

Enø

Højvands- beskyttelse

Myndighedsprojekt



NÆSTVED KOMMUNE

4. JUNI 2020

Indhold

Projekt nr.: 229255
Dokument nr.: 1225863107/
2TAPYJQV5NV4-54161221-1482
Version 24

Udarbejdet af MLV, KBO, ABI,
KRB
Kontrolleret af JAD, KBO
Godkendt af MLV

0	Forord	7
1	Indledning	9
1.1	Foreliggende projekter	9
1.1.1	Fjorddiget	9
1.1.2	Havdiget	9
1.2	Kystdirektoratets § 2 udtalelse	10
1.2.1	Kommentarer til fjorddiget (østkysten):	10
1.2.1.1	Kystteknisk	10
1.2.1.2	Miljøpåvirkning	10
1.2.2	Kommentarer til havdiget (vestkysten):	10
1.2.2.1	Kystteknisk	10
1.2.2.2	Miljøpåvirkning	11
1.3	Nuværende projektstrækning	11
2	Områdebeskrivelse	11
2.1	Morfologisk udvikling af området	12
2.2	Kysterosion	14
2.2.1	Kronisk erosion	14
2.2.2	Akut erosion	15
2.3	Eksisterende forhold og kystbeskyttelse	16
3	Sikringsniveau	17
3.1	Foreliggende sikringsniveauer	18
3.2	Anvendt sikringsniveau	19
3.3	Oversvømmelsestruede område	19
4	Dimensionering	20
4.1	Korrelation mellem ekstrem vandstand og bølgepåvirkning	20
4.2	Dimensionsgivende vandstand	21
4.2.1	Fjordsiden	23
4.2.2	Havsiden	23
4.3	Resulterende bølgetillæg og dimensioner	23
4.3.1	Fjordsiden	24
4.3.2	Havsiden	25
5	Løsningsforslag	26

5.1	Ved Broen 4A til Lystbådehavnen	28
5.1.1	Kronekoter, dimensioner, fodaftryk og tværsnit	29
5.2	Lystbådehavnen til Fjordhusene 104	31
5.2.1	Kronekoter, fodaftryk og tværsnit	33
5.3	Fjordhusene 104 til Enø Kystvej 119	35
5.3.1	Kronekoter, fodaftryk og tværsnit	36
5.4	Enø Kystvej 119 til Reedtzholmvej 180	39
5.4.1	Kronekoter, fodaftryk og tværsnit	40
5.5	Græshoppebroen til Enø Kystvej 10	42
5.5.1	Kronekoter, fodaftryk og tværsnit	43
5.6	Enø Kystvej 10 til Strandvej 24	44
5.6.1	Kronekoter, fodaftryk og tværsnit	46
5.7	Strandvej 24 til 31	48
5.7.1	Kronekoter, fodaftryk og tværsnit	49
5.8	Strandfodring og passage	52
6	Forundersøgelser – Sammenfatning	53
6.1	Indledning	53
6.2	Miljø	54
6.2.1	Miljøkonsekvensvurdering	54
6.2.2	Opsummering af miljøkonsekvensrapporten	55
6.3	Geologi og geoteknik	56
6.4	Afvanding	57
7	Økonomi- og budgetoverslag	60
7.1	Anlægsoverslag og Projektbudget	61
7.2	Budget for drift- og vedligeholdelse	62
8	Bidragsfordeling og finansiering	63
8.1	Principper	63
8.1.1	Definitioner	64
8.2	Fordelingen af parter	67
8.3	Bidragsfordeling af anlægsudgift	67
9	Projektets fremdrift	68
9.1	Klagevejledning:	71
9.2	Frivillige aftaler og ekspropriation	71
9.3	Tinglysning:	72
10	Referencer	73

Bilag 1

Dimensioneringskriterier

Bilag 2

Bidragsfordeling

Bilag 3

Geoteknisk datarapport

Bilag 4

Områdebeskrivelse

Bilag 5

Forundersøgelser

Bilag 6

Kystbeskyttelsesmetoder

Bilag 7

A3 kort af grunde beskyttet af projektet under kote +2,0 m DVR90

Bilag 8

A3 kort af bygninger beskyttet af projektet under kote +2,0 m DVR90

Tegningsliste for vejoplægning ved Fjordhusene:**TEGNING RO_FJH_1_001:** Oversigtsplan**TEGNING RO_FJH_1_002:** Vejplan**TEGNING RO_FJH_1_003:** Rydningsplan**TEGNING RO_FJH_1_004:** Ledningsplan**TEGNING RO_FJH_3_005:** Normaltværsnit**TEGNING RO_FJH_3_006:** Tværsnit A-A**TEGNING RO_FJH_7_007:** Længdeprofil

Ordliste

Bølgeopskyl og Opskylshøjde: Bølgerne skyller op af konstruktioner og op af en strand. Opskylshøjden er den højde, hvortil bølgerne kan nå.

Bølgestuvning: Opstuvning af vand mod kysten skabt af brydende bølger.

Foran, bagved, havværts, landværts: Når noget beskrives *foran* højvandsbeskyttelseskonstruktionerne, så er det på *havværts side*, altså på havsiden af konstruktionerne. Når noget beskrives *bagved* konstruktionerne, så er det på *landværts side*, altså på landsiden af konstruktionerne.

Frit stræk: Længden fra kyst til kyst over hvilken vinden kan danne og udvikle bølger.

Kote i m DVR90: Niveau over 0-punktet for Dansk Vertikal Referencesystem. Opdateret med nyt nulpunkt omtrent ved middelvandstanden i 1990. Alle koter i dokumentet refererer til DVR90.

Krone og kronekote: Kronen er den vandrette øverste flade af et dige, højvandsmur, skråningsbeskyttelse eller sandopfyldning. Kronekoten er det niveau kronen har i m DVR90.

Kystbeskyttelse: Tekniske tiltag i kystzonen til imødegåelse af erosion eller oversvømmelse. F.eks.

Levetid: Hvor langt frem i tiden projektet skal kunne beskytte mod den valgte middeltidshændelse. Dette både med henblik på fremtidige havspejlsstigninger og med henblik på, at de anvendte materialer holder, samt at konstruktionerne er stabile.

Middeltidshændelse: Den vandstand eller bølgehøjde eller kombination af disse to som statistisk set kun forekommer én gang per x-antal år. F.eks. forekommer en 100-års hændelse statistisk set kun én gang per 100 år. Der er mange kombinationer af bølger og vandstand, som i middel kun forekommer én gang per 100 år.

Opstrøms og nedstrøms: Opstrøms er mod strømretningen. Nedstrøms er med strømretningen. I Danmark kommer vinden og dermed bølgerne oftest fra vest. På havsiden af projektområdet er den oftest forekommende langsgående strømretning ved kysten derfor fra vest mod øst.

Overskyl: Mængden af vand, som bølgerne skyller over kystbeskyttelsen. Gennemsnittet af dette opgøres i l/s/m.

Profil: Hvis der trækkes en linje fra dybt vand ind til vandlinjen og op til bag kystområdet og terræn-/bathymetri koterne langs denne linje vises. Et profil er således et tværsnit gennem eksisterende terræn/bathymetri.

Sediment transport: Sediment er det materiale, som en kyststrækning består af. Typisk sand i kystområderne. Bølgerne hvirvler sandet op og flytter sandet. Langsgående sedimenttransport forekommer, når bølgerne rammer kysten med en vinkel og skaber en strøm langs kysten, som transporterer sediment.

Signifikant bølgehøjde: Middelværdien af bølgehøjden i en tredjedel af de højeste bølger (H_s).

Sikringsniveau: Den hændelse med tilsvarende vandstand og/eller bølgehøjde som anlæggene dimensioneres til at kunne beskytte imod. Et sikringsniveau vil være defineret ud fra en middeltidshændelse og levetid.

Strandfodring: Udlægning af sand, grus eller ral som kompensation for tidligere erosion eller fremtidig forventet erosion. Kan også anvendes til at forhøje stranden og dermed reducere bølgeopskyllets udstrækning, og dermed overskylsmængden, samt beskytte mod akut erosion.

Terræn og bathymetri: Terræn beskriver niveau over vandlinjen. Bathymetri beskriver niveau under vandlinjen.

- Højvandsbeskyttelse: jorddiger, kliddiger eller højvandsmure (beton, træ, plastic eller glas).
- Hård kystbeskyttelse er konstruktioner til fastholdelse af bagstrand og/eller materialer i kystprofilet (skråningsbeskyttelse, høfder, bølgebrydere)
- Blød kystbeskyttelse er typisk sand- eller ralfodring, som beskyttelse mod akut erosion og som kompensation for erosion eller som kompensation for materiale tilbageholdt af hård kystbeskyttelse.

Vedligeholdelsesfodring: Jævnlig strandfodring som kompensation for den fremtidige erosion.

Vindstuvning: Opstuvning af vand mod kysten skabt af vindens påvirkning.

0 Forord

Dette Myndighedsprojekt indeholder et overordnet forslag til ensartet sikringsniveau mod en 100-års stormflod om 50 år på Lungshave og den centrale del af Enø. Højvandsbeskyttelsen udføres overordnet med diger, højvandsmure og skråningsbeskyttelse samt strandfodring.

På næsten hele Lungshave og det centrale Enø er der stor risiko for oversvømmelse ved stormflod fra havet, idet store arealer ligger lavt, og eksisterende diger ikke er tilstrækkelige. Kyststrækningerne ligger højere og det oversvømmelsestruede område er således ét stort sammenhængende område i baglandet. Oversvømmelse ét sted langs kysten vil kunne forplante sig til resten af projektområdet, Figur.1.

Risikoen for oversvømmelse ved stormflod stiger i de kommende år i takt med de forventede havspejlsstigninger, der følger af klimaforandringerne.

Grundejere og beboere på Enø og Lungshave har tidligere oplevet oversvømmelser i forbindelse med stormflod, senest under stormen Bodil i 2013. Den højeste målte vandstand på +1,65 m DVR90 forekom dog i 2006.

Figur.1: Oversvømmelse af eksisterende terræn ved vandstand på +2,0 m DVR90. Bemærk, dette er uden bølgepåvirkning.

Baggrundskort: Ortofoto 2017, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Derfor har en gruppe borgere i området anmodet kommunen om gennemførelse af et Kommunalt Fællesprojekt efter Kystbeskyttelseslovens Kapitel 1a.

Kommunen har efter dialog med borgerne besluttet at gennemføre en sag efter kystbeskyttelseslovens Kapitel 1a, hvilket er meddelt alle interessenter. NIRAS er i efteråret 2017 overdraget opgaven med den samlede rådgivningsproces for etablering af højvandsbeskyttelsen.

Tidligere har projektet været to separate projekter med forskellige sikringsniveauer; ét kaldet havdiget og ét kaldet fjorddiget, Figur 0.2. Da oversvømmelse af det sammenhængende område fortsat ville forekomme ved

gennemførelse af kun det ene projekt, er de to projekter, på opfordring af Kystdirektoratet, lagt sammen.

Figur 0.2: Efter dialogmøder med kommunen har interessenterne fået udarbejdet projekter for henholdsvis et havdige og et fjorddige (inklusive strækningerne med højvandsmur), oprindeligt som to separate projekter.

Baggrundskort: Ortofoto 2017, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Den hændelse som projektet skal beskytte området imod er valgt til en 100-års middeltidshændelse om 50 år (i år 2070) i samarbejde med Næstved Kommune.

Det er en forudsætning for projektet, at alle ejendomme i området er beskyttet til samme sikringsniveau, om end der er enkelte undtagelser.

Projektet er efter sammenlægningen udvidet til at inkludere kyststrækningerne mellem Græshoppebroen og Strandvej 21A samt strækningen mellem Strandvej 24 til 31. Da terrænet langs disse kyststrækninger i dag giver et lavere sikringsniveau, end det ovenfor definerede, er udvidelsen foretaget for at sikre ensartet beskyttelsesniveau af det sammenhængende oversvømmelsestruede område.

Der er ultimo 2019 og primo 2020 udarbejdet en Miljøkonsekvensvurdering for kystbeskyttelsesprojektet, se reference [1].

1 Indledning

Formålet med projektet er at højvandsbeskytte ejendomme i det sammenhængende oversvømmelsestruede område på Lungshave og den centrale del af Enø imod en 100-års hændelse de næste 50 år (år 2070).

Overordnet set er opgaven, med højvandssikring af det sammenhængende oversvømmelsestruede område på Lungshave og Enø, udført efter følgende hovedfaser:

- 1) Gennemgang af foreliggende projekter og Kystdirektoratets udtalelse
- 2) Morfologisk og kortbaseret analyse af området.
- 3) Revurdering af sikringsniveau og granskning af hændelser i området
- 4) Justering af linjeføring
- 5) Dimensionering af anlæg
- 6) Miljø- og geoteknisk screening af digerne
- 7) Bestemmelse af anlægsøkonomi
- 8) Beregning af økonomiske parter efter bidragsfordeling

Arbejdet med disse punkter forløber dog som en iterativ proces med evaluering af hvert punkt ved enhver ændring.

1.1 Foreliggende projekter

Det foreliggende projektmateriale om fjorddiget har været fremsendt til Kystdirektoratet med anmodning om en § 2 udtalelse i henhold til kystbeskyttelsesloven. Kystdirektoratets udtalelse foreligger i brev dateret 19.04.2016. Projektet for havdiget har også været i udbud, men licitationen blevet aflyst.

Dimensionerne på digerne fra foreliggende projekter varierer en smule, som opridset herunder:

1.1.1 Fjorddiget

Projektet for fjorddiget er udarbejdet af Nielsen & Risager og bestod dels af et jorddige, dels af plastikspuns. Den samlede beskyttede længde kystlinje var omtrent 2,5 km.

Den dimensionsgivende vandstand var svarende til den højest målte vandstand på +1,65 m DVR90 og med en fremskrivning af havspejlsstigningerne til år 2050 (og tillagt 6 cm). Fremskrivningen af havspejlsstigningerne var fastsat til 30 cm.

Kronekoten var anbefalet til + 2,0 m DVR90 langs hele strækningen. Kronebredden var fastsat til 2,5 m og udført med skråningsanlæg på 1:3. Plastikspunsen med en topkote på +2,0 m DVR90 skulle forsynes med vandret beklædning af brædder på landsiden og en hammer på toppen.

1.1.2 Havdiget

Projektet for havdiget er udarbejdet af Rosbæk og bestod af et ca. 150 m langt jorddige.

Den højest målte vandstand på +1,65 m DVR90 (og tillagt 5 cm) var anvendt som den dimensionsgivende vandstand. Derudover var tillagt et vindstuvningsbidrag på 35 cm grundet pålandsvind og bølger.

Kronekoten var fastsat til +2,25 m DVR90 med en 2 m bred digekrone og skråningsanlæg på 1:3 på havsiden og 1:2 på landsiden. Digeoverfladen skulle befæstes med geoarming, enkammat (erosionsmåtter), mulddrys og græsbeklædning.

1.2 Kystdirektoratets § 2 udtalelse

Kystdirektoratets (KDI) kommentarer er behandlet og indarbejdet i nærværende projekt så vidt muligt. Bemærkninger der gælder begge oprindelige projekter kan sammenfattes til følgende kommentar:

- KDI finder, at der er behov for højvandsbeskyttelse og behandler de to projekter som ét projekt.

De øvrige kommentarer fra Kystdirektoratet omhandler både de kysttekniske og de specifikke miljømæssige forhold langs projektstrækningen.

1.2.1 Kommentarer til fjorddiget (østkysten):

De kysttekniske kommentarer drejer sig primært på anlæggenes dimensioner og kommentarerne ift. miljøpåvirkning drejer sig mest om Natura 2000-området.

1.2.1.1 Kystteknisk

- Jorddiget bør anlægges så langt tilbage trukket fra fjorden som muligt;
- Hældninger på jorddigets for- og bagskråning må ikke udføres stejlere end 1:3;
- Digefoden skal friholdes for konstant vandpåvirkning, ellers skal digefodens konstruktion ændres;
- Ingen kommentarer til højvandsmuren i form af en plastikspuns;
- Der udbedes detailtegninger af overgang fra jorddiget til plastikspunsen;
- Det er uklart, hvor meget areal af dige/spuns, der ligger inden for sommerhusområde, der er udpeget 1. juli 1992.

1.2.1.2 Miljøpåvirkning

- Projektet er beliggende i udkanten af eller lige inden for Natura 2000-område 169, omfattende habitatområde H148 og fuglebeskyttelsesområde F81;
- Den beskyttede natur – strandenge – er beliggende på en stor del af digestrækningen. Hvorvidt projektet påvirker strandengene beror på digets linieføring;
- Hvis KDI efter høring af øvrige berørte myndigheder vurderer, at projektet kan påvirke området eller en beskyttet art, skal der foretages en konsekvensvurdering af projektets påvirkning;
- Det skal endeligt i projektet afklares, hvor stor del af Natura-2000 området, der bliver fysisk påvirket af projektet;
- Det skal afklares om der findes Bilag IV-arter i området;

1.2.2 Kommentarer til havdiget (vestkysten):

Kommunens ansøgning om havdiget har af KDI været i høring, hvor der blev givet nedenstående bemærkninger.

1.2.2.1 Kystteknisk

- Habitatnaturtypen forklit, der er kortlagt i 2010-2012 ligger inden for projektets afgrænsning;
- Der er ikke umiddelbart registeret Bilag IV-arter i området;
- Naturstyrelsen anbefaler, at diget trækkes længere væk fra kysten så den kortlagte forekomst påvirkes mindst muligt;

- KDI vurderer, at en fodring med sand foran diget kan medvirke til at afværge, at diget har en påvirkning på forekomsten af forklit.

1.2.2.2 Miljøpåvirkning

Der er ikke anført noget herom.

1.3 Nuværende projektstrækning

Projektet er efter sammenlægningen udvidet til at inkludere kyststrækningerne mellem Græshoppebroen og Strandvej 21A samt strækningen mellem Strandvej 24 til 31. Udvidelserne er foretaget for at sikre ensartet beskyttelsesniveau af det sammenhængende oversvømmelsestruede område.

Den samlede strækning, der skal etableres højvandsbeskyttelse langs er således fra Strandvej 31 til Græshoppebroen, Græshoppebroen til Lystbådehavnen, og lystbådehavnen til Reedtzholmvej 180, se Figur 2.1.

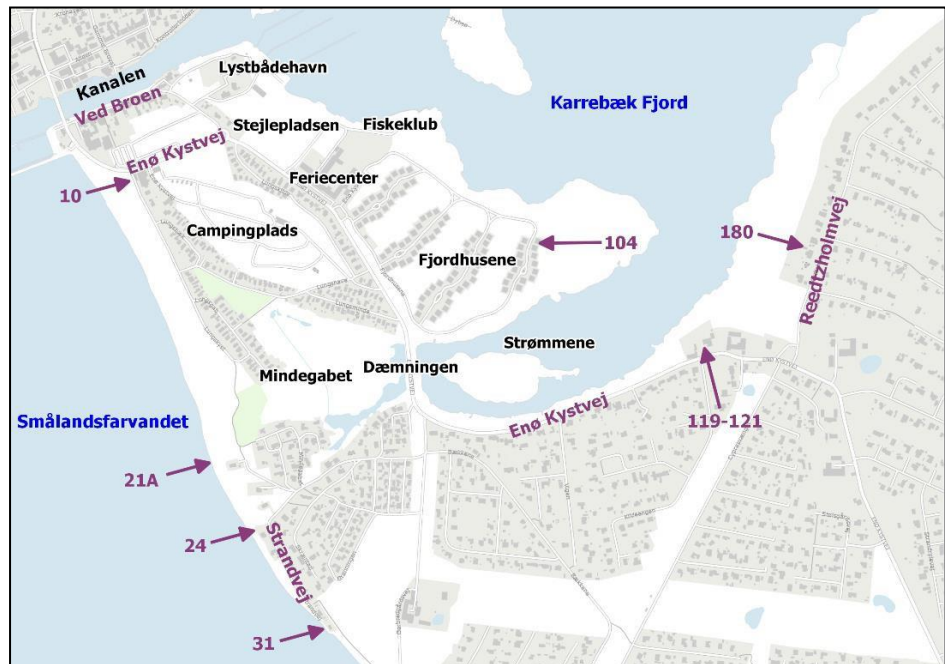
2 Områdebeskrivelse

Enø og Lungshave er forbundet via dæmningen over det nu lukkede Mindegabet. Den nu sammenhængende ø ligger som en barriereø mellem Smålandsfarvandet og Karrebæk Fjord, se Figur 2.1.

Karrebæksminde by og havn strækker sig på begge sider af kanalen, som adskiller Lungshave fra Sjælland. Det meste af bebyggelsen på Enø og Lungshave ligger tæt og består af sommerhuse samt enkelte helårshuse.

Figur 2.1: Områdeoversigt med udvalgte stednavne og vejnumre.

Baggrundskort: Skærmskott Dæmpet, WMS tjeneste.



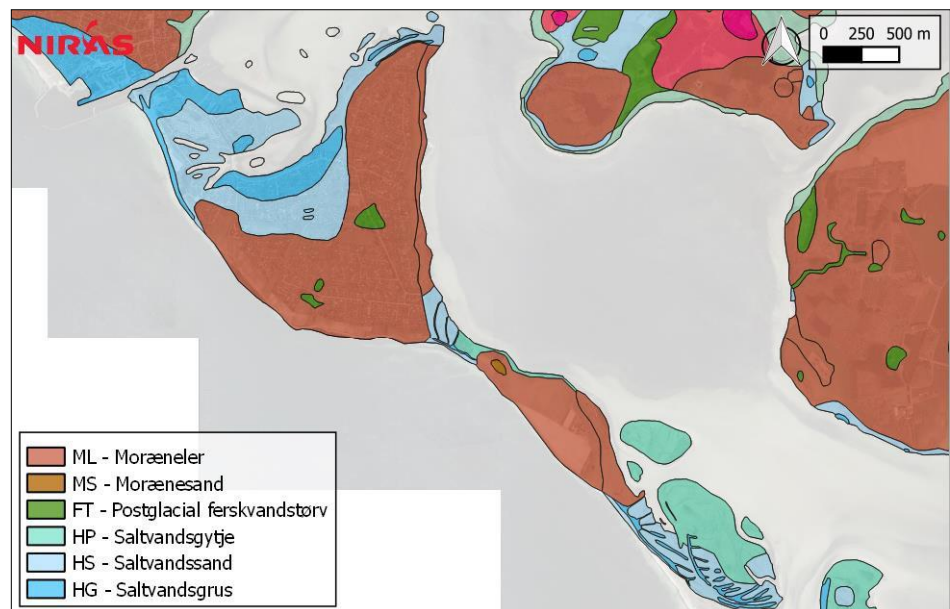
Området er et stort trækplaster for turister i sommerhalvåret med adskillige restauranter og caféer samt en badestrand ud mod Smålandsfarvandet lige syd for kanalen. Stranden strækker sig henover Mindegabet til Enø, hvorefter den afløses af en kystlinje præget af erosion med stenkastninger til beskyttelse af bebyggelsen. Syd for bebyggelsen står klinten stejlt indtil Enø Overdrev.

Enø og Lungshaves kyst mod fjorden er karakteriseret ved lille vanddybde og en tilgroet kystlinje med bagvedliggende enge. Engene anvendes enten rekreativt eller er bebygget med boliger og sommerhuse.

2.1 Morfologisk udvikling af området

Lungshave og den nordlig del af Enø består overvejende af bundmoræne og marine aflejringer, se Figur 2.2.

Figur 2.2: Geologisk jordarts-kort (GEUS) visende jordlag i knap 1 m dybde.



Tidligere har der været fire forbindelser fra Karrebæksminde Bugt i Smålandsfarvandet til Karrebæk Fjord og Dybsø Fjord, se Figur 2.2. Forbindelsen via Kanalen nord for Lungshave samt gennemløbene syd for hhv. Enø og Dybsø er endnu åbne, mens Mindegabet og Strømmene mellem Lungshave og Enø lukkede til i slutningen af 1800-tallet/begyndelsen af 1900-tallet.

Lukningen skyldes til dels det etablerede dige og Enø Kystvej ind mod fjorden, og til dels den sydøstgående netto sedimenttransport, som medførte forlængelse af den nordlige krumodde henover Mindegabet til den sydlige krumodde. Netop ved det gamle indløb ønskes det oprindeligt projekterede havdige etableret. Området mellem kysten og kystvejen er i dag et vådområde.

