenrevene kan vokse under. Der vil være en zonerings med de lyskrævende arter på de laveste dybder og de skyggetålende arter på de dybeste dybder. Stenrev der udbreder sig under den fotiske zone hvor algerne kan lave fotosyntese vil stadig give liv til epifauna, som er fastsiddende dyr, der sidder på stenene, f.eks. sønelliher, koraldyr og havsvampe.
 - Salinitet, i indre danske farvande varierer saliniteten fra Nordsøen med en salinitet på 33 promille og til Bornholm med en varierende salinitet ned til 7-10 promille. Ligeledes vil der være en gradient vertikalt i Kattegat og Bælthavet, med tungt højsalint vand ved bunden og lavsalint vand ved overfladen. Det kan have effekter på stenrevene f.eks. ses søpindsvin hovedsageligt på de dybere høj saline stenrev i Kattegat, hvor de kan have en stor påvirkning på tangsskovene som de kan græsse ned. Artsantallet for flora og fauna falder med saliniteten.
- Eksponering, bølger og strømpåvirkninger er en super vigtig faktor for livet på stenrevene. Dels en fysisk påvirkning der stiller krav til arternes tilpasninger, dels vil strøm og bølger også tilføre planterne næringsstoffer og de filtrerende dyr fødeemner. Overordnet set vil en høj eksponering også medføre en høj biodiversitet og en større bevoksning af flora og fauna.
- Stenstørrelser og huledannelser påvirker livet på stenrevene.
 - Stenstørrelser er afgørende for om stenene udgør et stabilt levested for flora og fauna, kombineret med eksponeringsgraden og tangplanternes størrelse, kan den stabile stenstørrelse variere fra lokalitet til lokalitet.
 - Huledannelser, sten der er placeret ovenpå hinanden danner hulrum, jo større sten jo større hulrum. Hulrummene danner skjul og beskyttelse og danner strømlæ m.m. Den

huledannende effekt er af stor betydning for stenrevets økologiske funktion og kan bidrage betydeligt til biodiversiteten.

2.2 Vurdering af egnede stenrevshabitater

Center for marinnaturgenopretning har udviklet en metode til screening af egnede steder for etablering af stenrev. Metoden screener for områdernes egnethed til genetablering af stenrev som understøtter udvikling af flerårige makroalger og fiskesamfund. Der vurderes på fysiske forhold, miljøforhold og en historisk analyse. Vurderingsmetoden er publiceret af center for marin naturgenopretning, ref. (13). Der skelnes mellem projekter der er naturgenopretning af tidligere eksisterende stenrev og naturforbedrende projekter, hvor der f.eks. ikke kan dokumenteres tidligere eksisterende stenrev på lokaliteten. Det vil generelt set være nemmere at få tilladelse til naturgenopretningsprojekter, hvor naturforbedrende projekter skal kunne dokumentere den naturforbedrende effekt.

2.2.1 Fysiske forhold

De fysiske forhold er havbunds sedimenter, vanddybde og afstand til kysten. De fysiske forhold er afgørende for om området er egnet til etablering af stenrev. Vurderingen af havbundssedimenter baseres på om det er et geologisk sandsynligt sted, der naturligt vil forekomme stenrev, dermed et argument for naturgenopretning, her tillægges grundfjeld og till/diamicton værdi. Vanddybden tillægges værdi i og med makroalger kræver lys og de dybere stenrev primært vil have fauna frem for flora. Dette afgrænser generelt områderne til relativt lave dybder (her sat til maksimum 10 m). Denne dybde repræsenterer erfaringsmæssigt også ca. den maksimumdybde som der er fisket sten fra. Hvis man i et område kan finde dokumentation for stenfiskeri på større dybder, og ønsker at fremme stenrev domineret af fastsiddende fauna, vil det være relevant at udvide dybden, og inddrage andre, fauna relaterede miljøkrav. Tabel 1 oplister forskellige indeksværdier, afhængig af havbundssedimenttyper og vanddybder.

Tabel 1: Indeks-værdier, fra 0-1 er anvendt til at vurdere om de fysiske forhold iht Sedimenttype, vanddybde, afstand fra kysten er egnede. Stigende indeks-værdi indikerer stigende egnethed.

Parameter	Kategorisering, Skala	Egnethed
Sediment type	Grus og groft sand	0
	Mudder og sandet mudder	0
	Mudret sand	0
	Ler og silt	0
	Sand	0
	Grundfjeld	1
	Till/diamicton	1
Vanddybde, m	0-7	1
	7-10	0,5
	>15	0

2.2.2 Miljøforhold

Når der vurderes på miljøforhold, vurderes der for makroalgernes egnethed og for fiskenes egnethed. For makroalgernes vedkommende vurderes der på lysforhold, temperatur, salinitet, ilt forhold og eksponering, se Tabel 2. Lys er vigtigt for makroalgerne og er afgørende for på hvilke dybder makroalgerne kan trives. Lysforholdene varierer afhængigt af lokale forhold, primært fytoplankton, som

igen afspejler næringsstofs belastningen. Jo flere næringsstoffer jo mere fytoplankton i overfladevandet og derved absorberes lyset i overfladen og når ikke ned til makroalgerne.

De fleste makroalger har optimale livsbetingelser ved temperaturer under 20°C.

Saliniteten skal helst være over 7‰ da de færreste makroalger kan klare de lavere saliniteter, makroalgerne ændre udseende og er væsentligt mindre ved lave saliniteter og mange arter kræver væsentligt højere saliniteter end 7‰. Risikoen for iltsvind er alvorlig for makroalger og er området udsat for iltsvindperioder er det ikke et egnet sted at placere et stenrev. Tabel 2 oplister forskellige indeksværdier, afhængig af forholde relaterede til lys-, temperatur, saltindhold, eksponering og ilt.

Tabel 2: Indeks-værdier, fra 0-1 er anvendt til at vurdere om miljøforholdene er egnede til etablering af flerårige makroalger. Stigende indeks-værdi indikerer stigende egnethed.

Parameter	Kategorisering/Skala	Egnethed
Lys ved bunden (Iz), ($\mu\text{mol E}$)	0-10	0
	10-60	0,5
	>60	1
Temperatur (Tmax), (°C)	≤ 20	1
	20-25	0,5
	>25	0
Salinitet (Smin), (psu)	≤ 5	0
	5-7	0,5
	>7	1
Oxygen (DO), Frekvens af hændelse, <2 mg/L	$\leq 0,05$	1
	0,05-0,25	0,5
	>0,25	0
Relativ eksponering (Fmax), (0-100 %)	≤ 25	1
	25-40	0,5
	>40	0

For fiskenes vedkommende er iltforholdene afgørende for om revet for en optimal funktion for fiskene, men stenstørrelserne er også afgørende og skal tilpasses de fisk man ønsker en effekt for, se Tabel 3.

Tabel 3: Indeks-værdier, fra 0-1 er anvendt til at vurdere om etablering af stenrev er velegnet til at understøtte lokale fiskebestande. Stigende indeks-værdi indikerer stigende egnethed.

Parameter	Kategorisering/Skala	Egnethed
Oxygen, (% sat)	≥ 50	1
	<50	0

2.2.3 Historisk analyse - mulige projektpreciseringer ift. naturgenopretning eller naturforbedrende rev

Ved begrebet naturgenopretning af stenrev forstås restaurering af stenrev, som er dannet ved naturlige processer. Der foreligger desværre ikke historisk viden om, hvor store arealer de enkelte stenrev dækkede, og hvor store og tætte stenforekomsterne var, inden råstofindvindingen tog fart. I nogle tilfælde er det dog sandsynliggjort, at stenfiskeri over årene har sænket vanddybden på en lokalitet. Nøjagtigheden af de oplysninger om stenfiskeri, som er bevaret for eftertiden, er rettet mod et

lokalitetsnavn og ikke et specifikt areal. Naturgenopretning af et stenrev skal derfor ses som en genopretning på en lokalitet med stenet havbund, hvor det er sandsynliggjort, at der har fundet stenfiskeri sted. Genopretningen vil tilføre flere sten og større sten til området og evt. genoprette revets historiske dybdespænd, (14)

I det omfang, der kan fremskaffes dokumentation for stenfiskeri på en stenet havbund, vil der være tale om en egentlig restaurering, ref. (15). Den tilgang ligger fint på linje med en nylig EU-beslutning i relation til Havstrategi Direktivet taget i foråret 2023, ref. (16). Her besluttede man, at man højest vil tillade et tab af de enkelte naturtyper på 2 %, målt ud fra forholdene for årtier siden. Restaurering af rev vil ikke være i modstrid med denne beslutning snarere tværtimod. Etablering af rev på en lokalitet hvor der ikke har forekommet rev tidligere, vil derimod ikke være foreneligt med hensigten af kommissionens beslutning om at bevare oprindelige naturtyper.

Hvis man ikke kan sandsynliggøre, at der har foregået stenfiskeri i et udpeget område, vil et projekt, som omhandler etablering af stenrev, ikke have karakter af naturgenopretning, men kan kategoriseres som et naturforbedrende projekt, 'ecosystem engineering' eller 'building with nature', hvor naturen anvendes som virkemiddel samt også et formidlingsrev og/eller oplevelsesrev, ref. (17).

Historisk information og optegnelser af rev og/eller stenfiskeri kan således være afgørende som hjemmel i sager om naturgenopretningen, herunder placering af ansvar ift. organisering og finansiering.

2.3 Hvad er kystbeskyttelse?

Kystbeskyttelse dækker over foranstaltninger som reducerer erosionsfaren og/eller oversvømmelsesfaren. Kystbeskyttelsesforanstaltninger forudsætter en tilladelse efter kystbeskyttelsesloven, ref. (18). Afhængig af formålet kan kystbeskyttelsesforanstaltninger, herunder en afvejning af hensynene have betydning for, hvilket anlæg, det vil være hensigtsmæssigt at etablere på den pågældende lokalitet tage forskellig form.

2.3.1 Definition af kystbeskyttelse

Der er som sådan ikke en definering af en kystbeskyttelsesforanstaltning indskrevet i lovgivningen, ift. metode eller design, herunder opbygning, materialevalg mv., men oftest refereres der til at kystbeskyttelse har til hensigt at nedbringe negative følger for menneskers sundhed, miljø, kulturarv og økonomiske aktiviteter. Der er således en grad af metodefrihed for det enkelte projekt, ref. (19).

2.3.2 Formålet med etablering kystbeskyttelse

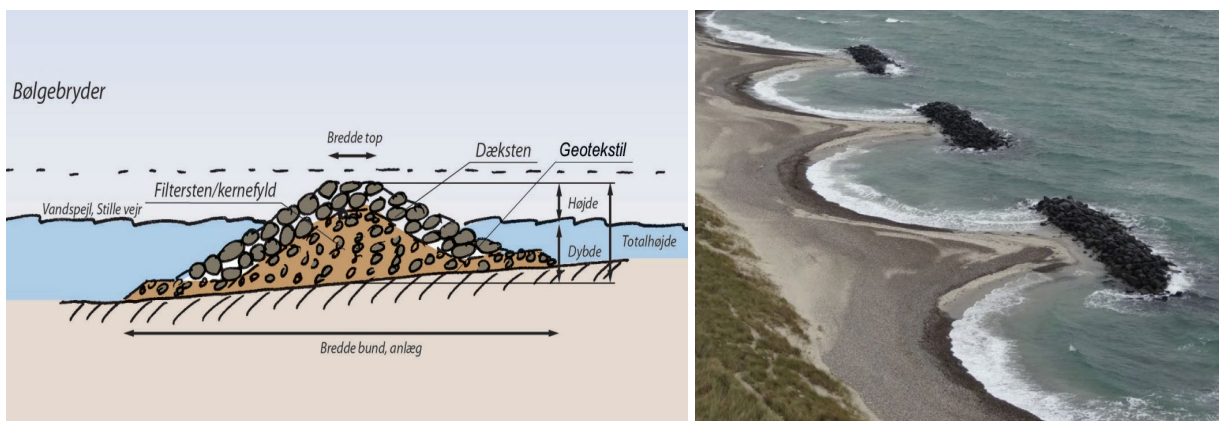
Formålet med kystbeskyttelse ifølge Kystbeskyttelsesloven er at beskytte mennesker og ejendom ved at reducere risikoen ved oversvømmelser eller kystnedbrydning fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet, ref. (19). Risiko er defineret som sandsynligheden for, at der indtræffer oversvømmelse og/eller erosion ganget med konsekvenserne heraf. Risikoreduktion omfatter et bredt spektrum af foranstaltninger herunder såvel forebyggelse som beskyttelse og beredskab, ref. (19).

2.3.3 Typer af kystbeskyttelse

Der findes flere typer og metoder til anlæggelse af kystbeskyttelsesforanstaltninger, herunder diger, højvandsmure, hofder, klitlandskaber, kunstige barriereøer etc. Med relevans for kyststrækninger i Faxe Bugt gennemgås særligt bølgebrydere og sand- og ralfordring.

2.3.3.1 Bølgebrydere

En bølgebryder er en konstruktion, typisk af sten, som er opført i en vis afstand fra stranden og parallelt med kysten. Bølgebrydere bygges ofte offshore i grupper i den indre del af det aktive kystprofil. Bølgebrydere har til formål at mindske den bølgeenergi der når ind til kysten, ref. (18).



Figur 2: Eksempel på tværsnit af bølgebryder (t.v.) og foto af typisk bølgebryderanlæg med karakteristisk tombolo-dannelse (t.h), ref. (18).

Bølgebrydere er velegnede på erosionskyster, dvs. hvor kystprofilen rykker tilbage pga. en langsgående sedimenttransport, og hvor der føres mindre sediment ind i profilet, end der føres ud af profilet (kronisk erosion). Bølgebrydere fanger bølgetransporteret sand og sandet aflejres bag bølgebryderen pga. de roligere forhold. En bølgebryder kan bryde bølger fra flere indfaldsvinkler i modsætning til hølfer, så derfor er de velegnet til etablering på kyststrækninger, hvor der er en krumning. Aflejringerne former typisk et buet mønster umiddelbart bag ved bølgebryderen som med tiden kan gå hen og blive landfast grundet aflejring af sand. Det kaldes for tombolo-dannelse, populært kaldet for guirlande-effekt, og refererer til de kurvede sandbanker eller aflejringer, der dannes på læsiden af en bølgebryder. Bølgebrydernes længde, indbyrdes afstand og afstand til stranden har indvirkning på hvorvidt der opstår guirlande-effekt. Dimensionering og udlægning af bølgebryderne kan således tilpasses efter hvor stor bølgedæmpning og blokering af den langsgående sedimenttransport der ønskes.

