



A1 Consult A/S
Stieg Larssons Alle 11
8920 Randers NV

Tel 8641 8410
E-mail info@a1consult.dk
Web www.a1consult.dk
CVR 30495918

Forsvarsministeriet Ejendomsstyrelse Bagenkop Kystsikring

Dato 2024-07-04
Udarb. NKR
KS JJ

Projektnr. 23.109

Supplerende oplysninger til Kystdirektoratet

1. Introduktion

A1 Consult har på vegne af Viborg Ingeniørerne og Forsvarsministeriets Ejendomsstyrelse den 6. maj 2024 indsendt ansøgning om tilladelse til kystbeskyttelse ved Kystdirektoratet.

Kystdirektoratet har d. 6. juni 2024 fremsendt en vurdering med tilhørende bemærkninger og samt opfølgende spørgsmål til ansøgningsmaterialet. Vurderingen er vedhæftet notatet som Bilag I.

På baggrund af et opfølgende møde d. 11. juni 2024 mellem A1 Consult og Kystdirektoratet er det besluttet, at samle de informationer om projektet, der er nødvendige for Kystdirektoratets behandling af ansøgningen i ét samlet notat.

Dette notat udgør således grundlaget for Kystdirektoratets behandling af ansøgning om tilladelse til kystbeskyttelse af Føllesbjerg Marineudkigsstation. Til nærværende notat er vedhæftede nye plan- og snitte tegninger, som er udarbejdet i forbindelse med det sideløbende detailprojekt.

1.	Introduktion	1
2.	Projektforudsætninger	3
2.1.	Funktionskrav	3
2.1.1.	Levetid	3
2.1.2.	Naturlaster.....	3
2.1.3.	Topkote, Stenskråning.....	3
2.1.4.	Design vanddybder	3
2.1.5.	Stenskråning.....	3
2.2.	Stedlige forhold.....	3
2.2.1.	Eksisterende vanddybder.....	3
2.2.2.	Vandstand	4
2.2.3.	Nivellement.....	4
2.2.4.	Vindforhold	5
2.2.5.	Bølgeforhold.....	6
2.2.6.	Eksisterende konstruktioner	6
2.2.7.	Depot.....	7
2.2.8.	Kystudvikling	8
3.	Formål	11
4.	Kompenserende strandfodring	11
4.1.	Fodringsmængde.....	12
4.1.1.	Input.....	12
4.1.2.	Initialfodring	12
4.1.3.	Driftsfasen	12
4.2.	Udførelse.....	12
5.	Anlægsfasen.....	13

Tegninger

Tegning nr. 10110-030-10 Oversigtsplan, Eksisterende forhold

Tegning nr. 10110-030-11 Situationsplan, Eksisterende forhold

Tegning nr. 10110-030-12 Situationsplan, Fremtidige forhold

Tegning nr. 10110-030-13 Principsnit, Kystsikring

Bilag

Bilag I	Vurdering af ansøgning om kystbeskyttelse på Vognsbjergvej 17
Bilag II	Screeningsskema, Bagenkop, Kystsikring, Kystfodring

2. Projektforudsætninger

Kystdirektoratet har i forbindelse med vurderingen af ansøgningen efterspurgt forudsætningerne, som ligger til grund for projektering af stenskråningen. Herunder gengives udvalgte afsnit fra projektforudsætninger, som er udarbejdet i samarbejde med bygherre og Viborg Ingeniørerne.

2.1. Funktionskrav

2.1.1. Levetid

Stenkastningen langs skrænten dimensioneres ikke efter en specifik levetid, men ud fra en storm- og højvandshændelse. I nærværende projekt tages der udgangspunkt i en 100 års højvandshændelse i kombination med storm. Højvandshændelsen fremskrives med den forventede havvandsstigning (klimtillæg) for perioden år 2071-2100. Topkoten af kystsikringen fastlægges ligeledes efter disse forhold.

2.1.2. Naturlaster

Der anvendes følgende naturlaster:

Tabel 1 - Naturlaster

Stenskråning, Naturlast fra bølger	Se afsnit 2.2.5
---------------------------------------	-----------------

2.1.3. Topkote, Stenskråning

Stenskråningens topkote fastlægges på baggrund af overskylsberegninger. For overskylskriterier henvises der til Tabel 2.

2.1.4. Design vanddybder

Stenskråningen placeres langs skrænten på stranden. Stenskråningens tå nedgraves, men designes så den kan tåle fuld eksponering. Dækstensstørrelsen fastsættes ligeledes så konstruktionen har stor robusthed selv i fremtidige scenarier, hvor kystprofilet kan have ændret sig. Se i øvrigt afsnit 2.2.1 for eksisterende vanddybder ud fra projektområdet.

2.1.5. Stenskråning

Den kommende stenkastning placeres så den bedst muligt følger det nuværende kystforløb.

Hældningen på stenskråningen anlægges forventeligt med en hældning $a=1,5$ á $2,0$. Det søges at gøre anlægget så stejlt som muligt, for herved at minimere konstruktionens udbredelse ud i eksist. strandprofil.