Figur 2.3: Historisk kystlinje fra 1890. På kortet ses desuden åbningen Mindegabet, hvor havdiget i dag planlægges ført henover.

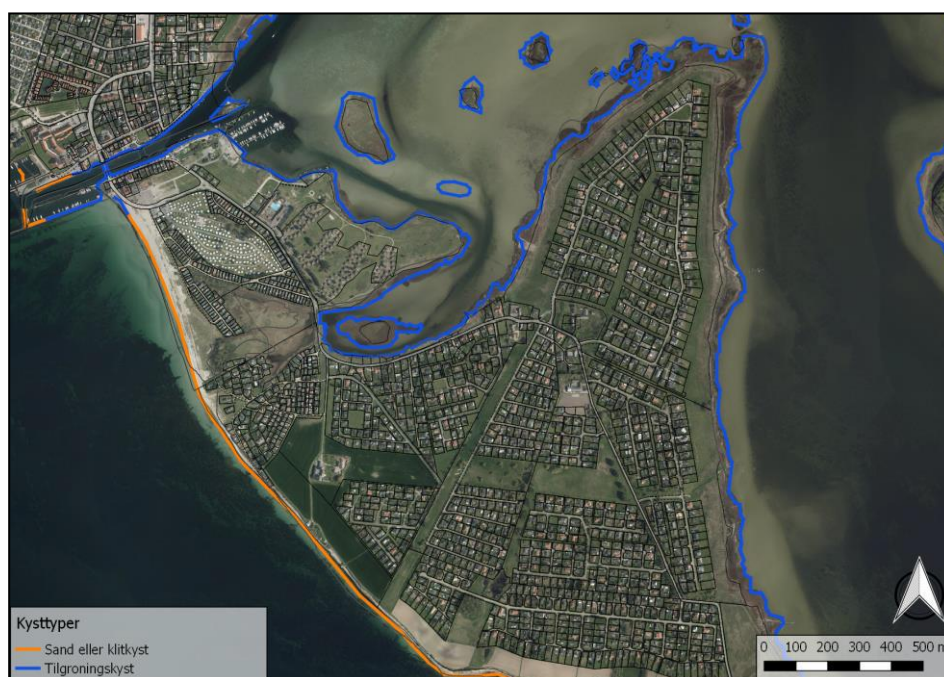
Baggrundskort: Høje Målebords Blade.



Det korte frie stræk inde i Karrebæk Fjord og den lave vanddybde på kun ca. 2 m medfører, at der er lille bølgeenergi og nærmest ingen erosion på indersiden af Lungshave og Enø. Den lille bølgeenergi kommer til udtryk ved, at der nærmest ingen forandring i kystlinjens placering har været siden 1800-tallet og at kystlinjen er tilgroet, se Figur 2.3 til Figur 2.5.

Figur 2.4: Kysttyper efter Kystdirektoratets online kystatlas.

Baggrundskort: Ortofoto 2016, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Herefter beskrives derfor udelukkende sedimenttransport og erosion på den vestlige side af projektområdet (havsiden).

2.2 Kysterosion

Det dominerende vind- og dermed bølgeklima i Smålandsfarvandet er fra vestlige retninger, hvorfra det frie stræk også er længst. Derfor er den generelle bølgepåvirkning på havsiden størst fra VSV, se Bilag 1. Med kystens orientering mod VSV-SV er den gennemsnitlige langsgående sedimenttransport lille og mod sydøst, se reference [2].

2.2.1 Kronisk erosion

Størrelsen på den langsgående sedimenttransport er afhængig af tilgængeligheden af sand. Karrebæksminde Havn blokerer for en del af den sydgående sedimenttransport. Dette kommer til udtryk ved en tydelig kystfremrykning nord for havnen samt en mindre tilbagerykning af kysten syd for havnen, Figur 2.5.

Syd for havnen er stranden gennem tiden suppleret med mindre mængder strandfodring og installation af kystparallelle dræn, som holder lidt på sandet og dermed i mindre omfang reducerer læsideerosionen i det område.

Figur 2.5: Historisk kystlinje fra slutningen af 1800 tallet.

Baggrundskort: Ortofoto 2016, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Havnen danner dog også læ for bølgepåvirkning umiddelbart syd herfor. Da bølgepåvirkningen stiger mod syd stiger også den langsgående sedimenttransportkapacitet mod syd. Manglende tilførsel af sediment nordfra, og dermed manglende tilgængeligt sediment betyder, at der generelt fjernes mere sediment end der aflejres, hvilket betegnes som kronisk erosion, Figur 2.6.

Figur 2.6: Størrelsen af kronisk erosion vurderet af Kystdirektoratet, se reference [2]. Baggrundskort: Ortofoto 2016, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Den kroniske erosion vurderes lille omkring det meste af Enø og Lungshave, men med punkter med større erosion eller aflejring, Figur 2.6 og Bilag 1.

Kysten fremstår mod syd med en aftagende strandbredde og faldende højde på bagstranden. Dette forstærkes af den lille ændring i kystlinjeorientering ved Strandvej 21A, og yderligere af erosionsbeskyttelsen mellem Strandvej nr. 24 og 31. Sidstnævnte holder på skrænten, hvormed der frigives en mindre mængde sediment til den langsgående sedimenttransport. Kystprofil og stranden foran borteroderes i stedet.

2.2.2 Akut erosion

Under situationer med forhøjet vandstand og samtidig bølgepåvirkning kan der forekomme erosion af bagstranden, kystklinter og klitter. Dette betegnes akut erosion. Under sådanne situationer transporteres sandet udad i kystprofil og senere langs kysten. Klitter kan med tiden genopbygges af vinden, hvis sandet transporteres tilbage til kysten under normal vandstand. Klinter genopbygges ikke naturligt.

Kystdirektoratet vurderer, at den akutte erosion omkring Enø og Lungshave er lille til moderat, Figur 2.7. Dette er baseret på den vurderede potentielle bølgehøjde og korrelationen mellem ekstrembølger og ekstremvandstand.

Figur 2.7: Størrelsen af akut erosion vurderet af Kystdirektoratet, se reference [2].

Baggrundskort: Ortofoto 2016, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Syd for projektområdet og syd for det tæt bebyggede område, som slutter efter Strandvej 31, ses tydelig erosion af den høje skrænt. Her er også sket en betydelig kysttilbagerykning på omkring 30 m siden 1890-1891, se Figur 2.1 og Figur 2.5.

For en mere detaljeret analyse af erosionsforholdene se Bilag 1.

2.3 Eksisterende forhold og kystbeskyttelse

Terrænet udgør oversvømmelsesbeskyttelse til et vist niveau i sig selv. Enkelte steder langs projektområdet er opført kystbeskyttelse, enten som værn imod erosion (skråningsbeskyttelse) eller imod oversvømmelse (diger/dæmning). Beskyttelsen omfatter overordnet set:

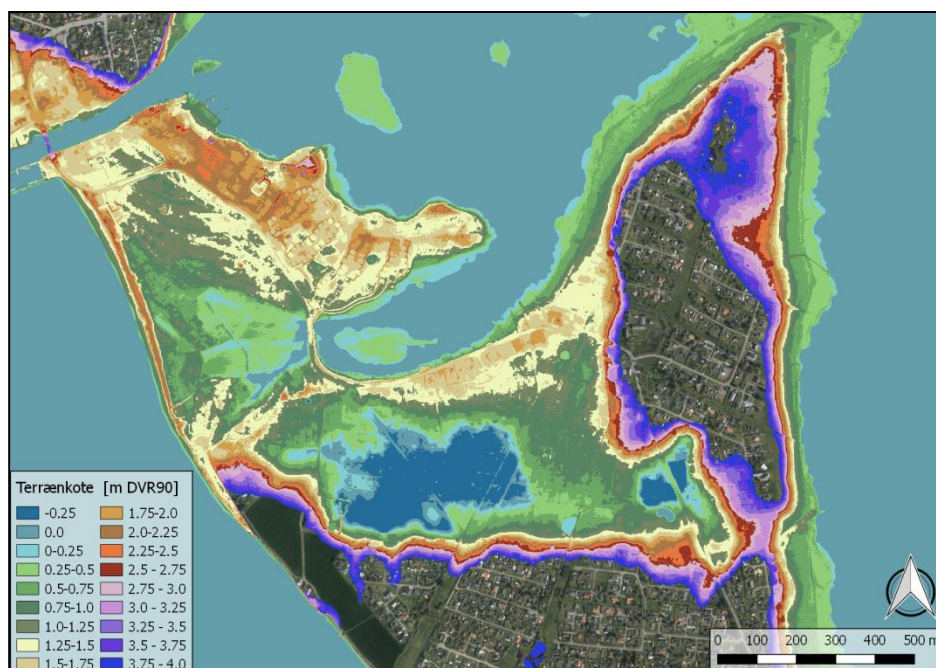
- Dige på havsiden af Lungshave
- Dæmning/dige mellem Mindegabet og Strømmene
- Dige omkring Strømmene
- Skråningsbeskyttelse foran bebyggelsen på Strandvej 24-31

Sikringsniveauet fra eksisterende beskyttelse og terræn er ikke ensartet langs projektstrækningen, hvilket blandt andet skyldes varierende terrænkoter langs kysten, varierende strandbredde, samt forskellig påvirkning fra bølger på hav- og fjordsiden, se Bilag 1.

Overordnet set når terrænet langs kysten minimum op til +1,25 m DVR90, se Figur 2.8 samt Bilag 4. Bag kysten ligger det meste af Lungshave og en stor del af Enø dog lavere og nogle steder under havets overflade (-0,25 m DVR90). Grundet denne 'gryde-morfologi', vil vandindtrængning ét sted sprede sig til øvrige lavtliggende områder.

Figur 2.8: Højdeforhold opmålt i 2014. Områder uden farve er områder over kote +4,0 m DVR90.

Baggrundskort: Ortofoto 2016, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



I Bilag 4 gives en detaljeret strækningsinddelt beskrivelse af området og eksisterende kystbeskyttelse.

3 Sikringsniveau

Dimensionering af højvandsbeskyttelse fastlægges ud fra en hændelse, der statistisk set forekommer med et valgt interval (middeltidshændelse/returperiode) samt en ønsket levetid. Levetiden definerer, hvor langt ud i fremtiden, det ønskes at være beskyttet mod den valgte ekstremhændelse.

Højvandsbeskyttelse dimensioneres normalt til at kunne modstå en 100-års middeltidshændelse. Det anbefales som minimum at vælge en levetid på 50 år.

Der vil altid være en sandsynlighed for, at den dimensionsgivende vandstand og bølgehøjde vil forekomme eller overskrides inden for den valgte levetid. Ved at kombinere middeltidshændelse og levetid kan sandsynligheden for, at højvandsbeskyttelsens dimensioneringsforudsætninger overskrides beregnes, se Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Beregnet sandsynlighed i % for at middeltidshændelsen overskrides inde for en given levetid.

Levetid i år	Middeltidshændelse (MT) i år					
	1	5	10	30	50	100
1	100	20	10	3	2	1
5	100	67	41	16	10	5
10	100	89	65	29	18	10
30	100	100	96	64	45	26
50	100	100	99	82	64	39
100	100	100	100	97	87	63

Tabellen viser, at der er 39 % risiko for, at en 100-års middeltidshændelse optræder inden for en 50-års levetid.

Valget af den dimensionsgivende hændelse er en afvejning af flere parametre, hvoraf de mest afgørende er:

- Ønsket om at være sikret mod så ekstrem en hændelse som muligt
- Acceptabel sandsynlighed for, at den dimensionsgivende hændelse overskrides inden for levetiden
- Konsekvensen af, at der opstår skader samt prisen på udbedring af disse
- Ønsket om at bevare udsigten til vandet
- Reducere anlægsomkostninger

3.1 Foreliggende sikringsniveauer

Ingen af de foreliggende projekter havde defineret en decideret middeltidshændelse som diget skulle kunne modstå. Begge projekter tog udgangspunkt i den højeste målte vandstand, se Afsnit 1.1.

Projektet for havdiget fremskrev den højeste målte vandstand med 30 års havspejlsstigning på 30 cm, mens havdigeprojektet ikke inkluderede fremskrivning af vandstand nærmere end med et tillæg på 5 cm.

Projektet for fjorddiget inkluderede ikke bølgetillæg, mens projektet for havdiget inkluderede et bølgetillæg på 55 cm. Nærmere beregninger af tillægget for bølgepåvirkningen foreligger ikke.

NIRAS har gransket historiske højvandstandshændelser og sammenhæng mellem ekstreme bølger og vandstande på både fjord- og havsiden af Enø og Lungshave, Bilag 1. Det konkluderes, at der ved ekstreme vandstande i projektområdet er vind fra nordlige retninger. Samtidigt med at ekstreme vandstande forekommer forventes der derfor bølgepåvirkning fra nordlige retninger på fjorddiget, men ingen eller lille bølgepåvirkning på havdiget.

Sikringsniveauet og dermed dimensioneringsforudsætningerne i de to foreliggende projekter var således ikke i overensstemmelse med hinanden.

3.2 Anvendt sikringsniveau

Kommunens udbudsmateriale definerer ikke et sikringsniveau, hverken ift. middeltidshændelse (MT) for bølger og vandstand eller ift. levetid for anlægget.

Eftersom projektet sikrer mod oversvømmelse af ét sammenhængende område, er det vigtigt, at alle beskyttelsesanlæg er dimensioneret til samme sikringsniveau.

For at reducere skadesrisikoen til et acceptabelt niveau, anbefaler NIRAS, at der som minimum dimensioneres efter en 100-års middeltidshændelse, men gerne mere ekstreme forhold.

I dialog mellem Næstved Kommune og borgerrepræsentanter er det besluttet at dimensionere til et sikringsniveau, der svarer til **en 100-års højvandstandshændelse om 50 år**.

Dette svarer til at sikre mod en hændelse, som statistisk set forekommer én gang hvert 100. år med en havvandspejlsstigning fremskrevet til år 2070, se Bilag 1.

3.3 Oversvømmelsestruede område

På baggrund af det valgte sikringsniveau og tilhørende dimensionsgivende vandstand er det oversvømmelsestruede området fundet, se Figur 3.1

Figur 3.1: Kort over oversvømmelsestruede område ved dimensionsgivende vandstand på +2,0 m DVR09.

Baggrundskort: Ortofoto 2016, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Hvis strækningen mellem Strandvej 31 til Græshoppebroen, videre langs Kanalen, rundt til Fjordhusene, henover dæmningen og hen til Reedtzholmvej 180 lukkes af til det valgte sikringsniveau, beskyttes det sammenhængende oversvømmelsestruede område.

4 Dimensionering

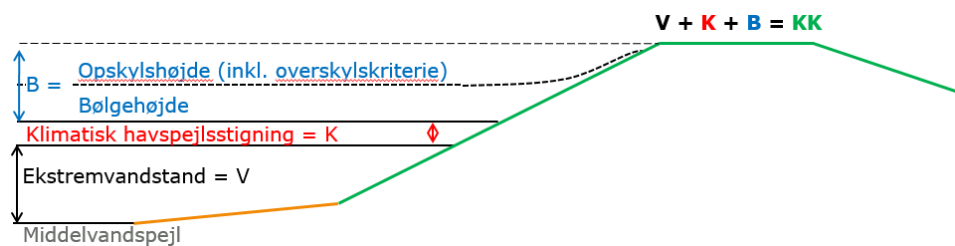
Dimensionerne på højvandsbeskyttelsen bestemmes på baggrund af det valgte sikringsniveau. Kronekoten af højvandsbeskyttelsen bestemmes overordnet ved følgende trin:

1. Ekstremvandstanden (V), der svarer til den valgte middeltidshændelse findes ud fra højvandsstatistikkerne.
2. Dernæst estimeres størrelsen på den forventede havspejlsstigning inden for den valgte levetid (K).
3. Korrelation mellem forhøjet vandstand og samtidig bølgepåvirkning vurderes (om der samtidigt er forhøjet vandstand og stor bølgepåvirkning).
4. Summen af V og K udgør den dimensionsgivende vandstand på dybt vand.
 - a) Forventes der ingen bølgepåvirkning, samtidigt med den dimensionsgivende vandstand, fastsættes kronekoten (KK) lidt højere end selve den dimensionsgivende vandstand.
 - b) Forventes samtidighed mellem ekstrem vandstand og bølgepåvirkning, skal der estimeres en højde, hvortil bølgerne kan nå (B), som vist på Figur 4.1. Dette afgøres bl.a. ud fra koten af det foranliggende terræn, da bølgenes højde bl.a. varierer med vanddybden. Kronekoten justeres ud fra B samt et acceptabelt niveau af bølgeoverskyl (overskylskriterie).

Derudover kan kronekoten hæves eller sænkes ved anvendelse af hhv. en stejlere eller fladere anlægsside eller foranliggende strand. En forhøjelse af den foranliggende strand reducerer bølgehøjden, der når beskyttelsen. Dermed vil den nødvendige kronekote kunne reduceres.

De forskellige bidrag er visualiseret i principskitzen, Figur 4.1.

Figur 4.1: Principskitse for bidrag til beregning af digers kronekote i fremtiden (KK). Kronekoten ved anlægstidspunktet findes ved at fratække den forventede landhævning.



4.1 Korrelation mellem ekstrem vandstand og bølgepåvirkning

For at bestemme om kronekoten skal fastsættes efter et scenarie med ekstrem vandstand og samtidig ekstrem, ingen eller moderat bølgepåvirkning er tidligere storm- og højvandstandshændelser analyseret.

Analysen viste, at det for hav- og fjordsiden af Enø og Lungshave er forskellige scenarier, der er dimensionsgivende og dermed kræver den højeste kronekote og mest omfattende sikring af konstruktionen, se Bilag 1.

De højeste vandstande i området optræder typisk i forbindelse med en situation, hvor et tilbageløb fra Østersøen efter en nordvesten-/nordenstorm kulminerer med

vand, der presses fra Nordsøen ind i Indre Danske Farvande mod Østersøen, som følge af en ny nordvestenstorm.

Denne type hændelse har minimum to gange skabt betydelige oversvømmelser på Enø og Lungshave i år 1993 og 2006. Under dette scenarie vil der være kraftig vind fra nordvestlige retninger. Dermed vil der være samtidig af ekstreme bølger og ekstrem vandstand på fjordsiden, men ikke på havsiden, se Bilag 1.

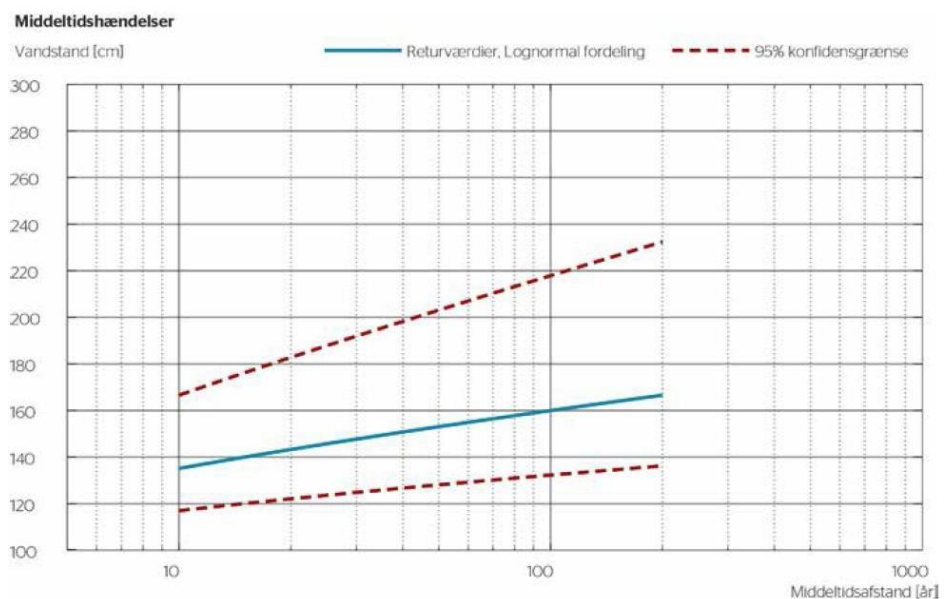
Kronekoten og dimensionsgivende vandstand er beregnet separat for hav- og fjordsiden. En opsummering gives herunder, mens en detaljeret gennemgang findes i Bilag 1.

4.2 Dimensionsgivende vandstand

Til fastsættelse af den dimensionsgivende ydre vandstand er Kystdirektoratets seneste højvandsstatistik for Karrebæksminde Havn anvendt. Denne er baseret på målinger mellem 2001-2017.

Statistikken viser, at en 100-års middeltidshændelse i dag (år 2017) svarer til +1,60 m DVR90, se Figur 4.2.

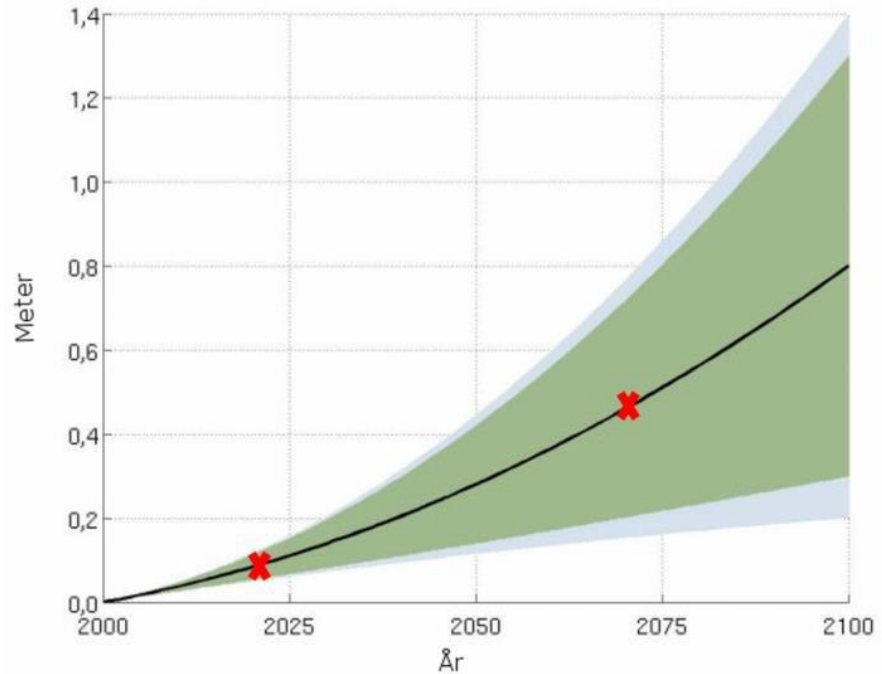
Figur 4.2: Middeltidshændelse med usikkerhedsinterval for Karrebæksminde Havn, se reference [3].



De globale klimaforandringer resulterer i eustatiske havspejlsstigninger. Havspejlsstigningerne fra i dag (år 2020) og frem til slutningen af stormflodsbeskyttelsens ønskede levetid (år 2070) skal medregnes i den dimensionsgivende vandstand.

I nærværende projekt er valgt at anvende DMI's bedste bud på vandstandsstigninger indtil år 2100, se Figur 4.3. DMI vurderer, at den fremtidige havspejlsstigning er 0,8 m for perioden mellem år 2000 og 2100, hvilket er en gennemsnitlig stigning på 8 mm/år. Havspejlet forventes at stige eksponentielt med tiden.

Figur 4.3: DMI's bedste bud på vandstandsstigninger de næste 100 år i meter, når der ses bort fra landhævning. Den sorte kurve viser middelværdien, mens det grønne og blå areal viser usikkerheden henholdsvis globalt og omkring Danmark, se reference [4].



Vandstanden forventes at stige 38 cm mellem år 2020 og 2070, se Figur 4.3.

Returperioden for en given vandstand falder efterhånden som det generelle havspejl stiger. En vandstand, som i dag har en returperiode på 100 år, vil om 50 år have en returperiode på ca. 2-3 år. Vandstanden for en 100-års middeltidshændelse i år 2070 vil være højere end i dag.