Bølgebryderne vil således reducere langstransporten bag sig og eventuelt helt blokere for den. Det er vigtigt at bemærke at bølgebrydere bremser/reducerer erosionshastigheden på kysten, men stopper den ikke fuldstændigt. Erosionsraten reduceres typisk med 50 %. Begrænsningen i den langsgående sandtransport kan således føre til forøget erosions nedstrøms, ref. (18)

Fordele

- En bølgebryder reducerer bølgepåvirkningen på kysten og bremser erosionen helt lokalt.

Ulemper

- En række bølgebrydere vil skabe læsideerosion på kyststrækningen nedstrøms anlæggene, som får reduceret sin tilførsel af sand, og man må derfor forvente, at der kan blive stillet krav om kompenserende sandfodring på den nedstrøms strækning, da en kystbeskyttelsesforanstaltning ikke må skade nabostrækninger, ref. (18).
- Bølgebrydere skaber et stejlere og dybere kystprofil søværts for bølgebryderne og kan nedsætte badesikkerheden væsentligt pga. stærk strøm omkring bølgebryderen.
- Bølgebrydere kan give en iøjnefaldende, menneskeskabt kystlinje med "guirlande strand" som kan forringe strandens æstetiske værdi, ref. (18).
- Erosionen fortsætter på lokaliteten, dog i mindre grad. Over mange år kan der derfor fortsat ses en netto tilbagerykning af kystlinjen.

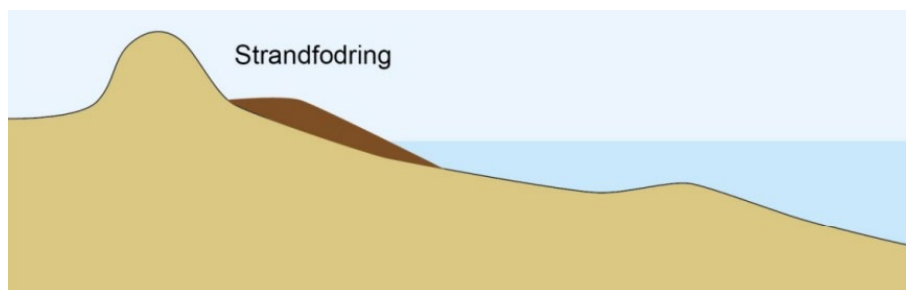
2.3.3.2 Sand- og ralfodring

Sand- og ralfodring er en metode til kystbeskyttelse, der indebærer tilførsel af sand og/eller ral til en strand eller havbund for at modvirke erosion og beskytte kystlinjen og bagvedliggende værdier. Teknikken bruges ofte som erstatning for naturligt tabt sediment og kan kombineres med andre beskyttelsesforanstaltninger som bølgebrydere eller hølfer. Sand- og ralfodring kan udføres på forskellige måder ift. den specifikke kyststrækning og afhængig af de kysthydrauliske forhold. Sand- og

ralfodring kan udføres forskellige steder i kystprofilet som enten strandfodring og kystnær fodring. Derudover kan depotfodringer ske, samt størrelsen på initialfodringer og efterfølgende vedligeholdelsesfodringer varierer, ref. (20)

Strandfodring

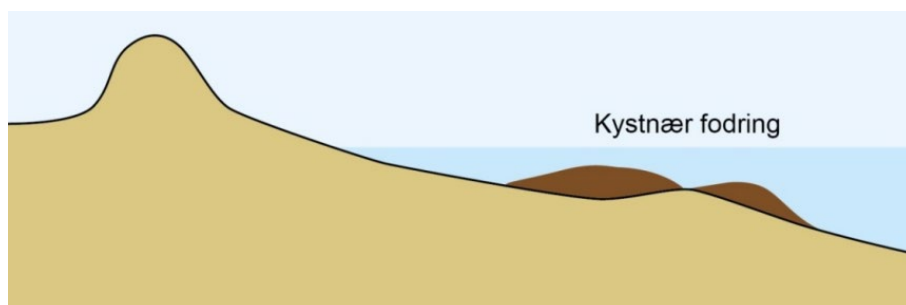
Ved strandfodring tilføres strandprofilet sand, så stranden kan opretholdes eller evt. blive bredere, hvis der samlet set tilføres mere sand, end der eroderes bort, når bølger og strøm rammer kysten. Sandet pumpes ind på stranden via et rør eller tilkøres med lastbiler hvorefter det fordeles på stranden 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. Derfor kan sandfodringen både være gavnligt ved kronisk og akut kysterosion. Endvidere kan en strandfodring opveje den negative effekt fra de hårde kystbeskyttelsesanstaltninger. 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 høfder og bølgebrydere, ref. (20)



Figur 3: Eksempel op strandfodring, ref. (20)

Kystnær fodring

Kystnær fodring foretages på vand, enten ved eksisterende revler i kystprofilet eller som nye kunstige revler. Revlerne fungerer som sanddepoter og revlerne reducerer mængden af bølgeenergi, der når helt ind på kysten, da den lavere vanddybde over revlen bevirker at bølgen bryder og frigiver en masse energi, som ellers ville have ramt kysten. Bølger og tidevand fører fodringssandet gradvist ind mod stranden over tid. Revlefodring modvirker kronisk erosions men typisk ikke akut erosion der sker under de store storme. Sandet udlægges fra skib via bunddøre i skibets lastrum eller ved splitpramme der kan åbne for hele lasten på en gang og tømme denne i én bunke. Denne metode anvendes derfor oftest ved større projekter, hvor der skal bruges større mængder sand, ref. (20)



Figur 4: Kystnær fodring, ref. (20)

Depotfodring

Sandfodring kan foretages ved depotfodring, hvor der placeres en større mængde sand på forholdsvis lavt vand på et afgrænset lokalt område langs kysten og som vil udgøre et sanddepot. 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 fra depotet 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, ref. (20)



Figur 5: Depotfodring, ref. (20)

Materiale

Oftest anvendes sand 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, ref. (20)

Fordele

- Sandfodring kan opveje den negative effekt fra de hårde kystbeskyttelsesplanlægninger. Uden ekstra tilførsel af sand kan stranden foran en skråningsbeskyttelse blive smallere og vanddybden kan øges, da erosionen fortsætter ud for anlægget hvorved bølgepåvirkningen og erosionen vil blive større.
- Sandfodring kan også ske for at kompensere for læsideerosion fra hårde kystbeskyttelsesforanstaltninger som hofdere og bølgebrydere.
- Sandfodring forbedrer de rekreative værdier.
- Det er en fleksibel løsning, der kan tilpasses over tid.

Ulemper

- Det er en midlertidig løsning, der kræver gentagne fodringer.
- Sandfodring kan påvirke de marine økosystemer afhængigt af kildesandets oprindelse.
- Metoden er omkostningstung afhængigt af sandtilgængelighed og transportafstand.
- Metoden kræver løbende overvågning.

3. Eksisterende forhold

3.1 Projektstrækningens afgrænsning

Projektstrækningen som særligt har indeværendes fokus, er kystzonen, strækkende sig syd for Faxe Ladeplads Havn til Faxe Å's udløb. Projektstrækningen har en længde på ca. 680 m. Nedenstående figur angiver projektstrækningen hvoromkring muligheder for udlægning af stenrev og evt. etablering af kystbeskyttelse ønskes nærmere undersøgt, se Figur 6.

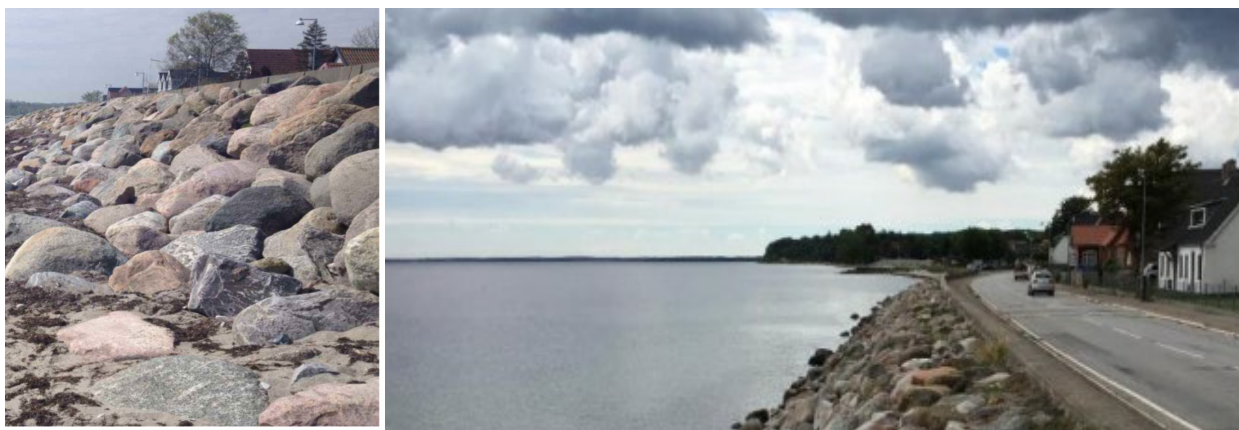


Figur 6: Projektområdet ift. Forundersøgelsens fokus. Øverste billede er taget fra Strandvejen ved Faxe Ladeplads Havn kiggende mod syd. Datakilde. Google Maps

Indenfor projektstrækningen har der allerede været en del snakke omkring stenrev og kystbeskyttelse, som også indledningsvist nævnt i afsnittet vedr. Forundersøgelsens baggrund og mangeartet interesse. I projektområdets nærhed, arbejdes der også med ønsker, herunder udvidelse af lystbådehavnen. Eventuel udvidelse af Faxe Ladeplads Havn, vil ikke nærmere blive berørt. Ej i relation til mulige synergier eller konflikter med dette projektformål.

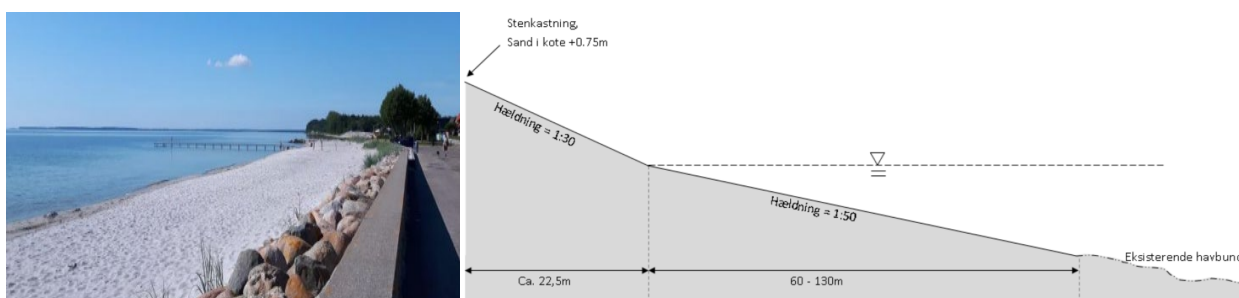
3.1.1 Eksisterende kystbeskyttelse

Langs projektstrækningen ligger der i dag en stenkastning med støttemur bagest på stranden op mod Strandvejen. Stenkastningen er anlagt i 2003 for at beskytte vejen mod overskyl, se Figur 7. Derudover ligger der en stenhøfde, der afgrænser projektstrækningen i den sydlige ende.



Figur 7: Stenkastning langs Strandvejen, ref. (4).

Det viste sig utilstrækkeligt med en stenkastning alene, da der fortsat var for stort overskyl på den bagvedliggende Strandvejen. I 2018 blev projektstrækningens strandbredde derfor udvidet ved at initialfodre kystprofilen med omkring 62.000 m³ sand på baggrund af Rambøll projektforslag fra 2017, ref. (21), se Figur 8. Kravet til kornstørrelsen var en kornstørrelsesdiameter d₅₀ mellem 0,25 mm og 0,50 mm, med et uensformighedstal $U=d_{60}/d_{10}$ mellem 1,5 og 2,2 samt et organisk indhold på max. 2 %. Det er vigtigt at vedligeholde strandens bredde for fortsat at reducere bølgepåvirkningen af stenkastningen og derved overskyllet på den bagvedliggende vej, hvis ikke der gøres andre tiltag. Ligeledes formindskes gener fra tang på stenkastningen jo bredere stranden er.



Figur 8: Sandfodringsprofil af udvidelse af projektstrækningens strand i 2018, ref. (4) og (21)

3.1.2 Bypass og nyttiggørelse af oprensning materiale

Bypass af oprenset havnesediment i Faxe Ladeplads Havn sker med klapning i umiddelbar nærhed af projektstrækningen og dermed i kystzonen som er en del af undersøgelsesområdet, ref. (22). Bypass af oprenset materialer sker jf. §16b, stk.1 i Kystbeskyttelsesloven. Bypassområdet er indikeret i Figur 9.



Figur 9: Bypass område ifm. Faxe Ladeplads Havn, ref. (4).

I 2024 har Faxe Ladeplads Havn ansøgt om ny tilladelse til oprensning af sejlrenden, herunder bypass og klapning af oprenset materiale, ref. (23).

