



Faxe Ladeplads Øst Kystbeskyttelsesprojekt

Projektforslag

Faxe Kommune

Dato: 11. december 2025

Forside: Dronefoto efter storm d. 22. oktober 2023 (Foto: Jesper Kramer).

Rev.nr.	Dato	Beskrivelse	Udarbejdet af	Kontrolleret af	Godkendt af
0	11-12-2025	Projektforslag	PFOR/JMAK/ ANSL	SSC	SSC

Indhold

1.	Indledning.....	4
1.1.	Historik.....	4
2.	Områdebeskrivelse.....	5
2.1.	Eksisterende forhold og kystbeskyttelse.....	6
2.2.	Terræn og oversvømmelsesrisiko	8
2.3.	Grundvand og overfladevand.....	11
2.4.	Naturforhold.....	12
2.5.	Geologiske forhold	13
3.	Sikringsniveau og forudsætninger	14
3.1.	Havvand	14
3.2.	Bagvand.....	14
4.	Dimensionering	14
4.1.	Bagvand.....	16
5.	Løsningsforslag	19
5.1.	Påvirkning på nabostrækninger.....	22
6.	Anlægsbeskrivelse.....	22
6.1.	Dige.....	22
6.2.	Rørledninger m. kontraklap.....	23
6.3.	Ledningsoplysninger	23
7.	Anlægsøkonomi	24
	Litteraturliste	26
Bilag 27		
	Bilag 1: Beregning af understrømning af havvand under dige.....	28
	Bilag 2: Natur og miljøforhold	36
	Bilag 3: Geologisk screening.....	41
	Bilag 4: Modellering af bølger og akut erosion	45

1. Indledning

Faxe Kommune har bedt NIRAS om at undersøge muligheden for at kystsikre Faxe Ladeplads Øst. Nærværende projektforslag bygger på det indledende skitseprojekt for samme område (NIRAS, Faxe Ladeplads Øst - Skitseprojekt, 2025). Projektforslaget danner grundlag for et kommunalt fællesprojekt om kystsikring af Faxe Ladeplads Øst. Skitseprojektet inkluderede to delstrækninger, herunder strækning Nord og strækning Syd. I nærværende rapport omhandler projektet kun strækning Syd, som fremover nævnes projektområde eller projektstrækning.

Rapporten omfatter en generel områdebeskrivelse og beskrivelse af natur, grundvand, bagvand og geologiske forhold samt beregninger af bølgepåvirkning og vandstand, som danner de dimensionsgivende forudsætninger for designkriterier af løsningsforslaget. Rapporten omfatter en anlægsbeskrivelse samt en indledende anlægsøkonomi for udførelse af løsningsforslaget.

Projektet omhandler etablering af højvandsbeskyttelse mod ekstremvandstande i form af et jorddige, overgang over diget, samt tre rørgennemføringer.

1.1. Historik

Flere ejendomme i Faxe Ladeplads fik voldsomme skader under stormen d. 20.-21. oktober 2023, også kaldet "Oktober-stormen". Stormen var forårsaget af kraftig vind fra øst, der medførte forhøjet vandstand og høje bølger i det sydøstlige Danmark. Kombinationen af høj vandstand og høje bølger betød, at kysten ved Faxe Ladeplads var udsat for både erosion og oversvømmelse flere steder.

NIRAS har besigtiget projektområdet d. 25. september 2024, fra kl. 15 til kl. 18. Besigtigelsen blev foretaget gående fra syd mod nord langs hele projektstrækningen.

Skitseprojektet var baseret på en gammel terrænmodel, da nyere ikke var tilgængelig. Nærværende projektforslag udføres efter senest tilgængeligt data, dvs. en terrænmodel opmålt i 2024.

2. Områdebeskrivelse

Projektstrækningen har en længde på ca. 490 m og vises på Figur 2.1. På figuren ses matrikelgrænser i området samt højdekurver med en 1 meters ækvidistance. Terrænet vurderes højest i midten af projektstrækningen, jf. Figur 2.1. Syd for projektområdet ligger der en mole med skråningsbeskyttelse og en enkelt høfde ud fra molen samt et dige.



Figur 2.1: Oversigt over projektstrækning ved Faxe Ladeplads Øst. Baggrund: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024).

2.1. Eksisterende forhold og kystbeskyttelse

Projektområdet består af en bred sandstrand med klitter (Figur 2.2). Der er ikke etableret kystbeskyttelse i projektområdet.



Figur 2.2: Stranden langs projektstrækningen (foto taget fra nord set mod syd).

På baggrund af en historisk kystlinjeanalyse vurderes det, at der generelt er foregået aflejring langs projektstrækningen i perioden 1954-2024. I forbindelse med oktober-stormen i 2023 er der derimod foregået erosion langs hele projektstrækningen. På ortofoto ses det, at den yderste klitrække er forsvundet. Det vurderes, at sandet i den yderste klitrække er blevet trukket ud på strandprofilet foran den forhenværende klit af bølgerne under stormen (NIRAS, Faxe Ladeplads Øst - Skitseprojekt, 2025).

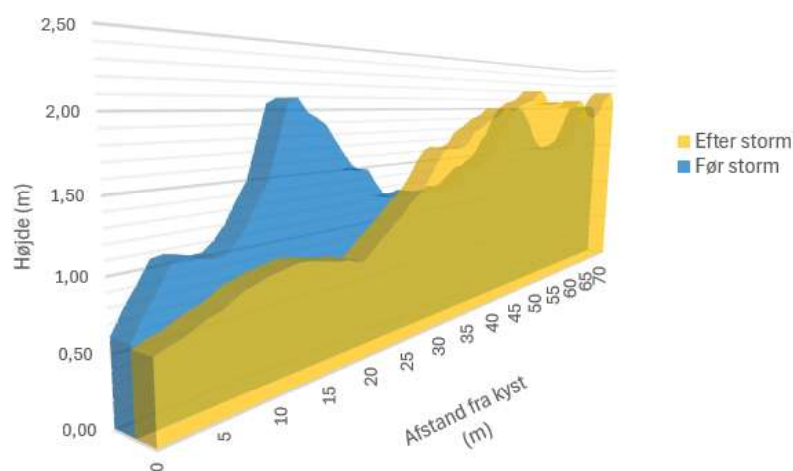
I skitseprojektet (NIRAS, Faxe Ladeplads Øst - Skitseprojekt, 2025) blev der sammenlignet et højdekort fra perioden 2023 (sammensat af data fra 2018-2023) og 2024 hvor det blev bemærket det, at den yderste klitrække er forsvundet (Figur 2.3).

Bemærk, analysen er baseret på midlertidig terræninformation fra Danmarks Højdemodel fra 2024 (Quick DHM). Quick DHM er alene tænkt som en midlertidig adgang til de data, der løbende indsamles i forbindelse med produktionen af Danmarks Højdemodel, men er en mulighed for tidlig adgang til højdedata for brugerne¹. Kortlægningen kan derfor indeholde fejl og mangler.

¹ Information om Quick DHM: <https://dataforsyningen.dk/data/4849>



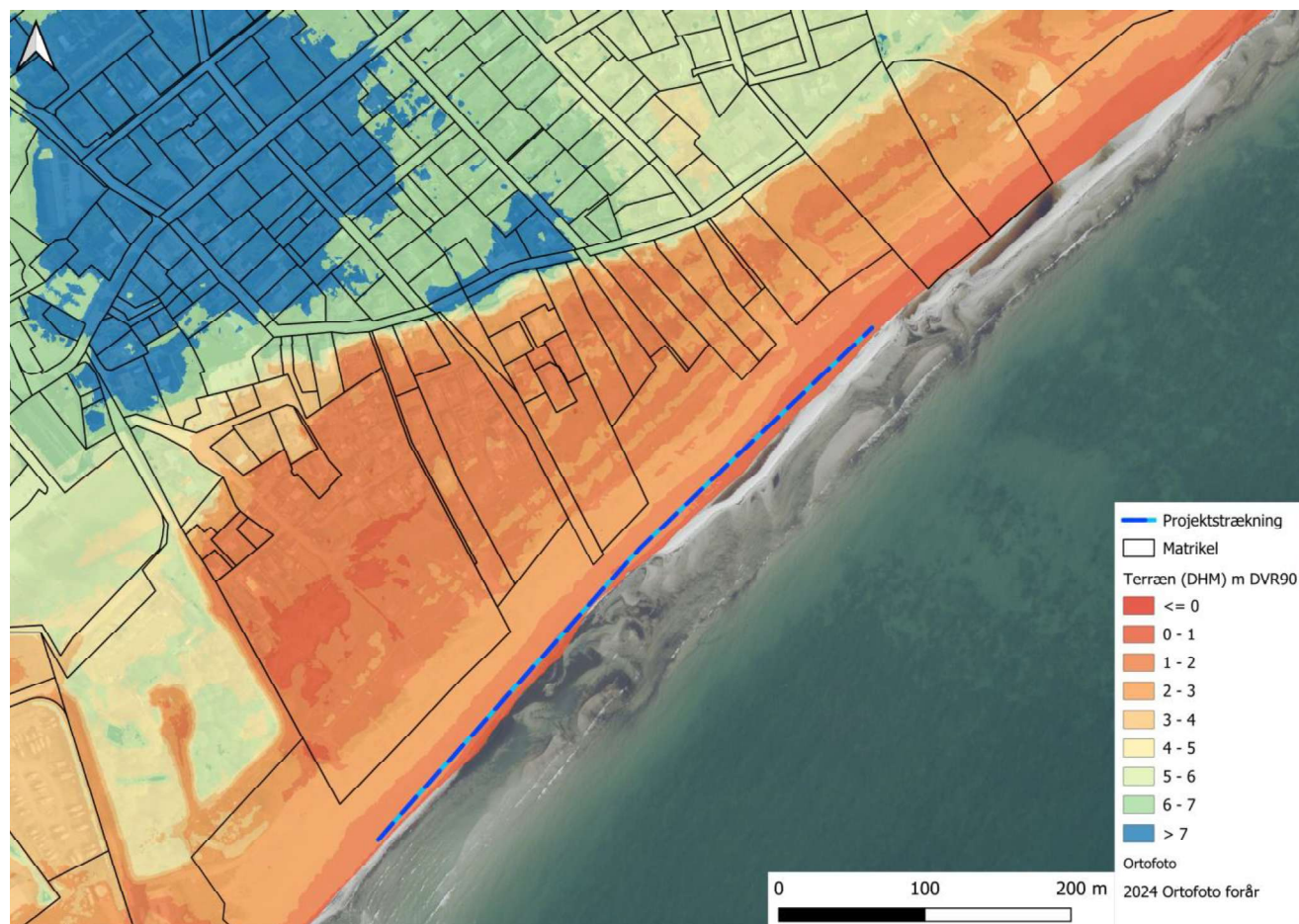
Figur 2.3: Højdeforskel mellem terræn fra 2023 og 2024. Positive værdier (rød/orange) viser, hvor terrænet er sænket fra 2023 til 2024. Negative værdier (mørkegrøn) viser, hvor terrænet er hævet fra 2023 til 2024. Et udtræk af terrænet på tværs af kysten (rød linje) er markeret og resultatet vist på Figur 2.4



Figur 2.4: Terrænforskel fra 2023 og 2024 i et udtræk på tværs af kysten mellem projektområde syd og nord, jf. Figur 2.3

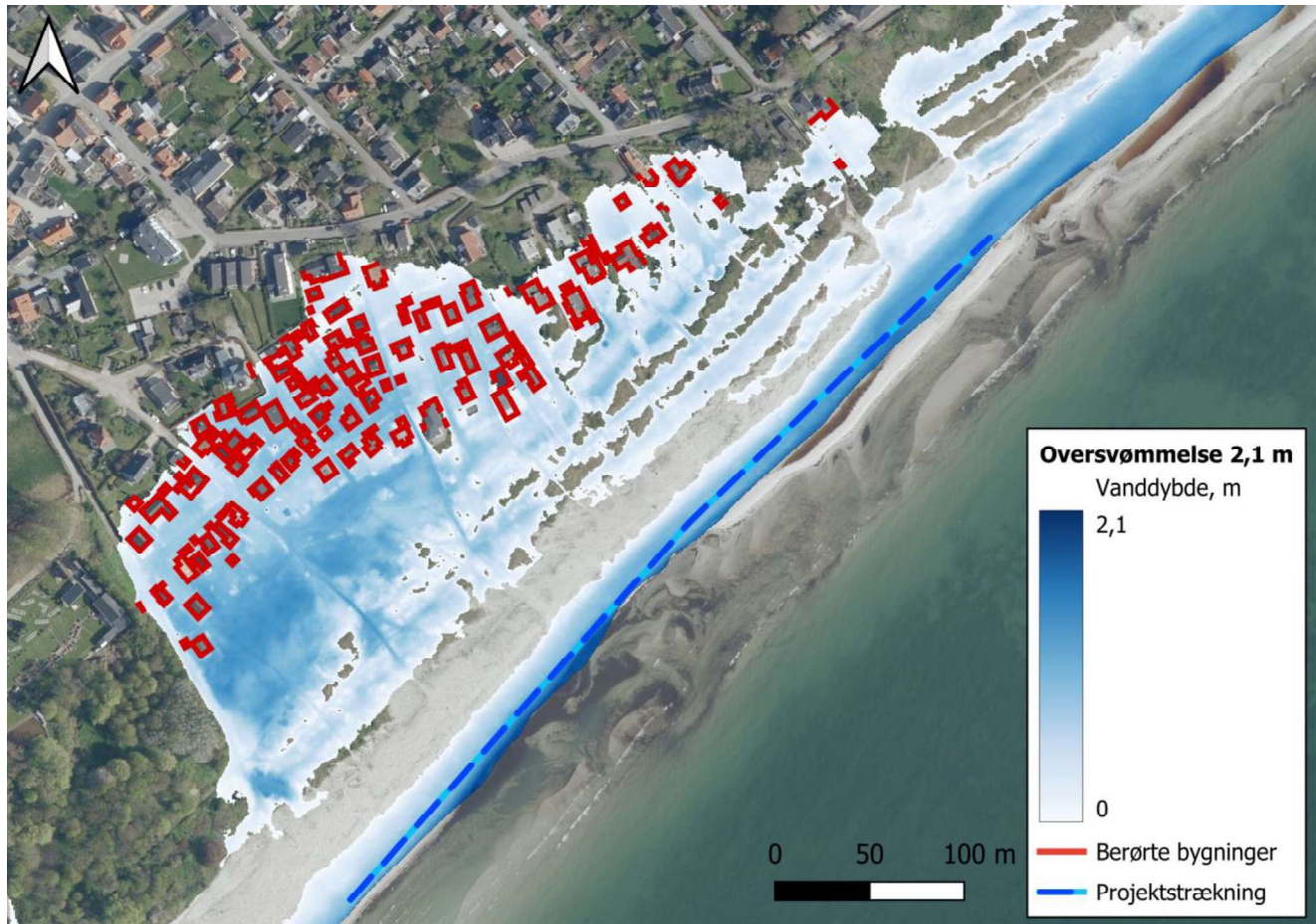
2.2. Terræn og oversvømmelsesrisiko

Projektområdets terrænvariation er præsenteret på Figur 2.5. Det forventes, at der vil ske oversvømmelse langs hele projektstrækningen ved fremtidige stormhændelser. Den største oversvømmelsesrisiko er i områderne med lavt terræn eller punktvis i højere terræn, hvis klitten er gennemskåret af en sti. Bølgeoverskyl ifm. stormhændelser kan forværre fremtidige oversvømmelser og påvirke flere boliger.



