

Reersø pumpelag

Forslag til forstærkning af diger.
Skitseprojekt

REERSØ PUMPELAG

8. JANUAR 2019

Indhold

1	Indledning	5
2	Overordnet beskyttelsesstrategi for Reersø	5
3	Eksisterende beskyttelsesforhold - Reersø pumpelag	7
3.1	Oversigt over Reersø Pumpelags interesseområder	7
3.2	Eksisterende beskyttelse	8
4	Hydrauliske forhold	9
4.1	Vandstand	9
4.1.1	Vandstand ved stormflod	10
4.1.2	Klimaforandringer	10
4.1.3	Lokal vindstuvning	11
4.1.4	Dimensionerende vandstand	11
4.2	Bølgeforhold	12
4.2.1	Dimensionerende bølge	12
4.2.2	Bølgeoverskyl	13
5	Generelle kystmorfologiske udvikling	14
6	Skader efter stormen Bodil	16
6.1	Digestrækning 1-2	16
6.2	Digestrækning 3-4	17
7	Naturbeskyttelse	19
8	Eksisterende beskyttelse	20
8.1	Udformning	20
8.1.1	Digestrækning 1-2	20
8.1.2	Digestrækning 3-4	22
8.1.3	Digestrækning 5	23
8.1.4	Digestrækning 6-7	23
9	Kystdirektoratets bemærkninger	25
9.1	Strækning 1-2	25
9.1.1	KDI's bemærkning:	25

9.1.2	Foreslået aktion:	26
9.2	Strækning 3-4	27
9.2.1	KDI's bemærkninger	27
9.2.2	Foreslået aktion	27
9.3	Strækning 5	27
9.3.1	KDI's bemærkninger	27
9.3.2	Foreslået aktion	27
9.4	Strækning 6-7	27
9.4.1	KDI's bemærkninger	27
9.4.2	Foreslået aktion	28
10	Forslag til forstærkning af diger	28
10.1	Digestrækning 1-2	29
10.1.1	Beskrivelse af beskyttelse af digestrækning 1-2	29
10.1.2	Kompensationsfodring	30
10.1.3	Kommentarer til design	30
10.1.4	Berørte matrikler	30
10.1.5	Ejendommen på Knudsvej 44, Matrikel 2y	31
10.2	Overgangen mellem digestrækning 1-2 og 3-4	31
10.2.1	Beskrivelse af beskyttelse af overgangen mellem digestrækningerne	31
10.2.2	Kommentarer til design	32
10.2.3	Berørte matrikler	33
10.3	Digestrækning 3-4	33
10.3.1	Forslag 1: Sikring med tilbagetrukket dige	33
10.3.1.1	Beskrivelse	33
10.3.1.2	Kompensationsfodring	34
10.3.1.3	Kommentarer til Forslag 1	34
10.3.2	Forslag 2: Sikring med forhøjelse af eksisterende dige/stenkastning	35
10.3.2.1	Beskrivelse	35
10.3.2.2	Kompensationsfodring	36
10.3.2.3	Kommentarer til Forslag 2	36
10.3.3	Berørte matrikler	37
10.4	Digestrækning 5	37
10.4.1	Beskrivelse af beskyttelse af digestrækning 5	37
10.4.2	Berørte Matrikler	38
10.5	Digestrækning 6-7	38
10.5.1	Beskrivelse af digestrækning 6-7 – Forhøjelse af vejen	39
10.5.2	Beskrivelse af digestrækning 6-7 - Dige/væg øst for Reersøvej	40
10.5.3	Beskrivelse af digestrækning 6-7 - Dige/væg vest for Reersøvej	42

10.5.4	Kommentarer til design	44
10.5.5	Berørte Matrikler	44
11	Pumpestation	44
12	Anlægsomkostninger – overslag	45
12.1	Digestrækning 1-2	46
12.2	Overgang mellem digestrækning 1-2 og 3-4	46
12.3	Digestrækning 3-4 tilbagetrukket dige	46
12.4	Digestrækning 3-4 forstærkning af dige	47
12.5	Digestrækning 5	47
12.6	Digestrækning 6-7	48
12.7	Samlet projektbudget	49
12.8	Vedligeholdelses- og driftsbudget	50
13	Referencer	51

Tegningsliste

Tegning C3_300: Område 1-2. Plan med eksisterende forhold

Tegning C3_301: Område 1-2. Plan med fremtidige forhold

Tegning C3_302: Område 1-2. Plan med fremtidige forhold og matrikel inddeling

Tegning C3_310: Område 1-2. Snit P1-P4, eksisterende forhold

Tegning C3_311: Område 1-2. Snit P5-P8, eksisterende forhold

Tegning C3_315: Område 1-2. Tværsnit P1-P8 fremtidige forhold

Tegning C3_400: Område 3-4. Plan med eksisterende forhold

Tegning C3_401: Område 3-4. Plan med fremtidige forhold

Tegning C3_402: Område 3-4. Plan med fremtidige forhold, matrikel inddeling

Tegning C3_410: Område 3-4. Snit P10-P11, eksisterende forhold

Tegning C3_415: Område 3-4. Tværsnit P10 fremtidige forhold.

Projekt nr.: 10402778
Dokument nr.: 1229781288
Version 14

Udarbejdet af JAD
Kontrolleret af MLV
Godkendt af JAD

1 Indledning

1. november 2006 blev store dele af Reersø Pumpelags områder oversvømmet af højvande fra syd hen over Reersø vej og ind i afvandingskanaler og lavtliggende ejendomme.

Reersø pumpelag besluttede i 2012 at forbedre sikringen af deres værdier mod lignende og fremtidige situationer med højere vandstande og bølger forårsaget af de forventede klimaforandringer. Som følge heraf udfærdigede NIRAS to rapporter (Ref. /1/ og/2/) omhandlende forslag til hhv. en forstærkning af pumpelagets diger og kystbeskyttelse.

Disse rapporter blev opdateret i juli 2014 med en sammenfattende rapport (Ref. /3/), indeholdende en justering af beskyttelsen på grundlag af erfaringerne fra skader på kystbeskyttelsen og digerne efter stormen "Bodil", 6.-7. december 2013.

Kystdirektoratet (KDI) har efterfølgende kommenteret på de foreslåede forslag til styrkelse af digerne og kysten.

På dette grundlag opdaterede NIRAS beskyttelsen/digerne baseret på Kystdirektoratets bemærkninger (Ref. /4, 5/). Denne opdatering indeholdt desuden skitser til opgradering af pumpekapaciteten samt forslag til at kontrollere oversvømmelserne i den sydlige del af Pumpelagets område nord for Skansen.

Siden 1. maj 2016 har Kystdirektoratet ændret kravene til dokumentation i forbindelse med godkendelse af kystbeskyttelsesanlæg. Dette har givet anledning til en yderligere justering af projektet og dens dokumentation. På dette grundlag fremsendte Pumpelaget 6. februar 2017 ansøgning til KDI om tilladelse til beskyttelse af Pumpelagets område. Inden Pumpelaget fik svar fra KDI, overdrog Pumpelaget sagen til Kalundborg Kommune.

Kystdirektoratet foretog herefter en §2 udtalelse om projektet, som blev sendt til Kommunen og Pumpelaget d. 21-06-2018.

Digerne blev inspiceret 1-10-2018 af Jan Krause, Kalundborg Kommune, Niels Erik Jensen, Formand for Reersø Digelag og Jan Dietrich NIRAS. KDI's bemærkninger og forslag til justeringer af projektet blev drøftet og resultatet heraf indgik i en opdatering af skitseprojektet, som blev udsendt 10. oktober 2018.

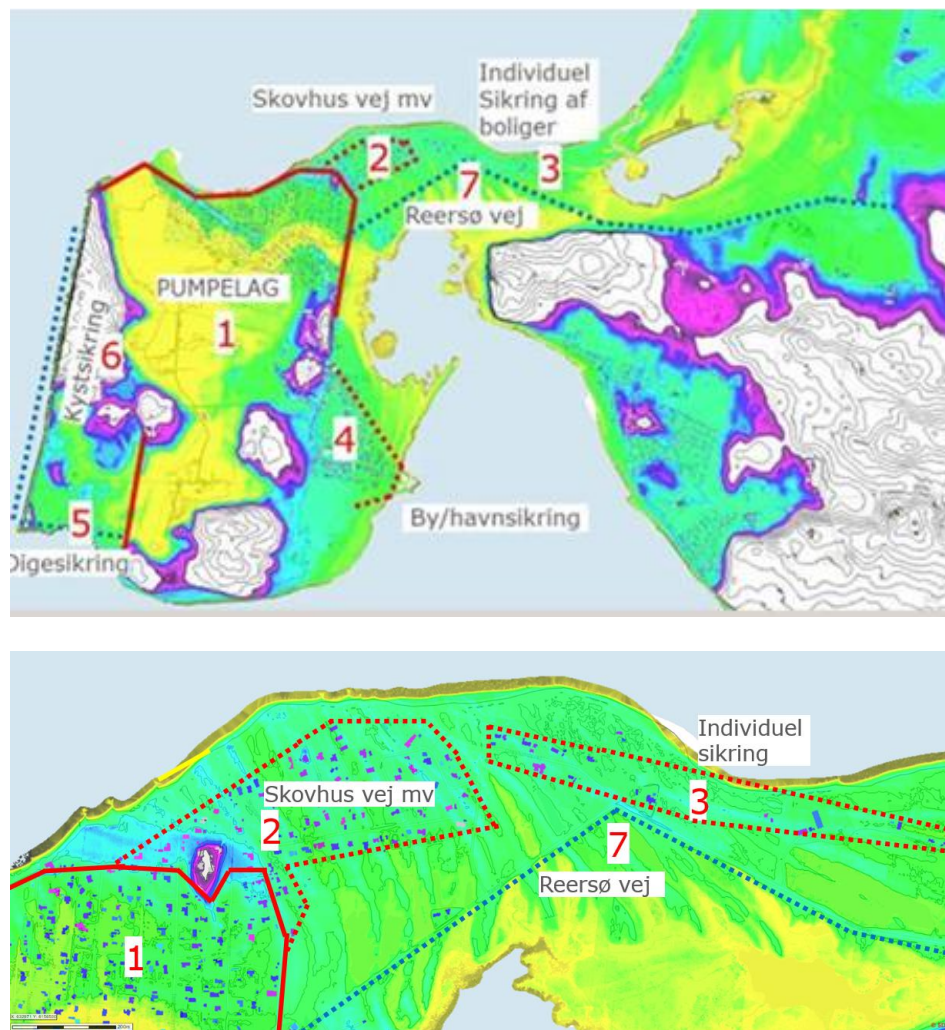
Efterfølgende har Jan Krause og Pumpelaget kommenteret denne opdaterede udgave og ønsket nogle ændringer af skitseprojektet undersøgt specielt med henblik på at reducere arealet af berørte §3 fredede arealer.

Rapporten redegør for KDI's bemærkninger og beskriver i kapitel 8, hvordan projektet er opdateret i henhold til bemærkningerne og efterfølgende drøftelser med Kommunen og Pumpelaget.

2 Overordnet beskyttelsesstrategi for Reersø

NIRAS har vurderet, at man kan dele halvøen op i 7 potentielle oversvømmelsesområder, hvor der bør tages stilling til beskyttelse se Figur 2.1:

Figur 2.1: Oversigt over beskyttelse af Reersø inddelt i 7 uafhængige delområder



Område 1: Det omfatter det nuværende Pumpelag, som har langt de fleste værdier at beskytte.

Område 2: Et mindre område nordøst for område 1, som ikke tilhører pumpelaget og generelt ligger mindre udsat. Her kunne etableres et Digelag og laves et mindre dige til at beskytte husene.

Område 3: En række enkelt-huse som bør beskyttes individuelt, hvis de er interesseret.

Område 4: Der bør udarbejdes en plan for beskyttelse af havn og by. Det kan ske uafhængigt af pumpelagets beskyttelse

Område 5: Digesikring mod syd kan overvejes, men er ikke nødvendigt, da der ikke er store truede værdier.

Område 6: Kystsikring mod vest. Det bør sikres/koordineres at kysten ikke eroderes for hurtigt og på sigt skaber yderligere beskyttelsesbehov.

Område 7: Sikring af Reersøvejen og dermed sikring af beredskab mod oversvømmelse fra øst evt. ved at hæve vejen og/eller opføre et lavt dige syd for vejen, Figur 2.1.

De syv områder har meget forskellige forhold mht. beskyttelse og meget forskellige værdier at beskytte. De er stort set helt uafhængig af hinanden oversvømmelsesmæssigt set, så de kan behandles hver især, uden at det vil få indflydelse på de andre områder.

Det foreslås derfor på dette grundlag, at kommunen går videre med Pumpelagets projekt og tilretter det i henhold til Kystdirektoratets (KDI) bemærkninger.

Endelig anbefales det sideløbende med sikringen af Pumpelagets område, at kommunen overvejer beredskabets adgangsmuligheder til Reersø under stormflod. Stormfloden vil oversvømme Reersøvej, hvis der ikke fortages noget og dermed hindre adgang til Reersø ad vejen.

3 Eksisterende beskyttelsesforhold - Reersø pumpelag

3.1 Oversigt over Reersø Pumpelags interesseområder

Pumpelagets interesseområder er vist på Figur 3.1

Figur 3.1: Pumpelagets interesseområde (brunt og grønt område) bestående af et areal med landbrug (brunt) og et areal med sommerhuse/helårshuse (grønt). Farvelægningen tager udgangspunkt i den fremsendte liste over medlemmer fra Pumpelagets vedtægter og viser pumpelagets samlede interesseområde.