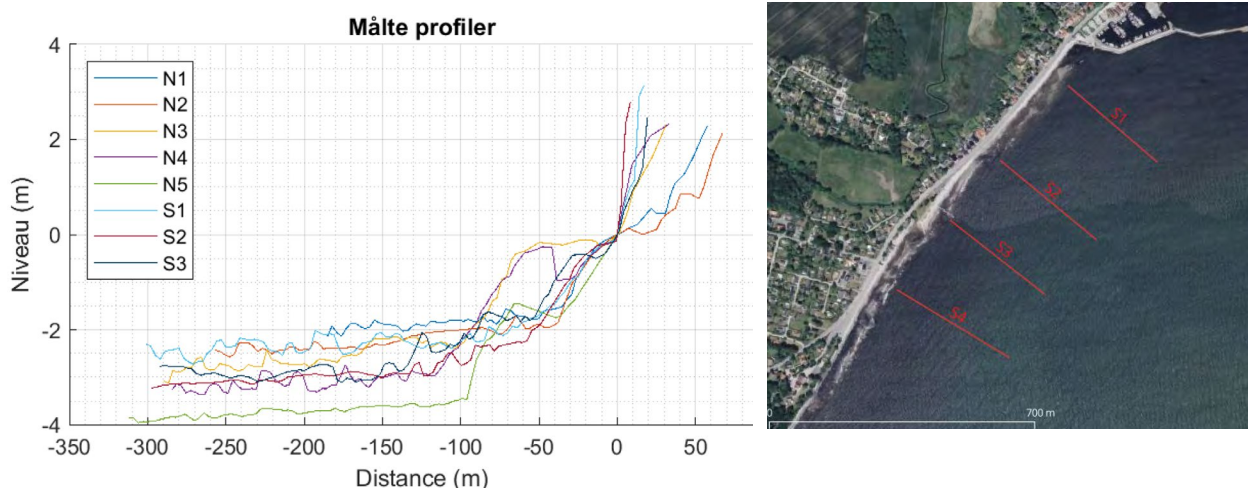
3.2 Kystzonens dynamikker

Det er forståelsen af de fysiske processer som vind, bølger, vandstand, tidevand, strømninger, sedimenttransport og kystmorfologi som danner rammen om kysten hydrauliske system. Kun ved at have forstået disse processer og deres indbyrdes samspil kan man vurdere, hvordan anlæg og tiltag påvirker.

3.2.1 Vandstandsforhold

3.2.1.1 Havbundsdybder

Danmarks Dybdemodell angiver middeldybder i 50x50m grid dækkende Danmarks eksklusive økonomiske zone, ref. (24). Danmarks Dybdemodell giver dog ikke en tilstrækkelig detaljeret beskrivelse af bundforholdene tæt på land. Estimerterne for områder med lave vanddybder, i kystnærhedszonen er derfor ringere repræsenteret og indeholder en større usikkerhed. I forbindelse med nylige undersøgelser fra 2024 vedrørende mulig havneudvidelse af Faxe Ladeplads, er der opmålt transekter, både syd og nord for havnen, i alt 9 kystprofiler, ref. (25). Nedenstående Figur 10 viser havbundsdybderne for fire tværsnit ud for projektstrækningen.



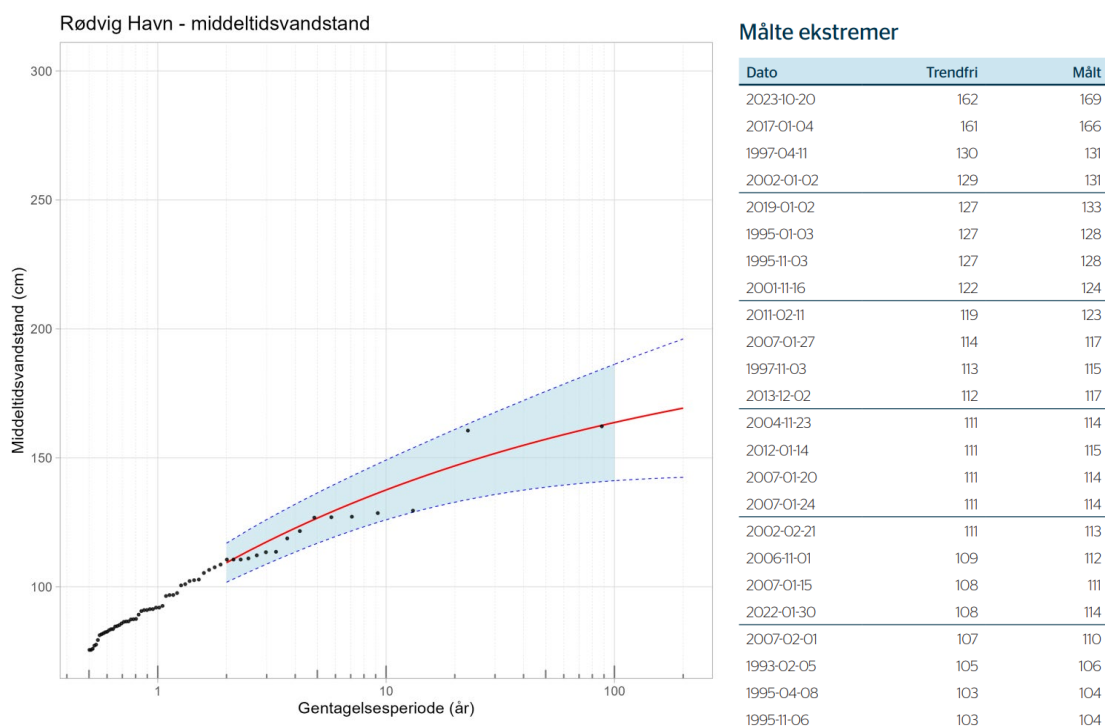
Figur 10: Opmålte transektor S1, S2, S3 og S4 ud for projektstrækningen, ref. (25)

3.2.1.2 Havvandstande og stigende middel havniveau

Der er ingen vandstandsmåler i Faxe Ladeplads havn, derfor anvendes den nærmest beliggende vandstandsmåler i Rødvig Havn. Der er vandstandsdata i Rødvig Havn fra 1991-08-16 til 2024-01-01 med en samlet datalængde på ca. 32 år. Nedenstående højvandsstatistik viser, at en 1-års hændelse i 2024 er omkring 0,9 m's vandstand og en 100-års hændelse er angivet til en vandstand +1,71 m DVR90, 2024, ref. (26). Dertil skal lægges fremtidig middelvandstandsstigning. I Faxe Bugt forventes middelvandstanden at stige i de næste 25 år med ca. 12 cm og de næste 50 år med ca. 29 cm ved klimascenarie SSP3.7, ref. (27)



Figur 11: Rødvig Vandstandsmåler lokalitet



Figur 12: Målte ekstremer og højvandsstatistik for Rødvig Havn, ref. (26).

3.2.2 Bølgeforhold

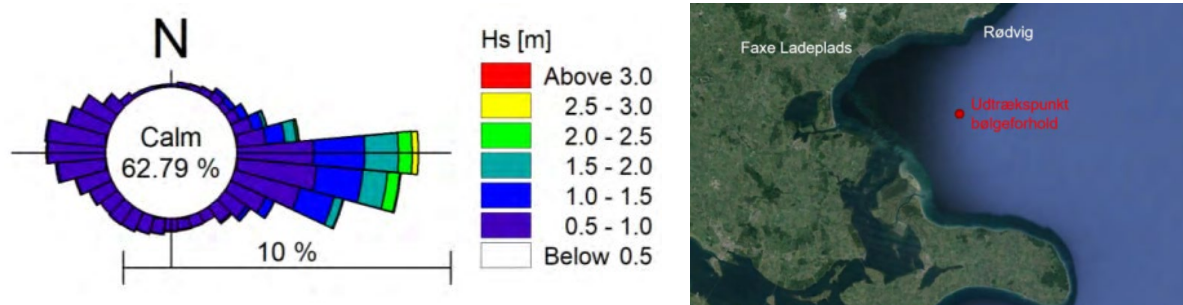
Bølgeforholdene midt i Faxe Bugt og foran stenkastningen på projektstrækningen er beskrevet med udgangspunkt i tidligere studier om kystbeskyttelse, ref. (21) og (28), og havneudvidelse, ref. (25).

3.2.2.1 Bølgehøjder i Faxe Bugt

De største bølger i Faxe Bugt ses at komme fra østlige og sydøstlige retninger i et relativt snævert retningsinterval som vist på Figur 13, hvilket indikerer, at de større bølger der rammer projektstrækningen ved Faxe Ladeplads kyst, også kommer fra dette snævre retningsinterval.

Bølgeretningen og størrelsen har blandt andet betydning for hvilke kystbeskyttelsesmetoder der er mest

anvendelige samt stabiliteten og robustheden af kystbeskyttelses anlægget. Oplysninger om ekstrem bølgeforhold er angivet i ref (25) hvor det oplyses at den signifikante bølgehøjde for en 50 års hændelse er $H_s=4,6$ m og med tilhørende peak bølgeperiode $T_p= 9,1$ udtrukket på 15 m's vanddybde i Faxe Bugt. Tabel 4 viser bølgehøjder midt i Faxe Bugt.



Figur 13: Bølgeforhold i midten af Faxe Bugt illustreret ved en bølgerose. Bølgeretning er kommende fra. H_s er signifikant bølgehøjde. Datakilde: DHI, ref. (25)

Tabel 4: Hyppighed af den signifikant bølgehøjde, udtrukket i punkt placeret midt i Faxe Bugt, ref. (25)

Signifikant bølgehøjde	Peak bølgeperiode	Middel bølgeretning	Hyppighed
0,5 m	3,5 s	90°	11 %
1,0 m	5,0 s	90°	6,1 %
1,5 m	6,0 s	90°	3,5 %
2,0 m	7,0 s	90°	1,6 %
2,5 m	8,0 s	90°	0,43 %
3,0 m	8,5 s	90°	0,08 %

3.2.2.2 Bølgehøjder umiddelbart langs projektstrækningens eksisterende kystbeskyttelse

Følgende bølgedata er tilgængelige vedr. estimater af bølgehøjder umiddelbart foran projektstrækningens stenkastning, når strandprofilen ser ud som det blev anlagt ved strandudvidelsen i år 2018, jf. Figur 8:

- Den maksimale bølgehøjde $H_{max}=0,9$ m ved 50 års højvandstand (se Figur 8), ref. (21)
- Den maksimale bølgehøjde $H_{max}=0,39$ m ved 1-års højvandstand (se Figur 8), ref. (21)

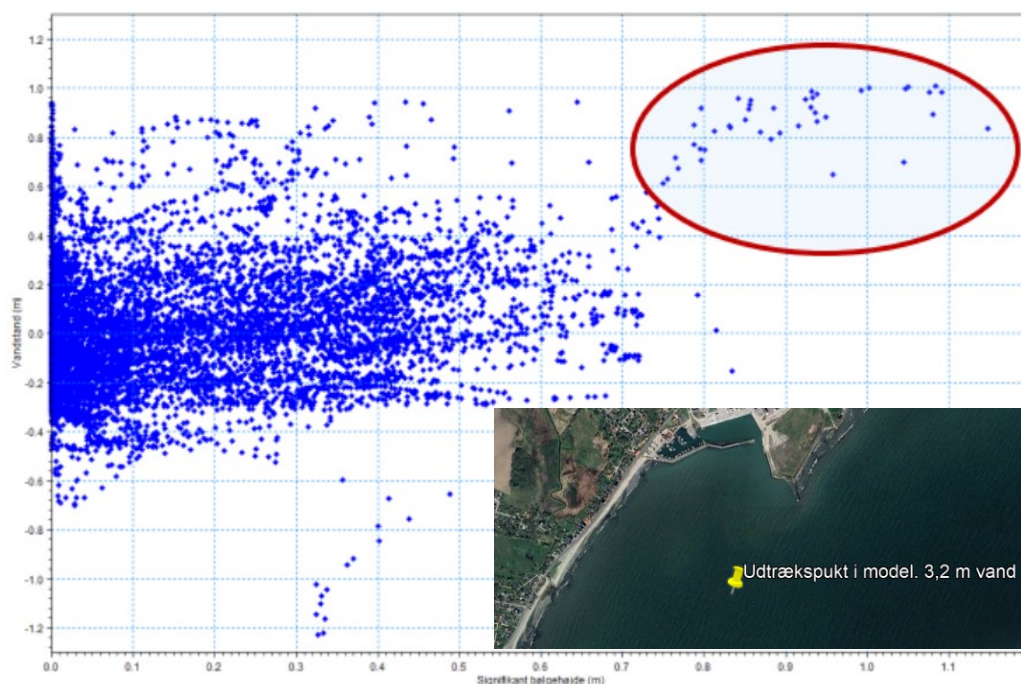
Følgende bølgedata er tilgængelige for bølger umiddelbart foran projektstrækningens stenkastning, såfremt der ikke er nogen forstrand foran stenkastningen:

- Den maximal bølgehøjde $H_{max}= 1,7$ m ved 50-års vandstand, ref. (21)
- Den maksimale bølgehøjde $H_{max}=1,2$ m, ved 1-års vandstand, ref. (21)

Bølgeforholdene langs kysten påvirkes således af kystens udformning, herunder typen og tilstanden af kystbeskyttelses anlægget.

3.2.2.3 Korrelation mellem bølgehøjde og vandstande ift. normal vande og storme

Korrelationen mellem bølgehøjde og vandstand for år 2005, Figur 14, viser at når der er store bølger så er der også ekstremt højvande. Det betyder, at bølgeeksponeringen på kyststrækningen forstærkes, da vandet står længere tilbage på stranden eller helt oppe ved stenkastningen og derved er der mindre bølgedæmpning fra stranden inden bølgen slår ind mod stenkastningen. Det kan nævnes at der ved oktoberstormen i 2023 var samtidighed mellem stort højvande og store bølger rettet mod kysten.