Den dimensionsgivende vandstand på dybt vand for det valgte sikringsniveau med en 100-års middeltidsvandstand (MT) om 50 år (i år 2070) er vist i Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Dimensionsgivende vandstand for en 100-års hændelse om 50 år (i år 2070), se Bilag 1.

Ekstremvandstand for 100-års MT idag (år 2020) [m DVR90]	+1,60
Forventet havspejlsstigning år 2020-2070 [m].	0,38
Dimensionsgivende vandstand [m DVR90]	+1,98 ≈ +2,00

Ved stormflod strømmer vandet fra Smålandsfarvandet ind i fjorden gennem de tre smalle indløb, Kanalen og syd for Enø og Dybsø. I begyndelsen af en stormflod kan vandstanden i Karrebæk Fjord derfor være lavere end i Smålandsfarvandet. Efterhånden som vandstanden stiger på begge sider af Enø og Lungshave, oversvømmes den sydligste del af Enø samt Dybsø, indløbet udvides, indstrømningen øges og forskellen i vandstand reduceres.

Ved tidligere stormflodshændelser menes vandstanden at have været 10-20 cm lavere i Karrebæk Fjord end i Smålandsfarvandet. Jo længere tid en storm varer,

jo mindre er vandstandsforskellen mellem Smålandsfarvandet og Karrebæk Fjord. De forventede havspejlsstigninger vil oversvømme dele af Enø overdrev og Dybsø, hvorved indstrømningen af vand fra Smålandsfarvandet til Karrebæk Fjord vil foregå hurtigere. De forventede havspejlsstigninger medfører, at vandstandsforskellen mellem Smålandsfarvandet og Karrebæk Fjord i fremtiden vil være ubetydelig eller ikke-eksisterende, se reference [5].

4.2.1 Fjordsiden

På fjordsiden, hvor der er positiv korrelation mellem ekstrem vandstand og ekstrem bølgepåvirkning er den **dimensionsgivende vandstand på +2,0 m DVR90**. På nogle strækninger tillægges der bidrag for ekstrem bølgepåvirkning ved beregning af kronekoten, se Tabel 4.1 og Bilag 1.

Nogle steder langs fjordsiden ligger kystlinjen i læ for bølger dannet i fjorden, og kronekoten tillægges derfor kun et mindre bidrag fra eventuel stuvning og lokalt dannede bølger. Dette gælder Kanalen og strækningen omkring Strømmene.

4.2.2 Havsiden

På kyststrækningen ud mod Smålandsfarvandet vil der under den dimensionsgivende ekstreme vandstand ikke samtidigt være bølgepåvirkning.

NIRAS har opstillet en numerisk bølgemodel (MIKE 21 SW) for Smålandsfarvandet, som kombinerer vandstandsdata og vinddata på dybt vand i perioden mellem 2001-2015. Bølgerne er efterfølgende transformeret til lavt vand ved brug af LITPROF-modellen, se Bilag 1. Modelresultaterne viser, at den nødvendige kronekote er højest ved en moderat forhøjet vandstand kombineret med let bølgepåvirkning.

Det dimensionsgivende scenarie for havdiget er en moderat forhøjet vandstand på +1,3 m DVR90 samt en signifikant bølgehøjde på $H_s = 0,5$ m på dybt vand. Inklusiv havspejlsstigning bliver den **dimensionsgivende vandstand +1,7 m DVR90**, se Bilag 1.

Stranden mellem Strandvej 24-31 ligger lavere og er smallere end nord for. Bølgepåvirkning på anlægget vil derfor være større her. For denne strækning er det kombinationen med vandstand på +1,2 m DVR90 og en signifikant bølgehøjde på $H_s = 1,5$ m på dybt vand, der giver den højeste kronekote. Inklusiv havspejlsstigningen bliver den **dimensionsgivende vandstand +1,6 m DVR90**, se Bilag 1.

De dimensionsgivende scenarier svarer til en langvarig og kraftig storm fra sydvestlige retninger, som drejer om i vest-nordvestlige retninger, f.eks. som under opstarten af Bodil-stormen. Selvom vindretningen er fra vestlige retninger, og dermed langs med kysten, kan der forekomme bølgepåvirkning på havdiget samtidigt da bundforholdene drejer (refrakterer) bølgerne ind mod kysten.

4.3 Resulterende bølgetillæg og dimensioner

På fjordsiden og i kanalen bygges diger på det meste af strækningen. Enkelte steder, hvor der ikke er plads mellem bebyggelsen og kysten, opføres i stedet en højvandsmur. Bølgerne i fjorden vil være små og det forventes, at almindelige græsdiger med lermembran kan modstå bølgepåvirkningen.

Hele havsiden er eksponeret for bølgepåvirkning. Ved forhøjet vandstand samtidigt med bølgepåvirkning kan bølgerne nå højere op på stranden og derved erodere i

bagstranden/klitten/klinten/diget. Tiltagende erosion mod syd på strækningen bevirker, at strandens bredde og højde er faldende mod syd. Højvandsbeskyttelsen skal derfor erosionsbeskyttes på strækningen mellem Strandvej 21A – 31.

Mellem Enø Kystvej 10 og Græshoppenbroen opføres en højvandsmur. Her i hjørnet vil bølgepåvirkningen være mindre under den dimensionsgivende hændelse end for den resterende strækning på havsiden. Her er i forvejen en skråningsbeskyttelse.

Mellem Enø Kystvej 10 til Strandvej 21A, skal det eksisterende klitdige forhøjes.

Mellem Enø Strandvej 21A og 24 bygges en forlængelse af klitdiget.

Mellem Strandvej 24-31 etableres en højvandsmur.

Det nye klitdige erosionsbeskyttes med strandfodring, og højvandsmuren erosionsbeskyttes med forstærkning af den eksisterende skråningsbeskyttelse og strandfodring, se Figur 2.1.

Beregninger af de anbefalede minimums kronekoter opsummeres i det følgende for hhv. hav- og fjorsiden af projektstrækningen.

4.3.1 Fjordsiden

På baggrund af søkort og den simple SMB model (Sverdrup-Munk & Bretschneiders model) er bølgerne på dybt vand i Karrebæk Fjord bestemt for bundkoter på -1,0 til -2,0 m DVR90 og med middelvindhastigheder på 20-25 m/s, se Bilag 1. Bølgerne er transformeret ind til kysten ved brug af LITPACK modellen.

De bølgeeksponerede strækninger vurderes at omfatte strækningen fra Kanalens indløb i fjorden til Fjordhusene 104 samt fra Enø Kystvej 119 til Reedtzholmvej 180. Tre ekstrembølgeklimaer langs kystlinjen er anvendt, se Tabel 4.2 og Bilag 1.

Tabel 4.2: Dimensionsgivende dybt-vands bølgeparametre for fjorddiget.

Kyststrækning	Bølgnehøjde på dybt vand H_s [m]	Tilhørende bølgeperiode T_p [s]
Lystbådehavnen og Enø Kystvej 119-123	0,4	2,0
Stejlepladsen-Fericenteret	0,6	2,3
Volleybanen til Fjordhusene 104 og Reedtzholmvej	0,8	2,5

Inden for disse tre kategorier af kyststrækninger varierer terrænet, digefodskoten og højvandsbeskyttelsens form, hvorfor de resulterende bølgetillæg til konstruktionerne er forskellige.

For at reducere bølgetillægget og minimere udsving i kronekoten, er der justeret på linjeføring og anlæggets forsidehældning. Det er søgt at trække linjeføringen så langt landværts og så højt som muligt for at minimere digehøjde, fodaftryk og påvirkning af naturen.

Ved alle beregninger for diger er det antaget, at diget er græsklædt med en forsidehældning 1:3, med mindre andet er vist.

De foranliggende terrænkoter, resulterende bølgehøjder og bølgetillæg samt anbefalede kronekoter for de forskellige bølgeeksponerede delstrækninger er listet i Tabel 4.3 og beskrevet nærmere i Afsnit 5, se desuden Bilag 1.

Tabel 4.3: Resulterende kronekote og variationen af denne ud fra foranliggende terræn og bølgehøjder (bølgetillæg).

Lokalitet, foranliggende terrænkote [m DVR90]	Bølge- eller stuvningstillæg [m]	Minimums kronekote i år 2070 [m DVR90]
Lystbådehavn, +1,5 m DVR90	0,3	+2,3
Stejleplads, +2,0 m DVR90	0,3	+2,3
Feriecenter, +1,7 m DVR90	0,5	+2,5
Fjordhusene, +1,2 m DVR90 (anlæg 1:4)	0,5	+2,5
Kystvej 119-123, +0,5 m DVR90 (anlæg 1:5)	0,5	+2,3
Reedtzholmvej, +1,0 m DVR90 (anlæg 1:4)	0,5	+2,5
Kanalen	0,2	+2,2
Fjordhusene syd	0,3	+2,3
Mindegabet (Enø Kystvej)	0,3	+2,3

Ved Kystvejshjørnet, Fjordhusene og Reedtzholmvej, hvor det foranliggende terræn er lavt og der forventes stor bølgepåvirkning er det nødvendigt med en lidt fladere digeforside med hhv. anlæg 1:5, 1:4 og 1:4, såfremt der ikke lægges sten på forsiden, se Bilag 1.

Kronekoterne for kyststrækningerne der ikke er direkte bølgeeksponerede er alle tillagt 10 cm. Kronekoten i Kanalen er yderligere tillagt 10 cm som ekstra sikkerhed. Kronekoterne rundt om Strømmene er alle tillagt 20 cm yderligere for at tage højde for vindstuvning og lokale bølgeforhold.

Når anlæggene skal bygges, skal der tages højde for landhævningen gennem levetiden, hvilken er ca. 5 cm. Derfor kan kronekoten ved byggetidspunktet være 5 cm lavere end kronekoterne listet i Tabel 4.3.

4.3.2 Havsiden

Projektering af diger og skråningsbeskyttelser er forskellige. Der er desuden stor forskel på kystprofilerne ud for digerne og skråningsbeskyttelserne.

Beregningerne af kronekote mv. er derfor foretaget særskilt.

Scenariet med en vandstand på +1,3 m DVR90 og en signifikant bølgehøjde på dybt vand på 0,5 m er det dimensionsgivende scenarie for strækningen mellem Græshoppebroen og Strandvej 24. Dette scenarie kræver det største bølgetillæg og giver størst erosion af bagstranden/digefoden, se Afsnit 4.2.2 og Bilag 1.

For skråningsbeskyttelsen mellem Strandvej 24 og 31 er det dimensionsgivende scenarie en ydre vandstand på +1,2 m DVR90 og en bølgehøjde på $H_s = 1,5$ m. Dette scenarie giver det højeste opskyl og kronekote. Det er således denne

kombination, der er dimensionsgivende ift. kronekote og stenstørrelser på skråningsbeskyttelsen.

Den dimensionsgivende bølgehøjde er beregnet ud fra en vertikal akut erosionshøjde ved digefoden på 35 cm og 70 cm for hhv. havdiget og skråningsbeskyttelsen. Mellem Enø Kystvej 10 til Strandvej 24 ligger digefoden i dag ca. i kote + 1,3 m DVR90. Ved strandfodring forhøjes stranden mellem Strandvej 24 og 31 også til kote +1,3 m DVR90.

Det er således en forudsætning for dimensioneringen, at digefoden altid minimum er i kote +1,3 m DVR90 før hændelsen indtræffer, se Bilag 1.

Det dimensionsgivende scenarie og resulterende kronekote for havdiget bliver som vist i Tabel 4.4, se desuden Bilag 1 for nærmere gennemgang.

Tabel 4.4: Resulterende dimensionsgivende bølgehøjde og -tillæg samt kronekote for Havdiget for en 100-returperiode i år 2070 (om 50 år).

	Havdiget	Syddelen(SB)
Dim.givende vandstand inkl. havspejlsstigning år 2020-2070 [m DVR90]	+1,7	+1,6
Bølgehøjde H_s på dybt vand [m]	0,5	1,5
Dim.givende signifikante bølgehøjde H_s , ved konstruktionsfod [m]	0,38	0,66
Resulterende bølgetillæg [m]	0,78	0,88
Resulterende kronekote [m DVR90]	≈ +2,5	≈ +2,5

Bølgehøjden er større ved skråningsbeskyttelsen end ved diget samtidigt med, at vandstanden kun er lidt lavere ved skråningsbeskyttelsen. Dog er den nødvendige kronekote den samme for de to lokaliteter, hvilket skyldes, at bølgenes opskyl er mindre/kortere på forsiden af en 'ru' porøs stenoverflade ift. en 'glat' græsklædt digeforside, se Bilag 1 og Bilag 6.

Forside- og bagsidehældninger af diget er 1:3 og forsidehældning af skråningsbeskyttelse er 1:2.

5 Løsningsforslag

Projektet er løbende drøftet med interessenter, borgere og kommunen. Løsningsforslagene er udviklet på baggrund af denne dialog, foreliggende projekter, Kystdirektoratets kommentarer, den udarbejdede Miljøkonsekvensvurdering, se reference [1], og Afsnit 6.2.1, mv.

Løsningsforslagene til beskyttelse af det sammenhængende oversvømmelsestruede område af Enø og Lungshave består overordnet af;

- **Dige** langs grusvejen mellem Fiskehuset og lystbådehavnen, kysten mellem Lystbådehavnen og Enø Kystvej 110, Enø Kystvej 123 – Reedtzholmvej 180 og fra Enø Kystvej 10 til Strandvej 24. Eksisterende diger udbygges.

- **Højvandsmure**, hvor der ikke er plads til et dige: Fra Enø Kystvej 10 op til Græshoppebroen og videre til Fiskehuset (Ved Broen), omkring Lystbådehavnen, kort stykke ved dæmningen og mellem Enø Kystvej 110 til Enø Kystvej 119.
- **Dige med højvandsmur** ved Fjordhusene 104 samt mellem Fjorhusene og Enø Kystvej
- **Dige** med bagside som **højvandsmur** ud for Enø Kystvej 119 – 123.
- **Højvandsmur** beskyttet af **skråningsbeskyttelse** mellem Strandvej 24 og 31.
- **Strandfodring** mellem Enø Kystvej 10 og Strandvej 31.

Det overordnede løsningsforslag ses på Figur 5.1.

Figur 5.1: Overordnet løsningsforslag til højvandsbeskyttelse af det oversvømmelsestruede område på Enø og Lungshave.

Tværsnitslokaliteter, anvendt til at illustrere beskyttelsens påvirkning i landskabet, er markeret med hvid.

Baggrundskort: Ortofoto 2017, Geodatastyrelsen, WMS-tjeneste



Projektet omfatter således anvendelse af forskellige typer højvandsbeskyttelse. De forskellige typer har hver deres fordele og ulemper. Nogle har et stort fodaftryk, men er billige og robuste over for bølgepåvirkning, mens andre har et lille fodaftryk, men er mere vedligeholdelseskrævende og/eller dyrere, se Bilag 6.

Højvandsbeskyttelsens kronekoter og højde over terræn varierer langs projektstrækningen, hvilket skyldes forskelle i hydrauliske påvirkninger langs de otte delstrækninger. De omtrentlige højder over terræn illustreres i det følgende ved principskitser af løsningsforslagene. Indtegnede voksne personer på principskitserne har en højde på 180 cm.

Grundet højtliggende eksisterende terræn er der enkelte strækninger, hvor det ikke er nødvendigt at anlægge højvandsbeskyttelse. Tilstrækkeligt højtliggende terræn kommer til udtryk ved 'huller' i fodaftrykket af højvandsbeskyttelsen.

Med mindre andet er beskrevet gælder, at både for- og bagsidehældning på diger er 1:3. Foranliggende terræn er minimum +1,5 m DVR90 på bølgepåvirkede dele af fjorddiget, med mindre andet er beskrevet. Generelt holdes digefoden over kote +0,5 m DVR90. Bredden af højvandsmurene i beton eller pæle-flagevægge er 40 cm eller 20 cm.

Med mindre andet er anført ved hver delstrækning, så etableres digerne med en sandkerne dækket med en 30 cm tyk lerkerne. Oversiden af lerkernen svarer til den angivne kronekote. Afslutningen af lermembranen føres 30 cm under terræn. Lerkernen afdækkes med et 5 cm tykt muldrag, hvorpå der tilsås med særligt salttålede græsfrøblanding.

På nogle bølgeeksponerede strækninger anlægges en grøft til opsamling af eventuelt overskyldt vand under stormflod. Vandet samles og pumpes over diget med dykpumper på lokaliteter, der senere skal specificeres i en beredskabsplan. Nogle grøfter og dræn fungerer som opsamling af overfladevand under skybrud. Overfladevand ledes til en række gennemføringer i diget, hvor det løber ud i fjorden eller havet, se Afsnit 6.4 og Bilag 5. Der isættes kontraklapper i alle rørgennemføringer, således at havvand ikke kan trænge ind gennem rørgennemføringerne.

Dimensionerne for rørføringerne varierer på de enkelte strækninger, hvilket er specificeret i Afsnit 6.4. Bredden af grøfterne er ikke indtegnet på figurer i nærværende rapport, men kan ses i Bilag 5. Bemærk at den angivne bredde svarer til bredden ved udløbet. Bredden tiltager fra enden hen til udløbet.

Sandsynligheden for at en stormflodshændelse indtræffer samtidigt med skybrud er meget lille, se Bilag 5.

Der er indsat en række skots i højvandsmurene. Det skal bemærkes, at hvert af disse skots udgør et svagt punkt i højvandsbeskyttelsen. At få lukket disse skots forud for højvande vil være digelagets ansvar og skal indgå i den kommende beredskabsplan. NIRAS anbefaler så få skots som muligt, men for at opretholde området's funktionalitet har Næstved Kommune ønsket flere skots isat.

Alle skots skal være åbne på tidspunkter, hvor der ikke varsles eller ventes stormflod, da disse åbninger også fungerer som afløb for skybrudsvand.

Anlægsmetode og vedligehold er beskrevet grundigt i Bilag 6 for hver type højvandsbeskyttelse. I afsnit 7.2 er desuden beskrevet budget for vedligeholdelse, og de enkelte handlinger er beskrevet på punktform.

Benævnelserne højvandsmur og højvandsvæg refererer til samme type anlæg.

5.1 Ved Broen 4A til Lystbådehavnen

Strækningen mellem Græshoppebroen og lystbådehavnen er ca. 350 m lang.

Mellem Ved Broen nr. 4 og Fiskerlejet bygges en 240 m lang smal højvandsmur udført som pæle-flagevæg, se Bilag 6. Den nærmere placering af væggen er vist i Figur 5.2.

Ud for bageren skal den eksisterende udeservering tilgodeses således, at denne fortsat kan tilgås uden hindring. Dette kunne f.eks. være ved en afbrydelse af muren netop her. Ved varsling af stormflod, skal denne gennemgang tillukkes med

et skot. Langs væggen skal etableres enkelte træppeovergange ad hvilke det grønne areal og kajen kan tilgås. Den eksakte placering og udformning af skots, gennem- og overgange specificeres i detailfasen.

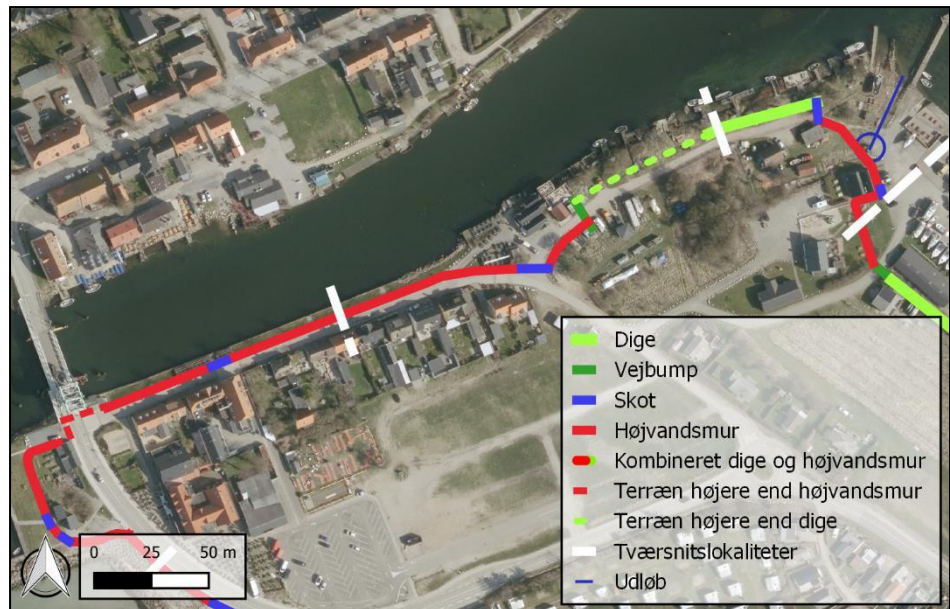
Træerne langs Ved Broen påvirkes ikke. Linjeføringen går gennem nogle af pullerterne, som anvendes til nødkaj. Ved to af pullerterne afbrydes højvandsmuren derfor. Ved stormflodsvarsling isættes specialbyggede skots omkring pullerterne.

Ud for Ved Broen nr. 22 føres muren henover vejen til Fiskehuset og lukker således af for trafikken gennem Fiskehusets udeserveringsområde.

Henover Ved Broen mellem nr. 24B og Fiskehuset skal indarbejdes et skot i væggen, således at der stadig kan foregå kørsel ned til Fiskehuset og ad grusvejen ned til lystbådehavnen.

Figur 5.2: Anbefalet linjeføring af højvandsbeskyttelse mellem Græshoppebroen og lystbådehavnen.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Væggen fortsættes ca. 30 m langs sidstnævnte grusvej forbi Fiskerlejet. Derefter anlægges et vejbump henover grusvejen.

På den havværts side af grusvejen etableres et dige.

Ved svinget ud for Rottøen nær Havnekontoret, bygges endnu et skot henover grusvejen. Herefter afløses sikringen af en højvandsmur, se Afsnit 5.2.

Det er således kun bygninger på den landværts side af stien/vejen, der beskyttes. Bygningerne på vandsiden af Ved Broen; Fiskehuset, Fiskerlejet og aktivitetscenteret, sikres ikke ved nærværende projekt.

5.1.1 Kronekoter, dimensioner, fodaftryk og tværslit

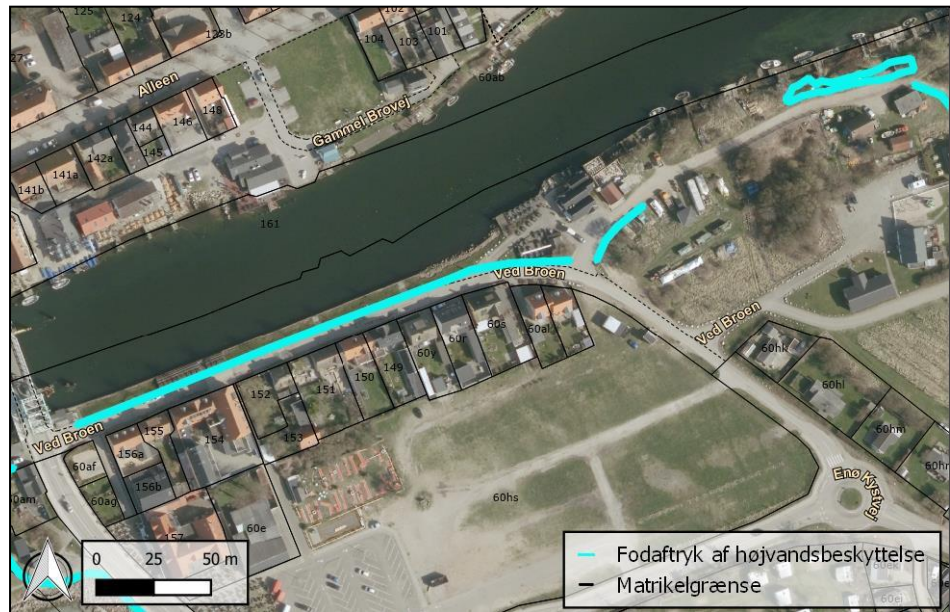
Der forventes ikke bølgepåvirkning på denne delstrækning. Anlæggene bygges med den anbefalede minimums kronekote på +2,2 m DVR90.

Kronekoten er således den dimensionsgivende vandstand plus 20 cm tillæg for strømstuvning, se Afsnit 3 og Bilag 1.