Figur 2.5: Terræn i projektområdet. Den Danske Højdemodel (opmålt 1. maj 2024) fra (Klimadatastyrelsen, Danmarks Højdemodel, 2024). Baggrundskort: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024)

I nærværende projektforslag arbejdes der med en vandstand på +2,1 m DVR90, hvilket udspecificeres i senere afsnit. Hvilke bygninger, der vil blive berørt af havvand, er markeret på Figur 5.2.



Figur 2.6: Oversvømmelse ved forhøjet vandstand til +2.1 m DVR90 uden kystsikring. Baggrundskort: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024)

2.2.1. Observationer efter oktober-stormen i 2023

Ifølge grundejerne trængte havvand ind langs siderne af klitrækken. Vandet stod højt bag klitterne, og baglandet blev fyldt op som et badekar (Figur 2.7). Ved de lidt højere klitter midt for på projektstrækningen var der ikke direkte vandgennemtrængning, men der forekom bølgeoverskyl. Grundejerne beskriver, at stranden er blevet op til fire gange bredere efter stormen.



Figur 2.7: Dronefoto efter storm d. 22. oktober 2023 (Foto: Jesper Kramer).

2.3. Grundvand og overfladevand

Der er ingen egentlige vandløb, der leder vand direkte til projektområdet, og som kan bidrage til eventuel opstuvning bag den planlagte kystbeskyttelse. Tilstrømning til oplande bag projektområdet foregår primært via overfladeafstrømning samt evt. grundvand og bølgeoverskyl.

Der er udarbejdet en indledende screening af, hvor regnvand vil samle sig på terræn i projektområdet. Figur 2.8 viser, hvor der vil kunne opstå vand på terræn ved en 10 års regnhændelse. Vandet samles især i det sydvestlige hjørne af projektområdet. Dette stemmer overens med, at dette område generelt har fugtig jord og beboerne oplever, at der står vand på terræn ved skybrudshændelser.



Figur 2.8: Vand på terræn ved en 10 års regnhændelse. Nedsivning indgår ikke i vurderingen, og visualiseringen repræsenterer derfor en konservativ vurdering af vandstanden. Baggrundskort: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024).

På samme måde er der lavet en indledende vurdering af, om der er risiko for højtstående grundvand i projektområdet, og om dette vil blive forværret af understrømning af havvand under diget under en stormflod (se Bilag 1: Beregning af understrømning af havvand under dige). Analysen viser, at det ikke afvises, at der i fremtiden vil være problemer med understrømning af grundvand under diget, som kan give problemer med oversvømmelse.

På sigt vurderes der at være behov for afværgeforanstaltninger i forhold til højtstående grundvand, regnvand og understrømning. Dette vil ikke blive undersøgt nærmere i dette projekt, men det anbefales at igangsætte et projekt, der har til formål at udvikle en samlet løsning på oversvømmelsesproblematikken – herunder både nedbørsrelaterede oversvømmelser og stigende grundvand – samt at adressere de fremtidige udfordringer med understrømning.

2.4. Naturforhold

Der er foretaget en miljøscreening af projektområdet i forbindelse med skitseprojektet (NIRAS, Faxe Ladeplads Øst - Skitseprojekt, 2025), hvor NIRAS efterfølgende har udført besigtigelser for flagermus, markfirben, natlyssværmer og § 3-beskyttet natur (NIRAS, 2025).

I projektområdet er der én type af § 3-beskyttet natur (overdrev). Derudover er der fundet en række beskyttede flora og faunatyper. Omkring 1,2km nordøst for projektområdet ligger Natura 2000-område nr. 167, der primært består af skov. I projektområdet er én arealfredning (strandfredning). Der er risiko for jordforurening omkring havnen. En oversigt over § 3-beskyttet natur (overdrev), fredning, strandbeskyttelseslinje og jordforurening i projektområdet i projektområdet set ift. digefodafttrykket er vist på Figur 2.9.

Ved besigtigelserne er konstateret ti potentielle levesteder for flagermus, der er dog ikke behov for at fjerne de potentielle levesteder for flagermus. Der er ikke fund af bilag IV-arterne natlyssværmer og markfirben, men der er 26 fund af den fredede art skovfirben i og umiddelbart nær projektområdet. Kalkoverdrevet i området har en beregnet naturtilstand, som er moderat. Centralt i området er konstateret en stor udbredelse af de rødlistede arter due-skabiose og blåtoppet kohvede. Der er fund af invasive arter; særligt rynket rose er udbredt i hele området. I den sydvestlige del er der forekomst af japansk pileurt og sildig gyldenris.

Hvor diget afsluttes i syd er området V2-kortlag og i den nordlige del af diget er området områdeklassificeret, hvor der er et krav om analyser. Der er derfor behov for at indhente aktindsigt, og kommunen skal vurdere, om der skal udarbejdes en §8-ansøgning.

For yderligere beskrivelse henvises til Referencer

- [1] NIRAS, 2024. Faxe Ladeplads, kystbeskyttelse - Geologisk Screening. Faxe Kommune.
- [2] Dataforsyningen. Hydrologisk Informations- og prognosesystem. <https://hip.dataforsyningen.dk/>
- [3] Dataforsyningen. HIP dokumentation for beregninger. <https://hip.dataforsyningen.dk/pages/documentation.html#toc-5-2>

Bilag 2: Natur og miljøforhold, besigtigelsesnotatet (NIRAS, 2025) og XXX.

Projektet er omfattet af krav om miljøvurdering efter miljøbeskyttelseslovens afsnit II¹. Der skal derfor gennemføres en miljøkonsekvensvurdering (VVM) på baggrund af mulig påvirkning af §3 beskyttet overdrev og fredede arter. Afgrænsningsnotatet er sendt i høring d. 27/11 2025.



Figur 2.9: Oversigt over § 3-beskyttet natur (overdrev), fredning, strandbeskyttelseslinje og jordforurening i projektområdet. Baggrundskort: Skråmørt Dæmpet (Geodanmark)

2.5. Geologiske forhold

Der er foretaget en geologisk screening af projektområdet i forbindelse med skitseprojektet (NIRAS, Faxe Ladeplads Øst - Skitseprojekt, 2025). Screeningen er foretaget som en gennemgang af de geologiske forhold gennem bl.a. jordartskort, topografiske kort og boringsdatabaser.

Der er ikke fundet nogle boringer i projektområdet. Omkring 1 km nordøst for projektområdet er der fundet tre boringer. Det forventes, at de terrænnære jordlag er præget af saltvandssand underlejret af moræneler, stedvist med mindre indslag af smeltevandssand.

For korrekt geoteknisk fundering af kystsikring i projektområdet er følgende parametre af betydning:

- Styrken af jorden under anlæggene;

- Deformationsegenskaberne af jorden, der efterlades under anlæggene, herunder risiko for sætninger af organiskholdige aflejringer;
- Vandspejls- og strømningsforhold.

For yderligere beskrivelse henvises til Bilag 3: Geologisk screening.

3. Sikringsniveau og forudsætninger

3.1. Havvand

Højvandsbeskyttelsen ved projektområdet dimensioneres efter en 100-års stormhændelse og designes til at have en levetid på 50 år (frem til år 2075). Ved at sammenholde den statistiske 100-års hændelse med den forventede havspejlsstigning, opnås en ekstremvandstand på 205 cm DVR90 i år 2075 (Tabel 3.1). Værdien oprundes til 210 cm DVR90, hvilket er den vandstand, der anvendes som den dimensionsgivende vandstand.

Tabel 3.1: Beregning af dimensionsgivende vandstand

Parameter	Vandstand (cm DVR90)
100-års middeltidshændelse i år 2024	171
Havspejlsstigning fra år 2024 til 2075	34
Ekstremvandstand, 100-års hændelse	205
Dimensionsgivende vandstand	210

Forudsætningerne for den dimensionsgivende vandstand, der danner basis for det endelige sikringsniveau, er beskrevet i Bilag 4: Modellerings af bølger og akut erosion.

3.2. Bagvand

Når der anlægges dige, skabes der en barriere, der potentielt blokerer eksisterende strømningsveje. Det nye dige må midlertidigt ikke forværre afvandingen. Det er derfor en forudsætning, at de eksisterende strømningsveje gennem diget opretholdes. Derudover skal evt. bølgeoverskyl håndteres, så det ikke skaber oversvømmelser bag diget under designstormen.

4. Dimensionering

Sikringsniveauet er +2,1 m DVR90, som fundet i analysen af den fremtidige forventede ekstremvandstand beskrevet i afsnit 3.1. Under storm kan bølger bidrage til at øge den lokale vandstand og forårsage overskyl af diget. Derfor skal kronekoten af diget være højere end den forventede ekstremvandstand.

NIRAS har modelleret den lokale bølgehøjde ved klitfoden under en designstorm. Designstormen er baseret på oktober-stormen i 2023, men hvor den højeste vandstand svarer til den dimensionsgivende vandstand på +2,1 m DVR90.

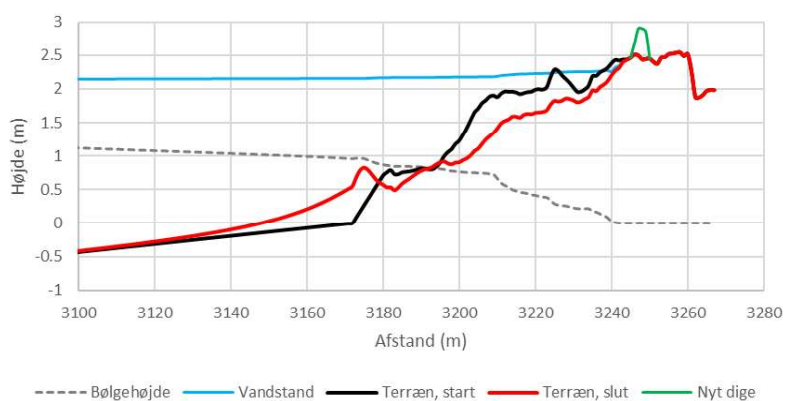
I modellen er erosion af klitrækken under designstormen også blevet beregnet langs tre udvalgte profiler i projektområdet, hvis placering er vist i Figur 4.1. Modellerings og resultaterne er beskrevet i Bilag 4: Modellerings af bølger og akut erosion. Resultaterne viser, at den eksisterende klitrække i den midterste og sydlige del af

området er modstandsdygtigt overfor designstormen, dvs. at der ikke er nogen bølgepåvirkning af diget. I den nordlige del af området sker der derimod en erosion af den eksisterende klitrække helt ind til digefoden, som vist i Figur 4.1. Der sker ikke erosion ved selve digetåen, og tilsvarende er bølgehøjden ved tåen 0 m.

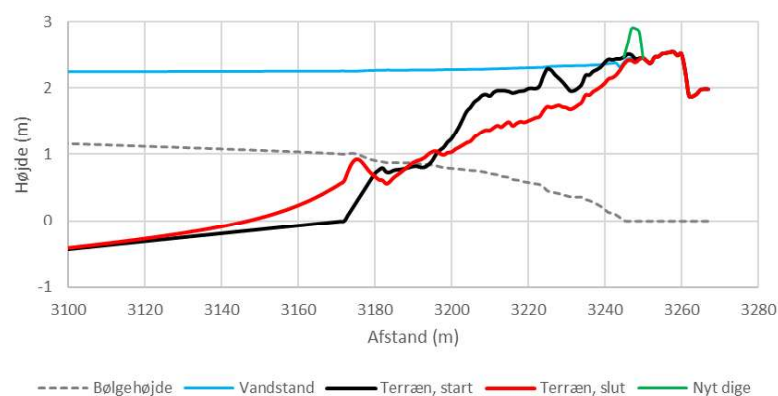
Som en sensitivitetstest er modellen også kørt med en vandstand på + 2,2 m DVR90. Ved denne vandstand sker der erosion, der dog er lille. Det vurderes ikke, at der vil ske erosion af selve diget, da dette er mere resistens overfor bølgeerosion end sandklitten. For at imødekomme risikoen ved erosion og underminering af diget, anbefales det at forlænge digetåen til 50 cm under terræn, i stedet for de 30 cm under terræn, der er standard.



Profil 1, vandstand = 2,1 mDVR90



Profil 1, vandstand = 2,2 mDVR90



Figur 4.1: Øverst: Placering af kystprofiler. Nederst: Signifikant bølgehøjde (stiplet grå) og vandstand (blå) langs Profil 1 ved stormens højdepunkt. Forskellen imellem terrænet ved stormens start (sort) og stormens afslutning (rød) giver et udtryk for den akutte erosion. . Baggrundskort: (SDFE Geodanmark, 2025)

I skitseprojektet er det blevet analyseret, at diget bør have en kronekote på + 2,8 m DVR90 ved den dimensionsgivende vandstand. I den nordlige del, hvor klitrækken eroderes, og der er bølgepåvirkning af diget, er bølgehøjden foran digetåen 0,1 m.

Bølgeoverskyllet er estimeret for et dige med en kronekote på + 2,8 m DVR90 og en oprundet bølgehøjde på 0,2 m ved at følge EurOtop-manualen (EurOtop, 2018). Bølgeoverskyllet er estimeret til at være <0,05 l/s/m ved stormens højdepunkt i den nordlige del. Estimatet kan også bruges om reference på, hvad bølgeoverskyllet i den midterste og sydlige del er, hvis klitrækken her også eroderer under stormen.

Selvom bølgeoverskyllet er minimalt, viser beregningen, at der er begyndende overskyl ved en kronekote på +2,8 m DVR90. Det er derfor valgt at fastholde denne kronekote. De +2,8 m DVR90 angiver toppen af lermembranen, som diget bygges op med. Ovenpå lermembranen lægges et 10 cm muldlag.

Det er svært at forudsige, hvordan klitten foran diget vil udvikle sig i fremtiden. Der sker i dag en fremrykning af stranden, men samtidig vil det klimarelaterede havspejlstigning modvirke denne fremrykning. Det er derfor vigtigt at følge klittens udvikling. Hvis klitten i fremtiden langsomt borterodere, anbefales det at genbesøge vurderingen af bølgeoverskyl. Hvis bølgeoverskyllet på sigt bliver større, kan der blive behov for at håndtere overskyllet, så det ikke medføre oversvømmelse af bagvandet.