For dimensioneringen af stenkastningen anvendes følgende designkriterier:

Tabel 2 - Dæksten

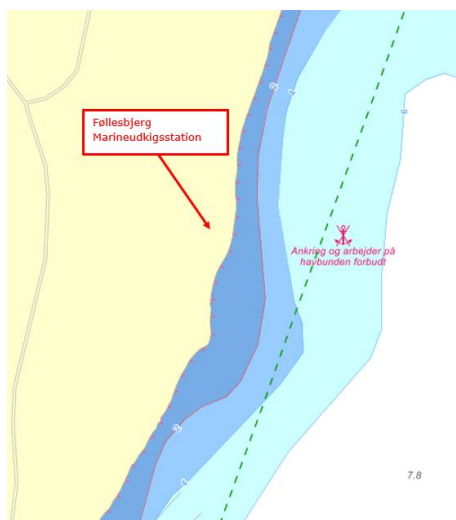
Acceptabelt skadeniveau dæksten, S_d	2,0*
Permeabilitetskoefficient (Van der Meer), P	0,1
Krav til overskyl (EurOtop 2018)	5-10 l/m/s

*Intermediate damage ($S_d = 3,0$) ved ekstremt scenarie (se Tabel 4 og Tabel 7)

2.2. Stedlige forhold

2.2.1. Eksisterende vanddybder

Der forefindes ikke pejlinger af området. På søkortet, krak.dk, er projektområdet angivet, se nedenstående Figur 1.



Figur 1 - Søkort fra Krak.dk

Fra eksist. kyst ud til hhv. 2m, 4m og 6m vanddybde er henholdsvis ca. 130m, 230m og 500m.

2.2.2. Vandstand

Vandstanden vurderes for én nutidig tilstand og én tilstand om 50 år, hvor en hhv. 50 og 100-årshændelse anvendes for begge tilstande.

Der er hentet værdier fra Kystdirektoratets Højvandsstatistikker (2017) for Bagenkop Havn.

Tabel 3 - Vandstand, nutidig tilstand

Hændelse	50 års	100 års
Højvande [cm]	165	170
Havvandstigning [cm]	0	0
Total vandstand, SWL_0 [cm]	165	170

Tabel 4 - Vandstand, tilstand om 50 år (2074)

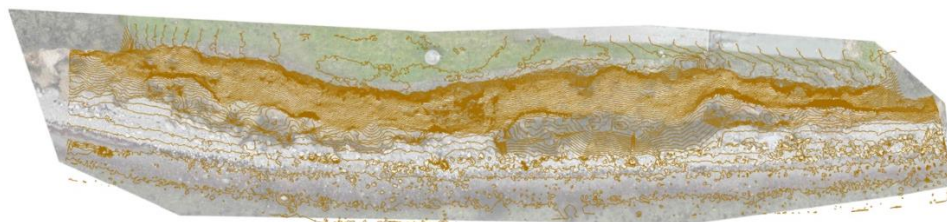
Hændelse	50 års**	100 års**
Højvande [cm]	165	170
Havvandstigning [cm] (2071-2100)*	70	70
Total vandstand, SWL_{50} [cm]	235	240

*Data fra Klimaatlas (DMI) for vurdering med højt CO₂-niveau, SSP5-8.5.

**Dimensioneres for skadesniveau 3,0 (intermediate damage)

2.2.3. Nivellement

LE34 har for Viborg Ingeniørerne d. 3. april 2024 udført en droneopmåling af skrænten langs Føllesbjerg Marineudkigsstation. Nivellementet anvendes til at placere stenskråningen ift. skræntens forløb og for at minimere gra-vearbejdet mest muligt. Nivellementet fremgår af Figur 2.



Figur 2 - Nivellement af skrænten udført ved droneopmåling af LE34

2.2.4. Vindforhold

Vindforholdene er relevante ifm. vurdering af bølgeforhold i og omkring projektområdet. I henhold til det fælleseuropæiske normsystem Eurocode, kan følgende basis vindhastighed antages.

Tabel 5 - Vind

Basisvindhastighed	$v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$	DS/EN 1991-1-4 DK NA (2010, 4.2 (1)P)
--------------------	----------------------------	---------------------------------------

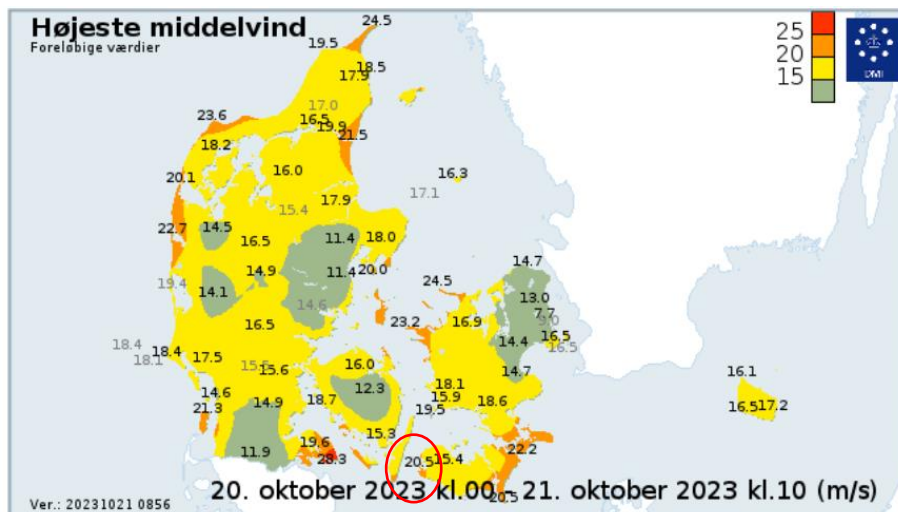
Ud fra ovenstående basisvindhastighed kan den designgivende vindhastighed fastsættes. De kritiske vindretninger for området ligger fra 120° til 150° , svarende til vindretninger fra ØSØ til SSØ. Af tabellen under fremgår en samlet opstilling af de designgivende vindhastigheder for området opdelt efter vindretning.