Terrænet langs denne strækning er lavest, hvor Ved Broen drejer mellem nr. 22-24B. Højvandsmuren vil derfor her have den største højde på 0,8 m over terrænet.

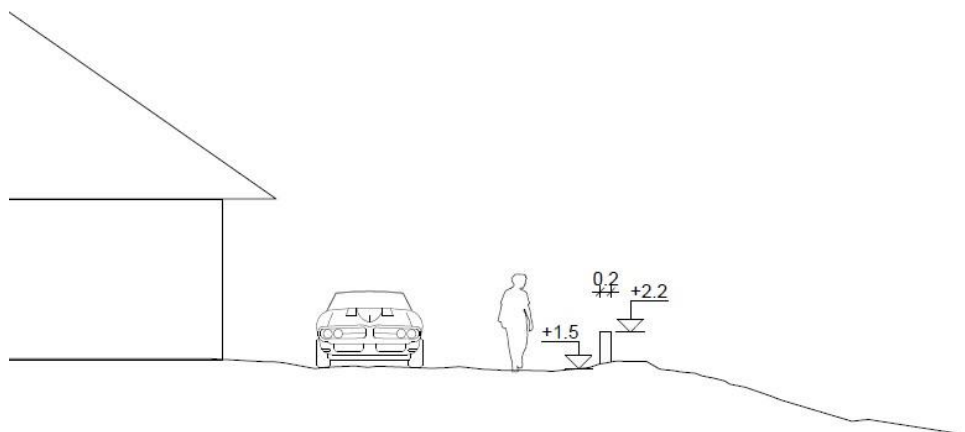
Figur 5.3: Resulterende fodaftryk af den anbefalede højvandsbeskyttelse mellem Græshoppebroen og lystbådehavnen.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS-tjemeste.



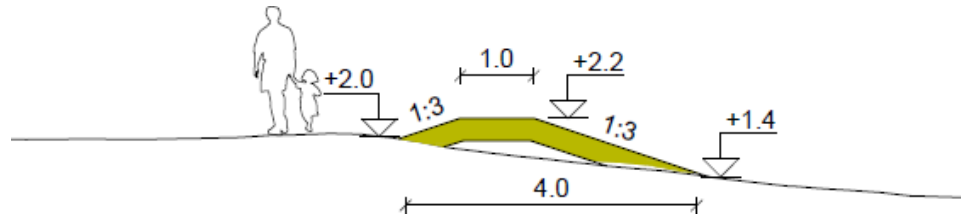
Fodafttrykket af væggen langs kanalen svarer til væggenes bredde på 20 cm, Figur 5.3 og Figur 5.4.

Figur 5.4: Principskitse af højvandsmur/-væg ud for kanalen/Ved Broen. Personen på skitsen går i vejkannten.



Diget mellem Fiskerlejet og lystbådehavnen giver kun anledning til en smal terrænen ændring/fodafttryk på op til 4 til 5 m i bredden på den nordøstlige halvdel, Figur 5.5. Lige nordøst for Fiskehuset er der en afbrydelse af diget, da terrænet ligger højere end digets kronekote, se Figur 5.3.

Figur 5.5: Principskitse af dige mellem fiskerlejet og lystbådehavnen. Personerne på skitsen går i kanten af grusvejen på landværts side af diget.



Strækningen mellem Fiskehuset og lystbådehavnen er omfattet af NATURA 2000-området. Løsningsforslaget med højvandsmur langs Ved Broen efterfulgt af diget langs grusvejen vurderes at være løsningen med mindst påvirkning på både habitatområdet, og den nuværende brug af området.

Der etableres ingen grøfter eller gennemføringer på denne strækning.

5.2 Lystbådehavnen til Fjordhusene 104

Strækningen mellem Lystbådehavnen og Fjordhusene 104 udgør en ca. 680 m lang kyststrækning.

Til beskyttelse af Lystbådehavnen, anbefales en højvandsvæg med en længde på ca. 85 m. Højvandsvæggen føres langs kanten af parkeringspladserne og dernæst henover græsplænen til Ved Broen, Figur 5.6. Det vil således fortsat være muligt både at anvende renovationsområdet og at få master ud af masteskuret.

Åbninger til gennemgang af højvands-væggen detaljeres i en senere projektfase.

Henover Ved Broen er i forvejen et vejbump, som hæves til den nødvendige kronekote.

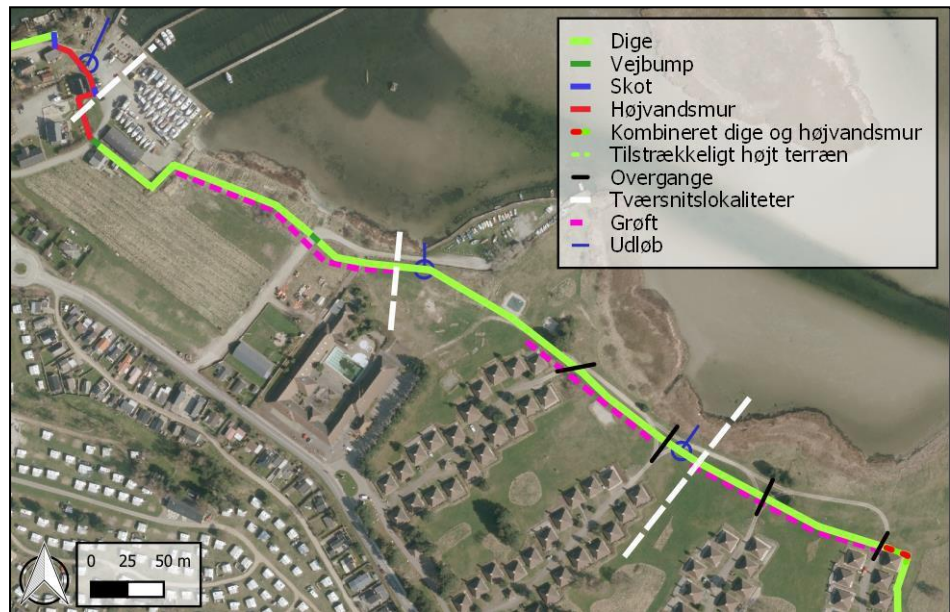
Fra Ved Broen til Fjordhusene 104, anlægges et græsklædt jorddige. Diget afbrydes af vejbump henover grusvejen langs Feriecenteret, Figur 5.6.

Foran Fjordhusene har Grundejerforeningens medlemmer tilkendegivet ønske om at diget placeres langs grusvejen frem for tæt på bebyggelsen. Dette ønske er søgt opfyldt så vidt muligt.

Der etableres grusovergange over digerne ud for hver klynge af huse. Den eksakte udformning af disse overgange fastlægges i detailfasen. Grusvejen vil ikke længere kunne tilgås af køretøjer fra tilkørslerne ved Fjordhusene.

Figur 5.6: Anbefalet linjeføring af højvandsbeskyttelse mellem lystbådehavnen og Fjordhusene 104. Detaljer omkring grøftens eksakte placering og form udarbejdes i detailfasen.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Ud for Fjordhusene 98, 100, 102 og 104 ligger et NATURA 2000 lysåbent habitatnaturområde udpeget surt overdrev, hvilket er en prioriteret habitatnaturtype. Permanent påvirkning af denne naturtype ved etablering af højvandsbeskyttelse inden for udpegningen er i Miljøkonsekvensvurderingen vurderet at være umulig at opnå tilladelse til, se reference [1] og Afsnit 6.2.1.

Derfor etableres højvandsbeskyttelsen her som en forhøjelse og forstærkelse af de jordvolde som omkranser husene, se Afsnit 5.3. Ud for Fjordhusene 104 ligger udpegningen af surt overdrev næsten helt op til foden af jordvolden omkring terrassen. Omkring dette hus indbygges derfor en højvandsmur af træ i jordvolden. Den eksisterende jordvold genopbygges med lermembran.

Bag højvandsmuren ved Lystbådehavnen og bag diget ved masteskuret etableres ikke en grøft. Bølgepåvirkningen på lystbådehavnen og masteskuret vil være lille. Langs stejlepladsen, Feriecenteret og Fjordhusene etableres en grøft bag diget til afledning af regnvand ved skybrudssituationer samt overskyl og understrømning ved stormflod, se Bilag 1 og 5.

Ved Fjordhusene 104 etableres dog ingen grøft, da der ikke er plads. Under stormflod med størrelse i nærheden af den dimensionsgivende hændelse, skal der derfor være særlig årvågenhed ift. oversvømmelse fra bølgeoverskyl og eventuel nødvendig bortpumpning ved nr. 104.

Langs hele denne strækning skrån timer terrænet mod fjorden og overfladevand kan i dag løbe ud i fjorden uden hindringer. Etablering af højvandsbeskyttelsen vil hindre denne afvanding. For ikke at forværre forholdene for bebyggelsen under skybrud etableres ud over grøfterne også tre udløb med kontraklap gennem diget: Et ved lystbådehavnen, et ud for Feriecenteret og et ud for Fjordhusene 47-48. Detaljer herom og eksakt placering er beskrevet i Afsnit 6.4 og Bilag 5, men også vist på Figur 5.6.

5.2.1 Kronekoter, fodaftryk og tværsnit

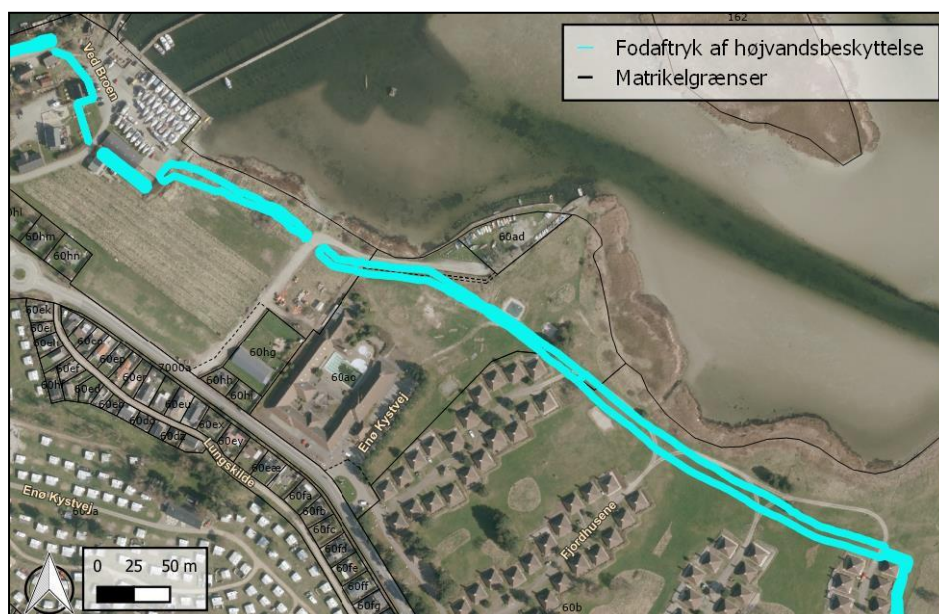
Bølgepåvirkningen varierer mellem Lystbådehavnen og Fjordhusene, grundet et stigende frit stræk fra vest mod øst i fjorden. Lystbådehavnen og stejlepladsen ligger således mindre udsat end Feriecenteret og Fjordhusene, Bilag 1. Derfor etableres højvandsbeskyttelsen med en kronekote ved Lystbådehavnen og Stejlepladsen på +2,3 m DVR90 og på +2,5 m DVR90 ved Feriecenteret og Fjordhusene. Kronekoten skifter efter overkørslen på grusvejen ned til Fiskeklubben.

Lige bag masteskuret ligger en aflang forhøjning af terrænet, som muligvis er et ældre dige. Dette forhøjes og masteskuret beskyttes således ikke, se Figur 5.7.

Fodaftrykket af væggen ud for lystbådehavnen svarer til væggens bredde på 20 cm, Figur 5.7 og Figur 5.8. Kronebredden på diget langs hele delstrækningen er 2 m. Ud for Fjordhusene er terrænet lavt, hvorfor fodaftrykket bliver størst her. Det græsklædte dige vil få samme vegetation/overflade som det omkringliggende område, Figur 5.7 og Figur 5.10.

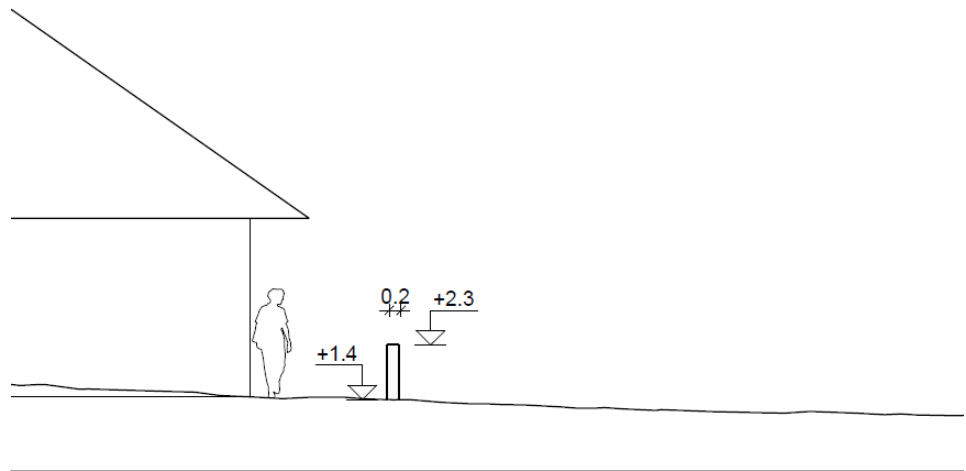
Figur 5.7: Resulterende fodaftryk af den anbefalede højvandsbeskyttelse mellem lystbådehavnen og Fjordhusene 104.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS-tjemeste.

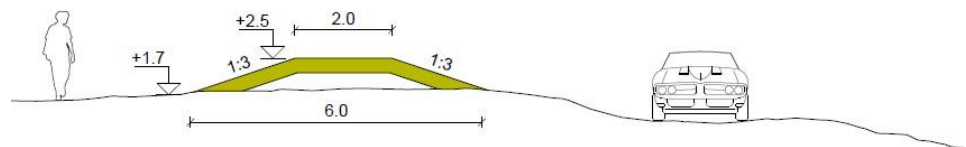


Mellem Lystbådehavnen og Fjordhusene 104 er terrænet lavest ved Lystbådehavnen, hvorfor højvandsbeskyttelsens højde på 1,3 - 1,4 m over terræn er størst her. På resten af strækningen er højden maksimalt 1,0 - 1,1 m over terræn, Figur 5.8 - Figur 5.10.

Figur 5.8: Principskitse af højvandsmuren ved Lysbådehavnen. Vandkanten er beliggende til højre for det viste profil. Personen på skitsen går på pladsen foran havnekontoret.

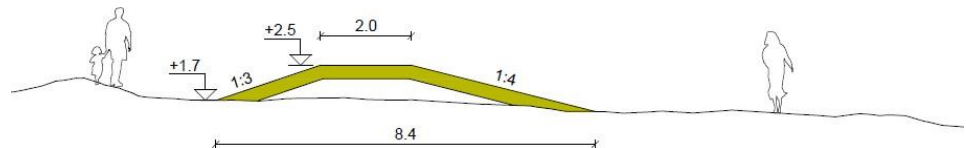


Figur 5.9: Principskitse af diget ud for Feriecenteret. Personen på skitsen går på landsiden af diget. Bilen kører på grusvejen ud til fiskeklubben. I detailfasen indtegnes en grøft landværts for diget.



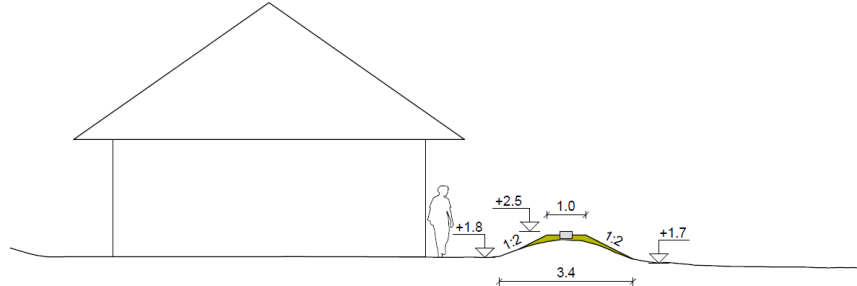
Den lidt fremrykkede placering af diget ud for Fjordhusene betyder, at terrænet foran diget ligger lavere end ud for Feriecenteret, og at bølgepåvirkningen på diget derfor bliver større. For at fastholde den samme kronekote, +2,5 m DVR90, anlægges diget her med en fladere hældning på 1:4.

Figur 5.10: Principskitse af diget ud for Fjordhusene mod nord. Barnet og den voksne går på landsiden af diget, mens den enlige person går på grusvejen på vandsiden af diget. I detailfasen indtegnes en bred lav grøft landværts for diget.



Selve jordvolden omkring Fjordhusene 104 forhøjes ikke. Denne har på nuværende tidspunkt en omtrentlig kronekote på +2,3 m DVR90. Højvandsmuren vil være 20 cm højere end jordvolden, se Figur 5.11. Jordvolden renoveres med korrekt opbygning og en for- og bagsidehældning på 1:2.

Figur 5.11: Principskitse af dige og højvandsmur mod nord ud for Fjordhusene 104.



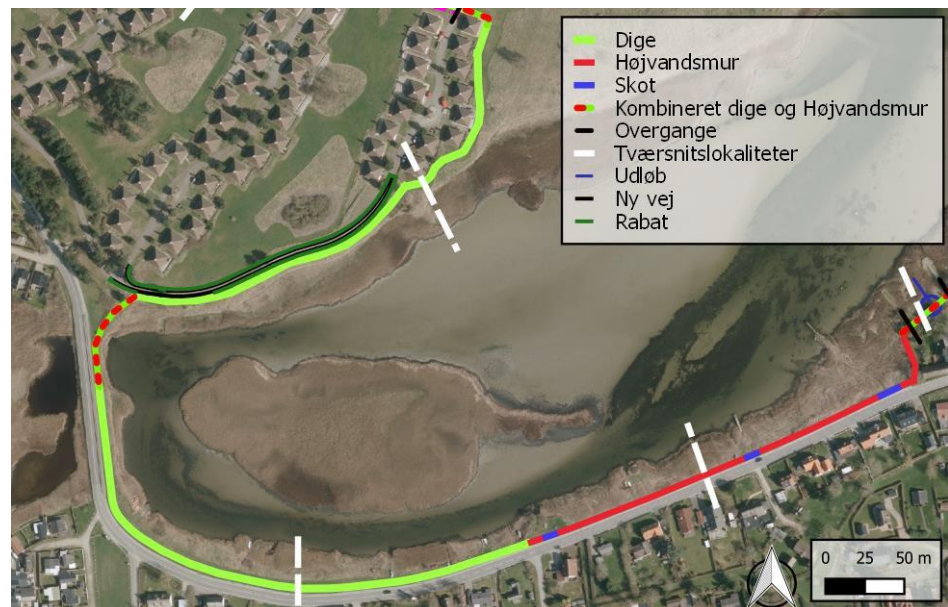
5.3 Fjordhusene 104 til Enø Kystvej 119

Delstrækningen mellem Fjordhusene 104 til Enø Kystvej 119 er ca. 1 km lang. Det anbefales, at højvandsbeskyttelsen på denne delstrækning overordnet set udføres som dige mellem Fjordhusene 104 og Enø Kystvej 110 og herefter som højvandsmur hen til Enø Kystvej 119, Figur 5.12.

Langs Fjordhusene udbygges eksisterende jordvolde omkring husene for at undgå permanent inddragelse af arealer i NATURA 2000 udpegede habitatnaturtyper, se Afsnit 5.2, 6.2.1 og reference [1]. Forsiden af jordvoldene udjævnes og der indbygges lermembran i overfladen, se Figur 5.12.

Figur 5.12: Anbefalet linjeføring af højvandsbeskyttelse mellem Fjordhusene 104 til Enø Kystvej 119 samt vejflytningen.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Mellem Fjordhusene 86 og Enø Kystvej 110, er der allerede et eksisterende 630 m langt græsdige med kronekote mellem +1,6 til +1,8 m DVR90. Så langt som muligt forhøjes og udbygges dette dige. Ved vejen ned til de sydligste Fjordhuse vil forhøjelse af det eksisterende dige dog medføre, at fodaftrykket permanent påvirker det lysåbne NATURA 2000-habitatområde udpeget som Strandeng. Da vejen umiddelbart bag diget er en mindre vej, og der er ledige arealer længere

landværts, vurderes ikke at kunne opnå tilladelse til blot at udbygge det eksisterende jorddige, se Afsnit 6.2.1 og reference [1].

Derfor etableres diget længere landværts indover ca. 70 m af vejen. Vejen flyttes landværts. For at overholde regler om vejbygning ift. færdsel herpå berøres næsten hele vejens længde af flytningen, se Figur 5.12 og Tegningerne RO_FJH_1_001, RO_FJH_1_002, RO_FJH_1_003, RO_FJH_1_004, RO_FJH_1_001, RO_FJH_3_005, RO_FJH_3_006, RO_FJH_7_007.

Det eksisterende hegn langs vejen enten fjernes eller reableres efter anlægsarbejdet. Den eksisterende belysning rykkes således, at den fortsat står langs vejen. Der må ikke beplantes yderligere inden for en afstand af 15 m nord for den nye vej, af hensyn til at sikre et godt overblik fra den ene ende af vejen til den anden.

Fra den vestlige ende af vejomlægningen er en ca. 70 m afbrydelse af forhøjelsen af jorddiget. På denne strækning ved hjørnet ligger en pumpestation, omkring hvilken der ikke er plads til at forhøje det eksisterende dige uden for det udpegede strandengsområde. Ligeledes er afstanden mellem den udpegede strandeng og Enø Kystvej meget lille langs den nordligste del af dæmningen. Da Enø Kystvej ikke kan omlægges, forhøjes det eksisterende dige derfor med en højvandsmur i træ, se Figur 5.12.

Fra det eksisterende diges afslutning mellem Enø Kystvej 104 og 110 etableres en 265 m lang højvandsmur udført som pæle-flagevæg hen til Enø Kystvej 119. Det foranliggende terræn er for smalt til at kunne bygge et dige på, uden at skulle erosionssikre foden af diget og uden at påvirke strandengsområdet permanent og betydeligt. Højvandsmuren placeres umiddelbart havværts fortovet, Figur 5.12 og Figur 5.17.

Der etableres tre gennemgange med skots i højvandsmuren langs Enø Kystvej, se Figur 5.12. Åbningen ud for Enø Kystvej 104 udføres tilstrækkelig bred til at en bil kan bakke ind trailer til en mindre båd. Således vil isætning og optagning af båd fortsat være muligt herfra. Yderligere detaljer omkring gennemgange af muren specificeres i detailfasen.

På denne strækning forventes ingen bølgepåvirkning. Da der i forvejen er etableret diger på strækningen mellem Fjordhusene 104 til Enø Kystvej 104 forværres afvandingsforholdene ikke med nærværende projekt. Ved skybrud kan vandet langs højvandsmuren løbe af til fjorden via gennemgangene.

5.3.1 Kronekoter, fodaftryk og tværsnit

På denne delstrækning forventes lokal vindstuvning og lokalt dannede bølger i Strømmene, men ikke direkte bølgepåvirkning fra Karrebæk Fjord. Derfor etableres højvandsbeskyttelsen med en kronekote på +2,3 m DVR90 for både dige og højvandsmur, se Bilag 1.

Digets kronebredde er 1 m. Højvandsvæggen er 20 cm bred. Digets fodaftryk bliver mellem 6 - 8 m. Flere steder kan forhøjelsen holdes indenfor det eksisterende fodaftryk af diget, Figur 5.13 og Figur 5.16.

