



# Højvandssikring Binderup - Grønninghoved

Anlægsprogram

**KOLDING KOMMUNE**

**12. APRIL 2019**

# Indhold

<b>0</b>	<b>Resume</b>	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Indledning</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Stormflod og sikringsniveau</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Kysterosion</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Oversvømmelser fra bagvand</b>	<b>9</b>
4.1	Vandløb	9
4.1.1	Vandføring og hændesscenarier	9
4.2	Oversvømmelser fra nedbør	11
4.3	Oversvømmelser fra grundvand	13
4.4	Konklusion vedrørende oversvømmelser fra bagvand	14
<b>5</b>	<b>Jorddige som højvandssikring mod stormflod</b>	<b>14</b>
5.1	Langsgående kystparallelt dige	17
5.1.1	Digeopbygning	17
5.1.2	Foreslået tracé	19
5.2	Håndtering af bagvand	22
5.3	Sandfodring	28
5.4	Dræning af grundvand	30
5.5	Landskabsmæssigt udtryk af jorddigeløsning	30
5.6	Eksisterende jordbundsforhold i området	32
5.6.1	Overordnede geologiske forhold	32
5.6.2	Geotekniske vurderinger	33
5.7	Drift	33
5.8	Anlægs- og driftsoverslag for jorddige og bagvandshåndtering	33
5.9	Imødekommelse af Digegruppens kommentarer	35
<b>6</b>	<b>Klittedige som højvandssikring mod stormflod</b>	<b>35</b>
6.1	Kystteknisk baggrund	35
6.2	Løsningsforslag	37
6.2.1	Klittedige og strandfodring	37
6.2.2	Vedligeholdelse af klittediget	39
6.2.3	Alternativ jollehavn	39

6.2.4	Bagvandshåndtering	40
6.3	Landskabsmæssigt udtryk af klitdige-dige-løsning	44
6.4	Drift	46
6.5	Anlægs- og driftsoverslag for klitdige og bagvandshåndtering	46
<b>7</b>	<b>Mulige til- og fravalg til jorddigeløsningen</b>	<b>48</b>
7.1	Højvandslukke, pumpe-sump og mobile pumper til det lokale bagvand	48
7.2	Bassiner til det lokale bagvand	49
7.3	Permanente pumper, bassiner og grøft til vandløbsvand og lokalt bagvand	50
7.4	Begrænsning af nordlig del af digeprojekt	51
<b>8</b>	<b>Visualisering af jorddige og klitdige</b>	<b>52</b>
<b>9</b>	<b>Princip for partsdeling</b>	<b>56</b>
9.1	Trin 1: Fastsættelse af kystbeskyttelsens effekt over projektets levetid	56
9.1.1	Projektets levetid	56
9.1.2	Basisscenariet	57
9.1.3	Projektscenariet	57
9.1.4	Nettoeffekter	57
9.2	Trin 2: Fastsættelse af hvilke ejere af fast ejendom, der opnår en nytteværdi	57
9.2.1	Materiel nytteværdi	57
9.2.2	Immateriel nytteværdi	57
9.2.3	Oversigt over ejere og nytteværdi	58
9.3	Trin 3: Fastsættelse af ensartet eller differentieret nytteværdi over tid	59
9.4	Trin 4: Fastsættelse af ensartet eller differentieret nytteværdi geografisk	59
9.5	Trin 5: Fastsættelse af bidragsfordeling	61
<b>10</b>	<b>Referencer</b>	<b>62</b>

---

## **Bilag 1: Tre kort over digeplacering**

## **Bilag 2: Pumper og bassiner til bagvandshåndtering**

## **Bilag 3: Kystteknisk analyse og detailprojektering**

## **Bilag 4: Kort over grundvandsforhold**

**Bilag 5: Oversvømmelser i sydlig del af projektområde**

**Bilag 6: Oversigt med Digegruppens kommentarer**

## 0 Resume

Projekt nr.: 10401074  
Dokument nr.: 1231512419  
Version 1  
Revision 1

Udarbejdet af MLV, PBP, AKM  
Kontrolleret af CSS  
Godkendt af OKL

I dette dokument er beskrevet forslag til højvandssikring af Binderup-Grønninghoved området. Oversvømmelsesfaren i området omfatter:

- Oversvømmelse fra stormflod
- Oversvømmelse fra vandløb
- Oversvømmelse fra nedbør
- Oversvømmelse fra grundvand

Faren for oversvømmelse er beskrevet (se kapitel 2, 3 og 4). Der er på baggrund af oversvømmelsesfaren og på baggrund af ønsker fra Kolding Kommune og med Digegruppen som sparringspartner, foreslået tiltag til højvandssikring (se kapitel 5), der omfatter:

- Anlæg af jorddige oven for den eksisterende strand til stormflodsbeskyttelse med kronekote +2,0 m og +2,2 m
- Renovering og forlængelse af eksisterende rørlagte vandløb
- Anvendelse af traktorpumpe til håndtering af tilstrømning i Odderbækken

Der er opstillet anlægs- og driftsoverslag for disse løsninger.

Der er desuden beskrevet en række mulige til- og fravalg til løsningen med jorddige og bagvandshåndtering (se kapitel 6). Disse er:

- Højvandslukke, pumpeump og mobile pumper
- Bassiner til lokalt bagvand
- Permanente pumper og bassiner
- Begrænsning af nordlige del af diget

Der er opstillet anlægs- og driftsoverslag for disse til- og fravalg i de tilfælde, hvor dette er relevant.

I kapitel 7 er beskrevet en alternativ højvandssikring, der omfatter:

- Anlæg af klitdige på havsiden af den eksisterende strand til stormflodsbeskyttelse med kronekote +2,2 m
- Bagvandshåndtering under anvendelse af lavning mellem klitdige og eksisterende kyst til parkering af bagvand

Der er opstillet anlægs og driftsoverslag for den alternative højvandssikring.

Endvidere er der i kapitel 8 vist visualiseringer af beskrevne højvandssikringer og i kapitel 9 beskrevet indledende principper for partsdeling.

## 1 Indledning

Sommerhusområdet ved Binderup og Grønninghoved i Kolding Kommune har oplevet oversvømmelser relateret til stormflod. Hvis der ikke etableres en højvandssikring, vil de lavestliggende områder i sommerhusområdet oftere og oftere i fremtiden opleve oversvømmelser under stormflod, der potentielt vil ramme mange sommerhuse. Risiko for oversvømmelse og forslag til tiltag mod oversvømmelse for det aktuelle område er beskrevet i Ideoplæg af 8. maj 2018 /1/. I dette Anlægsprogram sammenfattes beskrivelserne fra Ideoplægget og endvidere beskrives følgende emner i større detaljeringsgrad:

- Risiko for oversvømmelse og erosion af stranden og forslag til tiltag mod dette
- Udformning af dige med kronekote +2,0 m og +2,2 m
- Konkretisering af bagvandshåndtering

- Anbefaling vedrørende grundvandshåndtering
- Økonomisk overslag og princip for partsdeling

På møde den 14. juni 2018 mellem Digegruppen og Kolding Kommune præsenterede NIRAS udkast til Anlægsprogram. Det nu foreliggende Anlægsprogram er revideret på baggrund af en række kommentarer fra Kolding Kommune og med Digegruppen som sparringspartner. Kommentarerne er fremkommet dels på det nævnte møde og dels ved efterfølgende møder og email-korrespondance mellem medlemmer af Digegruppen og Kolding Kommune.

## 2 Stormflod og sikringsniveau

Oversvømmelsesfare i forbindelse med stormflod er vurderet og beskrevet i Ideoplægget /1/. I det følgende beskrives på den baggrund valg af sikringsniveau for højvandssikring.

Hvis det antages, at bølgepåvirkningen er 0,2 m og at stigningen i havvandsspejlet er 0,2 m, vil den dimensionsgivende vandstand ved en kronekote for højvandssikring på hhv. +1,6 m, +1,8 m, +2,0 m, 2,2 m og +2,5 m DVR90, være som vist i Tabel 2.1. Det fremgår, at valg af en kronekote på +2,0 m for en planlægningshorisont indtil 2050 medfører et sikringsniveau, der svarer til en 30 års middeltidshændelse, og at risikoen for overskridelse af denne kronekote i perioden frem til 2050 er 64 %, hvilket svarer til, at der kan forventes 1 oversvømmelse af kronekoten i perioden frem til 2050.