Tabel 6 - Ekstreme vindhastigheder for området

θ	c_{dir}^2	Ter. kat.	z_0	c_r	v_m
deg	-	-	m	-	m/s
120	0.80	I	0,01	1,17	25,2
150	0.80	I	0,01	1,17	25,2

Der er vha. MetOcean undersøgt for vinddata i nærheden af projektområdet. Ifølge modellen for en 25-årig periode fra 1995-2019 for området, fremgår der ikke middelvindhastigheder over 19 m/s. Dette underbygger at storme fra disse retninger er sjældne.

Ifølge DMI var den højeste middelvind i nærheden af projektområdet ca. 20,5 m/s ifm. oktober stormen d. 20. og 21. oktober 2023 (se Figur 3).



Figur 3 - Højeste middelvind for stormen d. 20. til 21. oktober 2023 (DMI)

2.2.5. Bølgeforhold

Bølgeforhold i og omkring projektområdet fastsættes ud fra fristrækberegninger, hvor bølger fastsættes ud fra en kombination af længden hvorover vinden virker, vanddybden samt storm fra en given retning. Der benyttes en 100 års højvandshændelse.

Der er benyttet hhv. Saville/SPM method for beregning af et effektivt fristræk, hvor det bliver taget højde for længden for det frie stræk og bølgens vinkel. De dimensionsgivende bølgeforhold er som følger:

Tabel 7 - Bølgetilfælde

År	Retn.	θ	v_m	h^{***}	SWL	$h_n = SWL + h$	F_{eff}	H_s	T_p
	-	deg	m/s	m	m	m	km	m	s
2024	ØSØ	120	25,2	2,0	1,7	3,7	96	3,5** (2,0)	7,3
2074	ØSØ	120	25,2	2,0	2,4*	4,4	96	3,5** (2,4)	7,3

*For 100-årshændelse (se Tabel 4)

**Bølgen er dybdebegrænset ved kysten til $0,55 \cdot h_n$

***Vanddybde 1-2 bølgelængder ud fra stenkastningen

2.2.6. Eksisterende konstruktioner

Kystsikringen udføres for at undgå yderligere erosion af skrænten, og for at sikre de eksisterende konstruktioner mod fremtidige skader. På den nordlige ende af skrænten går en træ- og ståltrappe ned til stranden (se Figur 4 og Figur 5). Trappen nedbrydes i forbindelse med anlægsarbejdet og trappen ønskes på nuværende tidspunkt ikke udskiftet.

Adgangsforholdene til stranden er begrænsede og det forventes, at grusvejen langs det sydlige matrikelskel, kombineret med en midlertidig arbejdsvej, kan benyttes i forbindelse med udførelsen, se skitsen på Figur 4.



Figur 4 - Placering af adgangsvej og træ- og ståltrappe

På grusvejen udlægges køreplader for at mindske påvirkningen af denne. Mellem grusvejen og stranden udlægges en midlertidig rampe opbygget af friktionsmaterialer. Rampen bliver ved færdiggørelsen af anlægsarbejdet fjernet.



Figur 5 - Den eksisterende ståltrappe d. 15-11-2023

2.2.7. Depot

Projektet vil kræve et midlertidigt depot, hvor de tilførte materialer kan opmagasineres indtil de indbygges. Forsvarsministeriets Ejendomsstyrelse ønsker at erhverve det med rødt markerede felt på Figur 6. Det

forudsættes, at denne plads kan anvendes til det midlertidige depot. Området skal ligeledes anvendes af entreprenøren som udfører vejprojektet. Arealfordelingen skal derfor koordineres i forbindelse med udbuddet. Forventeligt er der ca. 2000 m² til rådighed.