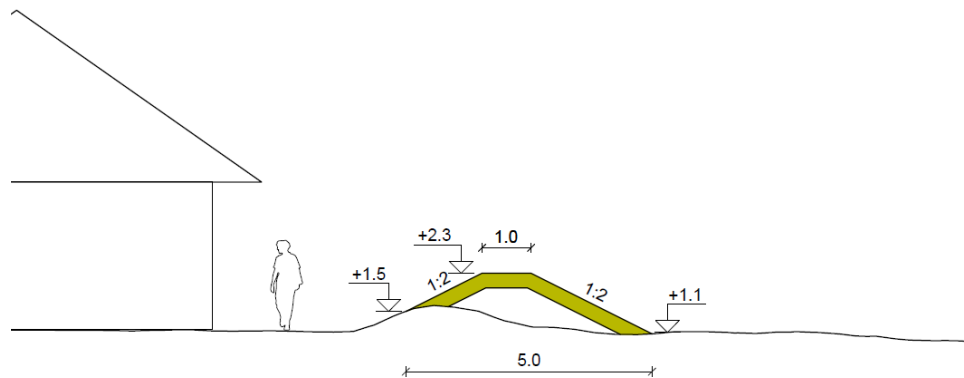
Figur 5.13: Resulterende fodaftryk af den anbefalede højvandsbeskyttelse mellem Fjordhusene 104 til Enø Kystvej 119.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS-tjemeste.



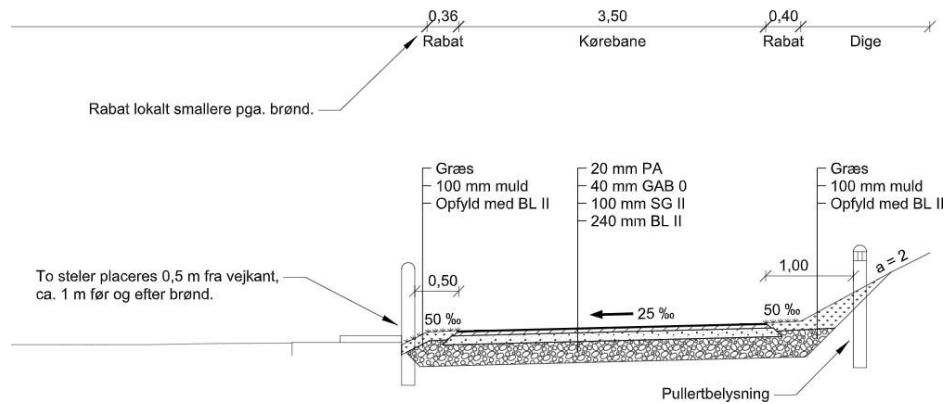
Jordvoldene omkring Fjordhusene forhøjes med mellem 0,0 - 0,7 m. For- og bagsidehældning af jordvoldene etableres med anlæg 1:2, for ikke at påvirke de udpegede NATURA 2000-habitatnaturtyper, se Figur 5.14.

Figur 5.14: Principskitse af diget ud for de østligste Fjordhuse. Personen på skitsen går på landsiden af diget på terrassen.



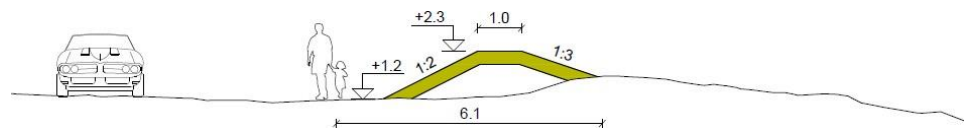
Den eksisterende vej har en bredde på 3,5 m, hvilket den nye vej også projekteres med. Rabatten langs den nye vej projekteres med 1 m bredde. På en kort strækning langs den vestlige halvdel ligger vejen dog så tæt på diget, at der ikke er en egentlig rabat langs den sydlige side. Dette skyldes, at vejen mod nord afgrænses af en brønd, som det undgås at lægge vejen ovenpå. Et tværsnit på denne lokalitet ses i Figur 5.15 mens et mere generelt snit ses på Tegning RO_FJH_3_005.

Figur 5.15: Udsnit af Tværsnit A-A lige ved brønden og diget i den østlige halvdel af vejflytningen. Se Tegning FRO_FJH_3_006.



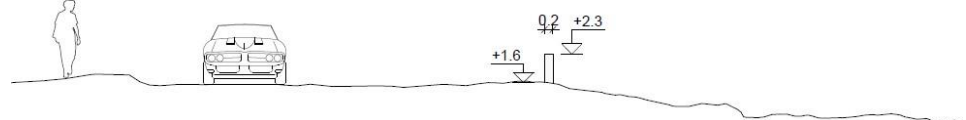
Det eksisterende dige lang Enø Kystvej forhøjes mellem 0,5 – 0,7 m. Fra fortovet til toppen af diget vil højden være 0,7 – 1,0 m. På forsiden af diget vil højden nogle steder være 1,8 m, da digefoden flere steder ligger nær vandkanten (+0,5 m DVR90), se Figur 5.16. Forhøjelsen af diget etableres med en for- og bagsidehældning på hhv. 1:3 og 1:2 mellem Dæmningen og Enø Kystvej 94. Mellem Enø Kystvej 94-104 er forlandet smallere og stejlere, hvorfor også forsiden af diget etableres med anlæg 1:2 her.

Figur 5.16: Principskitse af diget ud for Enø Kystvej 82. Bilen på skitsen kører på Enø Kystvej og personen går på fortovet (landværts for diget).



På strækningen mellem Enø Kystvej 110-119, hvor der etableres en højvandsmur, vil denne have en højde over fortovet på op til 1 m, se Figur 5.17.

Figur 5.17: Principskitse af højvandsmuren ud for Enø Kystvej 122. Bilen kører på Enø Kystvej og personen går på det modsatte fortov (landværts for diget).



Linjeføringen langs Enø Kystvej er trukket så langt landværts som muligt til kanten af fortovet, for at minimere påvirkningen af den udpegede strandeng, se Afsnit 6.2.1 og reference [1].

5.4 Enø Kystvej 119 til Reedtzholmvej 180

Delstrækningen mellem Enø Kystvej 119 til Reedtzholmvej 180 er ca. 400 m lang. Her etableres en højvandsmur fra Enø Kystvej og ned til vandet langs Enø Kystvej 119's grund. Ud for Enø Kystvej 119-121 er beskyttelsen designet som et dige med bagsiden som højvandsmur i træ.

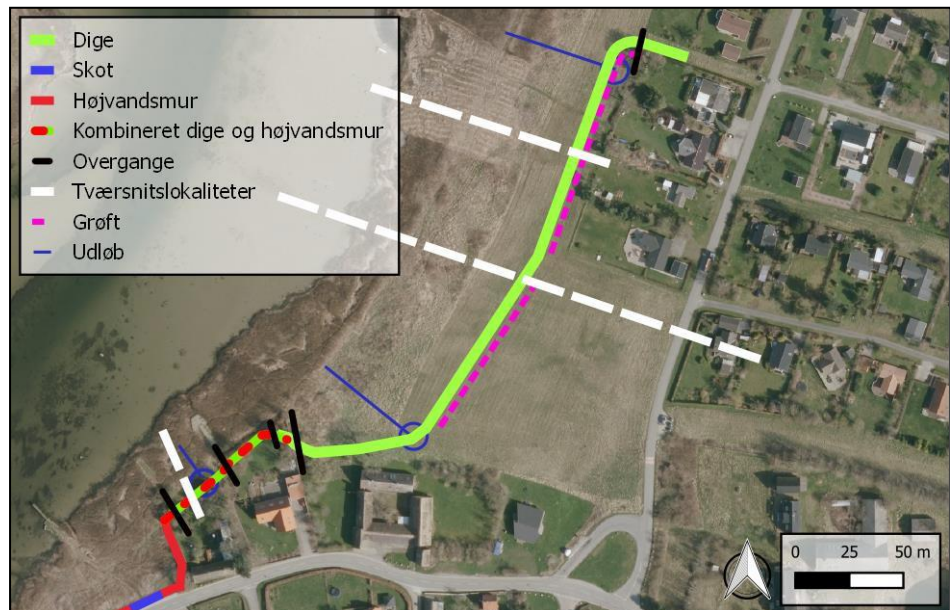
Anlægget overgår til et græsklædt dige i den østlige side af haven hos nr. 121, se Figur 5.18. Diget strækker sig henover engen og foran husene langs Reedtzholmvej 180-183. Muren, diget med bagkant samt det regulære dige er hhv. 30, 70 og 300 m i længden af tracéet, Figur 5.18.

Fjorddiget afsluttes et stykke ind ad stien/græsstykket mellem Reedtzholmvej 180 og 167.

Den kombinerede løsning med dige og højvandsmur er gennem dialog fundet at være den eneste acceptable løsning for beboerne i Enø Kystvej 119 og 121, da arealet mellem haverne og det udpegede strandengsområde er lille og lavtliggende. Højvandsbeskyttelsen ligger derfor henover en del af baghaverne.

Figur 5.18: Anbefalet linjeføring af højvandsbeskyttelse mellem Enø Kystvej 119 og Reedtzholmvej 180. Detaljer omkring grøftens eksakte placering og form udarbejdes i detailfasen.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Området umiddelbart havværts for Enø Kystvej nr. 119 og 121 er udpeget som habitatnaturtypen strandeng. Udpegningen går henover den yderste del af grunden hos nr. 123. Fodaftertrykket af højvandsbeskyttelsen går lidt ud i strandengen, men den permanente påvirkning fra løsningsforslaget er vurderet at være så lille, at der godt kan opnås tilladelse til anlægget, se Afsnit 6.2.1 og reference [1].

Gangstien i græsset ud for Reedtzholmvej 180-183 opretholdes. Der etableres en overgang som grussti henover diget mellem nr. 167 og 180. Ligeledes etableres grussti herfra hen til afslutningen på græsstykket mellem disse to grunde.

Derudover etableres en grusovergang over diget i den vestlige side af Enø Kystvej 123's matrikel, samt en trappe eller grusovergang henover højvandsbeskyttelsen i den vestlige side hos både nr. 119 og 121, således at deres bådbroer fortsat kan tilgås. Derudover etableres yderligere en overgang i den østlige side af haven hos nr. 121. Den eksakte placering og udformning af overgangene specificeres i detailfasen.

Mellem digets krone og habitatnaturtypen strandeng plantes muligvis snebærbuske på diget ud for nr. 121, om end NIRAS fraråder anden beplantning end græs, da det kan svække digets stabilitet.

Ved anlægget hos nr. 119 etableres en brønd med kuppelrist samt et udløb gennem diget. Der isættes en højvandsslukke i udløbet. Umiddelbart landværts højvandsmuren afrettes terrænet lidt således, at vand fra det nuværende udløb langs matrikelskellet mellem 121-123 løber af på terrænet ned til det nye udløb ved nr. 119. Det eksisterende udløb afskæres af diget, se Bilag 5.

Bag diget henover engen ved Reedtzholmvej anlægges en ca. 190 m lang bred men lav grøft, se Figur 5.18, Afsnit 6.4 og Bilag 5. Grøften anlægges både til håndtering af eventuelt understrømmende vand samt overskyl og overfladevand, se Bilag 1 og Bilag 5. Under stormflod kan vand i grøfterne pumpes over diget med en dykpumpe. Dette skal inddrages i en fremtidig beredskabsplan.

Etablering af højvandsbeskyttelsen vil i sig selv spærre for, at overfladevand kan løbe til fjorden frem for at stuve op og eventuelt løbe ned til Cypressvænget fra engen og busholdepladsen. Grøften bag højvandsbeskyttelsen vil dog opsamle det overfladevand, som ellers ville løbe henover terræn og ud i fjorden under kraftige skybrud. I tilfælde uden stormflod løber vandet af sig selv ud i fjorden via rørgennemføringer med højvandsslukke ved Enø Kystvej 119, nord for nr. 125 og ud for nr. 180. Detaljer herom og eksakt placering er beskrevet i Afsnit 6.4 og Bilag 5.

5.4.1 Kronekoter, fodaftryk og tværsnit

Mellem Enø Kystvej 119 og Reedtzholmvej 180 forventes direkte bølgepåvirkning fra Karrebæk Fjord under dimensionsgivende hændelse, grundet det frie stræk mod nordvest. Påvirkningen forventes at være lidt større langs Reedtzholmvej end ved Enø Kystvej. Den anbefalede kronekote er +2,5 m DVR90, såfremt der etableres et græsklædt dige med en forsidehældning 1:3 og med fodkote i +1,5 m DVR90.

Ved Enø Kystvej 119-121 ligger diget med fodkote ned til kote +0,5 m DVR90 og bagsiden under kote +1,0 m DVR90.

Etablering af en næsten 2 m høj højvandssikring over terræn er ikke acceptabelt for beboerne på Enø Kystvej 119-121, som har særdeles lavtliggende baghaver, hvorfor der er indgået et kompromis. Løsningsforslaget med et dige og højvandsmur planlægges derfor med en kronekote i +2,0 m DVR90, hvilken svarer til en højde over terræn på 1-1,5 m over terræn.

Anlægges diget her med en forsidehældning på 1:4 m DVR90, som projekteret, kan kronekoten reduceres til +2,3 m DVR90. Dette gør sig også gældende, hvis den nederste del af diget etableres med hældning 1:3. Diget projekteres derfor med en forsidehældning på 1:3 under kote +1,5 m DVR90 og med en forsidehældning på 1:4 mellem kote +1,5 og +2,0 m DVR90.

Den fulde beskyttelse mod en 100-års middeltidshændelse om 50 år opnås ved, at der på diget og højvandsmuren forberedes til mobil sikring, som en del af beredskabets opgaver ved varsling om stormflod. Digets krone skal derfor friholdes for snebærbuske og anden vegetation end græs.

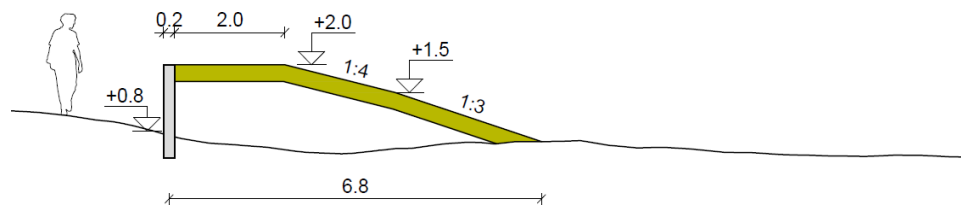
Figur 5.19: Resulterende fodaftryk af den anbefalede højvandsbeskyttelse mellem Enø Kystvej 119 til Reedtzholmvej 180.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS-tjemeste.



NIRAS anbefaler dog ikke løsningen med en lavere kronekote, mobil sikring og beredskabsinddragelse.

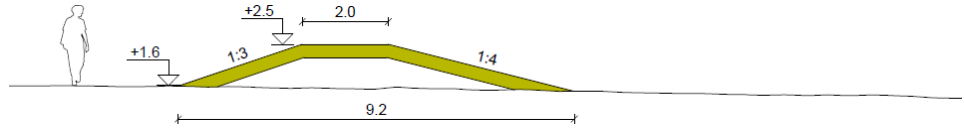
Figur 5.20: Principskitse af højvandssikringen med kombineret højvandsmur og dige ud for Enø Kystvej 119. Personen går i baghaven (landværts for beskyttelsen).



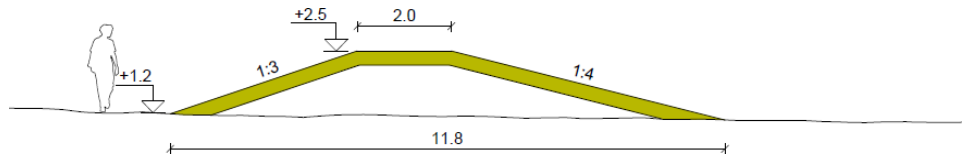
Henover engen og ud for bebyggelsen på Reedtzholmvej bliver digets højde omtrent 1 – 1,2 m. Terrænet ligger mellem +1,2 til +1,4 m DVR90, hvorfor diget anlægges med en forsidehældning på 1:4 frem for 1:3.

Fodafttrykket er størst henover engen med en digebredde mellem 10-12 m, Figur 5.19, Figur 5.21 og Figur 5.22.

Figur 5.21: Principskitse af diget henover engen ud for Reedtzholmvej 195. Personen på skitsen går på engen på landværts side af diget. I detaildassen indtegnes en grøft mellem stien og diget.



Figur 5.22: Principskitse af diget ud for Reedtzholmvej 182. Personen på skitsen går på engen på landværts side af diget. I detaildassen indtegnes en grøft mellem stien og diget.

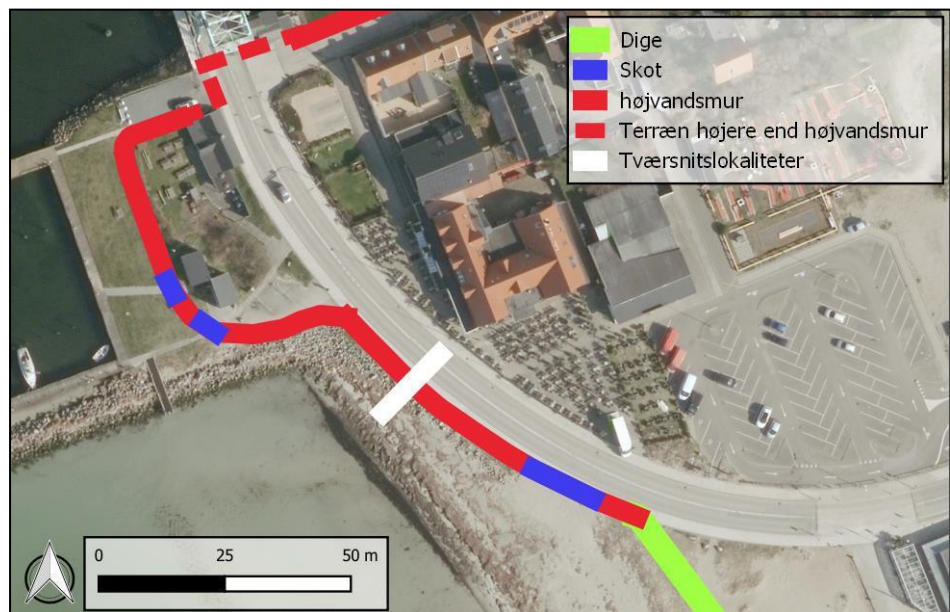


5.5 Græshoppebroen til Enø Kystvej 10

Delstrækningen mellem Græshoppebroen og Enø Kystvej 10 er 130 m lang og anvendes i høj grad til rekreative aktiviteter og turisme. Højvandsmuren placeres fra parkeringspladsen efter Græshoppebroen, henover græsplænen foran sejlkлубben og vinterbaderne og dernæst ud til Enø Kystvej igen, se Figur 5.23.

Figur 5.23: Anbefalet linjeføring af højvandsbeskyttelse mellem Græshoppebroen og Enø Kystvej 10.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Langs Enø Kystvej etableres muren langs kanten af fortovet ned til stranden.

Muren anbefales udført i beton, da dette vil give den bedste beskyttelse imod bølgepåvirkningen, der forventes at være betydelig.

Der etableres tre gennemgange med skots langs strækningen. Ned til stranden udføres gennemgangen bred nok til, at en bil kan komme igennem, således at denne kan bruges som redningsvej, Figur 5.23.

Detaljer omkring over-/gennemgange udarbejdes i detailfasen.

Højvandsbeskyttelsen overgår til dige ved begyndelsen af det eksisterende dige parallelt med kysten.

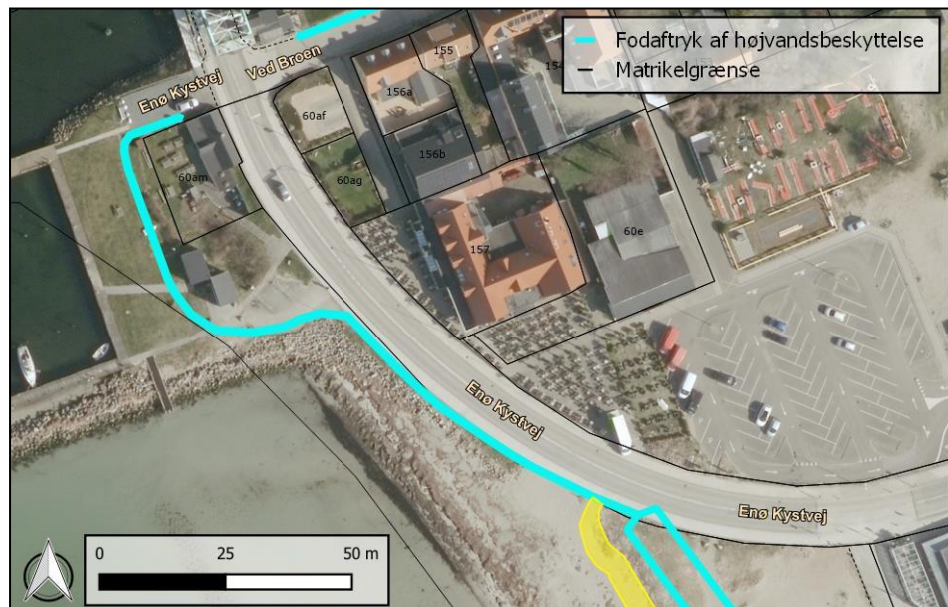
Terrænet og vejen skråner ned mod stranden og havnen. Der etableres ingen grøft, dræn eller udløb på denne strækning, da åbningerne vil fungere som udløb for overfladevand.

5.5.1 Kronekoter, fodaftryk og tværsnit

På denne strækning forventes ikke fuld bølgepåvirkning under storm fra vestlige retninger med let forhøjet vandstand. Til gengæld udgør strækningen et hydraulisk uhensigtsmæssigt hjørne ved molerne, hvor der kan forekomme betydelig bølgestuvning. Derfor bygges højvandsmuren med en kronekote på +2,5 m DVR90 langs molen og vejen, ligesom for den resterende strækning på havsiden af Lungshave og Enø. Ud for vinterbaderne, sejlkлубben og op til græshoppebroen kan højvandsmuren være +2,3 m DVR90.

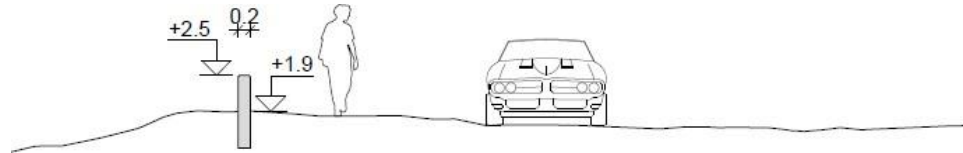
Figur 5.24: Resulterende fodaftryk af den anbefalede højvandsbeskyttelse mellem Græshoppebroen og Enø Kystvej 10.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS-tjemeste.



Fodafttrykket svarer til murens bredde på 20 cm, se Figur 5.24 og Figur 5.25.

Figur 5.25: Principskitse af højvandsmur ud for Vivaldi. Personen og bilen på skitsen er på landværts side af højvandsmuren.



5.6 Enø Kystvej 10 til Strandvej 24

Delstrækningen mellem Enø Kystvej 10 og Strandvej 24 er ca. 760 m lang. Her renoveres og forhøjes det eksisterende dige, der ligger mellem Enø Kystvej 10 til Strandvej 21A. Fra Strandvej 21A - 24 etableres en ny forlængelse af diget, se Figur 5.26.

I den nordlige ende skal højvandsbeskyttelsen føres videre mod nord af højvandsmuren op til Græshoppebroen. I den sydlige ende overgår diget til skråningsbeskyttelse med bagvedliggende højvandsmur.

Det er oplyst, at kernen af det eksisterende dige består af ler, hvilket er ønskværdigt at beholde. Det eksisterende dige kan genbruges, men diget forhøjes hvor nødvendigt.

Linjeføringen for den nye del af diget, mellem Strandvej 21A og 24 er placeret lidt landværts for overgangen mellem strand og engområde. Med den valgte linjeføring tages både hensyn til at holde linjen så lige som mulig, for at undgå opstuvning af vand og hydraulisk svage punkter, samt at holde diget så langt tilbagetrukket fra NATURA 2000-habitatnaturtypen Forklit som muligt, se Afsnit 1.2 og reference [1].

I Kystdirektoratets §2 udtalelse omkring denne strækning, anbefales det at trække tracéet tilbage for at undgå påvirkning af habitatnaturtypen 'forklit' omend denne i forvejen har dårlige udbredelsesmuligheder. Udtalelsen påpeger ydermere, at dette forhold kan afhjælpes, såfremt der samtidig kompenseres ved strandfodring.