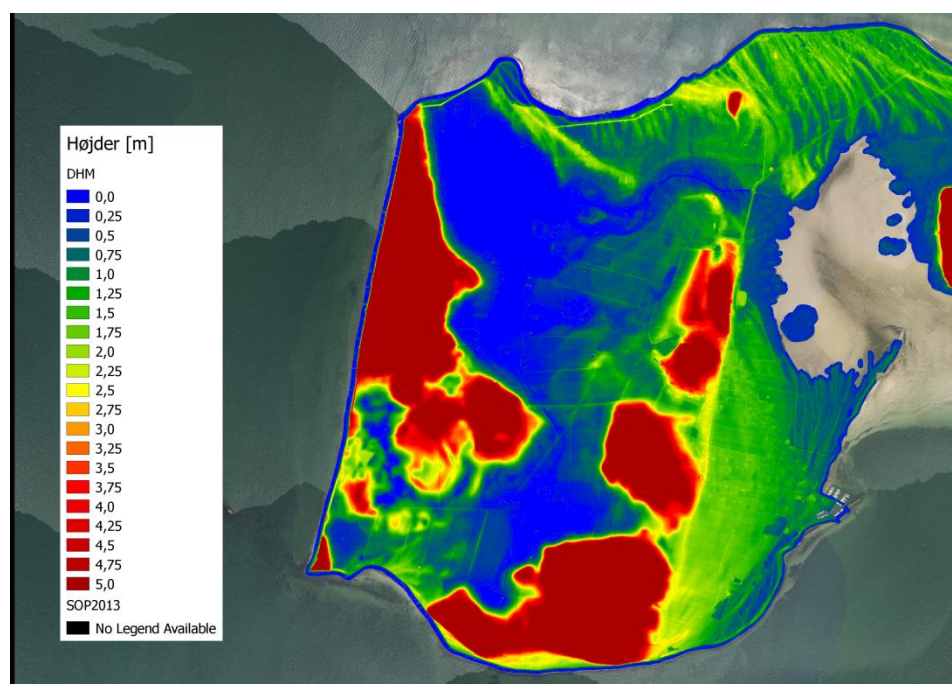


Området omfatter 51 landbrugsmatrikler og 429 sommerhusmatrikler med en samlet skønsmæssig værdi på 150-200 millioner.

3.2 Eksisterende beskyttelse

Reersø har oprindeligt bestået af 4 til 5 –ca. 15 m høje "øer" indikeret med rødt på nedenstående Figur 3.2. Den vestligst beliggende ø har gennem tiden været under nedbrydning af bølger og strøm. Det nedbrudte sand og stenmateriale er blevet ført af bølger og strøm mod henholdsvis nord og syd rundt om den yderste ø, hvor det er aflejret og har forbundet alle øerne med odder og strandvolde.

Figur 3.2: Højdekort over Reersø baseret på Danmarks Højdemodel (2005-2007).



En stor del af det centrale område mellem øerne ligger lavt mellem kote -0,5 til +0,5 m, mens det aflejrede sandmateriale langs kysten typisk ligger i kote +1 m til +2 m DVR90.

For at beskytte de lavere beliggende områder er der tidligere anlagt en række diger, se Figur 3.3. Det er pumpelagets ansvar at vedligeholde disse diger. I nærværende projekt har Pumpelaget besluttet et nyt sikringsniveau, hvorfor eksisterende diger skal forhøjes og/eller forlænges, og enkelte nye diger skal etableres.

Figur 3.3: Eksisterende diger (rød farve) med nummerering. Nye diger (gul).



4 Hydrauliske forhold

Ekstremt forhøjet vandstand i Indre Danske Farvande, især i den nordlige del, forårsages typisk af stormsituationer med ekstremvind fra vest-nord. Dermed er der stor samtidighed (korrelation) mellem ekstrem vandstand og ekstrem bølgepåvirkning på Reersøs nord- og vestkyst.

4.1 Vandstand

Ekstremvandstanden der kan forekomme på den nordlige side af Reersø er sammensat af 4 bidrag:

- et bidrag fra stormflodshændelsen, som er en regionalt forhøjet vandstand,
- et bidrag fra en lokal vindgenereret opstuvning tæt på kysten,
- et bidrag fra den fremtidige stigning af middelvandstanden, grundet de pågående klimaforandringer
- samt et bidrag fra den bølgegenererede stigning af vandstanden tæt på kysten.

Den dimensionerende vandstand, som bestemmes i dette kapitel vil være summen af bidragene fra stormflod, klimaforandringer og lokal vindstuvning, mens bidraget fra den bølgegenererede opstuvning medtages under bølgeforhold (kapitel 4.2).

4.1.1 Vandstand ved stormflod

Stormfloden d. 1. november 2006 førte til ekstreme vandstande i området omkring Reersø. I Tabel 4.1 ses, at der ved denne hændelse blev målt vandstande over +1,60 m DVR90 i de fire nærmeste havne i Storebælt, og at disse hændelser svarer til en returperiode på mellem 50 og 700 år på respektive lokaliteter.

Tabel 4.1: Målte vandstande, korrigeret for landhævning og vandstandsstigning siden 1990, under stormfloden den 1. november 2006 og tilhørende returperiode, Ref. /6/.

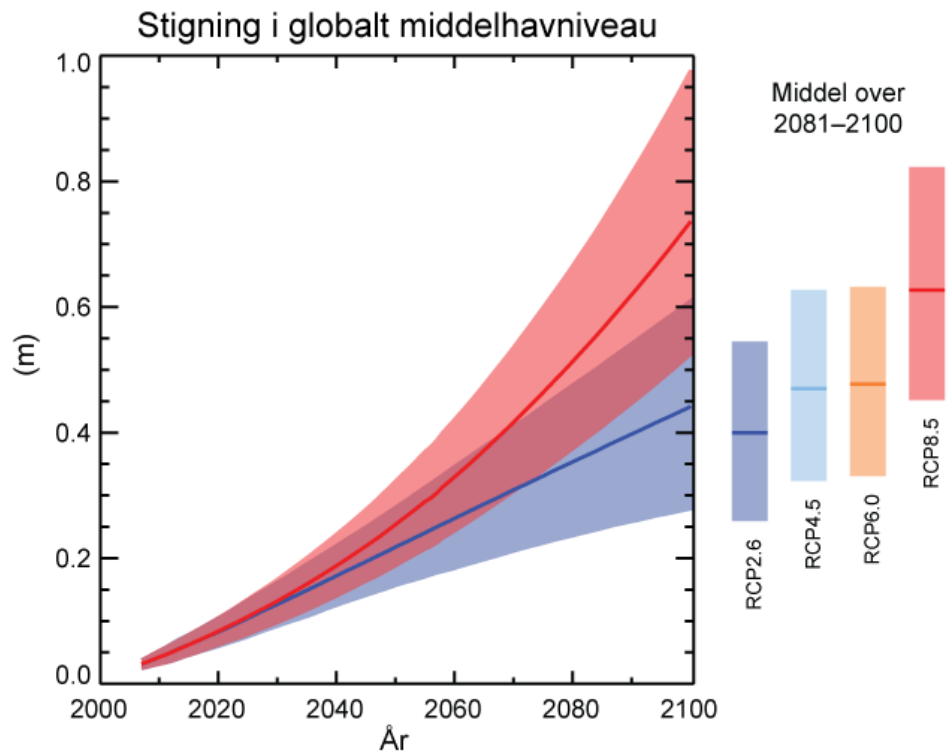
Målestation	Målt vandstand [cm DVR90]	Returperiode [år]
Kalundborg Havn	160	90
Korsør Havn	161	~120
Slipshavn	176	~700
Kerteminde Havn	169	50

Da Korsør og Kalundborg ligger på samme side af Storebælt som Reersø, vurderes disse at være mest sammenlignelige med de vandstande, der kan optræde ved Reersø. Det vurderes derfor, at stormfloden i november 2006 førte til vandstande på ca. +1,60 m DVR90 ved Reersø, hvilket svarer til en returperiode på 100 år. Denne værdi ligger meget tæt op ad KDI's seneste statistik.

4.1.2 Klimaforandringer

FN's klimapanel, IPPC, forudser en stigning af havniveauet over de næste 100 år, grundet afsmeltning af iskapperne og udvidelse af havvandet som følge af temperaturstigninger. IPPC baserer forudsigelsen af havniveaustigningen på 4 klimamodeller, hvor den mest konservative model forudser en middel havniveaustigning på 25 cm mellem år 2000 og år 2050 (se Figur 4.1).

Figur 4.1: FN's klimapanel, IPCC, forudsigtelse af havvandsstigning frem til år 2100, baseret på 4 klimamodeller (RCP2.6, RCP4.5, RCP 6.0 og RCP 8.5). Det beregnede sandsynlige interval vises som skravering af middelværdien (linjen), Ref. /8/.



Den generelle vandstandsstigning betyder, at dybdeforholdene ud for kysten øges. Dette betyder især noget for kysterosionen, som langs Reersøs vestvendte kyster må forventes at øges med den stigende vandstand.

Langs de nord-, syd- og østvendte kyster af Reersø, hvor det eroderede materiale fra den vestvendte kyst aflejres, forekommer der en generel opbygning af kysten. Her skønnes havspejlsstigningen mere eller mindre foran kysten at blive udlignet af kystopbygningen.

4.1.3 Lokal vindstuvning

Grundet den geografiske udformning af Jammerland Bugt er det sandsynligt, at der ved vind fra nordvestlige retninger vil ske en lokal vindstuvning i den sydlige del, og dermed langs Reersøs nordlige kystområde. Idet vandstandene beskrevet i Kapitel 4.1.1 er målt inde i havne er denne vindstuvning ikke inkluderet i målingerne. Derfor tillægges et bidrag på skønsmæssigt 20 cm til den dimensionerende vandstand for de beskyttelsesanlæg, der er placeret på kysten ud mod bugten, dvs. på digestrækning 1-2 og 3-4, se placering på Figur 3.3.

På digestrækninger hvor der ikke forventes lokal vindstuvning (strækning 5 og 6-7) samtidigt med høj vandstand tillægges ingen ekstra bidrag for vindstuvning.

4.1.4 Dimensionerende vandstand

Den dimensionerende vandstand er summen af de 3 bidrag beskrevet ovenfor:

Tabel 4.2: Dimensionsgivende vandstand.

	Strækning 1-2 og 3-4	Strækning 5 og 6-7
Stormflod	+1,60 m DVR90	+1,60 m DVR90
Klimaforandringer	+0,25 m	+0,25 m
Lokal vindstuvning	0,2 m	0
Dimensionerende vandstand	+2,05 m DVR90	+1,85 m DVR90

4.2 Bølgeforshold

4.2.1 Dimensionerende bølge

Bølgeklimate på dybt vand beregnes ved at tage det længste frie stræk på 40 km i vest-nordvestlig retning (297°N) og kombinere dette med en gennemsnitlig vanddybde på 25 meter samt en middelvindstyrke på 20 m/s. Herved fås en dimensionerende bølgehøjde på 2,6 m med en bølgeperiode på 5,8 sekunder.

Bølgehøjden reduceres når bølgerne bevæger sig over lavere vand ind mod kysten. Udviklingen i bølgehøjde modelleres med en MIKE LitDrift model, der beregner bølgehøjden og vandstanden langs bølgens udbredelsesretning mod land. Modellen inkluderer bølgerens drejning (refraktion), samt ekstremvandstanden og bundforholdene på udvalgte lokaliteter.

Udviklingen af bølgehøjden er for digestrækning 1-2 beregnet for profil P1, P3, P6, P7 og P8, hvis placering er vist på Tegning C3_300. Selve profilerne er vist på Tegning C3_310 og C3_311. Tilsvarende er der beregnet bølgehøjder for digestrækning 3-4 langs profilerne vist i plan på Tegning C3_400 og i snit på Tegning C3_410. Profilerne nær kysten er baseret på opmålinger til 6 m vanddybde og på større vanddybde vha. Søkort 141 Storebælt, N-lige del.

Bølgehøjde og vandstand beregnes ved foden af diget for profil P1, P3, P6, P7 og P8 og ved foden af stensætningen for profil P10 og P11, hvilket svarer til 4 m havværts kystlinjen. Resulterende bølgehøjde og vandstand på lavt vand ses i Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Bølgehøjde og vandstand ved foden af diget i profil P1, P3 og P7 og ved foden af stensætningen i profil P10 og P11. Forskellen på den dimensionerende vandstand (+2,05 m DVR90) og vandstanden angivet her er den bølgegenererede opstuvning. Der er ingen bølger ved foden af diget i profil P6 grundet den foranliggende stensætning

Profil	Orientering [°N]	Bølgehøjde [m]	Vandstand [m DVR90]	Dybde [m]
P1	5	0,22	+2,22	0,26
P3	345	0,22	+2,28	0,26
P6	342	-	-	-
P7	328	0,62	+2,20	0,75
P8	330	0,35	+2,29	0,35
P10	333	1,20	+2,10	3,39
P11	333	1,26	+2,09	3,34

Ved profil P6 bryder bølgerne på den eksisterende stensætning, hvorfor der ikke er bølger og bølgeoverskyl på det bagvedliggende dige.

Ovenstående kombination af samtidig højvande og store bølger bruges til at dimensionere digets hældning og topkoten på digets krone.

Digestrækning 3-4 er i dag beskyttet af et dige beskyttet med 2 lag sten.

Ved løsningsforslag med forstærkning af stenkastningen undersøges stabiliteten også for en større bølge på 2 m med ved en lavere vandstand.

4.2.2 Bølgeoverskyl

På baggrund af de resulterende vandstande og bølgehøjder under den dimensionerende hændelse er bølgeoverskyllet beregnet ved hver lokalitet. Bølgeoverskyllet beregnes som 'simple slope' i henhold til ref. /9/. For profil P1 til P8 anvendes en ruhedsfaktor på 1 svarende til græs, og for profil P10 og P11 anvendes en ruhedsfaktor på 0,45 svarende til ét lag dæksten med en vandgennemtrængende kerne.

Tabel 4.4: Overskyl i liter pr. sekund pr. løbende meter på eksisterende diger og stensætninger. Topkoten er den højeste målte kote i profilet og frihøjden er forskellen på topkoten og vandstanden angivet i Tabel 4.3

Profil	Hældning [1:x]	Topkote [m DVR90]	Frihøjde [m]	Overskyl [l/s/lbm]
P1	2,4	2,47	0,25	6,1
P3	2,6	2,69	0,41	1,0
P6	5,7	2,61		
P7	6,3	2,61	0,42	49,7
P8	3,7	2,53	0,24	25,9
P10	2,2	2,40	0,31	190,9
P11	2,2	2,55	0,46	111,4

For at forhindre skader på diget ved overskyl, tillades et overskyl på maksimalt 2-5 l/s/lbm. Det fremgår at overskyllet i profil 1, 7, 8, 10 og 11 overstiger denne grænse.