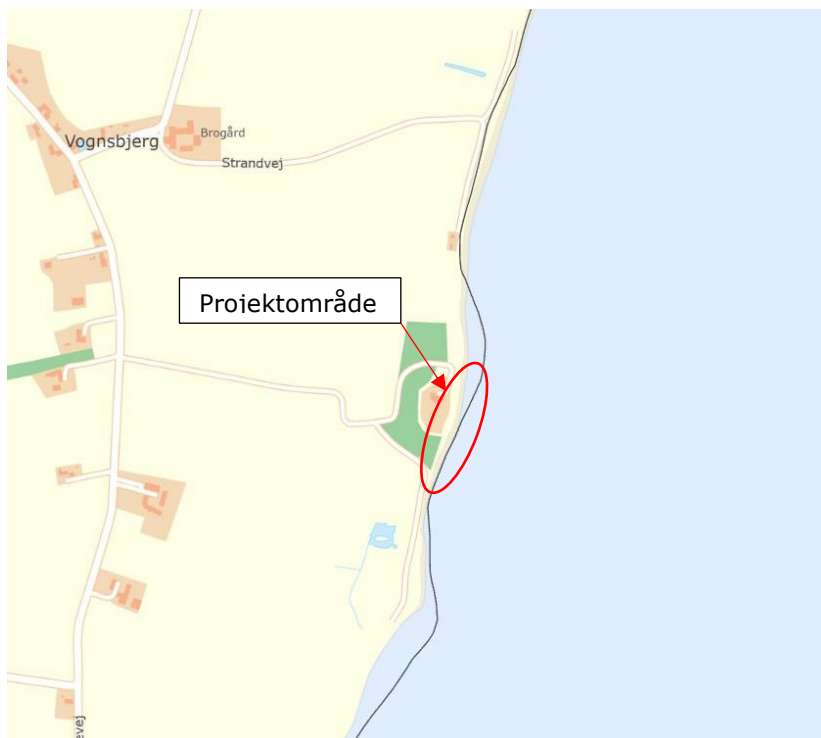


Figur 6 - Ønske til oplægsplads (Viborg Ingeniørerne)

2.2.8. Kystudvikling

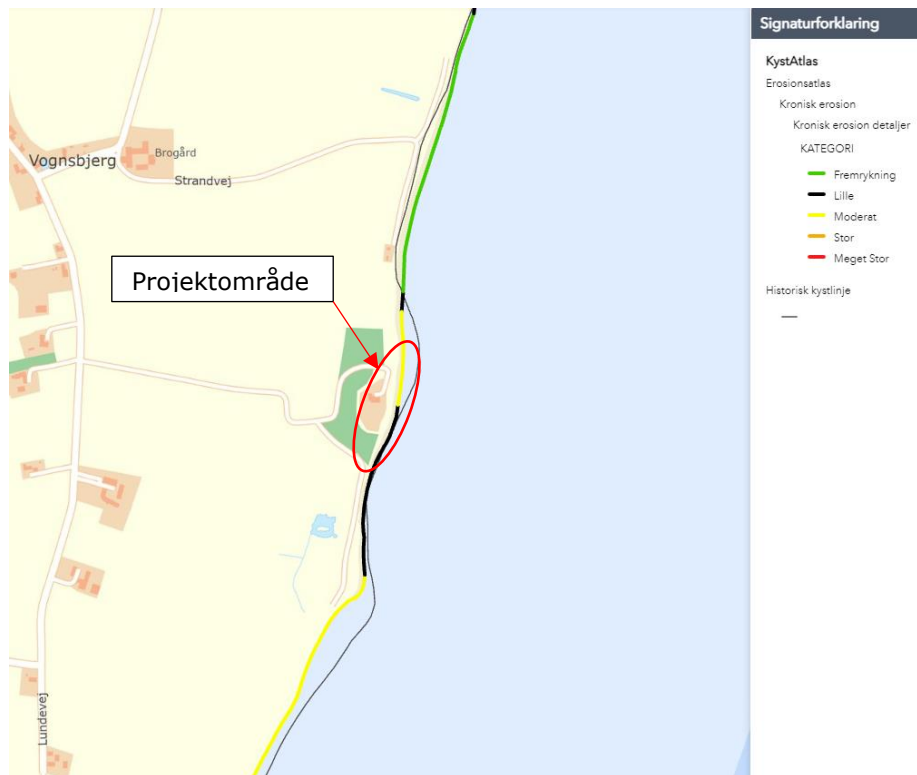
Den historiske kystlinje (angivet på Kystatlas) for kysten foran Føllesbjerg Marineudkigsstation fremgår af Figur 7. Det ses at kystlinjen syd for projektområdet og i den nordlige del af området er trukket tilbage. Tilsvarende har der været en kystfremrykning nord for projektområdet.

I den sydlige del af projektområdet har kystlinjen været relativ stationær over tid.



