Nordkystens Fremtid

Myndighedsprojekt for strandfodring

Nordkystens Fremtid

Dato: 16. december 2024

Indhold

1. Indledning 5

2. Konklusion 7

3. Udfordringer med kystbeskyttelsen på Nordkysten 10

3.1 Erosionspres 10

3.1.1 Kronisk erosion 10

3.1.2 Akut erosion 11

3.2 Kystbeskyttelsen på Nordkysten 12

4. Kystteknisk grundlag 14

4.1 Designgrundlag 14

4.2 Dimensionsgivende vandstand 14

4.3 Beregnet kronisk erosion 16

4.4 Tilstandsvurdering af eksisterende hård kystbeskyttelse 19

4.5 Kystteknisk vurdering 22

5. Målsætning 24

5.1 Begrundelser for målsætning 24

5.1.1 Strandfodring med både sand og ral 24

5.1.2 Tilstandstandsvurdering af hård kystbeskyttelse ved strandfodring 25

6. Strandfodringsprojektet 26

6.1 Strandfodringsmateriale 27

6.1.1 Bemærkninger til sandfodring 28

6.1.2 Bemærkninger til ralfodring 29

6.2 Fodringsstrategi 29

6.2.1 Initialfodring 30

6.2.2 Vedligeholdelsesfodring 31

6.3 Visualiseringer 31

6.4 Sand- og ralfodringsmængder 35

6.5 Råstofindvinding 39
6.6 Risici 40
6.7 Vedligeholdelsesstrækninger 40

7. Risiko for øget tilsanding af havnene langs Nordkysten 42

8. Tilpasning af spildevandsudløb 45
8.1 Tilpasning af udløb 45
8.2 Beskyttelse omkring udløbene 45
8.2.1 Principskitse 46
8.2.2 Fremtidig vedligeholdelse 47
8.3 Overgang over høfderne/stensætning 47

9. Regulering af vandløb 48
9.1 Berørte vandløb 48
9.2 Opbygning af afværgeforanstaltninger – Regulering af vandløb 50
9.2.1 Fremtidig vedligeholdelse 51
9.3 Overgang over høfderne/stensætninger 51

10. Anlæggelse af kystnære stenrev – Kompenserende foranstaltninger 52
10.1 Tildækning af udpegede naturtyper ved strandfodring med sand og ral 52
10.2 Anlæg af kompenserende stenrev 52
10.3 Placering af kompenserende stenrev 53

11. Badebroer 55

12. Anlægsoverslag 56

13. References 58

Bilagsoversigt

Bilag 1	Metode til at vurdere strandfodringens medvirkning til skade og hvilke fodrings-strækninger, der har nytte af denne fodring
Bilag 02	Nordkystens Fremtid Kystteknisk projektforslag
Bilag 03	Nordkystens Fremtid Beskrivelse af foranstaltninger, der skal foretages for en række vandløbsreguleringer i offentlige og private vandløb i forbindelse med realisering af projektet Nordkystens Fremtid
Bilag 04	Nordkystens Fremtid Besigtigede lokaliteter (§ 3 og habitatnatur)
Bilag 05	Nordkystens Fremtid Støjkort
Bilag 06	Nordkystens Fremtid Truet infrastruktur
Bilag 07	Nordkystens Fremtid Natura 2000 konsekvensvurdering
Bilag 08	Nordkystens Fremtid Visualiseringsrapport
Bilag 09	Nordkystens Fremtid Arbejdspladsvurdering
Bilag 10	Nordkystens Fremtid Fravigelsesredegørelse
Bilag 11	Nordkystens Fremtid Kompenserende foranstaltninger Anlæggelse af kystnære stenrev
Bilag 12	Nordkystens Fremtid Beskrivelse af tilpasning af spildevandsudløb
Bilag 13	Nordkystens Fremtid Besigtigelse af markfirben
Bilag 14	Nordkystens Fremtid Analyse af strandfodringens påvirkning af habitatnatur langs Nordkysten
Bilag 15	Nordkystens Fremtid Vurdering af badebroer på Nordkysten
Bilag 16	Nordkystens Fremtid. Oversigt over tildækning som følge af strandfodring og tværsnitstegninger af strandfodring.

1. Indledning

Halsnæs Kommune, Gribskov Kommune og Helsingør Kommune har bedt rådgivergruppen NIRAS, DHI og Hasløv & Kjærsgaard om at udarbejde forundersøgelser, myndighedsprojekt samt miljøvurdering for kystbeskyttelsesprojektet Nordkystens Fremtid.

Formålet med projektet Nordkystens Fremtid er at skabe et langsigtet, helhedsorienteret og holdbart kystbeskyttelsesprojekt for hele Nordkysten fra Hundested til Helsingør, der giver den bedste beskyttelse mod kronisk og akut erosion på 50 års sigt. Projektets påvirkning skal vurderes inden for denne tidsramme. Kystbeskyttelsen skal være en langsigtet løsning, som tager højde for havspejlsstigninger og klimaforandringer med stadigt hyppigere kraftige stormhændelser til følge. Projektet skal endvidere imødekomme den usikkerhed, der er ved forudsigelse af klimaforandringerne over de kommende 50 år.

Der er udarbejdet et kystteknisk projektforslag for den 57 km lange kyststrækning mellem Hundested og Helsingør (Bilag 02). Analyserne i det kysttekniske projektforslag har vist at en langsigtet og tilstrækkelig beskyttelse af Nordkysten med en fastholdt strandlinje, sker ved en kombination af strandfodring med sand og ral og forstærkning af strækningens skråningsbeskyttelse.

Strandfodring øger højden af stranden foran skråningerne. Når strandniveauet hæves, vil bølgernes påvirkning af bagstranden og kystskrænten reduceres, fordi bølgehøjden aftager ind over strandplanet. Strandfodring vil således medføre mindre pres på den hårde kystbeskyttelse (skråningsbeskyttelse) og skråningerne bagved. Herudover medfører strandfodring, at der kompenseres for manglende sand- og ralmængder i kystens sedimentbudget, hvilket medfører, at den kroniske erosion bremses. Samtidig giver strandfodringen en bredere strand og bedre mulighed for passage langs kysten og over høfderne, hvilket mange steder ikke er muligt langs Sjællands nordkyst i dag. Endelig vil kystlandskabets udseende forbedres med brede strande og mindre synlig skråningsbeskyttelse, hvilket vil give et mere naturligt kystlandskab.

På baggrund af det kysttekniske projektforslag er nærværende myndighedsprojekt udarbejdet, som omfatter den del af det kysttekniske projektforslag, der vedrører strandfodring langs 35,7 km af kysten, som er bebygget, og hvor der er et behov for kystbeskyttelse.

Myndighedsprojektet er udformet med udgangspunkt i Kystbeskyttelsesloven, hvor følgende hensyn skal afvejes:

- Behovet for kystbeskyttelse
- Økonomiske hensyn
- Kystbeskyttelsesforanstaltningens tekniske, natur- og miljømæssige kvalitet
- Betydning for den rekreative anvendelse af kysten
- Sikring af den eksisterende adgang til og langs kysten
- Andre forhold af væsentlig betydning for kystbeskyttelsen

Strandfodringen udføres som sand- og ralfodring med udgangspunkt i den naturlige sedimentsammensætning, der findes langs Nordkysten, og der fokuseres på at reducere skadevirkning på Natura 2000 område Nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten, og herunder på udpegningsgrundlagene stenrev og sandbanke.

Førstegangsfodringen, også kaldet initialfodringen, forventes at blive udført i 2028 og vedligeholdelsesfodringer udføres hvert 5. år herefter. Initialfodringen foretages af den fælles projektorganisation "Nordkystens Fremtid"

som et fælleskommunalt projekt for grundejerne langs Nordkysten under ledelse af Halsnæs Kommune, Gribskov Kommune og Helsingør Kommune. De efterfølgende vedligeholdelsesfodringer varetages af ét strandfodringslag. Forslag om at nedsætte et strandfodringslag vil indgå i ansøgningen til kystbeskyttelsesprojektet.

Den del af det kysttekniske projekt som omhandler udbygning af eksisterende og anlæggelse af ny skråningsbeskyttelse er ikke en del af myndighedsprojektet. Dette skal grundejerne selv søge om tilladelse til efter Kystbeskyttelsesloven.

Myndighedsprojektet er omfattet af miljøvurderingslovens regler. I forbindelse med myndighedsprojektet er der derfor udarbejdet en miljøkonsekvensvurdering (NIRAS, 2024e). Miljøkonsekvensvurderingen omhandler hele det kysttekniske projektforslag og dermed også anlæggelse/udbygning af skråningsbeskyttelse langs de otte fodringsstrækninger.

2. Konklusion

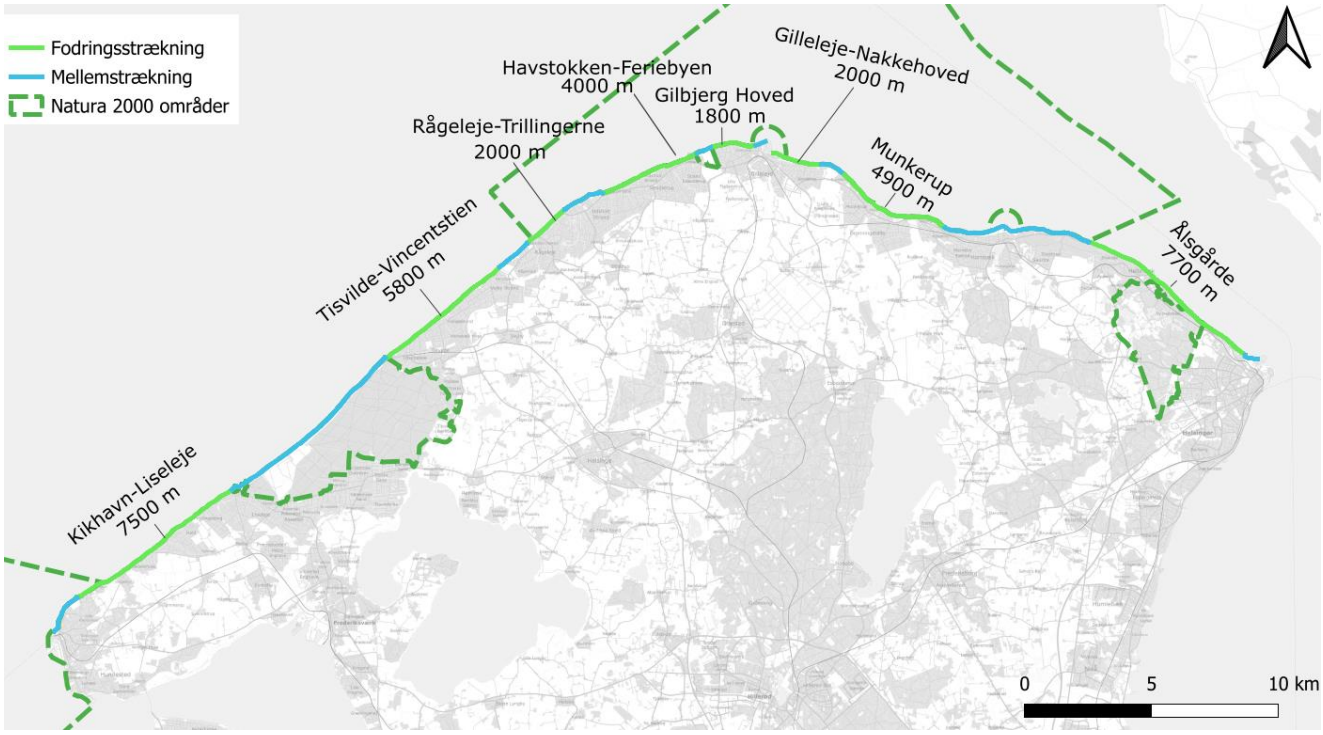
Det kysttekniske projektforslag og myndighedsprojektet viser, at strandfodring er den mest fordelagtige og optimale løsning til at mindske skader fra kraftige storme og havspejlsstigninger i dag og over de kommende 50 år langs Sjællands nordkyst. Strandfodring vil medføre, at behovet for fortsat udbygning af skråningsbeskyttelsen langs kysten kan reduceres betydeligt.

Der ansøges om at strandfodre med sand og ral langs otte længere strækninger på Nordkysten med en samlet længde på 35,7 km ud af de 57 km mellem Hundested og Helsingør, se Figur 2.1. Der fodres ikke ud for større naturstrækninger, da der ikke er behov for kystbeskyttelse langs disse områder.

Det anbefales, at strandfodringerne består af sand med en middelkornstørrelse (d_{50}) på 0,35-0,60 mm og ral med en middelkornstørrelse på 20-150 mm.

Strandfodring med sand og ral udlægges foran skråningsbeskyttelser og skråninger op til kote +2,5 m i forhold til middelvandstanden på alle fodringsstrækninger vest for Gilleleje Havn og kote +2,0 m på alle fodringsstrækninger øst for Gilleleje Havn i forbindelse med initialfodringerne og de løbende vedligeholdelsesfodringer, som udføres ca. hvert 5. år. Som en del af det samlede strandfodringsprojekt, vil der være behov for tilpasning af udløb og badebroer, hvilket indgår i myndighedsprojektet.

Det er vurderet, at Nordkystens Fremtid vil medføre et permanent arealtab af habitatnaturtypen rev (1170), som følge af strandfodring med sand og ral i Natura 2000-område nr. 195, hvilket vil skade Natura 2000-områdets integritet. Dette betyder, at en fravigelse fra Natura 2000-lovgivningen er nødvendig, og at der som en del af projektet iværksættes kompenserende foranstaltninger i form af anlæg af nye stenrev (Bilag 07).



Figur 2.1 Oversigt over fodringsstrækninger og mellemstrækninger samt angivelse af Natura 2000-områder. Bemærk at strækningen "Ålsgårde" dækker strækningen Ålsgårde-Helsingør. Figuren er magen til Figur 6.1. Skærm*kort fra SDFI, type: dtk_skaermkort_graa_48_print, hentet d. 11-09-2024.*

Følgende konkrete målsætninger er opstillet for strandfodringerne, der udføres langs Sjællands nordkyst ifm. Nordkystens Fremtid:

1. Tilbagerykningen af stranden på fodringsstrækningerne ud for den bebyggede del af Nordkysten skal standses med strandfodring med ral og sand foran skrænter og skråningsbeskyttelser til beskyttelse af ejendomme mod den nedbrydende virkning fra havet. Før en dimensionsgivende storm skal der ligge ral til kote +1,2 m DVR90 (middelvandstand) og ovenpå rallen sand til kote +1,5 m DVR90.
2. Strandens højde skal udbygges i takt med havspejlsstigningerne med sand og ral, så det ønskede beskyttelsesniveau opretholdes.

Derudover har strandfodringen følgende sekundære mål:

- Der strandfodres med både ral og sand for at reducere den potentielle skadespåvirkning på Natura 2000 område Nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten og herunder på udpegningsgrundlagene stenrev og sandbanke.
- Opbygning af sand- og ralstrand sker ved strandfodring med sand og ral, der tilpasses hver enkelt fodringsstrækning således, at der ikke vil ske forringelse af den nuværende strandkvalitet.
- Strandfodringerne skaber en gennemsnitlig strandbredde på 10-30 m, som sikrer passage langs kysten.

Strandfodring med sand og ral består af en initialfodring og efterfølgende vedligeholdelsesfodringer hvert 5. år:

- Initialfodring udføres med 5 m^3/m ral til minimum kote +1,2 m i forhold til middelvandstanden foran skråningsbeskyttelserne for at sikre mod akut erosion.
- Sandfodring udføres til kote +1,5 m i forhold til middelvandstanden foran skråningsbeskyttelserne for at sikre mod akut erosion og for at skabe passage langs kysten.
- Herover udlægges sand til vedligeholdelse op til kote +2,5 m i forhold til middelvandstanden på alle fodringsstrækninger vest for Gilleleje og kote +2,0 m på alle fodringsstrækninger øst for Gilleleje.
- Sandstranden forudsættes at have en hældning på 1:15, svarende til hvad der naturlig forekommer langs Nordkysten.
- Vedligeholdelsesfodring udføres med sand og ral mod kronisk erosion, havspejlsstigning og randeffekter langs alle strækninger.

Ved at fodre med sand til kote +1,5 m i forhold til middelvandstanden er det hensigten, at der altid er sand på stranden og dermed passage langs stranden ved normal vandstand. Under en dimensionsgivende storm vil sandet erodere væk, men rallaget nedenunder vil beskytte mod yderligere erosion. Det eroderede sandmateriale føres længere ud i kystprofilet på revlerne. Størstedelen af det eroderede sand transporteres af bølger ind på stranden igen i perioden efter stormen.

Den foreslåede strandfodring medfører, at der skal foretages en samlet initialfodring med cirka 1.706.000 m^3 sand og cirka 141.000 m^3 ral.

De samlede anlægsoverslag for initialfodringen forventes at være i størrelsesorden 164 mio. kr. ekskl. moms.

Herudover er der udgifter til tilpasning af udløb til Kattegat, badebroer og anlæg af kompenserende stenrev. Det samlede projekt løber dermed op i 241 mio. kr.

Herefter skal der løbende vedligeholdelsesfodres med cirka 735.000 m^3 sand og cirka 10.000 m^3 ral cirka hvert 5. år.

Det samlede anlægsoverslag for vedligeholdelsesfodringerne samt vedligehold af tilpasninger af udløb forventes at være i størrelsesorden 57 mio. kr. ekskl. moms hvert 5. år.

Vedligeholdelsesfodringerne kompenserer for tabet af sand og ral langs kysten som følge af kronisk erosion, havspejlsstigning og randeffekter ved enderne af fodringsstrækningerne.

Strandfodringsmaterialet vil gradvist spredes langs hele Nordkysten og således også reducere kysttilbageryknin-gen langs naturstrækninger og øvrige ejendomme ud til kysten, hvor der ikke fodres direkte.

Fodringsmaterialets sammensætning svarer som udgangspunkt til det sand og ral, der er på Nordkysten i dag.

Strandfodringerne vil forbedre kystbeskyttelseskonstruktionernes robusthed og kysttekniske virkning, samt sikre et ensartet beskyttelsesniveau langs Nordkysten.

Strandfodring vil herudover sikre passage langs kysten på de beskyttede strækninger.

3. Udfordringer med kystbeskyttelsen på Nordkysten

Tilbage i 2016 udarbejdede COWI, NIRAS, DHI og Haslev og Kjærsgaard et kystteknisk skitseprojekt (COWI, 2016) som beskrev de kysttekniske udfordringer der er på Nordkysten og som kom med et forslag til en kystbeskyttelsesstrategi. Nogle af konklusionerne fra det kysttekniske skitseprojekt er gentaget i de næste afsnit.

3.1 Erosionspres

Nordkysten er udsat for et stort erosionspres som følge af kronisk og akut erosion. Kronisk erosion er den løbende erosion, som sker på stranden og på revlerne, som skyldes ubalance i sedimentbudgettet langs kysten. Akut erosion forekommer under storme, hvor der samtidig er højvande og store bølger. Akut erosion forekommer ved, at sandet på stranden eller sediment fra skrænten transporteres ud i kystprofilet under stormflod. Det er en delvis reversibel erosionsproces, idet en del af sandet senere transporteres ind på stranden igen, men ikke tilbage på skrænterne.

3.1.1 Kronisk erosion

Hovedårsagen til den kroniske erosion langs Sjællands nordkyst er kystens konvekse form og dominerende vindretning fra vest, som medfører, at der føres mere sand og ral ud af en strækning, end der tilføres strækningen. Sedimenttransportmønsteret med østgående nettotransport har medført behov for intensiv kystbeskyttelse.

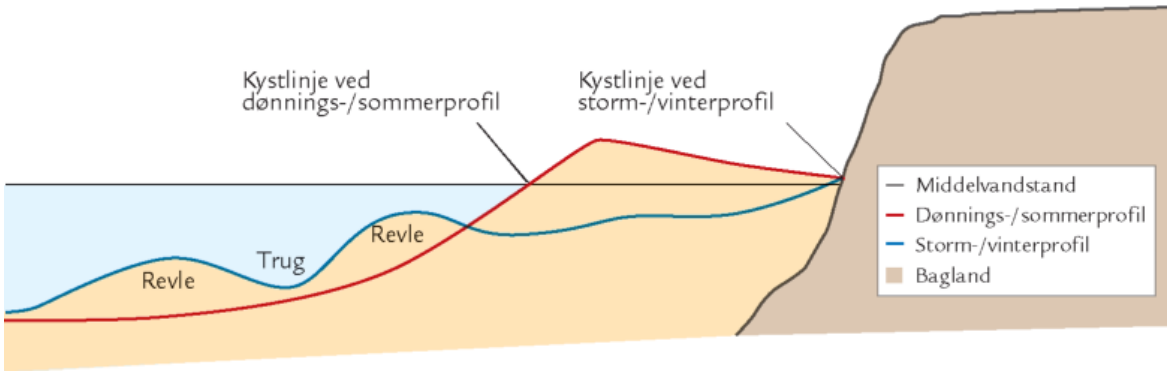
Den omfattende hårde kystbeskyttelse langs Nordkysten i form af skrændtfodsbeskyttelser, høfder og bølgebrydere har medført, at tilførslen af sand og ral til kysten fra skrænterne med tiden er reduceret betydeligt (COWI, 2016). Herudover udgør havnene barrierer for transporten af sand og ral langs Nordkysten, hvilket øger erosionen øst for havnene.

I takt med at den løbende udbygning af skråningsbeskyttelserne har stabiliseret skråningerne, sker der fortsat erosion af stranden foran skråningsbeskyttelsen. Det har medført, at der er lange strækninger, hvor stranden er blevet smallere, helt forsvundet eller afløst af ralstrand i stedet for sandstrand. Vanddybderne foran den eksisterende hårde kystbeskyttelse er herved gradvist øget (COWI, 2016). Et eksempel på dette ses i Figur 3.*1*, som viser en skråningsbeskyttelse ved Salgardshøj. Stranden foran skråningsbeskyttelsen er eroderet væk. Havspejlstigningerne vil medføre en eskalering af ovenstående.

Figur 3.1 Stejl og høj skråning ved Salgårdshøj med lav skråningsbeskyttelse, der beskytter mod erosion og dermed hindrer tilførsel af materiale til stranden, som er forsvundet foran skråningsbeskyttelsen. Fotoet er taget d. 31-10-2017 af NIRAS.

3.1.2 Akut erosion

Nordkysten er også udsat for erosionspres som følge af akut erosion i forbindelse med storme, hvor der er kraftig bølgepåvirkning og højvande. I disse situationer eroderes stranden og skrænterne og sandet føres længere ud i kystprofilet og langs kysten (COWI, 2016), se Figur 3.2. Det er en delvis reversibel erosionsproces, idet en del af sandet senere transporteres ind på stranden igen men ikke tilbage i skrænterne.



Figur 3.2 Principskitse af akut erosion. Kilde: (Binderup, 2016) baseret på (Komar, 1998).

Stormen Bodil 6. december 2013 er vurderet til at have en returperiode på omkring 250 år og medførte langvarig ekstrem højvande. Kombinationen af store bølger og høj vandstand under stormen medførte omfattende

skader på den eksisterende kystbeskyttelse og skråningerne bagved. Et eksempel på dette ses i Figur 3.3, som viser erosion af skråningen ved Havstokken efter stormen Bodil. Stormen viste, at der er behov for vedligeholdelse (forhøjelse) af strandprofilet og kystbeskyttelsen på Nordkysten for at beskytte mod fremtidig akut erosion under stormflod, og for at imødegå den kroniske erosion (COWI, 2016).

Figur 3.3 Akut erosion af skråningen ved Havstokken, Udsholt, Gribskov Kommune, under stormen Bodil 06.12.2013, Kilde: (COWI, 2016)

Ral transporteres typisk landværts under storm og der vil derfor ofte ikke forekomme nævneværdig akut erosion af ralstrande foran skråningsbeskyttelserne.

3.2 Kystbeskyttelsen på Nordkysten

Der er mange steder langs Nordkysten gennem årene bygget hård kystbeskyttelse i form af høfder, bølgebrydere og skråningsbeskyttelser. Den hårde kystbeskyttelse bliver løbende repareret, udbygget og forhøjet. Konstruktionerne er dog oftest genopbygget med eksisterende stenmaterialer, som ofte ikke er tilstrækkeligt store til at modstå nye storme, hverken i dag eller fremover, da vanddybden foran kystbeskyttelsesanlæggene er øget og vil fortsætte med at øges fremover. Derudover er mange af de eksisterende anlæg ikke dimensioneret i højden til at modstå den forøgede vanddybde foran og som følge af havspejlsstigning (COWI, 2016).