Figur 14: Korrelation mellem vandstand og bølgehøjde på 3,2 m's vanddybde ud for Faxe Ladeplads strand år 2005. DHI SW model, ref. (21)

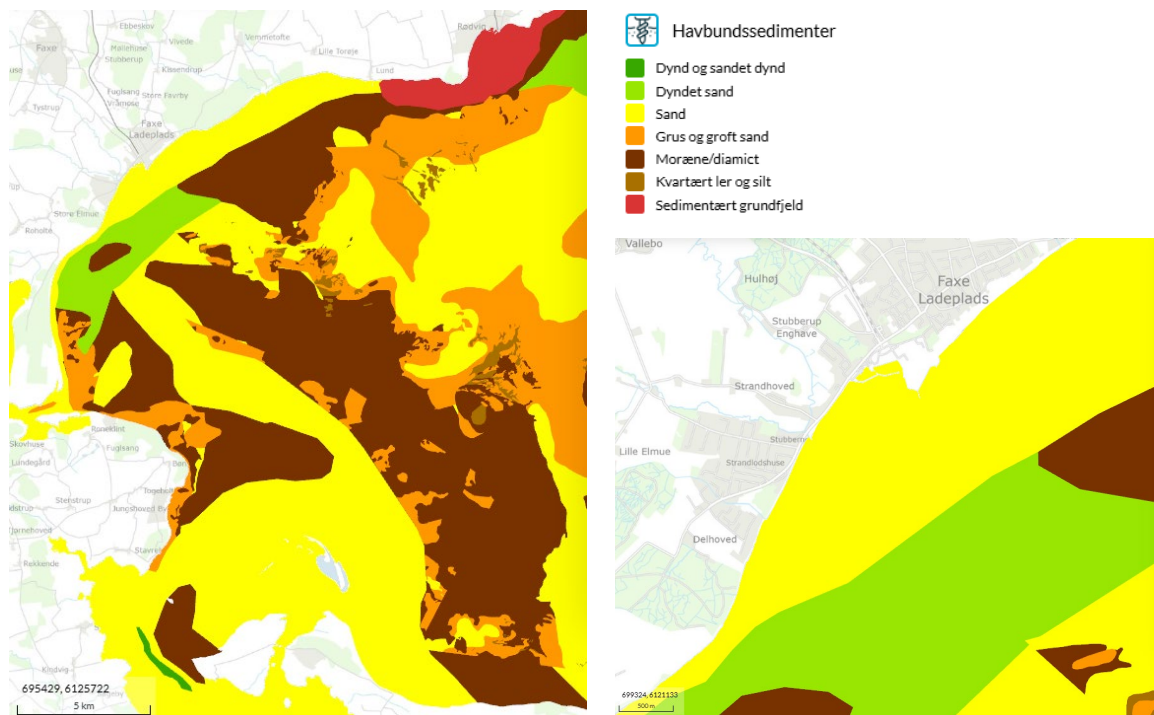
3.2.3 Sedimentforekomster og -transport

I Faxe Bugt er der en netto sydgående sedimenttransport i den aktive zone langs med kysten. Den samlede virkning af strøm og bølger skaber den langsgående transport af sediment, men det er bølgerne, som er den dominerende faktor. Nettotransporten er den samlede sedimenttransport over tid, der fortæller hvad differencen er mellem den sydgående transport og den nordgående transport. Der forekommer således også perioder med nordgående sedimenttransport ved vind fra sydlige retninger til trods for at nettotransporten er sydgående, da den sydgående transport samlet set er større. Derudover forekommer der også en betydelig del af tværgående sedimenttransport.

3.2.3.1 Havbundssediment

Havbundssedimentet ud for projektstrækningen består primært af sand, jf. Figur 15.

Havbundssedimentet, herunder både typen og tilgængeligheden er afgørende for kystdynamikken, herunder som designbetingelse ved anlæg projektering. Særligt områderne kortlagt i de brune og røde farver, er attraktive områder at undersøge for stenrev.



Figur 15: Kort over havbundssedimenter ved Faxe Ladeplads. Datakilde: GEUS, ref. (29).

3.2.3.2 Aktiv zone

Kystprofilen er et tværsnit vinkelret på kysten startende fra klittop og ud til den 'aktive dybde' i havet. Den 'aktive dybde' defineres som den dybde, hvor bølger og strøm påvirker kystprofilen. På de fleste danske kyster foregår der naturlige processer med transport af havbundsmateriale, kaldet sediment. Det betyder, at kystprofilen ændrer sig. Over længere tid med transport af sediment indstiller kystprofilen sig i et såkaldt ligevægtsprofil, som er udtryk for kystens gennemsnitlige profil over året (eller flere år). Ligevægtsprofilen strækker sig ud til den aktive dybde. Længere ude vil havbunden ikke ændre form i væsentlig grad. Den 'aktive dybde' er forskellig fra kyst til kyst og er bestemt af den karakteristiske eller typiske bølgehøjde ved kysten. Jo større bølger, jo større aktiv dybde, ref. (30).

Den aktive dybde, d , ved middelvandspejlet kan identificeres i grove træk ud fra formelen, ref. (31):

$$d = 2.28 H_{s,12h/y}^2 - 68,5 \frac{H_{s,12h/y}^2}{g T_s^2}$$

hvor H_s er den signifikante bølgehøjde tæt på kysten overskredet 12 timer pr. år. Det er ikke muligt at bestemme denne bølgehøjde med tilstrækkelig nøjagtighed på nuværende tidspunkt med de tilgængelige data og værktøjer. Bølgehøjden er derfor estimeret på grund af sandsynligheder for vindhastighederne kombineret med vind-bølgeforhold i ref. (32). Det giver en bølgehøjde $H_{s,12 \text{ timer}} = 2 \text{ m}$ og en aktiv dybde $d = 4 \text{ m}$.

Det indikerer umiddelbart, at sedimenttransport under daglige vande forekommer fra strandbredden ud til ca. $\sim -4 \text{ m}$ vanddybde. På baggrund af opmålte dybdeprofiler, vist i Figur 10, ses det at vanddybder omkring -4 m generelt forekommer mere end 300 m fra kysten. Tidligere indledende undersøgelser angiver den aktive zone til at være $800\text{-}1000 \text{ m}$ bred, jf. ref. (32). Såfremt der anlægges et stenrev eller en bølgebryder beliggende tættere end $\sim 300\text{-}1000 \text{ m}$ fra kysten, så vil det ligge i den aktive zone og i et vidst omfang påvirke sedimenttransporten langs kysten eksempelvis ved at reducere den langsgående transport. Det vil ophobe sig bag konstruktionerne i mere eller mindre grad.

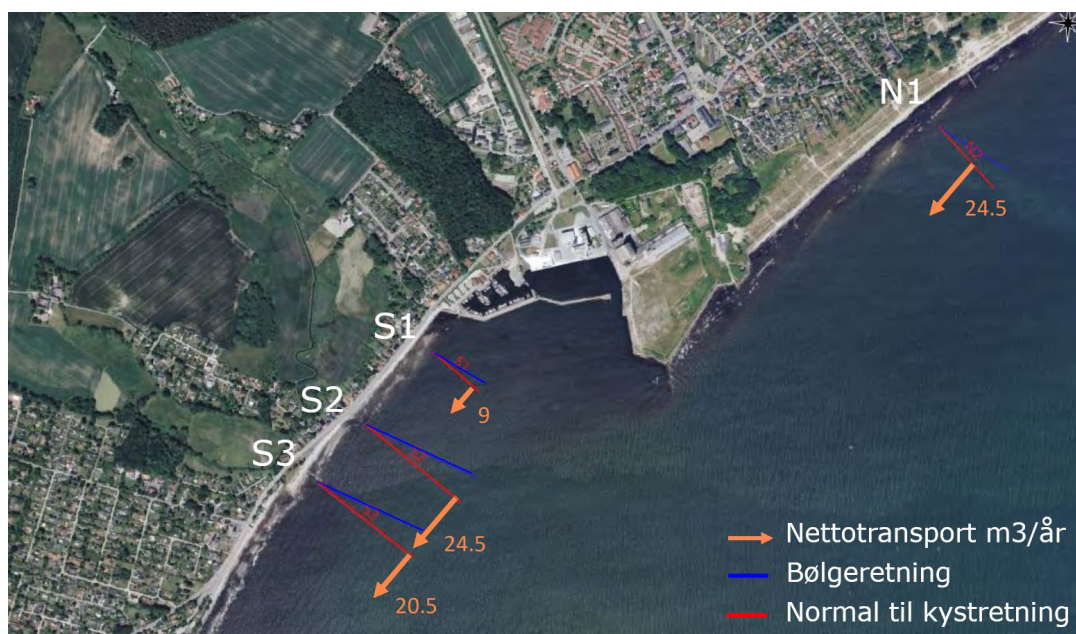
3.2.3.3 Sedimenttransport i den aktive zone

Projektstrækningens kyst ses grundlæggende at være omkring 10-16 grader fra sin klassiske ligevægtsorientering, hvor kystnormalen er orienteret mod den dominerende bølgeretning. Når kystens orientering er lig med ligevægtsorienteringen, så er nettosedimenttransporten reelt lig nul, dvs. der er den samme nordgående og sydgående sedimenttransport. Der kan dog fortsat opleves årlige variationer på en kyststrækning som er i ligevægt. På projektstrækningen varierer ligevægtsorienteringen fra nul, men den naturlige transportkapacitet opretholdes nogenlunde uniformt langs kysten via tilført sediment fra sandfodring, ref. (25).

Der er dog variationer indenfor projektstrækningen, da strækning S1 tættest på havnen generelt opbygger sediment, grundet læeffekt fra havnen, se Figur 16. På den midterste sektion S2 stiger transporten, da læeffekten ophører hvilket betyder, at der sker erosion på denne strækning, hvis ikke der sandfodres tilstrækkeligt. På strækning S3 falder transporten igen pga. af høfden i den sydlige ende og derfor ophober der sig lidt sediment. I øjeblikket tilføres projektstrækningen samlet set i gennemsnit ca. 20.000 m³/år ved sandfodring (nogle år mindre nogle år mere), hvilket svarer til den mængde der bliver transporteret væk fra projektstrækningen (sydgående retning), ref. (25). Behovet for sandfodring er dog dynamisk/sæsonbetonet. Der kan således opstå situationer med erosion langs stranden, hvis fodringsintervallet f.eks. er for stort. Det bemærkes at ca. 80 % af transporten finder sted i perioden fra oktober til marts.

Ovenstående beskriver således den gennemsnitlige samlede generelle sedimenttransport pr. år, hvor kysten er forholdsvis stabil gennemsnitligt set over hele strækningen, når der løbende sandfodres ca. 20.000 m³/år, ref. (25). Kun i situationer med voldsomt vejr vil der ske en betydelig ændring i kysten, hvilket kaldes akut erosion. De forskellige strækninger af stranden ændrer sig forskelligt i forbindelse med de forskellige vejsituationer. Der kan opstå situationer under en stormhændelse, hvor strandsedimentet på store dele af kysten trækkes ud på dybt vand, således og at den tilbageværende kyst reduceres kraftigt og vil være ekstra sårbar, da der ikke er en beskyttende sandbuffer, som kan reducere bølgepåvirkningen. Over tid vil dele af sandet bevæge sig tilbage mod stranden igen, men det er svært at sige hvor lang tid det tager og hvor meget der vender tilbage. I den mellemliggende periode er stranden og den bagvedliggende infrastruktur mindre beskyttet så vedligeholdelsesfodringen af stranden bør derfor tilpasses til de aktuelle forhold.

Sedimenttransporten er, ud over ovenstående, påvirket af stenkastningen beliggende langs hele projektstrækningen bagerst på stranden. Stenkastningen øger erosionen ved foden af stenkastningen, da stenkastningen reflekterer en del af bølgeenergien, som kan forøge turbulensen og derved ophvirvling af sediment. Stenkastningen blev anlagt i år 2003 og optog dengang en stor del af strandens oprindelige bredde hvilket betød, at kystens naturlige buffer under stormsituationer blev fjernet. Dette førte til, at Rambøll i år 2017 udførte et strandfodringsprojekt, hvor stranden blev strandfodret og derved udvidet for at mindske bølgepåvirkningen og overskyl på Strandvejen. Ifølge Faxe Kommune er der efterfølgende blevet sandfodret med 20.000 m³ i 2021 og 47.000 m³ i 2024. Sidstnævnte er formentlig sket efter der i oktober 2023 indfandt sig en kraftig 75 års vejrhændelse, der flyttede store mængder sand fra stranden ved Faxe Ladeplads.



Figur 16: Nettotransport af sediment langs kysten omkring Fakse Ladeplads Havn. Hvor projektstrækningen er svarende til de sydlige profiler, S1-S3, ref. (25)

3.2.4 Bypass

Generelt oplyser kildegrundlaget ikke om bypassforholdene ved Fakse Ladeplads Havn. Generelt for havne gælder dog at selve havne og dens sejltreder løbende oprenses pga. tilsanding som følge af den naturlige sandvandring langs kysten, som havnen blokerer helt eller delvist. Sandet ophobes på luvsiden af havnen (i forhold til sedimenttransportretningen). Hvis sandet er rent, kan der foretages en såkaldt bypass dvs. man sandfodrer på kysten eller kystnært på læsiden af havnen. Ordet by-pass kommer af, at man viderefører sandet fra tilsandingen af sejltreder og havnebassin, så det igen indgår i den naturlige sandvandring.

3.3 Marine habitater og vandmiljøet

3.3.1 Havets salinitet, temperatur og iltforhold

Faxe Bugt ligger på kanten af Østersøen og syd for Øresund, farvandet er præget af udstrømning af lav salint vand fra Østersøen og mellem salint vand fra Øresund, blandingen af vandmasser med forskellige saliniteter foregår langsomt, fra Østersøen og hele vejen op gennem Kattegat. Det medfører en lagdeling af vandet, hvor det høj saline vand ligger under det lav saline vand, vandmasserne er totalt adskilte, således kan strømretningerne være forskellige, ligesom temperaturen også kan være det. Grænselaget mellem to vandmasser adskilt af salinitet, kaldes en haloklin.

Salinitet, temperatur og iltforhold måles jævnligt i danske farvande under et overvågningsprogram der hedder NOVANA, måledata fra Faxe bugt fra 2023-24 varierede saliniteten fra 7-17 ‰, de 17 ‰ blev målt på 13 meters dybde og 7 ‰ nær overfladen. Temperaturen svinger fra næsten 0 grader i januar, til den varmeste måned, september, på op til 19,7°C.

Iltforholdene i Faxe Bugt er som konsekvens af placeringen ved Østersøen og haloklinerne ofte ramt af iltsvind. I 2023 og 2024 er der registreret kraftigt iltsvind (0-2 mg O₂/L) i oktober 2024 og september 2023 på dybder over 12 meter og moderat iltsvind i bundvandet hen over sommeren 2023. På lavere vanddybder fra 0-10 meter er der ikke målt lavt iltindhold i Faxe bugt i 2023-24.