Forklitten omfatter hele det eksisterende klitdige. Forhøjelsen af dette vurderes dog i Miljøkonsekvensvurderingen kun at være en midlertidig påvirkning, hvorfor forslaget forventes at kunne tillades. På grund af NATURA 2000-udpegningen, kan der ikke etableres en sti oven på diget, se reference [1]. Hvor der i dag er overgang henover diget udlægges træmåtter for at reducere slid af selve diget. Nærmere placering og udformning af sti og overgange specificeres i detailfasen.

Figur 5.26: Anbefalet linjeføring af højvandsbeskyttelse mellem Enø Kystvej 10 og Strandvej 24. Strandfodringen ses på figur med fodaftryk.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Strandvej 21A ligger særlig fremskudt ift. de omkringliggende boliger. Den havværts afgrænsning af grunden består i dag af en mindre jordvold bevekset med hybenroser. Hybenroserne fjernes ved etablering af diget. Langs siderne af grunden etableres en trævæg, som afskærmning af grunden. Strandadgangen fra Strandvej 21A etableres ved overgang med træmætter.

Det anbefales initialt at strandfodre langs denne delstrækning som kompensation for den kroniske erosion og det stigende havspejl for at bevare stranden og beskytte højvandsbeskyttelsen bagved, se Bilag 1 og Afsnit 5.8.

Strandfodring vil også kompensere for påvirkningen af forklittens udbredelsesmulighed.

Det anbefales med jævne mellemrum at opmåle terrænet foran konstruktionerne på havsiden. Ved behov bør der vedligeholdelsesfodres for at sikre, at minimumsniveau af stranden ud for konstruktionerne opretholdes, se Bilag 1 og 6.

Diget dækkes med sand og tilsås med klitvegetation bl.a. marehalm.

Langs denne strækning er der et stort areal med sand mellem diget og bebyggelsen. På strækningen mellem Strandvej 21A – 24, hvor der etableres et nyt dige, hælder terrænet landværts. På nuværende tidspunkt løber overfladevand derfor ikke fra baglandet til stranden og havet. Nærværende projekt forværrer derfor ikke de eksisterende afvandringsforhold. Da de sandede jorde kan optage overskyttet vand, etableres ingen grøft, dræn eller rørgennemføring på denne strækning.

5.6.1 Kronekoter, fodaftryk og tværsnit

Det dimensiongivende scenarie på denne strækning er ved moderat forhøjet vandstand på +1,3 m DVR90 med samtidig let bølgepåvirkning med en signifikant bølgehøjde på 0,5 m på dybt vand, se Bilag 1.

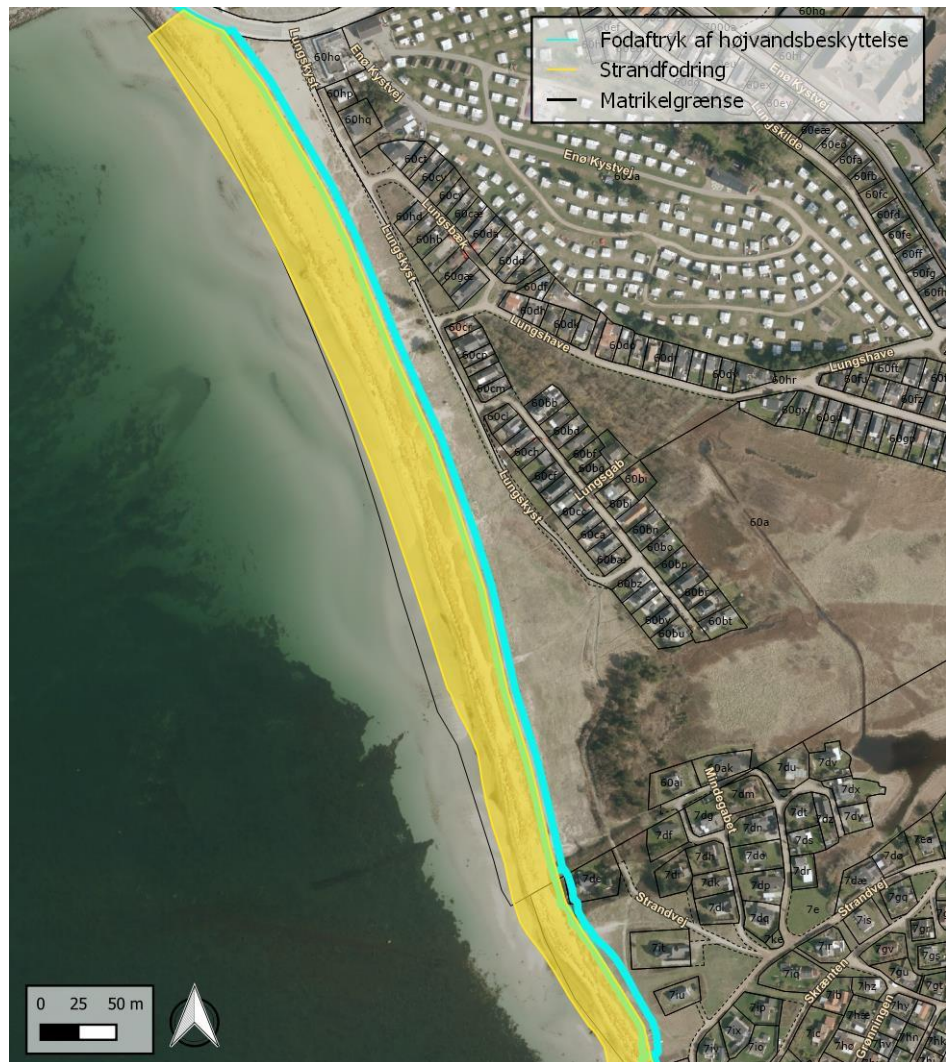
Under den dimensiongivende hændelse forventes akut erosion ved digefoden. Det dimensiongivende scenarie resulterer i en større bølgepåvirkning på digets forside end der forventes på fjorddiget. Dermed er bølgetillægget grundet opskyl på havdiget større end på fjordsiden.

Den anbefalede minimums kronekote er +2,5 m DVR90 og med en kronebredde på 3 m på hele delstrækningen.

Forhøjelsen af det eksisterende dige kan foretages inden for det samme fodaftryk som diget har i dag, se Figur 5.27. Flere steder har det eksisterende dige allerede en kronekote på +2,5 m DVR90 og som minimum en kote på +1,9 m DVR90. Forhøjelsen af det eksisterende dige vil således være på op til 60 cm.

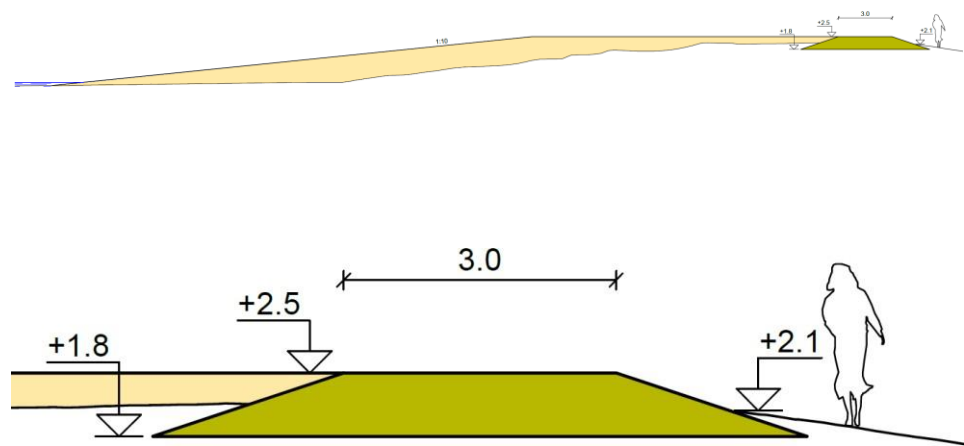
Figur 5.27: Resulterende fodaftryk af den anbefalede højvandsbeskyttelse mellem Enø Kystvej 10 og Strandvej 24.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS-tjemeste.



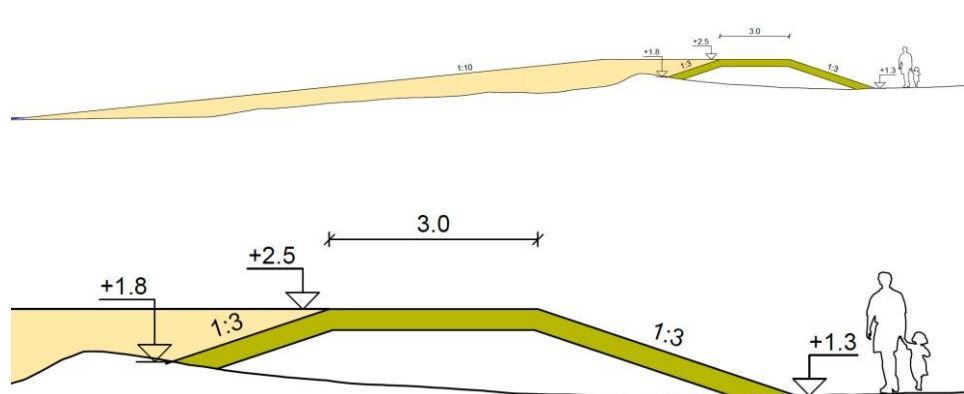
Digets top skrælles af ned til kote +1,8 m DVR90. Herfra genopbygges diget udelukkende i ler til kote +2,5 m DVR90, se Figur 5.28.

Figur 5.28: Principskitse af diget ud for Lungskyst 10. Havet er på venstre side af diget. Øverst er vist forhøjelsen af diget og strandfodringen på et langt tværsnit, mens der på den nederste del er zoomet ind på selve digeforhøjelsen.



Fodaftrykket af det nye dige mellem Strandvej 21A og 24 har en bredde på op mod 10 m, Figur 5.27. Højden over terræn varierer imellem 0,5 - 1 m, Figur 5.29.

Figur 5.29: Principskitse af diget ud for Strandvej 22. Havet er på venstre side af diget. Øverst er det nye dige og strandfodringen på et langt tværsnit, mens der på den nederste del er zoomet ind på selve diget.



Bredden af den flade del af strandfodringen varierer langs strækningen.

5.7 Strandvej 24 til 31

Delstrækningen mellem Strandvej 24 til 31 er ca. 260 m lang og på nuværende tidspunkt beskyttet af skråningsbeskyttelser. Tilstand og sikringsniveau af skråningsbeskyttelserne er forskelligartet.

For at oversvømmelsesbeskytte bebyggelsen på denne strækning, og dermed det samlede oversvømmelsestruede område, etableres højvandsbeskyttelsen havværts for Strandvej 24 - 31, se Figur 5.30. Da bebyggelsen flere steder ligger lige på kanten af skrænten er der ikke plads til et dige, hvorfor beskyttelsen anbefales udført som højvandsmur integreret i skråningsbeskyttelsen.

Figur 5.30: Anbefalet linjeføring af højvandssikring mellem Strandvej 24 til 31.

Baggrundskort: Ortofoto 2018
Geodatastyrelsen, WMS
tjeneste.



Linjeføringen følger den eksisterende bagside af skråningsbeskyttelsen, hvilket svarer til skrænttoppen.

Grundet den pågående erosion på denne strækning erosionsbeskyttes højvandsmuren ved at strandfodre samt totalrenovere, forhøje og forstærke skråningsbeskyttelsen og indbygge højvandsmuren langs bagkanten. Således opnås et ensartet sikringsniveau på hele delstrækningen.

Materialer i den eksisterende skråningsbeskyttelse genbruges i videst muligt omfang.

Afslutningen af skråningsbeskyttelsen ind mod klinten ved Strandvej 31 består bl.a. af en betonkant. Betonen skal brydes op, og den nye skråningsbeskyttelse skal bygges ind til, hvor den eksisterende betonbagkant er.

Det anbefales at strandfodre langs denne delstrækning bl.a. som kompensation for den kroniske erosion og det stigende havspejl, således at de dimensionsgivende forudsætninger overholdes. Yderligere udlægges initielt en mængde til at hæve kystprofilen og dermed reducere skråningsbeskyttelsens størrelse, se Bilag 1 og Afsnit 5.8.

Bebyggelsen landværts for Strandvejen vil muligvis få brug for en mobil løsning i form af sanddække til at beskytte sig imod bølgeoverskyl. Der er ikke plads nok til her at etablere en grøft. Ved Strandvej 31 etableres en rørgennemføring til håndtering af skybrudsvand.

5.7.1 Kronekoter, fodaftryk og tværsnit

Det antages, at den foranliggende strand altid har en kronekote på minimum +1,3 m DVR90 før en storm, hvormed skråningsbeskyttelsen kan etableres med en kronekote på +2,5 m DVR90, se Figur 5.31 og Bilag 1. Fra landsiden varierer

højden over terræn mellem ca. 0,5 – 1,5 m. Skråningsbeskyttelsen bygges med en forsidehældning på 1:2 og en kronebredde på 3 dæksten, svarende til 2,4 m.

Konstruktionen bør have 1,5 til 2 lag dæksten med underliggende filtersten ovenpå geotekstil oven på en kerne af sand. Geotekstilen sikrer, at der ikke sker udvaskning af finere materiale fra underliggende lag. Dækstenene i foden samt det inderste lag dæksten forventes at være genbrug fra eksisterende konstruktioner.

Dækstenenes gennemsnitlige nominelle diameter (sidelængden på det kvadrat som stenen lige akkurat kan passere igennem), D_{n50} , bør være minimum 60 cm og med en middelvægt, M_{50} , på 600 kg. Det antages, at både dæksten og filtersten er af delvist runde søsten eller marksten eller sprængsten.

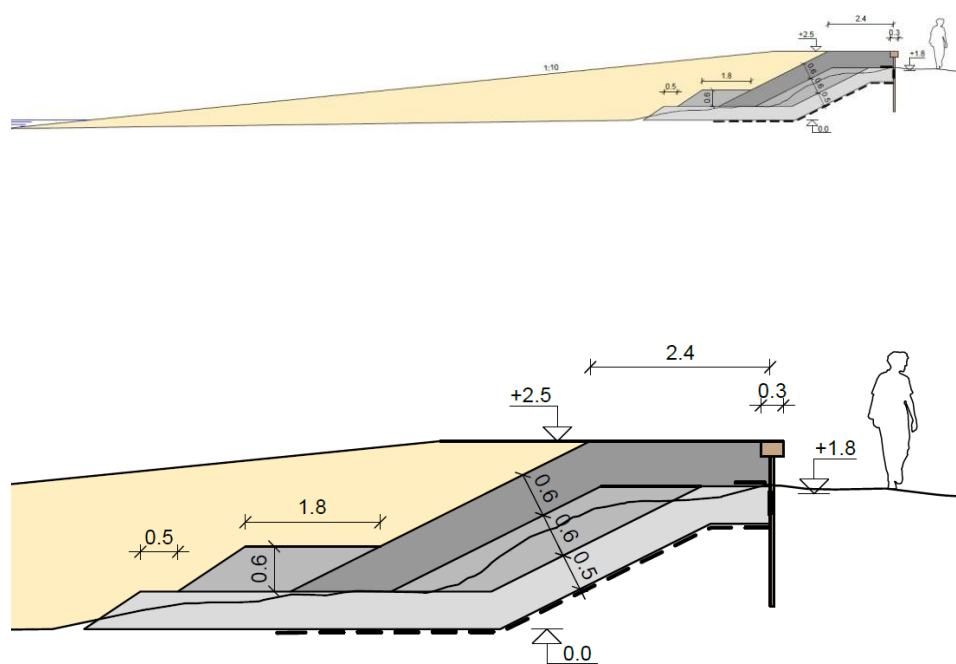
Den anbefalede standard stengradering til udbygning og forstærkning af skråningsbeskyttelsen er derfor 0,3-1,0 t dæksten og 45-180 mm filtersten.

Standardgraderingen for filterstenene er fundet på baggrund af et filterlagskriterie, der sikrer imod udvaskning af filterlaget gennem dækstenene (Thompson and Shuttler, 1976):

$$\frac{D_{15A}}{D_{15F}} \leq 7 \quad \frac{D_{15A}}{D_{85F}} \leq 4 \quad \frac{D_{50A}}{D_{50F}} \leq 7$$

Filterlaget bør være 0,5 m tykt. Højvandsmuren udføres i træ. Bredden af væggen vil være 20 cm.

Figur 5.31: Principskitse af skråningsbeskyttelse og strandfodring mellem Strandvej 24-31. Havet er på venstre side af anlægget. Øverst er den nye skråningsbeskyttelse og strandfodring vist på et langt tværsnit, mens der på den nederste del er zoomet ind på selve skråningsbeskyttelsen.



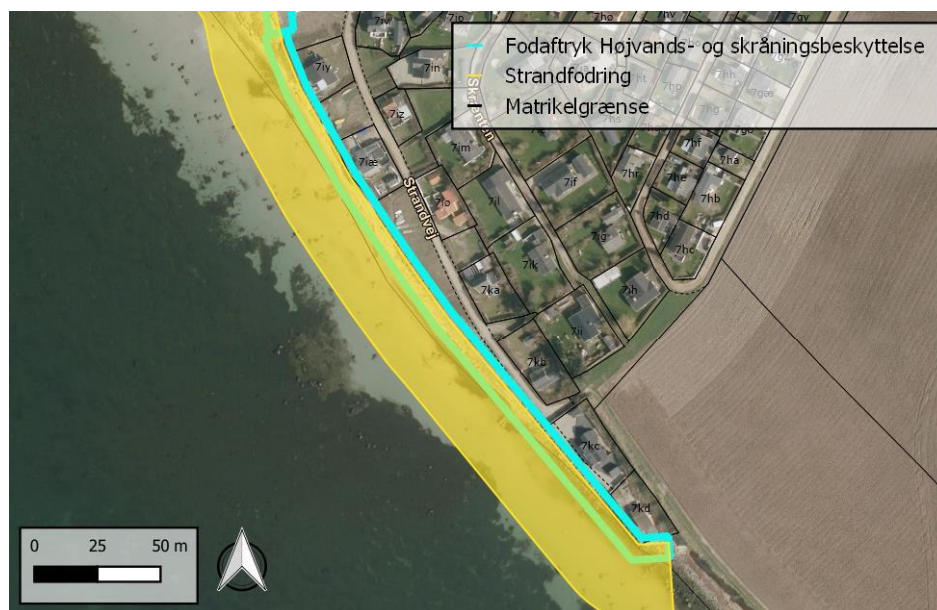
Tåen skal bestå af tre dæksten med en underside i kote +0,0 m DVR90. Filterstensfoden bør gå 0,5 m længere ud end dækstenlagets fod.

Forhøjelsen af stranden til kote +1,3 m DVR90 muliggør, at skråningsbeskyttelsens underside kan ligge i kote +0,0 m DVR90. Uden strandfodringen skulle undersiden af skråningsbeskyttelsen ligge mellem kote -0,1 til -0,5 m DVR90 for at undgå underminering ved akut erosion.

Beskyttelsens fodaftryk varierer mellem 7-10 m, se Figur 5.32.

Figur 5.32: Resulterende fodaftryk af den anbefalede højvandsbeskyttelse og skråningsbeskyttelse mellem Strandvej 24 og 31. Oven på skråningsbeskyttelsen lægges strandfodring op til kote +1,3 m DVR90.

Baggrundskort: Ortofoto 2018, Geodatastyrelsen, WMS-tjeneste.



5.8 Strandfodring og passage

Strækningen mellem Strandvej 21-31 er udsat for større kronisk erosion end nordfor, da kysten på denne strækning er konveks. På nuværende tidspunkt er der ikke passage langs stranden foran Strandvej 30-31. Håndtering af passage problemet er ikke direkte en del af nærværende projekt.

For at sikre de dimensionsgivende forudsætninger for skråningsbeskyttelse på strækningen mellem Strandvej 24-31 skal udlægges en større initial mængde sand her, se Bilag 1. Tilsvarende strandfodring udføres også langs strækningen mellem Strandvej 21A og 31 til beskyttelse imod akut erosion.

Derudover udlægges vedligeholdelsesfodring som kompensation for fremtidig kronisk erosion og havspejlsstigning på hele strækningen mellem Enø Kystvej 10 og Strandvej 31. Udlægningen foretages for en ca. 5-årig periode. Langs strækningen svarer dette i gennemsnit til ca. 20 m³/m. Strandfodringen forventes at øge bredden af tør strand, se Bilag 1.

Eftersom mobiliseringsomkostningerne til strandfodring er høje, er den initiale projekterede strandfodring optimeret med yderligere 6.000 m³ sand på den nordlige strækning. Den ekstra mængde sand udlægges her, da det så med tiden vil komme hele strækningen mod sydøst til gavn. Derudover er det vigtigt at strandfodringen ikke udlægges for tæt på det marine habitatnaturområde 'lavvandede bugter og vige', som ligger havværts for Lungshave og Enø, se reference [1].

Samlet udlægges ca. 28 m³/m mellem Enø Kystvej 10 til Strandvej 21A. Fra og med Strandvej 21A til 31 udlægges en større mængde på 30 m³/m. Langs hele strækningen udlægges strandfodring fra toppen af hhv. dige eller skråningsbeskyttelse i kote +2,5 m DVR90, med et fladt plateau af varierende bredde og dernæst en hældning på 1:10 ud på stranden og lidt ud i vandet.

Samlet udlægges en initialfodringsmængde på ca. 32.000 m³/m ved etablering af højvandsbeskyttelsesprojektet.

Strandfodringen udlægges jævnt og på land for at få den længste beskyttelse af sandet og forsinke dets transport mod syd.

Udlægges strandfodringen i efteråret, vil materialet være fordelt til et mere naturligt strandprofil i løbet af vinteren. Fodringsmaterialet vil ikke blive liggende helt op til toppen af konstruktionerne på sigt.

Det forventes også, at materialet langsomt transporteres mod syd. Strandfodringen kompenserer således for den udbyggede skråningsbeskyttelse og den læsideerosion dette kan give for strækningen sydøst for Strandvej 31.

Det anbefales at beplante den flade del af strandfodrinegn med f.eks. marehalm på strækningen mellem Enø Kystvej 10 til Strandvej 24.

På nuværende tidspunkt er strandfodringens fodaftryk baseret på søkortet. Det anbefales før udarbejdelse af detailprojekt at opmåle det inderste af kystprofilet ud til den aktive dybde.

Der skal udlægges en ny vedligeholdelsesfodring på ca. 22.000 m³/m ca. hvert 5. år imellem Enø Kystvej 10 til Strandvej 31. Intervallet afhænger dog af stormintensiteten i den mellemliggende periode, og dermed hvor meget af materialet der er blevet bortroderet.

Da der initielt udlægges yderligere mængder, forventes der at kunne gå mere end 5 år før første vedligeholdelsesfodring, om end det afhænger af vejret i den mellemliggende periode.

Det anbefales at monitorere strandens højde ca. hvert 2.-5. år for at følge udviklingen. Foden af dige og skråningsbeskyttelse må ikke blive lavere end +1,3 m DVR90 før en storm, da de dimensionsgivende forhold ellers overskrides.

6 Forundersøgelser – Sammenfatning

6.1 Indledning

Forud for indeværende myndighedsprojekt er der foretaget en række forundersøgelser.

Der er bl.a. lavet forundersøgelser i forhold til geologi og geoteknik, og de miljømæssige forhold er beskrevet nærmere i miljøkonsekvensrapporten, se reference [1].

De udførte forundersøgelser af geologien og geoteknikken i området er foretaget, for at klarlægge om forskellige beskyttelsesmetoder er hensigtsmæssige.

Derudover er indhentet LER oplysninger og løsningsforslagene er enkelte steder tilpasset hertil. Enkelte detaljer ift. brønde mv. udestår, men vil blive håndteret i detail-fasen.

Afstrømningsforhold af overfladevand på terræn er ligeledes analyseret og indarbejdet i løsningsforslagene, således at diget ikke forværrer eventuelle skybruds problematikker. Detaljer omkring placering af grøfter og dræn samt dimensionering af rørgennemføringer kan findes i Bilag 5.

Konklusionerne af undersøgelserne opsummeres herunder mens en fyldestgørende gennemgang findes i Bilag 3 og 5.