Begrænsning af planlægningshorisonten til 2035 medfører et sikringsniveau, der svarer til en 70 års middeltidshændelse og en oversvømmelsesrisiko på 20 %, hvilket svarer til, at der kan forventes 0,2 oversvømmelse af kronekoten i perioden frem til 2050.

Valg af kronekote på +2,2 m for en planlægningshorisont til 2050, medfører et sikringsniveau, der svarer til en 300 års middeltidshændelse og en risiko for oversvømmelse på 10 % inden for planlægningshorisonten, hvilket svarer til, at der kan forventes 0,1 oversvømmelse af kronekoten i perioden frem til 2050. Hævning af kronekote fra +2,0 m til +2,2 m betyder således meget i forhold til risikoen for oversvømmelse.

Samtidig fremgår det, at valg af en kronekote på +2,5 m for samme planlægningshorisont, medfører et sikringsniveau, der svarer til en 6.000 års middeltidshændelse og en risiko for overskridelse på 0,5 %. Yderligere hævning af kronekote til +2,5 m betyder således ligeledes meget i forhold til risikoen for oversvømmelse.

Valg af lavere kronekoter på +1,6 m og +1,8 m for samme planlægningshorisont medfører et sikringsniveau, der svarer til 1 år eller kortere samt en risiko for overskridelse på 100 %. Dette svarer til, at der kan forventes 6-30 oversvømmelser af kronekoten i perioden frem til 2050. Valg af disse lave kronekoter har således ringe effekt i forhold til højvandssikring.

Tabel 2.1: Sikringsniveau i forhold til Kystdirektoratets Højvandsstatistik

Kronekote	+1,6 m DVR90 i år 2050	+1,8 m DVR90 i år 2050	+2,0 m DVR90 i år 2050	+2,2 m DVR90 i år 2050	+2,5 m DVR90 i år 2050	+2,0 m DVR90 i år 2035
Bølgetillæg [cm]	20	20	20	20	20	20
Havvandspejls- stigning [cm]	20	20	20	20	20	10
Dimensionsgi- vende vandstand [m DVR90]	+1,2	+1,4	+1,6	+1,8	+2,1	+1,7
Tilsvarende Mid- deltid [år]	0,2	1	30	300	6.000	70
Risiko for over- skridelse af denne hændelse [%]	100	100	64	10	0,5	20
Sandsynligt antal oversvømmelser før 2050	30	6	1	0,1	0,01	-

### Anbefaling

På baggrund af ovenstående gennemgang af mulige sikringsniveauer anbefales kronokote på +2,2 m med en planlægningshorisont til 2050. Som minimum kan der vælges en kronokote på +2,0 m med en planlægningshorisont til 2035. Konsekvensen af at vælge kronokote +2,0 m med en planlægningshorisont fra til 2035 vil være en merudgift på ca. 1,1 mio. kr., inkl. moms, i forhold til at etablere det højere dige med det samme, jf. afsnit 5.8.

## 3 Kysterrosion

Kysterrosionen i området er beskrevet detaljeret i Bilag 3. I det følgende opsummeres denne beskrivelse. Den kroniske erosion ('hverdagserosion') langs projektstrækningen er lille. Sandtransporten går fra nord og syd ind mod den centrale del/midten af bugten.

Langs hele strækningen er der risiko for direkte bølgepåvirkning under særlige/ekstreme hændelser. Eroderes den foranliggende strand bort vil direkte bølgepåvirkning kunne forårsage erosion af de græsklædte arealer langs stranden. Erosion under denne type hændelser betegnes akut erosion. De steder hvor stranden og/eller klitområdet er smalt eller hvor stranden er lav, er der større risiko for denne type påvirkning. Det bemærkes at der ved inspektion af området sås tegn på erosion af denne karakter på bagstranden. Der er i de seneste år konkret sket erosion i flere omgange i området ud for Strandvejen Grønninghoved 37.



Læsideerosion ved de eksisterende høfder fremgår af Figur 3.1. Tilsvarende vurderes den eksisterende bølgebryder i den sydlige del af området at medføre læsideerosion nord for bølgebryderen.

På baggrund af ovenstående og analyserne i Ideoplægget (Afsnit 3) vurderes det samlet, at der forekommer en vis, men mindre erosion af kysten og at tiltag med sandfodring er effektive med henblik på at modvirke denne erosion. Konkrete sandfodringstiltag beskrives i afsnit 5.3.

*Figur 3.1: Udsnit af den sydlige del af projektstrækningen, hvor der ses læsideerosion ved de eksisterende høfder.*

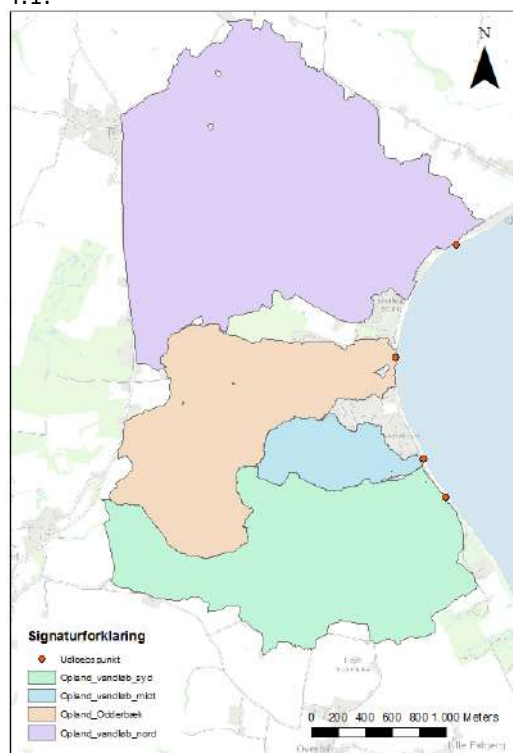




## 4 Oversvømmelser fra bagvand

### 4.1 Vandløb

I det følgende beskrives fire vandløbsoplande i projektområdet, jf. kortet på Figur 4.1.



Figur 4.1: Vandløbsoplande indenfor projektområdet.

#### 4.1.1 Vandføring og hændelsesscenarier

Nedenfor vises hhv. vandføring ved udløb i Lillebælt for de fire vandløb fordelt på forskellige hændelsesscenarier, samt det samlede vandvolumen for de enkelte vandløb ved udløb i Lillebælt fordelt på hændelser. I Tabel 4.1 er de karakteristiske vandføringer skaleret med oplandsstørrelsen for de fire vandløb og i Tabel 4.3 er dette omregnet til et volumen inden for en 24 timers periode. Det sydligste opland har reelt to udløb, hvorfor beregnede vandføringer for vandløb syd må anses for at være overdimensionerede.

Tabel 4.1: Døgnmiddelvandføring for forskellige hændelser. Vandføringen i Vandløb Syd angiver den samlede vandføring i de to løb i oplandet

Vandløb	Opland (km <sup>2</sup> )	5 års hændelse (l/s)	10 års hændelse (l/s)	20 års hændelse (l/s)	100 års hændelse (l/s)
Vandløb nord	4,08	541	637	729	937
Odderbæk	1,82	241	284	325	418
Vandløb midt	0,45	60	70	80	103
Vandløb syd	2,28	302	356	407	524

Tabel 4.2: Samlet estimeret vandvolumen ved udløb i Lillebælt af de enkelte hændelser for en 24 timers periode.

Vandløb	Opland (km <sup>2</sup> )	Vandvolumen ved en 5 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )	Vandvolumen ved en 10 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )	Vandvolumen ved en 20 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )	Vandvolumen ved en 100 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )
Vandløb nord	4,08	47	55	63	81
Odderbæk	1,82	21	25	28	36
Vandløb midt	0,45	5	6	7	9
Vandløb syd	2,28	26	31	35	45

I tabellen nedenfor er vandmængderne for en 24 timers hændelse omregnet til en 12 timers hændelse ved at skalere forholdet mellem vandmængderne ud fra forholdet mellem regndybden for en 12-timers hændelse og en 24-timers hændelse . dette er forklaret nærmere i Afsnit 4.1.3 i Ideoplægget.

Tabel 4.3: Samlet estimeret vandvolumen ved udløb i Lillebælt af de enkelte hændelser for en 12 timers periode. Skaleret i forhold til værdierne i Tabel 4.2 med en faktor på hhv. 0,84, 0,85, 0,86 og 0,88 for 5, 10, 20 og 100 års hændelse.