Kystlagene administrerer typisk kyststrækninger på 0,5 til 2,5 km. De fleste kystlag fokuserer typisk på at beskytte kystskrænten mod erosion, mens der ikke i lige så høj grad fokuseres på beskyttelse af selve stranden, som ellers er en vigtig del af konstruktionernes dimensionering og stabilitet. Kystbeskyttelsesanlæggene har medført øget erosionspres på nabostrækningerne mod øst, fordi tilførslen af sediment til nabostrækningerne reduceres som følge af anlæggene (COWI, 2016). På den måde er erosionspresset blevet flyttet langs kysten, og

det er dermed blevet nødvendigt at anlægge hård kystbeskyttelse på lange strækninger nedstrøms for de først opførte anlæg. Som kystbeskyttelsesloven er i dag, vil der ved etablering af ny skråningsbeskyttelse blive stillet krav om, at den enkelte grundejer strandfodrer med den mængde sediment (initialt og som vedligehold), som skråningsbeskyttelsen holder tilbage. Den påkrævede strandfodringsmængde for de enkelte ejendomme er dog i sig selv ikke tilstrækkelig til at kompensere for den samlede kroniske erosion af kysten, der sker langs hele Nordkysten, da den kroniske erosion er markant større end den mængde sediment, som skråningsbeskyttelserne tilbageholder.

Mange steder er det forsøgt at holde på stranden/sedimentet ved at opføre høfder eller kystnære bølgebrydere. Der kommer dog ikke mere sand og ral i systemet ved, at de forskellige lag eller private grundejere kæmper om at fange en del af den faldende mængde sand og ral, som vandrer langs kysten (COWI, 2016).

Det generelle billede er, at kysterosionen fortsætter ude i kystprofilet på trods af den hårde kystbeskyttelse, hvilket langsomt forværrer situationen, efterhånden som vanddybden øges. Herved bliver bølgerne, der kan nå stranden og kystbeskyttelseskonstruktionerne stadig større (COWI, 2016).

Den aktuelle og fremtidige kroniske og akutte erosion viser sig således i stigende grad at være en fælles udfordring for grundejerne langs hele Nordkysten (COWI, 2016).

Hvis ikke der tilføres sediment ved strandfodring vil den hårde kystbeskyttelse skulle udbygges massivt for at modstå de stadig større bølger, som rammer konstruktionerne. Stranden vil helt forsvinde langs de strækninger, hvor der er skråningsbeskyttelser, hvilket betyder, at passage langs kysten vil blive vanskeligere eller umulig og erosionen af ubeskyttede strækninger vil accelereres yderligere.

4. Kystteknisk grundlag

I det næste gennemgås det kysttekniske grundlag for projektet, som også er beskrevet i detaljer i det kysttekniske projektforslag (Bilag 02).

4.1 Designgrundlag

Ved design af kystbeskyttelse skal valg af levetid afvejes mod værdien af det, der beskyttes, for at sikre, at beskyttelsen er samfundsøkonomisk rentabel. På grund af den store usikkerhed omkring den fremtidige klimarelaterede havspejlsstigning er det besluttet, at projektets levetid skal være 50 år. Efter 50 år kan det vælges at fortsætte projektet, men med tilpasninger til de klimaforandringer, som ses på det tidspunkt.

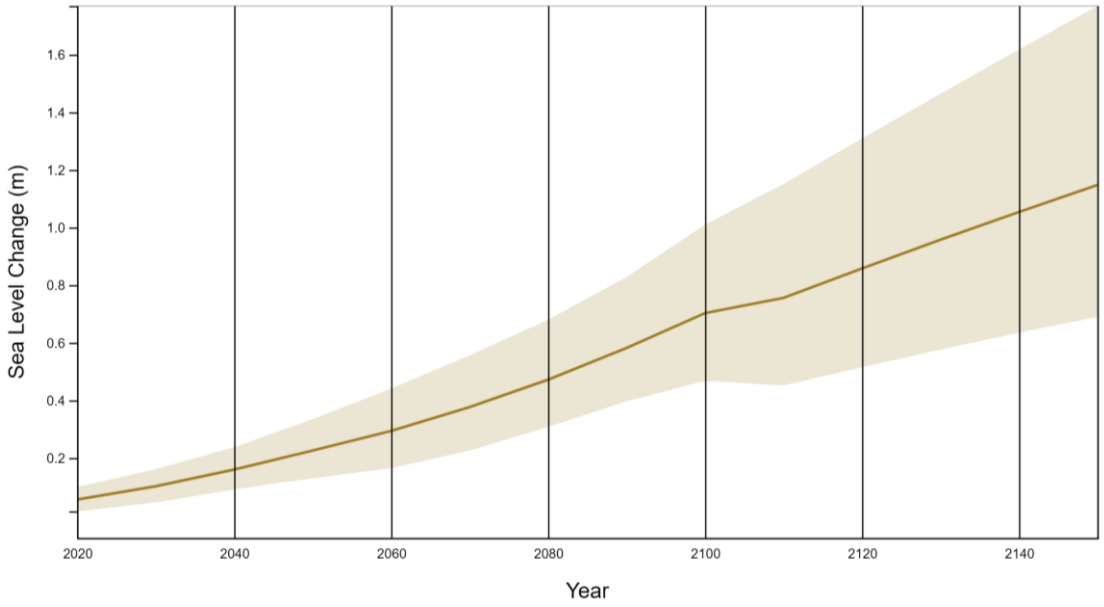
Udover levetiden skal det fastlægges, hvilken returperiode, der skal beskyttes imod. Returperioden er udtryk for den hændelse, der statistisk set kun forekommer eller overskrides én gang inden for levetiden. Jo længere returperiode, desto mindre risiko for, at designhændelsen indtræffer i projektets levetid, men anlægsomkostningerne vil også stige.

Ved erosionsbeskyttelse er det ofte selve kysten, der beskyttes og dermed indirekte boliger og infrastruktur, der ligger langs kysten. Da kystkonstruktioner er relativt nemme at genopbygge og sjældent falder helt sammen under en kraftig storm har praksis i Danmark historisk været at etablere erosionsbeskyttelse imod en 30-årshændelse for en levetid på 30 år eller imod en 50-årshændelse for en levetid ligeledes på 50 år. I Nordkystens Fremtid er det valgt, at projektet skal beskytte imod en 50-årshændelse. Sandsynligheden for at en 50-årshændelse forekommer i projektets levetid på 50 år er 64 %.

4.2 Dimensionsgivende vandstand

Tidevandet ved Nordkysten er omkring 20 cm, hvilket vil sige, at vandstanden varierer +/- 10 cm omkring middelvandstanden.

IPCC's bedste bud på den fremtidige havspejlsstigning ved Hornbæk frem til år 2077 er 45 cm, se Figur 4.1. Dette er et centralt estimat og er behæftet med nogen usikkerhed.



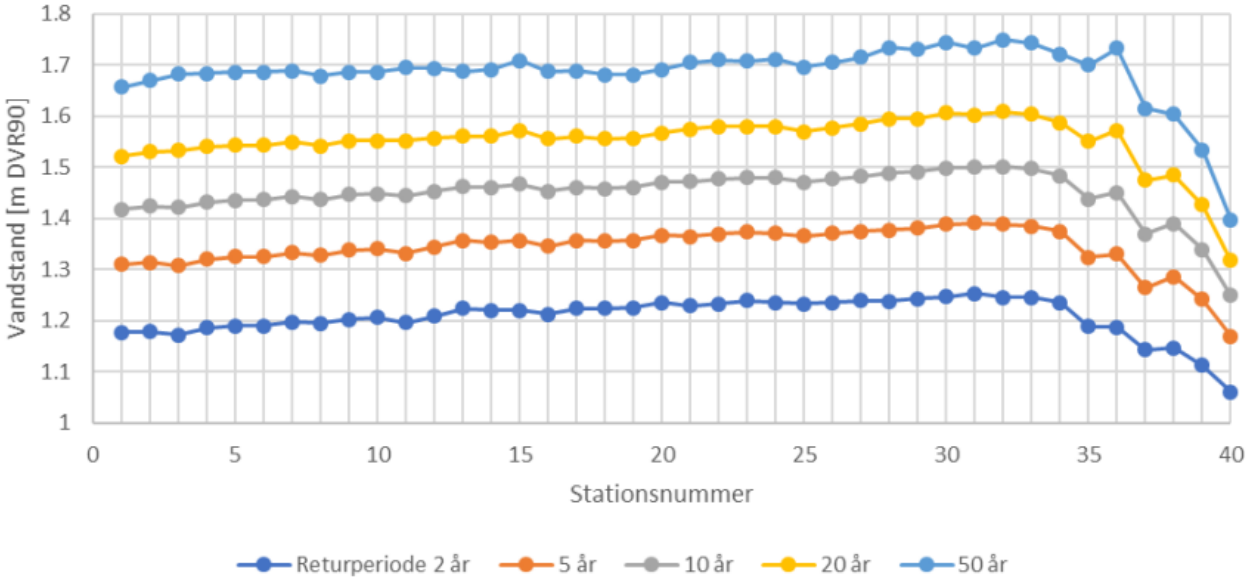
Figur 4.1 IPCC's bud på de globale havspejlsstigninger for SSP5-8.5 scenariet ved Hornbæk, fremvist ved NASAs "Sea level projection tool". Middelværdien i prognosen er vist som den brune linje og usikkerhedsintervallet er vist med det lysebrune skraverede område omkring linjen. Fremskrivningen af havspejlsstigning er baseret på temperaturscenarier og beregning af afsmeltning af iskapper, hvorfor der er et stort usikkerhedsinterval for værdierne som stiger med tiden. Kilde: (NASA, N/A).

Landhævning på Nordkysten er i gennemsnit 1,5 mm/år svarende til +8 cm i 2077, hvilket reducerer den generelle havspejlsstigning (Knudsen et al. 2016).

Ekstremhændelser med høje vandstande har stor betydning for kystbeskyttelsen på Nordkysten. DHI har modelleret 20 års vandstande langs Nordkysten, som er benyttet til at udarbejde lokale ekstremvandstandsstatistikker, som efterfølgende er korrigeret i forhold til den mere præcise statistik fra Hornbæk Havn. Statistikken tager udgangspunkt i måletidsserien fra Hornbæk Havn, som dækker 127 år. Bølgeklimaet er beregnet i 40 stationspunkter udenfor brydningszonen. De 40 punkter er vist på Figur 4.2.

Figur 4.2 Placering af stationspunkter til fastlæggelse af vandstand og bølgeklima langs Nordkysten fra Hundested (tv.) til Helsingør (th.)

Figur 4.3 viser variationen i vandstandsstatistikken langs Nordkysten fra Hundested til Helsingør (DHI, 2018c). Ekstremvandstandene er vist for forskellige hændelser (returperioder) i alle 40 stationspunkter.



Figur 4.3 Designvandstandenes variation ved en 2-års- til 50-årshændelse (returperiode) langs Nordkysten fra Hundested (tv.) til Helsingør (th.) (DHI, 2018c).

Figuren viser, at en 50-årshændelse i dag vil medføre en vandstand på Nordkysten på cirka kote +1,7 m i forhold til middelvandstanden på dybt vand ud for kysten. Vandstanden ved en 50-årshændelse stemmer overens med Kystdirektoratets højvandsstatistik fra 2024, hvor en 50-årshændelse uden at inkludere havspejlstigning og landhævning er på +1,67 m DVR90 ved Hundested og +1,69 m DVR90 ved Hornbæk (Kystdirektoratet, 2024).

Når bølgerne bryder ind over revlerne, hæves vandstanden yderligere ind mod kysten som følge af bølge-setup. Bølge-setup varierer langs kysten, men er sædvanligvis i størrelsesorden 10 % af bølgehøjden på dybt vand.

Den gennemsnitlige ekstremvandstand i brydningszonen for en 50-årshændelse i dag er ud fra beregningerne derfor vurderet til +2,0 m.

Ekstreme vandstande giver store udfordringer for grundejerne langs Nordkysten, da stranden i de fleste tilfælde er lav foran skråningerne. Bølgerne vil derfor ofte kunne ramme de hårde anlæg med stor kraft, hvilket giver skader på konstruktionerne og skrænterne bagved.

4.3 Beregnet kronisk erosion

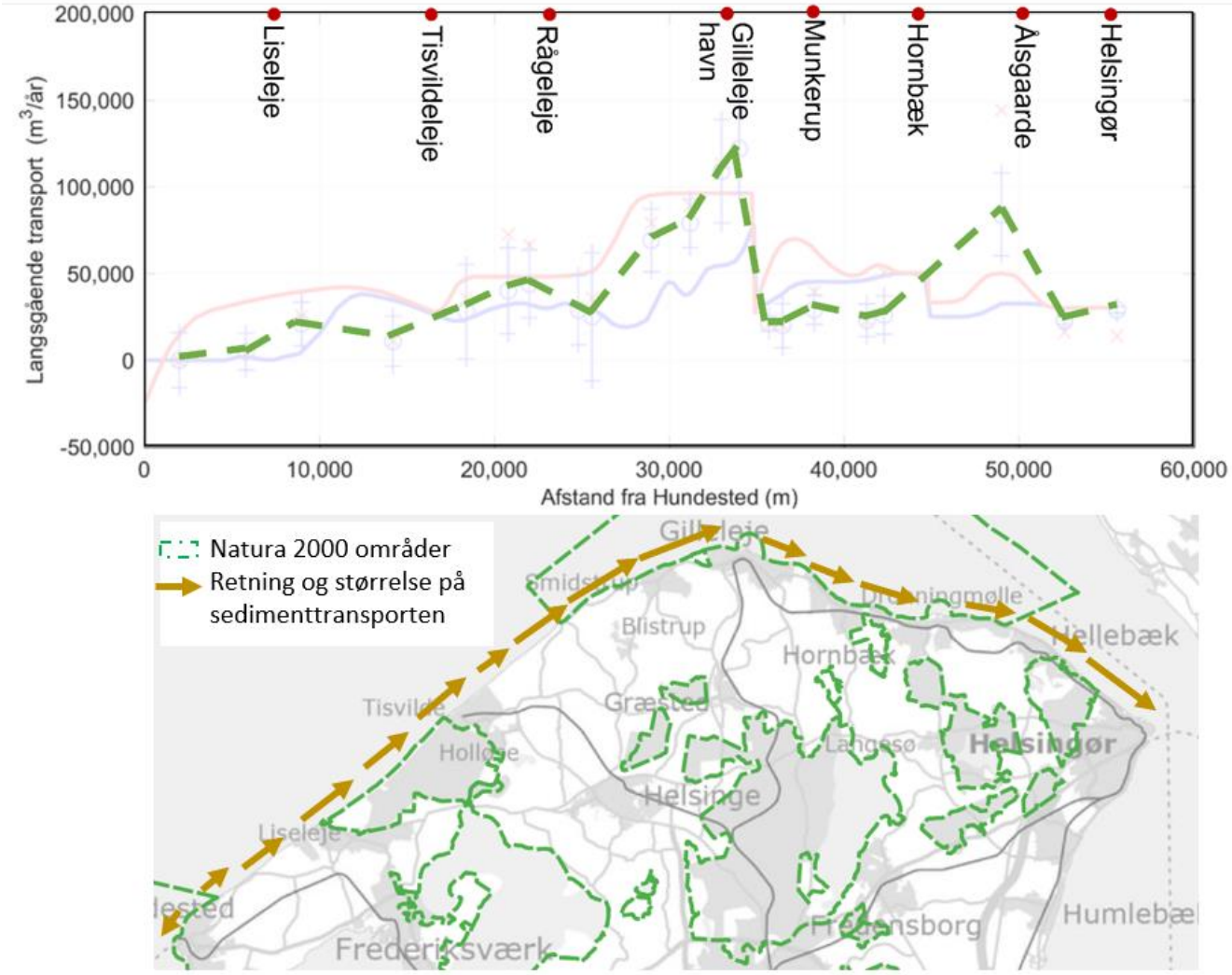
DHI har udført beregningerne af den langsgående sedimenttransport (DHI, 2018c). Sedimenttransporten langs kysten foregår i begge retninger afhængig af bølgernes indfaldsvinkel. Når bølgerne kommer fra vestlige til nordvestlige retninger, er sedimenttransporten langs kysten rettet mod øst, mens den er modsatrettet, når bølgerne kommer fra østlige retninger. Nettosedimenttransporten er forskellen mellem de to modsatrettede langsgående transporter. Den beregnede nettosedimenttransport langs kysten er vist i Figur 4.4 øverst. Figuren er simplificeret med en grøn linje, der viser, hvor på kysten nettosedimenttransporten stiger og falder for eksisterende forhold. I Figur 4.4 nederst viser pile størrelsesordenen (længden på pilen) og retningen på nettosedimenttransporten langs kysten. Jo større pil, desto større er nettosedimenttransporten. I områder, hvor nettosedimenttransporten stiger, vil der ske erosion, da der transporteres mere sediment væk end der tilføres. I områder, hvor nettosedimenttransporten bliver mindre (der er et fald i kurven), deponeres der sand, da der tilføres mere sediment til området end der fjernes. Det er vigtigt at understrege at der usikkerhed forbundet med modelberegningerne af sedimenttransporten, da beregningerne er meget følsomme over for bare små ændringer i kystorientering og bølgeretning.

Det fremgår af figuren, at nettosedimenttransporten er rettet mod øst langs hele strækningen, bortset fra en kort strækning vest fra Spodsbjerg hen mod Hundested, hvor nettotransportretningen er modsat rettet. Retningsændringen skyldes en relativ stor drejning af kystens orientering mod uret lige vest for Spodsbjerg.

Både øst og vest for kyststrækningen mellem Spodsbjerg og Kikhavn og hen til Hundested og Rågeleje stiger nettosedimenttransporten jævnt ensbetydende med kronisk erosion med lidt variation fra område til område. Mellem Rågeleje og Gilleleje er der en kraftig stigning i nettosedimenttransporten fra vest mod øst. Gilleleje Havn blokerer for en stor del af den langsgående sedimenttransport, hvilket medfører et erosionspres øst for havnen. Mellem Gilleleje og Hornbæk viser beregningerne en lille stigning i nettotransporten fra vest mod øst. Hornbæk Havn blokerer som Gilleleje Havn for størstedelen af sedimenttransporten, hvilket igen medfører et erosionspres øst for havnen. Dette ses dog ikke direkte af den grønne linje i øverste figur, da sedimenttransporten øst for havnen ikke er beregnet. Mellem Hornbæk og Ålsgårde sker der en kraftig stigning i nettotransporten, hvilket skyldes, at kysten ændrer retning. Herefter falder nettotransporten igen og er mere eller mindre konstant mellem Ålsgårde og Helsingør.

Overordnet set viser beregningen, at der er en stigende nettosedimenttransport (kronisk erosion) fra kyststrækningen mellem Spodsbjerg og Kikhavn mod Hundested og fra kyststrækningen mellem Spodsbjerg og Kikhavn

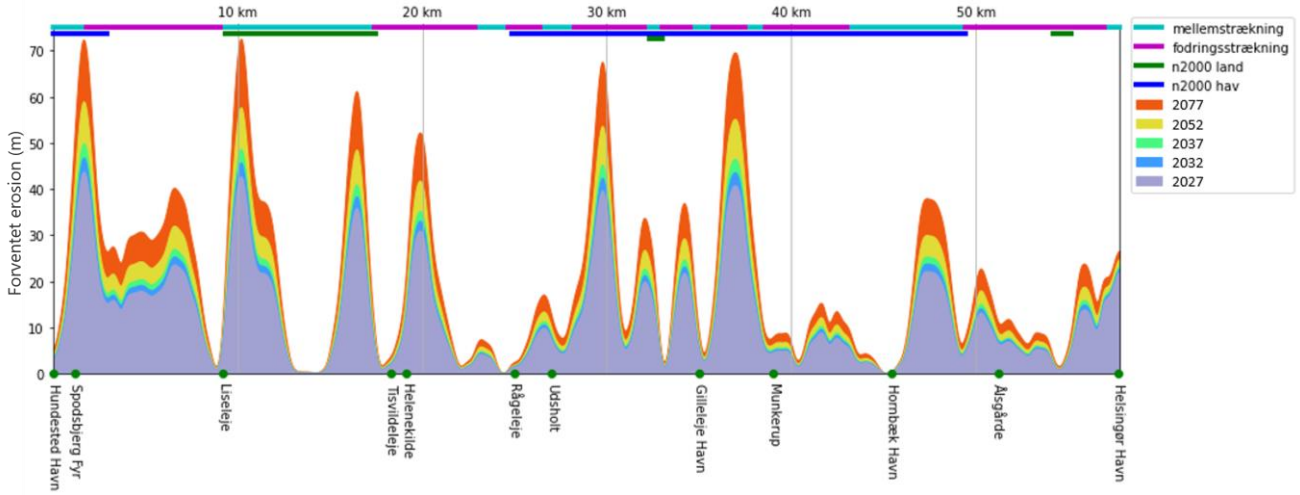
imod Gilleleje og igen fra Gilleleje til Hornbæk og fra Hornbæk til Helsingør og et deraf følgende underskud af sand og ral langs kysten.



Figur 4.4 Øverst. Simplificeret gengivelse af figur, som viser den aktuelle transport beregnet i 21 punkter (DHI, 2018c). I nærværende figur er de 21 punkter forbundet med en grøn linje, for at tydeliggøre, hvor sedimenttransporten stiger og falder. Ved positive værdier er transporten mod øst, mens den ved negative værdier er mod vest. Til sammenligning viser rød linjer den potentielle langsgående transport beregnet af DHI i 2013 til Kystdirektoratets erosionsatlas (DHI, 2013) og den blå linje viser den vurderede aktuelle transport produceret til Fællesudvalget for kystpleje og kystsikring af Nordkysten i 1978. Nederst: Pilene langs kysten angiver retning på sedimenttransporten, og længden på pilen viser størrelsesorden på sedimenttransporten.

NIRAS har udarbejdet Figur 4.5, der viser forventet erosion ved naturlig kystudvikling fra 1954 frem til hhv. 2027, 2032, 2037, 2052 og 2077. Analysen er baseret på historiske, topografiske kort fra 1897 og luftfoto fra 1954. Resultatet er i overensstemmelse med artiklen "Multidecadal shoreline changes in Denmark" (Knudsen et al. 2016), som også har analyseret den historiske kroniske erosion langs Nordkysten. Figuren viser tydeligt, at der uden kystbeskyttelse ville være sket en kraftig tilbagerykning af store dele af Nordkysten. Årsagen til, at erosionen på nogle strækninger er nul, fx midt mellem Liseleje og Tisvildeleje, skyldes usikkerheder i kortet fra 1897, eller at der allerede i 1954 var anlagt hård skråningsbeskyttelse, som havde stoppet kysttilbagetrækningen. Overordnet

set viser figuren dog en kysttilbagerykning på mellem 20-40 m fra 1954 og frem til 2027, hvilket ville have truet ejendomme mm. ud til kysten, hvis der ikke var anlagt skråningsbeskyttelse.