4.1. Bagvand

Eftersom der ikke er noget bølgeoverskyl, der skal håndteres, skal bagvandshåndteringen sikre, at afvandingsituationen ikke forværres ved at eksisterende strømningsveje opretholdes.

Der er lavet en bagvandsanalyse for den eksisterende og fremtidige situation med dige, for forskellige nedbørshændelser med programmet Scalgo Live, hvor det er muligt på baggrund af en påført regnhændelse at få lavet oversvømmelseskort for området. Det er væsentligt at bemærke, at der i beregningen ikke er inkluderet information om jordforhold og mulighed for nedsivning under regnhændelsen.

Der er ikke fastlagt en specifik, dimensionsgivende nedbørshændelse for projektet til bagvandsanalysen. Det er derfor valgt at præsentere resultater for en 10 og 100-års nedbørshændelse for at præsentere påvirkningen ved etablering af et nyt dige. Nedbørshændelser defineret ved intensitet og regndybde til brug for bagvandsanalyse i Scalgo Live er fastlagt ved brug af Spildevandskomiteens regnrækkeværktøj for bestemmelse af regndata m.m. (Spildevandskomiteen, SVK). Intensitet og regndybde er vist i Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Nedbørsintensiteter og nedbørskybder for bagvandsanalyse ved projektområdet.

Hændelse	Nedbørsintensitet [mm/s]	Nedbørskybde [mm]
10 års (T10)	2,97	43
100 års (T100)	5,03	72

Figur 4.2 viser oversvømmelseskort ved en 10 og 100-års hændelse for den eksisterende og fremtidige situation. Der er en tendens til, at vandet koncentrerer sig i det sydvestlige hjørne af området (markeret med rød cirkel på figuren). Den maksimale vandstandskote bag ved diget er +1,30 m ved en 10-års hændelse og +1,67 m ved en 100-års hændelse. Der er ikke nogen markant forskel i de 2 situationer. Diget bryder dog den eksisterende hydrauliske forbindelse mellem områder på hhv. land- og havsiden af diget.



Figur 4.2: Oversvømmelseskort ved den eksisterende og fremtidige situation for en 10 (T10) og 100-års hændelse (T100). Den sorte streg viser placeringen af diget. Baggrundskort: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024)

For at opretholde den hydrauliske forbindelse mellem områderne på begge sider af diget, foreslås det at etablere tre udløbsledninger med kontraskjær gennem diget. Udløbsledningerne tillader, at der kan ske udstrømning fra områder på landsiden af diget, når vandstanden er højere end på havsiden af diget. Dermed skal ledningerne sikre, at der ikke opstuvet mere vand bag diget end i den eksisterende situation. Placeringen af udløbsledningerne er vist i Figur 4.3.



Figur 4.3: Placering af udløbsledninger. Baggrundskort: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024)

5. Løsningsforslag

Formålet med løsningsforslaget er at beskytte mod oversvømmelse under højvande. I skitseforslaget blev der præsenteret to forskellige linjeføringer, hhv. et fremskudt kliddige og et tilbagetrukket dige. Der er besluttet at arbejde videre med et tilbagetrukket dige. Beslutningen er taget set ud fra et kystteknisk perspektiv samt hvad der mindst påvirker miljøet og fredninger i området. Efterfølgende er digets præcise fodaftryk optimeret for at undgå potentielle flagermusegnede træer og for at minimere påvirkning af øvrige naturforhold. Løsningen er adaptiv, dvs. det er muligt at hæve kronekoten og dermed beskyttelsesniveauet med tiden. Fodafttrykket af diget over terræn vises på Figur 5.2 set i forhold til en oversvømmelse på +2,1 m DVR90.



Figur 5.1: Oversvømmelse ved forhøjet vandstand til +2,1 m DVR90 efter etablering af dige. Baggrundskort: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024)

Diget er trukket tilbage fra kysten og følger havegrænserne ud mod klitområdet (Figur 5.2). Diget afsluttes i det tætbeplantede område med højt terræn mod syd. Det er nødvendigt at fælde enkelte træer, hvor diget afsluttes. Mod nord afsluttes diget ved strandstien, hvor det afbøjes landværts langs stien og ender ved en naturlig terrænkote på +2,8 m DVR90. Diget vil skille sig lidt ud i det naturlige kystlandskab, men har kun en lille påvirkning på det naturlige klitlandskab, da diget er trukket tilbage i landet. Det er ødelæggende for anlægget at blive betrådt. Derfor vil diget kræve ekstra stabilisering i passageområder hen over diget, således at digets højde ikke reduceres og det samtidig med at det sikres, at den eksisterende adgang til og langs stranden bevares. Forstærkningen kan f.eks. bestå af græsarmering eller grus. Den endelige type overgang fastlægges i detailfasen.

Der etableres tre rørgennemføringer med kontraklap i diget, som skal sikre at de eksisterende strømningsveje af overfladevand på begge sider af diget opretholdes, som de er i dag.

Plantegningen indeholder hhv. digets fodaftryk over og under terræn samt placeringer af rørgennemføringer og forstærkninger til overgange.



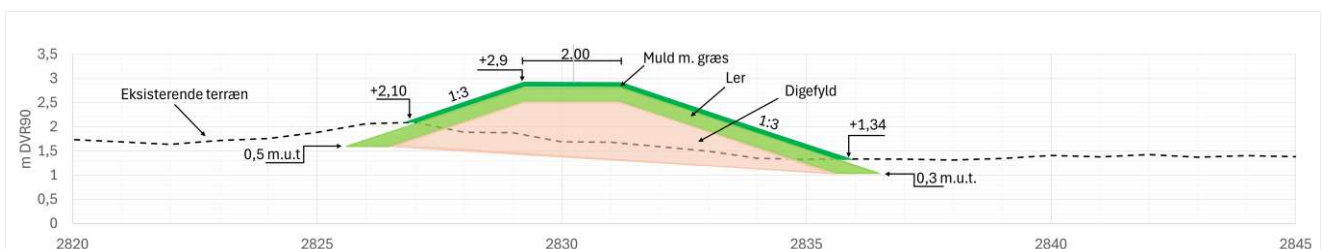
Figur 5.2: Plantegning. Baggrundskort: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024)

Jorddiget anlægges efter principperne i Kystdirektoratets digebeskrivelse (Kystdirektoratet, u.å.). Et principsnit af diget er vist i Figur 5.4. Principsnittegningen er baseret på terrænmodellen opmålt i 2024 ved Profil 2 (jf. Figur 5.3).



Figur 5.3: Placering af Profil 2. Baggrundskort: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024)

Jorddiget anlægges med en kronekote på +2,9 m DVR90 og skrånende for- og bagside på 1:3. Diget har en kronebredde på 2 m. En kronebredde på minimum 2 m anbefales af Kystdirektoratet i tilfælde med let bølgepåvirkning, se (Kystdirektoratet, 2008). Diget består af en kerne af sand og/eller ler, en lerkappe (membran) og et muldlag med græs. Tykkelsen af lermembranen er 30 cm. Afslutningen af lermembranen føres 30 cm under eksisterende terræn på landsiden og 50cm på havværtssiden. Lermembranen afdækkes med et 10 cm tykt muldlag, som tilsås med en særligt salttålede græsfrøblanding. Oversiden af muldlaget svarer til den angivne kronekote på Figur 5.4. Der må forventes en tolerance i anlagt højde på +/- 10 cm, som ikke er indregnet i kronen på nuværende tidspunkt.



Figur 5.4: Principsnittegn. OBS.: X-aksen angiver meter fra et fixed punkt.

5.1. Påvirkning på nabostrækninger

Diget har ingen negativ effekt på nabostrækninger, idet det ikke tilbageholder sediment og dermed opretholdes den naturlige sedimenttransport. Der etableres desuden rørgennemføringer, som sikrer, at bagvandssituationen ikke forværres. Endelig indarbejdes forstærkninger (overgange) i konstruktionen, så der fortsat er adgang og passage til stranden.

6. Anlægsbeskrivelse

6.1. Dige

Forud for etablering af diget vil det være nødvendigt først at afrømme den eksisterende vegetation i det berørte område. Dette omfatter også overjordisk plantemateriale og eventuelle rødder, som kan kompromittere digets tæthed og stabilitet. På dele af projektstrækningen forekommer der i dag rynket rose, gyldenris og pileurt. I detailfasen skal det fastlægges, i hvilket omfang rødder og jord skal fjernes i disse områder. Af hensyn til bæredygtighed tilstræbes det at bortgrave så lidt jord som muligt.

Efter rydning foretages en udgravning af den eksisterende strand, således at digets lermembran (digets tå) kan etableres i en erosionssikker dybde. Først etableres kernen af egnet fyldmateriale, og oven på kernen udlægges en tæt lermembran, der fungerer som en barriere mod vandgennemtrængning. Herefter udlægges et muldlag, som danner grundlag for den efterfølgende græsetablering. Hele digekonstruktionen afsluttes med såning af græs for at sikre overfladestabilitet og minimere risikoen for erosion. Den ideelle græsfrøbladning kan oplyses af Kystdirektoratet.

Diget afsluttes i begge ender mod et højt terræn svarende til kronekoten, således at det i begge ender glider naturligt over i det eksisterende terræn.

Anlægsarbejdet udføres med standard entreprenørmateriel såsom gravemaskiner og dumpere. Arbejdet vil hovedsageligt foregå inden for det område, hvor diget etableres (digets fodaftryk/tracé), og yderligere benyttelse af omkringliggende arealer vil blive begrænset mest muligt. Tilkørsel til digetracéet vil ske via eksisterende adgangsveje på landsiden af digets linjeføring.

6.1.1. Vedligehold

Vedligeholdelse af diget er afgørende for at sikre dets fortsatte funktion og beskyttelsesevne. Vedligeholdelsesarbejdet omfatter generelt udbedring af skader opstået som følge af storme, tilgroning og slid forårsaget af mennesker og dyr. Det er væsentligt løbende at kontrollere, at diget forbliver intakt, at overfladen holdes fri for buskads, og at græstæppet er velplejet og uden skader.

Det anbefales, at græstæppet klippes minimum tre gange i løbet af vækstsæsonen (april til september) for at sikre et sundt og robust rodnet, hvilket er afgørende for digets overfladestyrke. Regelmæssig græsklipning bidrager desuden til at minimere tilstedeværelsen af gnavere og letter inspektionen af diget. Der bør foretages en årlig, grundig inspektion af diget, ideelt i sensommeren, således at eventuelle skader kan udbedres inden stormsæsonen. Diget skal løbende kontrolleres for huller og vegetation der ikke består af græs, bør fjernes for at opretholde digets funktionalitet.

Efter hver stormhændelse skal diget inspiceres grundigt for at identificere og vurdere eventuelle skader. Minimum hvert femte år foretages en præcis opmåling af digets kronekote for at sikre, at diget fortsat opfylder de fastsatte krav til sikringshøjde. Ved skader forårsaget af stormflod kan omfanget af skader udvikle sig hurtigt, og det er derfor afgørende, at diget løbende kontrolleres, vedligeholdes og om nødvendigt genopbygges umiddelbart efter stormflodshændelser for at opretholde dets beskyttelsesfunktion.

6.2. Rørledninger m. kontraklap

Rørledninger (rørgennemføringer) etableres inden den resterende del af diget bygges ovenpå. Der indbygges kontraklapper i ledningerne til at forhindre indtrængen under højvande. De endelige placeringer og dimensioner af ledningerne fastlægges i detailfasen.

6.2.1. Vedligehold

Minimum to gange om året skal der være kontrol af rørledninger og kontraklapper samt foretages nødvendig vedligeholdelse. Herunder skal der ske slåning af vegetation og oprensning af rørgennemføringerne.

6.3. Ledningsoplysninger

Diget anlægges over en telekommunikationsledning og flere afløbsledninger. Dybden af ledningerne er ikke oplyst på LER.dk, hvilket skal undersøges nærmere i en senere fase. Der forventes ingen komplikationer med ledningerne, idet anlægstypen er et dige. Derimod skal der udføres ekstra forsigtighed ved ledningerne i forbindelse med anlægsfasen.



Figur 6.1: Ledninger i projektområdet. Kilde: Ler.dk. Baggrundskort: (Klimadatastyrelsen, Ortofoto Forår 2024)

7. Anlægsøkonomi

Prisen for løsningsforslaget er beregnet ud fra den mængde materiale løsningsforslaget kræver (estimeret ud fra anlæggets volumenberegning fra Scalgo), længden af linjeføringerne og enhedsprisen. Prisen er justeret med de forventede omkostninger til mobilisering på 10% og rådgivning på 10% samt uforudsete arbejder på 15 % (Tabel 7.1).

Enhedspriserne (levering og indbygning) vil variere alt efter valg af udbyder, materialetilgængelighed, afstand til projektområdet, brændstofomkostninger, samfundsudviklingen mm. Følgende enhedspriser er benyttet til prisoverslaget (priserne er eksklusivt moms):

ENHEDSPRISER		
Digefyld	300	kr. /m ³
Lermembran	450	kr. /m ³
Muldlag	300	kr. /m ³
Græssåning	30	kr. /m ²
Afrømning	120	kr./lbm
Opgravning	80	kr. /m ³
Bortskaffelse af jord*	300	kr. /m ³
Overgang	250	kr. /m ²
Ledninger	2.000	kr./lbm
Kontraklap	50.000	Kr./stk.

* Såfremt jorden er kraftigt forurenet, forventes enhedsprisen at være højere.

Prisoverslaget er indledende og skal genberegnes i næste fase. De opgivne priser er derfor et estimat baseret på den viden der findes nu om anlæggets udformning og forholdene i området. Den samlede pris angives som en spænd med +/- 10% usikkerhed. Priserne er ekskl. forventede vedligeholdelsesomkostninger og er præsenteret eksklusivt moms.

Tabel 7.1: Prisoverslag for projektforslaget. Priserne er eksklusivt moms. Justerede priser er inkl. mobilisering, rådgivning og uforudsete arbejder.

	Mængde	Enhedspris (kr./enhed)	Pris (kr.)
Digefyld	3866 m ³	300	1.159.857
Lermembran	2005 m ³	450	902.138
Muldlag	502 m ³	300	150.612
Græssåning	5020 m ²	30	150.612
Afrømning	536 m	120	64.320
Opgravning	3207 m ³	80	256.576
Bortskaffelse af jord	3207 m ³	300	962.160
Overgang	362 m ²	250	90.475
Ledninger	49 m	2.000	98.000
Kontraklap	3 stk.	50.000	150.000
Materialepriser inkl. indbygning (delsum)			3.984.750
Mobilisering (10 %)			398.475
Entreprenørudgifter (delsum)			4.383.224
Rådgiver			1.800.000
Uforudsete (30 %)			1.314.967
Samlet pris (+/- 10 %)			6.750.000 – 8.250.000*

* Priserne er afrundet til nærmeste 10.000 kr.