5 Generelle kystmorfologiske udvikling

Kysten langs de nordre diger (digestrækning 1-2 og 3-4, se Figur 3.3) er vist på følgende billeder.

Figur 5.1: Billeder af stranden langs det nordre dige 1-2 og 3-4 med eksisterende kystbeskyttelse. Alle billeder er taget den 26.01.2014. Placeringen og nummereringen af bølgebrydere og stenkastninger kan ses på Tegning C3_301 og C3_401.



Bølgebryder 1 set mod øst med BB 2-7 i baggrunden.



Bølgebryder 4-7



Bølgebryder 6 og 7 med stensætning i baggrunden



Bølgebryder 5, 6 og 7



Offentlig strand afsluttet med sten pynt i øst



Stenkastning mod NV set mod SV

Offentlig strand fra stenpynt set mod vest.



Stenkastning mod NV set mod NØ ud mod odden

Kystens morfologiske udvikling er karakteriseret af en erosion af klinten mod vest af størrelsesordenen 0,2-0,9 m pr. år gennem de sidste 100 år (Figur 5.2). Det eroderede materiale sorteres af bølgerne, således at det fine materiale bringes ud på større dybder, mens det grove materiale bestående af sten, grus og sand transporteres langs kysten enten mod nord eller mod syd, afhængigt af vindretningen.

Figur 5.2: Kystlinjeændring mellem 1878 (rød linje) og 2015 med lokale kystændringsrater.



Når vinden kommer fra retningerne vest til nord, hvilket normalt forekommer samtidigt med højvande, vil bølgerne transportere sediment rundt om pynten og ind langs kysten foran det nordre dige. Bag pynten findes et lavvandet område, hvor finere materialer aflejres i læ af pynten. Dette område øges med udbygningen af pynten og gør, at stranden her ligger nogenlunde stabilt i dag.

Langs det Nordre dige længere mod øst er der gennem tiden foregået en gennemsnitlig tilbagerykning af kysten med ca. 1 m pr. år, svarende til en årlig erosion på ca. 2.000-3.000 m³. Denne tilbagerykning blev stoppet med anlægget af de 6 eksisterende bølgebrydere.

Et stykke øst for det Nordre dige stabiliseres kysten af en række høfder (Figur 5.2).

Generelt virker pynten som en stor hofde, der giver anledning til en læside erosion, der strækker sig langs stranden foran Nordre dige og et stykke øst herfor.

Hvis bølgebryderne ikke var blevet anlagt, ville stranden foran diget været helt forsvundet og det ville have været nødvendigt at rykke diget tilbage eller alternativt forstærke diget med stensætninger.

Såfremt den nuværende erosion af klinten mod vest på ca. 0,2 m pr. år fortsætter, vil strandene rundt om klintens pynter fortsat blive naturligt fodret med materiale, som vil bidrage til at opbygge strandene i takt med vandstandsstigningen.

Hvis denne naturlige fodring fra nedbrydningen af klinten ikke er nok til at vedligeholde strandene, kan der løbende suppleres med kunstig strandfodring.

6 Skader efter stormen Bodil

Den 6. december 2013 blev kysten ramt af stormen bodil, som også gav anledning til vandstande på ca. +1,6 m DVR90 samtidigt med bølger med højder på 1-2 m.

6.1 Digestrækning 1-2

Det fremgår af billederne (Figur 6.1), at kombinationen af højvande og store bølger fra NV har givet anledning til skader på digets fod og på stensætningen ved den offentlige strand.

Figur 6.1: Billeder af stranden langs det nordre dige 1-2 med eksisterende kystbeskyttelse efter Bodil 6-1-2014



Erosion af digefoden længst mod vest



Erosion istensætningen ved den offentlige strand



Erosion af digefoden bag bølgebryderne



Erosion af digefoden bag bølgebryderne



Erosion af digefod bag bølgebryderne



Høj strandvold skabt af Bodil

6.2 Digestrækning 3-4

Under stormen den 6.-7. December 2013 begyndte bølgerne allerede i løbet af formiddagen at skylle over Reersøs nordvestlige dige (strækning 3-4, se placering på Figur 3.3).

Først på eftermiddagen vurderedes vandstanden til at være 1 m over daglig vande. Omkring kl. 23 måtte beredskabet stoppe, da Reersøvej var oversvømmet med op til 60 cm vand. Under stormen blev diget på strækning 3-4 overskyllet kraftigt, hvormed der kom vand ind over Landervejen, gennem St. Saltsø-området (engen syd for diget og vest for sommerhusene), og ind i sommerhusområdet. Diget på strækning 3-4 lå i kote +2,4 m DVR90 mod vest, faldende til +2,0 m DVR90 på midten og stigende til omkring +2,4 m DVR90 mod øst.

Vandet nåede først afvandingskanalen syd om sommerhusene, og løb således ikke ned i kanalen vest for St. Saltsø, se Figur 6.2. Som følge heraf måtte beredskabet grave en midlertidig afvandingskanal som vist i Figur 6.3.

Figur 6.2: Området omkring sommerhusene med Store Saltsø.



Figur 6.3: Midlertidig afvandingskanal bag dige 3-4. Gravet lige efter Bodil.



Ifølge Danmarks Højdemodel ligger laveste punkt på Reersøvej i kote +1,0 m DVR90, hvilket betyder, at vandstanden under Bodil-stormen må have været omkring +1,6 m DVR90.

Bodil-hændelsen belyste problematikken omkring det manglende beredskab, da adgangen til Reersø tidligt måtte ophøre, eftersom eneste adgangsvej var oversvømmet. Ligeledes blev det klart, at eksisterende afvandingskanaler ikke er korrekt konstrueret, da vandet ikke løb mod kanalerne før der blev gravet en ny kanal langs bagsiden af diget.

7 Naturbeskyttelse

Området imellem digestrækning 1-2 og 3-4 samt digestrækning 3-4 er underlagt §3 naturbeskyttelse. Områderne er udlagt til strandeng, eng og overdrev (Figur 7.1)

Figur 7.1: Beskyttede naturtyper vist med skravering.



På digestrækning 6, øst for Reersøvej, langs vejen forventes højvandssikringen at kunne integreres med den nyligt anlagte vandresti og dermed ikke berøre de tilstødende §3 beskyttede strandengsarealer. Desuden undersøges alternative linjeforløb med højvandssikringen placeret vest for vejen for at reducere påvirkningen af §3 beskyttede områder.

Det betyder, at beskyttende anlæg, som vil ændre leve- og vækstforhold i disse områder, skal minimeres og eventuelle påvirkninger skal kompenseres med erstatningsnatur.

8 Eksisterende beskyttelse

8.1 Udformning

8.1.1 Digestrækning 1-2

Den eksisterende beskyttelse er vist på Tegning C3_300 og på Figur 8.1, som viser numre på bølgebryderne.

Figur 8.1: Nummerering af bølgebryderne på digestrækning 1-2.



Bølgebryder 1 holder i dag kysten på plads ved den vestlige ende af det Nordre dige, men skaber imidlertid også en læsideerosion lige øst for bølgebryderen. Digtets fod er her beskyttet af en række flexfliser.

Bølgebryder 2-7 stabiliserer kysten foran diget. Området mellem Bølgebryder 2-5 har været sandfyldt siden anlægget blev udført. Stranden er bred og yder en god beskyttelse af diget imod bølger.

Bølgebryder 6 og 7 er kun delvist forbundet af en smal tange med land (en såkaldt tombolo). Større bølger kan derfor her komme tættere på diget især under højvande. Anlæg af Bølgebryder 7 har antageligt reduceret den vestgående transport af sand ind mod området bag Bølgebryder 6, hvilket har reduceret tilsandingen landværts for Bølgebryder 6.

Samtidigt øges bølgenes styrke og dermed sedimenttransporten mod vest i takt med, at oddens læ-skabende virkning for bølgerne fra V og NV reduceres.

Bølgebryderne 2-7 virker i dag som én samlet hofde, som giver anledning til læside erosion øst for Bølgebryder 7.

For at sikre mod denne erosion, som kan true diget øst for Bølgebryder 7, er der tidligere etableret en ca. 100 m lang stenkastning langs med stranden, se Figur 8.2 med en kronekote i ca. +1,5 til +1,8 m DVR90.

Stenkastningen blev ødelagt under Bodil (Figur 6.1 og Figur 8.2). Efterfølgende er den renoveret og forstærket med større sten samt forhøjet, så den på det meste af strækningen i dag har en kronekote på +2,5 m DVR90. Lige bag Bølgebryder 7 er stenkastningen ikke forstærket, men blot renoveret til sin oprindelige styrke.

Figur 8.2: Skråningsbeskyttelse øst for bølgebryder nr. 7. Øverst: 2013 før Bodil; midten: 2014 efter Bodil stormen; nederst: 2018 efter forstærkning.



Dato: 2013 før Bodil



Dato: 2014 lige efter Bodil



Dato: 1-10-2018

Ca. 100 m længere øst for stenkastningen rykker kystlinjen ud som følge af sten-/betonrester fra en hofde på ca. 0,6 m vanddybde. Stenene bryder bølgerne og mindsker derved sandtransporten, hvorved sandet aflejres bagved og der dannes en ny ligevægtsform.

Yderligere 60 m mod øst er der opført en hofde, som har samlet lidt sand og skabt en læsideerosion ud for en ejendom, der ligger havværts for diget.

Umiddelbart øst for digestrækning 1-2, uden for Pumpelagets område, ligger ejendommen Knudsvej 44, som er placeret meget tæt på kystlinjen (Figur 8.3). Ejendommen er beskyttet af en relativt stejl stensætning på stranden med topkote i

ca. +2,0 til +2,5 m DVR90. Beskyttelsen vurderes at beskytte ejendommen på et sikringsniveau, der er lavere end det planlagte sikringsniveau for Pumpelagets områder.

Figur 8.3: Høfde og skråningsbeskyttelse ved Knudsvej 44.



8.1.2 Digestrækning 3-4

Den eksisterende beskyttelse er vist på Tegning C3_400.

Digestrækning 3-4 er beskyttet mod oversvømmelse af et dige med kronekote i ca. +2,5 m DVR90. Diget er erosionsbeskyttet med en stenkastning (Figur 8.4), hvis tilstand er undersøgt og fundet i god stand, både over og under vandet.

Figur 8.4: Dige/kysbeskyttelse langs digestrækning 3-4.



8.1.3 Digestrækning 5

I syd er der et lille dige inde i landet med en topkote på ca. +1,4 m DVR90, som beskytter landbrugsarealerne imod oversvømmelse fra syd.

8.1.4 Digestrækning 6-7

Digestrækning 6, som ligger langs Reersøvej, har ikke noget dige i dag. Langs vejens østvendte side ligger en nylagt vandresti på et 4 m bredt plateau (Figur 8.5), som grænser op til §3 fredede arealer, se Kapitel 7.

Figur 8.5: Vandresti langs Reersøvejs østvendte side, hvor Digestrækning 6 er planlagt.



Det kan overvejes, at integrere digestrækning 6 med vandrestien, således at vandrestien kommer til at ligge oven på diget. Herved undgås at berøre det fredede område yderligere. Det undersøges desuden, om det er muligt at udføre højvandssikringen langs vejens vestvendte side. Endelig undersøges det om og hvordan den de af Pumpelaget indkøbte Water tube kan indgå i sikringen mod oversvømmelse fra bugten.

Digestrækning 7 er i dag beskyttet med et dige de første 200 m fra Reersøvej (Figur 8.6) indtil vejen drejer mod venstre. Herefter er der intet dige på de sidste 100 m, hvor vejens kote stiger fra ca. +1,7 m DVR90 til +2,0 m DVR90. Det er vanskeligt at vurdere det eksisterende diges tilstand og præcise højde pga. tæt bevoksning (Figur 8.6).

Figur 8.6: Digestrækning 7 langs Skovvej er beskyttet på de først ca. 200 m indtil vejen drejer mod venstre med et dige med topkote i ca. +1,8-+1,9. Diget er stærkt bevokset.



9 Kystdirektoratets bemærkninger

Kystdirektoratet anerkender indledningsvist i deres bemærkninger:

"at der er behov for erosions- og oversvømmelsesbeskyttelse i området ved Reersø "

Herefter præsenteres Kystdirektoratets bemærkninger til de enkelte delstrækninger og de foreslåede handlinger i de næste to afsnit:

9.1 Strækning 1-2

9.1.1 KDI's bemærkning:

"Det er vigtigt, at det sikres, at vand ikke kan trænge ind i området mellem strækning 1-2 og 3-4. Hertil foreslås i projektet, at der foretages en terrænregulering. Idet formålet med terrænreguleringen er at beskytte mod oversvømmelse, anses det som kystbeskyttelse og forudsætter en tilladelse efter kystbeskyttelsesloven. Terrænreguleringen skal derfor inddrages i det samlede kystbeskyttelsesprojekt.

Der er, så vidt vides, uden tilladelse foretaget udvidelse af en stenkastning beliggende på matr. 5d, Reersø By, Kirke Helsing (se figur 2). Anlægget skal lovliggøres i forbindelse med projektet. Dette kan enten ske ved at stenene fjernes eller at der søges en lovliggørende tilladelse. I forbindelse med en eventuel tilladelse til de udlagte sten, skal det forventes, at der vil blive stillet vilkår om kompenserende fodring, for at mindske påvirkningen på nabostrækninger samt for ikke at reducere adgang til og langs kysten.

Hvis der foretages fodring på strækningen bør Knudsvej 44 inddrages, idet der ligeledes er et behov for kystbeskyttelse. Der bør i forbindelse med udførelse af et kommunalt fællesprojekt foretages en vurdering af, hvorvidt der på strækningen er unødvendige hårde/passive kystbeskyttelses anlæg, som med fordel kan fjernes."