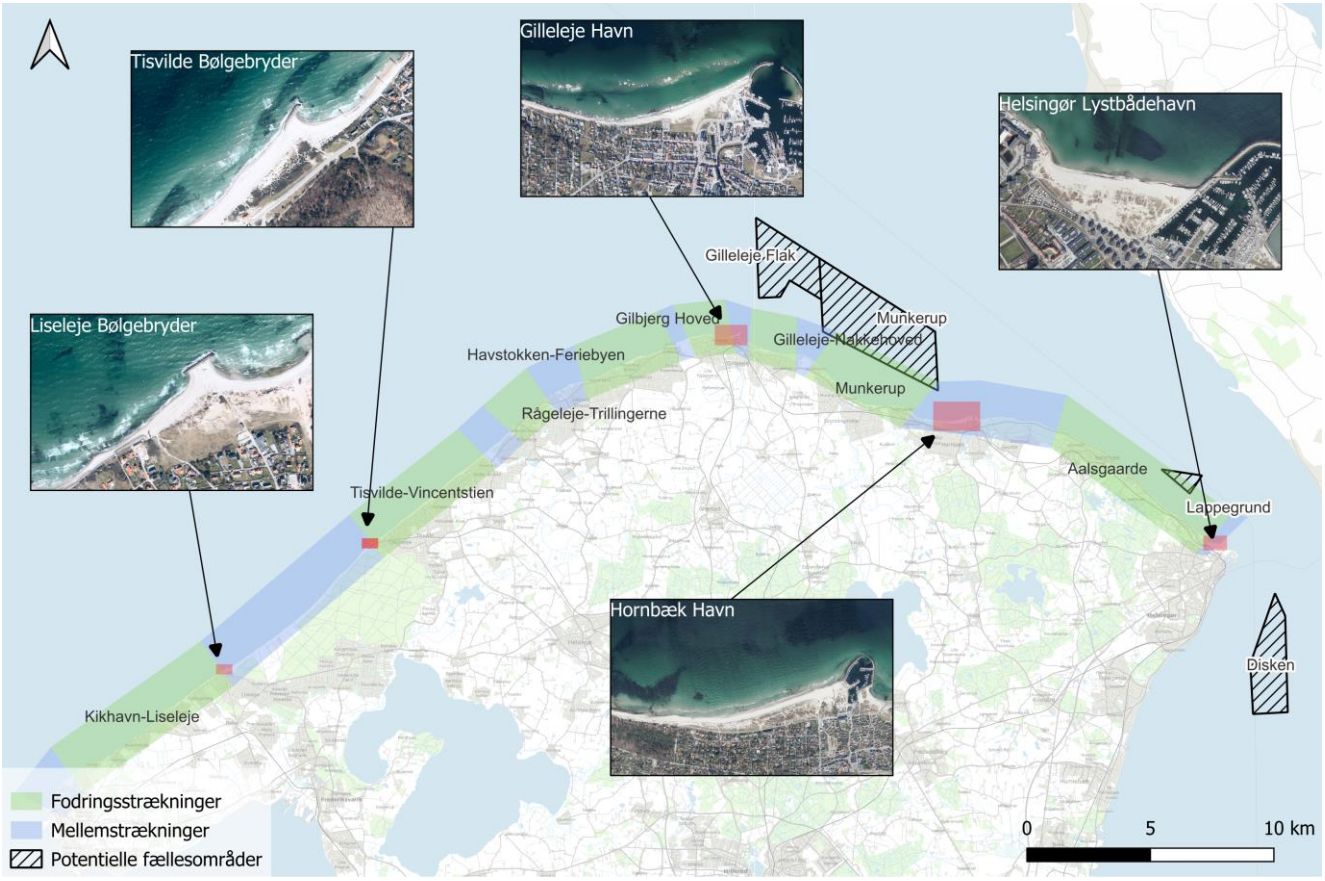


Figur 4.5 Forventet erosion i meter (y-aksen) ved naturlig kystudvikling uden kystbeskyttelse i forhold til kystlinjen i 1954 langs strækningen (x-aksen). Erosionen er fundet som et løbende gennemsnit. Det vil sige i hvert punkt er erosionen fundet som gennemsnittet af erosionen 500 m til hver side af punktet.

Den kroniske erosion kan ikke stoppes ved etableringen af hård kystbeskyttelse alene. Erosionen fortsætter i den ubeskyttede del af kystprofilet fra de hårde anlæg ud til den aktive dybde, der på Nordkysten ligger mellem cirka 2,5 m ved Ålsgårde og cirka 4,5 m ved Udsholt (DHI, 2018c). Dette resulterer i, at dybderne ud for kysten gradvist bliver større og større og at kystprofilet herved bliver stejlere.

Langstransporten af sandet vil hovedsagelig foregå på revlerne inden for den aktive dybde. Tillige vil den finere del af sedimentet blive trukket længere ud fra kysten.

En del af sandet vil aflejres opstrøms for Liseleje bølgebryderen, Tisvilde bølgebryderen, Gilleleje Havn og Hornbæk Havn samt molen ved Helsingør lystbådehavn. Sandet føres videre til Lappegrunden i Tragten og en del passerer forbi pynten ved Kronborg for slutteligt af blive aflejret på Disken. Se områderne og afgrænsningen af fællesområdetilladelserne til indvinding nær områderne i Figur 4.6.



Figur 4.6 Oversigtskort over områder, hvor der vil blive aflejret sediment, samt fællesområdetilladelser til indvinding nær områderne.

4.4 Tilstandsvurdering af eksisterende hård kystbeskyttelse

Der er udarbejdet tilstandsvurdering af eksisterende kystbeskyttelseskonstruktioner langs Nordkysten baseret på data indsamlet i forbindelse med kystinspektionerne udført som en del af forundersøgelserne, (NIRAS, 2018c). I vurderingen undersøges det om

- dæksten er store nok til at modstå bølgernes kræft, eller om stenene vil blive hevet ud og skråningsbeskyttelsen falde sammen. Hvis dette er tilfældet, kan der evt. bygges et nyt lag uden på.
- anlægget er højt nok til at beskytte mod erosion af skrænten ovenover konstruktionen, eller om skrænten fortsat vil blive ædt under storme, hvilket fortsat vil give tilbagerykning af skrænttoppen og hvilket vil bagskære anlægget, så det ikke længere ligger op ad skrænten og derfor kollapser. Hvis dette er tilfældet, kan skråningsbeskyttelsen forhøjes.

I tilstandsvurderingen er det undersøgt, om kystbeskyttelseskonstruktionerne vil kunne modstå en dimensionsgivende stormhændelse svarende til en 50-årshændelse i dag, om 25 og 50 år. Kystbeskyttelse i form af erosionsbeskyttelse med stensætninger blev tidligere typisk projekteret til at kunne modstå mellem en 20- og 30-årshændelse.

Konstruktionerne er desuden vurderet i forhold til, om de vil kunne opgraderes til det fastlagte beskyttelsesniveau ved udbygning og eller forhøjelse, eller om konstruktionerne bør genopbygges fra bunden. Beregningerne af konstruktionerne tager højde for fremtidig kronisk og akut erosion samt havspejlsstigning. Modelresultaterne

fra DHI (DHI, 2018c) er benyttet til at fastlægge minimumshøjden af stranden foran kystbeskyttelseskonstruktionerne under en storm samt den dimensionsgivende bølgehøjde og designvandstand. Ud fra dette har det været mulig at vurdere tilstanden af kystbeskyttelsen. Beregningerne herfor er beskrevet nærmere i kystteknisk projektforslag (Bilag 02).

Langs Nordkysten er der registret i alt 38,3 km med konstruktioner, se Tabel 4.1. Af disse er der udført tilstandsvurdering på i alt 25,6 km. Tilstandsvurderingen er tilgængelig på Halsnæs Kommunes hjemmeside[1], hvor tilstanden visualiseres med følgende farveskala:

- Grøn: Vurderet at opfylde dimensioneringsforudsætningerne.
- Gul: Vurderet at opfylde dimensioneringsforudsætningerne efter forhøjelse.
- Rød: Vurderet at skulle genopbygges med større dæksten.

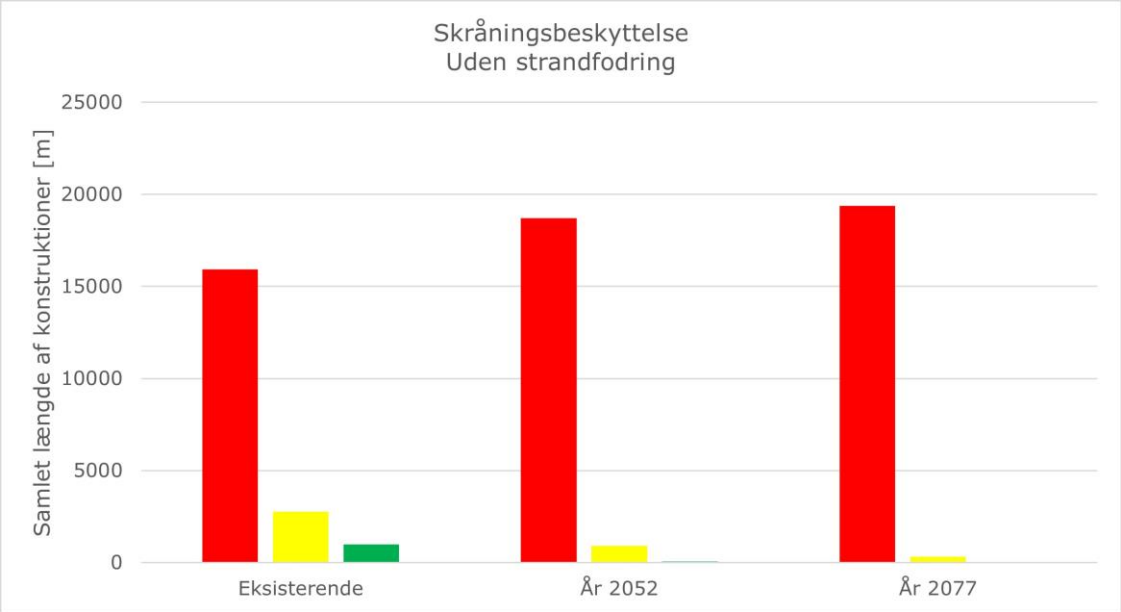
Der er ikke udført tilstandsvurdering på højvandsmure, betonhøfder og utilgængelige bølgebrydere, hvor stenstørrelsen ikke kunne registreres. Der er ikke udført tilstandsvurdering på de skråningsbeskyttelser, som blot består af enkelte rækker sten placeret på stranden, pæleværker, palisadevægge, gabioner o. lign. Sådanne konstruktioner kan som udgangspunkt ikke anbefales som kystbeskyttelse på Nordkysten, da de ikke opfylder dimensioneringskriterierne for hård kystbeskyttelse og derfor bør fjernes og erstattes af mere effektive og robuste løsninger.

Tabel 4.1 Samlet længde af registrerede konstruktioner for hvilke der er udført tilstandsvurdering.

	Total længde [m]	Længde med tilstandsvurdering [m]	Længde med tilstandsvurdering [%]
Skråningsbeskyttelse	22.930	18.500	81
Højvandsmure	4.630	20	0,4
Bølgebrydere	5.860	4.050	69
T-høfder	240	150	63
Høfder	4.060	2.880	71
Total	**38.330**	**25.600**	**68**

Figur 4.7 viser, at 80 % af de vurderede skråningsbeskyttelser målt ud fra længde er vurderet til Rød tilstand, 15 % til Gul tilstand og kun 5 % til Grøn tilstand i dag ved eksisterende terrænforhold. Allerede i år 2052 vil 95 % af alle skråningsbeskyttelser ikke opfylde dimensioneringskriterierne og vurderes, uden strandfodring, at skulle genopbygges med større dæksten for at kunne modstå den øgede bølgepåvirkning.

[1] https://drift.kortinfo.net/Map.aspx?page=nkf&site=Halsnaes – Hentet d. 13/03/24



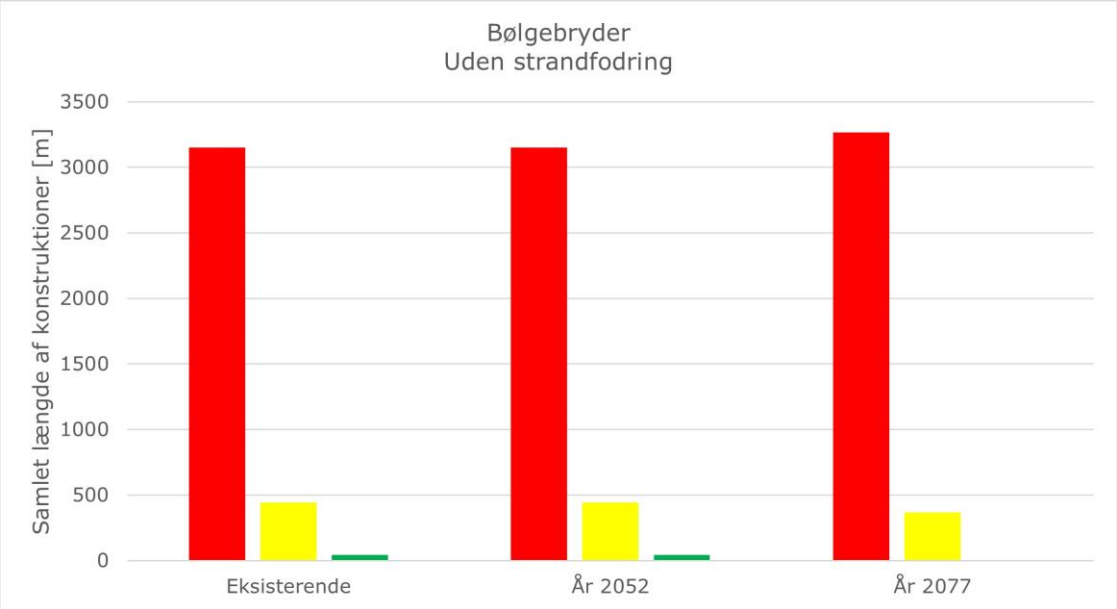
Figur 4.7 Tilstandsvurdering af skråningsbeskyttelser, i dag (eksisterende), år 2052 og 2077, hvis der ikke udføres strandfodring. ***Grøn:*** *Vurderet at opfylde forudsætningerne.* ***Gul:*** *Vurderet at opfylde forudsætningerne efter forhøjelse.* ***Rød:*** *Vurderet at skulle genopbygges med større dæksten.*

I 2077 vurderes alle nuværende skråningsbeskyttelser at skulle genopbygges med større dæksten for at kunne opfylde designkriterierne.

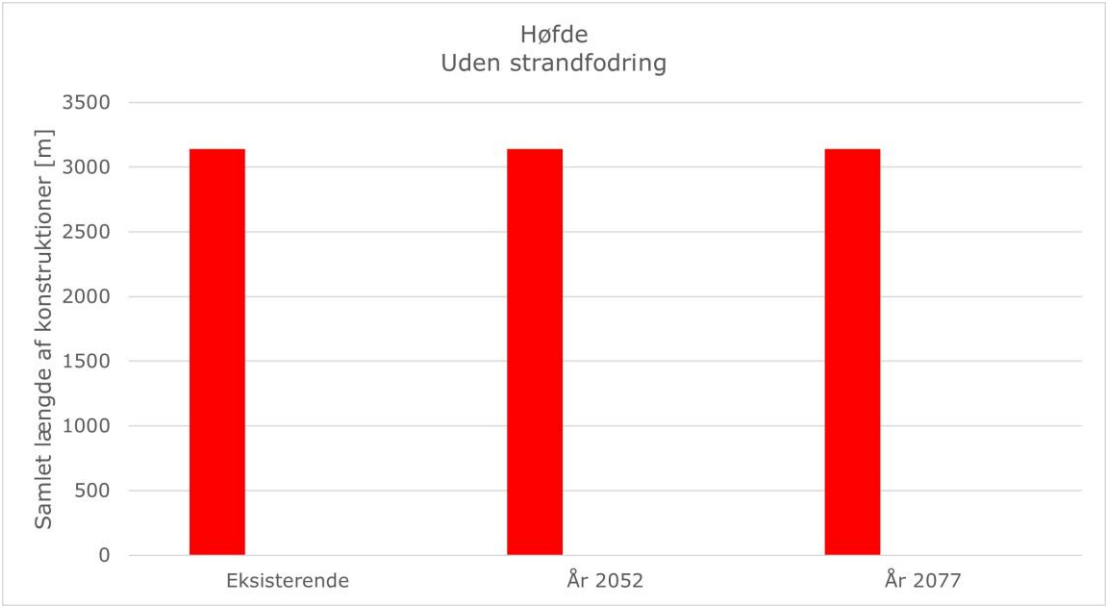
Figur 4.8 viser, at 87 % af de vurderede bølgebrydere ikke opfylder dimensioneringsforudsætningerne i dag, hvilket primært skyldes utilstrækkelige stenstørrelser, se Figur 4.8. Dette billede ændres kun minimalt frem mod 2077.

Samtlige vurderede høfder opfylder ikke dimensioneringsforudsætningerne hverken i dag eller de næste 50 år, se Figur 4.9.

Eksisterende hård kystbeskyttelse langs Nordkysten er generelt hverken tilstrækkelig til at beskytte mod en stormflod svarende til en 50-årshændelse i dag eller om 50 år, hvilket er det anbefalede dimensioneringskriterie for hård kystbeskyttelse.



Figur 4.8 Tilstandsvurdering af bølgebrydere i dag (eksisterende), år 2052 og 2077, hvis der ikke udføres strandfodring. ***Grøn:*** *Vurderet at opfylde forudsætningerne.* ***Gul:*** *Vurderet at opfylde forudsætningerne efter forhøjelse.* ***Rød:*** *Vurderet at skulle gen-opbygges med større dæksten.*



Figur 4.9 Tilstandsvurdering af høfder i dag (eksisterende), år 2052 og 2077, hvis der ikke udføres strandfodring. ***Grøn:*** *Vurderet at opfylde forudsætningerne.* ***Gul:*** *Vurderet at opfylde forudsætningerne efter forhøjelse.* ***Rød:*** *Vurderet at skulle genopbygges med større dæksten.*

4.5 Kystteknisk vurdering

Det er teknisk muligt at forstærke den eksisterende kystbeskyttelse ved at udbygge den hårde kystbeskyttelse for derved at opnå den ønskede beskyttelse af ejendomme og infrastruktur. Denne praksis vil dog medføre, at kysten i fremtiden bliver yderligere udsat for erosion og at forstejling af kystprofilet vil fortsætte, at strandene vil forsvinde og at færdsel langs kysten vil blive umuliggjort.

Det kan derfor konkluderes at:

- En langsigtet og helhedsorienteret beskyttelse af Nordkysten kan ikke opnås ved hård kystbeskyttelse alene, da den hårde kystbeskyttelse vil skulle udbygges massivt for at kunne modstå erosionspresset og de stadigt større bølger, som rammer konstruktionerne.
- Adgang langs kysten kan ikke sikres alene ved fortsat hård beskyttelse og kystlandskabet vil ændres markant med større kysttekniske anlæg.
- For at sikre en langsigtet og tilstrækkelig beskyttelse af Nordkysten, er det nødvendigt at strandfodre med sand og ral. Denne tilførsel er afgørende for at modvirke det store underskud af sand og ral, der er på Nordkysten i dag og dermed mindske erosionen af skrænten og bevare strandlinjen på lang sigt.

Disse vurderinger er i overensstemmelse med konklusionen fra det kysttekniske skitseprojekt (COWI, 2016) og med Kystdirektoratets anbefalinger for kystbeskyttelse langs nordkysten af Sjælland. Ifølge Kystdirektoratet er kystfodring den eneste kystbeskyttelsesmetode, der kan tilføre kysten det sediment, som mangler for at standse kysttilbagerykningen (Kystdirektoratet, 2019) og (Kystdirektoratet, 2020).

5. Målsætning

Følgende konkrete målsætninger er opstillet for strandfodringerne, der udføres langs Nordkysten:

- Tilbagerykningen af stranden på fodringsstrækningerne ud for den bebyggede del af Nordkysten skal standses med strandfodring med ral og sand foran skrænter og skråningsbeskyttelser til beskyttelse af ejendomme mod den nedbrydende virkning fra havet. Før en dimensionsgivende storm skal der ligge ral til kote +1,20 m DVR90 og ovenpå rallen sand til kote +1,50 m DVR90.
- Strandens højde skal udbygges i takt med havspejlsstigningerne med sand og ral, så det ønskede beskyttelsesniveau opretholdes.

Derudover har strandfodringen følgende sekundære målsætninger:
- Der strandfodres med både ral og sand for at reducere den potentielle skadespåvirkning på Natura 2000 område Nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten og herunder på udpegningsgrundlagene stenrev og sandbanke.
- Opbygning af sand- og ralstrand sker ved strandfodring med sand og ral, der tilpasses hver enkelt fodringsstrækning således, at der ikke vil ske forringelse af den nuværende strandkvalitet.
- Strandfodringerne skaber en gennemsnitlig strandbredde på 10-30 m, som sikrer passage langs kysten.

I kombination med opbyggelse af skråningsbeskyttelse, som anbefalet i kystteknisk projektforslag (Bilag 02), vil strandfodringen beskytte med en 50-årshændelse (designhændelse/storm) der i gennemsnit optræder en gang hvert 50. år i projektets levetid på 50 år

5.1 Begrundelser for målsætning

Hensigten med strandfodring er at øge højden af stranden foran skråningsbeskyttelserne. Herved reduceres behovet for at styrke og forhøje skråningsbeskyttelserne væsentligt på kort såvel som på lang sigt. Desuden genetableres muligheden for passage langs kysten, hvilket i dag ikke er muligt langs flere kyststrækninger. Strandfodring har desuden den fordel, at strandfodringsmængderne løbende kan tilpasses behovet på kysten og prognoserne for havspejlsstigning.

Initialfodringen medfører, at der opbygges en kontinuert og bred strand langs Nordkysten. Vedligeholdelsesfodringerne sikrer, at stranden opbygges i takt med stigende havvandspejl, hvorved fremtidig kysttilbagerykning bremses.

Hensigten med skråningsbeskyttelserne er, i kombination med strandfodringen, at beskytte selve skrænten mod erosion under en storm.

5.1.1 Strandfodring med både sand og ral

Ved at fodre med ral til kote +1,2 m i forhold til middelvandstanden og ovenpå rallen sand til kote +1,5 m er det hensigten, at der altid er sand på stranden og dermed passage langs stranden ved normal vandstand. Under den dimensionsgivende storm vil sandet erodere væk, mens rallaget nedenunder vil beskytte mod yderligere erosion. Sandet vil under stormen blive transporteret ud på revlerne og efterfølgende vil størstedelen af sandet i perioden efter stormen blive transporteret af bølgerne ind på stranden igen.

Ral transporteres typisk landværts under storm og der vil derfor ofte ikke forekomme nævneværdig akut erosion af ralstrande foran skråningsbeskyttelserne. Det er derfor fordelagtigt at inkludere ralfodring som en del af strandfodringen for at øge beskyttelsen af skråningsbeskyttelserne.

Ral er betydeligt dyrere end sand. Det er vurderet at det vil koste omkring 380 kr./m^3 ekskl. moms at få leveret og indbygget ral i forhold til sand, der alt efter sejlafstand typisk koster omkring 50-100 kr./m^3 ekskl. moms at få

leveret og indbygget. Til gengæld kan der fodres til en lavere kote, hvis der indgår ral i fodringen, og stadig opnå samme beskyttelse, som hvis der fodres med sand alene. Fodring med ral til kote 1,2 m i forhold til middelvandsstanden og sand til kote +1,5 m giver samme beskyttelse under en storm som fodring med sand alene til kote 2,0 m.

Ved at fodre til en lavere kote reduceres også påvirkningen den potentielle skadevirkning på Natura 2000-område Nr. 195 Gilleleje Flak og Tragten og herunder på udpegningsgrundlagene stenrev og sandbanke.

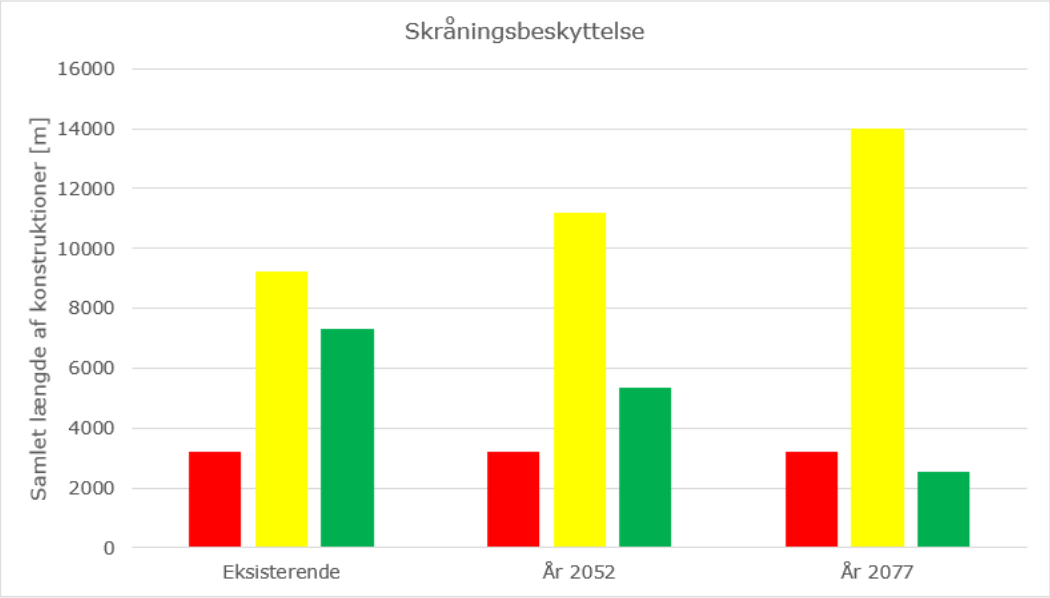
Fodring med ral til kote +1,2 m i forhold til middelvandstanden svarer til at der højst fodres med 5 m^3 ral/m. Der fodres kun med ral på de strækninger, hvor der i dag ikke ligger tilstrækkelig ral på stranden.

For at beskytte mod kronisk erosion og for at sikre, at målsætningen om, at der altid skal ligge sand til kote +1,5 m i forhold til middelvandstanden fodres der i initialfodringen og i de efterfølgende vedligeholdelsesfodringer med sand op til +2,5 m i forhold til middelvandstanden vest for Gilleleje Havn og kote +2,0 m øst for Gilleleje Havn foran skråningsbeskyttelserne.