Vandløb	Opland (km <sup>2</sup> )	Vandvolumen ved en 5 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )	Vandvolumen ved en 10 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )	Vandvolumen ved en 20 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )	Vandvolumen ved en 100 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )
Vandløb nord	4,08	39	47	54	71
Odderbæk	1,82	18	21	24	32
Vandløb midt	0,45	4	5	6	8
Vandløb syd	2,28	22	26	30	40

I et fremtidig klima vil vandføringen i vandløbene stige med stigende nedbør. Til vurdering af en fremtidig nedbør anvendes klimafaktorer på 1,15 for år 2050. I GEUS-rapporten vedr. Klimaeffekter på ekstremværdi afstrømninger er foretaget en vurdering af klimafaktorer på afstrømningen i flere danske vandløb for perioden 2021-2050. Der foreligger ingen analyse for vandløbsstationen i Solkær Å, men et gennemsnit for vandløbsstationerne i området giver en klimafaktor på 1,15-1,21 for en 5-100 års hændelse. Der er dog meget stor usikkerhed på disse værdier, som skyldes variation mellem forskellige klimamodeller i forudsigelse af det fremtidige klima. Til vurdering af volumenerne fra de fire oplande anvendes derfor samme klimafaktorer, som er anvendt for nedbør. Resultaterne for volumenerne 12-timer hændelsen i nær fremtid (2050) er listet i nedenstående tabel.

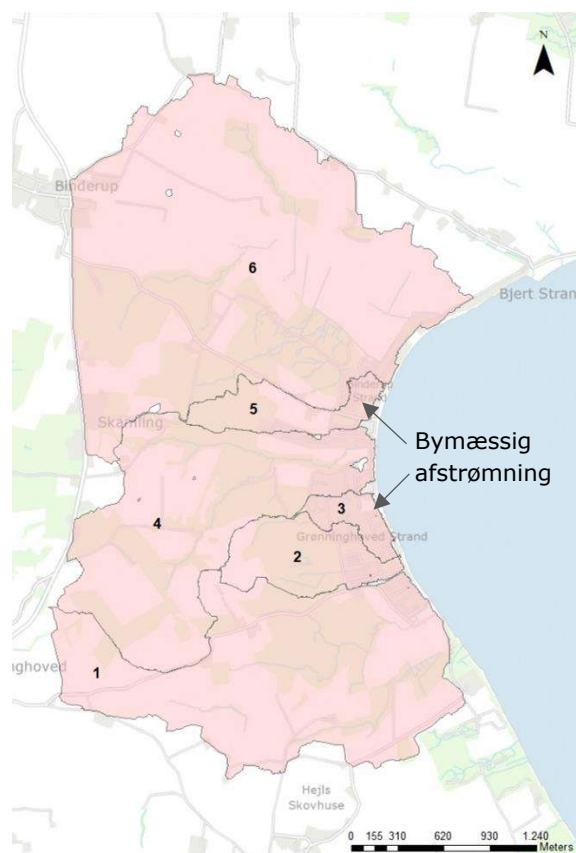
Tabel 4.4: Samlet estimeret vandvolumen ved udløb i Lillebælt af de enkelte hændelser for en 12 timers periode i nær fremtid (år 2050) med anvendelse af klimafaktor 1,15.

Vandløb	Opland (km <sup>2</sup> )	Vandvolumen ved en 5 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )	Vandvolumen ved en 10 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )	Vandvolumen ved en 20 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )	Vandvolumen ved en 100 års hændelse (1000 m <sup>3</sup> )
Vandløb nord	4,08	45	54	62	82
Oddebæk	1,82	20	24	28	37
Vandløb midt	0,45	5	6	7	9
Vandløb syd	2,28	25	30	35	46

## 4.2 Oversvømmelser fra nedbør

Alle vandoplandene er vist i nedenstående figur, hvor opland 1, 2, 4 og 6 er vandløbsoplande, mens de resterende to (3 og 5) har afstrømning af mere bymæssig karakter.

Figur 4.2: Større vandoplande indenfor projektområdet. Opland 1, 2, 4 og 6 er vandløbsoplande, mens opland 3 og 5 karakteriseres ved mere bymæssig afstrømning.



I tabellerne nedenfor er angivet vandvolumener for regnhændelser i nuværende klima.

Tabel 4.5: Genererede regnvandsmængder ved forskellige gentagelsesperioder for en regnvarighed på 12 timer i det nuværende klima

Opland	Areal [km <sup>2</sup> ]	Vandvolumen ved 5-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 10-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 20-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 100-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]
3	0,14	6	7	8	10
5	0,31	12	14	17	23

Tabel 4.6: Genererede regnvandsmængder ved forskellige gentagelsesperioder for en regnvarighed på 0,5 time i det nuværende klima

Opland	Areal [km <sup>2</sup> ]	Vandvolumen ved 5-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 10-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 20-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 100-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]
3	0,14	2	3	3	5
5	0,31	5	6	7	11

Ved anvendelse af en klimafaktor på 1,15, er de fremtidige vandvolumener fastlagt, og resultatet for de forskellige varigheder og gentagelsesperioder ses i tabellerne nedenfor.

Tabel 4.7: Genererede regnvandsmængder ved forskellige gentagelsesperioder for en regnvarighed på 12 timer i 2050

Opland	Areal [km <sup>2</sup> ]	Vandvolumen ved 5-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 10-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 20-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 100-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]
3	0,14	7	8	9	12
5	0,31	14	16	19	26

Tabel 4.8: Genererede regnvandsmængder ved forskellige gentagelsesperioder for en regnvarighed på 0,5 time i 2050

Opland	Areal [km <sup>2</sup> ]	Vandvolumen ved 5-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 10-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 20-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]	Vandvolumen ved 100-års hændelse [1000 m <sup>3</sup> ]
3	0,14	3	3	4	6
5	0,31	6	7	8	12

I situationer, hvor der er stormflod, anbefales det, at området sikres for vandmængder svarende til en gentagelsesperiode på 10 år. Dette begrundes med relativt ringe sandsynlighed for at endnu større regnhændelser optræder samtidigt med stormflod.

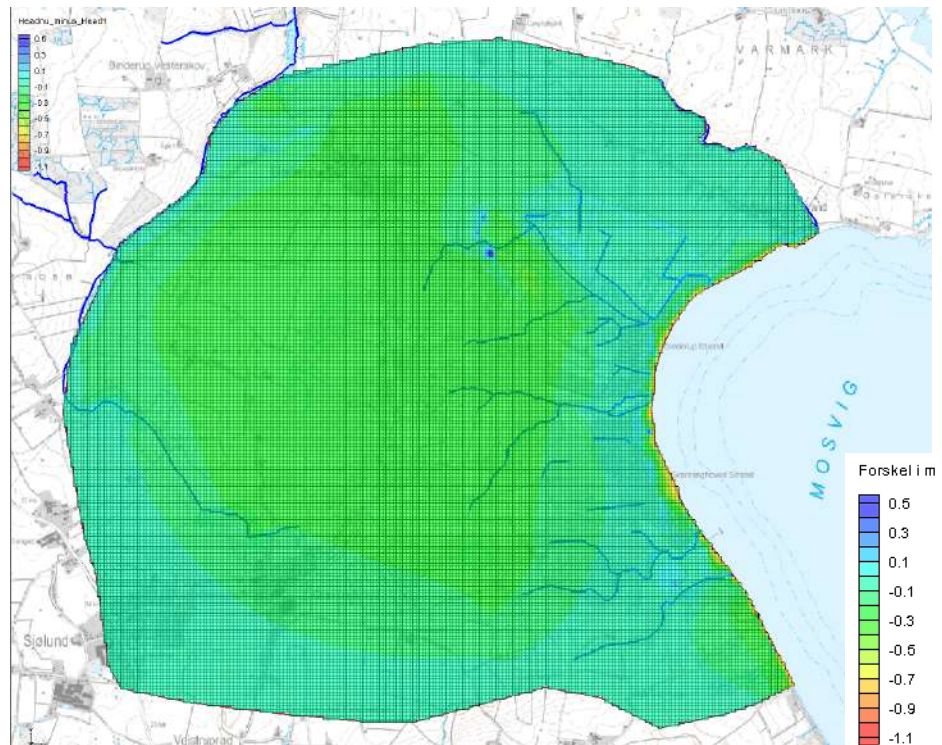
Tabel 4.9: Vandmængder der skal håndteres for de forskellige oplande ved en 10-års hændelse under antagelse af, at kloaksystem og jordmatrice kan tilbageholde vandmængder svarende til nutidig 5-års hændelse (12 timer)

Opland	Areal [km <sup>2</sup> ]	T=10 (0,5 time)	T=10 (0,5 time)	T=10 (12 timer)	T=10 (12 timer)
		Nu [1000 m <sup>3</sup> ]	2050 [1000 m <sup>3</sup> ]	Nu [1000 m <sup>3</sup> ]	2050 [1000 m <sup>3</sup> ]
3	0,14	0,5	1	1	2
5	0,31	1	2	2	4

Ved etablering af et dige er det nødvendigt at indtænke, hvordan ovenstående vandmængder skal håndteres.