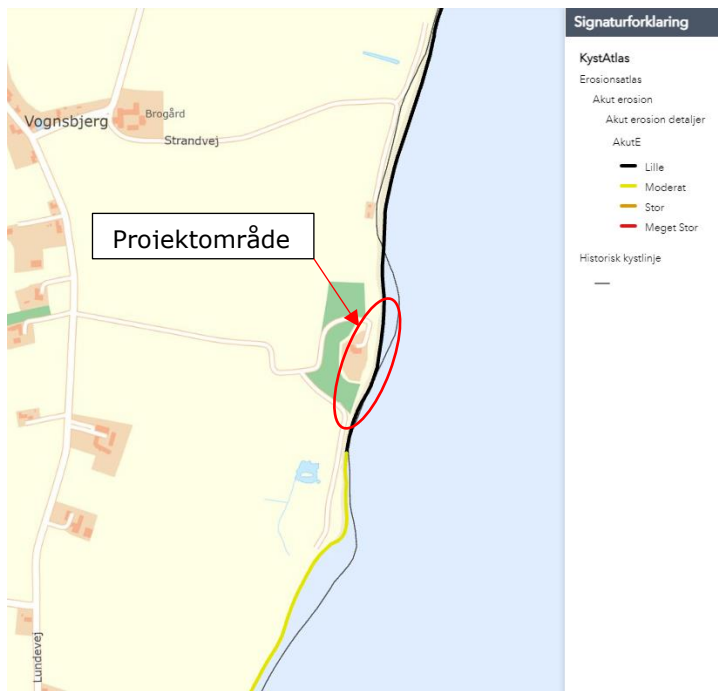
Figur 7 - Historisk kystlinje fra kystatlas (Kystdirektoratet)

Af Kystatlas fremgår det, at der er moderat kronisk erosion syd for projektområdet samt i den nordlige del af projektområdet (maksimalt 0,21 m/år). Der er kun lille kronisk erosion i den sydlige del af projektområdet (se Figur 8). Dette stemmer overens med det billede som ses ift. den historiske kystlinje.



Figur 8 - Kronisk erosion

Af Kystatlas fremgår det, at der moderat akut erosion syd for projektområdet og lille akut erosion ved projektområdet (se Figur 9).



Figur 9 - Akut erosion

I forhold til områdets eksponering af akut erosion så stemmer Kystatlas ikke overens med det observerede ved inspektionen (udført af A1 Consult d. 29. november 2023) af området efter storm og højvande den 20.-21. oktober 2023.

Følgende er et udklip af inspektionsnotatet:

Kystskrænten var præget af erosion og friske skred. Det vurderes, at skræntfoden flere steder er eroderet 3-4 m tilbage. Enkelte steder sås yderligere hulrum ind i skrænten, 1-2 m dybe.

Erosionen er værst i den sydlige ende af området, hvor der stedvist var lodrette jordflader op til ca. 4-5 m høje (figur 2).



Figur 10 - Skred med hulrum i den sydlige ende af området. Skrænten består af sand.

Ud for bygningen, hvor skrænten består af ler, var skreddene mindre, typisk 1-2 m (figur 3).

Det vurderes, at hændelsen i oktober 2023 var et sjældent tilfælde, og at det er sandsynligt, at der vil være langt mellem disse hændelser (se i øvrigt afsnit 2.2.4). Forsvaret kan dog ikke risikere at skrænten eroderer yderligere.

3. Formål

Formålet ved anlæg af den hårde kystsikring er dels at sikre adgangsvejen langs grundens nordlige ende, og dels for at beskytte vigtigt udstyr til overvågningen af skibstrafikken. Da A1 Consult som underrådgiver til Viborg Ingeniørerne, ikke er sikkerhedsgodkendte ved Forsvaret, kendes udstrækningen eller placeringen af udstyret ikke. En udtalelse fra Forsvarsministeriets Ejendomsstyrelse lyder; *"Generelt skal kystsikringen sikre at kystudkigsstationen opretholdes som operativ 24-7-365 grundet rigets sikkerhed."*

Som vendt på det opfølgende møde, ønskes valget om hård kystsikring fastholdt. Dette medfølger ifølge Kystdirektoratet, at der kræves en kompenserende strandfodring. I nedenstående afsnit vurderes behovet og omfanget af en kompenserende fodring.

4. Kompenserende strandfodring

Ved etablering af hård kystsikring, vil den naturlige erosion af skrænten forhindres. Dette flytter erosionen ud foran anlægget som vil skabe et mere stejlt profil af kysten over tid. For at modvirke denne effekt, udføres en initialfodring. Størrelsen på denne initialfodring bestemmes vha. Kystdirektoratets beregningsmetode¹ for fodringsmængde. Denne baseres på kystens erosionsrate og skræntens højde over en given strækning. Dette

¹ <https://kyst.dk/publikationer/kystbeskyttelse/vejledning-om-kystbeskyttelsesmetoder>

uddybes i følgende afsnit. Kystfodringen er screenet iht. miljølovgivningen se bilag II.

4.1. Fodringsmængde

Fodringsmængden findes vha. følgende formel:

$$F = l \cdot (h + d) \cdot s \cdot t$$

- F : Fodringsmængde [m^3 i fast mål]
- l : længde af strækning [m]
- h : kote til terræn inden for skrænten [m]
- d : aktiv dybde – der hvor bølger og strøm flytter sediment [m]
- s : periode [år]
- t : tilbagerykning/erosion [m/år]

4.1.1. Input

I Tabel 8 fremgår input til beregningen af fodringsmængden.