9.1.2 Foreslået aktion:

KDI's bemærkning om at integrere terrænreguleringen mellem strækning 1-2 og 3-4 i projektet, accepteres fuldt ud. Derfor er højdekurverne undersøgt nærmere og der er foretaget en risikovurdering for oversvømmelse af hele pumpelagets område gennem denne overgangsstrækning, se resultatet i kapitel 10.2.

På det grundlag foreslås en 5-årig overgangsløsning hvor et midlertidigt mindre dige bygges. Således sikres:

- at hele pumpelagets område er beskyttet mod en 100-års hændelse her og nu og i de næste 5 år, med den foreslåede midlertidige mindre tilstrækkelige beskyttelse.
- at skabe tid til grundig forhandling om en langvarig bæredygtig løsning med de 4 grundejere, som er beliggende i overgangsområdet og som ikke er medlem af Pumpelaget.

Den omtalte stenkastning på matr. 5d, Reersø By, Kirke Helsingø lovliggøres i forbindelse med projektet og der inkluderes kompensationsstrandfodring som foreslået af KDI. Dette er redegjort i kapitel 10.1.

Ved at inkludere kompensationsfodring har Pumpelaget sørget for, at den ansøgte konstruktion på matrikel 5d er neutral ift. kysterosion nedstrøms for konstruktionen og dermed neutral ift. yderlige erosion ved Knudsvej 44.

Pumpelagets nuværende dige løber i dag på indersiden af Knudsvej 44 og omfatter ikke denne ejendom. Den samlede mest økonomisk optimale løsning vil være at forhøje det eksisterende dige og lave en separat sikring af Knudsvej 44, uafhængigt af Pumpelagets beskyttelse.

Det foreslås derfor, at Pumpelagets forslag fremmes uafhængigt af sikringen af Knudsvej 44 og at der samtidigt tages kontakt til ejeren af Knudsvej 44 for at undersøge de mulige og ønskelige sikringer af denne ejendom med ejeren. For at få et overblik over omkostningerne til sikring af Knudsvej 44 er der i Kapitel 10.1.5 udarbejdet et oversigtligt anlægsbudget. Det fremgår, at det vil koste i omegnen af 3 mio. kr. ekskl. moms at sikre Knudsvej 44 til samme 100-års sikringsniveau som er gældende for Pumpelagets område. Ejeren skal selv dække disse omkostninger.

Mht. KDI's sidste bemærkninger er der i Kapitel 10.1 foretaget en vurdering af om der er unødvendige hårde kystbeskyttelser på strækning 1-2. Bølgebryderne på strækning 1-2 sikrer, at kystlinjen fastholdes, hvilket er helt afgørende for digernes sikkerhed. Imidlertid yder den mest østlige bølgebryder, der ligger med en skrå vinkel ind mod kysten, ikke nogen afgørende beskyttelse af digerne. Men det foreslås at lade den ligge, idet den vil beskytte den foreslåede strandfodring mod erosion.

9.2 Strækning 3-4

9.2.1 KDI's bemærkninger

"Diget kan trækkes tilbage, som foreslået i projektbeskrivelsen, uden Kystdirektoratet vil stille vilkår om kompenserende fodring. Det skyldes, at der i forvejen er erosionsbeskyttelse på strækningen og kysten derfor ikke påføres en yderligere påvirkning.

Stenkastningen er renoveret efter stormen Bodil (figur 3), hvilket Kystdirektoratet umiddelbart ikke har givet tilladelse til. I forbindelse med et kommunalt fællesprojekt skal stenkastningen lovliggøres. Dette kan enten ske ved en fysisk lovliggørelse, hvor stenene fjernes, eller ved en retslig lovliggørelse, hvor Kystdirektoratet giver en lovliggørende tilladelse. En eventuel lovliggørende tilladelse forventes ikke at indeholde vilkår om kompenserende fodring, da der tidligere var erosionsbeskyttelse på strækningen og kysten derfor ikke er blevet yderligere påvirket. Idet der ikke var passagemulighed langs anlægget inden renoveringen blev udført, vil det ikke medføre vilkår om fodring.

Der er tidligere observeret bl.a. armeringsjern og murbrokker i området, hvilket ligeledes skal håndteres i projektet."

9.2.2 Foreslået aktion

I det videre arbejde med at lovliggøre stenkastningen (og dermed opgradere projektbeskrivelsen til et Myndighedsprojekt, som kan anvendes som grundlag for en ansøgning om tilladelse), foreslås det at udarbejde en tilstandsrapport af stenkastningen med tilhørende beskrivelse af anlægget og forslag til fjernelse af armeringsjern, mur- og betonbrokker. Tilstandsrapporten inkluderer en vurdering af de fremtidige udgifter til vedligeholdelse af stenkastningen.

9.3 Strækning 5

9.3.1 KDI's bemærkninger

"Det vurderes umiddelbart at være hensigtsmæssigt at forhøje og forlænge Diget på strækning 5 samt at anlægge et nyt dige i dette område, så der sikres en sammenhængende beskyttelse af området. Det er vigtigt, at digernes opbygning og materialer resulterer i, at digerne kan modstå situationer med høje vandstande og bølger. Det bør desuden sikres, at terrænet i området har en tilstrækkelig høj kote, så vandet ikke løber bag om digerne."

9.3.2 Foreslået aktion

KDI's bemærkninger følges, se Kapitel 10.4.

9.4 Strækning 6-7

9.4.1 KDI's bemærkninger

"Det vurderes umiddelbart, at der kan være fare for at vandet kan løbe bagom dige 6-7 (nord om dige 7 og syd om dige 6), som det er indtegnet i figur 9-4 i skitseprojektet. Det bør undersøges, om der er behov for, at digerne forlænges for at opnå en sammenhængende beskyttelse."

9.4.2 Foreslået aktion

Der foretages en opdatering af projektet efter KDI's bemærkninger, så der sikres en sammenhængende beskyttelse langs digestrækning 6-7, se kapitel 10.5.

10 Forslag til forstærkning af digerene

I det følgende præsenteres forslag til forstærkning af digerene (Figur 10.1), således at det samlede beskyttelsesniveau kommer op på det af Pumpelaget ønskede: en 100 års middeltidsstormflodshændelse med havspejlsstigning frem til år 2050.

Figur 10.1: Oversigt over beskyttede digestrækninger 1-7.



Lige efter etablering af anlæggene vil sikringsniveauet være på ca. 300 år. Med tiden reduceres sikringsniveauet til en 100-års hændelse (Kapitel 4.1) indtil år 2050, når den generelle vandstandstigning vurderes at nå 25 cm.

I overgangsområdet mellem strækning 1-2 og 3-4 foreslås en midlertidig løsning med en mindre terrænregulering, som betyder, at sikringsniveauet "kun" er ca. 100-150 år i en periode på ca. 5 år indtil, der forventes forhandlet en mere permanent løsning på plads med de involverede grundejere på denne korte strækning, se Kapitel 10.2 .

Endelig er der udarbejdet et anlægsoverslag på hvad det vil koste at sikre Knudsvej 44 til samme niveau som er gældende for Pumpelagets område, se Kapitel 10.1.5

10.1 Digestrækning 1-2

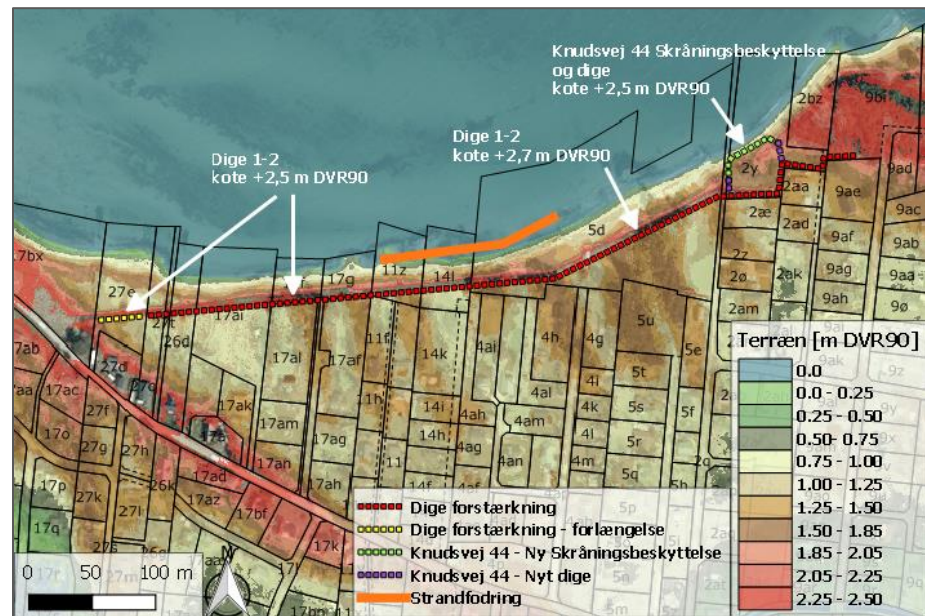
På denne strækning forstærkes og forlænges det eksisterende dige. Strategien var oprindeligt ikke at ændre på den eksisterende erosionsbeskyttelse (bølgebryder og skråningsbeskyttelse).

10.1.1 Beskrivelse af beskyttelse af digestrækning 1-2

Den eksisterende stenkastning er imidlertid blevet forstærket i forbindelse med reparationen efter stormen Bodil. I henhold til KDI's bemærkninger (Kapitel 9.1.1) skal den derfor godkendes af myndighederne. Det betyder også, at projektet skal suppleres med en kompensationsfodring for denne erosionsbeskyttelse.

Det bemærkes, at digeforstærkningen i nærværende projektopdatering er blevet forlænget ca. 40 m mod vest, så den nu også dækker Matrikel 27d, se Figur 10.2.

Figur 10.2: Løsningsforslag til beskyttelse langs digestrækning 1-2



Pumpelaget har ønsket, at den nuværende kronekote på ca. +2,5 m DVR90 så vidt muligt fastholdes. For at mindske overskyllet fra bølger ved profil P7 og P8 (se placering af P7 og P8 på Tegning C3_300) er det dog nødvendigt at hæve dige-koten på denne kortere strækning med 20 cm.

For at opnå den ønskede sikkerhed foreslås det at udføre følgende anlæg (se plan Tegning C3_301 og tværsnit Tegning C3_315):

- Digets nuværende centerlinje rykkes ca. 3-5 m ind i land, hvorved anlægget på forsiden øges til ca. 1:10.
- Diget afsluttes på bagsiden med en grøft som forbindes til de eksisterende afvandingskanaler, således at evt. bølgeoverskyl kan ledes væk og pumpes ud af området via pumpestationen.
- Diget udføres med en mindst 3 m bred krone med kote i +2,5 m DVR90 fra vest indtil enden af den eksisterende stensætning 80 m øst for bølgebryder 7. Herfra og indtil diget drejer mod øst udføres det med en 5 m bred krone i kote +2,7 m DVR90 for at reducere bølgeoverskyl. På de sidste ca. 150 m udføres

diget fra kote +2,5 m DVR90 jævnt til kote +1,8 m DVR90 og med en kronebredde på 3 m. Langs de sidste ca. 60 m mod øst ved matrikel 2aa og 2ae, hvor der ikke er dige i dag, udføres en kombination af et smalt lavt dige (væg) i skellet og/eller lavt jorddige, der hvor der er plads hertil.

- Fortsat at fastholde den nuværende kystlinjeplacering vha. den eksisterende erosionsbeskyttelse med bølgebrydere og stenkastning.

10.1.2 Kompensationsfodring

Det er nødvendigt at strandfodre for at kompensere for den læsideeffekt skråningsbeskyttelsen kan give anledning til.

Kysttilbagerykningen vurderes (lidt på den sikre side) at være ca. 0,5 m/år, dersom der ikke udføres en skråningsbeskyttelse. Erosionen sker over et kystprofil med en samlet højde på 4,5 m, svarende til summen af konstruktionens højde på +2,5 m DVR90 og en havværts bundkote på -2 m DVR90, hvorimellem profilet eroderes på denne lokalitet.

Den samlede anbefalede strandfodringsmængde er:

- Tilbagerykning pr år: $T = 0,5 \text{ m/år}$
- Kysthøjde der eroderes: $H = 4,5 \text{ m}$
- Længde af konstruktion: $L = 100 \text{ m}$
- Årlig kompensationsmængde: $K = T \times H \times L = 225 \text{ m}^3/\text{år}$.

Det foreslås at indbygge en sandmængde svarende til 5 års kompensations-sandmængde i forbindelse med forstærkningen af digerene. Dvs. en samlet mængde på 1.125 m^3 .

Det anbefales at udlægge fodringen på stranden fra Bølgebryder nr. 5 (Tegning C3_302 og Figur 6.1) til den østlige ende af skråningsbeskyttelsen. Ved at udlægge sandet bag bølgebryderne vil afgivelse af sandet til strækningen øst for fodringsområdet være langsommere end hvis alt blev lagt direkte foran stenkastningen.

10.1.3 Kommentarer til design

Det valgte design følger Kystdirektoratets anbefalinger mht. at trække diget tilbage og udføre diget med en fladere forside, hvorpå bølgerne kan løbe af.

Da den ca. 100 m lange stenkastning på strækningen er forstærket, er der inkluderet en kompensationsfodring i projektet.

De foreslåede forstærkninger omfatter ikke områder, der er underlagt naturbeskyttelse.

Behovet for overløbsgrøften, samt eventuelle dimensioner af denne, bestemmes i projektets detailfase.

10.1.4 Berørte matrikler

Følgende matrikler, som alle ligger inden for Pumpelagets interesseområde, berøres af digets forstærkning: 27e, 27q, 27t, 26d, 17ai, 17al, 17af, 17f, 17g, 11f, 11g, 11z, 14l, 5d, 4h, 4ah, 4ai, 9ae, 2aa, 2æ. Desuden berøres matrikel 2y, som ligger uden for Pumpelagets interesseområde. Matriklerne kan ses på Tegning C3_302.