### 4.3 Oversvømmelser fra grundvand

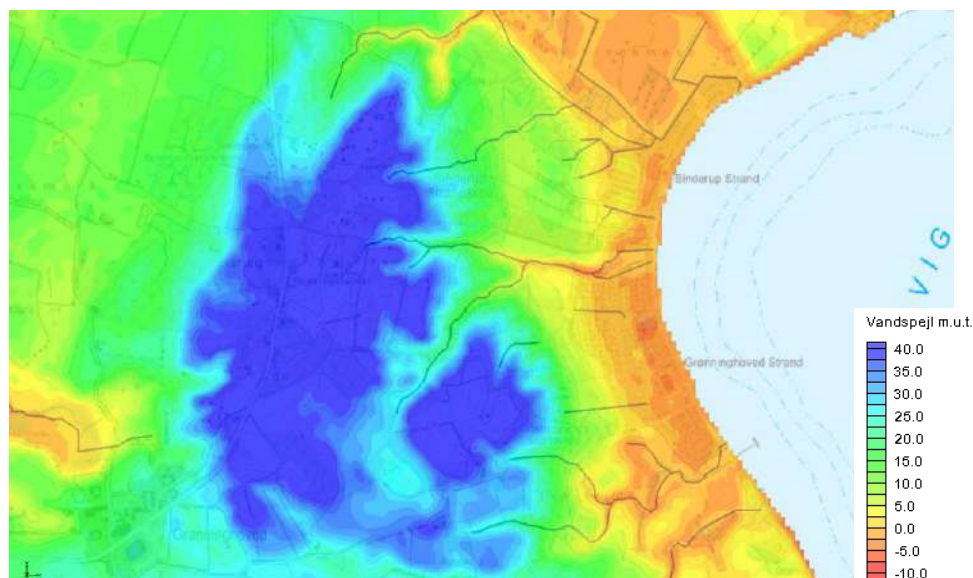
I Figur 4.3 ses forskellen i vandspejlskoten ved en nuværende situation og i år 2050.



Figur 4.3.: Forskel mellem vandspejlskoten ved nuværende situation og i år 2050. Se Bilag 4 for større kotformat.

Udbredt forekomst af minusværdier viser at vandspejlet i scenarie 1 (år 2050 med en havvandsstigning på 0,3 m og en klimafaktor på 1,05 på middelnedbøren), at vandspejlet stiger generelt i hele det øvre sandmagasin. Helt kystnært ses effekten af havvandsspejlsstigningen. I Figur 4.4 er der vurderet på vandspejlets beliggenhed under terræn. I området ses flere områder hvor modellen har simuleret vand på terræn, blandt andet i vådområdet, flere steder inde i sommerhusområdet (især de området med en terrænkote mindre end 0) og langs det meste af kyststrækningen. Behov for tiltag til sikring mod oversvømmelse fra grundvand beskrives i afsnit 5.4.





Figur 4.4.: Vandspejlet m.u.t. i lag 2 i år 2050. Positive værdier er vandspejl under terræn og negative værdier er vandspejl over terræn. Se Bilag 4 for større kortformat.

#### 4.4 Konklusion vedrørende oversvømmelser fra bagvand

På baggrund af ovenstående gennemgang vurderes der at være fare for oversvømmelse fra bagvand. Denne oversvømmelsesfare er særligt forekommende i situationer, hvor et dige beskytter mod stormflod, men samtidig udgør en barriere for udstrømning af bagvand til havet. I det følgende afsnit beskrives et forslag til højvandssikring, som beskytter mod stormflod og bagvandsoversvømmelse.

### 5 Jorddige som højvandssikring mod stormflod

Højvandssikring af det aktuelle projektområde omfatter primært sikring mod stormflod, men afledt af stormflodssikringen og af forventede stigninger i middel havvandsstand, bør efter behov også sikres mod samtidig opstuvning og oversvømmelse fra vandløb, regnvand og grundvand.

Overordnet set er der opstillet to mulige jorddigeforslag for stormflodssikringen. Begge jorddigeforslag er baseret på et langsgående kystparallelt dige på den eksisterende strand, og løsningsforslagene adskiller sig på kronekoten – i det ene løsningsforslag etableres diget med kronekote i +2,0 m DVR90, mens diget i det andet løsningsforslag etableres med kronekote i +2,2 m DVR90.

Det samlede løsningsforslag indeholder flere forskellige elementer, idet der skal tages højde for såvel stormflod som for bagvand. De forskellige elementer dækker følgende:

- Kystdige med kronekote +2,0 m og +2,2 m
- Trykgravitation af vandløb gennem området
- Å-dige langs det sydlige vandløb

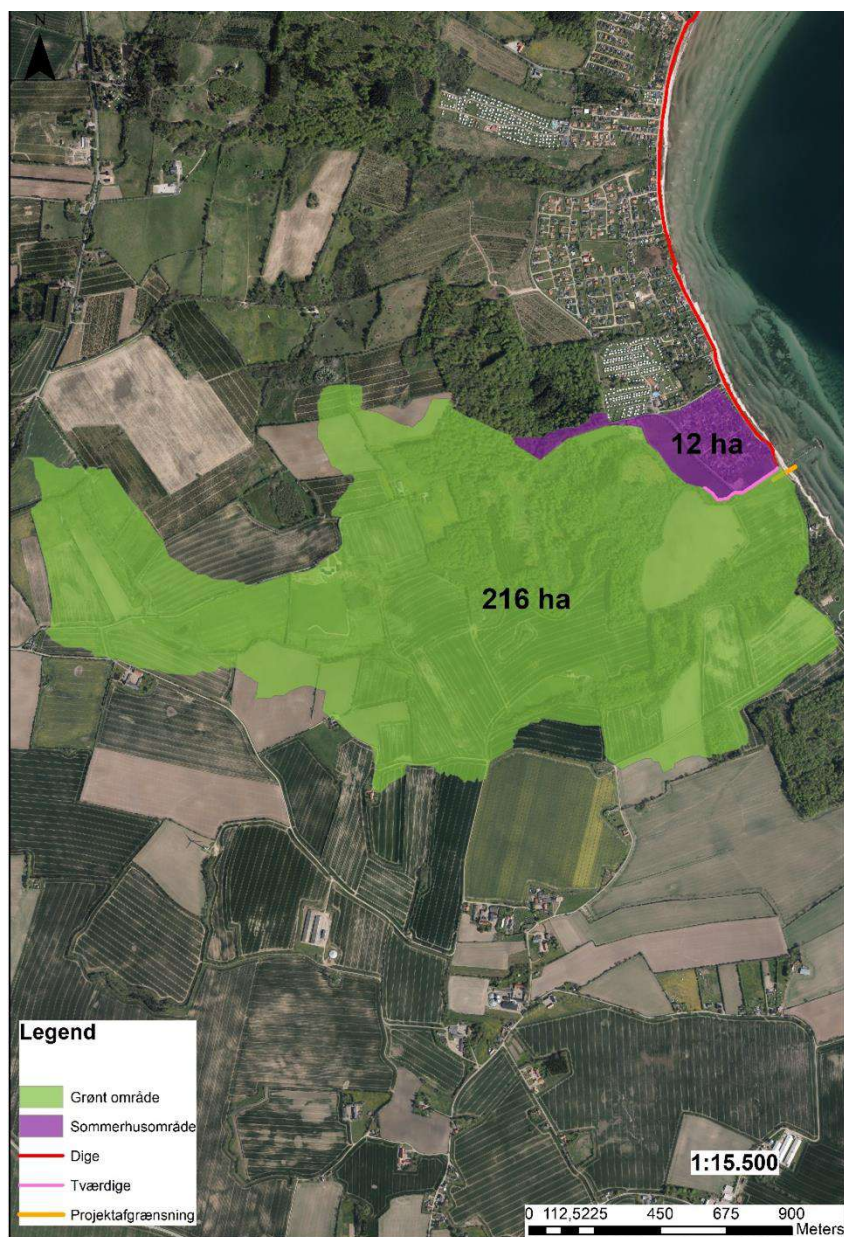
Trykgravitation har til formål at håndtere bagvand fra området og er beskrevet yderligere i afsnit 5.2.