Tabel 8 - Input til beregningen af fodringsmængden

Parameter	Input	Kommentar
l	140 m	Længden af stenskråningen
h	13 m	Topkoten af skrænten varierer mellem kote ca. +10,0 og +14,0 m i følge højdemodellen
d	3 m	Projektområdet er placeret i farvandstypen bælt: Femernbælt
t	0,21 m/år	Kysten rykker sig maksimalt ca. 2,1 m tilbage i løbet af 10 år (Kystatlas)
s	5 år	Antager initialfordring svarende til 5 år

4.1.2. Initialfodring

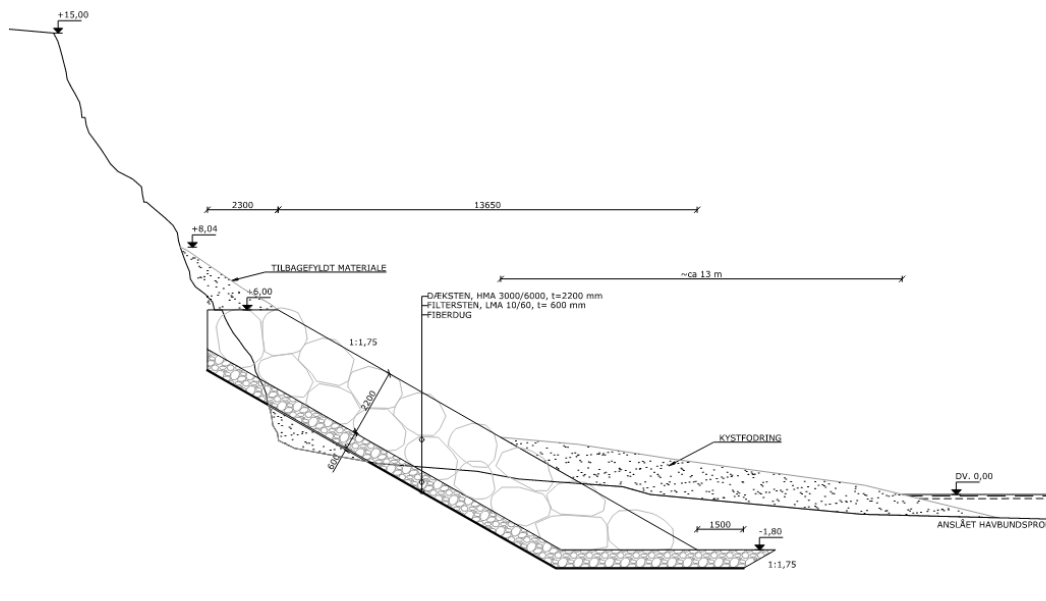
Der vælges at initialfodres svarende til ca. 5 år erosion. Det vil sige at der skal kompenseres med ca. 2400 m^3 naturligt forekommende sediment foran stenskråningen i forbindelse med anlægsfasen.

4.1.3. Driftsfasen

Det foreslås at strækningen strandfodres ca. hvert 5. år. Som udgangspunkt forventes at mængden kommer til at svare til initialfodringen. Stranden bør monitoreres for at vurdere kystudviklingen. Hertil bør fodringsbehovet genbesøges inden første strandfodring udføres.

4.2. Udførelse

Kystfodringen skal bestå af det overskydende opgravede materiale, og tilført af samme type, som det naturligt fremkommende materiale. Materialet udlægges jævnt foran den nye stenskråning. Opbygningen af den fremtidige kystsikring fremgår af nedenstående principsnit.



Figur 11 - Principisnit for kystsikring (Tegn. 10110-030-13)

5. Anlægsfasen

I anlægsfasen vil der forekomme støj som følge af anlægsaktiviteterne. Mest støj vil optræde ifm. aflastning af sten i depotområdet og støjen vil optræde som følge af sten skrabende med stål lastkassen på lastbilerne. Det vurderes, at der skal tilkøres ca. 300 lastbiler over en periode over ca. 2-3 måneder.

Anlægsarbejdet vil som udgangspunkt blive udført inden for normal arbejdstid, men der kan være tilfælde, hvor det er nødvendigt at arbejde om aftenen eller om lørdagen.

Støjens udbredelse vil være begrænset til nærområdet, men intensiteten vurderes at være høj. Varigheden af påvirkningen vil være mellemlang, da arbejdet vil stå på i flere måneder. Nærmeste ejendom ligger ca. 350 m fra depotområdet, ellers ligger øvrig bebyggelse over 0,5 km væk. Beboerne langs Vognsbjergvej vil dog i perioden opleve øget trafik af lastbiler som kører materiale til depotet. Projektet vurderes ikke at påvirke beboerne i området væsentligt.