3.3.2 Livet i havet

Havbunden omkring projektområdet er primært sandbund, se Figur 15, dermed er vegetationen som fremgår af Figur 17, primært ålegræs i projektområdet. Der forekommer også kalkgrund nord for Faxe

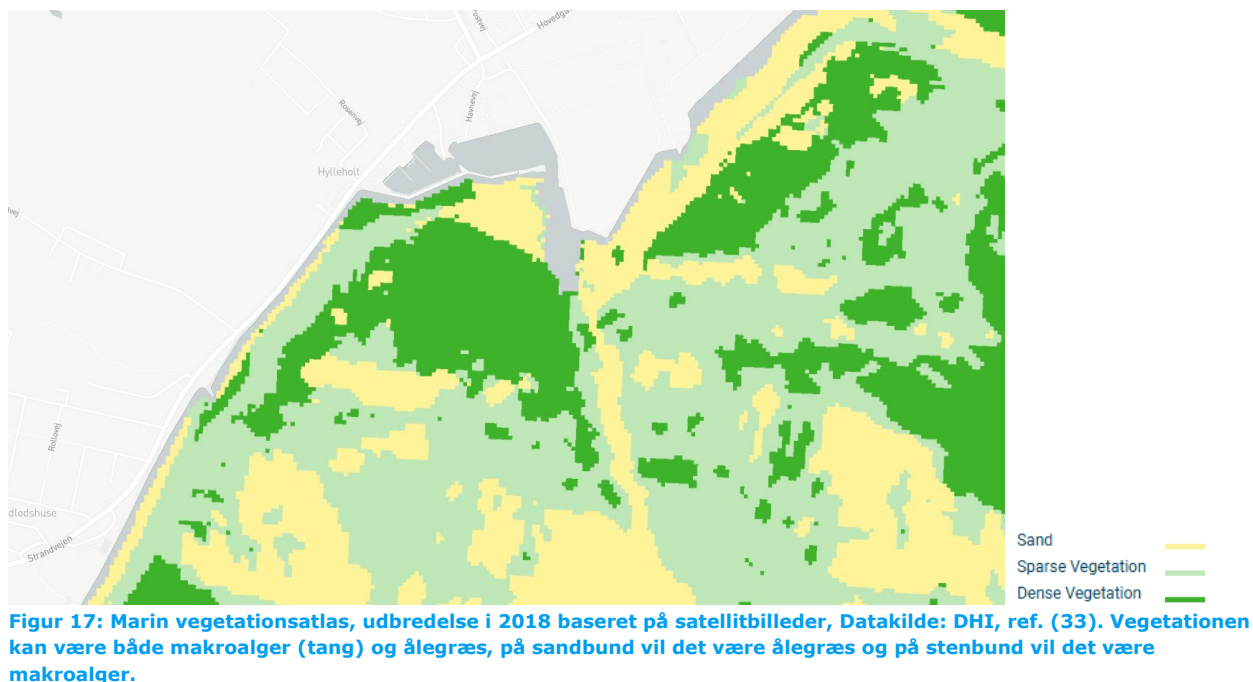
som giver grobund for makroalger (tang). Havbundssedimentet till/diamicton se Figur 15, er typisk områder med mulighed for stenrev. I kystvandene er den økologiske tilstand vurderet i forhold til Vandrammedirektivet. Den økologiske tilstand for kystvande beskrives ud fra tilstanden af kvalitetselementerne: klorofyl (fytoplankton), ålegræs og bundfauna. Desuden indgår forekomsten af nationalt specifikke stoffer som støtteparameter for den økologiske tilstand. Den kemiske tilstand beskrives ud fra forekomsten af en række forurenende stoffer. Kvalitetselementerne er beskrevet i nedenstående tekstboks.

Kvalitetselementer til vurdering af økologisk og kemisk tilstand i kystvande

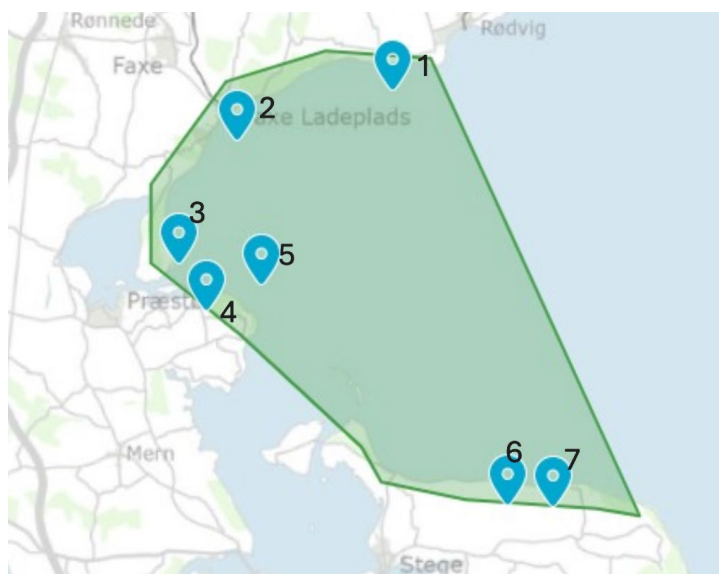
- **Bundflora:** Vurderes ud fra dybdeudbredelsen for ålegræs, som i høj grad bestemmes af sigtedybden i vandsøjlen og dermed af eutrofieringsgraden, idet sigtedybden begrænses af mængden af fytoplankton. Den økologiske tilstand for ålegræs anvendes dog ikke som kvalitetselement langs den Jyske Vestkyst, da ålegræs ikke vokser her på grund af de meget dynamiske fysiske forhold, herunder den store sandtransport.
- **Fytoplankton:** Kvalitetselementet fytoplankton (klorofyl) er et mål for sammensætningen, tætheden og biomassen af fytoplankton i vandsøjlen, og dermed et mål for mængden af næringsstoffer i vandsøjlen. Når der er mange næringsstoffer i vandsøjlen, svarende til en høj eutrofieringsgrad, vil der være et højt indhold af hurtigt voksende fytoplankton og dermed en høj koncentration af klorofyl.
- **Bundfauna:** DKI-metoden anvendes til at beskrive, hvordan tilstanden af bundfauna er i det pågældende område. DKI kan variere mellem 0, hvor der ikke er bundfauna til stede, og tæt på 1, hvor der er et højt antal af bundfaunaarter, herunder også arter, som er følsomme overfor eutrofiering.
- **Nationalt specifikke stoffer** indgår som en støtteparameter og dækker over miljøfarlige forurenende stoffer, hvor der på nationalt niveau er fastsat miljøkvalitetskrav. Ved overskridelse af de fastsatte miljøkvalitetskrav vil stofferne på længere sigt kunne have en negativ påvirkning af flora og fauna.
- **Kemisk tilstand** fastsættes som god, ikke-god eller ukendt på baggrund af koncentrationen af stoffer, som er optaget på EU's liste over prioriterede stoffer.

3.3.2.1 Bundflora

Bundfloraens udbredelse omkring projektområdet er kortlagt i 2018 af DHI ref. (33). Den økologiske tilstand af rodfæstede bundplanter, ålegræs, er vurderet til moderat med en dybdeudbredelse på 6,6 meter og målopfyldelsen for god økologisk tilstand er 6,7 meter, dermed er den økologiske tilstand for ålegræs ret tæt på god økologisk tilstand. Jo dybere ålegræs vokser, jo bedre vurderes tilstanden, Ålegræssets dybdeudbredelse begrænses af lys. Jo klarere vandet er jo dybere når lyset ned, som muliggør vækst af ålegræs. Lyset og vandets klarhed begrænses primært af fytoplankton, fytoplankton er mikroskopiske planktonalger der svæver øverst i vandsøjlen, de ses tydeligt ved høje koncentrationer hvor de kan farve vandet, grønt, rødt eller brunt. Fytoplankton kræver lys og næringsstoffer for at vokse, her spiller næringsstoffer fra landbruget, Østersøen og spildevand en rolle.



De konkrete målinger af dybdeudbredelser fremgår af Figur 18 og Tabel 5, ålegræssets dybdeudbredelse ved Faxe Ladeplads, nummer 2 er således meget tæt på målopfyldelse og er tidligere vurderet til målopfyldelsen på over 6,7 meter. Udover at ålegræsset er begrænset af lys, er ålegræs også påvirket af en lang række faktorer, herunder sedimentaflejringer ovenpå ålegræsplanterne og skygning fra sediment i vandet.



Tabel 5: Dybdeudbredelse af ålegræs, meter. ref. (34).

Prøvested/årstal	Stations nr.	2022	2021	2020	2019	2018	2017
Lund DKMONCW99360022	1	8,2	7,5	7,8	8,7	8,5	6,6
Faxe ladeplads DKMONCW99360019	2	6,6	6,7	6,9	6,8	6,7	6,8
Feddets syd, Faxe Bugt DKMONCW99360018	3	6,2	6	6,1	6,5	6,4	6,1
Rane klint, Skanse DKMONCW99300036	4	4,1	6,6		4,8	3,9	3,8
Sandene DKMONCW99300037	5	6,5	6,1	6,1	6,3	5,9	6,1

Fredskov, Nordfeld Møn DKMONCW99310003	6	8	7,9	8	8	8	8
Lilleskov DKMONCW99310005	7	6,1	6,4	6,4	6,6	5,1	5,2

3.3.2.2 Bundfauna

Bundfaunaen på den bløde bund, sand og endnu blødere mudder bunde er karakteriseret ved at faunaen lever nede i bunden, en såkaldt infauna, her lever en lang række børsteorme, muslinger, rejer m.fl. På den hårde bund lever faunaen på den hårde overflade f.eks. sønemoner, dødningehånd m.fl. Bundfaunaen kan påvirkes af en lang række faktorer, iltvind kan påvirke bundfaunaen dramatisk, iltvind opstår blandt andet når de før nævnte fytoplankton dør, falder til bunden og omsættes ved mikrobiel aktivitet under iltforbrug. Det er en omsætning af dødt organisk stof, ved aerob respiration, den proces bruger ilt. Bundfaunaen påvirkes også af fysiske forstyrrelser, som bundtrawl, der i visse områder medfører væsentlige påvirkninger på den økologiske tilstand af bundfaunaen. I Faxe Bugt er bundfaunaen undersøgt i 2017 og 2019, den økologiske tilstand for bunddyr er vurderet til god og opfylder dermed målet i vandmiljøplanen (35). Bundfaunatilstanden er vurderet ud fra en enkelt station i dette kystvandsområde, beliggende ca. 12 km ØSØ fra Faxe Ladeplads.

3.3.2.3 Fisk og pattedyr

Fiskebestandene i Faxe er tilpasset brakvandsforholdene med saliniteter fra 7-17 ‰, hvilket betyder der optræder både ferskvandsarter som brakvands aborre og gedde samt saltvandsarter som torsk og sild. Nogle arter har særligt tilpasset sig brakvandsforholdene og adskiller sig genetisk fra deres salte eller ferske artsfæller.

Faxe Bugt er potentielt gydeområde for skrubben og vigtigt gydeområde for sild. Præstø fjord er et vigtigt gyde og opvækstområde for aborren, ref. (36). Faxe bugt er et vigtigt område med store bestandstæthed for marsvin, gråsæler og plettet sæl, ref. (36).

3.3.3 Transport af marin vegetation

Tang eller ålegræs, der rives løs fra sin forankring, vil drive frit i vandet, indtil det for eksempel skylles op og aflejres på kysten. Da løse tang og ålegræs typisk har en massefylde, der svarer nogenlunde til vands massefylde, kan det drive både langs bunden, i vandsøjlen og ved overfladen. Hvor i vandsøjlen tangen befinder sig, har stor indflydelse på, hvor hurtigt og i hvilken retning den transporteres. Transporten af tang styres primært af strømmen. For tang, der flyder i overfladen, kan transporten også påvirkes af vinden. Bølgebevægelser kan også skubbe tang i samme retning, som bølgerne bevæger sig, men den største effekt fra bølger vil oftest være igennem bølgedrevne strømme, ref. (25)

I Faxe Bugt findes der store lavvandede områder, som muligvis er dækket af ålegræsbede, se evt. Figur 17. Ligeledes findes givetvis områder med hårde bundsubstrater, der kan udgøre habitater for forskellige slags tang. Det forventes derfor, at drivende tang og ålegræs er til stede i hele Faxe Bugt, ref. (25). Der foreligger undersøgelser af eksisterende tangforhold omkring Faxe Ladeplads Havn, men disse undersøgelser siger ikke direkte noget om tangforholdene på projektstrækningen.

I situationer med væsentlig bølgeaktivitet vil der oftest også være en kraftig østenvind. Tang, der driver rundt i Faxe Bugt, vil derfor blive skubbet østpå ind mod kysten. Her vil de bølgedrevne strømme have tendens til at skubbe tangen sydpå langs med kysten. Noget tang skylles op øst for Faxe Ladeplads Havn, mens havnen ikke forventes at modtage store mængder, ref. (25)

Sydlig vindretninger mellem sydvest og sydøst vil give en nordgående transport af tang, som vil blive skyllet op mod havnemolerne og kysten på den vestlige side af prammene (ind mod indsejlingen). Molerne og kysten former en tragt, som vil have tendens til at fange den tang, der bliver blæst ind fra syd. Det er således forventeligt, at den nuværende havn oplever store ansamlinger af tang i perioder med sydlige vinde, ref. (25)

På projektstrækningen har der tidligere været problemer med tang på stenkastningen beliggende mest landværts, i overgangen mellem stranden og bagvedliggende Strandvej. Det hænger sandsynligvis sammen med, at der generelt er risiko for at kystbeskyttelseskonstruktioner beliggende i sammenhæng med en strand fanger tang og at tangen ikke skylles væk igen ved højvandssituationer, i modsætning til en naturlig strand hvor tangen skylles væk i perioder, ref. (28). Specielt stenkastninger og bølgebrydere forøger således sandsynligheden for fange tangen. Det er derfor oplagt at drage den konklusion, at problemet med tang langs projektstrækningens kyst bliver mindre des bredere stranden bliver. Der foreligger dog ingen direkte studier eller umiddelbar tilgængeligt litteratur, der kan belyse dette nærmere.