Det bemærkes, at der i nærværende projekt ikke arbejdes med oplandet til Vindemosen. Vandløbet i området er allerede etableret med en højvandslukke med topkote i +1,8m DVR90, og der er et eksisterende dige på marksiden af vandløbet. I situationer, hvor det eksisterende gravitationsudløb fra Vindemosen ikke fungerer grundet høj havvandsstand, er der overløb over diget mod markerne, hvormed vand magasineres midlertidigt i Vindemosen. Allerede i den nuværende situation ligger matrikelgrænserne på sommerhussiden af vandløbet lavere end overløbskoten for markdiget, og der er således allerede i den eksisterende situation tilfælde af opstuvning af vand på matriklerne. Husene er dog beliggende højere, hvorfor disse ikke oversvømmes. I den fremtidige situation, hvor der etableres højvandssikring langs kysten, ændres tilstrømningsforholdene til Vindemosens vandløb ikke, hvorfor forholdene i Vindemosen samlet set ikke vurderes at ændres. Derudover vil det eksisterende bygværk med højvandslukke i fremtiden øges til en topkote svarende til topkoten på det fremtidige kystdige, hvormed der opnås en væsentlig forbedring af stormflodssikringen af sommerhusene langs kysten og af Vindemosen. På baggrund af dette opstilles der ikke tiltag til håndtering af bagvand i oplandet til Vindemosen.

Det foreslås, at det eksisterende dige i den sydlige ende af projektområdet udbygges til en topkote svarende til endelig topkote for kystdiget. Denne forhøjelse af ådiget føres ind i landet langs vandløbet, indtil der nås en terrænkote svarende til topkote for kystdiget. Med disse anlæg kan størstedelen af bagvandet fra det sydlige opland ledes uden om projektområdet, hvormed der kun skal håndteres bagvand fra sommerhusområdet beliggende nord for ådiget. I figuren nedenfor er det indikeret, hvilken del af det samlede opland til Vandløb Syd, der håndteres i nærværende projekt.

Figur 5.1: Fordeling mellem opland, der løber til vandløbet (grønt) og opland, der skal håndteres som bagvand i projektet (lilla) med angivelse af oplandsstørrelser.



Analyser viser, at etablering af såvel å-dige som kystdige ikke ændrer på oversvømmelsesforholdene på de omkringliggende landsbrugsarealer, hvorfor det antages rimeligt at udbygge og forlænge å-diget. Oversvømmede områder før og efter etablering af kystdige og å-dige er vist i figurene nedenfor. Der henvises desuden til Bilag 5 for større kortudsnit.

Alternativt til etablering af å-diget har det været overvejet at forlænge kystdiget ca. 100 m i sydlig retning med henblik på sikring mod stormflodoversvømmelser i dette område. Analyser viser dog, at tilstrømning af vandløbsvand i det sydlige vandløb medfører behov for forhøjelse af å-diget til samme højde som kystdiget med henblik på at sikre sommerhusområdet mod oversvømmelse fra vandløbet.

Forlængelse af kystdiget i sydlig retning giver derfor ikke mening og er derfor ikke medtaget i projektet.

Figur 5.2: Oversvømmet landbrugsområde ved havvandsstand på +2,2 DVR90 i situationen før etablering af dige i kote +2,2 m DVR90 (venstre) og efter etablering (højre, dige markeret med sort). Se Bilag 5 for større kortudsnit.



## 5.1 Langsgående kystparallelt dige

Der er opstillet to løsningsmodeller, hvor det eneste der adskiller de to forslag er topkoten for diget. Topkoten er bestemmende for hvilken gentagelsesperiode, der i sidste ende kan sikres for, og det er således vigtigt at denne beslutning overvejes nøje. I nedenstående beskrivelse tages der udgangspunkt i en topkote på enten +2,0 m DVR90 eller +2,2 m DVR90. Der henvises til Afsnit 2 for en oversigt over, hvilke gentagelsesperiode der sikres til.

### 5.1.1 Digeopbygning

Det foreslås at etablere et langsgående kystparallelt dige, der som udgangspunkt etableres som et traditionelle jorddige. Diget vil blive udformet på samme måde uafhængig af topkote – topkoten har dog betydning for, hvor bredt diget ender med at blive.

Det traditionelle jorddige foreslås anlagt med en kronebredde på 1 meter med anlæg 1:3 på indersiden og anlæg 1:5 på ydersiden ud mod havet og med kronekote i enten i +2,0 m DVR90 eller +2,2 m DVR90. Diget opbygges med en kerne af sandmaterialer belagt med en 0,3 m tyk kappe af lerholdige materialer. Opbygning med sandkerne vælges med henblik på at opnå optimal stabilitet af diget. Sandkernen sikrer at vandtryk fra eventuelt gennemtrængende havvand spredes i sandlaget, hvilket minimerer risiko for brud i diget.

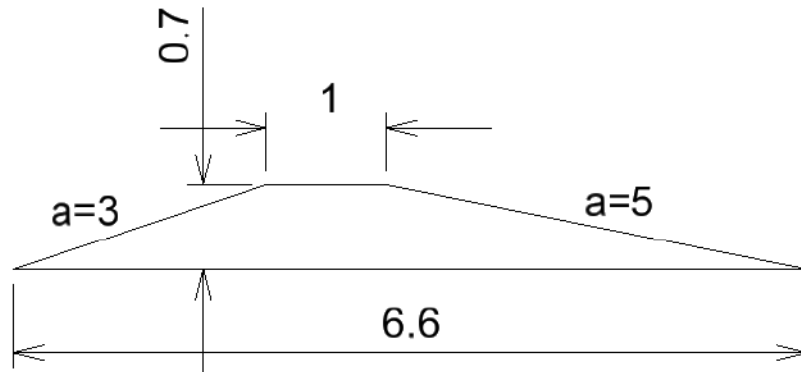
Der kan regnes med en levetid for jorddiget på ca. 100 år.

Det nuværende terræn varierer langs kysten, og eksisterende terræn vil således skulle udbygges i varierende grad for at opnå sikring til den valgte topkote.

Herudover betyder det varierende terræn, at bundbredden/fodaftryk for diget vil variere langs med diget, da denne er bestemt af afstanden fra eksisterende terræn til fremtidig kronekote – i gennemsnit vil diget have en bundbredde på 6,6 meter, hvis der vælges en topkote på +2,0 m DVR90 og en bredde på 8,2 meter, hvis der vælges en topkote på +2,2 m DVR90. Nedenfor er princippet for digets udformning vist afhængig af den endelige topkote.

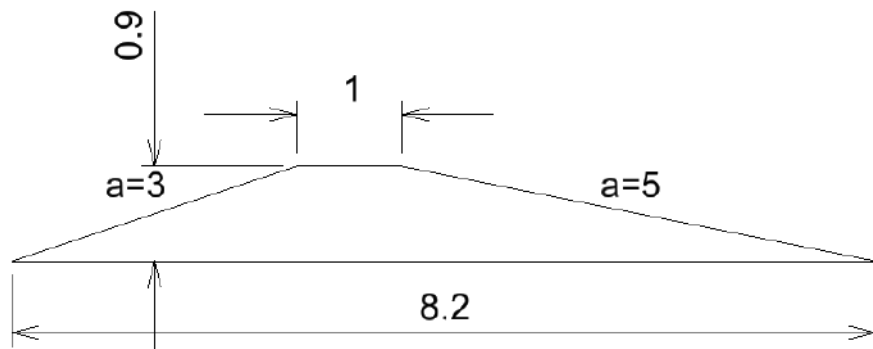
Figur 5.3: Foreslået digeudformning ved etablering af dige med kronekant i +2,0 m DVR90. Mål er angivet i meter, og digeudbredelsen er vist for en gennemsnitlig højde over terræn på 0,7 m.