A1 Consult A/S
Stieg Larssons Alle 11
8920 Randers NV

Tel 8641 8410
E-mail info@a1consult.dk
Web www.a1consult.dk
CVR 30495918

Viborg Ingeniørerne, Bagenkop Kystsikring

Erosionsvurdering v. realiseringen af kystsikringen ved Føllesbjerg Marineudkigsstation

Dato	2024.05.03
Udarb.	NKR
KS	ES
Rev.	-
Rev. dato	-

Projektnr.	23.109
------------	--------

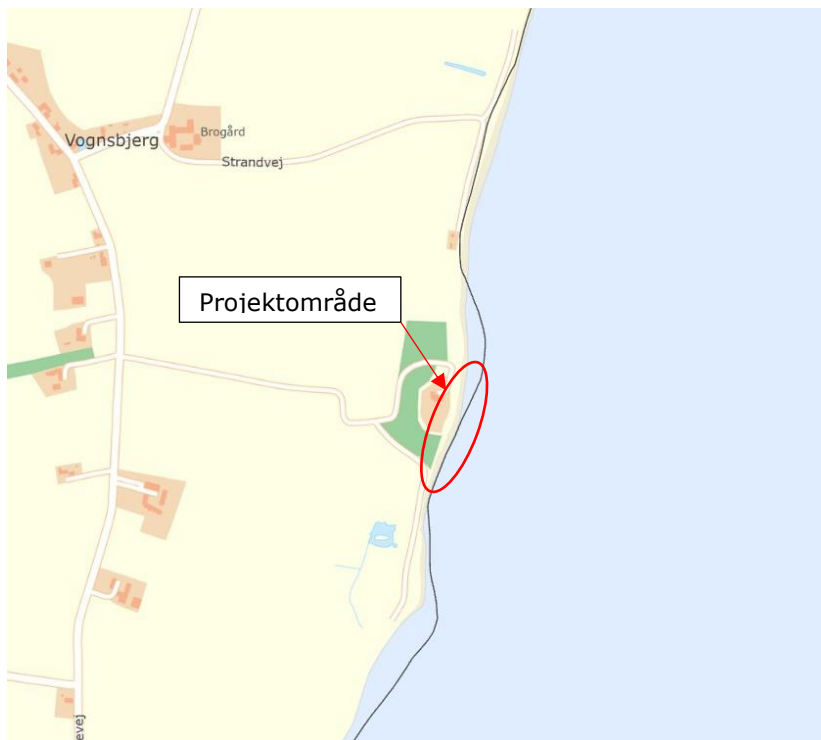
1. Introduktion

I forbindelse med ansøgningen om tilladelse til kystsikring ved Føllesbjerg Marineudkigsstation, udarbejdes nærværende notat for at belyse kystdynamikken for kystlinjen omkring Føllesbjerg. Yderligere vurderes projektets eventuelle påvirkning af kystlinjen eller nabostrækninger.

2. Vurdering af kystudvikling og erosion

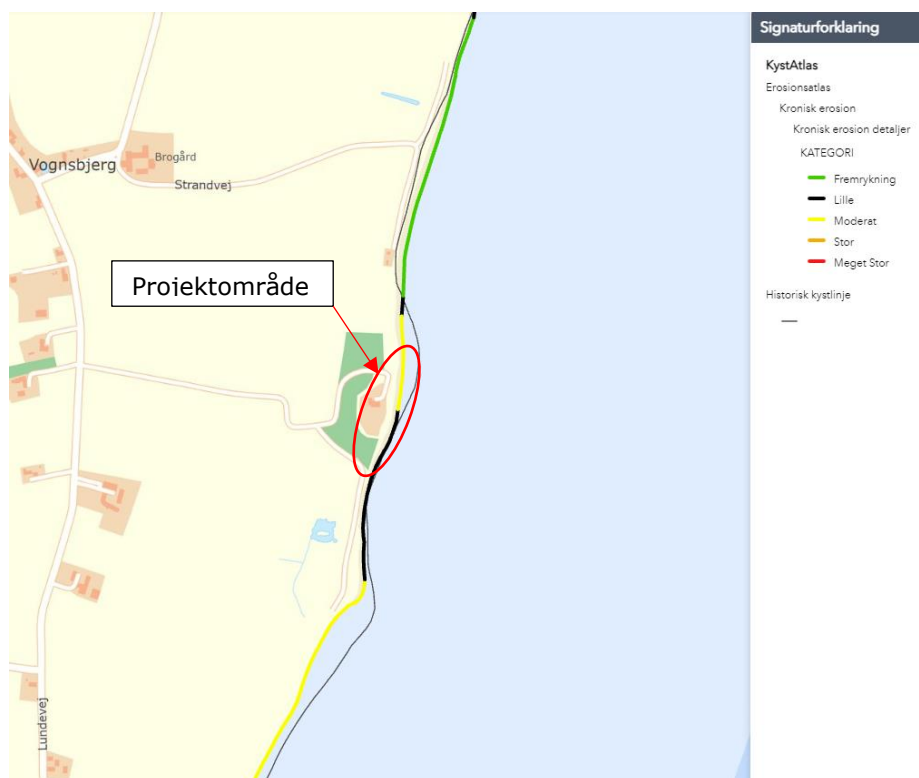
Den historiske kystlinje (angivet på Kystatlas), for kysten foran Føllesbjerg Marineudkigsstation, fremgår af Figur 1. Det ses at kystlinjen syd for projektområdet og i den nordlige del af området er trukket tilbage. Tilsvarende har der været en kystfremrykning nord for projektområdet.

I den sydlige del af projektområdet har kystlinjen været relativ stationær over tid.