Litteraturliste

- EurOtop. (2018). *Manual on wave overtopping of sea defences and related structures*.
- Geodanmark. (u.å.). *Skærmkort Dæmpet*. datastyrelsen.dk. Retrieved from datastyrelsen.dk.
- Klimadatastyrelsen. (2024). *Danmarks Højdemodel*.
- Klimadatastyrelsen. (2024). *Ortofoto Forår 2024*. datastyrelsen.dk.
- Kystdirektoratet. (2008). *Klimaændringers effekt på kysten*. Transportministeriet.
- Kystdirektoratet. (u.å.). *Dige*. Retrieved from <https://kyst.dk/media/qpklf5an/dige.pdf>
- NIRAS. (2025). *Faxe Ladeplads Øst - Skitseprojekt*.
- NIRAS. (2025). *Notat vedrørende flagermus, markfirben, natlyssværmer og § 3-beskyttet natur. Kystbeskyttelse af Faxe Ladeplads Øst*.
- SDFE Geodanmark. (2025). *Ortofoto 2025*. Copyright: SDFE Geodanmark.
- Spildevandskomiteen, SVK. (n.d.). *Regional regnrækkeværktøj. Regional model for ekstremregn i DK, ver. 4.1*. Spildevandskomiteen.

Bilag

Bilag 1: Beregning af understrømning af havvand under dige

Kystbeskyttelse Faxø Ladeplads

Beregning af understrømning af havvand under dige

Faxe Kommune

Dato: 10. september 2025

B1-1 Baggrund

I forbindelse med oversvømmelsen af arealet foran og omkring sommerhusområdet Faxø Ladeplads Øst under stormen i oktober 2023 har Faxø Kommune anmodet om en teknisk vurdering af, hvordan lignende hændelser kan forebygges og håndteres fremadrettet.

Som led i denne vurdering har NIRAS foreslået etablering af et kystdige. I den forbindelse er det nødvendigt at analysere, hvilken indvirkning understrømning af havvand under diget kan have på grundvandsstanden bag diget. Dette notat har til formål på screeningsniveau at belyse den potentielle påvirkning af grundvandsniveauet som følge af understrømning, samt at bidrage til beslutningsgrundlaget for fremtidige klimatilpasningstiltag i området.

B1-2 Beregningsgrundlag

B1-2.1 Geologi

I november 2024 udarbejdede NIRAS en geologisk screening af det påvirkede område [1]. Vurderinger og fastsættelse af parametre benyttet til beregningerne er lavet på baggrund af dette notat.

Området er generelt sparsomt dækket af information, såsom borer, til at identificere de geologiske og hydrologiske forhold. De få borer, der er i området, sammen med GEUS' jordartskort (se **Error! Reference source not found.**B1-1), indikerer at området nordvest for projektområdet, der ligger højere topografisk, er dækket af moræner, og at området tættere på diget er dækket af saltvandssand med en maksimal tykkelse på 3 m. Det er området dækket af saltvandssand, vi er interesseret i.

Der er foretaget sigteanalyser af saltvandssandet. Analyserne viser, at sandet generelt er mellem kornet med ligelige værdier af fint og groft sand.

Topografisk ses profilet vinkelret på kysten at have et stigende terræn over klitterne tæt på stranden, hvorefter terrænet hurtigt falder og til sidst stiger, hvor moræneleret starter. Dette skaber en gryde foran sommerhusene, hvor vandet kan samle sig.



Signaturforklaring

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| ● Nærtliggende boringer | Jordartskort |
| --- Dige linje | Postglacialt saltvandssand (HS) |
| --- 2D Profil | Moræner (ML) |
| | Ferskvandsgytje (FP) |

Figur B1-1: EUS' Jordartskort overlagt ortofoto forår 2024, sammen med dige-linjen, 2D profil og nærtliggende boringer.

B1-2.2 Grundvandsstand

På grund af den sparsomme dækning af boringer, er der også sparsom information omkring grundvandsspejlet. Kun enkelte boringer har pejlinger (B1 og B2 i Figur B1-1), derfor er der i stedet valgt at bruge en gennemsnitsværdi fra det Hydrologiske Informations- og Prognosesystem (HIP) [2] der udstiller frie offentlige hydrologiske data. Fra denne er der hentet en historisk gennemsnitsbetragtning for området, i form af HIPs 100x100 m grid beregninger for historisk middel grundvandsstand [3]**Error! Reference source not found..**

Fra dette ses det at grundvandsstanden i det saltvandssand dækkede område, ligger relativt tæt på terræn med dybder på omkring 0,5-1,5 m u.t.

B1-2.3 Beregninger

Beregningerne er foretaget med simple "håndberegninger" baseret på et forsimplet 2D tværsnit (se Figur B1-1), hvor vi antager at forholdene omkring de hydrologiske strømninger og egenskaberne af sandlaget er

nogenlunde ens langs kyststrækningen. Denne antagelse vurderes at være rimelig i lyset af det begrænsede datagrundlag og formålet om at analysere på screeningsniveau.

Figur B1-2 **Error! Reference source not found.** viser projektområdet og dets topografi, for at tydeliggøre det lavtliggende område, hvor der er forventede problemer.



Signaturforklaring

--- Dige linje	Terræn kote (mDVR90)	
— Terræn kontur	 $\leq 0,0$	 2,0 - 3,0
	 0,0 - 1,0	 $> 3,0$
	 1,0 - 2,0	

Figur B1-2: Projektområdet afgrænset omkring den benyttede dige-linje og området med lav terræn.

B1-2.3.1 Benyttede ligninger

Beregningerne er udført med to forskellige metoder: Dels en "stationær h2 lineær metode" baseret på Dupuit's tilnærmelse, og dels en lineariseret transient step-analyse, som beregner grundvandstigningen bag diget på udvalgte tidspunkter efter en antaget konstant maksimal havvandsstand foran diget – svarende til peak-niveauet under en stormflodshændelse. "I modellen defineres en såkaldt "indlandsrand" – et område inde i landet, væk fra kysten, som markerer den yderste grænse for beregningen. I dette randområde antages ingen påvirkning fra havspejlsstigning.

Ligningerne er som følger:

Stationær:
$$h(x)^2 = h_i^2 + (h_s^2 - h_i^2) * \left(1 - \frac{x}{L}\right)$$

Her gælder det at:
$$H_{kote}(x) = z_{base} + h(x)$$

og

$$seepage\ per\ facade: q = \frac{K}{2L} * (h_s^2 - h_i^2)$$

Transient:
$$\Delta h(x, t) = (h_s - h_i) * \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{D*t}}\right)$$

Her gælder det at:
$$H_{kote}(x, t) = h_i + \Delta(x, t)$$

For begge ligninger er der følgende definitioner:

z_{base} : basekote (mDVR90)
 h_s : kystvandsstand (mDVR90)
 h_i : grundvandsstand ved indlandsrand (mDVR90)
 L : afstanden fra kyst/dige til indlandsrand (m)
 K : Hydraulisk ledningsevne $\left(\frac{m}{s}\right)$
 S_y : Specifik ydelse for ufri akvifer
 $h(x)$: mættet tykkelse over base (m)
 $h_{kote}(x)$: mættet tykkelse over base (m)
 D : Diffusivitet $= K * \frac{h_0}{S_y}, \left(\frac{m^2}{s}\right)$
 t : tid (s)
 $\Delta h = h_s - h_i, (m)$

B1-2.3.2 Benyttede parametre

Da vi både kigger på et nutidsscenario og et fremtidsscenario er der to sæt af parametre. Dog er en del af parametrene det samme. Beregningerne tager udgangspunkt i en basiskote i bunden af sandlaget, og en profil-længde beregnet fra diget til et indlandsområde. Indlandsområdet er valgt som det lavt liggende område lige nedenfor moræneleret.

For at beregne DVR90 koter for området benyttet en gennemsnitsværdi for terrænkoten på i en parallel strækning fra kysten i det lavtliggende indlandsområde, 150 m fra diget (L). Tykkelsen af sandlaget vurderes til at være 3 m (h_0), omregnes til kote DVR90 (z_{base}) ud fra det gennemsnitlige terræn, dybden af grundvandsspejlet (h_s) er ligeledes en gennemsnitsværdi på denne strækning. Her gøres der opmærksom på at det er et historisk middel vandspejl, og derfor ikke afspejler f.eks. en periode med kraftig nedbør eller vintersituation. Dog er der sammenlignet med HIPs 10x10 m model machine learning data for vintermiddel, og her blev der observeret at det mest sandsynlige vandspejl omtrent svarer til det historiske middel. Da sandet er vurderet til at være

hovedsageligt mellemkornet med ligelig fordeling af fine og grove korn formodes gennemsnitsværdier for sandet egenskaber (K).

Fremtidsscenariet baserer sig på havspejlsstigningerne frem til år 2075 og er designet efter DMI og deres anbefalinger der giver en formodet havvandsstigning på 0,4 m. Da området ligger tæt på kyst tilføjes 0,4 m til både nutidsscenariets h_s og h_i værdier, sådan at der også tages hensyn til en generel stigning i grundvandsspejlet. Størrelsen af kystvandsstanden er valgt ud fra en 100 års hændelse på 1,7 m i nutiden og altså 2,1 cm i fremtiden.

De endelige parametre ses i Tabel 0.1.

Tabel 0.1: Parametre benyttet til beregninger.

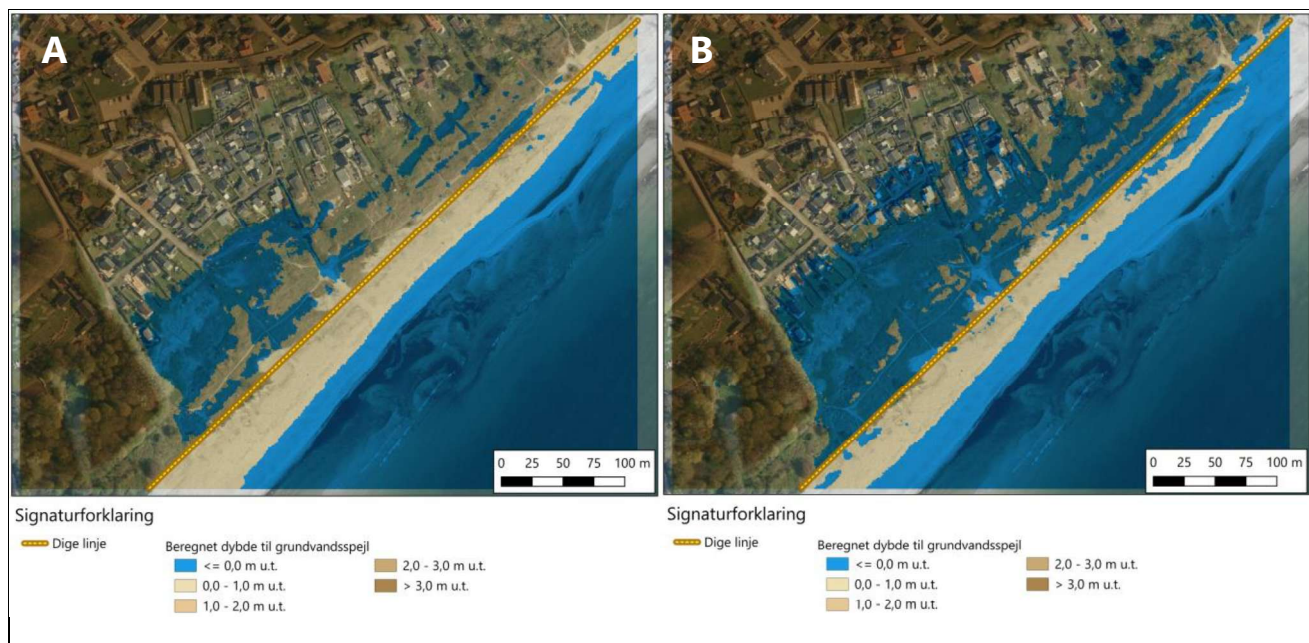
Z _{base}	h _s		h _i		L	K	S _y	h ₀	T
mDVR90	mDVR90		mDVR90		m	m/s	-	m	s
	Nutid	Fremtid	Nutid	Fremtid					
-1,5	1,7	2,1	0,7	1,1	150	1E-04	0,2	3	24

B1-3 Resultater

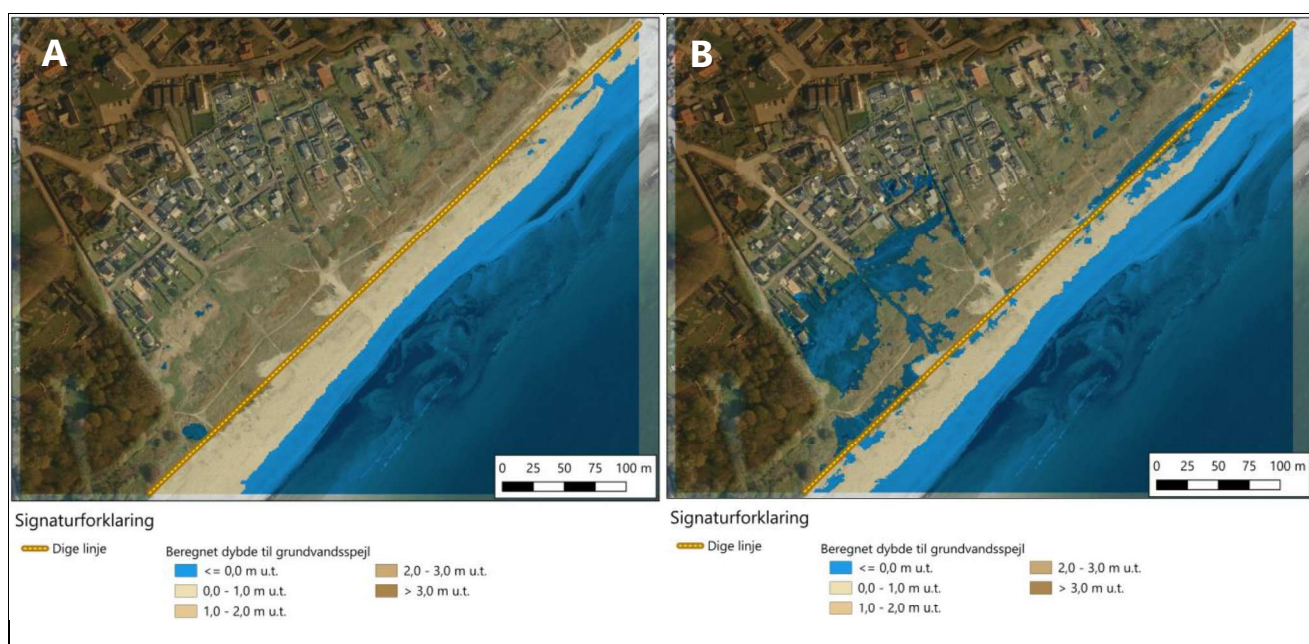
Baseret på ligningerne og parametrene beskrevet i afsnit 0 er der foretaget beregninger for et nutids-scenarie og fremtids-scenarie, i en hhv. Stationær, 24 timer, og 72 timers situation. Der er valgt disse situationer da en stationær beregning vil vise en worst-case situation, hvor en storm fortsætter så længe at området opnår en ligevægtssituation mellem maksimalt havniveau og grundvandsspejlet bag diget. En 24 timers- og 72 timers situation vil derimod ikke opnå ligevægt, og dermed ikke opleve lige så stor en stigning i grundvandet bag diget, men en mere realistisk situation, hvor stormen peaker og vandet trækker sig tilbage før ligevægten sker. Her gøres opmærksom på at beregningerne er lavet ud fra en forudsætning om at havniveauet ved start momentant flyttes op til koten h_i , altså 1,7 mDVR90 i nutiden og 2,1 mDVR90 i fremtiden. Beregningerne regner altså på forsinkelsen i, hvor hurtigt grundvandet bag diget stiger. Beregningerne er en overdrivelse af virkeligheden, hvor vi ville se en "peak" periode på nogle få timer, hvorefter havvandstanden falder. I virkeligheden ville den stationære situation aldrig indtræde, fordi havet trækker sig tilbage inden ligevægtssituationen opstår. De forventede oversvømmede områder for scenarierne ses i **Error! Reference source not found. – Error! Reference source not found..**

Fra beregningerne ses det at oversvømmelserne som forventet er værst ved en stationær beregning. Her sker der oversvømmelse af størstedelen af området foran sommerhusene i nutidsscenariet, og i fremtidsscenariet bliver flere af sommerhusgrunde både i den sydlige og nordlige del af området også oversvømmet.