6.2 Miljø

Kystbeskyttelses anlæg er omfattet af punkt 10 k) "Kystanlæg til modvirkning af erosion og maritime vandbygningskonstruktioner, der kan ændre kystlinjerne, som f.eks. skråningsbeskyttelser, strandhøfder og diger, dæmninger, moler, bølgebrydere og andre konstruktioner til beskyttelse mod havet bortset fra vedligeholdelse og genopførelse af sådanne anlæg." i bilag 2 til miljøvurderingsloven¹.

For projekter (anlæg m.m.), der er omfattet af Bilag 2, gælder, at bygherren (her Næstved Kommune og digelaget) skriftligt skal ansøge den relevante myndighed (også Næstved Kommune) om tilladelse til projektet ved at redegøre for, hvorvidt projektet antages at kunne medføre væsentlig indvirkning på miljøet (VVM-ansøgning). På baggrund af bygherres fremsendte ansøgning gennemfører kommunen en miljøscreening og træffer afgørelse om, om projektet vurderes at være omfattet af miljøvurderingspligt.

Havet omkring, og det meste af kysten af Enø og Lungshave, er mere eller mindre omfattet af Natura 2000-område nr. 169 Havet og kysten mellem Karrebæk Fjord og Knudshoved Odde. Derfor har Næstved Kommune og borgergruppen for højvandsbeskyttelsen forud for udarbejdelsen af VVM-ansøgningen vurderet, at projektet har en karakter og en placering i forhold til et internationalt naturbeskyttelsesområde, så der er overvejende sandsynlighed for, at projektet vil påvirke det internationalt beskyttede naturområde væsentligt. Det er således vurderet, at projektet derved er omfattet af krav om miljøvurdering. Næstved Byråd er blevet anmodet om, at projektet skulle undergå en miljøvurdering uden forudgående screening i henhold til § 18, stk. 2 i miljøvurderingsloven.

Kystbeskyttelsesprojektet kræver tilladelse efter miljøvurderingslovens § 25 for at kunne udføres. Kystbeskyttelsesprojektet er dog også omfattet af kystbeskyttelsesloven og jf. miljøvurderingsbekendtgørelsens² § 10 kan en tilladelse jf. kystbeskyttelseslovens § 3, § 16a og § 16b helt erstatte § 25-tilladelsen. Det er dog kun selve tilladelsen, der kan helt eller delvist erstattes, ikke selve miljøvurderingsprocessen.

6.2.1 Miljøkonsekvensvurdering

I henhold til miljøvurderingsloven har Næstved Kommune forud for udarbejdelsen af miljøkonsekvensrapporten udarbejdet et afgrænsningsnotat. Afgrænsningsnotatet er myndighedens bestilling til bygherre om, hvilke forhold der skal belyses i rapporten. Forud for udarbejdelsen af afgrænsningen har der

¹ Bekendtgørelse nr. 1225 af 25. oktober 2018 af lov om miljøvurdering af planer og programmer og konkrete projekter (VVM).

² Bekendtgørelse nr. 913 af 30. august 2019 om samordning af miljøvurderinger og digital selvbetjening m.v. for planer, programmer og konkrete projekter omfattet af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM).

været en offentlig idefase, hvor borgere og myndigheder m.m. har haft mulighed for at stille forslag til, hvilke miljøparametre der skal belyses.

På baggrund af afgrænsningen er der udarbejdet en miljøkonsekvensrapport indeholdende følgende emner:

Biologisk mangfoldighed:

- Natur beskyttet i henhold til naturbeskyttelseslovens³ § 3
- Internationale naturbeskyttelsesinteresser (Natura 2000 og bilag IV-arter)

Jordbund:

- Jordforurening

Kulturarv:

- Værdifuldt kulturmiljø
- Kulturarvsarealer

Landskab:

- Bevaringsværdigt landskab
- Visuelle påvirkninger

Miljøkonsekvensrapporten, se reference [1], indeholder, udover en miljøvurdering af de ovenstående emner, en nærmere Natura 2000-konsekvensvurdering jf. kysthabitatbekendtgørelsens⁴ § 4.

Miljøkonsekvensrapporten har belyst en række alternativer til udarbejdelsen af højvandsbeskyttelsen, og det er med udgangspunkt i disse vurderinger, at det indeværende myndighedsprojekt er udarbejdet.

Miljøkonsekvensrapporten sendes i 8-ugers offentlig høring samtidigt med ansøgning om højvandsbeskyttelsesprojektet (indeværedne myndighedsprojekt) og bidragsfordelingen.

6.2.2 Opsummering af miljøkonsekvensrapporten

Konklusionen af de alternativer der er opstillet og belyst nærmere i miljøkonsekvensrapporten er, at indeværende myndighedsprojekt kan gennemføres uden væsentlig påvirkning på miljøet.

Højvandsbeskyttelsen vil berøre naturområder med internationalt beskyttet natur, men det er vurderet, at påvirkningen på naturtyperne ved indeværende myndighedsprojekt er midlertidig og ikke vil skade naturtypernes mulighed for at opnå gunstig bevaringsstatus eller påvirke Natura 2000-områdets integritet. De alternative løsninger, der er belyst i miljøkonsekvensrapporten er vurderet til at ville skade naturtyper på udpegningsgrundlaget og derved også Natura 2000-områdets integritet. Jf. Europa-kommissionens vejledning til forvaltning af Natura 2000-lokaliteter, se reference [6], kan der ikke gives tilladelse til et projekt, hvis der findes alternativer, der ikke vil medføre skade på Natura 2000-

³ Bekendtgørelse nr. 240 af 13. marts 2019 af lov om naturbeskyttelse.

⁴ Bekendtgørelse nr. 1062 af 21. august 2018 om administration af internationale naturbeskyttelsesområder samt beskyttelse af visse arter for så vidt angår kystbeskyttelsesforanstaltninger samt etablering og udvidelse af visse anlæg på søterritoriet

lokaliteten. Indeværende myndighedsprojekt er derfor baseret på det løsningsforslag, der ikke vil medføre skade på Natura 2000-området.

Indeværende myndighedsprojekt er desuden vurderet til at have en række andre miljøpåvirkninger.

Projektet er ikke vurderet at skade Natura 2000-området, men vil have en moderat negativ påvirkning på ca. 1.500 m² strandeng og ca. 100 m² overdrev der er omfattet af naturbeskyttelseslovens § 3. Arealerne her vil miste deres beskyttelse og naturtypen vil ikke kunne opretholdes. Påvirkningen her kan minimeres ved enten at udføre pleje på andre eksisterende naturområder eller udlægge nye områder til § 3 natur.

Desuden vurderes projektet at kunne medføre en visuel påvirkning på en stor del af strækningen. De landskabelige udpegninger som bl.a. omfatter den nordlige kyststrækning af Lungshave og Enø vurderes dog kun at blive påvirket i mindre omfang. Lokalt kan den visuelle påvirkning af højvandsbeskyttelsen dog godt fremstå større. Dette gælder særligt for strækningen langs Fjordhusene og for de kystnære boliger på sydkysten af Enø, hvor der etableres en højvandsmur med foranliggende skråningsbeskyttelse.

De kulturmæssige værdier i området vurderes derimod ikke at blive påvirket væsentligt ved opførelse af projektet og selv om en stor del af anlægsarbejdet skal udføres i områder med risiko for jordforurening, vurderes dette heller ikke at kunne medføre omfattende påvirkninger. I en fremtidig anlægsfase skal evt. fund af fortidsminder anmeldes til Næstved Museum og al forurennet jord skal bortskaffes i henhold til gældende lovgivning. Der hvor der skal foretages gravearbejder inden for arealer, som er kortlagte på enten vidensniveau 1 eller 2 eller er omfattet af områdeklassificering (jf. jordforureningsloven), skal et miljøtilsyn overvåge gravearbejdet og sørge for, at den efterfølgende bortskaffelse af forurennet jord sker arbejdsmiljø- og miljømæssigt forsvarligt.

6.3 Geologi og geoteknik

De geologiske og geotekniske forhold i området er undersøgt for at afdække jordbundsforholdene og vurdere bæreevne og jordtryk samt sætningsegenskaber og understrømning. Analysen er foretaget i tre faser:

- **Arkivøgning** af nye og ældre topografiske kort (GST), geologiske jordartskort (DGU) samt GEUS' boringsdatabase, Jupiter.
- På baggrund af ovenstående analyse er udført yderligere **CPT-sonderinger** for at sammenligne lagfølgerne og deres varierende egenskaber under konstruktionernes forventede placering. Heraf kan stabilitet, bæreevne, jordtryk og sætningsegenskaber analyseres (beregnes i en senere projektfase).
- Derudover er resultaterne anvendt til at undersøge de grundvandsspecifikke designparametre og dermed vandets **understrømnings** hastigheder gennem jorden.

Arkivøgningen viser, at underlaget for de planlagte højvandssikringer i henhold til GEUS' jordartskort og tidligere udførte boringer i Jupiter-databasen, overalt er af marint sand og grus med varierende kornstørrelse. Sand og grus er aflejret på glacialt moræneler i varierende dybde, og under dette findes kalk og kridtoverfladen i 20 til 40 m dybde, Bilag 3.

CPT-profilerne viser, at der primært er truffet sand og leret sand. I 3 sonderinger er der dog truffet ler under 2,3 til 4,0 meter sand. Også sonderingerne viser, at den nordvestlige del af Enø er præget af marint sand og grus, mens den syd- og vestlige del er mere præget af glacialt moræneler, Bilag 3 og 5.

Sand og grus er vandledende, hvorimod moræneler for en kortvarig stormflodssituation med et maksimum omkring ét døgn regnes som vandtæt.

Der er foretaget en række beregninger for en højvandsmur (0,5 m bredde) og for en digebredde på hhv. 4 og 10 m med forskellige realistiske værdier for hydraulisk ledningsevne og lagtykkelse på hhv. 5 og 10 m. Det vurderes, at understrømning kan håndteres alene ved at anlægge en grøft langs foden af højvandskringens inderside og ved pumpning af vand væk herfra. Det anbefales ikke at etablere diget med en lerkile under diget.

6.4 Afvanding

I forbindelse med etablering af ny højvandsbeskyttelse langs store dele af Enø, er det nødvendigt at forholde sig til, hvordan afstrømningsmønstre bag anlæggene (bagvand) kan ændres som følge af de nye anlæg. Der må ikke som følge af projektet opstå nye udfordringer med afvanding og/eller ske forværring i eksisterende udfordrede områder jf. vandløbslovens § 6, stk. 1. Såfremt der er områder, hvor der sker en forværring, skal der indrettes nye afvandingsystemer til opretholdelse af det nuværende niveau for afvanding. Der søges tilladelse til nye afskærende vandløb (dræn og grøfter) efter vandløbslovens § 21 og til terrænreguleringer efter vandløbslovens § 6, stk. 1.

På denne baggrund er der udført en screening i SCALGO af de eksisterende afvandingsforhold, og en analyse af, hvor det vil være nødvendigt at etablere afværgeforanstaltninger for at bibeholde de eksisterende afstrømningsmuligheder.

Der screenes på to niveauer; den almindelige hverdagssituation (op til en 5-års hændelse) samt en skybrudssituation, hvor normale afvandingssystemers kapacitet overskrides og vand afstrømmer på terræn til nærmeste recipient, Karrebæk Fjord. Der screenes på disse to niveauer for at sikre, at stormflodsbeskyttelsen ikke ændrer på den afvandingsmæssige situation. Det er kun i regnhændelser udover det normale, hvor vand strømmer på terræn, at der skal ske afvæрге i henhold til vandløbsloven. Ændres der på forhold ved normale afvandingsituationer skal dette afklares med den lokale myndighed/ledningsejer.

Der er ikke screenet for en samtidig hændelse, dvs. et skybrud under en stormflodshændelse, da dette meteorologisk er vurderet mindre sandsynligt. Endvidere vil der i en højvandsituation kombineret med regnvand fra oplandet i dag heller ikke kunne afstrømme regnvand til fjorden, så forholdene vurderes ikke at hverken forbedres eller forværres fremover i en eventuel situation med både stormflod og skybrud.

Jf. Næstved Kommunes gældende spildevandsplan⁵ er Enø spildevandskloakeret, og tagvand nedsives som udgangspunkt på egen matrikel. Der er indhentet LER oplysninger samt ledningsplaner inkl. kendte drænledninger fra de lokale pumpelag og grundejerforeninger. Jf. kommunens fremsendte LER-oplysninger er der indenfor projektområde alene kommunal vejafvanding langs Enø Kystvej på

⁵ Næstved Kommune, april 2013: Spildevandsplan for Næstved Kommune 2012-2022

strækningen mellem nr. 76 og nr. 144. Det er oplyst, at der er kommunal vejafvanding langs hele Enø Kystvej i projektområdet, men denne er ikke indmålt. Det vides således ikke om der er udløb fra vejvand til fjorden flere steder end de to, der fremgår af LER. Såfremt der er udløb skal det sikres, at disse er etableret med højvandslukke, således der ikke kan ledes vand ind bag diget via disse. For private veje nedsives eller bortledes vejvand i private dræen med udløb til inderfjorden.

I nærværende screening er anvendt en defineret skybrudshændelse fra Næstved Kommunes gældende klimatilpasningsplan⁶. Skybrud er her defineret som en 100-års hændelse i år 2110, hvor der anvendes en klimafaktor på 1,3 ved fremskrivning af nedbøren. Skybrudsscreeningen er udført på baggrund af en terrænmodel, hvor der fratrækkes et initialtab på 40 mm til jordmatrice og dræn mm., før vand begynder at strømme på terræn.

Det bemærkes, at de projekterede gennemføringer til sikring af afstrømning ved skybrud ikke vil være vandførende i normalsituationer, hvor de eksisterende afvandingsystemer er funktionsdygtige. Der vil således kun ske afstrømning gennem diget når regnhændelsen har en størrelse, der overskrider normale afvandingssystemers kapacitet, og vand afstrømmer på terræn. Ligeledes er de afskærende grøfter afværgeforanstaltninger, der sjældent vil være i brug. De afskærende grøfter vil få karakter af landskabelige elementer i terræn, der ikke fremstår som egentlige erkendte grøfter, men i højere grad som et naturligt element i landskabet bag diget og højvandsmure.

Alle udløb til Karrebæk Fjord (inderfjorden) og Smålandsfarvandet anlægges indenfor Søterritoriallinjen. Det forventes ikke, at der skal gives udledningstilladelse til dige-gennemføringerne, da disse kun vil være i funktion ved skybrud svarende til en beredskabslignende situation. Derudover vil skybrudsvand, der ledes til fjorden, som udgangspunkt værende at betragte som rent overfladevand, da eksisterende afvandingsystemer vil tage "first flush", der dokumenteret er den del af regnvandet der indeholder den største mængde forurenende stoffer fra vejarealer og tagflader. Såfremt der skal gives en udledningstilladelse forventes det at denne kan gives som samlet tilladelse til anlægget på baggrund af ovenstående betragtninger, og at der ikke vil være behov for yderligere dokumentation end de i nærværende bilag beskrevne dimensionsgivende vandføringer og rørdimensioner mm.

Det bemærkes, at der tillige er analyseret på de bidragende vandmængder fra understrømning og overskyl i stormflodssituationer. Disse vandmængder skal opsamles i de afskærende grøfter og dræen, der i perioder uden stormflod anvendes til afledning af skybrudsvand bag højvandsbeskyttelsen. Overskyl under stormflod samt understrømning kan ikke afledes via gravitation og skal pumpes over diget vha. pumper. Dette betragtes som en beredskabssituation, og ikke en permanent ændring af afvandingsforholdene, hvorfor der ikke skal søges særskilt godkendelse af dette.

Der skal udarbejdes en beredskabsplan, der beskriver de generelle forhold og ansvar omkring driften af vandløbsreguleringer og afværgeanlæg i både en normalsituation og ved varsel om stormflod. For de enkelte vandløbsreguleringer

⁶ Næstved Kommune, okt. 2012: Klimatilpasningsplan for Næstved Kommune

og afværgeanlæg skal der tinglyses adgangsret medmindre beredskabsansvaret er hos den lodsejer, hvor anlægget ligger.

Grøfter og dræn er i det efterfølgende dimensioneret efter de mængder regnvand, der skal kunne afledes. Ved stormflodshændelser vil anlæggene fungerer som opsamling af overskyl og understrømmende vand inden bortpumpning jf. beredskabsplanen.

Der er jf. Bilag 1 regnet med et overskyl på 2 l/s/m i 6 timer og en varierende understrømning alt efter jordmatrice og digeopbygning.

De beskrevne reguleringer og anlæg er en del af det samlede anlægsprojekt omkring diget, og skal betales efter samme bidragsnøgle (Afsnit 8 i Myndighedsprojekt). Afværgeanlæggene vil få karakter af private vandløb.

Tidsplanen for afværgeanlæggenes opførelse følger tidsplansplanen for oversvømmelsesbeskyttelsens anlægsfase jf. Afsnit 9 i Myndighedsprojektet.

I det samlede anlægsoverslag for projektet indgår overslag for afværgeforanstaltningerne beskrevet. Drift og vedligehold af anlæg inkl. ansvar herfor samt driftsbudget fremgår af Afsnit 7 i Myndighedsprojektet.

Der skal i alt anlægges syv udløb/gennemføringer og fem opsamlingsgrøfter til skybrudsvand samt en mindre terrænafretning med opsamling til udløb via en kuppelrist.

Af nedenstående oversigtsplan fremgår de planlagte afværgeanlæg, Figur 6.1. Af nedenstående tabel fremgår de berørte matrikler. Der henvises i øvrigt til Myndighedsprojektets afsnit 8.

Figur 6.1: Oversigtskort over afværgeforanstaltninger.

Baggrundskort: Skærmkort Dæmpet, Geodatastyrelsen, WMS tjeneste.



Matrikler påvirket af afværganlæg	
60a Karrebæksminde, Karrebæk	1 stk. udløb + 1 stk. grøft
60ao Karrebæksminde, Karrebæk	2 stk. udløb + 3 stk. grøfter
60b Karrebæksminde, Karrebæk	1 stk. grøft (delstrækning)
2b Enø, Karrebæk	1 stk. terrænregulering (delvis)
2c Enø, Karrebæk	1 stk. udløb + 1 stk. terrænregulering (delvis)
3gu Enø, Karrebæk	2 stk. udløb + 2 stk. grøfter
7e Enø Karrebæk	1 stk. udløb (delvis)
7kd Enø Karrebæk	1 stk. udløb (delvis)

7 Økonomi- og budgetoverslag

I det følgende præsenteres overslag over omkostninger til at anlægge højvandsbeskyttelse til beskyttelse af det sammenhængende områder under kote +2,0 m DVR90 på Lungshave og Enø, se Figur 3.1. Projektbudgettet danner grundlag for i Afsnit 8 at fordele udgifterne ved den valgte bidragsfordeling.

Omkostningerne estimeres ud fra senest kendte enhedspriser fra lignende projekter, der allerede er udbudt eller anlagt, samt fra mængder og opmålte arealer.

Følgende enhedspriser ekskl. moms anvendes til anlægsoverslaget, se Tabel 7.1. Priserne er for indbyggede materialer.

Tabel 7.1: Enhedspriser for materialer til dige, højvandsmure og -skots, skråningsbeskyttelse, strandfodring, overgange, rørgennemføringer mv.

Emne	Kr. ekskl. moms	Enhed
Ler	300	Kr/m ³
Kernefyld/sandfyld	200	Kr/m ³
Strandfodring	50	Kr/m ³
Muld	350	Kr/m ³
Græssåning	50	Kr/m ²
Dæksten	600	Kr/m ³
Dæksten (genbrug)	250	Kr/m ³
Filtersten	550	Kr/m ³
Geotekstil	50	Kr/m ²
Betonmur	7.700	Kr/m ³
Pæle-flage væg (Azobé)	20.000	Kr/m ³
Højvandsskot (biler)	35.000	Kr/stk
Højvandsskot (fodgænger)	25.000	Kr/stk
Vejbump (grus)	16.000	Kr/stk
Vejbump (asfalt)	1.000	Kr/m ²
Overløbsgrøft/Dræn	200	Kr/lbm
Rørgennemføring m. højvandsslukke	100.000	Kr/stk
Overgang/nedgang	10.000	Kr/stk
Afgravning/rydning af bevoksning	120	Kr/m ²

Det skal bemærkes, at alle enhedspriser kan variere, blandt andet ift. mulighederne for at skaffe egnet jord.

7.1 Anlægsoverslag og Projektbudget

Anlægsoverslag og projektbudget for det samlede projekt er angivet i Tabel 7.2 og forventes på nuværende tidspunkt at beløbe sig til 34,2 mio. kr. inkl. moms.

Priserne er ekskl. forventede vedligeholdelsesomkostninger. Alle priser listet er afrundet. Prisen for tinglysning er inkluderet.

Tabel 7.2: Anlægsoverslag og projektbudget for det samlede højvandssikringsanlæg ekskl. skråningsbeskyttelse.

Højvandsbeskyttelse		Pris i kr.
Materialeomkostninger		13.630.000
Anstilling og drift af arbejdsplads	15 %	2.040.000
	DELSUM	15.670.000
Strandfodring		1.600.000
Anstilling strandfodring		700.000
Uforudsete udgifter	15 %	2.700.000
Entreprenørbudget	DELSUM	20.670.000
Projektudbud/Tilladelser/Rådgiver	15 %	3.100.000
Anlægsoverslag	DELSUM	23.770.000
Tinglysning		50.000
Budgettillæg/Usikkerhed	15 %	3.570.000
Projektbudget	TOTAL ekskl. moms	27.390.000
Moms	25 %	6.800.000
	TOTAL inkl. moms	34.200.000

I anlægsoverslaget er inkluderet, at det forventes at genbruge ca. 25 % af dækstenene fra den eksisterende skråningsbeskyttelse til etablering af den nye skråningsbeskyttelse. Generelt søges det at genanvende så mange materialer som muligt.

I anlægsoverslaget er også indregnet anstilling, usikkerheder i mængder og anstilling, rådgiverhonorarer samt uforudsete udfordringer.

7.2 Budget for drift- og vedligeholdelse

Det årlige budget til drift og vedligeholdelse sættes erfaringsmæssigt i denne projektfase til 2 % af entreprenørbudgettet inkl. moms.

Vedligeholdelsesomkostninger for det samlede højvands- og erosionsbeskyttelses anlæg er derfor ca. 520.000 kr. pr. år inkl. moms.

Vedligeholdelse omfatter skønsmæssigt følgende hovedpunkter:

- Græsslåning af digerne 3-5 gange pr. år, rydning af eventuelle træer og buske (hybenroser) på digerne samt gnaverbekæmpelse. 40.000 kr. inkl. moms.

- Årlig supplering med grus til overgange, reparation af træmåtter, evt. reparation af asfalt bump, vedligehold af skotåbninger. 20.000 - 30.000 kr. inkl. moms.
- Beskyttelse af trævægge/hammer imod råd og svamp med træbeskyttelse. Dette gælder ikke azobé, men f.eks. ved brug af lærkehammer. 30.000 kr. inkl. moms. Generelle reparationer kan ikke prissættes.
- Årlig kontrol af dræn, brønde og højvandslukker samt nødvendig vedligeholdelse. Slåning af vegetation i grøfter. 25.000 kr. inkl. moms.
- Oprensning af grøfter ca. hvert 5. år. 25.000-40.000 kr. inkl. moms hvert 5. år. Såfremt det er let-moderat forurenede jord.
- Årlig gennemgang af alle anlæg og eventuel udbedring af skader. Dette også umiddelbart efter kraftige storme og stormfloder. Herunder rensning og afprøvning af alle skots. 10.000 - 50.000 kr/år. inkl. moms.
- Monitorering af kronekoter, foranliggende terræn og sandmængder på havsiden hvert 2.-5. år. 15.000 kr. inkl. moms.
- Vedligeholdelsesfodring på havsiden enten ved behov eller som minimum hvert 5. år således, at minimumsfodkoten på +1,3 m DVR90 opretholdes. Mængden til vedligeholdelsesfodring hvert 5. år, såfremt perioden ikke er særligt stille eller særligt voldsom, er vist i Bilag 1. 1.800.000 kr. ekskl. moms hvert 5. år.
- I sjældne tilfælde: Vedligeholdelse af sten der måtte have flyttet sig under en ekstrem bølgepåvirkning. 0-200.000 kr. inkl. moms

En drift- og vedligeholdelsesplan skal udarbejdes i samarbejde med det kommende digelag.