10.1.5 Ejendommen på Knudsvej 44, Matrikel 2y

Pumpelaget foretager kompenserende strandfodring for forstærkningen af stenkastningen på denne strækning. Det betyder, at Pumpelaget dermed kompenserer de grundejere beliggende nedstrøms, herunder ejendommen på Knudsvej 44, for den manglende tilførsel af sand fra den erosionsbeskyttede strækning.

Ejendommen på Knudsvej 44 ligger i dag uden for Pumpelagets område. For at få et indtryk af, hvad det økonomisk vil betyde at inkludere ejendommen i Pumpelaget er der udarbejdet et skønsmæssigt anlægsbudget for beskyttelse af ejendommen.

Anlægsbudgettet forudsætter, at ejendommen sikres til samme niveau som resten af Pumpelagets område, hvilket skønsmæssigt vil koste ca. 3 millioner kr. ekskl. moms.

Den mest naturlige fordeling af denne udgift er, at ejeren af Knudsvej 44 selv afholder denne udgift. En model kunne også være at fastholde Pumpelagets beskyttelse og inkludere Knudsvej 44 i Pumpelaget på betingelse af, at ejeren selv dækker udgifterne til sikringen af ejendommen.

Under alle omstændigheder bør løsningen med Knudsvej 44 ikke forsinke sikringen af Pumpelagets område.

Det anbefales at tage kontakt til ejeren og drøfte de forskellige løsningsmuligheder.

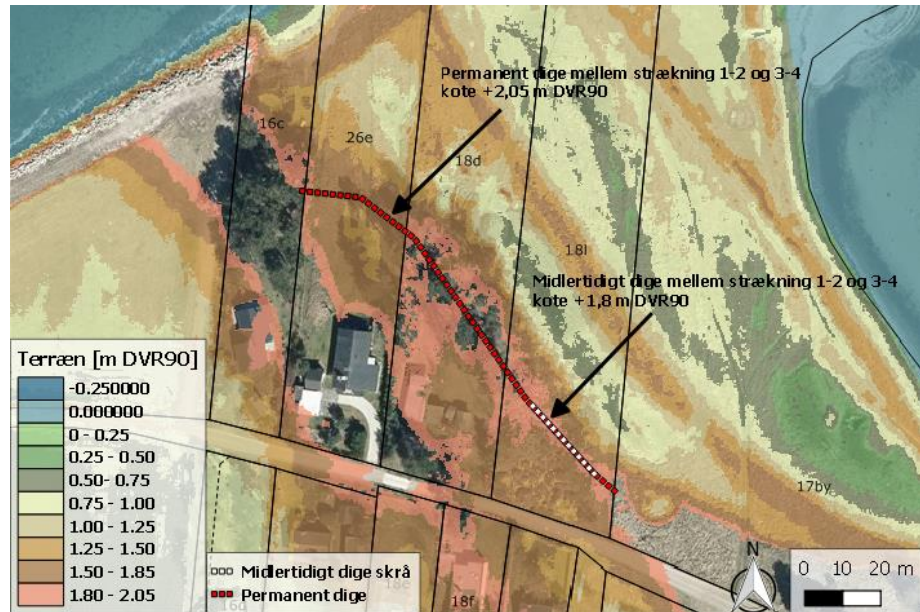
10.2 Overgangen mellem digestrækning 1-2 og 3-4

Denne strækning dimensioneres for en vandstand på +2,05 m uden tillæg af bølger, da de dimensionsgivende bølger fra nord og nordvest reduceres til en minimal størrelse, når de løber hen over det eksisterende terræn bestående af strandvolde.

10.2.1 Beskrivelse af beskyttelse af overgangen mellem digestrækningerne

Mellem digestrækning 1-2 og 3-4 er der i dag en lavning, hvor vandstande over +1,5 m DVR90 kan forårsage oversvømmelse af Pumpelagets områder (Figur 10.3).

Figur 10.3: Højdeforhold og forslag til terræn regulering mellem dige 1-2 og dige 3-4



Det foreslås at regulere terrænet i dette overgangsområde som illustreret på Figur 10.3. Da terrænreguleringen ligger uden for Pumpelagets område anbefales det at tage kontakt til alle de berørte ejere.

Terrænreguleringen foretages i samarbejde med ejerne af de berørte matrikler så skånsomt som muligt ved at skrabe det eksisterende lag topmuld af, foretage en landskabelig regulering og slutteligt lægge mulden forsigtigt tilbage. Herved vil påvirkningen af det §3 beskyttede strandensområde blive minimal.

Det kan overvejes, hvis forhandlingerne med de involverede ejere trækker ud, at udføre terrænreguleringen i to tempi:

- Samtidigt med at hele Pumpelagets område sikres til et 100-års sikringsniveau frem til år 2050, sikres denne delstrækning til kote +1,8 m DVR90, svarende til et 100-års sikringsniveau i de næste fem år. Denne løsning er vist på Figur 10.3. En sådan løsning vil kun involvere 1 ejer, nemlig ejeren af ejendommen på Matrikel 18l.
- Dernæst anvendes de fem år til at forhandle en mere permanent løsning med alle grundejerne, således at der skabes en sammenhængende sikring af hele Pumpelagets område til ét og samme sikringsniveau imod en 100-års stormflod frem til år 2050.

Reguleringen foregår i et naturbeskyttet strandensområde.

10.2.2 Kommentarer til design

Terrænreguleringen omfatter relativt små justeringer af terrænoverfladen af størrelsesordenen 0,1 - 0,5 m. Anlægsarbejdet foretages skånsomt og afrettes med eksisterende muld/sandlag således, at den nuværende naturbeskyttede strandeng (se Figur 7.1) kan bevares.

Diget vil afskære et mindre lavtliggende område (ca. 10.000 m²), som i dag er udlagt som strandeng, hvormed strandengen med tiden omdannes til eng/overdrev.

10.2.3 Berørte matrikler

Følgende matrikler vil blive berørt af løsningen: 16c, 26e, 18d, 18l og 17by, som alle er beliggende uden for pumpelagets interesseområde. Matriklerne kan ses på Tegning C3_402.

10.3 Digestrækning 3-4

Stenkastningen, som erosionsbeskytter digestrækning 3-4, er blev renoveret efter Bodil og ligger i dag i kote +2,5 m DVR90, beskyttet af 1-2 lag dæksten på et lag af filtersten på forsiden. Diget er ved højvande påvirket af 1-2 m høje bølger. Konstruktionen af den renoverede stenbeskyttelse er undersøgt både over og under vand og er fundet at være i god stand.

Diget vurderes at kunne modstå en højvandssituation i dag med bølgepåvirkning af samme styrke som stormen Bodil, dvs. +1,60 m DVR90 højvande og bølger med højder på 1-2 m.

Den dimensionerende vandstand er bestemt til +2,05 m DVR90, svarende til en 100-års situation i år 2050, hvilket er ca. 0,5 m højere end under stormen Bodil, mens de samtidige bølger skønnes at være af samme størrelsesordenen på 1-2 m eller måske lidt større. Den højere vandstand betyder, at bølgerne i den dimensionerende situation sender store mængder vand ind over det eksisterende dige. Det vil være meget vanskeligt og næsten praktisk umuligt at håndtere så store mængder vand under selve stormen, uden stor risiko for oversvømmelse af pumpelagets område.

Med stort overskyl er der desuden risiko for, at stenkastningen lider skade. Sker det, er der risiko for, at vandet løber direkte ind fra Storebælt og ind over pumpelagets område.

Sammenbrud af stenkastningen vil derfor have særdeles store konsekvenser.

I det følgende er der udarbejdet to forslag til beskyttelse. Det ene (Forslag 1) tager udgangspunkt i at supplere det eksisterende dige med et tilbagetrukket dige, mens det andet (Forslag 2) omfatter en forhøjelse og forstærkning af det eksisterende dige langs kysten.

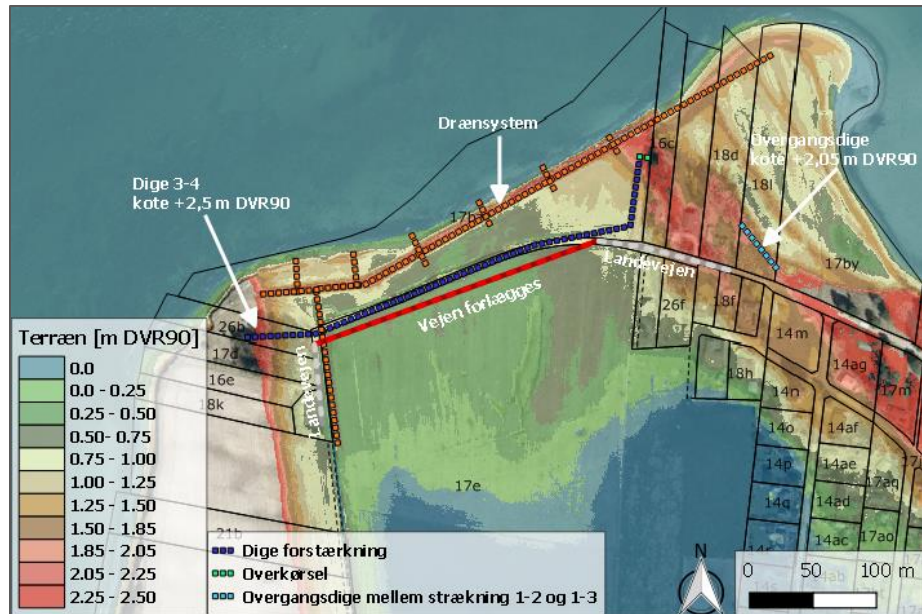
10.3.1 Forslag 1: Sikring med tilbagetrukket dige

10.3.1.1 Beskrivelse

I dette forslag suppleres det eksisterende dige med et tilbagetrukket dige som skitseret på Figur 10.4 og Tegning C3_401. Diget bygges med en topkote på +2,5 m DVR90 og med en 3 m bred kronkote samt anlæg 1:4 på forsiden (havværts) og 1:3 på bagsiden (landværts), Tegning C3_415.

Diget starter i øst, lige vest for husene på det højeste sted og løber langs en sti ud til det eksisterende dige ind mod Landervejen. Inden Landervejen drejer diget mod vest og følger den forlagte Landervejen indtil det møder naturlig terræn i kote +2,5m. For at skabe tilstrækkeligt område mellem stenkastningen og jorddiget til det overskyllende vand forlægges en del af Landervejen og jorddiget anlægges oven på den nuværende vej hen mod pynten. Mellem diget og den ny-anlagte vej anlægges en afvandingsgrøft, som afleder overskyl til den eksisterende afvandingskanal. Diget beskytter således vejen som bruges som adgangsvej til parkeringspladsen, for vedligeholdelse samt i beredskabssituationer.

Figur 10.4: Oversigt over foreslåede tiltag i forbindelse med højvandsbeskyttelse af digestrækning 3-4 med tilbagetrukket dige til kote +2,5 m DVR90.



Digets linjeføring og tværsnit er vist på henholdsvis Tegning C_401 og C_415.

Mellem diget og stenkastningen anlægges drænsystemer til at afdræne området enten ud i havet eller til pumpestationen. Drænene kan lægges med en bundkote i f.eks. +1 m DVR90, hvorved der kan strømme vand ind på området mellem stenkastningen og jorddiget under højvande. Dette betyder, at området omdannes fra eng til strandeng med regelmæssig oversvømmelse. Dræning lige bag stenkastningen kan forbindes til pumpelagets drænsystem.

Drænsystem afklares nærmere under detailprojekteringen.

Under ekstreme højvande vil der dannes en sø mellem jorddiget og stenkastningen med samme vandstand som uden for stenkastningen. Det vil reducere risikoen for erosion fra overskyllende vand på bagskråningen af stenskråningen.

Det anbefales som en del af den fremtidige vedligeholdelse at påbegynde en forstærkning af det eksisterende dige ved at tilføre et lag sten på toppen af diget for at reducere overskyl og dermed risikoen for erosion af digets bagside. Under stenene indbygges filterlag og geotekstil.

10.3.1.2 Kompensationsfodring

I tilfældet med tilbagetrukket dige er der ikke foretaget nogen ændring af erosionsbeskyttelsen, hvorfor der ikke er inkluderet nogen kompensationsfodring på denne strækning. Dette er i overensstemmelse med KDI's bemærkninger i Kapitel 9.2.1.

10.3.1.3 Kommentarer til Forslag 1

Det er valgt at supplere den eksisterende kombinerede erosionsbeskyttelse og højvandssikring med et ekstra tilbagetrukket jorddige. Jorddiget sikrer mod oversvømmelse af vejen (beskyttelse af infrastruktur) og mod oversvømmelse af pumpelagets områder.

Den eksisterende stenkastning virker dermed som en erosionsbeskyttelse, der forhindrer bølgerne i at nå jorddiget. Stenkastningen søges gjort lovlig samtidigt med fremsendelsen af det samlede myndighedsprojekt.

Det nye jorddige vil optage et areal på 5.600 m² af det naturbeskyttede engareal.

10.000 m² af det nuværende engareal kan med denne løsning omskibes til strandeng som således fungerer som erstatningsnatur.

I nærværende projektopdatering er den nordlige ende af det foreslåede dige forlænget henover grusvejen, for helt at sikre til kote +2,5 m DVR90.

10.3.2 Forslag 2: Sikring med forhøjelse af eksisterende dige/stenkastning

10.3.2.1 Beskrivelse

I dette tilfælde tages udgangspunkt i det eksisterende dige/stenkastning ved at forstærke og forhøje anlægget således, at det er stabilt ift. designforholdene med bølgehøjder på 1,5-2 m og samtidige vandstande på +2,05 m samt overskylskriteriet på max 5 l/s/m dige.