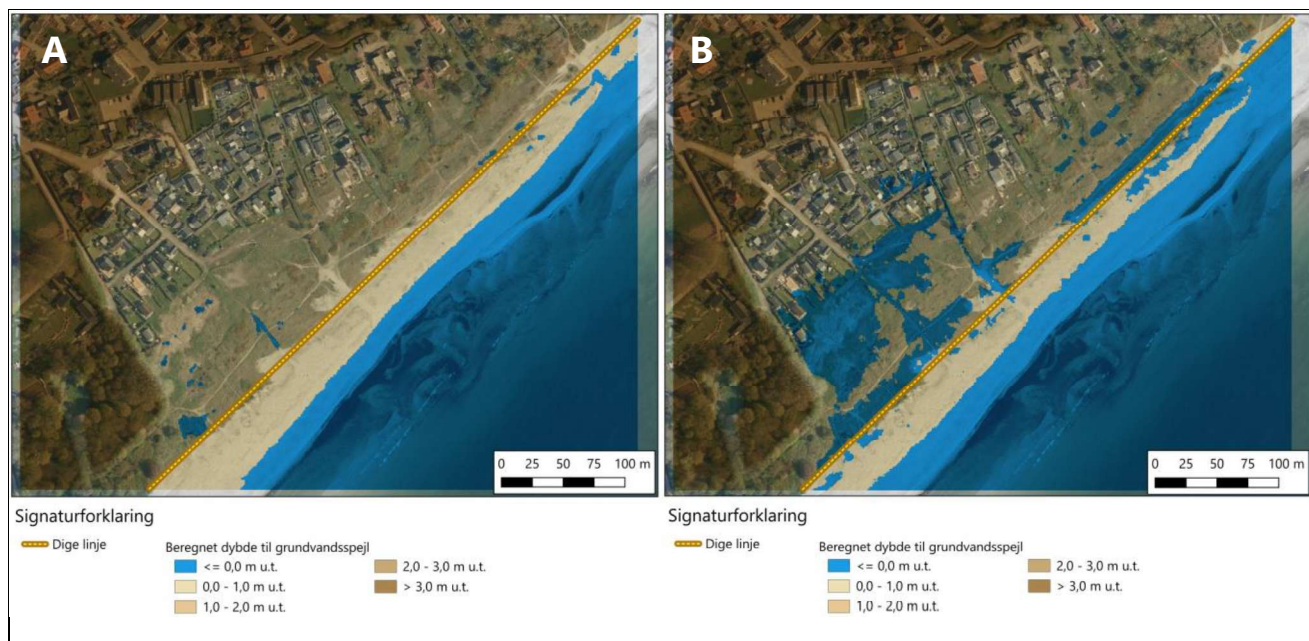
Dog repræsenterer de stationære beregninger, som tidligere beskrevet, overdrevne worst-case scenarier, hvor vandstandsstigningen fortsætter ind til der er opnået ligevægt i systemet. Derfor skal der lægges større vægt på en tolkning af resultaterne fra de transiente beregninger af vandstandsstigningen efter hhv. 24 timer (**Error! Reference source not found.**) og 72 timer (Figur B1-5**Error! Reference source not found.**). Her ses markant mindre oversvømmelse i nutidsscenariet, hvor kun få mindre områder med lav topografi oversvømmes. Dog er der tydelige problemer i fremtidsscenariet for 24 timer (**Error! Reference source not found.B**) og 72 timer (**Error! Reference source not found.B**), der har stor lighed med den stationære beregning for nutidsscenariet (Figur B1-3A).



Figur B1-3: Områder med oversvømmelse i en Stationær situation med A: nutids parametre, og B: fremtids parametre.



Figur B1-4: Områder med oversvømmelse i en 24 timers situation med A: nutids parametre, og B: fremtids parametre.



Figur B1-5: Områder med oversvømmelse i en 72 timers situation med A: nutids parametre, og B: fremtids parametre.

B1-4 Konklusion

Ud fra håndberegningerne kan det ikke afvises, at der i fremtiden vil være problemer med understrømning af grundvand under diget som kan give problemer med oversvømmelse. Dette er baseret på en worst-case beregning af den afledte grundvandsstigning som følge af et antaget fastholdt havvandspejl på kote +2,1 m i 24 timer. Det foreslås derfor, at der udarbejdes en plan for bortledning af bagvand i forbindelse med større stormhændelser.

Referencer

- [1] NIRAS, 2024. Faxe Ladeplads, kystbeskyttelse - Geologisk Screening. Faxe Kommune.
- [2] Dataforsyningen. Hydrologisk Informations- og prognosesystem. <https://hip.dataforsyningen.dk/>
- [3] Dataforsyningen. HIP dokumentation for beregninger. <https://hip.dataforsyningen.dk/pages/documentation.html#toc-5-2>

Bilag 2: Natur og miljøforhold

Fra skitseprojektet (NIRAS, Faxe Ladeplads Øst - Skitseprojekt, 2025). Udarbejdet af: RABS; Kontrolleret af: MAC; Godkendt af: PFOR

B2-1. Eksisterende naturforhold

Der er foretaget en miljøscreening med gennemgang af eksisterende data i tilgængelige naturdatabaser og rapporter, og herudfra beskrives naturen i og omkring kysten ved Faxe Ladeplads.

B2-1.1 Beskyttet natur (§ 3)

Der er tre typer af § 3-beskyttede naturtyper i området; eng, overdrev og sø. Der ses et lille engområde i den nordøstlige ende af stranden (Figur B2-1). Den dominerende naturtype i projektområdet er overdrev, som forekommer langs næsten hele kystlinjen i området. Slutteligt er der en lille sø nordøst for engen, samt en større sø sydvest i området. Søen beliggende i sydøst ses dog ikke på ortofoto, og er muligvis udtørret. Der fremgår ingen besigtigelsesdata i Naturdata.dk for de relevante § 3-områder. Hvis løsningsforslagene vil påvirke § 3-natur bør der udføres besigtigelse, så påvirkningen kan vurderes.

B2-1.2 Beskyttet vandløb

Vandløbet, Hestehave Bæk, mod øst i projektområdet er § 3-beskyttet (Figur B2-1). Vandløbet er målsat god økologisk og kemisk tilstand. Det er et lille og naturligt vandløb og ca. 2 km langt. Vandløbet har moderat økologisk tilstand bedømt ud fra det økologiske parameter smådyr. Tilstand af øvrige parametre er ukendt.

B2-1.3 Arter

Der er blevet fundet en række arter, på Arter.dk og Naturbasen.dk, der fremgår på rødlisten og i bilag IV. Fra Arter.dk er der 58 registreringer af rødlistede arter indenfor de sidste fem år, der fordeler sig på 31 forskellige arter. Fugle udgør 13 af arterne med 37 registreringer i alt, hvoraf stor skallesluger, troldand og isfugl har flest registreringer. Dertil kommer planter, der har 14 registreringer fordelt på tre arter, hvor blåtoppet kohvede og due-skabiose har lang flest registreringer. Derefter kommer svampe, med 11 registreringer fordelt på ni arter, hvoraf mandel-skørhat og kål-fladhat har flest registreringer. Til sidst er der seks registreringer fordelt på pattedyr (ilder), edderkopper (sandgraveedderkop), insekter (sørgekåbe, ildtæge) og mosser (glat krokodillemos). Fra Naturbasen.dk er der 11 registreringer af rødlistede arter indenfor de sidste fem år. Der er registreret to arter af spurvefugle (bjergvipstjert, digesvale), en sommerfugl (sørgekåbe), en edderkop (sandgravedderkop), en orkidé (hvidgul skovlilje), og en maskeblomst (blåtoppet kohvede).

Der er 12 bilag IV-arter der potentielt kan forekomme i projektområdet. Ni af disse arter er flagermus – vandflagermus, frynseflagermus, troldflagermus, dværgflagermus, brunflagermus, sydflagermus, skimmelflagermus, bredøret flagermus og brun langøre (Kjær et al., 2023, Elmeros et al., 2024). Dertil kommer eremit, springfrø og markfirben. På Arter.dk er der tre bilag IV registreringer i området indenfor de sidste fem år (Figur B2-1) – springfrø, dværgflagermus og en ikke artsbestemt flagermus og, dertil kommer registrering af springfrø og natlys-sværmer fra Naturbasen.dk (Figur B2-1).

Det er udført besigtigelse efter markfirben på overdrev langs kysten i 2021, og ingen markfirben blev fundet, men der blev registreret tre skovfirben. Skovfirben er fredet. Ved besigtigelse i 2015 blev der fundet ti markfirben. Hele klitten/kyststrækningen er gennemgået i 2010 og ingen markfirben blev registreret².

² <https://naturereport.miljoportal.dk/487562>



Figur B2-11: Kortet viser § 3-beskyttede naturtyper, bilag IV registreringer, samt et beskyttet vandløb. Data fra Arter.dk og Naturbasen.dk.

B2-1.4 Natura 2000

I den østlige del af projektområdet grænser det op til og evt. overlapper lidt med Natura 2000-område nr. 167, Skove ved Vemmetofte (Figur B2-2). Natura 2000-området er 174 ha, og består primært af skov. Det er blevet udpeget, da det rummer levesteder for eremitbillen, som lever i gamle hule træer med solbeskinnede trækroner og stammer. Der er egnede levesteder for eremit helt op til projektområdet³. Området har desuden fire forskellige naturtyper på udpegningsgrundlaget; bøg på mor, eg-bladskov, bøg på muld, og den prioriterede naturtype elle- og askeskov. Nær/i projektområdet forekommer habitatnaturtypen bøg på mor. Løsningsforslagene skal udformes, så der naturtyper og arter på udpegningsgrundlaget ikke påvirkes.

Derudover er der en ynglende bestand af stor skallesluger, og der er også set forekomster af vandflagermus og skovmår i området.

B2-1.5 Træer

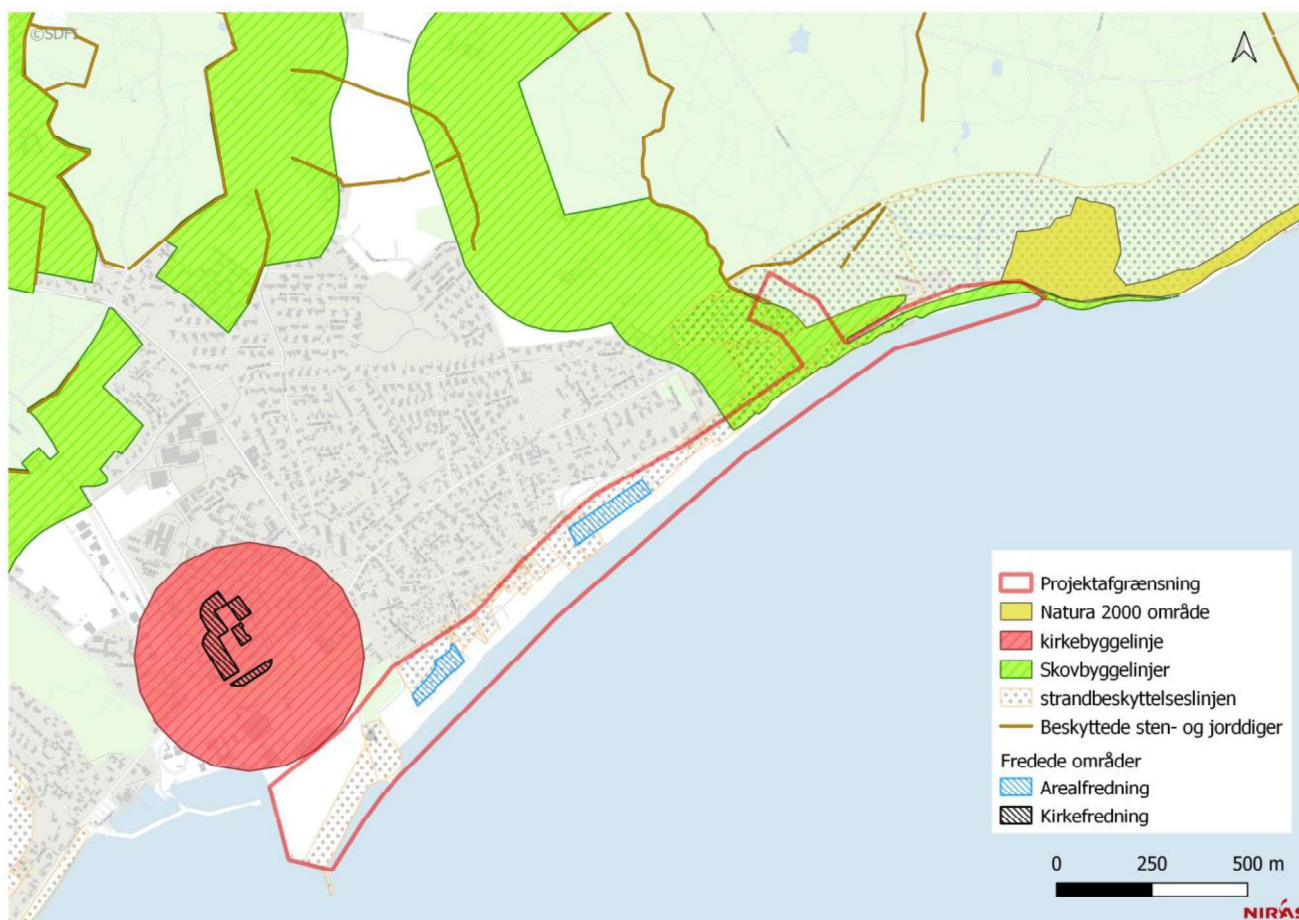
Når forslag til løsninger er udpeget, skal tracéer gennemgås for forekomst af store/gamle træer med potentielle yngle-/rastesteder for flagermus.