Stranden genopbygges og vedligeholdes hvert 5. år, hvorved beskyttelsen mod akut og kronisk erosion opretholdes og tilpasses havspejlsstigningen.

5.1.2 Tilstandstandsvurdering af hård kystbeskyttelse ved strandfodring

Strandfodring vil generelt give besparelser på den nødvendige udbygning af eksisterende skråningsbeskyttelser, da mange anlæg går fra at være vurderet med Rød tilstand og skulle genopbygges i tilfældet uden strandfodring (hvis projektet ikke gennemføres) til at blive vurderet med Gul tilstand i tilfældet med strandfodring, hvormed anlæggene primært skal forhøjes. I Figur 5.1 vises tilstanden af skråningsbeskyttelserne, hvis der strandfodres med sand til kote +2,0 m i forhold til middelvandstanden. Langt færre konstruktioner skal genopbygges med større dæksten sammenlignet med eksisterende forhold, som blev vist i Figur 4.7.



Figur 5.1 Tilstandsvurdering af skråningsbeskyttelser i dag (eksisterende), år 2052 og 2077, ved en strandfodring med ral til kote +1,2 m og ovenpå rallen sand til kote +1,5 m. Strandfodringen forudsættes vedligeholdt og udbygget for at fastholde vanddybden foran konstruktionerne. ***Grøn:*** *Vurderet at opfylde forudsætningerne.* ***Gul:*** *Vurderet at opfylde forudsætningerne efter forhøjelse.* ***Rød:*** *Vurderet at skulle genopbygges med større dæksten.*

6. Strandfodringsprojektet

Strandfodringsprojektet er et resultat af grundigt forarbejde for at skabe en robust kystbeskyttelse på Sjællands nordkyst. Alle analyser har vist, at strandfodring er den eneste form for kystbeskyttelse, der kan beskytte en naturlig kyststrækning, som er udsat for kronisk erosion, på lang sigt.
Projektet er baseret på følgende retningslinjer:

- Strandfodring udføres på alle de strækninger, hvor der er bebyggelse ud til kysten. Strandfodringen omfatter derfor stort set hele den bebyggede del af Nordkysten.

- Fodringsmaterialet udlægges på stranden med en hældning på 1:15 for sand og 1:10 for ral svarende til den naturlige gennemsnitshældning af stranden på Nordkysten i dag.

- Sandfodring udlægges foran skråningsbeskyttelser og skråninger som udgangspunkt op til kote +2,5 m i forhold til middelvandstanden vest for Gilleleje Havn og op til kote +2,0 m øst for Gilleleje Havn.

- Sand og ral udlægges med et jævnt forløb langs kysten uanset fremskudte konstruktioner, hvor højden af stranden kan være lavere lokalt.

- Der vil løbende være behov for at tilføre sand og ral for at kompensere for kronisk erosion og havspejlsstigning.

- Vedligeholdelsesfodringer påregnes at finde sted hvert 5. år for at kompensere for naturligt tab af sand og ral på langs og på tværs af kysten (kronisk erosion) og for at kompensere for havspejlsstigninger de næste 50 år.

Følgende opnås som del af projektet:

- Strandfodring vil øge virkningen og robustheden af eksisterende hård kystbeskyttelse.

- Strandfodringen skaber en buffer mod kysterosion ved søværts fremrykning af strandlinjen og forhøjelse af stranden.

- Strandfodringerne giver en markant bredere strand på 10-30 m, som vil retablere mulighederne for passage langs kysten, da der i dag ikke er passage langs 1/3 af den bebyggede del af Nordkysten. Samtidig bliver adgangen til stranden lettere, da hele stranden/kystprofilet hæves.

Daglige påvirkninger af kysten medfører, at fodringsmaterialet spredes langs kysten, dvs. at fodringsmaterialet også tilføres ikke fodrede nabostrækninger. Herved sikres at skrænfodsbeskyttelser, bølgebryder og høfder ikke medfører øget erosion langs nabostrækningerne. Det betyder også, at strandfodringsprojektet vil reducere kysttilbagerykningen på ubebyggede og ubeskyttede strækninger.

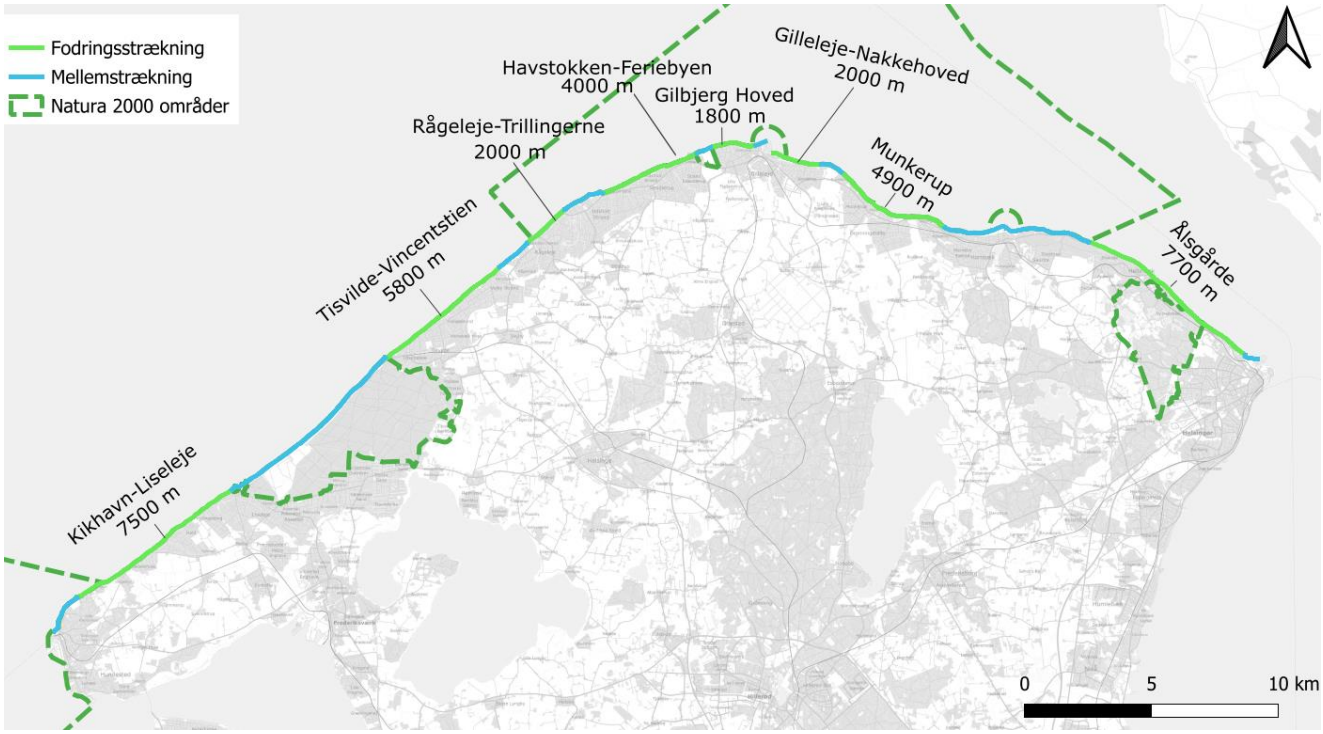
Der initialfodres på 8 strækninger langs Nordkysten, vist i Figur 6.1.

Strandfodringen begynder ved Spodsbjerg. Som nævnt i afsnit 4.3 viser DHI's beregninger (DHI, 2018c), at nettotransportkapaciteten er stigende væk fra kyststrækningen mellem Spodsbjerg og Kikhavn både mod nordøst og sydvest.Det betyder, at der netto transporteres mere sediment ud af området både mod nordøst og sydvest. Området er derfor udsat for kronisk erosion, og der er derfor behov for strandfodring i området.

Hele vejen fra Spodsbjerg til Gilleleje Havn er nettosedimenttransporten som helhed stigende, og på strækningen fjernes der derfor mere sediment, end der tilføres. Der er derfor behov for strandfodring langs alle strækninger med bebyggelse ud til kysten, dvs. på strækningerne Kikhavn-Liseleje, Tisvilde-Vincentstien, Rågeleje-Trillingerne, Havstokken-Feriebyen og Gilbjerg Hoved.

Det samme er tilfældet mellem Gilleleje Havn og Hornbæk Havn, hvor nettosedimenttransporten også er stigende. Her fodres der derfor også langs alle strækninger med bebyggelse ud til kysten dvs. fra Gilleleje til Nakkehoved og Munkerup.

Fra Hornbæk Havn og til Helsingør er sedimenttransporten mere stabil men stadig svagt stigende. Derfor fodres der her også langs alle strækninger med bebyggelse ud til kysten dvs. fra Ålsgårde og til Helsingør.



Figur 6.1 Oversigt over fodringsstrækninger og mellemstrækninger med angivelse af Natura 2000 områder. Bemærk at strækningen "Ålsgårde" dækker strækningen Ålsgårde-Helsingør. Skærm*kort fra SDFI, type: dtk_skaermkort_graa_48_print, hentet d. 11-09-2024.*

6.1 Strandfodringsmateriale

Strandfodringsmaterialet indvindes ideelt set på dybt vand ud for kysten med sandsuger. Det vurderes, at sand og ral indvundet på dybt vand er den billigste form for materiale, der kan tilføres kysten.

Der er en række krav til strandfodringsmaterialets gradering, som specificeres i det følgende.

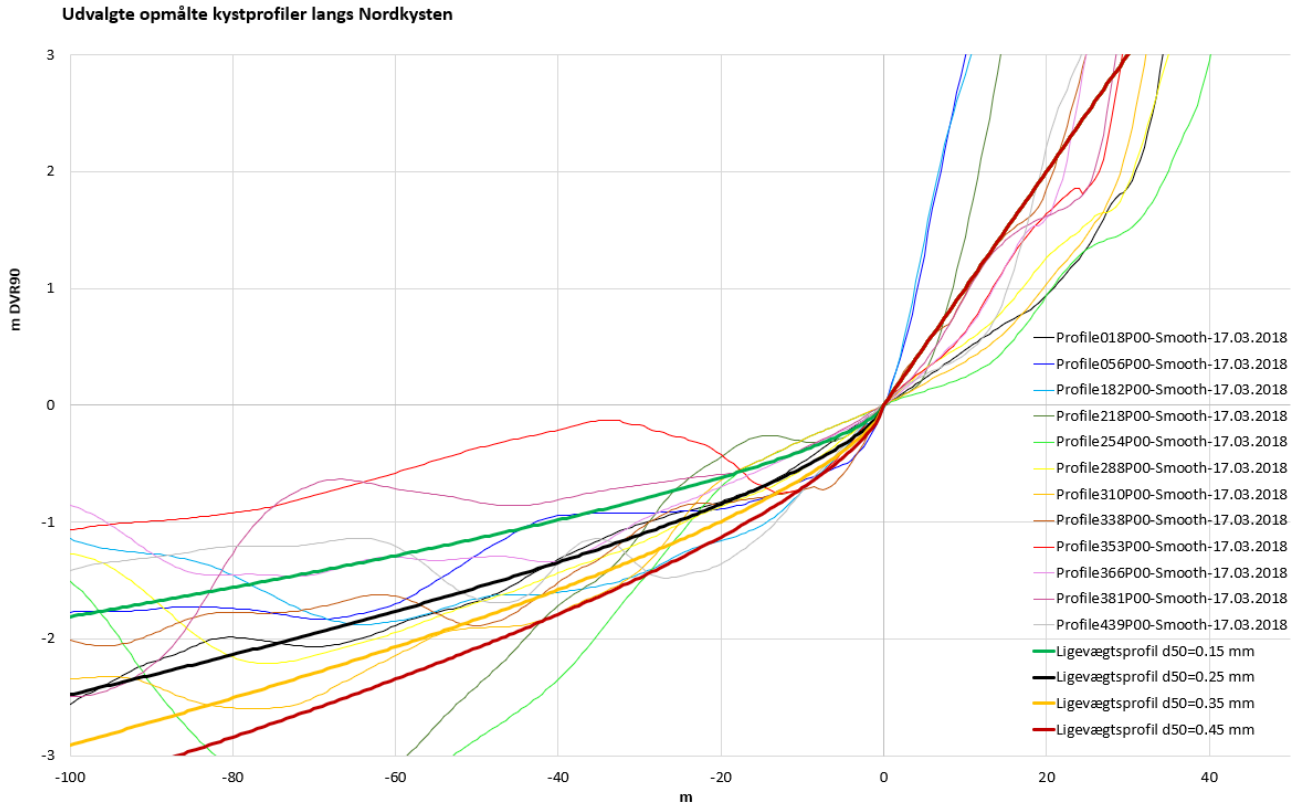
Det primære krav er, at det tilførte materiale skal forstærke stranden for derigennem at bidrage til beskyttelse af ejendomme og infrastruktur ud til kysten. Dette medfører et krav om, at graderingen af fodringsmaterialet skal være så stabilt som muligt. Stabiliteten af strandfodringen øges jo grovere fodringsmaterialet er, og jo større indholdet af ral er. Samtidig skal fodringsmaterialet af kystdynamiske og miljømæssige årsager have en gradering, som er tæt på graderingen af det nuværende sediment på stranden.

Den ideelle gradering af fodringsmaterialet vil medvirke til, at der vil etablere sig et relativt stejlt og stabilt strandprofil, dvs. at sand og ral vil forstærke stranden foran skråningsbeskyttelserne. Herved reduceres kravet til styrke og højde af skråningsbeskyttelserne bagved.

Analyserne af graderingen af de aktive havbunds- og strandmaterialer i de nuværende kystprofiler viser, at sedimenterne består af fint sand på revlerne og mellemkornet sand med et varierende indhold af ral i havstokken og på stranden.

6.1.1 Bemærkninger til sandfodring

Figur 6.2 viser en sammenligning af opmålte kystprofiler langs Nordkysten og teoretiske ligevægtsprofiler for en række forskellige kornstørrelser af sand. Det fodringssand der anvendes, skal have en kornstørrelse, som betinger, at ligevægtsprofilet er stejlere end det eksisterende kystprofil. Herved reduceres tabet af sand ud på dybere vand, og beskyttelsen af skråningsbeskyttelser og skråninger øges. Figuren viser, at middelkornstørrelsen af fodringssandet skal være grovere end d_{50}>0,35 mm (fed orange kurve), hvilket også svarer til gennemsnittet af de sandprøver, der er indsamlet på stranden og vist i kystteknisk projektforslag (Bilag 02).



Figur 6.2 Sammenligning af udvalgte opmålte kystprofiler langs Nordkysten og teoretiske ligevægtsprofiler med forskellige middelkornstørrelser. X-aksen angiver afstanden søværts for strandlinjen og Y-aksen angiver højden i DVR90.

Ud fra analyserne er det vurderet, at sandfraktionen af strandfodringsmaterialet skal have en middelkornstørrelse på mellem 0,35 mm og 0,60 mm. Derudover skal sandet være sorteret til velsorteret, hvilket udtrykkes ved uensformighedstallet U, som skal være mellem 1,5 og 3,0, hvor U = d_{60}/d_{10}.

Dette svarer til sorteringen af det naturligt forekommende sand på strandene langs Nordkysten.

Indholdet af silt og finere fraktioner skal være minimalt for at sikre god dræning af stranden og dermed en attraktiv overflade samt for at minimere tab af sediment til dybt vand. Derfor skal indholdet af korn med diameter mindre end 0,06 mm være mindre end ca. 2 %.

Sandet skal være af marin oprindelse, hvilket indirekte sikrer, at sandet passer ind i det eksisterende miljø. Fodringsmaterialet skal være uden indhold af organisk materiale.

Efter strandfodringen vil fodringsmaterialet blive sorteret af bølger og strøm. Det fine sediment med kornstørrelser mindre end 0,25 mm vil blive transporteret ud i profilet under vand, mens den grovere del med kornstørrelser over 0,3 mm vil blive på stranden. Der sker dermed en fordeling af sedimentet svarende til det der er i dag. Dette er nærmere beskrevet i det kysttekniske projektforslag (Bilag 02).

6.1.2 Bemærkninger til ralfodring

Rallet skal variere mellem 20 mm < d < 150 mm da dette svarer til de sten og ralstørrelser der forekommer på de eksisterende strande langs Nordkysten.

Figur 6.3 viser et billede af den naturlige strand sydvest for Rågeleje, som består af sand og ral, i princippet svarende til den ideelle gradering af strandfodringsmaterialet.

Figur 6.3 Eksempel på strand ved Rågeleje som består af sand og ral. Fotoet er taget d. 31-10-2017.

Det bemærkes, at rallen typisk vil befinde sig på den bagerste del af strandprofilet, hvilket skyldes, at de større fraktioner skubbes landværts under storm og højvande. Dette er heldigt i relation til rallens beskyttende virkning på bagvedliggende skråningsbeskyttelse, samt i relation til rekreativ udnyttelse af stranden. Sådan vil en tilført blanding af sand og ral også aflejre (fordele) sig med tiden.

6.2 Fodringsstrategi

Strandfodring består af en initialfodring, hvor der udlægges sand og ral på stranden op imod skråningsbeskyttelser og skrænter.

Derudover vedligeholdelsesfodres der med sand og ral hvert 5. år for at kompensere for erosion langs kysten samt vandstandsstigningerne de næste 50 år.

6.2.1 Initialfodring

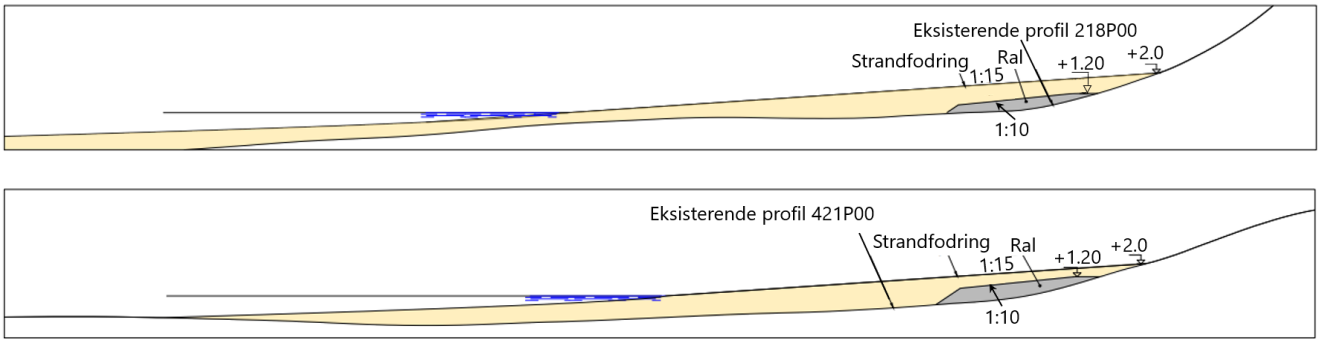
I initialfodringen indgår både strandfodring til beskyttelse mod akuterosion samt strandfodring til at beskytte mod kronisk erosion de første 5 år af projektet.

Der fodres med ral til kote +1,2 m i forhold til middelvandstanden på alle strækninger, hvor der i dag ikke allerede lægger ral til kote +1,2 m. Rallen udlægges på bagstranden umiddelbart foran skråningsbeskyttelserne, hvorved stranden styrkes mest muligt.

Herefter etableres et strandprofil med sand med en hældning på 1:15 fra toppen af strandfodringen, som er kote +2,5 m i forhold til middelvandstanden vest for Gilleleje Havn og kote +2,0 m øst for Gilleleje Havn.

Fodringen med sand til kote +1,5 m i forhold til middelvandstanden foran skråningsbeskyttelserne skal beskytte mod akut erosion og skabe passage langs kysten. Fodringen med sand til kote +2,5 m i forhold til middelvandstanden langs fodringsstrækningerne vest for Gilleleje og kote +2,0 m langs fodringsstrækningerne øst for Gilleleje skal beskytte mod kronisk erosion, havspejlstigninger og mod randeffekter.

Eksempel på strandfodringsprofilerne for et fladt og stejl profil vest og øst for Gilleleje Havn ses i Bilag 16. To af figurerne er gengivet Figur 6.4.



Figur 6.4: Principskitser af udlagt sandfodring og ralfodring foran skråningsbeskyttelser vest for Gilleleje Havn (øverst) og øst for Gilleleje Havn (nederst).

Det foreslås at strandfodre op til en ensartet højde på de udpegede fodringsstrækninger. Der vil dog være en variation i højden langs fodringsstrækningerne, særligt foran fremskudte skråningsbeskyttelser forventes stranden lokalt at være lavere, da stranden har et udjævnet forløb langs kysten. Strækningerne vil dog stadig været tilstrækkelig beskyttet så længe der ligger sand til omkring kote +1,5 m i forhold til middelvandstanden, og da der under sandet ligger et rallag som et stabilt beskyttende lag.

Det nye strandprofil dækker i nogle tilfælde eksisterende høfder og bølgebrydere helt eller delvist. I Bilag 16 er udstrækningen af strandfodringen over og under vand vist for alle otte fodringsstrækninger.

I forbindelse med storme vil der ske erosion af fodringsmaterialet, og derved kan der skabes en lille skrænt/kant. Med en hældning på 1:15 vil højden af kanten være begrænset, hvilket er en fordel i forhold til at sikre generel adgang til og langs kysten.

Når fodringsmaterialet koncentreres på den bagerste del af stranden, vil den del af fodringsmaterialet, der består af ral, gradvist forstærke stranden efterhånden som sandet udvaskes.

Det sand, der eroderes fra bagstranden, spredes ud over hele kystprofilet og stabiliserer herved hele kystprofilet også udenfor strækninger med hård kystbeskyttelse. Derudover vil sandet forbedre adgangen langs kysten og øge den rekreative værdi af stranden.

Fodringsmaterialet vil forbedre beskyttelsen af eksisterende skråningsbeskyttelser og skråninger bagved betydeligt.

Fodringsmateriale på nabomatriklen uden for fodringstrækningerne
Der fodres med samme mængde sand helt til grænsen af fodringsstrækningerne, dermed må der forventes at noget sand vil trille ned og placere sig på nabomatriklen til fodringsstrækningen. Dette sker idet, det ikke er muligt at anlægget en lodret sandvæg. Sandet vil intet mindre falde lidt sammen og derimod danne en skråning ned mod nabomatriklen.

6.2.2 Vedligeholdelsesfodring

Der udføres vedligeholdelsesfodringer cirka hvert 5. år for at beskytte mod kronisk erosion og dermed opretholde beskyttelsesniveauet langs kysten.

Vedligeholdelsesfodringerne skal modvirke følgende tre forhold:

- Kronisk erosion: Tab af sediment som følge af stigende langstransport langs kysten.
- Randeffekter: Tab af sediment til nabostrækningerne i enderne af fodringsstrækningerne
- Havspejlstigninger: Fodringshøjden langs skråningsbeskyttelserne hæves i takt med havspejlsstigningen.

Vedligeholdelsesfodringerne planlægges således, at den kroniske erosion i størst muligt omfang ikke medfører, at stranden bliver lavere end den målsatte minimumshøjde på +1,5 m i forhold til middelvandstanden foran skråningsbeskyttelserne i løbet af fodringens 5-årige levetid.

Inden hver vedligeholdelsesfodring bør der udføres terrænopmåling på stranden og på det kystnære strandplan for at skaffe viden om fodringsbehovet langs Nordkysten, og dermed optimere vedligeholdelsesfodringerne til hvor der er et behov. Størrelsen af vedligeholdelsesfodringerne vil lokalt være afhængig af omfanget af kronisk og akut erosion samt udjævning, som er foregået siden sidste fodring.

Den naturlige sortering af sedimentet langs kysten skal medregnes i planlægningen af vedligeholdelsesfodringerne for på den måde at opretholde et ensartet beskyttelsesniveau langs hele kysten.