Bemærk, at denne afstand varierer afhængigt af eksisterende terræn, hvorfor også digebredden/fodaftryk vil variere langs diget.



Figur 5.4: Foreslået digeudformning ved etablering af dige med kronekant i +2,2 m DVR90. Mål er angivet i meter, og digeudbredelsen er vist for en gennemsnitlig højde over terræn på 0,9 m.

Bemærk, at denne afstand varierer afhængigt af eksisterende terræn, hvorfor også digebredden/fodaftryk vil variere langs diget.

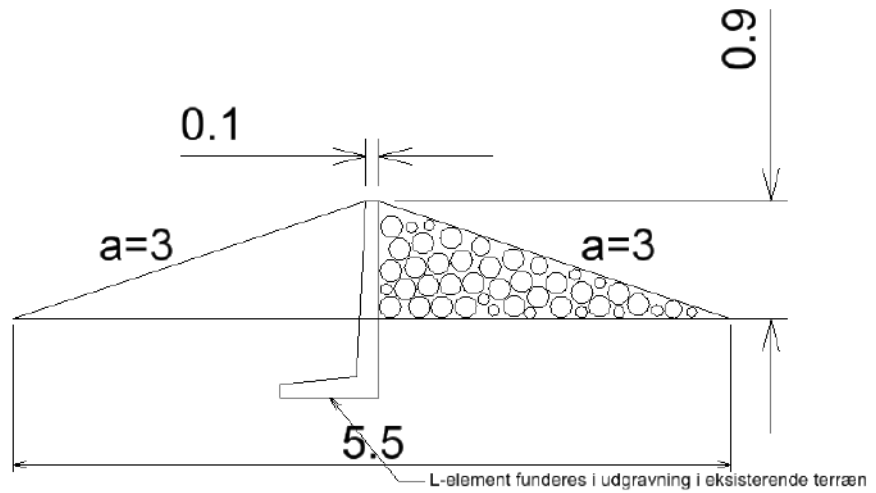


Hvis der vælges en topkote på +2,0 m DVR90 skal der med ovenfor viste tværsnit anvendes 2,7 m<sup>3</sup> jord pr. meter dige. Hvis topkoten vælges til +2,2 m DVR90 skal der i gennemsnit anvendes 4,1 m<sup>3</sup> jord pr. meter dige.

Ved en eventuel senere udbygning af diget fyldes der op på ydersiden og på digekronen, således at der også i fremtiden fastholdes en tilstrækkelig kronebredde. Diget etableres med en vandret digekrone, og digets yderside kan beklædes med græs eller lignende.

På steder, hvor det kan være udfordrende at etablere et pladskrævende jorddige, kan der i stedet etableres en mindre pladskrævende digekonstruktion, eksempelvis en L-elementløsning med stensikring på hav-siden og jorddækning på landsiden, se snit gennem en L-element-løsning på Figur 5.5. L-elementløsningen har i forhold til jorddiget de fordele og ulemper, som fremgår af Tabel 5.1.

Figur 5.5: Foreslået digeudformning ved etablering af L-elementløsning med kronekant i +2,2 m DVR90. Mål er angivet i meter, og digeudbredelsen er vist for en gennemsnitlig højde over terræn på 0,9 m. Bemærk, at den viste fundering af L-elementet blot er illustrativ og endnu ikke er projekteret.



Tabel 5.1: Fordele og ulemper ved L-elementløsning

Fordele	Ulemper
<p>Fylder mindre i bredden</p> <p>Kan udføres med neutral anlægspris i forhold til jorddige</p>	<p>Stenbeskyttelsen på udvendig side af diget er ikke landskabsmæssigt naturlig i det aktuelle område.</p> <p>Stenbeskyttelsen gør gående adgang til stranden mere besværlig.</p> <p>Der er risiko for erosion på læsiden af et hårdt dige.</p> <p>Betonelementerne forvitrer i det salt-holdige miljø, så levetid er vanskelig at forudsige.</p> <p>Overvågning af betonelementernes tilstand er vanskelig.</p> <p>Der er risiko for at der efter 20-40 års levetid vil være behov for renovering af betonelementerne. Dette skal ses i forhold til forventet levetid for jorddige på ca. 100 år.</p>

### 5.1.2 Foreslået tracé

Tracéet for det foreslåede jorddige er det samme uanset hvilken topkote, der vælges – eneste forskel bliver, hvor bredt diget bliver og dermed, hvor meget plads diget vil optage.

På den nordligste del af strækningen, dvs. fra og med Kystvej 77 og mod nord, placeres diget på græsarealet umiddelbart vest for selve stranden.



På resten af strækningen strækningen, hvor diget skal udføres ved vejen langs kysten, kan diget principielt placeres to steder. Den ene mulighed er at placere diget så tæt op af vejen som muligt, mens den anden mulighed er at placere diget så langt ud mod sandstranden som muligt (således at ydersiden af diget følger det yderste græsareal). Fordele og ulemper ved de to principielt forskellige tracéer er opsummeret i Tabel 5.2 nedenfor.

Tabel 5.2: Fordele og ulemper ved digeplacering tættest muligt på vejen og tættest muligt på stranden

Digeplacering	Fordele	Ulemper
Tættest muligt på vej	Maksimering af sammenhængende græs/strandareal  Mindst mulig eksponering af dige under højvandssituationer (mindre slid og mindre vedligehold)	P-pladser fjernes
Tættest muligt på strand	Flest mulige p-pladser bevares	Mindre sammenhængende græs/strandareal  Anlægsomkostninger højere på grund af øget materialeforbrug  Diget er mere udsat for erosion, hvilket kan medføre mere vedligehold og dermed større driftsomkostninger  Strandbredden bliver mindre eller sandfodringen skal øges

På baggrund af Digegruppens ønske om at bevare flest mulige p-pladser er der valgt en placering, hvor jorddigets vestlige digefod ligger ca. 4,7 m fra vejen.

I figuren nedenfor er vist fodaftryk af et dige med topkote +2,2 m, hvilket medfører en gennemsnitlig bredde for jorddiget på 8,2 m og for L-element løsningen på 5,5 m. Flere detaljer vedrørende digeplacering er vist på tre kort i større målestok, der er vedlagt som Bilag 1. Som det fremgår er der primært to områder langs diget, hvor der er udfordringer mht. plads og hvor der således er foreslået den mindre pladskrævende L-element løsning. Der er tale om området ved de tre kystnære sommerhuse mellem Bakkevej Grønninghoved og Strandvejen Grønninghoved samt om området ved det kystnære sommerhus helt sydligt i området. I disse to mindre områder, hvor der anlægges L-element dige, vil adgangen til stranden på tværs af diget være vanskelig, på grund af stenkastningen på ydersiden af diget. Dette vurderes dog som acceptabelt på grund af områdernes begrænsede størrelse.



Figur 5.6: Foreslået tracé for kystdige samt digeudbredelse ved topkote i +2,2 m DVR90. Se Bilag 1 for større kortformat.



I den nordlige ende af projektområdet fortsættes diget indtil der nås en terrænkote svarende til den valgte topkote på enten +2,0 m DVR90 eller +2,2 m DVR90. Det eksisterende nordlige dige, der beskytter bagvedliggende landbrugsjord fastholdes. I den sydlige ende af projektområdet foreslås det som tidligere nævnt at forlænge det eksisterende dige ind i landet og udbygge dette til en kote svarende til den valgte topkote for kystdiget.