B2-1.6 Fredning

Der er to fredede områder (arealfredninger) i projektområdet (Figur B2-2Figur B2-22), og en kirkefredning omkring Hylleholt Kirke lige uden for projektområdet. Arealfredningerne er Hylleholt strande, der blev fredet i 1935

³ <https://mst.dk/media/kadbcfp3/n167-revideret-basisanalyse-2022-27-skove-ved-vemmetofte.pdf>

for at sikre fri adgang til ophold og badning fra den frie strandbred. Kirkefredningen er fra 1951, og freder et bælte af 40 meters bredde af ejendommen for yderligere byggeri.



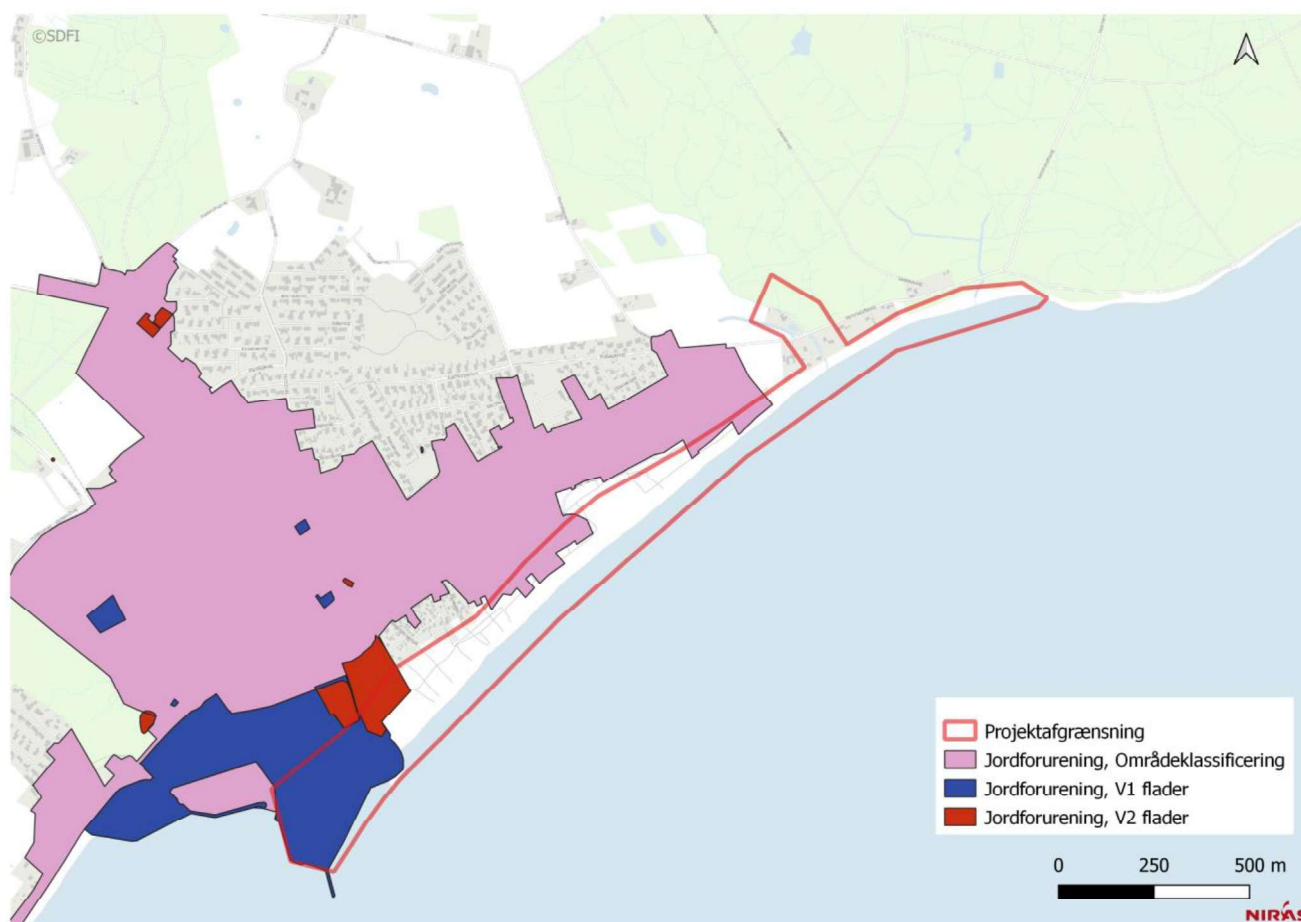
Figur B2-22: Kortet viser bygge- og beskyttelseslinjer, beskyttede sten- og jorddiger, bygge- og beskyttelseslinjer, fredede områder samt et natura 2000 område.

B2-2. Bygge-, beskyttelseslinjer og beskyttede diger

Der er tre forskellige bygge- og beskyttelseslinjer i området; skovbyggelinje, kirkebyggelinje, og strandbeskyttelseslinje (Figur B2-3). Der er også beskyttede sten- og jorddige ved skoven i den nordøstlige del af området. Diget stopper omtrent 230 meter fra vandet. Skovbyggelinjen ligger omkring skoven i nordøst. Skovbyggelinjen går helt ned til vandet, og følger en lang strækning af kysten. Dertil kommer strandbeskyttelseslinjen, som omfatter næsten hele kyststrækningen i projektområdet, og den har en bredde på 40 til 300 meter. Slutteligt er der kirkebyggelinjen på 300 m omkring Hylleholt Kirke i den vestlige del af kyststrækningen, som grænser op til projektområdet.

B2-3. Forurening

En stor del af kyststrækningen, omkring havnen, er V1-kortlagt (Figur B2-3). Det vil sige at der er kendskab til aktiviteter, som kan medføre risiko for forurening. Der er også nogle V2-kortlagte områder, hvor der er kendskab til forurening. Derudover er et større område områdeklassificeret, hvor der er et krav om analyser.



Figur B2-33: Kortet viser kortlagt jordforurening (V1 og V2 samt områdeklassificering).

B2-4. Litteraturliste

Arter.dk (2024), hentet fra <https://arter.dk/search/record-search?excludeUnderlyingTaxons=true&hasMedia=false&includeDescendantTaxons=true&includeSpeciesGroupFacet=true&includeOrphanRecords=false&tabMode=Map>

Danmarks miljøportal (2024), hentet fra <https://naturdata.miljoeportal.dk/advancedSearch>

Elmeros, Morten, Esben Terp Fjederholt, Julie Dahl Møller, Hans J. Baagøe, Jesper Bladt og Christian Kjær 2024. Opdatering af: Håndbog om dyrearter på Habitatdirektivets Bilag IV. Del 2 – Odder og flagermus. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 185 s. - Videnskabelig rapport nr. 603

Kjær, Christian (Red.), Lars Christian Adrados, Mikkel Boel, Lars Briggs, Per Klit Christensen, Niels Damm, John Frisenvænge, Kåre Fog, Rikke Reisner Hansen, Martin Hesselsøe, Rasmus Mohr Mortensen, Peer Ravn, Sabine Stosiek, Morten Strandberg, Ole Roland Therkildsen, Peter Wiberg-Larsen. 2023. Opdatering af: Håndbog om dyrearter på habitatdirektivets Bilag IV. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 271 s. - Videnskabelig rapport nr. 520

Naturbasen.dk (2024), Licensnr: E03/2014, hentet fra <https://www.naturbasen.dk/licens/niras>

Bilag 3: Geologisk screening

Fra skitseprojektet (NIRAS, Faxe Ladeplads Øst - Skitseprojekt, 2025). Udarbejdet af: CLEM/MKKN; Kontrolleret af: JBEL; Godkendt af: PFOR

B3-1. Indledning

I forbindelse med skitseprojekt for kystsikring af 3 km kyststrækning ved Faxe Ladeplads foretages en overordnet geologisk screening.

B3-2. Forudsætninger

Eksisterende geologiske forhold er undersøgt ved hjælp af følgende kilder:

- Nye og ældre topografiske kort, overflyvninger og DTM (GST)
- Geologisk jordartskort (GEUS)
- Prækvartæroverfladen (GEUS)
- Terrænnært grundvand 1970-2014 (NIRAS)
- GEUS' nationale boringsdatabase, Jupiter
- GeoAtlas Live

Der er kun fundet tre boringer i selve projektområdet via Jupiter. Boringerne er beliggende i den nordlige del af projektområdet, nær et mindre å-udløb (Møllevej). I en radius af ca. 200 m af projektområdet findes yderligere seks boringer i Jupiter. Derudover er fundet to boringer via GeoAtlas Live med overordnet geologisk beskrivelse (B1 og B2).

Boringerne fra Jupiter fremgår med følgende informationer:

- 1 boring med geoteknisk boreprofil (223.114)
- 2 boringer med geologisk lagfølgebeskrivelse (223.179 og 223.135)
- 2 boringer med overordnet geologisk lagfølgebeskrivelse (B1 og B2)
- 2 boringer hvor alle aflejringer er registreret dog uden specificering af geologisk alder/dannelsesmiljø (223.186 og 223.187)
- 3 boringer hvor kun kalken er beskrevet (223.36, 223.37 og 223.43)
- 1 boring uden lagfølgeoplysninger (223.132)

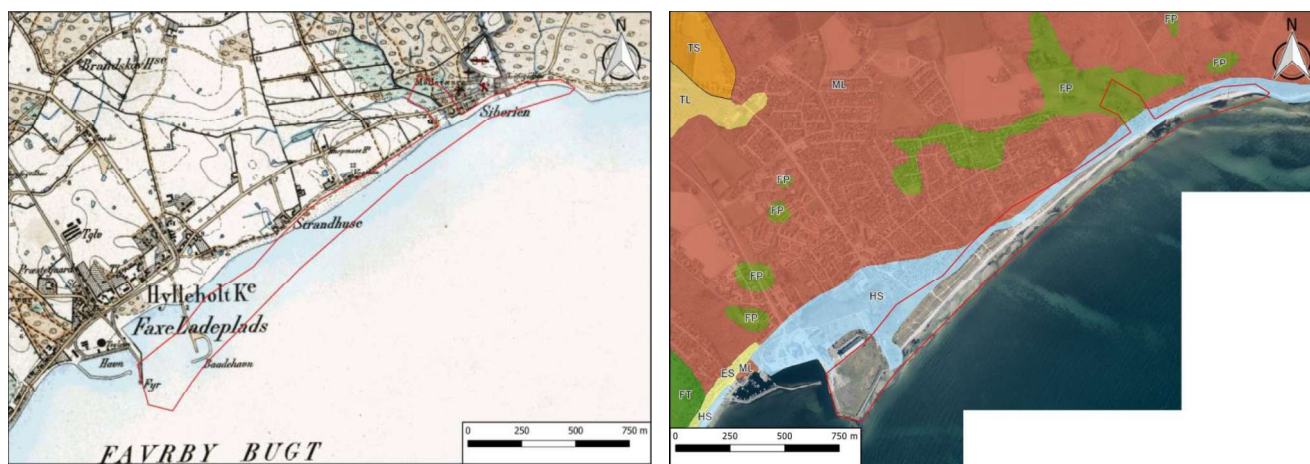
NIRAS har ikke udført geotekniske boringer i eller nær undersøgelsesområdet.

B3-3. Geologi

Landskabet omkring Faxe ladeplads er et typisk glacialt bundmorænelandskab dannet under sidste istid for ca. 11.600 år siden. Landværts for projektområdet er terrænet således forholdsvis jævnt. Dog antyder terrænkoterne forløb et lokalt mere kuperet landskab. Der ses således lokale forhøjninger/morænebakker omkring det tidligere Hylleholt/nuværende Faxe ladeplads/Klintevej (ca. kote +8 til +9 DVR90), samt omkring det nuværende Sommervej/Strandgården (ca. kote +10 til +12 DVR90). Landværts for, og mellem bakkerne, er terrænet lavere beliggende i ca. kote +3 til +6 DVR90. Havværts for morænebakkerne (langs kanten af projektområdet), ses en tydelig kystklint og foran denne stranden, der ligger i ca. kote +2,5 til +0,5.

Det er sandsynligt, at bugten omkring Faxe Å er rykket havværts siden sidste istid, som følge af ferske og marine postglaciale aflejringer, samt relativ landhævning på ca. 1-1,5 m. Historiske kort (hhv. lave (1901-1971) og høje (1842-1899) målebordsblade) viser, at kystlinjen tidligere har ligget længere landværts – kystlinjen er således udbygget i løbet af de sidste 100-150 år. Høje målebordsblade kan ses på Figur B3-1 til højre.

Ifølge jordartskortet fra GEUS, som fremgår af Figur B3-1 til venstre, forventes de terrænnære jordlag i projektområdet (1 m dybde) generelt at være præget af postglaciale marine aflejringer i form af saltvandssand, samt i mindre grad glacialt aflejret moræneler ved morænebakkerne. I den nordvestlige del af området, kan der forventes et større område med postglacial ferskvandsgytje og/eller tørv, som har forbindelse til å-løbet. Der kan muligvis også træffes mindre forekomster af ferskvandsaflejringer mellem morænebakkerne, hvor terrænet ligger lavere, jf. historiske kort.



Figur B3-14: Til venstre: GEUS' Jordartskort overlagt ortofoto forår 2023 (©KDS). Orange (TS) = postglacialt smeltevandssand, gul (TL) = postglacialt smeltevandssler, brun (ML) = moræneler, olivengrøn (FP) = ferskvandsgytje, mørk grøn (FT) = ferskvandstørv, gul-grøn (ES) = postglacialt flyvesand, blå (HS) = postglacialt saltvandssand. Til højre: Høje målebordsblade (1842-1899, ©KDS). Projektområdet er skitseret med rød streg.