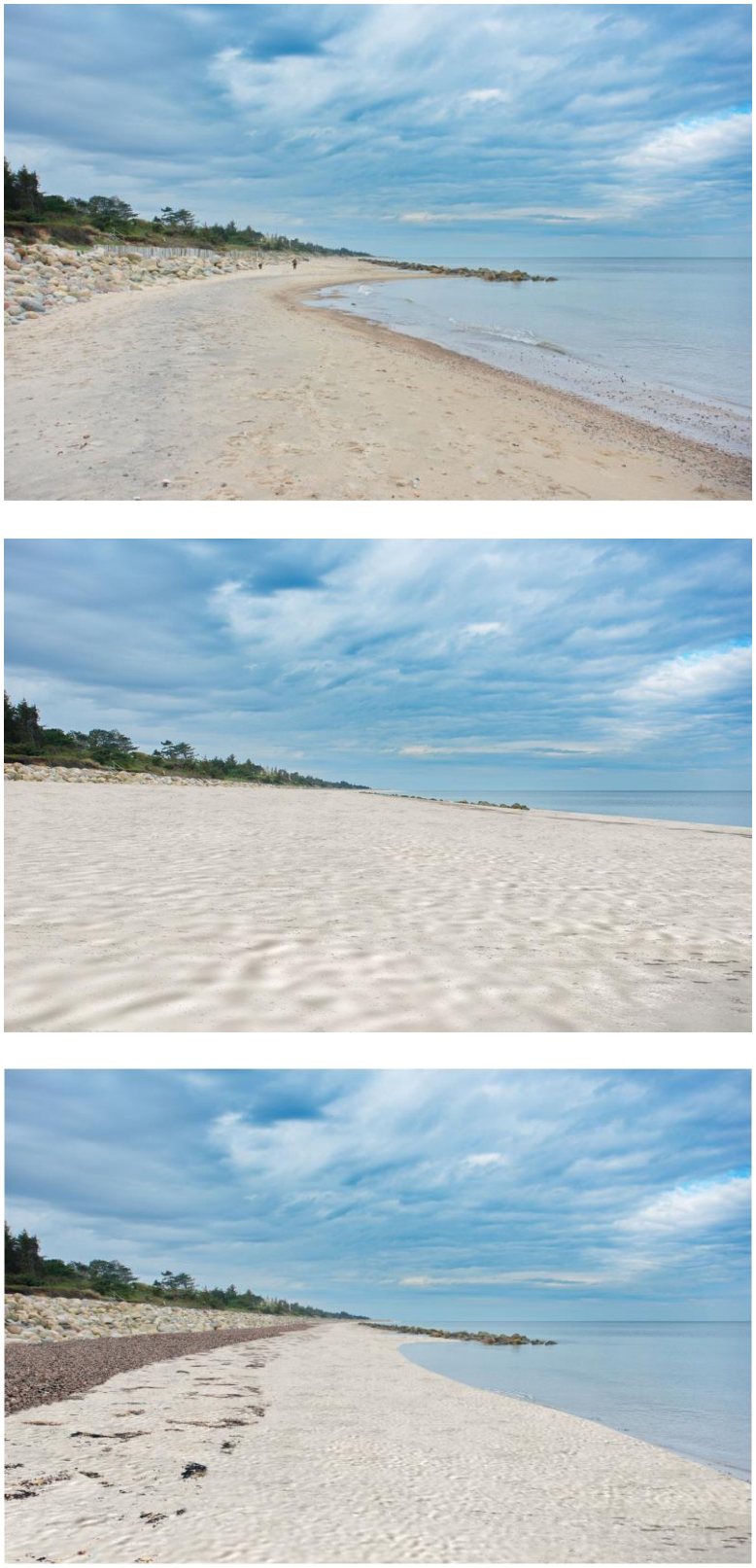
Som udgangspunkt vedligeholdelsesfodres i den vestlige del af de enkelte fodringsstrækninger for at øge værdien af fodringerne, da der løbende tabes sand og ral mod øst. Der vil dog ske en uensartet opbygning af ral, hvis der udelukkende fodres i den vestlige ende af fodringsstrækningerne hver gang. Derfor skal vedligeholdelsesfodringerne optimeres fra gang til gang for at sikre, at der sker en ensartet opbygning af stranden med ral.

6.3 Visualiseringer

Figur 6.5, Figur 6.6 og Figur 6.7 viser visualiseringer af eksisterende forhold, initialfodring og stranden efter en storm ved Hald Strand, vest for Feriebyen i Smidstrup og i Ålsgårde.

Visualiseringerne viser initialfodringen, hvor der udlægges sand foran skråningsbeskyttelser og skråninger op til +2,5 m i forhold til middelvandsstanden langs fodringsstrækningerne vest for Gilleleje Havn og op til +2,0 m i forhold til middelvandsstanden øst for Gilleleje Havn.

Figur 6.5 Visualiseringer af strand og forstærkning af skråningsbeskyttelser ved Hald Strand.
Øverst: eksisterende forhold, midten: efter initialfodring og forstærkning af skråningsbeskyttelse, nederst: efter designstorm



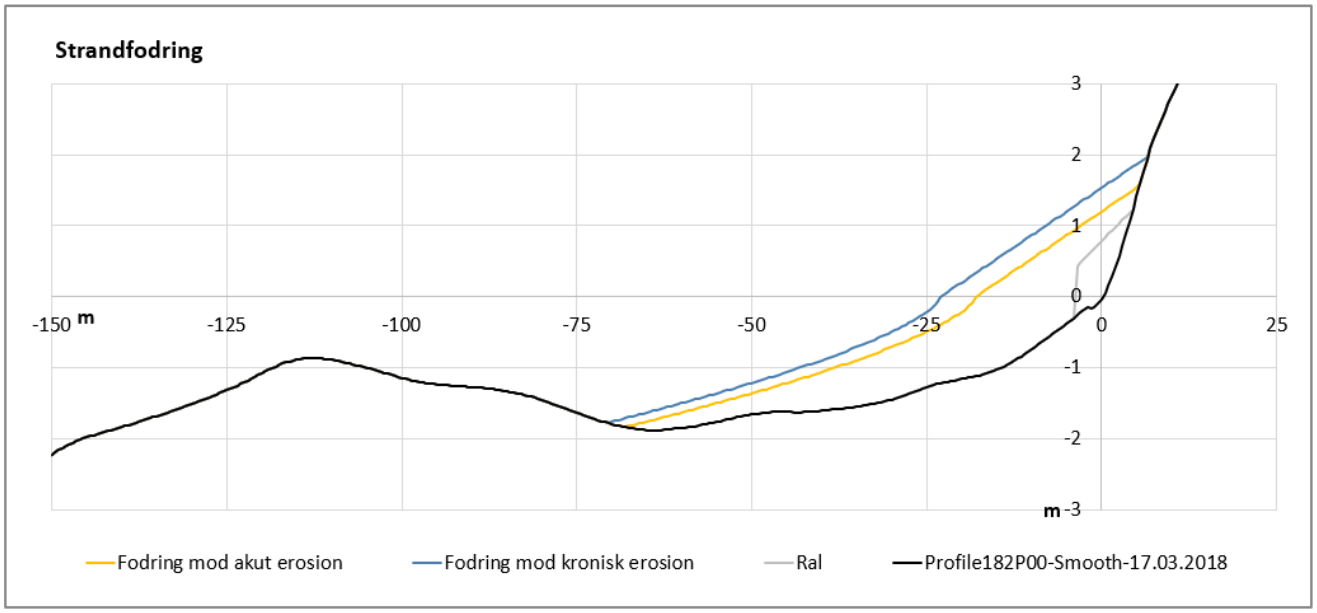
Figur 6.6 Visualiseringer af strand og forstærkning af skråningsbeskyttelser ved Smidstrup, vest for Feriebyen. Øverst: eksisterende forhold, midten: efter initialfodring og forstærkning af skråningsbeskyttelse, nederst: efter designstorm

Figur 6.7 Visualiseringer af strand og forstærkning af skråningsbeskyttelser ved Ålsgårde.
Øverst: eksisterende forhold, midten: efter initialfodring og forstærkning af skråningsbeskyttelse, nederst: efter designstorm.

6.4 Sand- og ralfodringsmængder

Fodringsmængderne er baseret på 21 kystprofiler I beregningerne af fodringsmængderne er antaget en middelkornstørrelse på d_{50}=0,35 mm, hvilket er konservativt (giver en større mængde) i forhold til, hvis der fodres med grovere sand.

Figur 6.8 viser et eksempel på et tværsnitsprofil af stranden. På tværsnittet vises laginddelingerne af strandfodring med sand og ral ved Tisvildeleje. Tilsvarende tværsnit er lavet for de 20 andre kystprofiler. Ud fra disse profiler er fodringsmængderne langs Nordkysten udregnet.



Figur 6.8 Strandfodring med sand og ral foran skråningsbeskyttelse ved Tisvildeleje. Grå: Ralfodring på 5 m³/m. Orange: Sandfodring op til kote +1,5 m i forhold til middelvandstanden mod akut erosion. Blå: Sandfodring op til kote +2,5 m som vedligeholdelsesfodring.

Tabel 6.1 og Tabel 6.2 viser størrelsen af initialfodring og vedligeholdelsesfodring samlet med hhv. sand og ral.

Tabel 6.1 Mængder af initialfodring og vedligeholdelsesfodring med sand per 5 år langs alle fodringsstrækningerne.

Sandfodringsmængder		Kikhavn-Liseleje	Tisvilde-Vincentstien	Rågeleje-Trillingerne	Havstokken-Feriebyen	Gilbjerghoved	Gilleleje-Nakkehoved	Munkerup	Ålsgårde	I alt
Sandbuffer mod akut erosion	m³	107.000	372.000	52.000	2.000	38.000	51.000	80.000	269.000	
Sandbuffer mod kronisk erosion	m³/5år	139.000	107.000	37.000	74.000	33.000	5.000	32.000	58.000	
Sandbuffer mod havspejlsstigning	m³/5år	26.000	30.000	10.000	28.000	13.000	7.000	17.000	22.000	
Sandbuffer mod randeffekter	m³/5år	10.000	25.000	14.000	7.000	12.000	9.000	7.000	13.000	
Initialfodring	m³	282.000	534.000	113.000	111.000	96.000	72.000	136.000	362.000	1.706.000
Vedligeholdelsesfodring	m³/5år	175.000	162.000	61.000	109.000	58.000	21.000	56.000	93.000	735.000

Tabel 6.2 Mængder af initialfodring og vedligeholdelsesfodring med ral per 5 år langs alle fodringsstrækningerne.

Ralfodringsmængder		Kikhavn-Liseleje	Tisvilde-Vincentstien	Rågeleje-Trillingerne	Havstokken-Feriebyen	Gilbjerghoved	Gilleleje-Nakkehoved	Munkerup	Ålsgårde	I alt
Ralbuffer mod akut erosion	m3	25.300	29.000	4.500	9.500	9.000	10.000	5.000	38.500	130.800
Ralbuffer mod kronisk erosion	m3/5år	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ralbuffer mod havspejlsstigning	m3/5år	2.200	1.700	600	1.200	500	600	1.400	2.200	10.400
Ralbuffer mod randeffekter	m3/5år	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Initialfodring	m3	27.500	30.700	5.100	10.700	9.500	10.600	6.400	40.700	141.200
Vedligeholdelsesfodring	m3/5år	2.200	1.700	600	1.200	500	600	1.400	2.200	10.400

Beregningerne viser, at der skal initialfodres med i størrelsesorden 1.706.000 m^3 sand langs hele Nordkysten.

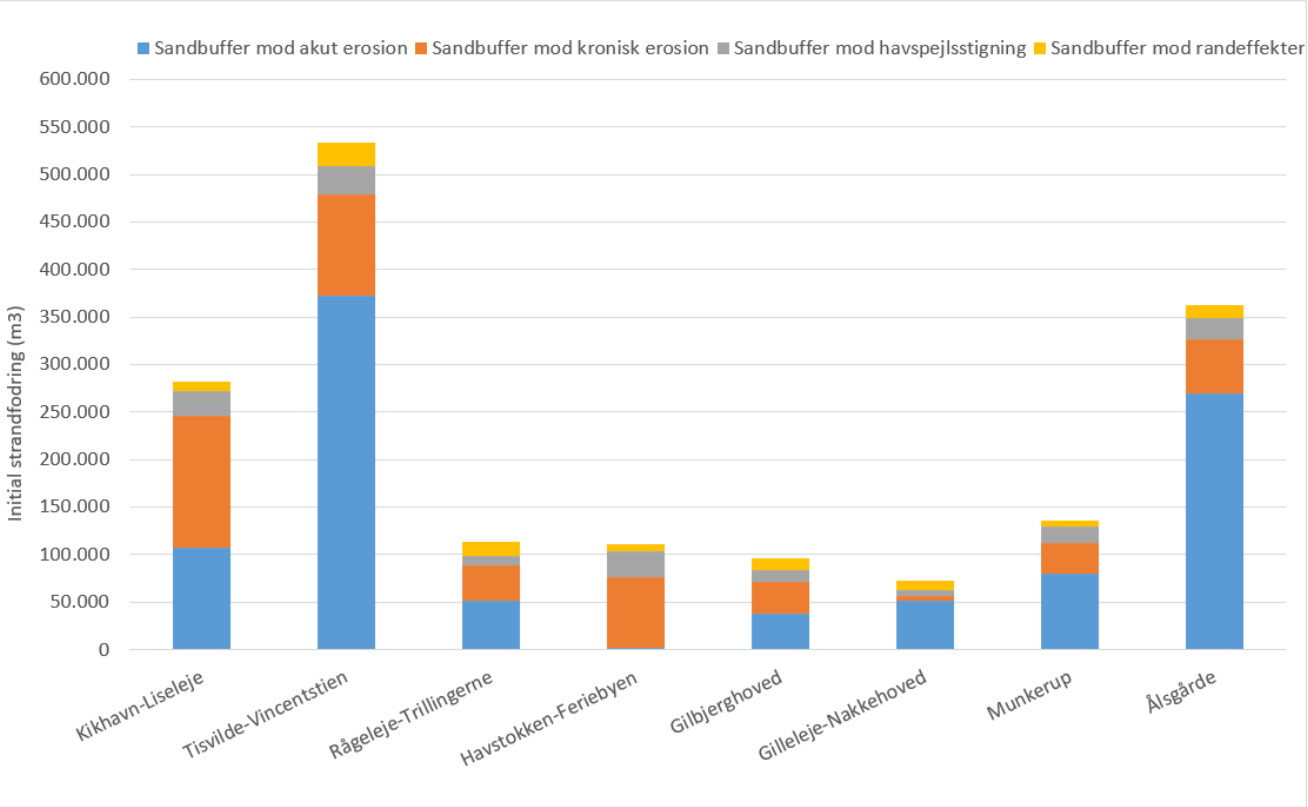
Beregningerne viser, at der skal vedligeholdelsesfodres med i størrelsesorden 735.000 m^3/5 år sand langs hele Nordkysten.

Beregningerne viser, at der skal initialfodres med i størrelsesorden 141.000 m^3 ral langs hele Nordkysten.

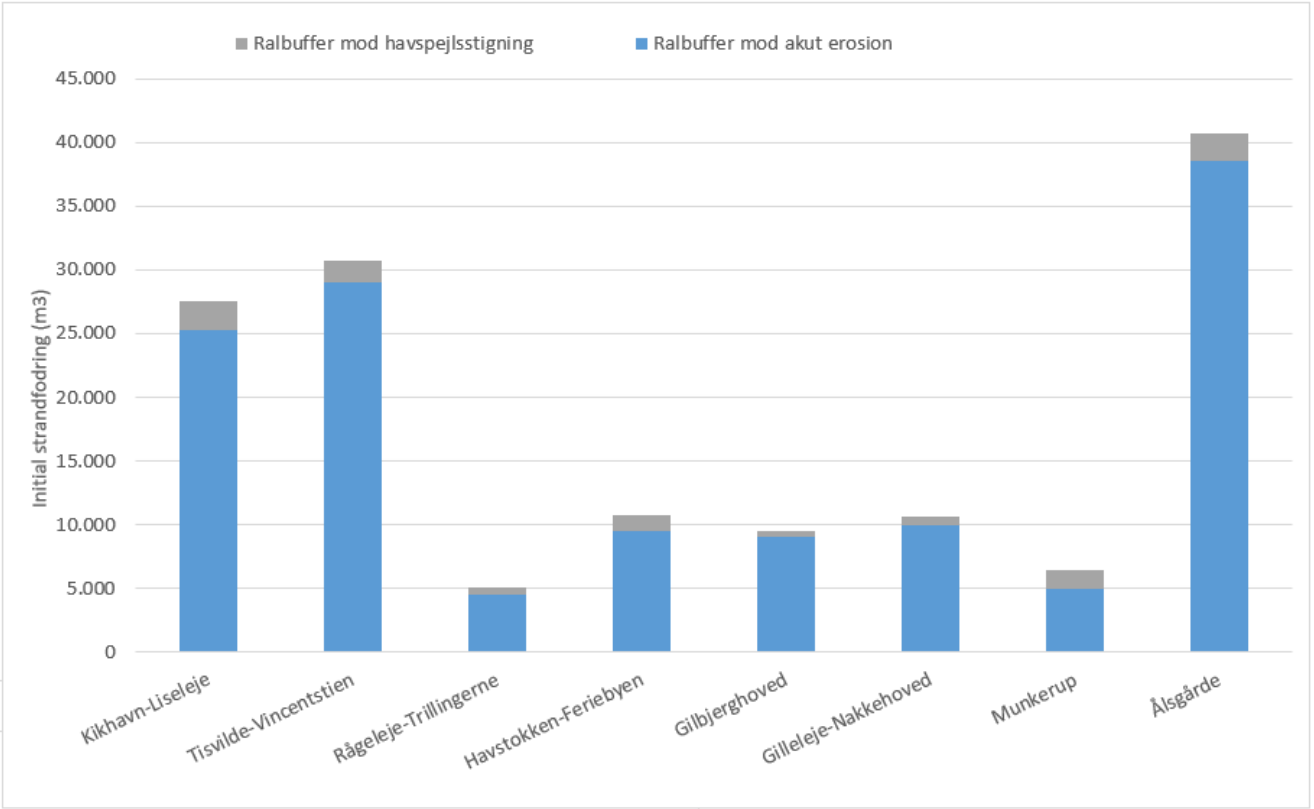
Beregningerne viser, at der skal vedligeholdelsesfodres med i størrelsesorden 10.000 m^3/5 år ral langs hele Nordkysten.

Figur 6.9 og Figur 6.10 viser fordelingen af fodringsmængder for henholdsvis sand og ral, som initialfodringen består af for hver enkelt fodringsstrækning. Figurerne viser, at initialfodringen varierer mellem 72.000 og 534.000 m^3 sand og mellem 5.100 og 41.000 m^3 ral.

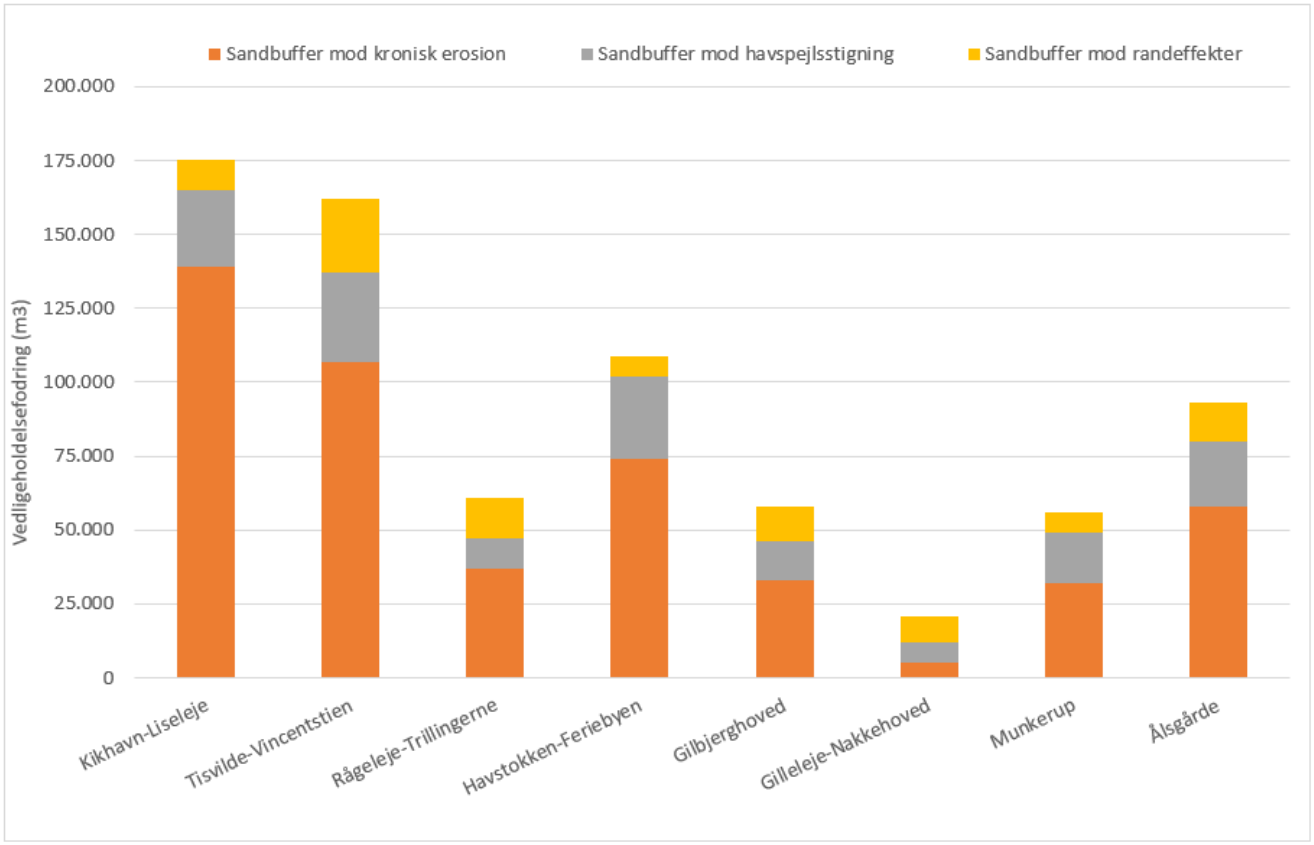
Figur 6.11 og Figur 6.12 viser de enkelte delmængder af henholdsvis sand og ral som vedligeholdelsesfodringen består af for hver enkelt fodringsstrækning. Vedligeholdelsesfodringen varierer mellem 21.000 og 175.000 m^3/5 år sand og mellem 500 og 2.200 m^3/5 år ral.



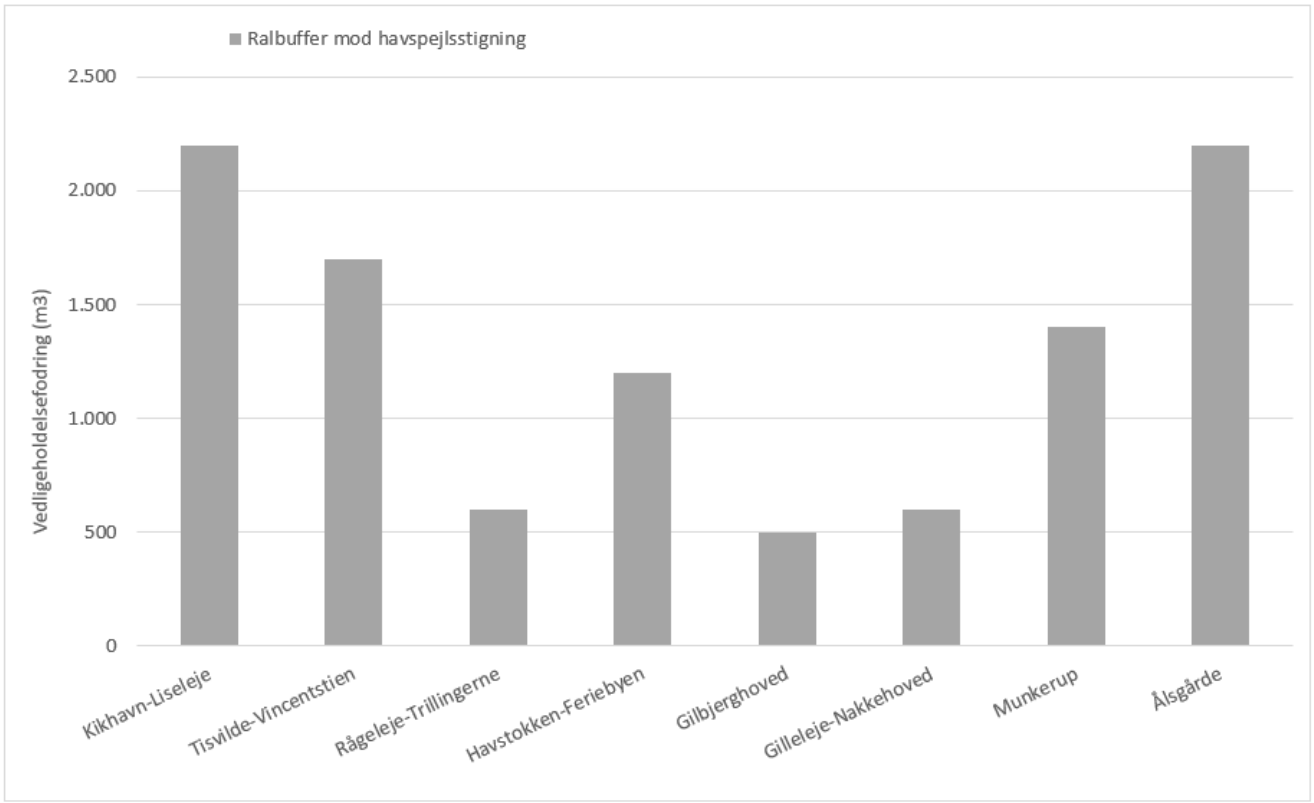
Figur 6.9 Initiale fodringsmængder med sand for hver fodringsstrækning.