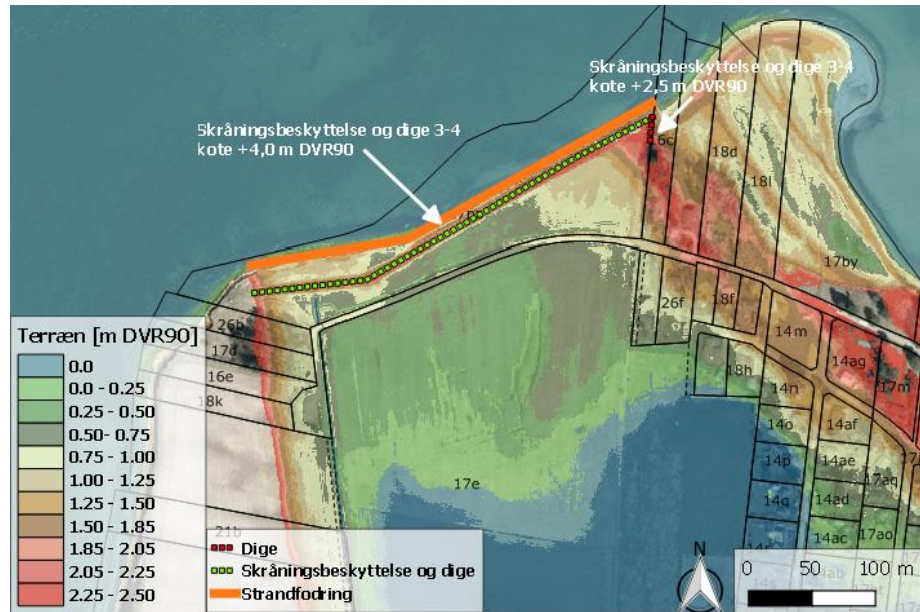
Digets nuværende hældning på ydersiden på 1:2 fastholdes og kronen hæves til en topkote på +4,0 m DVR90. Bredden af kronen sættes til 3 m og bagsiden udføres med en hældning på 1:3. Langs digets inderside udføres en kanal til opsamling af overskyllende vand.

Dækstenslaget øges med et lag større dæksten med en diameter $D_{n,50}$ på 1 m for at kunne modstå bølger på 2 m.

I forhøjelsen af skråningsbeskyttelsen anvendes to lag dæksten, hvor det inderste lag dæksten har en diameter, $D_{n,50}$ på 0,5 m.

Profilet er vist på Tegning C3_415.

Figur 10.5: Oversigt over løsningsforslag med forstærkning og forhøjelse af eksisterende stenkastning og dige til kote +4,0 m DVR90.



10.3.2.2 Kompensationsfodring

I tilfældet med forstærket dige vil der antageligt blive stillet krav om kompensationsfodring svarende til hele konstruktionens blokering af den naturligt forekommende kroniske erosion, som er vurderet til ca. 0,9 m/år, se Figur 5.2.

Erosionen sker over et kystprofil med en samlet højde på 5 m, svarende til terrænet højde på +1 m DVR90 og en erosionskote på denne lokalitet på -4 m DVR90.

Den samlede anbefalede strandfodringsmængde er:

- Tilbagerykning pr år: $T = 0,9 \text{ m/år}$
- Kysthøjde der eroderes: $H = 5 \text{ m}$
- Længde af konstruktion: $L = 350 \text{ m}$
- Årlig kompensationsmængde: $K = T \times H \times L = 1.575 \text{ m}^3/\text{år}$.

Det foreslås at indbygge en sandmængde svarende til 5 års compensation i forbindelse med forstærkningen af digerne. Dvs. en samlet mængde på ca. 8.000 m³.

Derefter skal der afsættes et årligt budget svarende til en årlig fodring på ca. 1.600 m³.

10.3.2.3 Kommentarer til Forslag 2

Sikringen af pumpelagets område er især meget afhængigt af sikringen langs digestrækning 3-4. Hvis dette dige bryder sammen vil hele Pumpelagets område blive oversvømmet meget hurtigt via de lavtliggende områder bag diget, hvilket vil indebære store skader og skabe meget vanskelige beredskabsforhold til sikring af værdier og menneskeliv. Som en konsekvens heraf er der arbejdet med en høj sikkerhed i form af store stenstørrelser og krav om små tilladelige overskylsmængder langs denne dige strækning.

Omkostningerne til forstærkning af den eksisterende beskyttelse er større end til det tilbagetrukne dige (Forslag 1). Udsigtsforholdene reduceres med forstærkningen af det eksisterende dige (Forslag 2), da det har en højde på ca. 3 m over eksisterende terræn. Robustheden i Forslag 2 er mindre end i Forslag 1, idet Forslag 1 ikke påvirkes af bølger, som kan skabe pludselige skader pga. uforudset bølgepåvirkning. En evt. skadeudvikling skønnes at tage længere tid i Forslag 1 end i 2, hvorved mulighederne for håndtering heraf samt begrænsning af skaderne øges.

Endelig vil Forslag 2 reducere påvirkningen af §3 beskyttet natur væsentligt.

10.3.3 Berørte matrikler

Følgende matrikler vil blive berørt af løsningen: 26b 17e 17bz alle beliggende inden for pumpelagets interesseområde. Matriklerne kan se på Tegning C3_402.

10.4 Digestrækning 5

10.4.1 Beskrivelse af beskyttelse af digestrækning 5

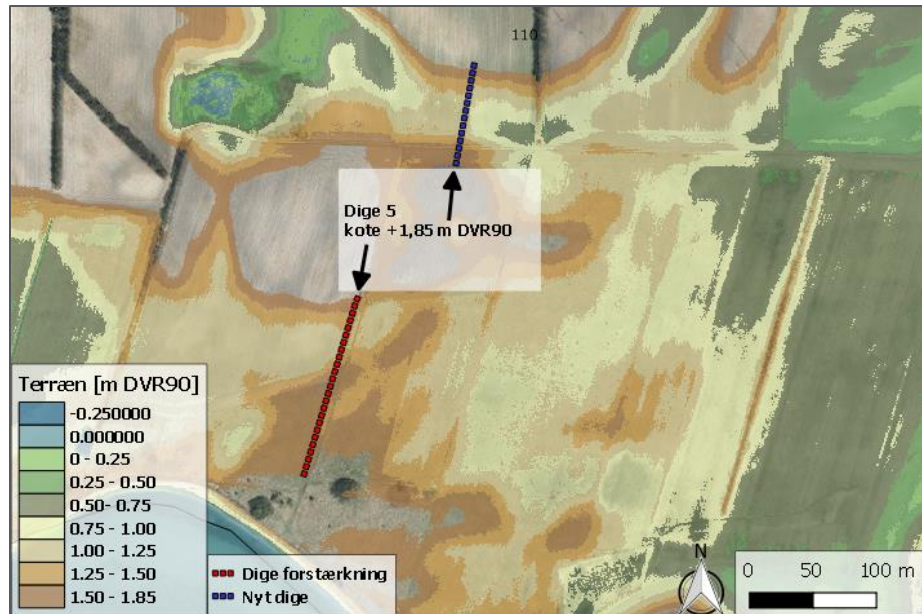
Langs Reersø's vestvendte kyst er landbrugsarealerne i første række beskyttet af naturlig terræn og diger med topkote i +2,2 til +2,5 m DVR90. Kysten mod syd er beskyttet af naturlig terræn og diger med topkoter der variere mellem +1,25 og +2,5 m DVR90. Begge disse strækninger forventes at være påvirket af bølger, det sydlige dog ikke i forbindelse med højvande fra nord. De to digestrækninger mod kysten er ikke en del af pumpelagets interesseområde.

Det lille eksisterende dige på denne delstrækning (Figur 10.6) ligger inde i landet langs den sydvestlige grænse af pumpelaget. Diget forventes ikke at være udsat for bølgepåvirkning eller vindstuvning under det dimensionerende scenarie.

Det foreslås derfor at forhøje dette dige fra kronekote +1,4 m DVR90 til +1,85 m DVR90, hvorfor det også bliver nødvendigt at forlænge diget med ca. 100 m så det forbindes med terræn i kote +1,85 m DVR90.

Dette bringer diget op på en længde på ca. 150 m. Samtidig bør det sikres, at strækningen ud mod kysten opretholder en minimumskote på +1,85 m DVR90, da den enkelte steder er nede omkring +1,7 til +1,8 m DVR90.

Figur 10.6: Forslag til forstærkning af dige 5 og 5A (nyt dige).



Lige nord for dette dige er der en lavning, hvortil der kan strømme vand fra vest dersom digerne ud mod Storebælt ikke vedligeholdes. Det foreslås derfor, at overveje sikre Pumpelagets grænse med et nyt lavt jorddige (5A) også til kote +1,85 m DVR90 som vist på Figur 10.6.

10.4.2 Berørte Matrikler

Følgende matrikel berøres: Nr. 100.

10.5 Digestrækning 6-7

Digestrækning 6-7 er ikke udsat for bølger eller særlig vindstuvning, og behøver derfor kun at være sikret mod forhøjet vandstand til kote +1,85 m DVR90. Det anbefales dog at øge kronekoten på det nordligste af strækningen til +1,95 DVR90, da vand evt. kan strømme til fra nord, hvor den dimensionsgivende vandstand er på +2,05 m DVR90.

For digestrækning 6 er der principielt 3 muligheder: enten forhøjes vejen så den virker som dige eller også placeres der diger langs vejen. Disse diger kan enten placeres øst eller vest for vejen. Disse forskellige løsninger behandles i Kapitel 10.5.1 til Kapitel 10.5.3.

Opbygningen af diget kan enten ske som et mindre jorddige og/eller som en mindre væg langs vejen. Endelig er der også mulighed for at kombinere den faste beskyttelse af diger og vægge med en mobil Water tube, som placeres langs vejen inden denne oversvømmes og som forhindrer vandet i at løbe over vejen og ind i sommerhusområdet.

Hvis området sikres med Water tubes skal disse mobiliseres hver gang vandstanden kan nå over kote +1,5 m DVR90. Dette vil allerede være ved varsling om vandstand på +1,2 m DVR90, for at tage højde for, at vandstandsprognoser er behaftet med en usikkerhed på mindst 20-30 cm.

Med den generelt stigende vandstand vil antallet af situationer med vandstand over +1,2 m DVR90 stige og være i størrelsesorden 1 gang hver 10. år i dag falvende til en gang om året om 10 år. Det vil give anledning til en del arbejde og driftsomkostninger og måske usikkerhed blandt ejerne ift. om sikkerheden overholdes. Når dertil kommer, at anlægsbudgettet sammenlignet med det samlede budget udgør mindre end 10 %, er det NIRAS anbefaling, at basere løsningen enten på en forhøjelse af vejen eller etablere faste konstruktioner langs Reersøvej. Water tubes kan inkluderes som et ekstra redskab der kan bruges af beredskabet til at imødegå uforudsete hændelser.

Alt i alt vurderes det, at en løsning enten med forhøjelse af vejen eller med faste diger/væg langs vejen er en mere sikker og robust løsning for sommerhusområdet end en løsning baseret udelukkende på mobile Water tubes.

10.5.1 Beskrivelse af digestrækning 6-7 – Forhøjelse af vejen

Fra busholdepladsen i syd, hvor koten forventes at være ca. +1,85 m DVR90 til pumpestationen i nord, hvor vejens topkote er +1,5 m DVR90 hæves vejen, således at den på hele Digestrækning 6 har en topkote på +1,85 m DVR90 (Figur 10.7). Ved pumpestationen etableres et bump eller udføres en jævn overgang til den eksisterende vej. Koten ved busholdepladsen skal kontrolleres og asfalt evt. efterreguleres til kote +1,85 m DVR90. Diget vest for vejen (Strækning 7) forbindes med den hævede vej, således at vandet ikke kan løbe ind i Pumpelagets område.

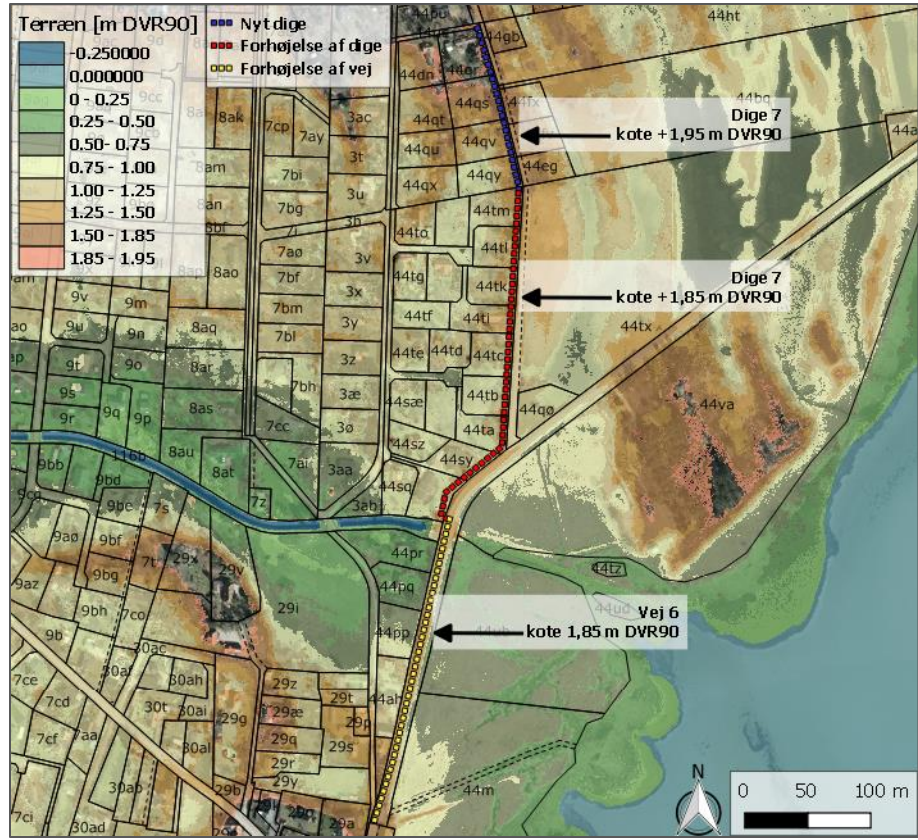
Figur10.8 viser snit gennem den hævede vej ved pumpestationen.

Digestrækning 7 udføres på samme måde for de tre varianter for sikring af Digestrækning 6.