Under de kvartære glacial aflejringer træffes de tertiære aflejringer i form af Danien kalk (som ved Faxe kalkbrud) og skrivekridt fra kridttiden (som ved Stevns klint). Det må forventes at Danien kalken primært træffes i den nordlige del af projektområdet og i et relativt tyndt lag, jf. GEUS kort over prækvartæroverfladen.

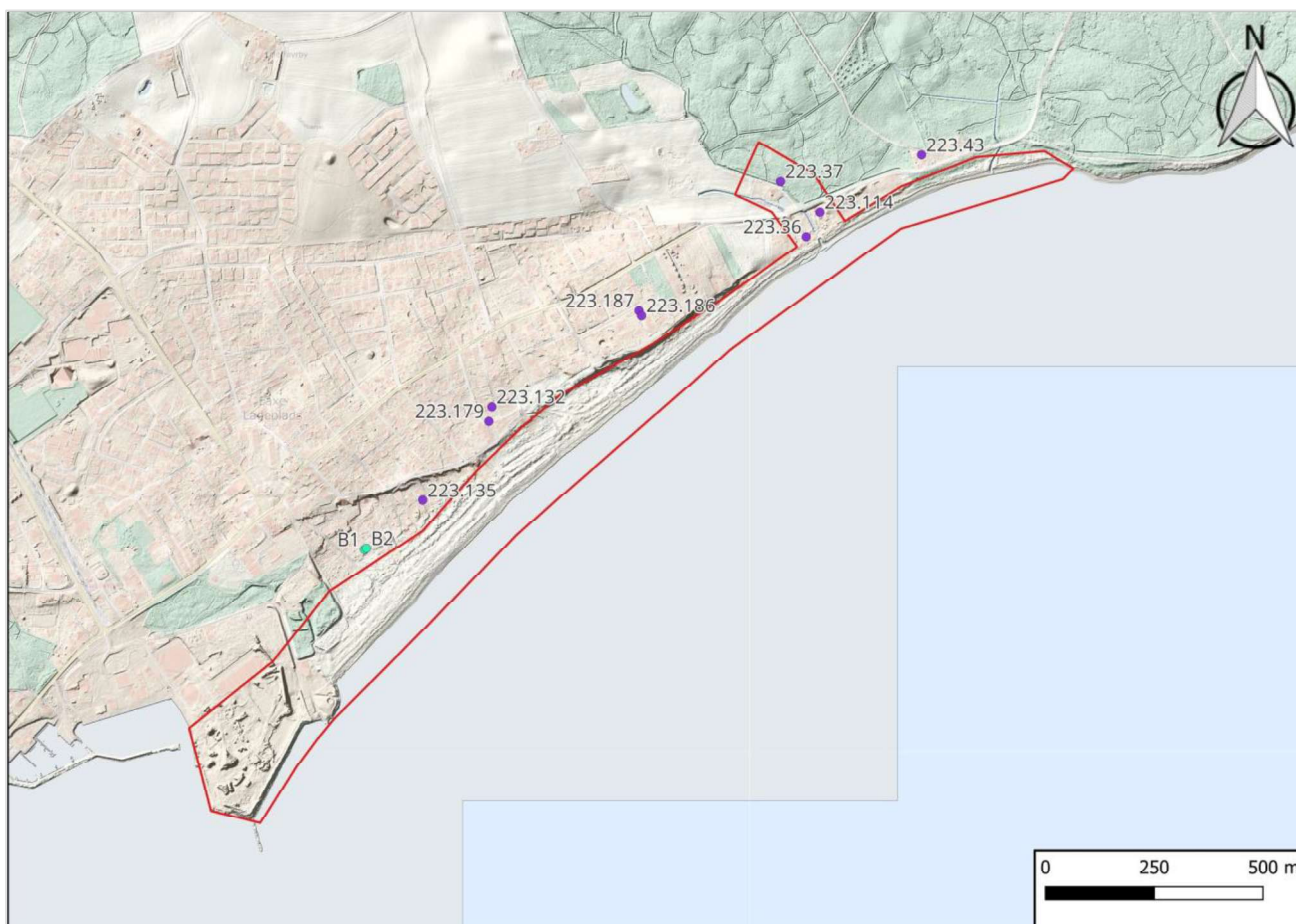
B3-4. Jordbundsforhold i eksisterende borer

På Figur B3-2 fremgår borer i området fundet via Jupiter. Borerne benævnes med deres DGU nr.

Borerne 223.36, 223.37 og 223.43 er beliggende i/nær den nordlige del af projektområdet, med terrænkote omkring +2 til +3 DVR90. I disse borer er de kvartære aflejringer ikke beskrevet men udelukkende dybden til kalken/kridtet. Der er således truffet ikke nærmere beskrevet "kalk" fra hhv. kote -14,5, -15,0 og -20,0 til borerne afslutning i hhv. kote -16,5, -17,0 og -24,0.

I boring 223.114, der er beliggende i den nordlige del af projektområdet, ved "Sibirien"/Å-udløbet, er der truffet øvre postglaciale lag af sand, tørv og ler til kote -1,0. Herunder er der truffet (sen)glacialt sand til kote -1,3 underlejet af moræneler og et enkelt indslag af glacialt (smeltevands)sand. Boringen er afsluttet i kote -3,5.

Borerne 223.187 og 223.186 er udført på morænebakken ved Sommervej, ca. 70-80 m landværts for projektområdet. Boringer er ført til 140 m u.t. Der er i begge borer truffet 0,2 m fyld i toppen, til hhv. kote +11,0 til +11,5. Herunder er der truffet ler, underlejet af sand og herefter ler henholdsvis til kote -16,1 og -15,6, hvorunder kalken træffes. Den geologiske alder for aflejringerne er ukendt. Ud fra de andre boreprofiler og jordartskortet, kan det tyde på moræneler fra kote ca. +1,0, men de øvre lag kan ikke bekræftes at være glacial. Der er ikke nogen yderligere beskrivelse, der kan indikere aflejringerne dannelsesmiljø eller geologiske alder. Boringerne er afsluttet i uspecificeret kalk/kridt.



Figur B3-25: Skærmkort overlagt med skyggekart, samt eksisterende borer max 200 m fra projektområdet. Turkis: Borer fra GeoAtlasLive, Lilla: Borer fra GEUS Jupiterdatabase, rød streg: projektområde

Ca. 400 m mere sydvest, mellem morænebakkerne, ses borerne 223.132 og 223.179. For boring 223.132 er der ingen borerapport. Nærliggende boring 223.179 er udført til 210 m u.t. Her er truffet siltet, sandet moræneler fra kote +5,4 til -3,6, underlejret af vekslende lag af blødt til meget blødt skrivet kridt og flint til boringens bund i kote -204,6.

Boring 223.135 er udført yderligere ca. 250 m sydvest, foran klinten ved Klintevej, og er ført til 132 m u.t. Øverst i boringen er der truffet postglacialt saltvandssand fra ca. kote +2 til -1,0. Herunder er der truffet moræneler til kote -13 underlejret af kalk og flint. Boringen afsluttes i flint i kote -133.

Via GeoAtlas Live er der fundet to borer (benævnt B1 og B2) udført i april 2024, på adressen Rosendalvænget 77, beliggende syd for klinten og Klintevej. Borerne stemmer overens med forholdene på jordartskortet, da de terrænnære aflejringer består af saltvandsaflejringer. Der er truffet postglacialt marint sand til ca. kote -1,0 m underlejret af moræneler til ca. kote -4,5. I boring B2 er der et enkelt indslag af smeltevandssand omkring kote -2,5. Der er pejlet et vandspejl mellem kote 0 og +0,1.

B3-5. Grundvandsforhold

På baggrund af grundvandskortlægning (terrænnært grundvand 1970-2014 © NIRAS) kan vandspejlet i området forventes i intervallet 0-5,0 m u.t. Det forventes at grundvandsstanden vil stige med op til 0,5 m frem til år 2050.

I boring B1 og B2, der beliggende nær projektområdet og havværts for klinten, er vandspejlet truffet i kote 0 til +0,1, hvilket stemmer overens med det forventede.

B3-6. Opsummering og anbefalinger

Det forventes, at de terrænnære jordlag i projektområdet er præget af saltvandssand underlejret af moræneler, stedvist med mindre indslag af smeltevandssand. I området omkring å-løbet kan der desuden forventes blødbund i form af ferskvandsgytje og/eller -tørv. Der er ikke i de øvrige boringer truffet organiskholdige aflejringer, men det kan ikke udelukkes, at der stedvist kan være forekomster af organisk materiale i de postglaciale aflejringer.

Der er ikke fundet boringer i/nær den sydligste del af projektområdet. Af gamle ortofoto ses dog tydelig udbygning af havneområdet ved opfyld. Under fyldjorden må jordbundsforholdene forventes at ligne de nærliggende boringer, dog med større indslag af marine aflejringer.

For korrekt geoteknisk fundering af en evt. fremtidig kystsikring er følgende parametre af betydning:

- Styrke af jorden under anlæggene (og for anlægsmaterialet);
- Deformationsegenskaberne af jorden, der efterlades under anlæggene, herunder risiko for sætninger af organiskholdige aflejringer;
- Vandspejls- og strømningsforhold.

For projektering af kystsikring, anbefales det at udføre en egentlig geoteknisk undersøgelse, hvor ovenstående forhold belyses nærmere. De undersøgte boringer kan ikke udgøre et tilstrækkeligt grundlag for geoteknisk projektering af kystsikringsanlæg i projektområdet.

Bilag 4: Modellering af bølger og akut erosion

Faxe Ladeplads Øst Kystbeskyttelsesprojekt

Modellering af bølger og akut erosion

Faxe Kommune

Dato: 10. oktober 2025

Rev.nr.	Dato	Beskrivelse	Udarbejdet af	Kontrolleret af	Godkendt af
0	10-10-2025	Bilag til projektforslag	PFOR, ANSL	JMAK	SSC

Indhold

1.	Indledning	4
2.	Vandstand.....	4
2.1.	Højvandsstatistik.....	4
2.2.	Havspejlsstigning.....	4
2.3.	Landhævning.....	5
2.4.	Dimensionsgivende vandstand.....	5
3.	Bølgeforhold	5
4.	Modellering af bølger og akut erosion.....	6
5.	Bølgeoverskyl.....	11

1. Indledning

I dette dokument bestemmes den dimensionsgivende vandstand og bølge på lavt vand. Parametrene bruges til at estimere akut erosion af klitterne i projektområdet i Faxe Ladeplads Øst under designstormen. Ydermere bestemmes bølgehøjden ved diget og bølgeoverskyllet estimeres. Resultaterne bruges til at evaluere klitrækken og digets sårbarhed for akut erosion samt digets kronekote.

2. Vandstand

2.1. Højvandsstatistik

Der er tilgængelige vandstandsmålinger fra Rødvig Havn, der er beliggende 15 km nordøst for projektområdet. Da projektstrækningen ligger længere inde i Faxe Bugt end Rødvig Havn, kan der ved projektområdet være en større vindstuvning og derfor større vandstand.

Ifølge Kystdirektoratets højvandsstatistik er vandstanden for en 100-års hændelse ved Rødvig Havn 171 cm DVR90 (Kystdirektoratet, 2024). Den historisk højeste registrerede vandstand i Rødvig Havn er målt til at være +169 cm DVR90, hvilket blev målt under stormen i oktober 2023. Hændelsen svarer nogenlunde til en 100-års hændelse, dvs. en hændelse, der rent statistisk kun sker én gang hvert hundrede år.

NIRAS har udarbejdet en numerisk model, der beregner vandstand og bølgeforhold under Oktober-stormen i 2023. Vandstands- og bølgedata for projektområdet er udtrukket i et punkt 4,3 km fra kysten på ca. 9 m vanddybde. Den maksimale vandstand i modellen ved dette punkt er + 179 cm DVR90, dvs. 10 cm højere end den målte vandstand i Rødvig Havn. Den højere modellerede værdi reflekterer en potentiel vindstuvning. Desuden er vandstanden generelt højere, jo længere syd man kommer i området (den maksimale vandstand under Oktober-stormen var målt til at være + 210 cm DVR90 i Hesnæs Havn 40 km syd for projektområdet) (Tabel 2.1).

Til den videre beregning af den dimensionsgivende vandstand tages der udgangspunkt i en 100-års hændelse ved Rødvig Havn plus 10 cm for at imødekomme usikkerheden ved afstanden fra projektområdet til Rødvig Havn.

Tabel 2.1: Modelleret og målt vandstand nær projektområdet. Afstanden angivet er afstanden til projektområdet.

	Modelleret	Målt	Målt
	Projektområde (4 km havværts)	Rødvig Havn (afstand 15 km nord)	Hesnæs Havn (afstand 40 km syd)
Vandstand (cm DVR90)	179	169	210

2.2. Havspejlsstigning

Havspejlet forventes at stige i fremtiden som følge af global opvarmning. DMI og Miljøministeriet anbefaler, at estimeringen af den forventede havspejlsstigning tager udgangspunkt i IPCC's klimascenarie SSP3-7.0 (DMI, 2025). Under klimascenariet SSP3-7.0 er den forventede havspejlsstigning ved Faxe Bugt ifølge DMI's Klimaatlas (DMI, 2024):

- 0,29 m fra 2024 til 2075
- 0,50 m fra 2024 til 2100

2.3. Landhævning

I DMI's KlimaAtlas er der taget højde for, at der i Danmark pågår en landhævning som følge af den seneste istid. Landhævningen resulterer i, at den relative havspejlsstigning er mindre end den absolutte havspejlsstigning. Landhævningen ved projektområdet er ca. 1,3 mm/år, hvilket svarer til ca. 6.5 cm i 2075 og ca. 10 cm i 2100.

2.4. Dimensionsgivende vandstand

Højvandsbeskyttelsen ved projektområdet dimensioneres efter en 100-års hændelse og designes til at have en levetid på 50 år (frem til år 2075). Ved at sammenholde den statistiske 100-års hændelse plus usikkerheden ved placeringen af målestationen med den forventede havspejlsstigning, opnås en ekstremvandstand på + 210 cm DVR90 i år 2075 (Tabel 2.2). Vandstanden på + 210 cm DVR90 anvendes som den dimensionsgivende vandstand.