## 5.2 Håndtering af bagvand

I forbindelse med valg af stormflodssikringsanlæg skal der tages stilling til hvorledes vand, der samler sig på indersiden af stormflodssikringsanlægget, håndteres. Der er flere årsager til der kan samle sig vand på indersiden (mod land) af diget, herunder:

- **Vandløbsvand.** Vandløbsvand der strømmer fra baglandet til kysten mod stormflodssikringsanlægget.
- **Overfladevand (nedbør).** Hvis det regner så meget, at afløbssystemer og jordmatrixen ikke kan optage regnvandet, vil regnvand strømme på terræn mod de lavestliggende områder. Dette kan skabe større oversvømmelser på indersiden af stormflodssikringsanlæg, som blokerer de naturlige strømningsveje på terræn mod kysten. Der er i dag udfordringer med dette, og det må forventes at disse udfordringer stiger med klimaændringer, der forventes at øge nedbørshændelserne.
- **Højtstående grundvand.** Eventuelt højtstående grundvand, der samler sig i lavtliggende områder og hvis naturlige strømningsvej mod kysten på terræn brydes af stormflodssikringsanlægget.
- **Overskylsvand fra havsiden.** Kombinationen af høj vandstand og bølger kan resultere i bølgeskulp hen over stormflodskonstruktionen.
- **Gennemtrængende havvand.** Ved en stormflod vil vandtrykket være større på forsiden af diget end på indersiden af diget. Det betyder, at der er risiko for at vand kan sive gennem diget eller under diget, især for længevarende stormfloder. Dette vil dog sjældent forekomme, da en stormflodsperiode normalt har en kort varighed (ca. 1 døgn).

I det følgende er opstillet forslag til koncept for håndtering af bagvand. Konceptet er baseret på, at der håndteres vandløbsvand og overfladevand (nedbør). Højtstående grundvand vil ikke blive håndteret af løsningen, men løsningen er forberedt for tiltag mod højtstående grundvand. Overskylsvand og gennemtrængende havvand vil ikke blive håndteret af løsningen, hvilket begrænser løsningens sikkerhed. Konceptet og konkret udformning af dette er beskrevet i afsnit 5.1-5.7. I afsnit 5.8 er økonomi for denne løsning beskrevet.

Den nuværende håndtering af vandløbsvand og regnvand omfatter følgende hovedelementer:

- Der er fem åbne vandløb på terrænskråningen ned mod det lavest liggende sommerhusområde.
- Fire af fem åbne vandløb fortsætter som rørlagte vandløb gennem det lavest liggende sommerhusområde og har udløb til Mosvig.
- Eet af de åbne vandløb (Odderbækken) fortsætter som åbent vandløb til Mosvig (bortset fra rørføring under vejen).
- I de højereliggende sommerhusområder er der sandede jordarter, hvorfor regnvandet i stor udstrækning nedsives i disse områder.
- I de lavest liggende sommerhusområder er der også sandede jordarter, men grundvandsspejlet står højt, hvorfor nedsivningsmulighederne ikke er så gode. I disse områder er der lokale anlæg, som afleder regnvand til Mosvig.
- Endvidere er der i de lavest liggende områder formentlig i et vist omfang tilsluttet regnvandsafledning til de rørlagte vandløb. Disse oplever formentlig udfordringer med regnvandsafledninger ved høj vandstand i Mosvig og ved større regnhændelser.

Som en del af stormflodssikringen skal det sikres at vand ikke samler sig på inder-siden af stormflodssikringsanlægget og skaber u hensigtsmæssige oversvømmelser. Løsninger skal fungere i såvel hverdagsituationen som i stormflodssituationen.

Der foreslås en løsning for vandløbsvand og regnvand, som omfatter følgende elementer:

- Trykgravitation af vandløbsvand
- Nedsivning af regnvand

Princippet i trykgravitation af vandløbsvand er at vandløbsvandet ledes ind i et rør i en tilstrækkelig høj kote (ca. +3 m) og at røret fører vandløbsvandet ud til kysten. Selv i en stormflodshændelse med eksempelvis et havvandsspejl i kote +2,0 m, vil overtrykket fra landsiden medføre at vandløbsvandet trykkes ud i havet. De eksisterende afløbsrør har formentlig allerede denne funktion, men er dog næppe i alle tilfælde tilstrækkelig tætte til at undgå oversvømmelser i de lavest liggende områder. Endvidere ligger indløbet til de eksisterende rør i nogle tilfælde kote-mæssigt for lavt og endelig kan der være tilkoblinger på røret, hvilket ikke kan accepteres, hvis funktionen som trykrør skal være til stede.

Konkret foreslås der udført trykgravitation af vandløbsvand således, jf. Figur 5.7:

- De eksisterende rør, som afleder vandløbsvand, fores med henblik på at de skal blive helt tætte. Dette forudsætter en tilstandsvurdering med TV-inspektion. Udskiftning af ledninger eller dele af ledninger kan blive nødvendigt.
- Ved behov forlænges rørene i vestlig retning, så indløbskoten fra det åbne vandløb til rørene bliver min. +3 m.
- Der anlægges indløbsbrønd med kuglerist.

Figur 5.7: Oversigt over foreslåede trykgravitationsledninger samt eksisterende dimension.



Det vurderes, at der ikke er behov for højvandslukke i trykgravitationsrørene, da indtrængning af havvand i ledningen ikke giver anledning til oversvømmelse. Det vurderes endvidere at tilsanding af røret kan ske, men at den trykbaserede strømning i røret vil medvirke til at friholde røret for sand.

For Odderbækken foreslås denne løsning, jf. Figur 5.8:

- For hverdagsituationen uden stormflod afledes Odderbækken som i dag, dog suppleret med en rørført gennemføring af jorddiget. Som alternativ til rørføring kan der anlægges en åben rende gennem jorddiget. I begge tilfælde med højvandslukke.
- Med henblik på håndtering af Odderbækken under stormflodshændelse foreslås der anvendt traktorpumpe til overpumpning af vand fra Odderbækken til Mosvig.

En rørført gennemføring af jorddiget udføres i  $\text{Ø } 800 \text{ mm}$  med henblik på at sikre afledning af Odderbækken i situationer, hvor der er stor regnhændelse, men ikke høj vandstand i Mosvig.



Under en stormflodshændelse, hvor højvandslukket er lukket, overpumpes vand fra Oddebækken til Mosvig med en traktorpumpe. Pumpesump til denne pumpe kan anlægges enten umiddelbart øst for Kystvej eller umiddelbart vest for Kystvej. Eller eventuelt begge steder. En pumpesump øst for Kystvej kan betjenes af en traktor, der parkeres langs jorddiget eller på Kystvej, mens en pumpesump vest for Kystvej kan betjenes af en traktor, der parkeres på Kystvej. Parkering af en traktor på Kystvej indebærer den ulempe, at der vil blive behov for at afspærre Kystvej.

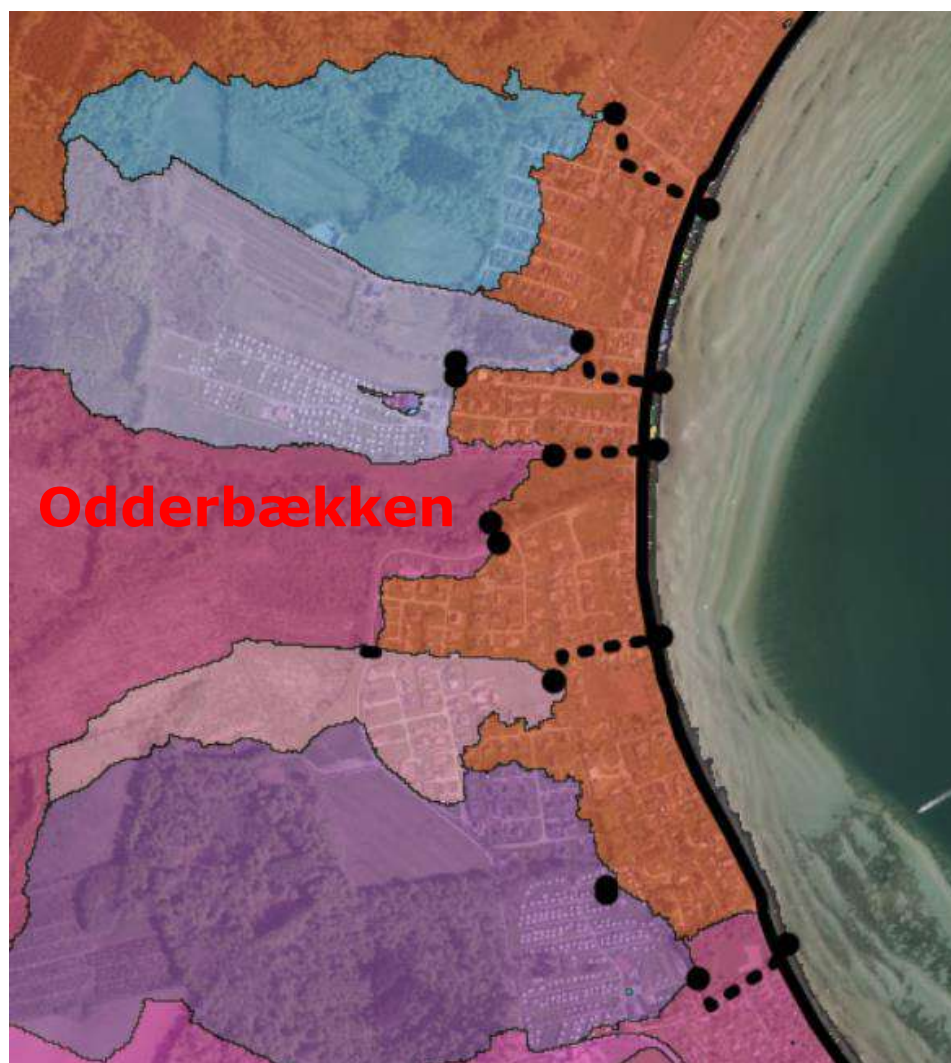
Den nødvendige kapacitet af traktorpumpen fastsættes på baggrund af vandføringen i Oddebækken ved en klimafremskrevet 10-års regnhændelse. Vandføringen ved denne regnhændelse er op til 900 l/s, hvorfor kapaciteten af traktorpumpen skal have denne størrelse.