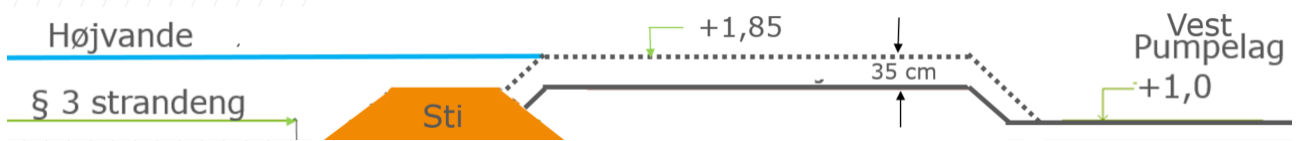
Det eksisterende dige langs vestsiden af Skovhusvej bør ryddes for beplantning og kontrolleres for styrke og højde. Er kronekoten ikke i kote +1,85 m DVR90 bør diget hæves.

Slutteligt sikres det, at den nordlige ende af det eksisterende dige opretholder kote +1,95 m DVR90 indtil det når en naturlig terrænkote på +1,95 m DVR90. Dermed skal det eksisterende dige forlænges som vist med blå linje på Figur 10.7.

Figur 10.7: Oversigt over foreslåede tiltag til beskyttelse mod oversvømmelse langs delstrækning 6-7 med forhøjelse af vejen til kote +1,85 DVR90.



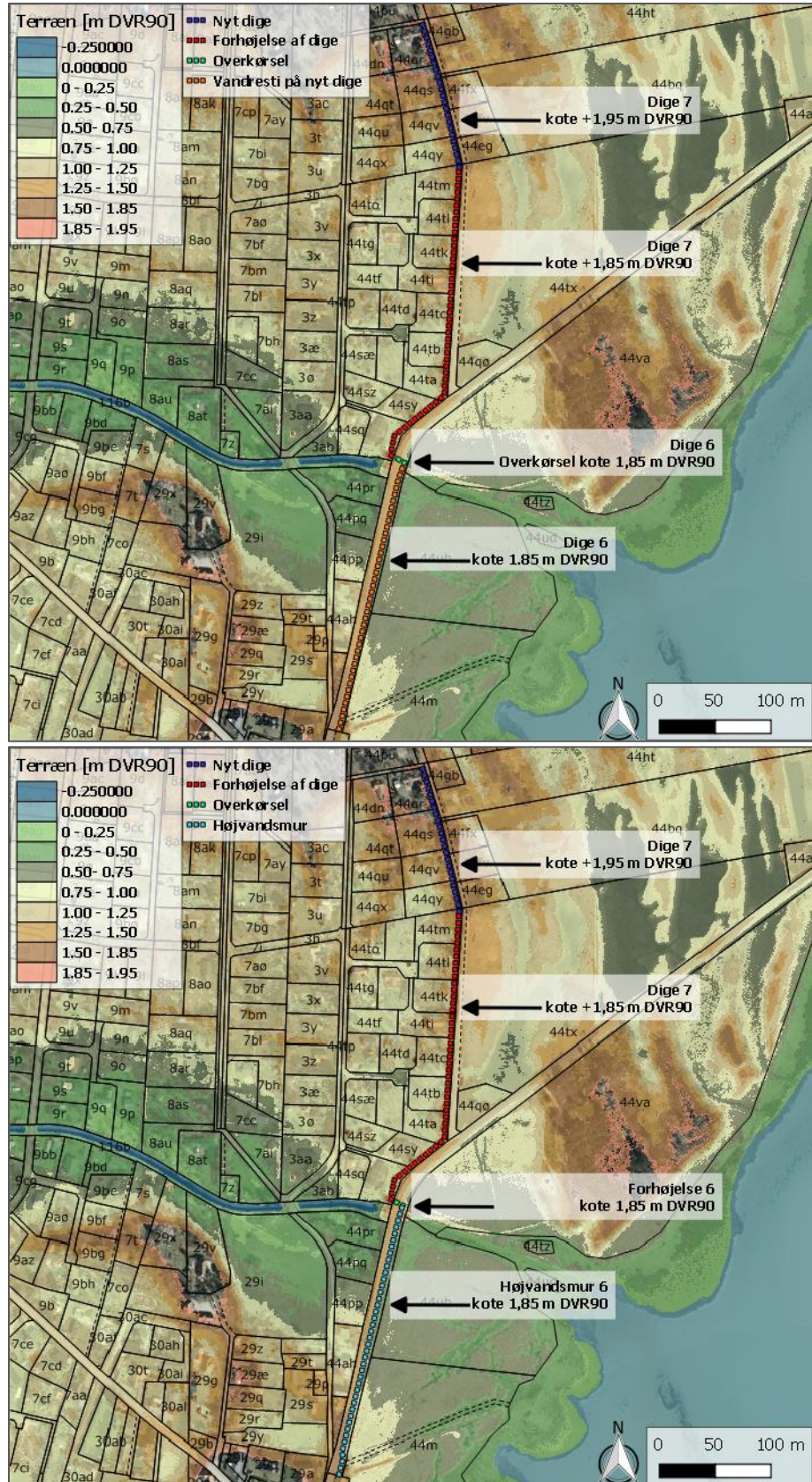
Figur 10.8: Snit gennem vejen ud for pumpestationen, hvor vejen hæves 35 cm fra den eksisterende topkote på ca. +1,5 m DVR90 til +1,85 DVR90, som er Pumpelagets nye sikringskote ud mod "Vejlen" øst for vejen.



10.5.2 Beskrivelse af digestrækning 6-7 - Dige/væg øst for Reersøvej

De foreslåede tiltag på strækning 6-7 er tredelt som vist på Figur 10.9, hvor den omtrentlige linjeføring er vist for to løsningskombinationer af diger/mur/væg på strækning 6 øst for Reersøvej.

Figur 10.9: Oversigt over fore-
slåede tiltag til beskyttelse mod
oversvømmelse langs delstræk-
ning 6-7 med et dige øst for
Reersøvej (øverst) eller alter-
nativt med en højvandsmur/-
væg øst for Reersøvej (ne-
derst).

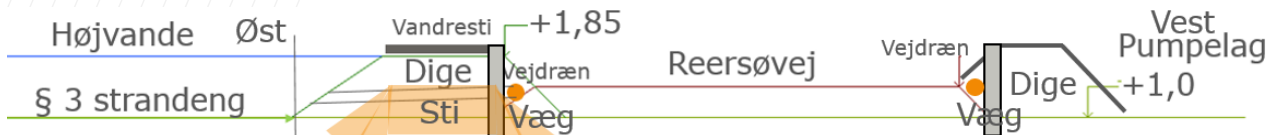


Den første løsning omfatter indbygning af et dige i den nye vandresti på vejens østside på strækket fra Busholdepladsen og ca. 250 m nordover, som skitseret på Figur 10.9 og Figur 10.10. Denne løsning indeholder et vejbumphæn over Reersøvej ud for pumpestationen.

Den anden løsning indeholder en mur i stedet for dige på østsiden af vejen langs den eksisterende sti. Dette mindsker konstruktionens fodaftryk ind i området med beskyttet strandeng.

Reersøvej ligger i kote +1,5 m til +1,85 m DVR90 mellem Pumpestationen til eksisterende bump ved busstoppestedet. Det vurderes, at bumpet ved busholdepladsen har en kote på +1,85 m DVR90, men dette skal kontrolleres med opmåling i detailfasen.

Figur 10.10: Snit gennem to alternative løsninger på dige langs Strækning 6: Alternativ 1: Øst for vejen forhøjes vandrestien, som samtidigt fungerer som dige til kote +1,85. Forhøjelsen kan enten ske som jorddige eller mur/væg som illustreret på figuren. Venstre side er mod havet og højre side mod Pumpelagets område. Alternativ 2: Vest for vejen placeres jorddige og/eller mur/væg på Pumpelagets område.



Det eksisterende dige langs vestsiden af Skovhusvej (Digestrækning 7) bør ryddes for beplantning og kontrolleres for styrke og højde. Er kronekoten ikke i kote +1,85 m DVR90 bør det hæves. Det nye dige under vandrestien (nr. 6) forbindes med det eksisterende dige (nr. 7) ved at hæve vejen ca. 50 cm over en kortere strækning med en hældning på ca. 50 promille.

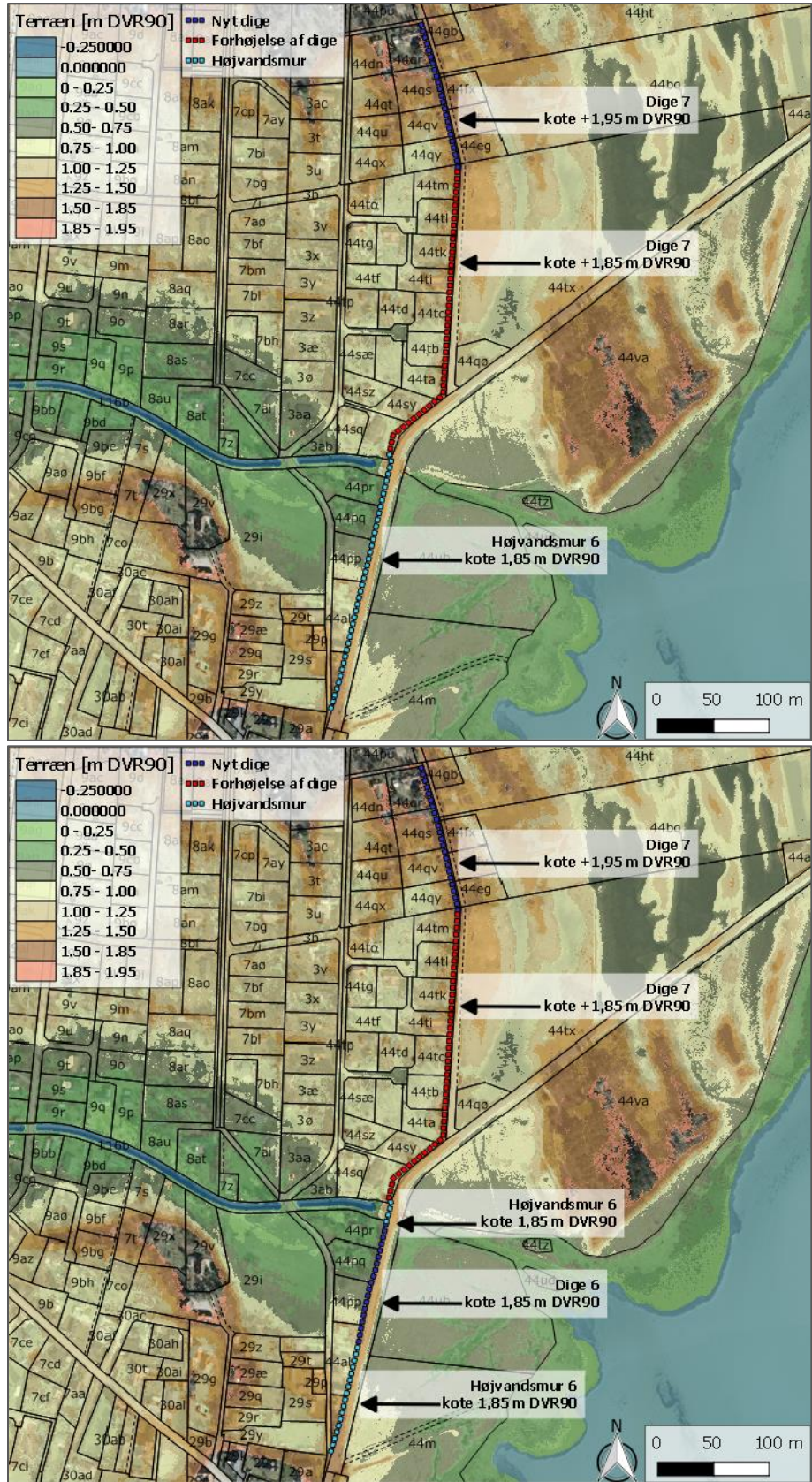
Slutteligt sikres det, at den nordlige ende af det eksisterende dige opretholder kote +1,95 m DVR90 indtil det når en naturlig terrænkote på +1,95 m DVR90 (Figur 10.9). Dermed skal det eksisterende dige forlænges.

10.5.3 Beskrivelse af digestrækning 6-7 - Dige/væg vest for Reersøvej

Denne løsning inkluderer dige/væg langs vejens vestvendte side (på Pumpelagets område) med en samlet længde på 230 m.

Denne løsning kan enten udføres som en mur hele vejen, se Figur 10.11 øverst, eller som en kombination af en 100 m lang lav væg ud for ejendommene længst mod syd, et 110 m lang jorddige frem til pumpestationen afsluttende med en ca. 20 m lang mur rundt om pumpestation, se Figur 10.11 nederst.

Figur 10.11: Oversigt over foreslåede tiltag til beskyttelse mod oversvømmelse langs delstrækning 6-7 med en højvandsmur/-væg vest for Reersøvej (øverst) eller med et joddige på en del af strækningen og højvandsmur på den resterende i område 6 vest for Reersøvej (nederst).



10.5.4 Kommentarer til design

Dige/vandresti langs Reersøvejs østside vil kunne placeres inden for de 4 m, der i dag er afsat til den nyanlagte vandresti. Diget vil beskytte vejen mod oversvømmelse. Løsningen inkluderer et bump over Reersøvej ved pumpestationen. Løsningen kræver fornyet ansøgning om anlæg i §3 naturbeskyttet område.

Et dige langs vestsiden af Reersøvej vil ligge inde i Pumpelagets område og optage noget af de private ejendommers areal. Vejen beskyttes ikke af diget.

10.5.5 Berørte Matrikler

Foruden vejen berøres den matrikel som vandrestien ligger på (se Figur 10.11) ved løsningsforslag placeret øst for vejen.

For løsninger langs vejens vestside berøres følgende matrikler af et eventuelt jorddige i område 6: 44pr, 44pq, 44pp og 44ah.

11 Pumpestation

Der er foretaget en vurdering af den eksisterende pumpekapacitet samt udarbejdet forslag til renovering og opgradering af pumpestationen så dens kapacitet er tilpasset de fremtidige behov til år 2050.