Tabel 2.2: Beregning af den dimensionsgivende vandstand

Parameter	Vandstand (cm DVR90)
100-års middeltidshændelse i år 2024	171
Usikkerhed	10
Havspejlsstigning fra år 2024 til 2075	29
Dimensionsgivende vandstand	210

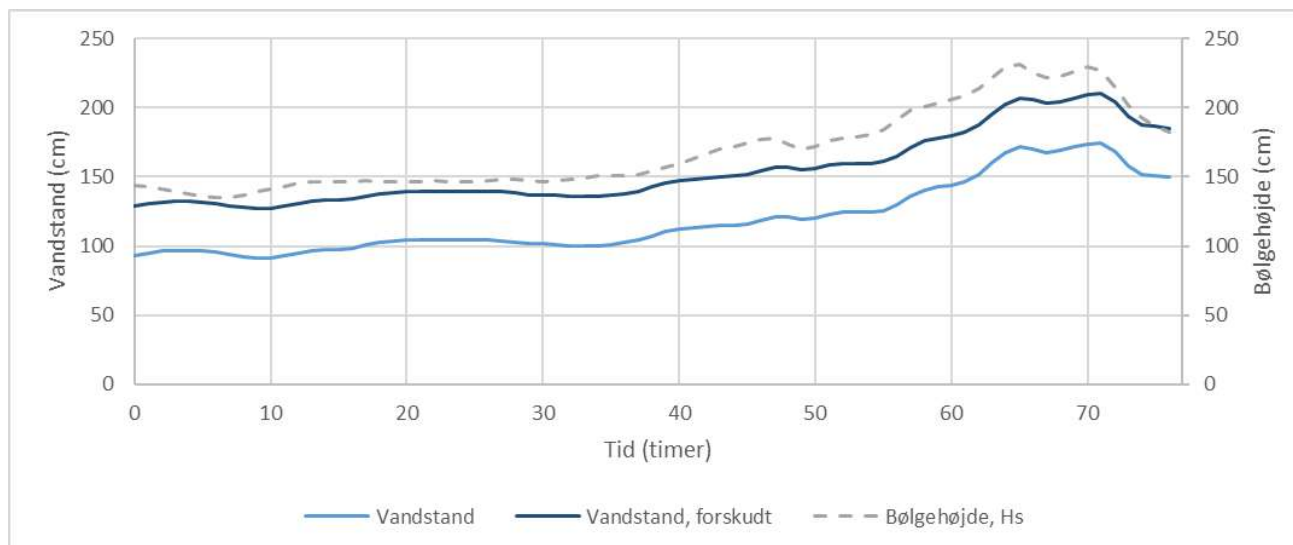
3. Bølgeforhold

Under en storm kan bølger erodere i klitterne foran diget og medføre, at diget er mere udsat for bølgeoverskyl. Desuden øger brydende bølger den lokale vandstand langs kysten. Bølgeoverskyllet estimeres pba. den beregnede bølgehøjde foran konstruktionens fod i enheden liter pr. sekund pr. m (l/s/m).

For at få bølgeforholdene ved digets fod transformeres bølgen fra dybt vand ind til diget med DHI's numeriske model LITPACK (DHI, 2024). Som input til modellen er den modellerede tidsserie af vandstanden blevet forskudt med 31 cm, så den maksimale vandstand under stormen svarer til den dimensionsgivende vandstand på + 2,1 m DVR90.

Bølgerne i projektområdet er udtrukket fra den samme numeriske model af Oktober-stormen, som den modellerede vandstand jf. afsnit 2.1. Under oktober-stormen var bølgehøjden på dybt vand 230 cm, da den var på sit højeste.

Den modellerede vandstand og bølgehøjde er vist i Figur 3.1 sammen med den forskudte vandstand.



Figur 3.1: Modelleret vandstand (lyseblå), modelleret vandstand forskudt med 31 cm (mørkeblå) og den modellerede signifikante bølgehøjde (stiplet grå).

4. Modellering af bølger og akut erosion

Den numeriske model LITPACK fra DHI anvendes til at transformere bølgeforholdene fra dybt vand til diget samt at beregne erosionen af stranden og klitrække under designstormen.

Følgende informationer skal bl.a. bruges for at estimere bølgeforholdene på lavt vand:

- Tværsnit af kystprofil
- Kystprofilets kystnormale vinkel (relativt til nord)
- Bølge- og vandstandsforhold på dybt vand
- Sedimentkornstørrelse

Modelleringen er foretaget i tre kystprofiler: Profil 1, 2 og 3 (Figur 4.1). Højde- og dybdeforholdene langs profilerne er baseret på en kombination af Danmarks Dybdemodel og Danmark Højdemodel. Det vurderes, at alle tre kystprofiler har en kystnormal vinkel på 135°N.

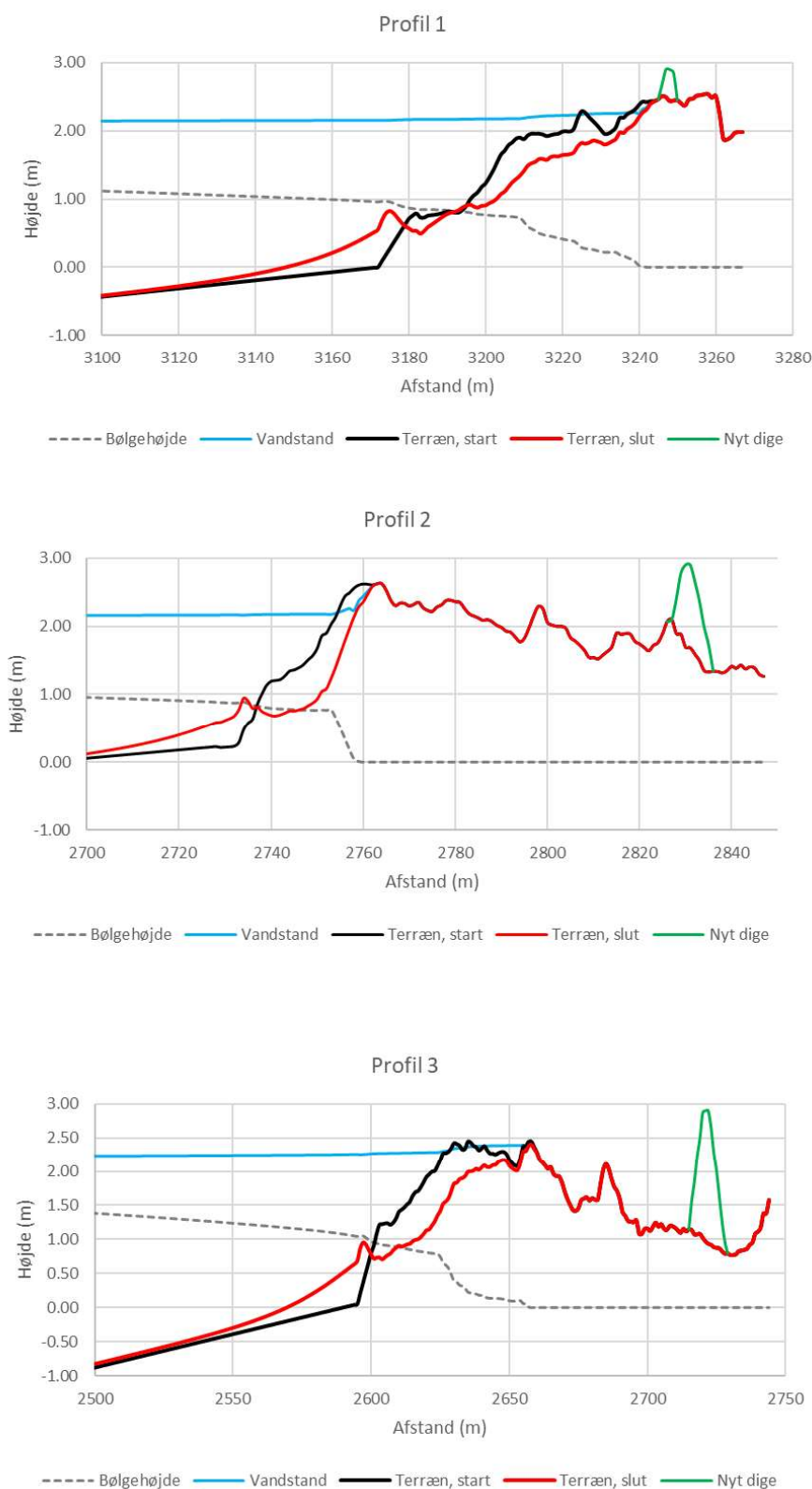
Tre sedimentprøver er udtaget i den sydlige del af projektområdet med en middeldkornstørrelse på 0,35 – 0,43 mm, og en enkelt sedimentprøve er udtaget nord for projektområdet med en middeldkornstørrelse på 0,30 mm (Figur 4.1). Da det er mest konservativt at antage en lille kornstørrelse, fordi dette vil skabe den største erosion, foretages analyserne med en sedimentkornstørrelse på 0,30 mm.



Figur 4.1: Kystprofiler i projektområdet (orange linjer) og sedimentprøvetagning (grønne punkter).

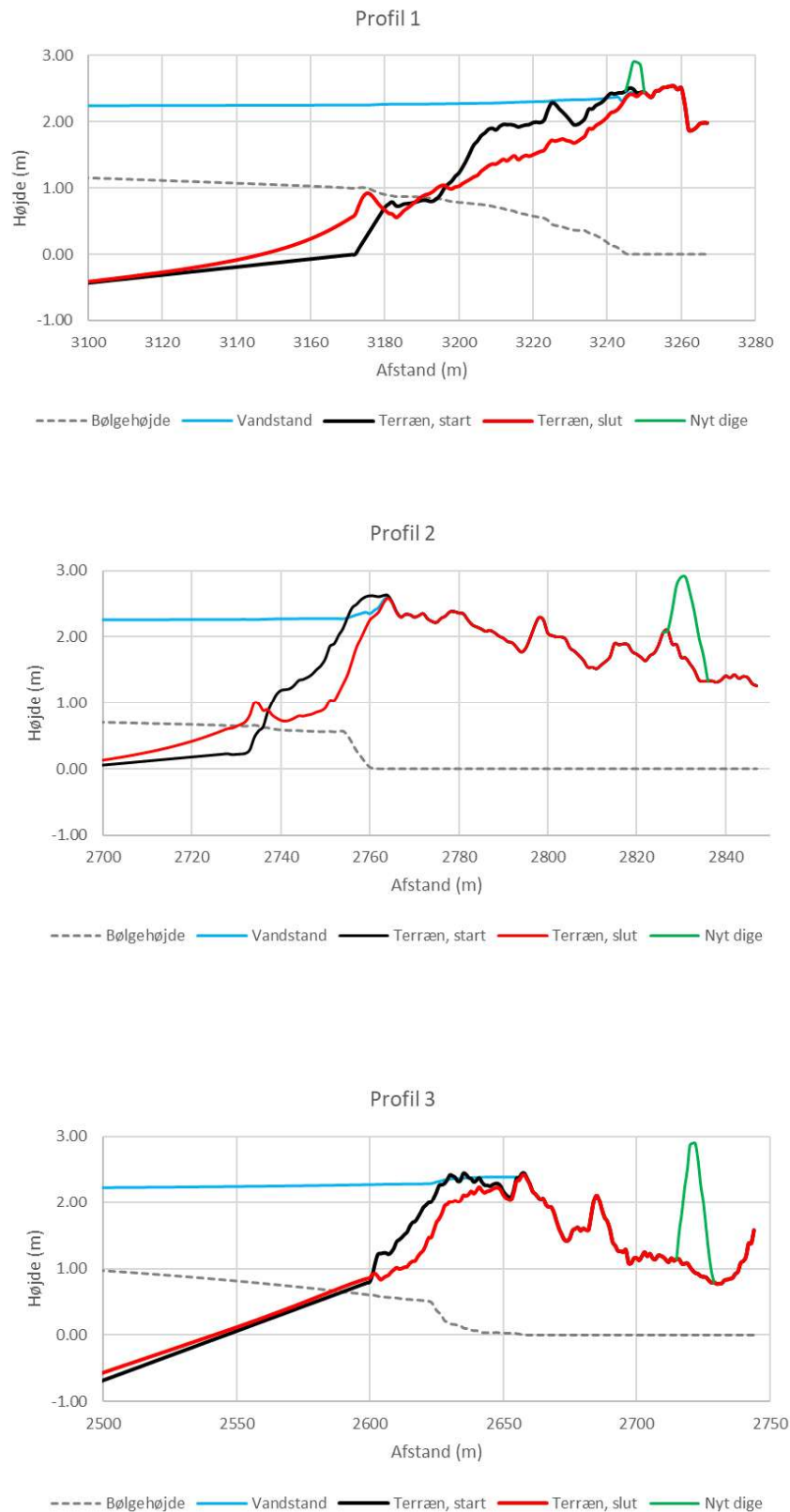
Resultaterne af modelleringen af akut erosion og bølgetransformation under designstormen, hvor den maksimale vandstand på dybt vand er + 2,1 m DVR90, er vist i Figur 4.2. Følgende er observeret:

- Profil 1: Der sker erosion af klitrækken til få meter fra digets fod. Bølgehøjden aftager gradvist henover det eroderede bølgelandskab, og når ikke digefoden.
- Profil 2: Der sker erosion af den forreste klit, der dog ikke eroderes helt og holder sin kroneskote. Størstedelen af klitrækken er uberørt med flere klittoppe. Der er ikke nogen bølge ved diget, da den brydes på den forreste klit.
- Profil 3: Ligesom i profil 2 sker der en erosion af den forreste klit, mens den største del af klitrækken er uberørt af stormen. Derfor er der heller ingen bølge ved diget.



Figur 4.2: Signifikant bølgehøjde (stiplet grå) og vandstand (blå) langs Profil 1-3 ved stormens højdepunkt, hvor vandstanden er +2,1 m DVR90. Forskellen imellem terrænet ved stormens start (sort) og stormens afslutning (rød) giver et udtryk for den akutte erosion.

Som en test er der også modelleret bølgeforhold og erosion ved en vandstand på +220 cm DVR90. Resultaterne er vist i Figur 4.3. I denne situation sker der en mindre forøgelse af erosionen i alle profiler. I profil 2 og 3 er forskellen ubetydelig, men i profil 1 sker der erosion af terrænet, hvor diget skal anlægges. Erosionen er dog lille, og vil forventeligt ikke ske i diget, da dette er mere resistens overfor bølgeerosion end sandklitten. For at imødekomme risikoen ved erosion og underminering af diget, anbefales det at forlænge digetåen til 50 cm under terræn, i stedet for de 30 cm under terræn, der er standard.



Figur 4.3: Signifikant bølgehøjde (stiplet grå) og vandstand (blå) langs Profil 1-3 ved stormens højdepunkt, hvor vandstanden er +2,2 m DVR90. Forskellen imellem terrænet ved stormens start (sort) og stormens afslutning (rød) giver et udtryk for den akutte erosion.

5. Bølgeoverskyl

Bølgeoverskyllet er estimeret for et dige med en kronekote på + 2,8 m DVR90 og en oprundet bølgehøjde på 0,2 m ved at følge EurOtop-manualen (EurOtop, 2018). Bølgeoverskyllet er estimeret til at være $<0,05$ l/s/m ved stormens højdepunkt i den nordlige del. Denne estimering giver også en indikation på, hvad bølgeoverskyllet er på den resterende del af projektstrækningen, hvis klitrækken eroderer under stormen.