3.3.4 Vandmiljø - vurderinger af nuværende stadie jf. Vandrammedirektivet

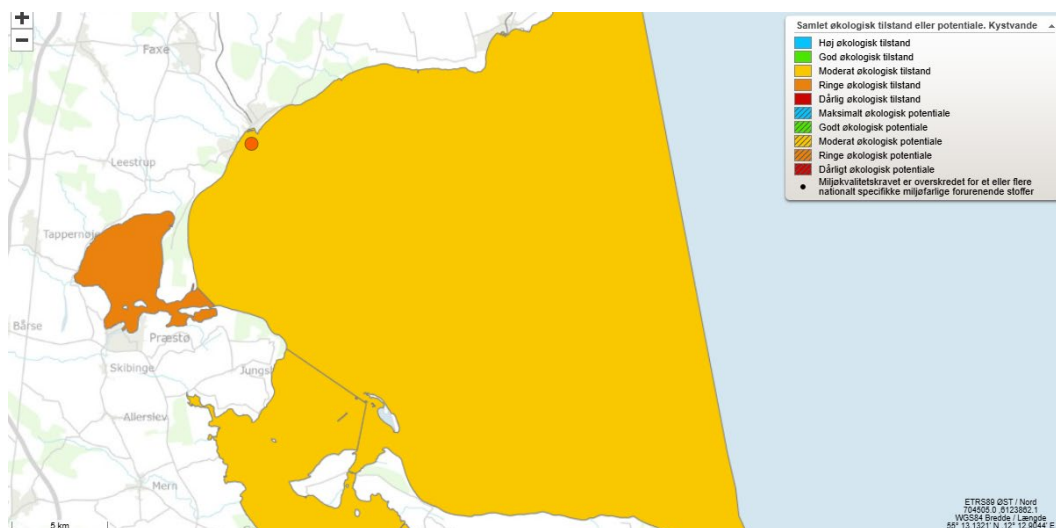
EU's Vandrammedirektiv har til formål at beskytte og forbedre vandkvaliteten i målsatte vandforekomster, herunder vandløb, søer, overgangs- og kystvande samt grundvand i alle EU's medlemsstater. For de målsatte vandforekomster skal den nationale vandplanlægning sikre, at der opnås en god økologisk og god kemisk tilstand, som måles fra ud fra en række kvalitetselementer.

I Danmark er bestemmelserne om fastsættelse af miljømålene for overfladevand og grundvand fastsat i Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand, hvor de normgivende definitioner af kvalitetsklasser for økologisk tilstand (bilag 1) og miljøkvalitetskravene til kemisk tilstand (bilag 2) fremgår for de enkelte kvalitetselementer, ref. (37).

De potentielt berørte kystvande i forbindelse med mulig etablering af stenrev i Faxe Bugt hører under vandområdedistrikt Sjælland, og er opdelt i forskellige hovedvand- og kystvandoplande. Fra kysten og ud til 1-sømilegrænsen inden for strækningen Faxe Bugt hører kystvandet til kystvandsområde nr. 46 Faxe Bugt, som grænser op til 12-sømilegrænsen hører til hovedvandsopland nr. 211 Østersøen.

Den økologiske tilstand i Faxe Bugt er samlet set vurderet til moderat, her er bundfauna vurderet til god økologisk tilstand og fytoplankton og rodfæstede planter (ålegræs) vurderet til moderat tilstand, ref. (38) (høringsversionen for genbesøget af vandområdeplan 2021-2027).

Målsætningen for rodfæstede bundplanter, ålegræs, er meget tæt på målopfyldelse, hvor fytoplankton ligger på en klorofylværdi på 1,6 µg/l og målsætningen er 1,3 µg/l, ref. (38). Ålegræs påvirkes af mange faktorer en af dem er fytoplankton, men også bølger, strøm, sediment i vandsøjlen, sedimentering, krabber, fedtemøg m.m. For at vurdere de væsentligste faktorer i Faxe Bugt, vil det kræve en dybdegående analyse eksempelvis ifølge center for marin naturgenopretnings anvisninger, ref. (39). Den økologiske tilstand for fytoplankton i Faxe Bugt skyldes formentlig primært mængden af næringsstoffer i vandet, for Faxe Bugts vedkommende er påvirkningen af næringsstoffer fra Østersøen stor og en faktor der er vanskelig at gøre noget ved.



Figur 19: Målsatte kystvande, der potentielt påvirkes af mulig etablering af stenrev i Faxe Bugt, ref. (38) (høringsversionen for genbesøget af vandområdeplan 2021-2027).

De eksisterende kystbeskyttelsesforanstaltninger ved Faxe Ladeplads kan primært påvirke den økologiske tilstand af ålegræsset dybdeudbredelse. Sandfodring kan potentielt tildække ålegræs alt afhængig af fodringsmetoden. Ligeledes kan ålegræs have en indflydelse på erosionen, da ålegræs øger sedimentation og mindsker resuspension.

4. Definerings af projekt(er)

Kapitlet forsøger at beskrive projekter passende detaljeret, men samtidig også så tilpas rummeligt at det kan danne grundlag for de videre samtaler og diskussioner af mulighederne med interessenter og myndigheder. Det vil være på baggrund af en samlet vurdering et projekt kan defineres, afgrænses og modnes yderligere.

4.1 Mulige projekttyper og -beskrivelser

Med afsæt i et projekts primære formål, er kystbeskyttelse og marin biodiversitet i form af kunstigt stenrev henholdsvis, skitseres mulige projekter.

4.1.1 Projekt, hvis primære formål er naturforbedring ved etablering af stenrev

Ved ønske om anlæggelse af stenrev, afvejes egnethed og forskellige hensyn, jf. afsnit 2.2, ref. (39). Følgende er vurderet for projektstrækningen omkring Faxe Ladeplads:

- **Substrat**, i det undersøgte projektområde er det eksisterende sediment primært sandbund, evt. se Figur 15. Dermed vil udlæggelse af sten ikke være naturligt forekommende, men et tiltag der vil have til formål at øge habitatdiversiteten.
- **Lys**, projektområdet vurderes at have gode lysforhold, da ålegræsset er tæt på målopfyldelse og tæt på projektområdet har en dybdeudbredelse på over 6 meter, se evt. Tabel 5.
- **Salinitet**, saliniteten i projektområdet, varierer fra 7-17‰, hvilket er i den lave ende men giver mulighed for vækst af markoalger.
- **Temperatur**, temperaturen i Faxe bugt er målt op til 20°C, hvilket overholder anbefalingerne til at havtemperaturen helst ikke må komme over 20°C.
- **Iltforhold**, I Faxe Bugt blev der kun registreret moderat iltsvind på dybder over 12 meter i 2023 og ingen iltsvind på lavere dybder, se afsnit 3.3.1, dermed må iltforholdene i Faxe betegnes som gode og risikoen for iltsvind er lille.

- **Fysisk eksponering**, projektområdet ligger relativt eksponeret mod Østersøen, se afsnit 0, hvilket giver gode vækstmuligheder for makroalger, men sætter større krav til en stabil stenstørrelse.
- **Historisk analyse**, der er ikke umiddelbar nogen historik for at der har været stenfiskeri i projektområdet, dermed kvalificerer projektområdet sig ikke til et decideret naturgenopretningsprojekt af et tidligere eksisterende stenrev.

Etablering af et eller flere stenrev i området ventes at øge antallet af habitater og bidrage positivt til biodiversiteten i projektområdet. Et naturforbedrende projekt ved Faxe Ladeplads kan have følgende formål, inspireret af ref. (10):

Formål: Bevare eller øge biodiversitet og velfungerende fødekæder

Et stenrev med stor biodiversitet skal teoretisk set have mange mikrohabitater, hvor de enkelte arter kan etablere sig. Dette sikres ved at have bundforhold, der veksler mellem forskellige stenstørrelser og grus/sand, og som har en stor vertikal udbredelse (stort dybdespænd). Områder med helt tætte stenforekomster vil sammen med makroalgevegetationen i den fotiske zone skabe sprækker/huler som kan tilgodese mange arter af invertebrater (smådyr) og fisk.

Formål: Ophjælpning af fiskebestande

Generelt tiltrækkes en del fisk af komplekse levesteder, hvor planter eller bundstruktur giver skjul for rovfisk og læ for strøm. De mange nicher på et stenrev kan give plads til mange arter af fisk, hvorfor biodiversitet af fisk ofte er høj, ref. (40) og (41). Småfisk er vigtige fødeemner for mange fiskearter, herunder de arter som er vigtige kommercielt og rekreativt. Udover typiske stenrevsfisk (f.eks. havkarusse), der opholder sig i og omkring stenrev, er der ofte forhøjede forekomster af torskefisk ved topografiske variationer (dvs. ujævn) på havbunden, ref. (42), (43) og (44) samt torsks vækst, ref. (45). For kystområdet ved Faxe ladeplads vil en funktion som smoltrev og mulig funktion for brakvandsarter af gedde og aborre også være interessante funktioner.

4.1.2 Projekt, hvis primære formål er etablering af kystbeskyttelse

Ved ønske om etablering af kystbeskyttelse afvejes hensyn iht. formål og den ønskede effekt. For projektstrækningen omkring Faxe Ladeplads er det vurderet at anlæg af flere bølgebrydere foran projektstrækningen vil kunne begrænse bølgeenergien som rammer kyststrækningen og dermed reducere udsathed og sårbarheden, ved at begrænse erosion af stranden og samt bølgeoverskyllet over den bagvedliggende Strandvejen. Et anlæg af bølgebrydere kan være et delvist alternativ til sandfodring ift. nuværende designbetingelser.

En bølgebryder kan ikke erstatte sandfodring, men sandfodringsmængden kan måske reduceres afhængig af behovet lokalt, samt hvor meget der skal kompensationsfodres nedstrøms. Såfremt nettotransporten på nabostrækningen skal opretholdes som i dag, så skal der dog sandfodres med den samme mængde sand, som der bliver sandfodret med i dag. Bølgebryderne kan reducere den lokale erosion, men der kommer ikke mere sand ind i systemet når man ser på hele kyststrækningen i Faxe Bugt. Sandet ophobes lokalt på projektstrækningen, men den mængde ophobede sand vil mangle på den naboliggende strækning. Der bør derfor kompensationsfodres tilsvarende nedstrøms hvilket betyder, at den samlede mængde sand der skal sandfodres med, forbliver uændret. Kompensationsfodres der ikke, kan der være en risiko for erosion på strækningen nedstrøms bølgebryderne.

Der er en række guidelines, men ingen faste regler for hvor en bølgebryder skal placeres og hvilken dimensioner den skal have samt antallet af dem. Disse valg har indflydelse på hvor stor effekt bølgebryderen har og dermed hvor meget sediment den holder fastholder. Som udgangspunkt anlægges bølgebrydere dog oftest i den aktive zone. Som anbefaling fra Kystdirektoratet, bør afstanden til stranden svare til ca. 30 % af bølgebryderens bredde, ref. (18). Afstanden mellem de enkelte bølgebrydere bør svare til halvanden gange længden af den enkelte bølgebryder ifølge, ref. (18), mens

der af U.S. Army Corps of Engineers angiver at mellemrummene mellem bølgebryderne i de fleste tilfælde er i samme størrelsesorden som længden af en enkelt konstruktion, ref. (46). Højden kan ligeledes variere, men fastsættes typisk til omkring 80 % af den dimensionsgivende vandstand, ref. (18). Lave bølgebrydere vil naturligt være mindre synlige, men de kan udgøre en alvorlig fare for mindre både og svømmere, ref. (46). Fritliggende bølgebrydere, er som udgangspunkt defineret som ikke-kystforbundne, og anlægges typisk mere kystnært og på lave dybder.

Alternativt kan der anlægges en eller flere høfder. En høfde er en stenkastning beliggende vinkelret på kysten. Høfder bremser erosion i det kystnære profil, men forhindrer den ikke. På den måde fanges en del af sedimentet og aflejres opstrøms på høfdens luvside (i forhold til sedimentets transportretning). Det aflejrede sediment reducerer altså kysttilbagerykningen opstrøms for høfden. Nedstrøms høfden på læsiden vil der ske erosion, da konstruktionen standser den naturlige sedimenttransport på strækningen, og dermed skaber et sedimentunderskud nedstrøms anlægget. Fordelen ved en høfde er således, at den skaber en bredere strand på opstrøms siden af høfden og derved bremser kysttilbagetrækningen. Ulempen er at den blokerer den langsgående sandtransport, hvilket giver forøget erosion nedstrøms. Generelt forringer høfder strandens æstetiske værdi og badesikkerheden reduceres pga. stærk strøm omkring høfden. Høfden forhindrer ikke, at kysten trækker sig tilbage. Ligesom for bølgebryderen ophobes sander lokalt på projektstrækningen, men den mængde ophobede sand vil mangle på den naboliggende strækning. Der bør derfor kompensationsfodres tilsvarende nedstrøms hvilket betyder, at den samlede mængde sand der skal sandfodres med, forbliver uændret. Kompensationsfodres der ikke, kan der være en risiko for erosion på strækningen nedstrøms høfden.

Et kystbeskyttelsesprojekt ved Faxe Ladeplads kan have følgende formål:

Formål: Reduktion af erosions- og oversvømmelsesfare, samt konstruktionsunderminering

Der skal gøres opmærksom på, at formålet med bølgebryderne er reducere bølgeoverskyllet på Strandvejen samt reducere den nødvendige sandfodringsmængde. Udlægning af bølgebryder er således et alternativ til dele af sandfodringen, såfremt der ikke kompensationsfodres nedstrøms, men formålet er fortsat det samme, at kystbeskytte imod oversvømmelses- og erosionsfare. Ved den viste etablering af bølgebrydere er det forudsat at kystprofilet i den nordlige og sydlige ende som minimum er svarende til kystprofilet anlagt ved strandudvidelsen i 2018 for at kunne sikre at overskyllet af Strandvejen begrænses tilstrækkeligt. Hvis erosionen i disse områder er større end antaget eller at der ikke ønskes vedligehold af kystprofilet i disse områder, så kan det vise sig nødvendigt at anlægge yderligere bølgebrydere i disse yderpunkter for at reducere den indkomne bølgehøjde.