Figur 6.10 Initiale fodringsmængder med ral for hver fodringsstrækning.



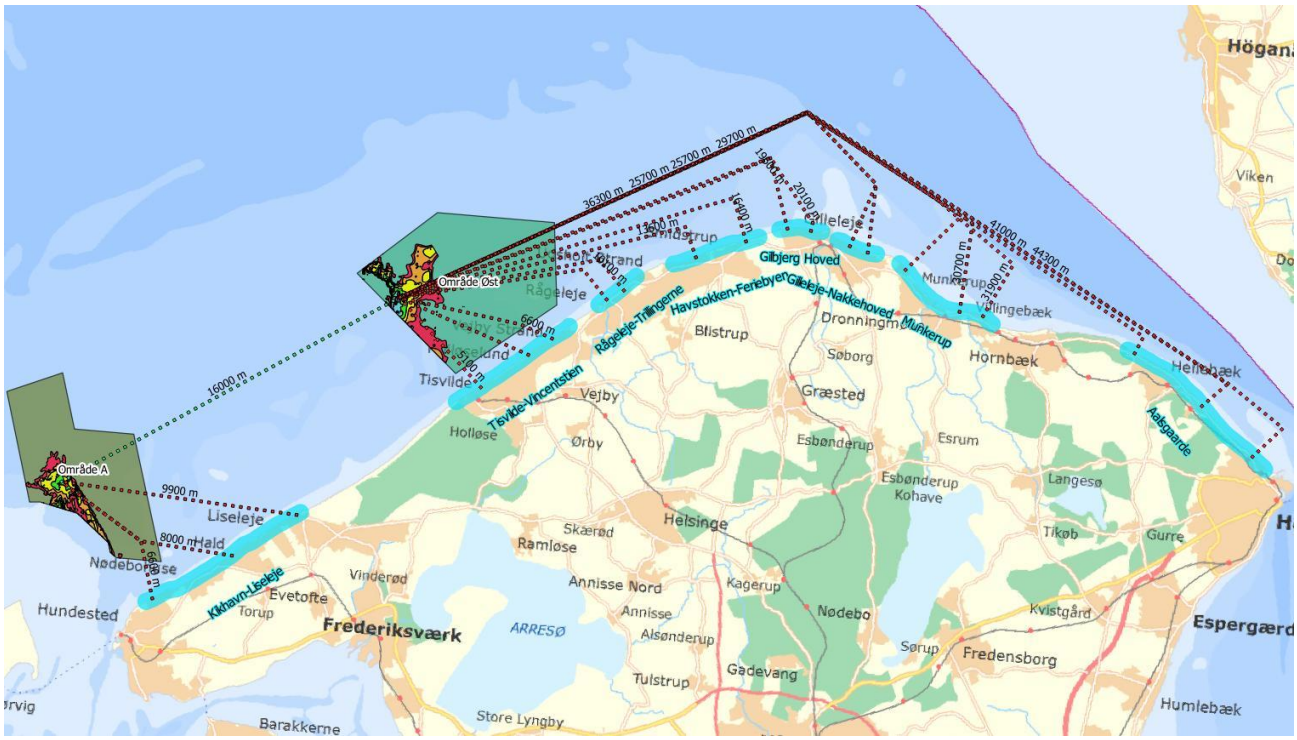
Figur 6.11 Vedligeholdelsesstrandfodringsmængder med sand for hver fodringsstrækning.



Figur 6.12 Vedligeholdelsesstrandfodringsmængder med ral for hver fodringsstrækning.

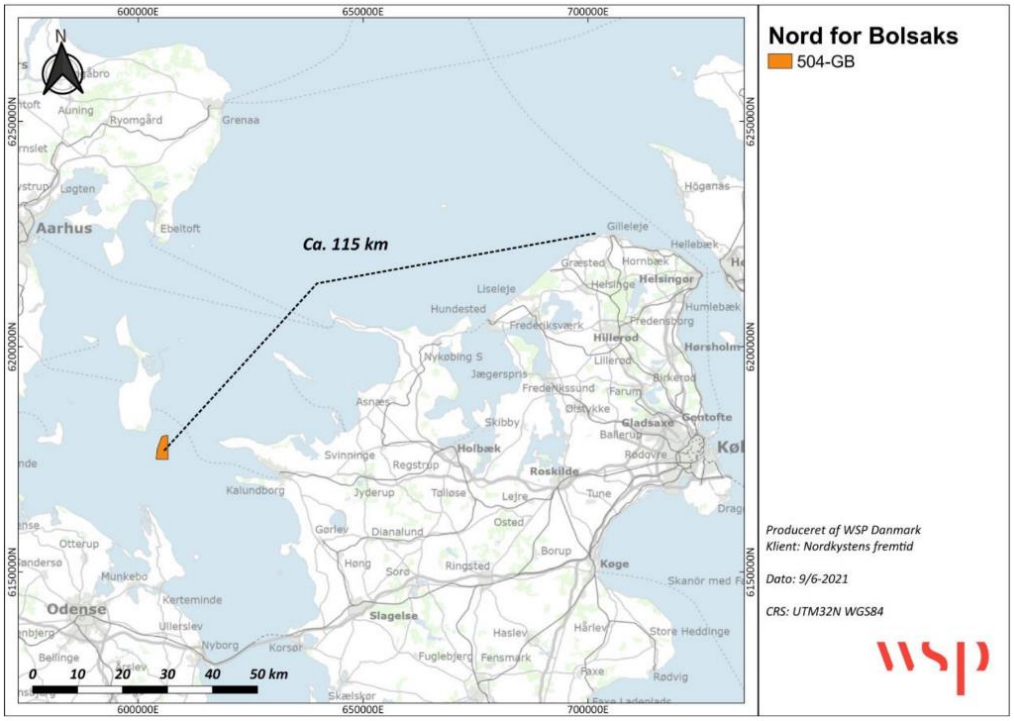
6.5 Råstofindvinding

Sand til sandfodring forventes indvundet fra to indvindingsområder beliggende i relativt kort afstand fra fodringslokaliteterne, se oversigtskort Figur 6.13. Indvindingen af sand til fodring i Halsnæs Kommune foretages i det vestlige indvindingsområde, mens indvinding til fodring i Gribskov Kommune og Helsingør Kommune foretages i det østlige område. Der er udarbejdet en miljøvurderingsrapport for begge indvindingsområder (WSP, 2020a) og (WSP, 2020b).



Figur 6.13 Sandindvindingsområders placering med sejlafstande (stiplede linjer med afstand i m) til de analyserede kystprofiler i fodringsområderne (turkis markering).

Rallet forventes indvundet fra området nord fra Bolsaks ved Samsø, som ligger omkring 115 km fra Gilleleje, Figur 6.14.



Figur 6.14 Placering af Bolsaksen, hvor rallet indvindes.

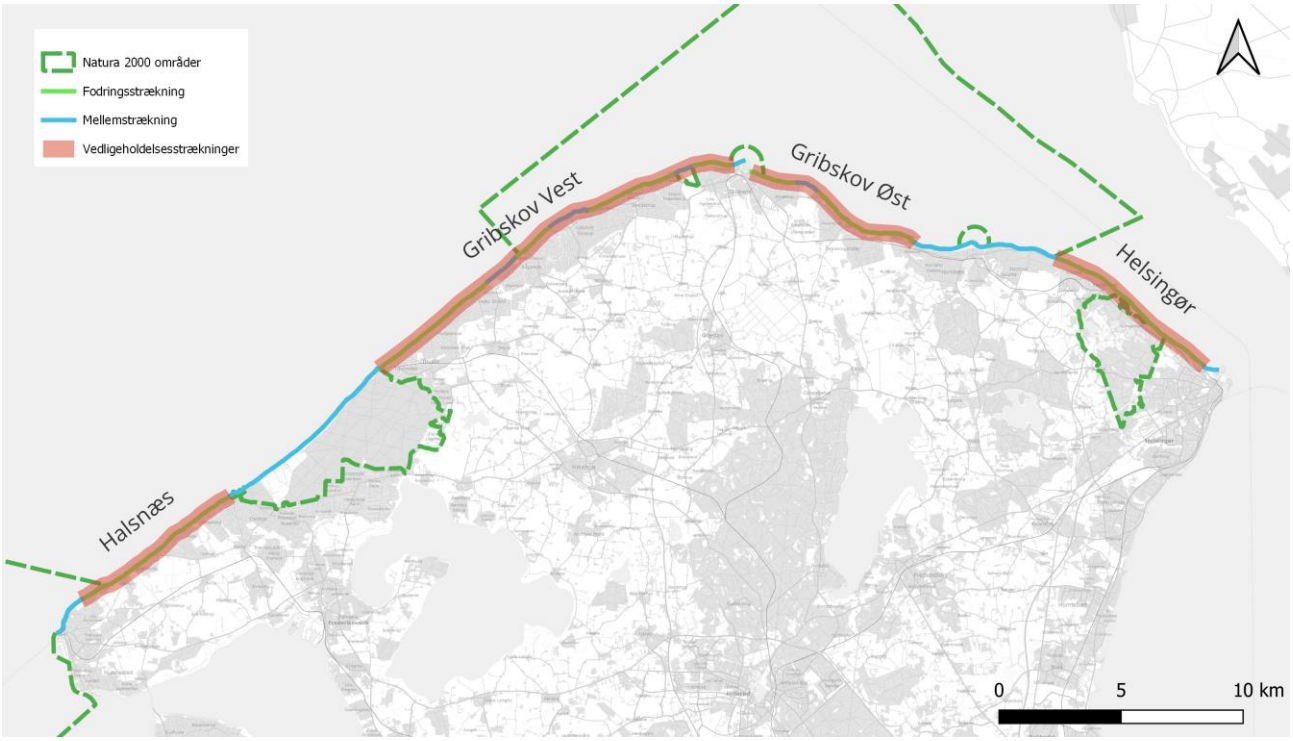
6.6 Risici

Der kan være delstrækninger, som eroderer hurtigere tilbage og som derfor skal have en større del af vedligeholdelsesfodringerne. På de mest udsatte strækninger kan det blive nødvendigt, at grundejerne forstærker eller anlægger nye bølgebrydere, høfder, rev eller flak for at den målsatte minimumshøjde af stranden før storm kan opretholdes.

Der vil kunne forekomme øget sandfygning/sandflugt, hvilket minimeres ved anvendelse af forholdsvist groft sand. Det anbefales at vente til efter initialfodringen med at vurdere, hvor dette kan være et problem. Derefter kan borgere og myndigheder i fællesskab aftale afværgeforanstaltninger såsom udplantning af marehalm på bagstranden.

6.7 Vedligeholdelsesstrækninger

De fremtidige vedligeholdelsesfodringer samles i fire delstrækninger som vist i Figur 6.15.



Figur 6.15 De fire vedligeholdelsesstrækninger. Skærmkort fra SDFI, type: dtk_skaermkort_graa_48_print, hentet d. 11-09-2024.

Opdelingen i de fire vedligeholdelsesstrækninger beskrives herunder.

Vedligeholdelsesstrækning Halsnæs dækker initialfodringsstrækningen Kikhavn-Liseleje, dvs. en samlet fodringslængde på 7,5 km, hvor der vedligeholdelsesfodres til kote 2,5 m. Tisvilde Hegn danner en naturlig adskillelse til fodringsstrækningerne vest for Gilleleje Havn. Samtidig er fodringsmængderne til vedligehold på denne strækning mindre end langs de resterende delstrækninger vest for Gilleleje Havn, da den kroniske erosion er mindre, hvorfor det er naturligt at strækningen udgør sin egen vedligeholdelsesstrækning.

Vedligeholdelsesstrækning Gilleleje Vest dækker initialfodringsstrækningerne Tisvilde-Vincentstien, Rågeleje-Trillingerne, Havstokken-Feriebyen og Gilberg Hoved, svarende til en samlet fodringslængde på 13,6 km, hvor der vedligeholdelsesfodres til kote 2,5 m. Den kroniske erosion og dermed vedligeholdelsesfodringsmængden langs de fire strækninger er forholdsvis ens. Samtidig ligger de fire delstrækninger tæt på hinanden, og omkostningerne for at få sandet transporteret ind på stranden er derfor også sammenlignelig. Derfor vurderes de fire delstrækninger til at være tilstrækkeligt teknisk og økonomisk ensartede til at kunne danne baggrund for en ensartet bidragspåligning for vedligeholdelsesfodringen.

Vedligeholdelsesstrækning Gilleleje Øst dækker initialfodringsstrækningerne Gilleleje-Nakkehoved og Munkerup, svarende til en samlet fodringslængde på 6,7 km, hvor der vedligeholdelsesfodres til kote 2,0 m. De to delstrækninger ligger forholdsvis tæt på hinanden, og den kroniske erosion er meget sammenlignelig. Derfor er omkostningerne til at få transporteret sand ind på stranden og vedligeholdelsesfodringsmængden langs de to strækninger mere eller mindre den samme. De to delstrækningervurderes derfor tilstrækkeligt teknisk og økonomisk ensartede til, at kunne danne baggrund for en ensartet bidragspåligning for vedligeholdelsesfodring.

Vedligeholdelsesstrækning Helsingør dækker fodringsstrækningen Ålsgårde, dvs. en samlet fodringslængde på 7,7 km, svarende til initialfodringsstrækningen. Hornbæk Strand og Hornbæk Plantage danner en naturlig adskillelse til fodringsstrækningerne øst for Gilleleje Havn.

7. Risiko for øget tilsanding af havnene langs Nordkysten

Risikoen for øget tilsanding af havnene langs Nordkysten pga. strandfodringen vurderes i nedenstående afsnit.

Hundested Havn

Når vinden sjældne gange er i nord-nordøst, bliver sediment transporteret fra den vestlige del af fodringsstrækningen Kikhavn-Liseleje mod Hundested Havn. Da sedimenttransportkapaciteten er stigende mod Hundested Havn, vil sedimentet først aflejres, når det når Trekanten, som er navnet på stranden øst for Hundested Havn vist i Figur 7.1. Det kan ikke udelukkes, at sandfodringsprojektet kan øge transporten af sand marginalt til Trekanten. Øget tilsanding af havnen kan modvirkes ved, at der ved behov afgraves sediment fra Trekanten, hvis kysten begynder et rykke frem. Det afgravede sand bør nyttiggøres fx ved backpass, dvs. at sandet transporteres tilbage til fodringsstrækningen Kikhavn-Liseleje. Ved at fastholde kystlinjen, vurderes det, at projektet ikke vil føre til øgede oprensningsmængder i Hundested Havn.

Figur 7.1 Hundested Havn. Baggrundsbillede: Ortofoto taget i forår 2023 (SDFI).

Gilleleje Havn

Der oprenses årligt 15.000 – 22.000 m^3 ved Gilleleje Havn[2] hovedsageligt fra sejlrende og forbassin i havnen. Oprensningen foretages primært i sejlrenden og i forbassinet i havnene angivet i Figur 7.2. Behovet for oprensning er varierende fra år til år, da det afhænger af vejrforhold og foregår 1-2 gange om året. Størstedelen af det oprensede sand nyttiggøres ved at bypasse sedimentet til kyststrækningen øst for havnene.

[2] Oplyst ved telefonsamtale med havnen.

Vest for Gilleleje Havn viser de markante ydre sandrevler, som ses af Figur 7.2, at der foregår sedimenttransport. Fravær af sand tættere på kystlinjen antyder, at evnen til sedimenttransport ikke er fuldt udnyttet. En medvirkende årsag hertil er de mange bølgebrydere, som forsinker/holder på sandet langs kysten, hvilket resulterer i, at kyststrækningen øst for bølgebryderne får tilført mindre sand.

Strandfodring ifm. Nordkystens Fremtid vil betyde, at bølgebryderne og stenene langs kysten vil blive delvist tildækket af sand. Dermed er der potentiale for at sedimenttransporten kan stige. DHI har estimeret, at den langsgående sedimenttransport vest for Gilleleje Havn vil stige ca. 4 %, når strandfodringen er gennemført (DHI, 2018). Transporten foregår både tæt på stranden, men også ud på sandrevlerne.

Øget sedimenttransport tæt på land vil bringe mere sand til stranden vest for havnen. Kystlinjen vil rykke ud og øge sandtransporten til havnemundingen. For at modvirke dette foreslås det, at den nuværende praksis med jævnligt at afgrave sediment fra stranden vest for havnen er det mest optimale i forhold til at modvirke tilsanding af sejlrende og indsejlingen, da afgravningen fastholder kystlinjen og den naturlige vanddybde ved havnemundingen. Dermed vurderes det, at øgningen i den mængde sand der oprenses i Gilleleje Havn per år kan holdes indenfor en ramme på ca. 4 %, da der, selvom kystlinjen fastholdes, stadig vil være en marginal øgning i sedimenttransporten på revlerne. Dette svarer til en øget oprensningsmængde på mellem 600-900 m^3.

Det afgravede sand bør fortsat flyttes til strandene øst for havnen eller nyttiggøres på anden vis.

Figur 7.2 Gilleleje Havn. Baggrundsbillede: Ortofoto taget i forår 2023 (SDFI).

Hornbæk Havn

I dag oprenses der jævnligt sediment ved Hornbæk Havn. Havnen er vist i Figur 7.3. Oprensningen foretages primært i sejlrenden og i forbassinet i havnene vist i Figur 7.3. Behovet for oprensning er varierende fra år til år, da det afhænger af vejrforhold.

Fodringsstrækningen Munkerup, der er nærmest Hornbæk Havn, ligger ca. 2,4 km vest for havnen. DHI vurderer, at den langsgående sedimenttransport ved Hornbæk Havn vil forblive uændret ifm. strandfodring på denne strækning (DHI, 2018c). Såfremt den nuværrende praksis med at fastholde kystlinjen vest for Hornbæk Havn fortsættes, på samme måde som ved Gilleleje Havn, forventes den planlagte strandfodring ikke at forårsage øget tilsanding af Hornbæk.

Figur 7.3 Hornbæk Havn. Baggrundsbillede: Ortofoto taget i forår 2023 (SDFI).

Helsingør Nordhavn

Der forventes ikke øgede oprensningsmængder ved Helsingør Nordhavn, Figur 7.4. Helsingør Nordhavn oprenses i dag ikke regelmæssigt, da vanddybden i bassinerne er tilstrækkelig. Sedimentet føres langs østmolen og aflejres på Lappegrunden.

Figur 7.4 Helsingør Nordhavn. Baggrundsbillede: Ortofoto taget i forår 2023 (SDFI).

8. Tilpasning af spildevandsudløb

Strandfodringsprojektet medfører, at der er behov for at tilpasse alle de spildevandudløb, der ligger under strandfodringskoterne, kote +2,5 m i forhold til middelvandstanden vest for Gilleleje og kote +2,0 m øst for Gilleleje. Udløb tilpasses ikke, hvis de ligger uden for fodringsstrækningerne.

I alt tilpasses

- 14 udløb i Helsingør Kommune ejet af Forsyning Helsingør,
- 1 udløb i Helsingør Kommune ejet af Helsingør Kommune.

En detaljeret beskrivelse af tilpasningen af spildevandsudløb findes i "Nordkystens Fremtid. Notat om tilpasning af spildevandsudløb".

8.1 Tilpasning af udløb

Udløbene skal ved tilpasningen bevare status quo. Med dette menes der, at der i forbindelse med dette projekt ikke laves forbedringstiltag på udløbene og de eksisterende rørledningers gradient beholdes i forbindelse med tilpasning. Der vælges samme materiale og dimension som på det eksisterende udløb, hvis det er muligt.

De eksisterende rørs tilstand er i forbindelse med dette projekt undersøgt ved visuel besigtigelse fra stranden.
For at beskytte rørledningerne anlægges en stensætning omkring rørene.
Der er indgået en aftale med ejerne af de berørte udløb i forhold til tilpasning og fremtidigt vedligehold.

8.2 Beskyttelse omkring udløbene

Rørledningerne, der tilpasses strandfodringsprojektet, skal beskyttes mod bølger, erosion og mod tilsanding af udløbet.

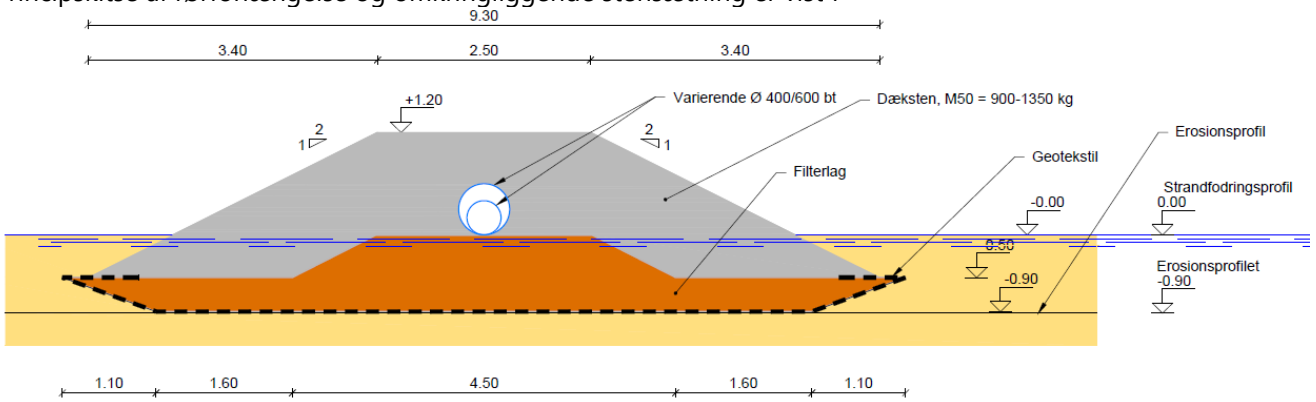
I alt forlænges seks rør ud til den nye vandlinje, hvoraf tre af rørene forlænges ud i en eksisterende høfde. Der er med ejerne af høfderne indgået aftale om at udløbene må blive forlænget i høfden.

For at beskytte forlængede rør mod bølgepåvirkning lægges sten omkring den del af forlængelsen, som ikke er tildækket af sand. Beskyttelsen består nederst af et 0,4 m tykt rallag/filterlag. Røret lægges ovenpå rallaget og dækkes til med et dækstenslag rundt om røret. Beskyttelsen strækker sig et par meter havværts for udløbet til sikring mod både bølgepåvirkning og tilsanding af udløb. Dækstenene skal have en nominel diameter på 0,70-0,80 m svarende til en masse på mellem 900-1.350 kg.