Resultatet er præsenteret i et separat notat, ref. /4/, hvortil der henvises for yderligere detaljer.

Det foreslås at inkludere følgende forslag til renovering og opgradering af pumpestationen i det overordnede budget.

Baggrund: Behov for høj kapacitet i max. løftehøjde i eksisterende Servicebygning ved vandspejl i kote +1,30 i Storebælt.

Formål: Opgradering af pumper til samme ydelse ved større løftehøjde.

Indhold: Hovedreparation og nyt pumpehjul (anden propeltype): Adskille og rense pumpe, ny aksel, nyt kugleleje (topleje), nye fedtsmurte bronzelejer, nye smørerør, ny propel, bøsning af pumpehus, nye rustfri bolte i hele pumpen, nye koblingsgummibøs, ny sugetragt med kryds, ny motor 11 kW 960 o/m. IE3, nyt smøreapparat (8 l.) med egen motor 0,18 kW., samle pumpe igen.

Øvrige: Hævning af dæksel omkring oppumpningskammer med 60 – 75 cm (100 mm vægge omkring åbning eksisterende 2 stk. dækselåbninger)
Forlængelse af ø300 eternitrør omkring niveaustyringsflyder i oppumpningskammer med 1 m i en vandtæt løsning mod gulvet.
Tagedløb ledes til indløbskanal. Tagedløb er pt. ført til oppumpningskammeret via ø110PP. Røret skal afproppes og føres til Afvandingskanalen.

Følgende budget er udarbejdet for renoveringen af pumpestationen:

Table 11.1: Budget for opgradering af 2 pumper

Prisoverslag	kr
Pumper, opgradering, 2 stk.	300.000
Demontering, genmontering 30.000 kr./pumpe	60.000
Nye motorværn for større motorer	30.000
Hævning af dæksler, vandtæt udgave	45.000
Forlængelse af ø300 eternitrør	15.000
Projektering, tilsyn	50.000
Diverse	80.000
I alt, opgradering af 2 pumper ekskl. moms	580.000

Dette anlægsoverslag for opgradering af pumperne er medtaget i budgettet, der præsenteres i Kapitel 12 herunder.

12 Anlægsomkostninger – overslag

I det følgende præsenteres overslag over omkostninger til at anlægge højvands-sikring, der beskytter pumpelagets område, det vil sige omkostninger til at beskytte Knudsvej 44 ikke er inkluderet. Overslaget inkluderer omkostninger til anlæg af overgangsdiget mellem 1-2 og 3-4.

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

Følgende enhedspriser anvendes til anlægsoverslaget.

Ler til dige	200	kr./m ³
Sand til dige / fodring	150	kr./m ³
Grus til sti	250	kr./m ³
Digebeplantning	50	kr./m ²
Rydning af bevoksning og afgravning	100	kr./m ²
Overløbsgrøft	200	kr./lbm
Drænrør	100	kr./lbm
Dæksten	600	kr./m ³
Dæksten genbrug	300	kr./m ³
Filtersten	600	kr./m ³
Geotekstil	40	kr./m ²
Overgang (evt. grusvej)	16.000	kr./stk.
Forhøjelse af vej (asfalt)	160.000	Kr./stk.

Alle priser listet i anlægsoverslagene herunder er afrundede og eksklusive moms.

12.1 Digestrækning 1-2

Da tilslutningen af overløbsgrøften, ved delstrækning 1-2, til eksisterende afvandskanal på nuværende tidspunkt ikke er fastlagt er udgiften til etablering af tilslutningen ikke medtaget i dette overslag. Etablering af selve overløbsgrøften er medtaget, om end behovet for denne først fastlægges under detailprojektering.

Pris for skråningsbeskyttelse og dige omkring Knudsvej 44 er ikke medtaget i nedenstående overslag.

Opgradering af eksisterende dige

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Rydning af bevoksning [m ²]	3.547	354.700
Dige [m ³]	1.644	904.200
Overkørsel [stk.]	2	32.000
Digebeplantning [m ²]	3.678	183.900
Overløbsgrøft [lbm]	518	103.600
Terrænregulering inkl. retablering [lbm]	62	12.400
Kompensationsfodring [m ³]	1.125	168.750
Forlængelse mod vest [m]	34	116.000
DELSUM		1.876.000

12.2 Overgang mellem digestrækning 1-2 og 3-4

Anlægsoverslag for etablering af overgangsdige.

Etablering af overgangsdige

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Ler [m ³]	54	10.858
Sand [m ³]	5	705
Digebeplantning [m ²]	256	12.807
Rydning af bevoksning [m ²]	256	25.614
Overløbsgrøft [lbm]	120	23.911
DELSUM		73.900

12.3 Digestrækning 3-4 tilbagetrukket dige

Anlægsoverslag for digestrækning 3-4 inkluderer tilbagetrukket dige samt forflytning af Landervejen.

Tilbagetrukket dige

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Dige [m ³]	5.980	3.289.000
Digebeplantning [m ²]	5.742	287.100
Overløbsgrøft [lbm]	318	63.600
Drænrør [stk]	6	90.000
Overgang [stk.]	1	16.000
Ny grusvej [lbm]	260	416.000
DELSUM		4.161.700

12.4 Digestrækning 3-4 forstærkning af dige

Anlægsoverslag for digestrækning 3-4 inkluderer forstærkning af eksisterende dige og stenkastning.

Forstærkning af eksisterende dige

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Kompensationsfodring	8.000	1.200.000
Ler [m ³]	19	3.730
Sand/Fyld [m ³]	2.480	372.000
Digebepantning [m ²]	2.692	134.580
Rydning af bevoksning [m ²]	4.004	400.409
Afgravning af bund [m ³]	1.088	108.750
Dæksten [m ³]	6.675	4.005.000
Filtersten [m ³]	1.238	742.500
Geotekstil[m ²]	3.300	1.980.000
Overløbsgrøft [lbm]	396	79.156
Overgang [stk]	1	16.000
DELSUM		9.042.100

12.5 Digestrækning 5

Overslaget for digestrækning 5 inkluderer både forhøjelsen og forlængelsen af det eksisterende dige samt anlæg af nyt dige (5A), vist i særskilte tabeller.

Opgradering af eksisterende dige

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Ler [m ³]	135	27.000
Digebepantning [m ²]	162	8.079
Rydning af bevoksning [m ²]	162	16.157
Overløbsgrøft [lbm]	149	29.874
DELSUM		81.000

Etablering af nyt dige 5A

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Ler [m ³]	102	20.414
Sand [m ³]	40	5.941
Digebepantning [m ²]	314	15.721
Rydning af bevoksning [m ²]	314	31.442
Overløbsgrøft [lbm]	81	16.206
DELSUM		89.700

12.6 Digestrækning 6-7

Anlægsoverslaget for digestrækning 6-7 omfatter 5 løsningsforslag. To løsningsforslag for højvandssikring placeret øst for vejen og to for højvandssikring placeret vest for vejen samt et med selve vejen som dige i form af forhøjelse af denne.

Dige med vandresti øst for vejen

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Ler [m ³]	511	102.223
Sand [m ³]	384	57.538
Digebeplantning [m ²]	1.615	80.768
Rydning af bevoksning [m ²]	1.615	161.536
Forhøjelse af vej [stk.]	1	160.000
Vandresti af grus [m ³]	74	18.545
Overløbsgrøft [lbm]	418	83.596
Drænrør [lbm]	247	49.454
DELSUM		713.700

Højvandsmur øst for vejen

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Ler [m ³]	83	16.644
Sand [m ³]	3	485
Digebeplantning [m ²]	389	19.432
Rydning af bevoksning [m ²]	438	43.827
Forhøjelse af vej [stk.]	1	160.000
Overløbsgrøft [lbm]	418	83.596
Drænrør [lbm]	248	49.637
Højvandsmur beton [m ³]	116	890.969
DELSUM		1.264.600

Højvandsmur vest for vejen

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Ler [m ³]	83	16.644
Sand [m ³]	3	485
Digebeplantning [m ²]	389	19.432
Rydning af bevoksning [m ²]	436	43.550
Højvandsmur beton [m ³]	108	832.399
Overløbsgrøft [lbm]	418	83.596
Drænrør [lbm]	234	46.871
DELSUM		996.100

Dige og højvandsmur vest for vejen

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Ler [m ³]	265	53.022
Sand [m ³]	144	21.674
Digebepantning [m ²]	898	44.911
Rydning af bevoksning [m ²]	923	92.295
Højvandsmur [m ³]	55	425.143
Overløbsgrøft [lbm]	529	105.751
Drænrør [lbm]	124	24.743
	DELSUM	767.500

Forhøjelse af vejen

Emne	Mængde	Beløb [kr.]
Trafikhåndtering [stk]	1	30.000
Rydning af vej [m ²]	1750	209.000
Belægningsarbejder	-	795.000
Jordarbejder	-	250.000
Overløbsgrøft [lbm]	668	133.596
	DELSUM	1.417.600

12.7 Samlet projektbudget

Der er udarbejdet et samlet totalt projektbudget til beskyttelse af Reersø pumpe-lag imod en 100-års hændelse indtil år 2050 for hhv. en løsning med et tilbage-trukket dige på strækning 3-4 og et forstærket dige på strækning 3-4:

Begge projektbudgetter tager udgangspunkt i løsningsforslaget, som inkluderer beskyttelse af Reersøvej ved et dige med vandresti øst for vejen.

Projektbudget for løsning med tilbagetrukket dige ved strækning 3-4

Digestrækning 1-2		1.876.000
Overgang digestrækning 1-2 til 3-4		74.000
Digestrækning 3-4 – tilbagetrukket dige		4.162.000
Digestrækning 5 - forhøjelse og forlængelse		81.000
Digestrækning 5A – nyt dige		90.000
Digestrækning 6-7: Dige med vandresti ø. for vej		714.000
Pumpestation		580.000
	DELSUM	7.577.000
Anstilling og drift af arbejdsplads	10%	758.000
Uforudsete udgifter	15%	1.250.000
	ENTREPRENØRBUDGET	9.585.000
Rådgiver, udbudsprojekt, udbud og tilsyn	10%	959.000
Forundersøgelser		100.000
	ANLÆGSOVERSLAG	10.644.000

Uforudsete udgifter	25%	2.661.000
TOTAL PROJEKTBUDET		13,310,000

Projektbudget for løsning med forstærket dige ved strækning 3-4

Digestrækning 1-2		1.876.000
Overgang digestrækning 1-2 til 3-4		74.000
Digestrækning 3-4 – tilbagetrukket dige		9.042.000
Digestrækning 5 - forhøjelse og forlængelse		81.000
Digestrækning 5A – nyt dige		90.000
Digestrækning 6-7: Dige med vandresti ø. for vej		714.000
Pumpestation		580.000
	DELSUM	12.457.000
Anstilling og drift af arbejdsplads	10%	1.246.000
Uforudsete udgifter	15%	2.055,000
ENTREPRENØRBUDGET		15.758.000
Rådgiver, udbudsprojekt, udbud og tilsyn	10%	1.576.000
Forundersøgelser		100.000
ANLÆGSOVERSLAG		17.434.000
Uforudsete udgifter	25%	4.359.000
TOTAL PROJEKTBUDET		21.790.000

Alle priser er ekskl. moms, som skal betales af Pumpelaget.

Det fremgår af ovenstående tabeller af projektbudgettet for det forstærkede dige er ca. 8,5 mio. kr. dyrere end projektbudgettet for løsningsforslaget med det tilbagetrukne dige på strækning 3-4.

Løsningsforslaget med sikring af Reersøvej med jorddige på den østlige side af vejen er billigere end de tre andre løsningsforslag på strækning 6-7. Det er ca. 950.000 kr. dyrere at erstatte diget på den østlige side af vejen med en højvandsmur.

Løsningsforslaget med delvis etablering af dige og højvandsmur på den vestlige side af Reersøvej er næsten samme pris som løsningsforslaget med diget med vandresti på den østlige side af vejen.

Løsningsforslaget med forhøjelse af vejen er omtrent 1,2 mio. kr. dyrere end forslaget med jorddige på den østlige side af vejen.

12.8 Vedligeholdelses- og driftsbudget

Det årlige budget til drift og vedligeholdelse sættes erfaringsmæssigt i denne projektfase til 2 % af det totale projektbudget, dvs. i alt: ca. **260.000 kr./år eller 450.000 kr./år eksklusive moms for løsningsforslag med hhv. tilbagetrukket dige eller forstærket dige på strækning 3-4.**

Udelukkende vedligeholdelse og årlig inspektion af digerne, strandfodringen og pumperne er inkluderet i estimatet for vedligeholdelsesomkostningerne. Selve

strandfodringen på Digestrækning 1-2 udgør ca. 34.000 kr./år. Fodringen foretages dog hvert 5. år, med mindre behovet optræder tidligere.

Vedligeholdelse og arbejde med drænsystem, bølgebrydere og skråningsbeskyttelse er ikke inkluderet i overslagsprisen for årligt vedligehold.

13 Referencer

- /1/ Vurdering af Diger, Udkast udarbejdet af NIRAS juli 2013
- /2/ Vurdering af Kystbeskyttelse, Udkast udarbejdet af NIRAS juli 2013
- /3/ Samlet Rapport. Reersø Pumpelag. Kystsikring. Udarbejdet af NIRAS juli 2014
- /4/ Reersø Pumpestation. Opgradering af pumpeinstallation. Udarbejdet af NIRAS april 2015
- /5/ Reersø pumpelag, dige og kystbeskyttelse. juli 2014, opdateret version 14. april 2015.
- /6/ Strategi og scenarier for højvandsbeskyttelse af Korsør og Halskov bydele. Rapport udarbejdet af NIRAS 9. november 2012.
- /7/ Kystdirektoratet. Højvandsstatistikker 2012. Rapport, december 2012.
- /8/ Dansk Meteorologiske Institut. Klimaforandringer 2013: Det naturvidenskabelige grundlag. 2013.
- /9/ EurOtop. Wave Overtopping of Sea Defences and Related Structures: Assessment Manual. august 2007.