4.1.3 'Hybrid - et naturforbedrende kystbeskyttelsesprojekt'

Nedenfor er vist et eksempel på, hvor der kunne anlægges bølgebrydere ud for projektstrækningen for at bremse erosionen, se Figur 20. På projektstrækningen strækker den aktive zone sig sandsynligvis mindst 300 m ud fra kysten og måske helt op til 1000 m, jf. afsnit 2.3.3. Bølgebryderne placeres ud for den midterste del af projektstrækningen, hvor erosionen er størst. Der placeres ikke nogen bølgebryder i den nordlige ende af projektstrækningen, da sedimenttransporten her er lille pga. læeffekt fra havnen, som vist på Figur 16, samt friholdelse muliggør evt. havneudvidelse eller samtænkning med øvrige initiativer. Ligeledes placeres der ikke en bølgebryder i den sydlige ende af projektstrækningen, da den eksisterende høfde bevirker at der akkumuleres sediment.



Figur 20: Eksempel på anlæg langs projektstrækningen.

Bølgebryderne er placeret indenfor den aktive zone og kunne reducere kronisk og akut erosion samt samle sediment i mere eller mindre grad. Figur 20 illustrere et koncept og *ikke* en løsning, der er klar til projektering. Antal og dimensioner vil formentlig ændre sig, i takt med afdækningen af mulige design betingelser og design konfigurationer, herunder endelig beslutning om primære og sekundære formål. En række løsningsforslag vil således skulle evalueres og vurderes ift. forvaltning- og lovgivningsmæssige rammer, før design og optimering af et egentlig design foreligger.

Såfremt der regnes med et 50 års sigte, vil estimering af en dybdebegrænset bølgehøjde jf. formelen $H_s, \text{ dybdebegrænset} = (0,6 \times \text{vanddybden})$, under følgende antagelser give $H_s = 1,9 - 2,4 \text{ m}$. Intervallet angiver således et mulighedsrum ift. designbetingelser for et projekt med varierede grad af kystbeskyttelseseffekt.

Tabel 6: Eksempel på designbetingelser ift. bølgef forhold og korrelation med højvande

$H_s, \text{ dybdebegrænset} =$ $0,6 \times (0,9 + 0,29 + 2,0 \text{ m}) = 1,9 \text{ m}$	✓ En højvandstand på 0,9 m, svarende til en statistisk 1-års gentagelsesperiode ✓ en 50 års havniveaustigning på +0,29 m ✓ en anlægsvanddybde på 2,0 m
$H_s, \text{ dybdebegrænset} =$ $0,6 \times (1,41 + 0,29 + 2,0 \text{ m}) = 2,2 \text{ m}$	✓ En højvandstand på 1,41 m, svarende til en statistisk 20-års gentagelsesperiode ✓ en 50 års havniveaustigning på +0,29 m ✓ en anlægsvanddybde på 2,0 m
$H_s, \text{ dybdebegrænset} =$ $0,6 \times (1,60 + 0,29 + 2,0 \text{ m}) = 2,3 \text{ m}$	✓ En højvandstand på 1,60 m, svarende til en statistisk 50-års gentagelsesperiode ✓ en 50 års havniveaustigning på +0,29 m ✓ en anlægsvanddybde på 2,0 m
$H_s, \text{ dybdebegrænset} =$ $0,6 \times (1,71 + 0,29 + 2,0 \text{ m}) = 2,4 \text{ m}$	✓ En højvandstand på 1,71 m, svarende til en statistisk 100-års gentagelsesperiode ✓ en 50 års havniveaustigning på +0,29 m ✓ en anlægsvanddybde på 2,0 m

Ved etablering af anlæg med bølgeenergireducerende effekt er det fordelagtigt at sandfodre bag bølgebryderne svarende til den mængde sand der forventes af opbygge sig. Der skal da kun afhængig af valgte beskyttelsesniveau sandfodres løbende på projektstrækningen og forventeligt i mindre grad ift.

nuværende kystbeskyttelsesstrategi. Afhængig af lokalitet og design vil bølgebrydere kunne tiltageholder op imod ca. 50 % af det sediment, der ellers ville have passeret uden bølgebryderne, ref. (19). Det betyder, at der forventeligt skal sandfodres langt mindre på projektstrækningen. Såfremt sedimentbalancen skal opretholdes nedstrøms på nabostrækningen syd for, så vil den totale fodringsmængde måske være uændret ift. tidligere. Der vil blot være tale om en anden placering af sandfodringen.

Da et kunstigt stenrev med et primært marint naturforbedre formål som udgangspunkt vil anlægges med en forventelig lavere topkote end bølgebrydere vil et stenrev ikke kunne give samme grad af kystbeskyttelseseffekt som en bølgebryder ift. bølgedæmpning og minimering af overskyl.

Det vil måske kunne hjælpe lidt på sandtransporten, hvis det anlægges i den aktive zone, men det afhjælper ikke den risiko som opstår under højvande som bevirker en stor akut erosion langs projektstrækningens kyststrækning. Der gøres ligeledes opmærksom på, at stenrev beliggende i den aktive zone i perioder vil være sanddækket, hvilket kan have biologiske påvirkninger på dyrelivet.

Det forventes således ikke, at et undersøisk stenrev på projektstrækningen, i sig selv, vil kunne reducere bølgehøjden i en sådan grad, at tidligere opsatte overskylskrav for Strandvejen kan overholdes. For et rev med topkote ved daglig vande (kote +0,0), så vil bølgehøjden reduceres til omtrentlig 1,8 m baseret på en grov indledende estimering af bølgetransmissionen, hvilket ikke er tilstrækkeligt. Stenrevet kan som udgangspunkt anlægges i de dimensioner der ønskes, såfremt der ikke ønskes en bestemt kystbeskyttelseseffekt, om end det er rigtigt designbetingelser, som ikke gør at stenrevet er ødelagt efter den første stormflod.

Hvis bølgehøjden skal reduceres mere, må topkoten af stenrevet hæves hvilket betyder, at revet vil rage op over daglig vande for at kunne give en bedre bølgedæmpning. Afhængig af designbetingelserne for et kystbeskyttelsesanlæg, vil et stenrev i sådanne situationer få mere karakter af at være en reel bølgebryder.

En bølgebryder vil også fungere som et reelt stenrev, men bølgebryderens funktion i økosystemet vil kunne forbedres betydeligt ved strategisk at udlægge flere sten foran bølgebryderen på dybere vand. En topkote over vandoverfladen vil betyde at den fulde zonerings vil være til stede, f.eks. flere arter af tangplanter, tilpasset tidevandszonen. Ligeledes vil funktionen som formidlingsrev være mere tilgængeligt med en topkote over daglig vande, da revet vil være nemt at finde.

4.2 Afdækning af projektudviklingsproces, ift. lovgivning og forvaltningsmæssige rammer

Valg af projekttype ventes at have stor indflydelse hvilke lovgivninger og forvaltningsmæssige rammer et projekt udvikles og konkretiseres i henhold til, herunder også organisering- og finansieringsmuligheder, og dermed realiseringspotentialet.

jf. Bekendtgørelse af lov om kystbeskyttelse m.v. (LBK nr. 245 af 28/02/2025), skal tilladelse til stenrev gives iht. anlæg af øvrige foranstaltninger på søterritoriet §16a (Kapitel 3) og kystbeskyttelse iht. anlæg af kystbeskyttelse på kyststrækninger og søterritoriet indenfor 1000 m af sammenhængende landvegetation, §3 (Kapitel 1c), alternativt som et kommunalt fællesprojekt, kapitel 1a.

Defineringen af projekt har således indflydelse på hvem der er driver projektudviklingen, herunder hvordan opbakning og økonomiske midler tilvejebringes. Det kan være nødvendigt at justere formålet under planlægningsfasen som følge af de informationer og data, man indsamler om lokaliteten.

I forbindelse med sagsbehandlingen vurderes og afvejes en del hensyn, ift. en række natur- og miljøforhold herunder Natura 2000-områder, bilag IV-arter. Derudover er der iht. Miljøvurderingsloven

høringsfase hos en række nationale styrelser, museer, kommuner, samt andre relevante lokale interessenter, ref. (47).

4.2.1 Kunstigt stenrev

Ved etablering af stenrev inkluderende eventuel udplantning af vandplanter, kræves tilladelse til anlæg på søterritoriet, §16a, kapitel 3. Søterritoriet er defineret som værende fra kyststrækninger og strandbredder ud til den økonomiske zone, 12 sømil fra kysten. Tilladelse til anlæg af anden karakter end kystbeskyttelse, såsom stenrev gives af myndigheden, som i dette tilfælde er Kystdirektoratet.

Et projekt evalueres typisk i relation til arealanvendelserne i et område, herunder fiskeri, råstofindvinding, klapning, sejlrender og sejlads.

Marint Naturgenopretning Center, foreslår eksempelvis et projekt deles op i seks faser, hvoraf indholdet af nærværende rapport er medvirkende til at øge vidensniveauet ift. pkt. 1 og 2.

1. Screening - en overordnet udpegning af et potentielt egnet område eller områder baseret på gennemgang af eksisterende viden.
2. Forundersøgelser mhp. at afgrænse de eksakte områder til udlægning af sten, dele af undersøgelsen kan med fordel udformes, så den udgør en monitoringsbaseline til indledende vurdering af de biologiske effekter af projektet og senere sammenligning af de opnåede resultater (iht. punkt 6).
3. Detailprojektering; omfattende design af stenrevets udformning, størrelse, udlægningstidspunkt og valg af sten.
4. Myndigheds ansøgning og godkendelse.
5. Etablering med projekt ved udlægning af sten mv.
6. Opfølgende dokumentation af effekter, herunder biologiske, samt også iht. et projekts øvrige mål, herunder rekreativitet, kystmorfologi mv.

4.2.1.1 Design

Design af stenrev tager udgangspunkt i en forståelse af økosystemet og kortlægning af egnede områder. Der er således ikke krav til at projekt efter lovgivningen sikre eller understøtter en bestemt art, ej sættes der mål for effekten. Derimod er det ansøger som har afvejet mål og hensyn og myndigheden som afvejer hensyn bredere set til f.eks. arealanvendelse, natur, miljø, sikkerhed mv.

Stenrev kan som tidligere beskrevet have mange forskellige udformninger, fra tætte stensamlinger, der rejser sig brat fra havbunden, til mosaikformede stenbanker eller mere diffuse strukturer med spredte sten på en sandet eller gruset havbund. Der er ikke nødvendigvis et optimum og projekter om etablering af et eller flere stenrev ventes således at kunne realiseres gradvist. Antallet, herunder typen og opbygningen af stenrev kan således ændres og udvides over tid for et område.

Kystdirektoratet har i udgangspunktet en praksis om alene anerkende sten som materiale i forbindelse med etablering af et rev, ref. (3).

4.2.1.2 Organisering og finansieringsmuligheder

Stenrev kan etableres af flere juridiske enheder, herunder privatpersoner, foreninger, virksomheder, kommuner, eller staten. Tilvejebringelse af midler, sker således ikke på baggrund af en afgrænset skare, men kan forekomme på tværs af private personer, virksomheder, interessentselskaber, fonde og kommune.

4.2.2 Kystbeskyttelse

Ved etablering af kystbeskyttelse, kræves tilladelse til anlæg af kystbeskyttelsesforanstaltninger, §3 ref. (18). Formålet i Kystbeskyttelsesloven varetages ved, at myndigheden i forbindelse med et projekt afvejer følgende hensyn jf. kystbeskyttelseslovens § 1. Hensynene er ikke rangordnet:

1. Behovet for kystbeskyttelse
2. Økonomiske hensyn
3. Kystbeskyttelsesforanstaltningens tekniske og natur- og miljømæssige kvalitet
4. Rekreativ udnyttelse af kysten
5. Sikring af den eksisterende adgang til og langs kysten
6. Andre forhold

Tilladelse til anlæg af kystbeskyttelse gives af myndigheden, som i dette tilfælde er Faxe Kommune. En tilladelse efter § 3 erstatter i overensstemmelse med reglerne herom i naturbeskyttelsesloven, lov om skove og lov om jagt og vildtforvaltning og regler fastsat i medfør af disse love tilladelser, godkendelser m.v., som ville være nødvendige for at gennemføre foranstaltninger omfattet af tilladelsen efter § 3. Derudover kan en tilladelse efter § 3 endvidere i overensstemmelse med lov om vandløb erstatte tilladelser, godkendelser m.v., som ville være nødvendige for at gennemføre foranstaltninger omfattet af tilladelsen efter § 3. En endelig tilladelse efter § 3 skal indeholde oplysninger om, hvilke afgørelser efter anden lovgivning tilladelsen erstatter, ref. (18).

Et projekt skal således modnes igennem en proces som kortlægger, vurderer og evaluerer iht. lovgivningen.

4.2.2.1 Design

Design af kystbeskyttelsesforanstaltninger tager udgangspunkt i en screening af risici og beslutning om acceptabelt risikoniveau. Der er således ikke krav til at projekt efter kystbeskyttelsesloven beskytter til en bestemt hændelse eller niveau. Derimod er det ansøger som har afvejet oversvømmelses- og erosionsrisici og myndigheden som afvejer hensyn bredere set, ift. formålsparagraffens oplysende punkter, nævnt i afsnit 4.2.2.

Designet ændres eller tilpasses som udgangspunkt ikke over tid, med mindre oversvømmelses- og/eller erosionsrisici ændres til uacceptabelt niveau, hvormed ejer af anlæg, afhængig af de ønskede tilpasninger, omdannelser og/eller udvidelser, kan udføre anlægsaktiviteterne indenfor gældende tilladelse eller skal ansøge om ny tilladelse.