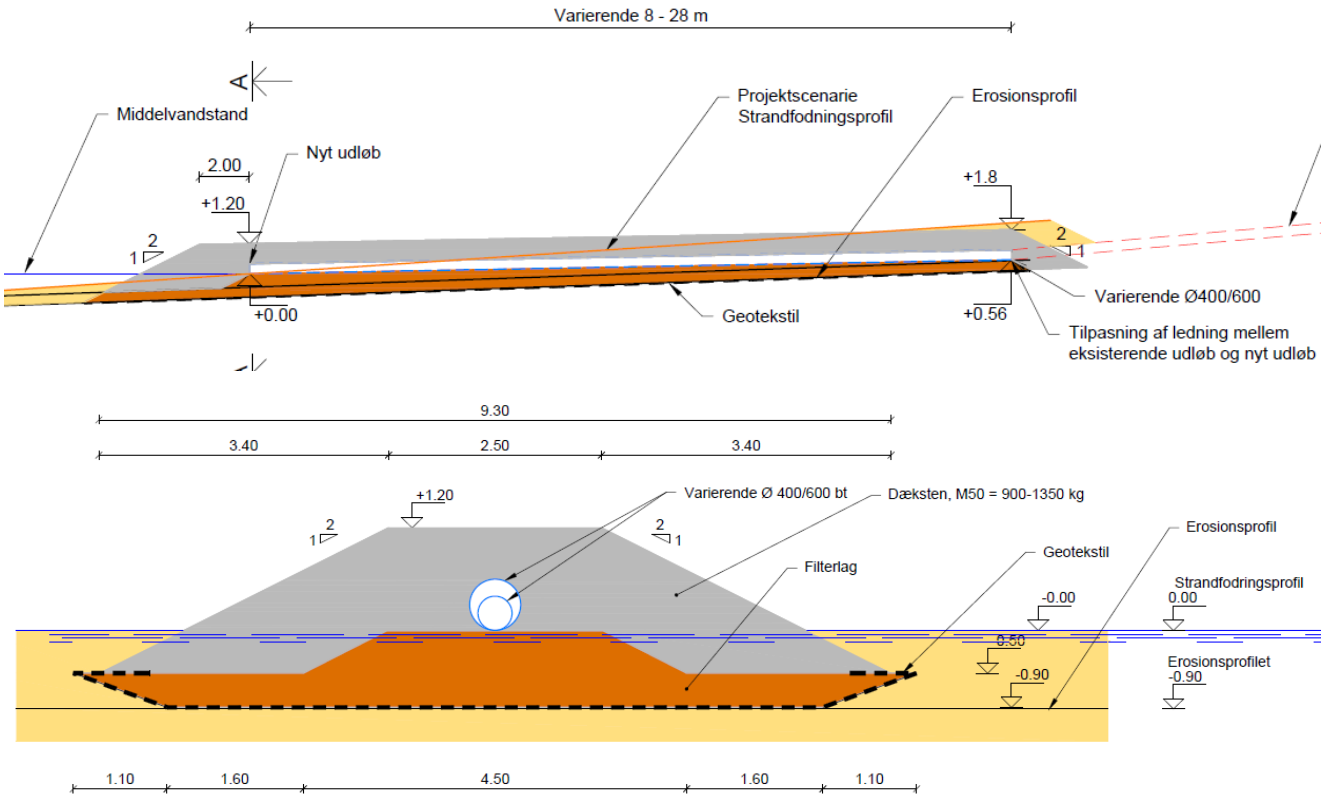
De resterende udløb trækkes enten tilbage i skråningsbeskyttelsen eller det eksisterende udløb fastholdes uændret på stranden. Disse udløb beskyttes med dæksten til minimum samme kote som strandfodringskoten, for at modvirke at udløbet dækkes til af sand. Hvis udløbet ikke kan trækkes tilbage i en eksisterende skråningsbeskyttelse så dette opnås, anlægges en stensætning foran udløbet op til strandfodringskoten. Dækstenene skal have samme størrelse som dækstenene i skråningsbeskyttelsen i det kysttekniske projekt (Bilag 02), dvs. en nominel diameter på 0,57 m svarende til en masse på 500 kg. Bredden af stensætningen er omkring 2,4 m svarende til 4 dæksten.

8.2.1 Principskitse

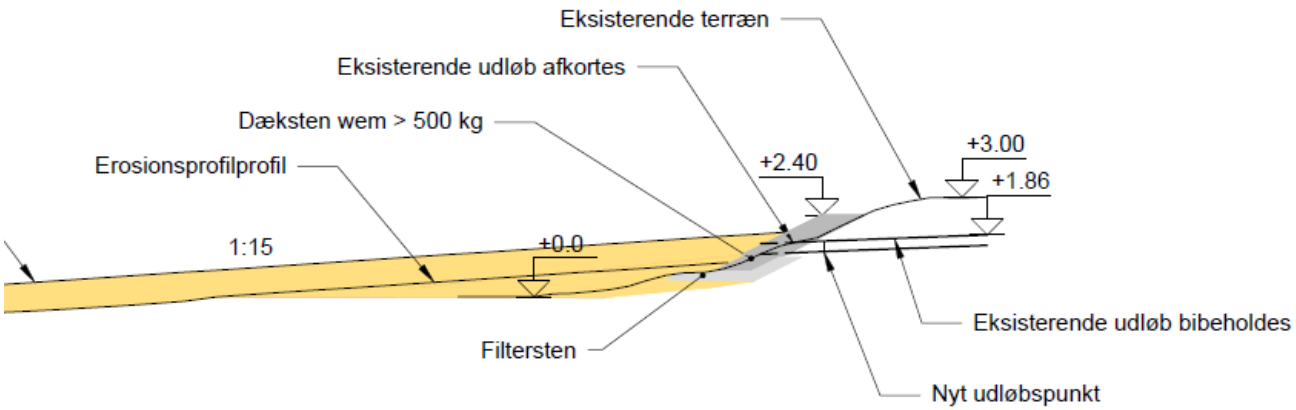
Principskitse af rørforlængelse og omkringliggende stensætning er vist i



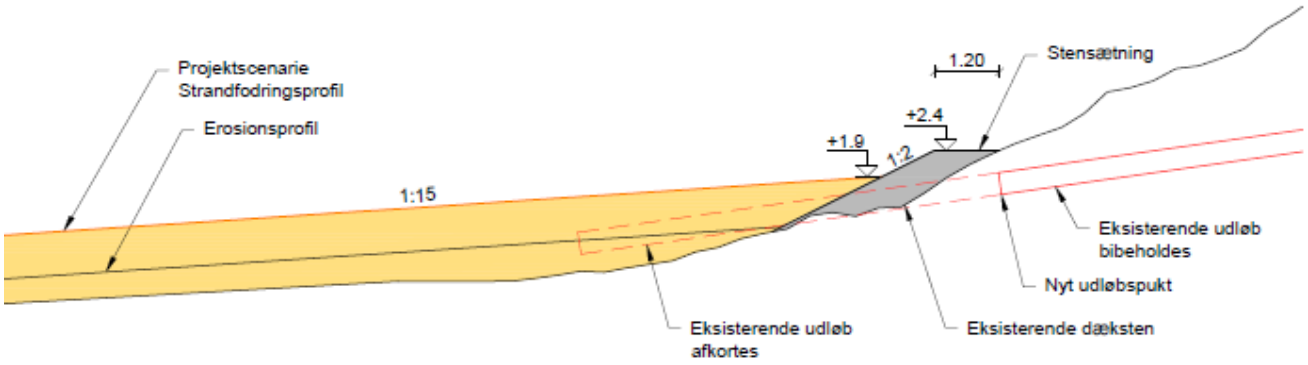
Figur 8.1. Principskitse af rør, der trækkes tilbage, hvor der i dag ikke er en skråningsbeskyttelse er vist i Figur 8.2 og hvor der allerede er en skråningsbeskyttelse i Figur 8.3.



Figur 8.1 Længdesnit (øverst) og tværsnit (nederst) af den beskyttende stendækning omkring spildevandsledningen, der forlænges til ny vandlinje.



Figur 8.2 Længdesnit af den beskyttende stensætning foran spildevandsledningen, der trækkes tilbage i skråning og beskyttes med stensætning.



Figur 8.3 Længdesnit af den beskyttende stensætning foran spildevandsledningen, der trækkes tilbage i eksisterende skråningsbeskyttelse og beskyttes med stensætning.

8.2.2 Fremtidig vedligeholdelse

I udgangspunkter vil vedligehold altid påhvile ledningsejer medmindre andet fremgår af en afgørelse dvs. ejer er forpligtet til at udførelse af vedligehold, men kan efterfølge opkræve dele af omkostningerne hos andre, såfremt det står i en afgørelse.

Forsyninger vil dog altid skulle afholde udgifter til egne ledninger. Dvs. at fremtidigt vedligehold af tilpasningerne påhviler forsyningen. Det samme gælder den ene spildevandsledning som ejes af Helsingør Kommune.

8.3 Overgang over høfderne/stensætning

Ved anlæggelse af stensætninger omkring rørene, kan der være risiko for, at der spærres for passage langs stranden. Til sikring af adgang til stranden og mulig passage langs kysten, skal der anlægges en overgang f.eks. i form af en stentrappe på stensætningerne. Det fremgår af Bilag 12, hvor der skal anlægges overgange. Et eksempel på en stentrappe ses i Figur 8.4. Stentrappen indarbejdes som en del af stensætningen og med samme hældning. Stenene skal være velegnet til kystbeskyttelse og brugbare til at kunne trædes sikkert på.

Figur 8.4 Eksempel på stentrappe i stensætning.

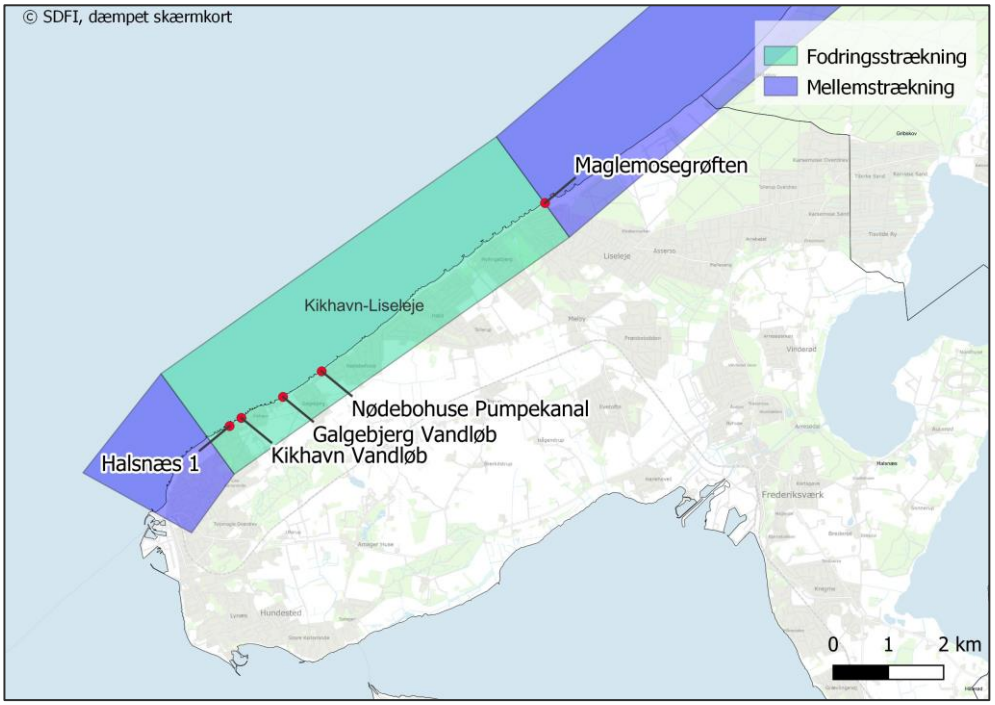
9. Regulering af vandløb

Strandfodringen vil indebære, at vandløbenes udløb over stranden påvirkes, hvis der ikke sker en tilpasning. Strandfodringen kan potentielt have indflydelse på afstrømningen i vandløbene og dermed afvandingen af oplandet samt opgangen af fisk i vandløbene. Som en del af Nordkystens Fremtid skal der derfor foretages en række vandløbsreguleringer af de offentlige og private vandløb.

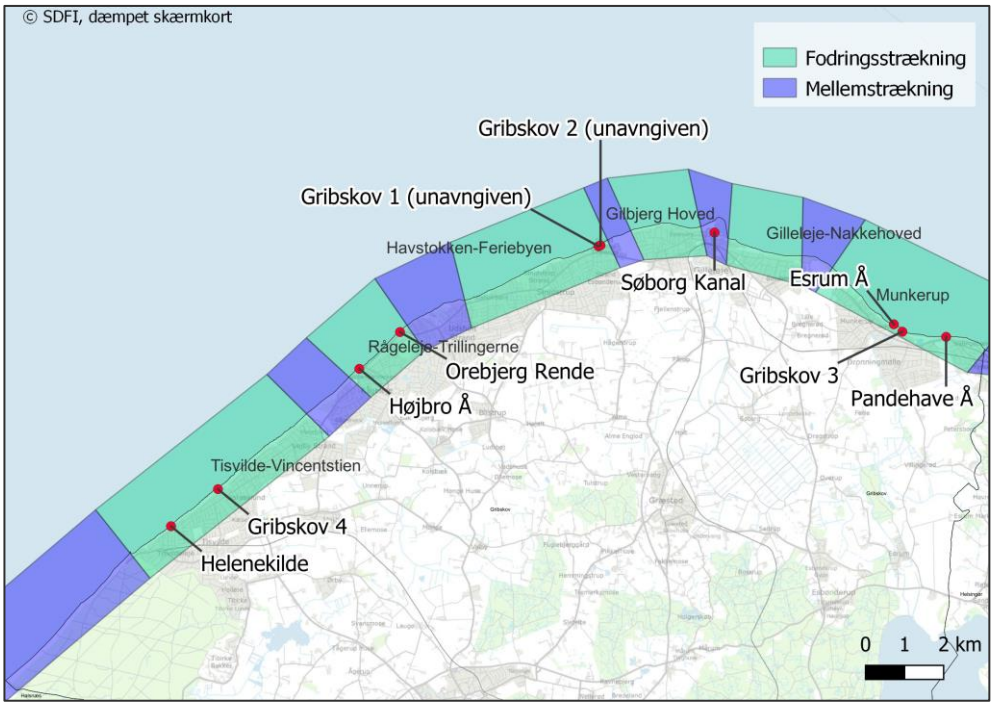
Der er udarbejdet en rapport (Bilag 03) der redegør hvilke vandløb, der berøres af projektet og hvordan det sikres, at projektet ikke ændrer på afledningen af vand eller fiskenes mulighed for at migrere mellem vandløb og hav, sådan at status quo bevares efter, at projektet er realiseret.

9.1 Berørte vandløb

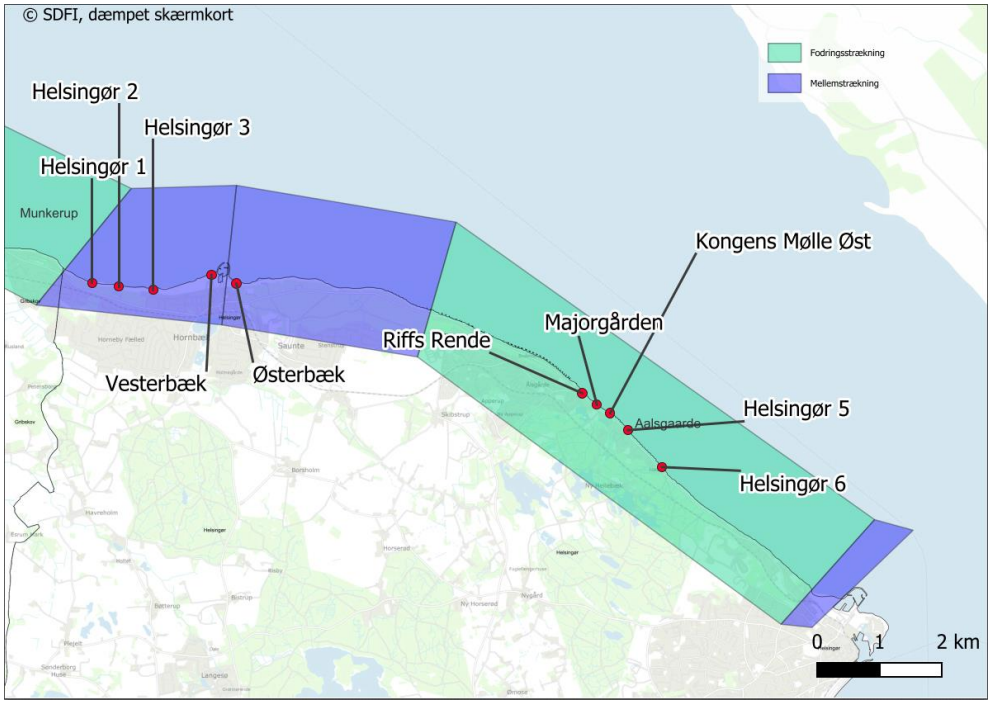
Der er vandløb i alle tre kommuner, som er blevet vurderet i forhold til behovet for regulering. Vandløbenes placering i de tre kommuner er vist i Figur 9.1-Figur 9.3. Ejer og mere præcis placering af vandløbene er angivet i rapporten (Bilag 03).



Figur 9.1 Oversigtskort med placeringer af berørte udløb i Halsnæs Kommune.



Figur 9.2 Oversigtskort med placeringer af berørte udløb i Gribskov Kommune.



Figur 9.3 Oversigtskort med placeringer af berørte udløb i Helsingør Kommune.

9.2 Opbygning af afværgeforanstaltninger – Regulering af vandløb

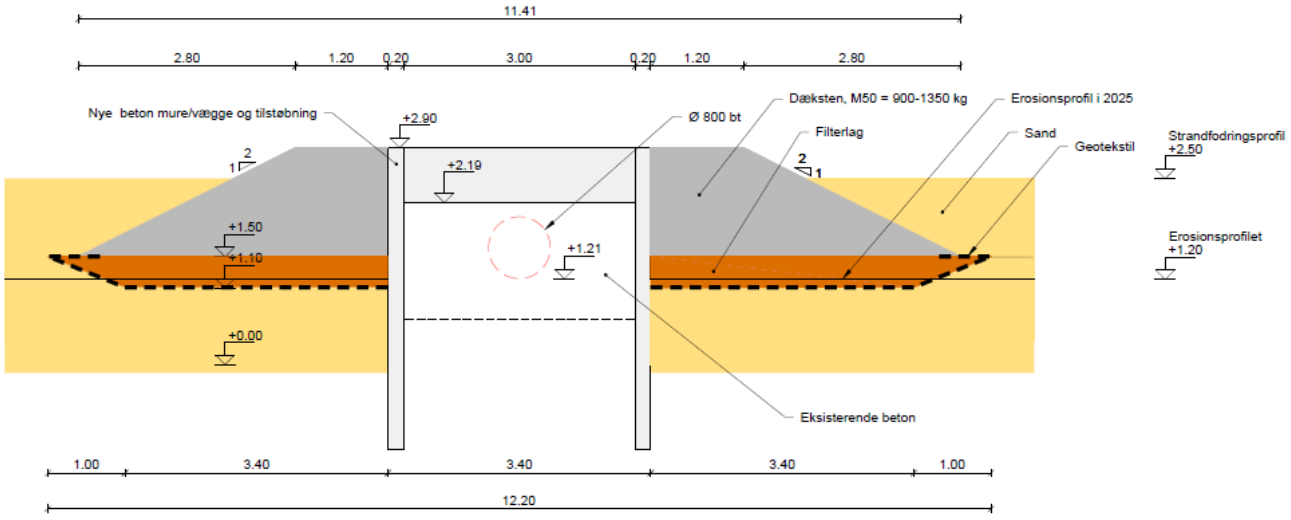
Afværgeforanstaltninger omhandler forlængelse eller anlæggelse af ledeværker og forlængelse af rør og omkringliggende stensætninger/høfder. Ledeværker er ofte opbygget som en mur, der modvirker åbne vandløb mod tilsanding. Principtegninger for hhv. et åbent udløb med ledeværk og rørudløb beskyttet med sten er vist i Figur 9.4 og Figur 9.5. De to eksempler afspejler den generelle opbygning af ledeværkerne og forlængelse af rørene for vandløbene.

Ledeværkerne anlægges så de følger strandprofilets hældning og dermed strandens hældning ned mod vandlinjen. Ledeværkerne anlægges generelt med længde svarende til øgningen i strandbredden pga. strandfodringen for at modvirke, at vandløbene sander til foran bygværkerne. Det vil ikke være praktisk eller teknisk muligt at anlægge ledeværkerne hele vejen ned til vandlinjen, da de vil sande til og være udsat for stor bølgepåvirkning. I stedet bevares status quo ved, at vandet på den sidste del finder sin naturlige vej til havet.

Ledeværkerne opbygges af en eller to mure i azobé eller beton. Ledeværket beskyttes med 1-1,5 lag dæksten og inderst/nederst filtersten. Den endelige stenstørrelse findes først ved detailprojektering.

Ledeværkernes topkote er sat til den kote, der forventes fodret med i projektets levetid. Oprensning kan foregå som det gør i dag. Dog skal der graves forsigtigt tæt på selve ledeværket.

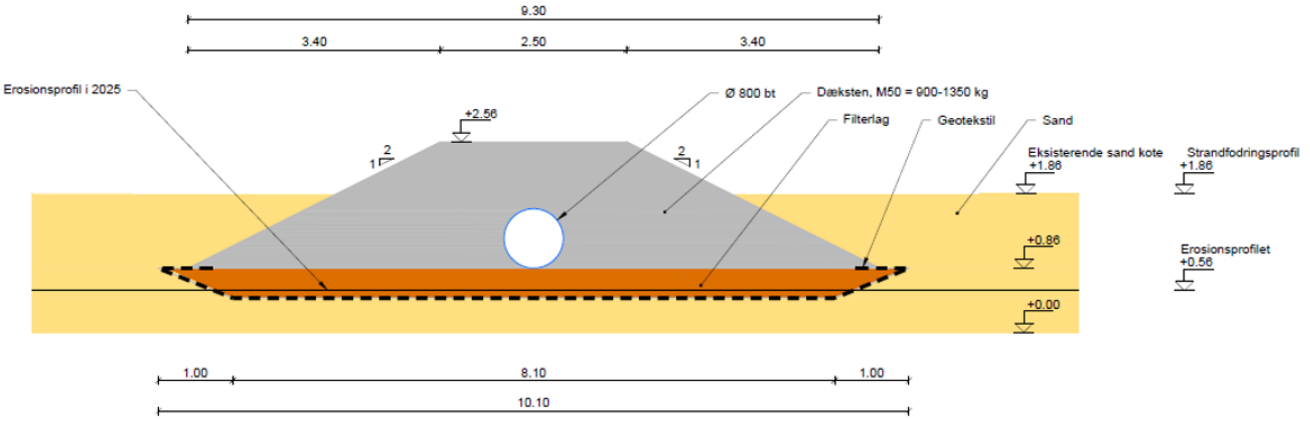
Dækstenene har en nominel diameter på 0,7-0,8 m svarende til en masse på mellem 900-1.350 kg.



Figur 9.4 Tværsnit af ledeværk. På hver side af vandløbet anlægges en væg/mur til at beskytte imod at vandløbet fyldes op med sand. Væggene/murene beskyttes af en stensætning, som følger strandens hældning på 1:15 og dermed falder i højde ned mod vandlinjen.

Røret forlænges til vandlinjen efter strandfodring eller til røret kommer fri af det nye strandfodringsprofil. Hvis det eksisterende rør har en nuværende udløbskote ved kote +0,0 m i forhold til middelvandstanden, anlægges det nye rør og stensætning vandret mod den nye vandlinje.

Det nye rør beskyttes med 1-2 lag dæksten og inderst/nederst filtersten. Over røret skal der som minimum være ét dækstenslag. Foran rørmundingen udlægges sten for at beskytte røret mod underminering og opfyldning af sand.



Figur 9.5 Tværsnit af rørforlængelse beskyttet med omkringliggende sten (høfde). Stensætningen følger strandens hældning på 1:15. Foran rørmundingen lægges sten for at beskytte røret mod underminering og opfyldning af sand.

Dækstenene har en nominel diameter på 0,7-0,8 m svarende til en masse på mellem 900-1.350 kg.

9.2.1 Fremtidig vedligeholdelse

For offentlige vandløb er det vandløbsmyndigheden, der har ansvar for vedligehold af vandløbet, mens vedligehold af evt. afværgeforanstaltningerne, herunder beskyttelse mod bølger og erosion og trapper henover et vandløb påhviler bygherre. For offentlige vandløb skal kommunen afholde udgifter til vandløbsvedligeholdelse og evt. udløb i strandkant, som en del af vandløbets vedligeholdelse.

For private vandløb er ejeren af udløbet i strandkanten ansvarlig for vedligeholdelse af afværgeforanstaltninger som rør og stensætning. Ejeren kan opkræve dele af omkostningerne fra andre, hvis det er fastsat i en afgørelse. Dette er især relevant, når vedligeholdelsesomkostninger stiger på grund af et anlægsprojekt. I kystbeskyttelsestilladelsen skal bidragsordningen for vedligeholdelse beskrives, så parterne kan vurdere de tekniske og økonomiske konsekvenser. Som udgangspunkt bruges samme fordelingsnøgle som ved projektet, medmindre andet aftales

Bidragsfordelingen sker ud fra et nytteprincip, og her vil forlængelsen af et evt. udløb være nødvendigt for at sikre den afledning af vand, som "baglandet" har ret til. Det skal i fordelingsnøglen vurderes om der i vedligeholdet af afværgeforanstaltningerne er tiltag som ejeren af vandløbet drager nytte af eller ej.

9.3 Overgang over høfderne/stensætninger

Ved anlæggelse af stensætninger omkring rørene risikeres det, at der spærres for passage langs stranden, hvorfor der er behov for en overgang f.eks. i form af en stentrappe, som beskrevet i afsnit 8.3.