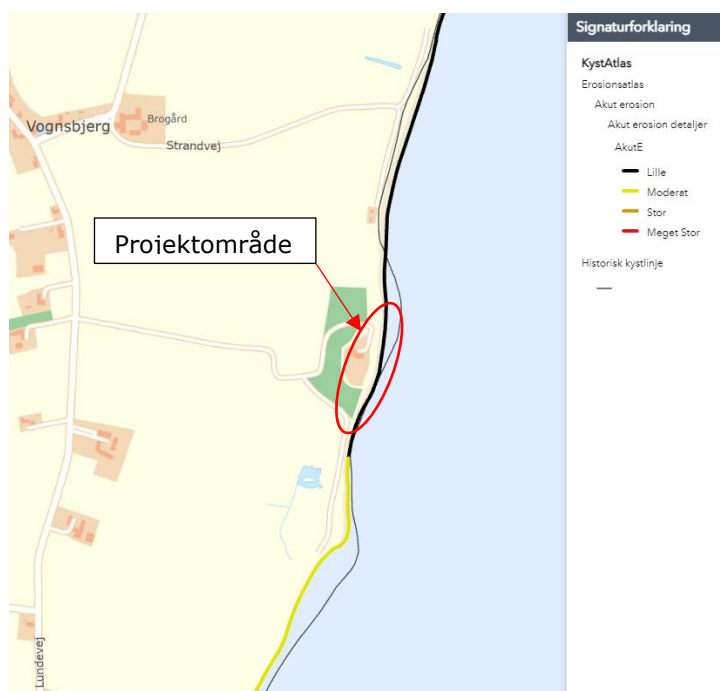
Figur 1 - Historisk kystlinje fra kystatlas (Kystdirektoratet)

Af Kystatlas fremgår det at der er moderat kronisk erosion syd for projektområdet samt i den nordlige del af projektområdet. Der er kun lille kronisk erosion i den sydlige del af projektområdet (se Figur 2). Dette stemmer overens med det billede som ses ift. den historiske kystlinje.



Figur 2 - Kronisk erosion

Af Kystatlas fremgår det, at der moderat akut erosion syd for projektområdet og lille akut erosion ved projektområdet (se Figur 3).



Figur 3 - Akut erosion

I forhold til områdets eksponering af akut erosion så stemmer Kystatlas ikke overens med det observerede ved inspektionen (udført af A1 Consult

d. 29. november 2023) af området efter storm og højvande den 20-21. oktober 2023.

Følgende er et udklip af inspektionsnotatet:

Kystskrænten var præget af erosion og friske skred. Det vurderes, at skræntfoden flere steder er eroderet 3-4 m tilbage. Enkelte steder sås yderligere hulrum ind i skrænten, 1-2 m dybe.

Erosionen er værst i den sydlige ende af området, hvor der stedvist var lodrette jordflader op til ca. 4-5 m høje (figur 2).



Figur 4 - Skred med hulrum i den sydlige ende af området. Skrænten består af sand.

Ud for bygningen, hvor skrænten består af ler, var skreddene mindre, typisk 1-2 m (figur 3).



Figur 5 - Skred ud for bygning. Skrænten består af ler.

Inspektionsnotatet er vedhæftet som bilag C.

Jordbundsforholdene for området består primært af moræneler med sten og blokke, stedvist med indslag af smeltevandssand. Mod syd er der et område med smeltevandssand. Dette kan også ses af jordartskortet jf. Figur 6.



Figur 6 - Jordartskort for området fra GEUS

Erosionen er værst, hvor aflejringerne er mest sandede, mod syd og nord i området. Ud for bygningen består skrænten af moræneler og der er kun mindre skred.

3. Vurdering af projektets indvirkning på områdets kystdynamik

Kystsikringen udføres som en stenskråning placeret så tæt på skrænten som muligt og som på bedst mulig vis følge det oprindelige kystforløb. På grund af projektets eksponerede placering nedgraves stenkastningens tå, så den selv ved fuld eksponering vil have tilstrækkelig robusthed. Dette sammen med valg af dækstensstørrelsen medfører, at konstruktionen har stor robusthed selv i fremtidige scenarier hvor kystprofilen kan have ændret sig.

Eftersom kystsikringen udføres som en impermeabel konstruktion op af en eksisterende skrænt, vil sandtilførslen fra erosion af skrænten stoppe. Der vil derfor på sigt være risiko for at stranden trækker sig tilbage og kystens profil derved vil blive stejlere.

Stenskråningen udføres langs forsvarets to matrikler og føres tilstrækkeligt forbi de eksisterende konstruktioner på matriklerne, så disse vil være sikret i fremtiden. Stenskråningen afsluttes ved at føre tåen ind mod den eksisterende skrænt, således risikoen for bagskæring minimeres.

Det vurderes generelt at kystsikringen ikke forhindrer den naturlige kystdynamik, og påvirker således ikke nabostrækningerne negativt. Dette vurderes på baggrund af, at den kun er en lille kronisk erosion nedstrøms for projektet mens der opstrøms pågår en kystfremrykning. Derved vurderes det, at den hårde kystsikring ikke vil medføre risiko for, at området omkring Føllebjerghavn Marineudkigsstation vil komme til at fremstå som en fremrykket position langs kysten.