4.2.2.2 Organisering og finansieringsmuligheder

Kystbeskyttelse kan etableres med forankring af ejere af fast ejendom som opnår direkte nyttefordel eller anden fordel. Juriske enheder bestående af privatpersoner, foreninger som kystbeskyttelseslag, virksomheder, infrastrukturejere, kommuner, eller staten, kan stå medlemmer og bidragspligtige ift. anlægs tinglysning, herunder anlæg, drift og vedligeholdelseskostninger. De har således hele tiden ansvaret for at opretholde en effektiv kystbeskyttelse.

Tilvejebringelse af midler, sker således på baggrund af en afgrænset skare.

4.3 Opsummering af identificerede problemstillinger og mulige synergier ift. afvejning af projektperspektiver

- **Hvis stenrev skal have væsentlig kystbeskyttelseseffekt, ligger anlæg over daglig vande**
Kystdirektoratet anskuer revs primære formål som værende en forøgelse af den marine biodiversitet, hvorfor det forventes at rev er designet og beliggende på en dybde, hvormed det undgår udtørring, ref. (3). Denne definering af et relativt snævert formål (og har ikke en biologisk årsag), udfordre de mange gevinster, herunder værdiskabende aktiviteter som kan opstå foranlediget af etableringen, se evt. afsnit 2.1.2. Ved ønsket om samtænkning af kunstige stenrev og bølgebrydere som kystbeskyttelse mod større hændelser, vil udfordre dette formål, hvorfor projektets karakter og primære formål da forventes at være 'anlæg af kystbeskyttelse'.

- **Hvis kystbeskyttelses anlæg af stenmaterialer er beliggende over daglig vande, opstår habitat for andre arter end marine**

Anlæg af bølgebrydere skaber også andre afledte effekter. F.eks. kan et anlæg over vande fungere som rasteplass for Skarv, hvilket kan modvirke effekten for fiskebestanden. Arter som isfugl og odder vil også kunne nyde godt af stenmaterialer over daglig vande.

- **Hvis kystbeskyttelses anlæg etableres i attraktive områder for rekreativ anvendelse, kan strømforhold potentielt være problematisk for badegæster men give muligheder for snorkelaktiviteter m.m.**

Anlæg af bølgebrydere kan potentielt skabe strømforhold der kan være problematiske for badegæster, men til gengæld give muligheder for snorkelaktiviteter, hvor strømforholdene er mindre kritiske og give visuelle referencer over vande til naturoplevelserne under vand.

- **Hvis kystbeskyttelses anlæg skal være medvirkende til at forbedre biodiversiteten, skal design tilpasses.**

Sten i tilknytning til kystbeskyttelses anlæg som bølgebrydere og sandfordring, kan være med til at understøtte og forbedre biodiversiteten ved at skabe habitater og øge biodiversiteten, der vil i det konkrete projektområde skulle vurderes på om ålegræssets udbredelse påvirkes, anlæggene bør tilpasses så ålegræssets påvirkes mindst muligt. Det vil ikke give mening biodiversitetsmæssigt at erstatte ålegræs med stenrev.

5. Referencer

1. **Center for Marint Naturgenopretning.** *Udfordringen.* s.l. : <https://www.marinnaturgenopretning.dk/om-centeret/>, [-].
2. **Center for Marin Naturgenopretning.** *Vejledning til naturgenopretning af stenrev.* 2024.
3. **Kystdirektoratet.** *Administrationsgrundlag for søterritoriet.* s.l. : <https://kyst.dk/media/pl5nlz1e/administrationsgrundlagforsoeterritoriet.pdf>, mod. 2023.
4. **Faxe Kommune.** *Kystbeskyttelse - Borgermøde - 13 decmeber 2023.* s.l. : https://www.faxekommune.dk/sites/default/files/presentation_faxe_kommune.pdf, 2023.
5. **Strandfoged.** *Infauna.* s.l. : <https://www.strandfoged.dk/havet/havets-fauna-infauna/>, [-].
6. —. *Epifaunaen.* s.l. : <https://www.strandfoged.dk/havet/havets-fauna-epifaunaen/>, [-].
7. **Dahl K., Lundsteen S., Helmig S.A.** *Stenrev - havbundens oaser.* s.l. : https://www2.dmu.dk/1_viden/2_publicationer/3_miljobib/rapporter/mb02.pdf, 2003.
8. **Miljøstyrelsen, Miljø- og Fødevareministeriet.** *Kortlægning af Natura 2000-områder: Marin habitatkortlægning i Skagerrak og Nordsøen 2017-2018.* s.l. : <https://www2.mst.dk/Udgiv/publikationer/2019/01/978-87-7038-027-0.pdf>, 2019.
9. **Stæhr P.A.U., Canal-Vergés P., Dahl K., Göke C., Holbach A.M., KrauseJensen D., Steinfurth R.C.H., Svendsen J.C., Jørgensen T.B.** *Forhold af betydning for naturgenopretning af stenrev.* s.l. : <https://marinnatur.dk/media/72561/genopretning-af-stenrev.pdf>, 2024.
10. **Karsten Dahl, Peter A.U. Stæhr, Cordula Göke, Jon Chri-stian Svendsen, Rune Christian Husted Steinfurth og Torben Bramming Jørgensen.** *Stenrev best practice.* s.l. : Center for Marin Naturgenopretning, 2024.
11. **DTU Aqua.** *Nyheder.* s.l. : <https://www.aqua.dtu.dk/nyheder/nyhed?id=cd1785ba-a996-4e15-a1c4-dd29a144f94c>, 2025.
12. **Aqua, DTU.** *DTU orbit.* [Online] [Citeret: 22. April 2025.] <https://orbit.dtu.dk/en/publications/atlantic-cod-igadus-morhuai-save-energy-on-stone-reefs-implicatio>.
13. **Peter A.U. Stæhr, Andreas M. Holbach, Karsten Dahl, Cordula Göke.** *Anvendelse af et decision support værktøj til udpegning af områder med potentiale for naturgenopretning af stenrev i fire udvalgte danske farvande.* s.l. : Center for Marin Naturgenopretning, 2025.
14. **Jens Kjerulf Petersen, Stig Helmig, Kerstin J. Geitner, Henrik Rosenskjold.** *Foreløbige optegnelser over lokaliteter for stenfiskeri i indre danske farvande .* s.l. : Center for marin naturgenopretning, 2024. <https://marinnatur.dk/media/72791/optegnelser-over-stenfiskeri.pdf>.
15. **Miljø- og Ligestillingsministeriet .** *Kysthabitatbekendtgørelsen - Bekendtgørelse om administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter for så vidt angår kystbeskyttelsesforanstaltninger samt etablering og udvidelse af visse anlæg på søterritoriet.* s.l. : <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2020/654>, 2020.
16. **Marine Strategy Framework Directive, European Commission.** *Descriptors under the Marine Strategy Framework Directive.* s.l. : https://environment.ec.europa.eu/topics/marine-environment/descriptors-under-marine-strategy-framework-directive_en, 2023.
17. **Center for Marin Naturgenopretning.** *Begeber i relation til marin naturgenopretning.* s.l. : <https://www.marinnaturgenopretning.dk/media/72359/begreber-i-relation-til-marin-naturgenopretning.pdf>, 2023.
18. **Kystdirektoratet, Miljø- og Ligesillingsministeriet.** *Kystbeslyttelsesloven, LBK nr. 245 af 28/02/2025.* s.l. : <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2025/245>, 2025.
19. **Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet.** *Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder.* s.l. : https://kyst.dk/media/yrt5a5kp/vejledning_om_kystbeskyttelsesmetoder_11_06_2024_doede_links_retet.pdf, 2018.
20. **Kystdirektoratet.** *Kystfodring.* <https://kyst.dk/media/0nslesga/kystfodring.pdf>.
21. **Rambøll.** *Faxe Ladeplads, Projektforslag.* s.l. : Rambøll, Februar 2017.
22. **Kystdirektoratet.** *Tilladelse til bypass efter kystbeskyttelsesloven med rent oprensningssand ved Faxe Ladeplads, Faxe Kommune.* s.l. : <https://www.faxekommune.dk/sites/default/files/2024-06/Bypasstilladelse%202017%2C%20Faxe%20Kalk.pdf>, 2017.

23. **Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet.** 24-03273-Ansøgning om tilladelse til genplacering af havbundssediment. s.l. : <https://kyst.dk/media/qt5ei22d/24-03273-ansoegning-om-tilladelse-til-genplacering-af-havbundsmaterialer-fra-faxe-ladeplads-havn-sejlrende.pdf>, 2024.
24. **Geodatastyrelsen,** . *Danmarks Dybdemodell*. s.l. : <https://gst.dk/ansvarsomraader/soekort-og-marine-data/soeopmaaling-og-dybdedata/danmarks-dybdemodell>, 2024.
25. **DHI.** *Faxe Ladeplads Havneudvidelse* . s.l. : Udarbejdet for Hasløv & Kjærsgaard I/S, 2024.
26. **Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet.** *Højvandsstatistikker 2024*. s.l. : Kystdirektoratet, 2024. <https://kyst.dk/klimatilpasning/vaerktoejer/hoejvandsstatistikker>.
27. **DMI.** *Klimaatlas*. s.l. : DMI. <https://www.dmi.dk/klima-atlas>. Data downloaded 2025: https://download.dmi.dk/Research_Projects/klimaatlas/v2024b/extended_datasets/DMI_Klimaatlas_v2024b_Udvidet_havniveau.xlsx.
28. **COWI.** *Klimatilpasning. Kystbeskyttelse ved Faxe Ladeplads. Skitseforslag*. s.l. : COWI, Juli 2013.
29. **Danmarks Miljøportal.** *Arealinformation*. s.l. : <https://danmarksarealinformation.miljoportal.dk/>, [-].
30. **Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet.** *Erosion*. <https://kyst.dk/klimatilpasning/kystdynamik/erosion>.
31. **Karsten Mangor, DHI.** *Shore Management Guidelines*. 2017.
32. **Rambøll.** *Indledende hydrauliske vurderinger. Hydraulik og badestrand*. s.l. : Rambøll, 2016.
33. **DHI.** *Marine vegetation*. s.l. : <https://marine-vegetation.satlas.dk/>, 2018.
34. **Danmarks Miljøportal.** *Kemidata*. s.l. : <https://kemidata.miljoportal.dk/>.
35. **Styrelsen for grøn areal omlægning og vandmiljø.** *Vandmiljøplanerne 2021-27*. s.l. : <https://mim.dk/miljo/vandmiljo/vandomraadeplanerne>, 2021-27.
36. **Environment, Baltic Marine.** Helcom. *Map and data service*. [Online] The Baltic Marine Environment Protection Commission. [Citeret: 9. April 2025.] <https://maps.helcom.fi/website/mapservice/>.
37. **Miljøstyrelsen, Miljø- og Ligestillingsministeriet.** *Bekendtgørelse om fastlæggelse af miljømål for vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og grundvand, BEK nr. 796 af 13/06/2023*. s.l. : <https://www.retsinformation.dk/eli/lta/2023/796>, 2023.
38. **SGAV.** *Vanplandata - kystvande*. s.l. : <https://vandplandata.dk/vp3genbesoeg2024/vandomraade>, 2024.
39. **Center for Marin Naturgenopretning.** *Center for marin naturgenopretning*. s.l. : <https://marinnatur.dk/>.
40. **Wilms, T. J., Norðfoss, P. H., Baktoft, H., Støttrup, J. G., Kruse, B. M., & Svendsen, J. C.** *Restoring marine ecosystems: Spatial reef configuration triggers taxon-specific responses among early colonizers*. s.l. : Journal of Applied Ecology, 2021. Årg. 58.
41. **Svendsen, J. C., Kruse, B. M., Wilms, T., Dahl, K., Buur, H., Andersen, O. G. N., Bertelsen, J. L., & KindtLarsen, L.** *The importance of reef habitats for fish, harbor porpoise and fisheries management*. s.l. : DTU Aqua. DTU Aqua-rapport No. 371, 2022. Årg. 371. https://www.aqua.dtu.dk/-/media/institut-ter/aqua/publikationer/rapporter352-400/371-2020_the-importance-of-reef-habitats-for-fish-harbor-porpoise-and-fisheries-management.pdf.
42. *Behavioural changes of Atlantic cod (Gadus morhua) after marine boulder reef restoration: implications for coastal habitat management and Natura 2000 areas.* **Kristensen, L. D., Støttrup, J. G., Svendsen, J. C., Stenberg, C., Højbjerg Hansen, O. K., & Grøn-kjær, P.** 5 353-360, s.l. : Fisheries Man-agement and Ecology, 24(5), 353-360., 2017, Årg. 24.
43. **Wilms, T. J., Jacobsen, M. W., Hansen, B. K., Baktoft, H., Bollhorn, J., Scharff-Olsen, C. H., ... & Svendsen, J. C.** *Environmental DNA reveals fine-scale habitat associations for sedentary and resident marine species across a coastal mosaic of soft-and hard-bottom habitats*. s.l. : Environmental Dna, 2022. Årg. 4. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/edn3.312>.
44. *Hard-bottom habitats support commercially important fish species: a systematic review for the North Atlantic Ocean and Baltic Sea.* **Flávio, H., Seitz, R., Eggleston, D., Svendsen, J. C., & Støttrup, J.** s.l. : Aquatic biology, 2023, Årg. 11. <https://peerj.com/articles/14681/>.
45. **Schwartzbach, A., Behrens, J. W., & Svendsen, J. C.** *Atlantic cod Gadus morhua save en-ergy on stone reefs: Implications for the attraction versus production debate in relation to reefs*. s.l. : Marine

Ecology Progress Series, 2020. Årg. 635 81-87. <https://www.int-res.com/abstracts/meps/v635/p81-87/>.

46. **Research Center, U.S. Army Corps of Engineers, U.S.A.** *Coastal Engineering Manual (CEM), Part VI-chap.2.* 2005.

47. **Jens Kjerulf Petersen, Torben Bramming Jørgensen, Mogens Flindt, Karsten Dahl.** *Teknisk administrative udfordringer ved marin naturgenopretning.* s.l. :

<https://www.marinnaturgenopretning.dk/media/72806/teknisk-administrative-udfordringer-ved-marin-naturgenopretning.pdf>, 2024.

48. **CIRIA.** *The Rock Manual.* 2007.