10. Anlæggelse af kystnære stenrev – Kompenserende foranstaltninger

Det er vurderet, at projektet vil medføre et permanent arealtab af habitatnaturtyper, bl.a. rev, som følge af strandfodring med sand og ral i Natura 2000-område nr. 195 og dermed skade Natura 2000-områdets integritet (Bilag 07). Dette indgår som del af miljøkonsekvensvurderingen. Da en fravigelse er nødvendig, skal der iværksættes kompenserende foranstaltninger i form af anlæggelse af nye stenrev.
Notatet "Kompenserende foranstaltninger Anlæggelse af kystnære stenrev" (Bilag 11), beskriver forslag til stenrevenes opbygning herunder anlægsoverslag for etablering af kystnære rev med stendækning.

10.1 Tildækning af udpegede naturtyper ved strandfodring med sand og ral

Strandfodring med sand og ral vil på kort og lang sigt påvirke de kystnære dele af de marine naturtyper indenfor Natura 2000 område nr. 195.

Det vurderes, at etablering af kystbeskyttelse med strandfodring med sand og ral vil medføre et tab af den kystnære habitatnaturtype rev inden for den aktive dybe.

Arealtabet kan opdeles i tab som følge af:

- at strandfodring med sand og ral rykker strandlinjen havværts, og de helt kystnære rev og sandbanker bliver til strand eller den del af kystprofilet som bevæger sig op mod land, som ikke omfattes af typen sandbanke
- tab af rev, som omdannes til sandbanker, som følge af tildækning med sand

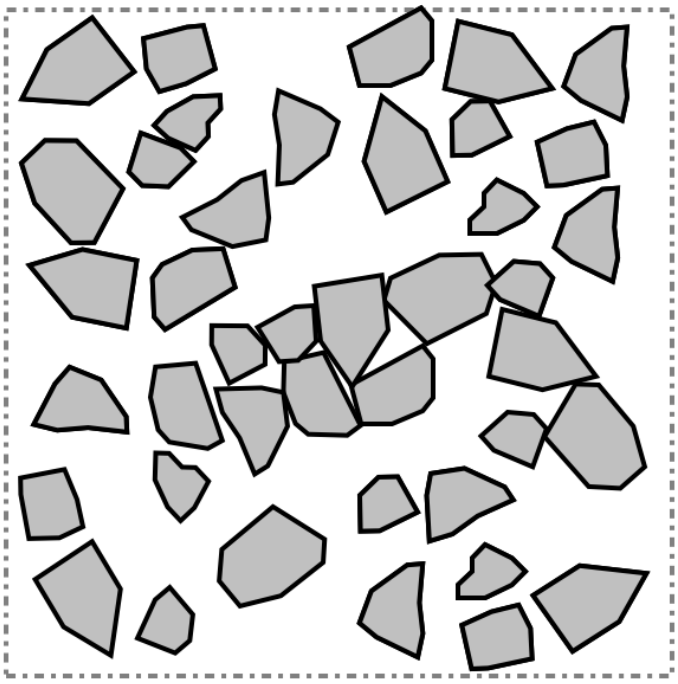
NIRAS har beregnet, at i projektets levetid forventes 46 ha stenrev at blive tildækket af sand, jf. "Nordkystens Fremtid. Analyse af strandfodringens påvirkning af habitatnatur langs Nordkysten" (Bilag 14).

10.2 Anlæg af kompenserende stenrev

Nye stenrev kan opbygges som større sammenhængende områder med stendække, men behøver ikke være sammenhængende jf. kriterierne for udpegning af stenrev indenfor Natura 2000 områder (Miljøstyrelsen, 2016). Revene skal dog rage op fra den omkringliggende havbund. Det anbefales, at stenrevene placeres uden for, men så tæt på den aktive dybde som muligt, dvs. på 4-11 m vanddybde, da lysgennemtrængningen og andre fysiske forhold dermed svarer bedst muligt til forholdene ved de rev, der tildækkes. Samtidig vil de nye rev ikke blive påvirket af strandfodringen. Stenene spredes ud på havbunden i et lag med en samlet dækningsgrad på 35 % svarende til de rev, der skal kompenseres for, som er beskrevet i flere detaljer i "Kompenserende foranstaltninger Anlæggelse af kystnære stenrev" (Bilag 11). Dermed sikres det også, at bunddyr og fladfisk kan leve mellem stenene på samme måde som ved de rev, der kompenseres for. Stenrevene vil ikke blive udsat for samme dynamiske påvirkning, som de rev der dækkes til, da sedimenttransporten er meget mindre på vanddybder af 4-11 m, og revet vil derfor blive mere permanent end revene inden for den aktive dybde.

I anlægget af nye stenrev skal stenene være større end 7-10 cm, for at modvirke, at de bliver ført væk med strømmen pga. bladbærende brunalger. For at sikre, at stenene ligger nogenlunde stabilt på havbunden, skal dækstene have en middelstørrelse på d_{50}=0,35 m svarende til M_{50}=114 kg, hvor "50" angiver den procentdel af stenene, som har en tilsvarende eller mindre masse.

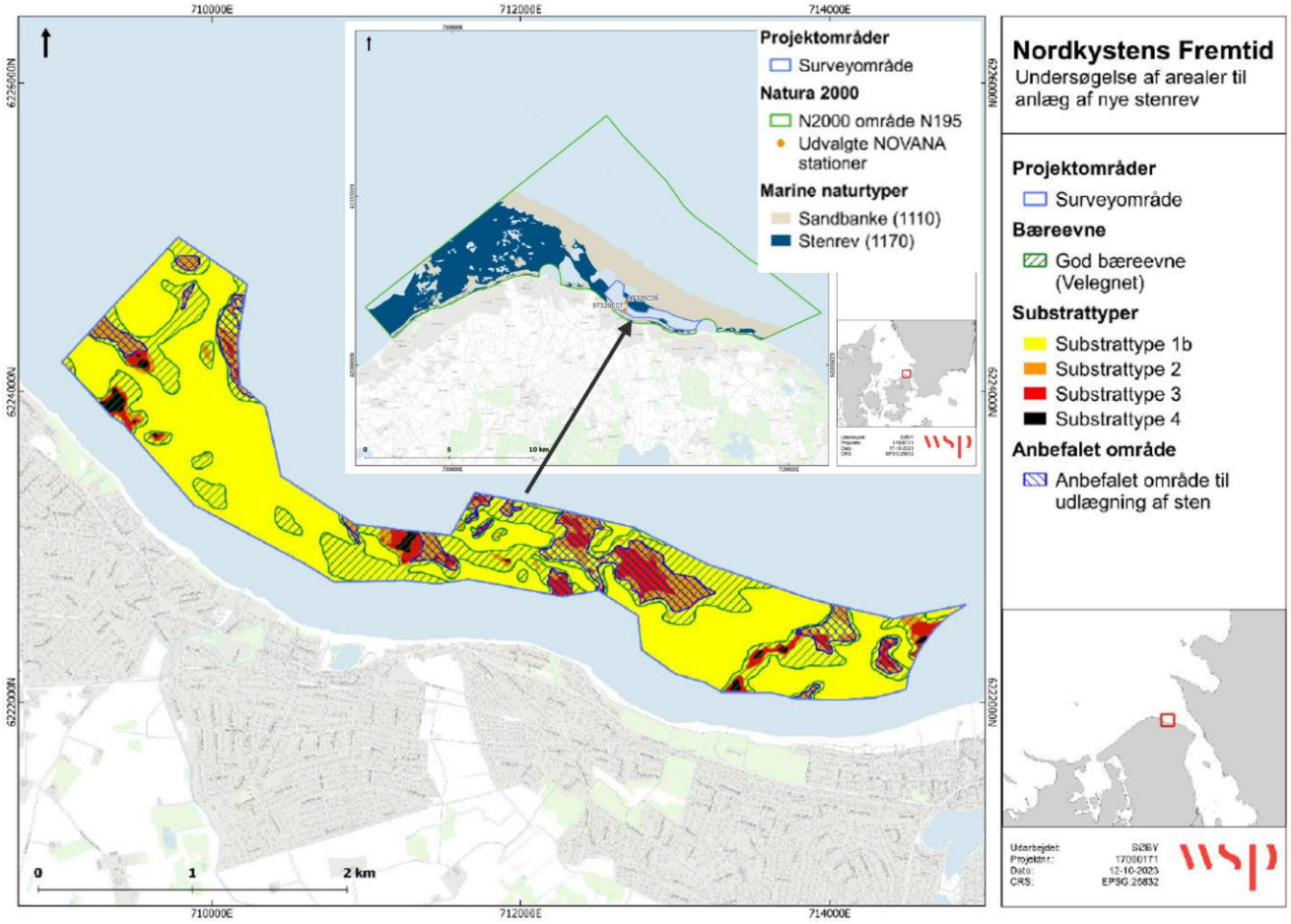
En dækningsgrad på 35 % svarer til, at der for hver ha udlægges 3.500 m^2 stendække. Et eksempel på dette ses i Figur 10.1.



Figur 10.1 Figuren viser et areal på 1 ha med eksempel på et spredt stendække med en samlet dækningsgrad på 35 %. Figuren skal illustrere omfanget af tildækning, når tildækningsgraden er 35 %.

10.3 Placering af kompenserende stenrev

Der er udført geologiske og biologiske undersøgelser i surveyområdet beliggende indenfor Natura 2000 område Nr. 195 (WSP, 2020a). På baggrund af de undersøgelser er der udpeget gunstige områder for udlægning af sten og etablering af rev. Figur 10.2 viser placeringen af surveyområdet i N195. Inden for surveyområdet er der indsamlet singlebeam dybdedata (SBES), side scan sonar data (SSS) og sub bottom profiler (SBP). I figuren er også vist de anbefalede områder til udlægning af nye stenrev. For detaljeret beskrivelse af hvordan områder for udlægning af sten og etablering af rev er valgt henvises til WSPs rapport (WSP, 2023a).

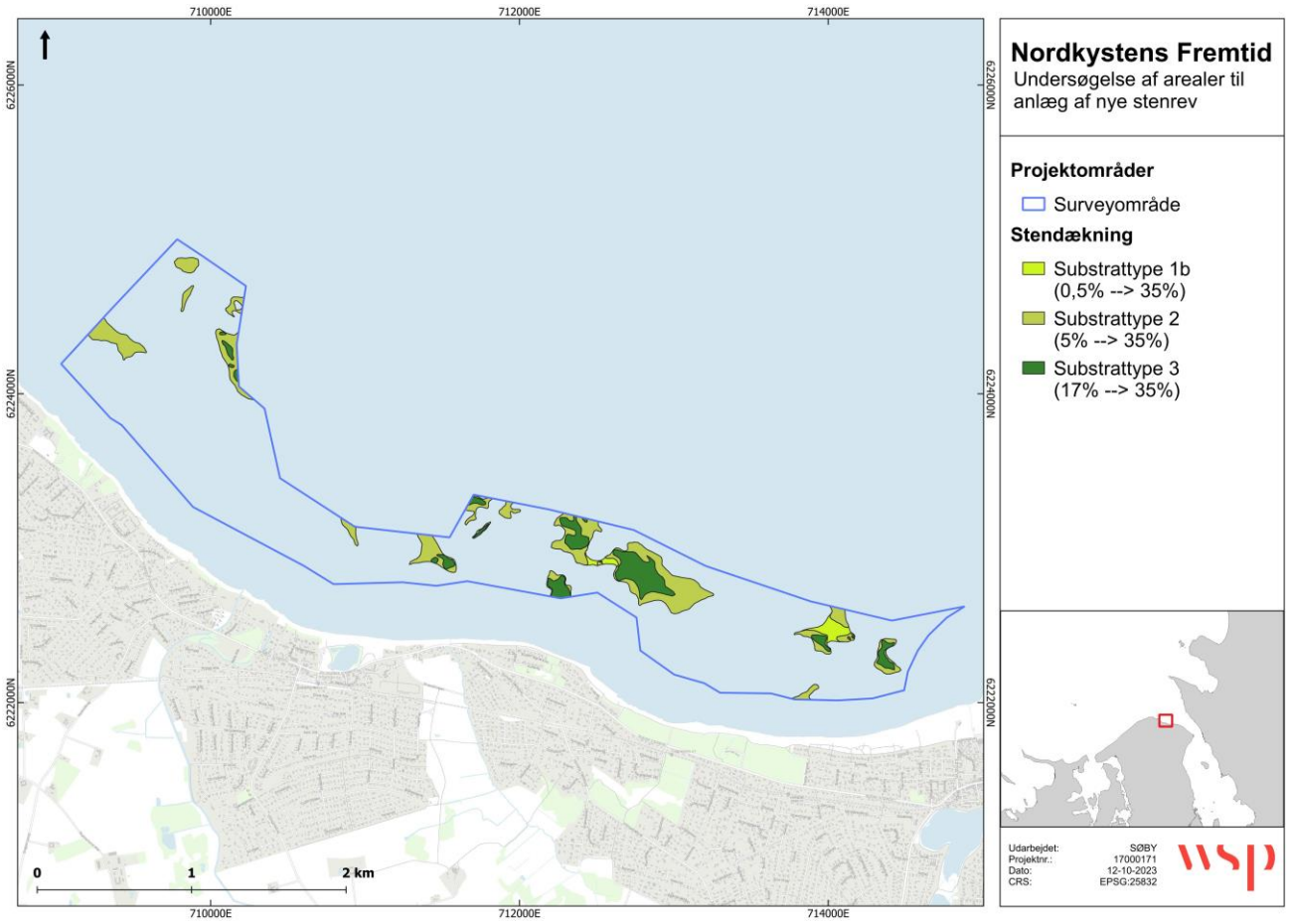


Figur 10.2 Afgrænsning af de anbefalede områder til placering af stenrev angivet i forhold til udbredelsen af de tolkede substrattyper og bæreevne. Kilde: (WSP, 2023a). Substrattype 1b: Fast sandbund af fint groft sand, med lavt indhold af skaller, grus og småsten, Substrattype 2: Primært sand med varierende mængder grus og småsten, samt enkelte spredte større sten, Substrattype 3: bestrøningsbund med dækningsgrad på 10-25 % af større sten i matrix af grus eller sand, Substrattype 4: Tæt bestrøningsbund med et lags eller to lags stenrev med huledannelse, samt en dækningsgrad > 25 % af større sten.

Baseret på analyserne er der udpeget områder til de kompenserende stenrev med et samlet areal på 46 ha, hvor der kan opnås den påkrævede kvalitet med en stendækningsgrad på 35 %.

Løsningen er vist i Figur 10.3. Som det ses af figuren, anlægges de nye stenrev i områder, hvor der allerede ligger sten på havbunden med en dækningsgrad fra 0,5 % til 17 %. Dvs. at mængden er nye sten der skal tilføres, er mindre, end hvis de anlægges i områder uden sten. Dog har områderne alle en dækningsgrad der er så lille, at det ikke er tilstrækkelig til at blive udpeget som habitattypen rev (1170).

Løsningen vil kræve, at der tilføres omkring 43.000 m^3 sten, med en gennemsnitlig masse på 114 kg, der udlægges som et fladt stenrev med ét lag sten.



Figur 10.3 Fordelingen af eksisterende substrattyper indenfor de anbefalede 46 ha, samt eksisterende gennemsnitlig dækningsgrad og dækningsgraden efter etablering af kompenserende stenrev for scenarie 1. Kilde: (WSP, 2023a)

11. Badebroer

Strandfodringsprojektet kan medføre, at nogle badebroer mister deres funktion enten midlertidigt i forbindelse med anlægsarbejderne eller permanent, fordi terrænkoten forhøjes og strandlinjen flyttes længere væk fra skrænten. Strandfodringen kan også medføre, at nogle broer vanskeliggør adgangen langs stranden efter strandfodringen. Nordkystens Fremtid har fået udarbejdet et juridisk notat, der konkluderer, at ejere af badebroer kan have krav på erstatning, hvis badebroen mister sin funktion (Horten, 2019). Kommunalbestyrelsen kan, ifølge kystbeskyttelseslovens § 6, træffe afgørelse om ekspropriation til gennemførelse af kystbeskyttelsesforanstaltninger i projekter, der er igangsat efter kap. 1 a. Ved ekspropriation finder §§ 98-122 i lov om offentlige veje anvendelse, idet kommunalbestyrelsen træder i stedet for vejbestyrelsen.

Som del af myndighedsprojektet er der lavet en vurdering af hvilke badebroer, der kan blive påvirket af strandfodringsprojektet (Bilag 15). Ud fra dette er eventuelle omkostningerne til erstatning foreløbigt anslået og indarbejdet i det samlede anlægsoverslag i Kapitel 12.

12. Anlægsoverslag

De samlede forventede anlægsomkostninger for projektet Nordkystens Fremtid er vist i Tabel 12.1. I tabellen er udgifterne delt ud på hver fodringsstrækning og samlet. I overslaget indgår udgifter til strandfodring, tilpasning af spildevandsudløb, regulering af vandløb, anlæg af de kompenserende stenrev samt erstatning til ejere af badebroer. I entreprenørbudgettet indgår der 10 % i usikkerhed, mens der er afsat i alt 15,1 mio. kr. til anstilling og rådgivning i forbindelse med detail design samt 5 % af entreprenørbudgettet til uforudsete udgifter. Det samlede anlægsoverslag er på ca. 241 mio. kr. Projektorganisationen Nordkystens Fremtid er bygherre for anlægsfasen.

Tabel 12.1: Samlet anlægsoverslag i mio. kr. for projektet Nordkystens Fremtid. Anlægsoverslaget er delt op i udgifter til strandfodring jf. (Bilag 02), tilpasning af spildevandsudløb jf. (Bilag 12), regulering af vandløb jf. (Bilag 03), anlæg af de kompenserende stenrev jf. (Bilag 01) og (Bilag 11) samt erstatning til ejere af badebroer (Bilag 15).

Fodringsstrækning	**Kikhavn-Liseleje**	**Tisvilde-Vincentstien**	**Rågeleje-Trillingerne**	**Havstokken-Feriebyen**	**Gilbjerghoved**	**Gilleleje-Nakkehoved**	**Munkerup**	**Aalsgaarde**	**Samlet pris**
Initialfodring Ral, mio. kr.	10.4	11.6	1.9	4.1	3.6	4.0	2.4	15.5	53.6
Initialfodring Sand, mio. kr.	16.1	30.3	6.4	6.3	5.6	4.8	10.1	30.8	110.4
Initialfodring ral og sand, mio. kr.	26.5	42.0	8.4	10.4	9.2	8.8	12.5	46.3	164.0
Udgifter til vandløb, mio. kr.	1.8	0.2	0.7	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	3.8
Udgifter til spildevandsudløb, mio. kr.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4
Badebroer, mio. kr.	0.0	0.0	0.0	1.0	0.2	0.5	1.0	6.0	8.7
Anlæggelse af stenrev, mio. kr.	0.8	1.7	6.1	11.3	6.9	3.1	6.2	1.1	37.2
Entreprenørbudget, mio kr	**29.1**	**43.9**	**15.1**	**22.7**	**16.4**	**12.4**	**20.0**	**55.5**	**215.1**
Anstilling (~4%), mio. kr.									8.6
Rådgiver (~3%), mio. kr.									6.5
Uforudsete (~5%), mio. kr.									10.8
Sum (-25%usikkerhed), mio. kr.									180.7
Sum, mio. kr.									**240.9**
Sum (+25%usikkerhed), mio. kr.									301.1

Derudover vil der være løbende vedligehold af både strandfodring og af sikringen af tilpasningen af spildevand og vandløb. De samlede vedligeholdelsesudgifter hvert 5. år er angivet i Tabel 12.2. De samlede udgifter er ca. 57 mio. kr. hvert 5. år. Vedligeholdelsesfodringerne varetages af strandfodringslaget ,som nedsættes som del af myndighedstilladelsen. Vedligehold af afværgeforanstaltninger omkring vandløb afholdes som udgangspunkt af strandfodringslagene, hvis det i kystbeskyttelsestilladelsen er vurderet af ledningsejere ikke drager nytte af for-anstaltningerne. Vedligehold af tilpasning af spildevand afholdes af ledningsejere.

Tabel 12.2: Samlede vedligeholdelsesudgifter i mio. kr. hvert 5. år for projektet Nordkystens Fremtid. Anlægsoverslaget er delt op i udgifter til strandfodring jf. (Bilag 02), tilpasning af spildevandsudløb jf. (Bilag 12) og regulering af vandløb jf. (Bilag 03).

Fodringsstrækning	**Kikhavn-Liseleje**	**Tisvilde-Vincentstien**	**Rågeleje-Trillingerne**	**Havstokken-Feriebyen**	**Gilbjerghoved**	**Gilleleje-Nakkehoved**	**Munkerup**	**Aalsgaarde**	**Samlet pris**
Vedligeholdelsesfodring Ral, mio kr.	0.8	0.6	0.2	0.4	0.2	0.2	0.5	0.8	3.9
Vedligeholdelsesfodring Sand, mio. kr.	10.0	9.2	3.5	6.2	3.4	1.4	4.1	8.1	45.8
Vedligeholdelsesfodring Ral og Sand, mio. kr.	10.8	9.8	3.7	6.7	3.6	1.6	4.6	9.0	49.8
Vedligehold Vandløb, mio. kr.	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.1	1.1
Vedligehold Spildevand (2 %/år), mio. kr.	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1
Samlet vedligehold, vandløb/spildevand mio. kr.	0.4	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.4	0.2	1.3
Entreprenørbudget, mio. kr.	**11.2**	**9.9**	**4.0**	**6.7**	**3.6**	**1.6**	**5.0**	**9.2**	**51.0**
Anstilling (~4%), mio. kr.									2.0
Rådgiver (~2%), mio. kr.									1.0
Uforudsete (~5%), mio. kr.									2.6
Sum (-25%usikkerhed), mio. kr.									42.5
Sum, mio. kr.									**56.6**
Sum (+25%usikkerhed), mio. kr.									70.8

13. References

Binderup M. Hvordan formes kysten? [Online]. - Naturen i Danmark, 30. august 2016. - 26. september 2023. - https://naturenidanmark.lex.dk/Hvordan_formes_kysten%3F.
COWI Nordkystens Fremtid. Kystteknisk Skitseprojekt [Rapport]. - 2016.
DHI Erosionsatlas, Metodeudvikling og Pilotprojekt for Sjællands nordkyst. Kystdirektoratet8 [Bog]. - 2013.
DHI Nordkystens fremtid - Myndighedsprojekt. Numerisk modellering. Fase2: Kystteknisk grundlag [Rapport]. - 2018c.
DHI Nordkystens fremtid - Myndighedsprojekt. Numerisk modellering. Fase2: Kystteknisk grundlag [Rapport]. - 2018.
Horten Badebroer og kystsikring. Eksisterende badebroer på strækninger, hvor der strandfodres. [Rapport]. - 2019.
Knudsen P. [et al.] An uplift model for Denmark - and work ahead [Rapport]. - [s.l.] : DTU Space, 2016.
Komar P. D. Beach processes and sedimentation [Bog]. - [s.l.] : Upper Saddle River, N.J: Prentice Hall, 1998. - 2.
Kystdirektoratet Højvandsstatistikker 2024 [Rapport]. - 2024.
Kystdirektoratet Kystdirektoratets udtalelse til kommunalt fællesprojekt "Nordkystens Fremtid" - Kystbeskyttelse i form af sandfodring mellem Hundested og Helsingør (Halsnæs, Gribskov og Helsingøre Kommune). - 27. 08 2019.
Kystdirektoratet Kystplanlægger [Online]. - 2020. - https://xn--kystplanlgger-cgb.dk/.
Larsen G. [et al.] Vedledning i Ingeniørgeologisk prøvebeskrivelse [Bog]. - [s.l.] : Dansk Geoteknisk Forening, 1995.
Miljøstyrelsen Habitatbeskrivelser version 1.05. Habitatbeskrivelser, årgang 2016. Beskrivelse af danske naturtyper omfattet af habitatdirektivet (NATURA 2000 typer) // https://mst.dk/media/128611/habitatbeskrivelser-2016-ver-105.pdf. - 2016.
NASA Sea level projection tool [Online]. - N/A. - 26. september 2023. - https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool?type=global.
NIRAS Nordkystens Fremtid. Forundersøgelser. Registrering af eksisterende konstruktioner [Bog]. - 2018c.
NIRAS Nordkystens Fremtid. Miljøkonsekvensvurdering [Rapport]. - 2024e.
WSP Geofysisk og biologisk kortlægning af havbunden ved nordkysten med henblik på placering af stenrev [Rapport]. - 2023a.
WSP Miljøvurderingsrapport (VVM), Råstofindvinding i ansøgningsområde A - Hesselø Bugt [Rapport]. - [s.l.] : Gribskov Kommune på vegne af Nordkystens Fremtid, 2020a.
WSP Miljøvurderingsrapport (VVM), Råstofindvinding i ansøgningsområde Øst - Tisvilde [Rapport]. - [s.l.] : Gribskov Kommune på vegne af Nordkystens Fremtid, 2020b.