8 Bidragsfordeling og finansiering

Der er foretaget en udregning af antal parter og tilhørende bidrag til projektet efter de bidragsfordelingsprincipper Næstved Kommune har udarbejdet gennem dialog med borgere og borgerrepræsentanter og med juridisk bistand fra Horten advokatpartnerselskab.

8.1 Principper

Da det er den centrale del af det oversvømmelsestruede område, der ligger lavest, og kystområderne, der ligger højest, vurderes det, at alle i det oversvømmelsestruede område oversvømmes samtidigt, og derfor er lige oversvømmelsestruede.

Fordelingen af parter er baseret på den nationale højdemodel fra 2015 udarbejdet af Geodatastyrelsen og sikringsniveauet med den tilhørende dimensionsgivende

vandstand på +2,0 m DVR90, som svarer til en 100-års stormflod om 50 år (år 2070), se Afsnit 3.

Bidragsfordelingen beskriver, hvem der skal være medlem af digelaget og dermed være bidragspligtige, og hvor mange parter det enkelte digelagsmedlem er forpligtet til at betale af digelagets samlede udgifter til myndighedsbehandling, projektering, anlæg, vedligeholdelse og udgifter til tinglysning.

Bidragsfordelingen tager hensyn til, hvilke værdier, man får beskyttet, og hvilken nytteværdi man derudover har af kystbeskyttelsesprojektet. Der skelnes mellem, om man har en direkte fordel eller en indirekte fordel af kystbeskyttelsesprojektet. Der skelnes ligeledes mellem om man får en grund eller et hus beskyttet. Endelig skelnes der mellem, om man alene bliver sikret mod oversvømmelse, eller om man også beskyttes imod kysterosion.

Inden for de grupper, som ovenstående kriterier inddeler digelagets medlemmer i, er der en lige og solidarisk bidragsfordeling. Der tages således ikke hensyn til størrelsen, tilstanden eller værdien af et hus eller ubebygget grund.

Evt. udgifter til ekspropriation indgår som en del af udgifterne for projektet.

Kommunen kan efter ansøgning stille garanti for lån til anlægsudgifterne ved etablering af beskyttelsen. Det kan eksempelvis ske ved optagelse af byggekredit, der efter beskyttelsens færdiggørelse konverteres til et lån uden afdragsfrihed til fast rente og med løbetid på maksimalt 20 år.

8.1.1 Definitioner

En direkte fordel af kystbeskyttelsesprojektet har man, hvis man ejer et hus eller en grund, som ligger lavere end sikringskoten på +2,0 m DVR90. Ved fastsættelsen af den direkte fordel tages der udgangspunkt i terrænkoten i det laveste punkt af grunden eller det laveste sted, hvor huset møder terræn.

Et hus eller grund får kun direkte fordel af projektet hvis kystbeskyttelsesprojektet medfører beskyttelse imod enten oversvømmelse eller erosion.

En indirekte fordel har alle, der ejer et hus eller grund på Enø, uanset om huset eller grunden ligger højere end sikringskoten på +2,0 m DVR90.

Ved en grund forstås et jordstykke, der som udgangspunkt udgøres af en matrikel (forstået som et areal der på matrikelkortet er benævnt med kun et nummer og litra, f.eks. 12a). Hvis en almindelig beboelsejendom på under 3.000 m² består af flere matrikler beliggende ved siden af hinanden og med samme ejer, betragtes det dog kun som én grund. Herudover anses flere matrikler, der er kategoriseret med samlet fast ejendom (SFE) for en grund, idet de anses som forenet, se eksempel i Figur 8.1.

Figur 8.1: Eksempel på 1 grund (markeret med rød) på under 3.000 m² bestående af flere matrikler. Grunden består af matriklerne 14b, 14f, 1b, 1c og 10h.

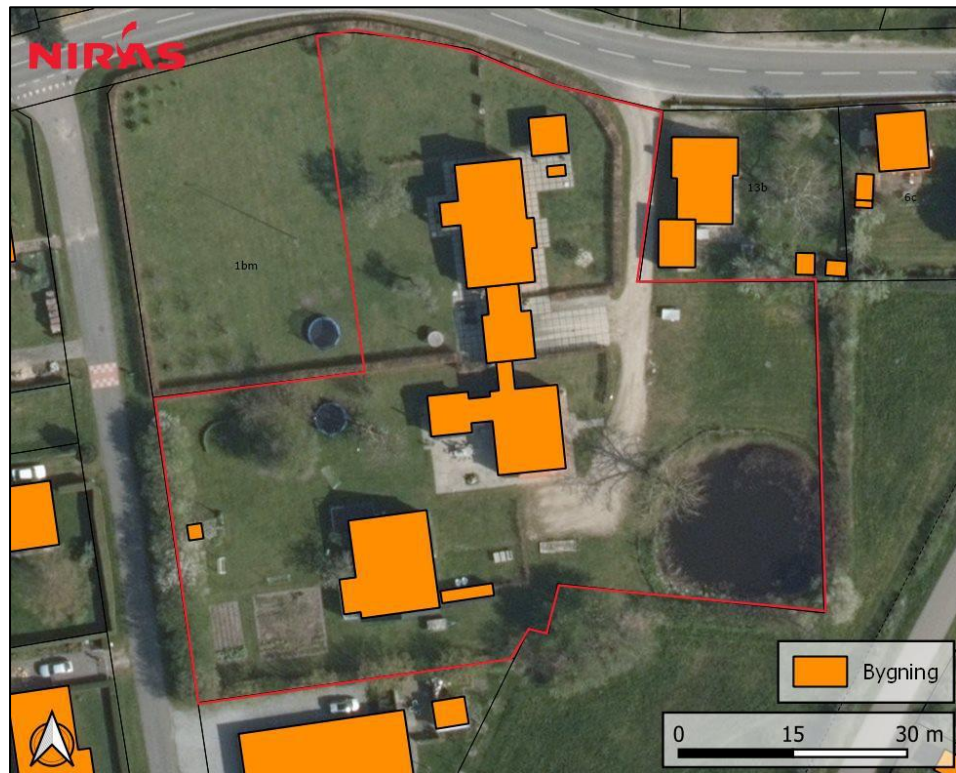
Baggrundskort: Ortofoto 2016, Geodatastyrelsen, WMS-tjemeste



Ved et hus forstås en hvilken som helst bygning, uanset om der er tale om et sommerhus, helårshus, gæstehytte, udhus mv. Hvor mange huse, der ligger på grunden eller hvor mange huse, der ligger under kote +2,0 m DVR90 har ingen betydning for tildelingen af parter.

Figur 8.2: Eksempel på flere bygninger på 1 matrikel (markeret med rød). Matr. Nr. 1a. Der udløses ikke bygningsparter for hver bygning, men derimod 1 gang for al bebyggelse samlet.

Baggrundskort: Ortofoto 2016, Geodatastyrelsen, WMS-tjemeste



Dog er der tre særligt fælde, som tildeles parter for flere huse på samme grund:

- Matrikel 60a: Havnens matrikel tildeles parter for huse, da der er forskellige lejere med forskellige formål og aktiviteter tilknyttet de forskellige huse (Direkte oversvømmelsestruet/beskyttet: Klubhus/Havnekontor, Truet men ikke beskyttet: Fiskehus, Ikke oversvømmelsestruet: Bolig, karantænehus, galleri). Der betales kun bidrag for én grund. Der skal i alt betales 3,75 parter
- Matrikel 60ba: Campingpladsens matrikel tildeles parter for huse, da den omfatter også forskellige huse med forskellige funktioner. Alle husene er oversvømmelsestruede (Direkte oversvømmelsestruet/beskyttet: 2 administrationsbygninger og 5 feriehytter). Der betales kun bidrag for én grund. Der skal i alt betales 10 parter.
- Matrikel 60b: Fjordhusene ligger alle på den samme matrikel som levn fra dengang alle bygningerne var ejet af Danland Feriecenter. I dag er husene solgt og ejes af private sommerhusejere (Direkte oversvømmelsestruet/beskyttet: 78 feriehus, Ikke oversvømmelsestruet: 6 feriehus). Der betales bidrag for hvert enkelt privatejet hus afhængigt af om der opnås en direkte eller en indirekte fordel af projektet. Der betales kun bidrag for én grund.

Ved erosionstruet forstås et hvilket som helst hus eller grund, der inden for en 50-årig periode vil blive udsat for erosion, såfremt projektet ikke gennemføres. Den kroniske erosion (defineret som tilbagerykning af vandlinjen) er på nuværende tidspunkt 0,24 m/år, se Bilag 1. Såfremt et hus eller grund ligger i en afstand

mindre end ($50 \text{ år} * 0,24 \text{ m/år}$) 12 m fra kystskræntens top er huset eller grunden erosionstruet.

Næstved Kommune anfører, at bidragene til kystbeskyttelsen trækkes over ejendomsskatten. Der stilles kommunegaranti over 20 år. Bidragene tillægges udpantningsret jf. Kystbeskyttelseslovens §13.

8.2 Fordelingen af parter

Såvel huse som grunde, der har en indirekte fordel af kystbeskyttelsesprojektet, tildeles $\frac{1}{4}$ part. En ejendom der består af en grund med et hus, der ligger over sikringskoten på +2,0 m DVR90 tildeles således $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1}{2}$ part.

Såvel huse som grunde, der har en direkte fordel af kystbeskyttelsesprojektet, tildeles yderligere 1 part for hus og grund. En ejendom, der består af en grund med et hus, der ligger under sikringskoten tildeles således $1 + 1 + \frac{1}{2}$ (indirekte fordel) = $2\frac{1}{2}$ part.

Såvel huse som grunde, der sikres mod erosion gennem kystbeskyttelsesprojektet tildeles yderligere 3 parter for hus og grund. En ejendom, der består af en grund med et hus, der sikres mod erosion tildeles således $3 + 3 + 2$ (oversvømmelsesbeskyttelse) + $\frac{1}{2}$ (indirekte fordel) = $8\frac{1}{2}$ part.

Næstved Kommune ejer to matrikler med vejarealer. Kommunale veje behandles på lige fod med andre grunde, dvs. som en grund uden hus, der tildeles $1 + \frac{1}{4} = 1\frac{1}{4}$ part.

Følgende ledningsejere bidrager også med et antal parter, bestemt af Næstved Kommune: NK Forsyning = 3 parter, TDC = 3 parter, Fibia = 3 parter, Cerius = 3 parter og TT-Network = 1 part.

Langs Strandvejen vurderes 7 grunde og 6 huse at være erosionstruede og ved skråningsbeskyttelse og strandfodring at opnå yderligere gavn af projektet. Disse matrikler opnår således beskyttelse både imod oversvømmelse og erosion, se Bilag 1.

Hvor mange parter hver enkelt grund- og husejer eller ledningsejer er tildelt er opgjort i Bilag 2 og vist på kort i A3 format i Bilag 7 og 8.

Det samlede antal parter i projektet er beregnet til 2.126,75.

8.3 Bidragsfordeling af anlægsudgift

På baggrund af projektbudgettet i Tabel 7.2 bliver bidragsprisen per part 16.081 kr. inkl. moms ekskl. vedligeholdelsesomkostninger. Per år svarer dette til 804 kr. inkl. moms ekskl. vedligeholdelsesomkostninger.

Beregning af bidragsstørrelse per år forudsætter tilbagebetaling over 20 år uden rente.

Vedligeholdelsesomkostningerne for det samlede anlæg svarer til 243 kr. per part per år inkl. moms. Den samlede bidragssum per part per år er derfor ca. 1.047 kr. inkl. moms.

9 Projektets fremdrift

Efter initiativ fra borgerne startede Næstved Kommune projektet op som et Kommunalt Fællesprojekt (dengang kaldet kapitel 1a projekt) efter kystbeskyttelseslovens §1a. Procesdiagrammet for et Kommunalt Fællesprojekt er vist i Figur 9.1.

I foråret 2016 indhentede Kommunalbestyrelsen en udtalelse fra Kystdirektoratet for de dengang to separate projekter for hav- og fjordsiden. På baggrund af Kystdirektoratets udtalelse er de to projekter lagt sammen. Kommunalbestyrelsen fremmede projektet og sagen blev offentliggjort på kommunens hjemmeside.

I sommeren 2017 blev projektet sendt i offentligt udbud. NIRAS vandt opgaven om udarbejdelse af projektet frem til det er anlagt og der er udført både 1 og 5 års eftersyn.

Siden 2017 har to borgerrepræsentanter været tilnyttet til projektet, og der har løbende været dialog og møder med borgerne. Derudover har der været afholdt 2 møder med Fællesudvalget samt 2 borgermøder (maj 2018 og maj 2019). Efter de to borgermøder har borgerne haft mulighed for at tilkendegive holdninger, idéer eller andet via mail. Alle borgerinputs er så vidt muligt forsøgt indarbejdet i projektet.

Næstved Kommune udarbejdede i løbet af den første halvdel af 2019 et forslag til bidragsfordelingen på baggrund af rådgivning fra Horten advokaterne.

NIRAS færdiggjorde i maj 2019 Myndighedsprojektet samt opgørelsen af bidragsfordelingen på baggrund af tidligere projekter, tilretninger i samarbejde med Næstved Kommune, borgerinputs, Kystdirektoratets kommentarer samt overordnede hensyn til miljøet.

NIRAS afleverede samtidigt en ansøgning til miljøscreening i kommunen. På baggrund af ansøgningen, stod det klart at projektet er VVM-pligtigt. Arbejdet med Miljøkonsekvensvurderingen blev igangsat i august 2019 og er afleveret i februar 2020.

Miljøkonsekvensvurderingen gav anledning til en række tilretninger af myndighedsprojektet. Nærværende tilrettede myndighedsprojekt er afleveret i februar 2020 sammen med den tilrettede bidragsfordeling og udkast til vedtægter for det kommende digelag.

Ansøgning om tilladelse til selve kystbeskyttelsesprojektet indsendes af kommunen (april 2020) på vegne af det kommende digelag sammen med bidragsfordeling og Miljøkonsekvensvurdering til de respektive myndigheder.

Miljøkonsekvensvurderingen og udkast til afgørelse om tilladelse til kystbeskyttelsesprojektet skal i minimum 8 ugers offentlig høring.

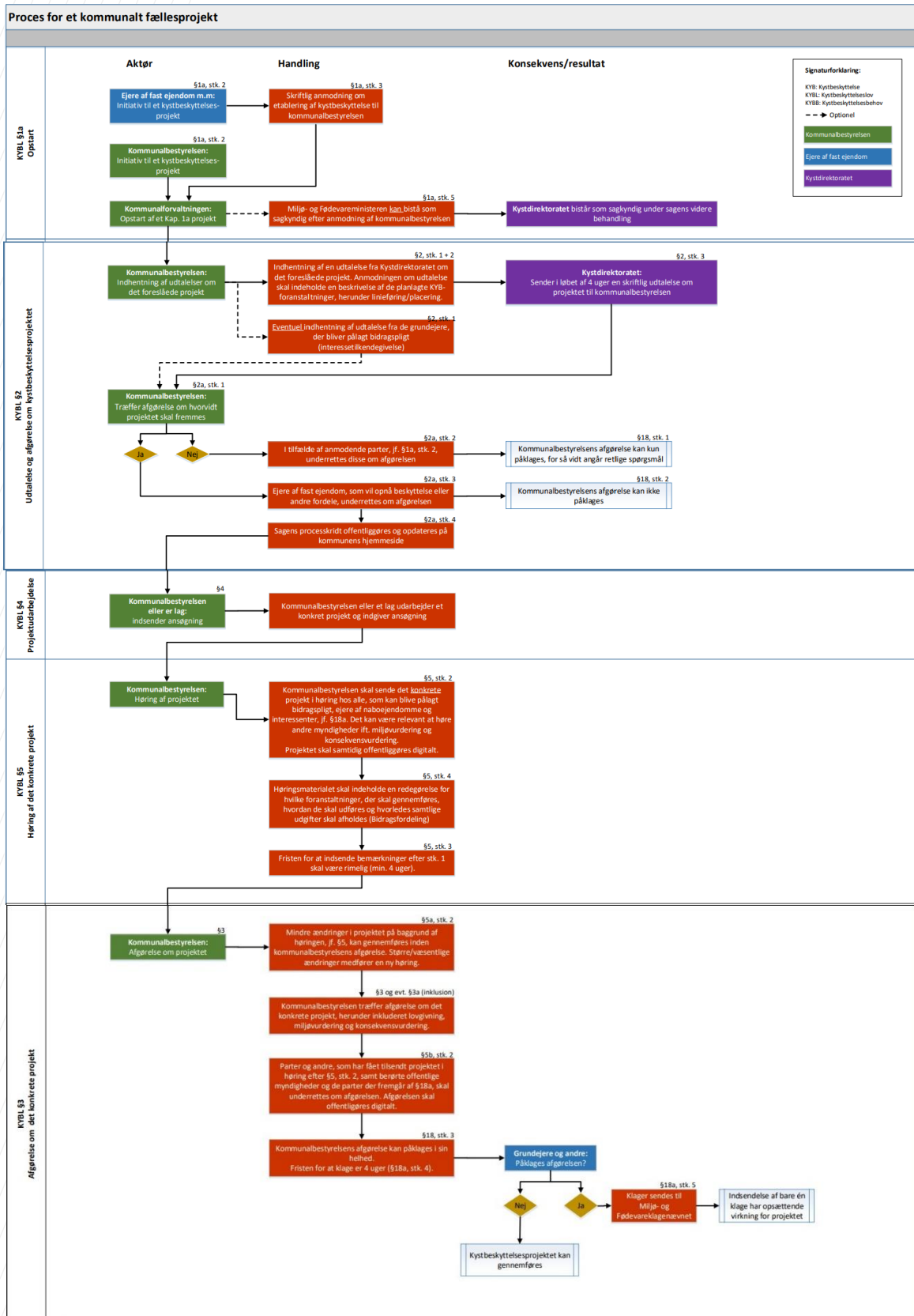
Kystbeskyttelsesprojektet sendes i ca. 6 ugers intern høring i Næstved Kommune og derefter i den såkaldte offentlige stjernehøring, hvor alle parter, interessenter og andre, som har fået tilsendt projektet i høring efter §5, stk. 2, samt berørte offentlige myndigheder og de parter, der fremgår af §18a, underrettes. Høringen varer 4 uger.

Herefter træffer kommunalbestyrelsen afgørelse om, hvorvidt der kan udstedes tilladelse til projektet evt. med mindre tilretninger. Såfremt der kræves større tilretninger af projektet, skal projektet ansøges på ny og høringerne skal foretages igen. Afgørelsen om projektet skal offentliggøres digitalt, se Figur9.1.

Kommunalbestyrelsens afgørelse kan påklages inden for en frist på 4 uger. Indsendelse af blot én klage har opsættende virkning for projektet. Klager sendes til Miljø- og Fødevarerklagenævnet. Indgives ingen klager kan projektet gennemføres. Afvises eventuelle klager eller medfører klagerne mindre rettelser kan projektet gennemføres. Medfører klagerne større ændringer af projekt eller bidragsfordeling skal kommunalbestyrelsen igen sende det samlede projekt i høring inden der på ny ansøges om projektet til kystmyndigheden (kommunen).

Samme høringsproces gælder for Miljøkonsekvensvurderingen som dog har 8 ugers offentlig høringsperiode. Alle tilretninger af myndighedsprojektet skal vurderes ift. om det bevirker større eller mindre ændringer af Miljøkonsekvensvurderingen.

Figur 9.1: Procesdiagram for Kommunale Fællesprojekter se reference, [7].



Når der er opnået tilladelse til projektet udarbejdes detailprojekt og udbudsmateriale, hvorefter projektet sendes i udbud og der afholdes licitation og endeligt kan anlægsarbejdet påbegyndes under tilsyn.

Såfremt der ikke indgives klager undervejs forventes anlægsarbejdet påbegyndt ultimo 2020.

9.1 Klagevejledning

Klage over afgørelser om godkendelse af projektet kan påklages til Miljø- og Fødevarerklagenævnet, jf. § 18, stk. 3 i lov om kystbeskyttelse.

Klagefristen er 4 uger fra afgørelsen om kystbeskyttelsesprojektet og bidragsfordeling er meddelt den pågældende eller offentliggjort.

Klager indgives til klageportalen i Nævnets Hus.

9.2 Frivillige aftaler og ekspropriation

I medfør af kystbeskyttelseslovens § 6 har Byrådet truffet afgørelse om, at der kan foretages ekspropriation til gennemførelse af kystbeskyttelsesforanstaltninger i projekter, der er igangsat efter Kapitel 1 a (kommunale fællesprojekter om kystbeskyttelse), jf. Byrådsbeslutning d. 26.06.2019. Projektet indebærer, at diger og højvandsmure placeres på privates ejendomme.

Næstved Kommune har imidlertid samarbejdet med de berørte borgere ift. at optimere løsningsforslaget således, at der er indgået frivillige aftaler med alle berørte borgere.

Følgende ejendomme vil blive berørt af opførelse af dige og højvandsmur, men har via frivillig aftaler med Næstved Kommune givet tilladelse til projektet på deres matrikler:

Tabel 9.1: Oversigt over hvilke matrikler højvands- og erosionsbeskyttelses anlæg placeres på.

60a	11ab	12u	10h	6a	7it	7000a
60ao	11ag	12v	10g	3gu	7iæ	7000b
60b	11af	13e	17	3gd	7kc	
7dd	11ae	10l	2c	7de	7kd	
11ad	11ø	10i	2b	7e	7kf	

Såfremt forholdene ændrer sig og det ikke længere er muligt at opnå frivillige aftaler om højvandsbeskyttelsens placering, vil Byrådet træffe beslutning om ekspropriation.

Byrådets beslutning om ekspropriation kan påklages til transportministeren, for så vidt angår retslige spørgsmål, jf. § 132, stk. 2 i lov nr. 1520 af 27. december 2014 om offentlige veje m.v. Til afgørelse af eventuelle erstatningsspørgsmål vil der blive nedsat en taksationskommission.

9.3 Tinglysning

Vilkår for tilladelse til kystbeskyttelse ligesom vedtægterne for digelaget skal tinglyses på ejendommen for ejerens regning. Formålet er, at den til enhver tid ejer af en ejendom, altid kender de forpligtigelser, der er forbundet med tilladelsen til kystbeskyttelsesforanstaltningen. Sædvanligvis forestår kommunen eller digelaget tinglysningen.

Kommunen er påtaleberettiget, når der skal tinglyses en deklaration om kystbeskyttelse.

10 Referencer

- [1] NIRAS, »Miljøkonsekvensrapport - Højvandsbeskyttelse af Lungshave og Enø,« 2020.
- [2] Kystdirektoratet, »Kystdirektoratets kystatlas,« [Online]. Available: <http://kms.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8669133b3f4842b7a9a19fb24b08ffd5>. [Senest hentet eller vist den 2016].
- [3] Miljø- og Fødevareministeriet, »Højvandsstatistikker 2017,« 2018.
- [4] DMI, »DMI - Fremtidens vandstand,« [Online]. Available: <https://www.dmi.dk/laer-om/temaer/hav/fremtidens-vandstand/>. [Senest hentet eller vist den Maj 2017].
- [5] COWI, »Klimatilpasningplan - Hydraulisk modellering,« 2011.
- [6] Europa-Kommissionen, »Forvaltning af Natura 2000-lokaliteter. Bestemmelserne i artikel 6 i habitatdirektivets 92/45/EØF.,« *Bruxelles*, 21 11 2018.
- [7] Miljø- og Fødevareministeriet, Kystdirektoratet, »Kommune med Kystansvar - Modul 2, Kommunale Fællesprojekter,« 2018.
- [8] Kystdirektoratet, »Kystdirektoratets hjemmeside,« 2017. [Online]. Available: <http://kysterne.kyst.dk/hvad-er-diger.html#>.
- [9] D. H. o. Kjærsgaard, »Kystdynamik og kystbeskyttelse: Naturlige erosions- og oversvømmelsesprocesser - beskyttelsesmetoders virkning og økonomi,« 2015.
- [1 DMI, »Fremtidige klimaforandringer i Danmark - Danmarks klimacenter 0] rapport nr. 6,« 2014.