Figur 5.8: Udløb af Oddebækken, Dige (vist med røde linjer) samt alternative placeringsmuligheder for traktorpumpe (vist med orange cirkler).



Trykgravitation af de 4 vandløbsoplande og overpumpning med traktorpumpe af Oddebækken håndterer de væsentligste dele af bagvandsmængderne, jf. Figur 5.9. Regnvand der falder neden for de trykgraviterede områder, dvs. primært i de lavtliggende dele af sommerhusområderne kan dog give anledning til oversvømmelse i disse områder.

Figur 5.9: Oversigt, der viser 4 vandløbsoplande med trykgravitation samt Odderbækken med udløb som i dag og traktorpumpe. De stiplede linjer angiver trykgravitationsledningerne. De sorte cirkler opstrøms for ledningerne angiver behov for mindre terrænreguleringer.



En klimafremskrevet 10-års regnhændelse (53 mm) med en varighed på 12 timer vil helt eller delvist nedsive i området afhængigt af befæstelsesgraden, nedsivningskapacitet, porevolumen i jordlagene og dybden til grundvandsspejlet. Med en befæstelsesgrad på 50% kan det antages, at 106 mm skal kunne nedsive for at undgå vand på terræn. Nedsivningskapaciteten for sand kan antages at være minimum 36 mm/time, jf. Spildevandskomiteens regneark for dimensionering af lokal afledning af regnvand. Dette medfører, at de 106 mm kan nedsive på 3 timer. Da hændelsen foregår over 12 timer må det vurderes, at nedsivningskapaciteten er tilstrækkelig. Effektivt porevolumen i den umættede zone er det totale porevolumen (30%) minus det kapilært bundne vand (10%), hvilket giver et effektivt porevolumen til nedsivning på 20 % eller 100 mm for en umættet zone på 0,5 m. Porevolumenet er således også tilstrækkeligt til at nedsivning af den regnhændelsen.

På den baggrund må det samlet vurderes, at en 10 års regnhændelse (53 mm) med en varighed på 12 timer vil kunne nedsive i området, såfremt dybden til



grundvandsspejlet er minimum 0,5 m, hvilket antages at være gældende for bebyggede områder.

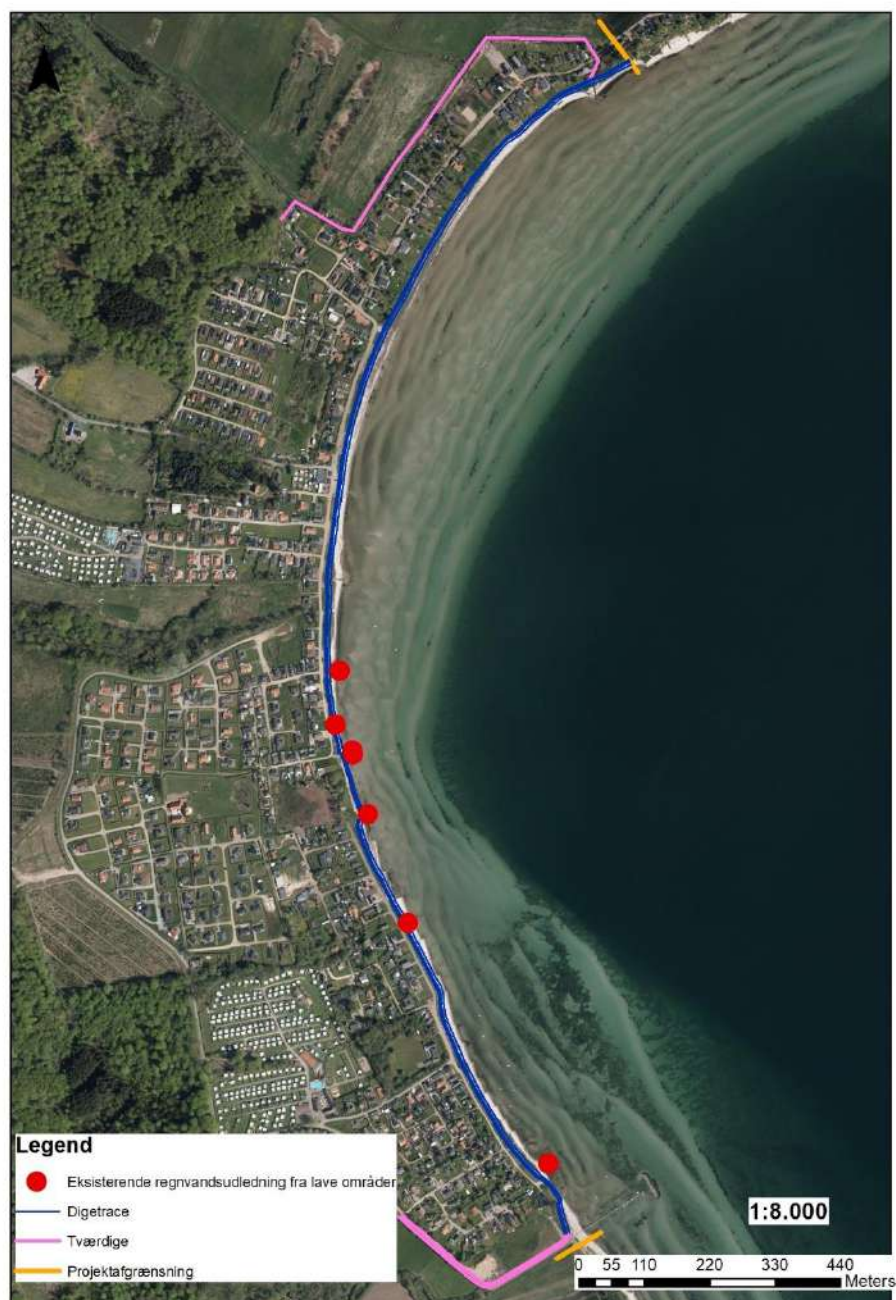
### **Konklusion vedrørende bagvandshåndtering**

Konklusionen er således, at trykgravitation af vandløbsvand og nedsivning af regnvand op til en 10 års regnhændelse vil kunne holde bebyggede områder fri for oversvømmelse.

I hverdagssituationen uden stormflod vil de eksisterende lokale regnvandsanlæg fra de lavest liggende dele af sommerhusområderne, se Figur 5.10, aflede regnvand fra området, hvilket medfører forøget sikkerhed for løsningen. Til gengæld er det væsentligt, at alle disse udløb forsynes med højvandslukke, hvorved tilbagestuvning under stormflod forhindres. Som det fremgår af figuren, er der udelukkende kendskab til lokale regnvandsanlæg syd for Oddebækken. Dette skal kvalificeres i det videre arbejde med projektet.

Koblede regnhændelser, dvs. regnhændelser der forekommer tidsmæssigt tæt efter hinanden, udgør en risiko for den foreslåede løsning, da den umættede zone i jorden efterhånden kan mættes med vand. Tilsvarende kan særligt intensive dele af regnhændelsen udgøre en risiko, da disse ikke nødvendigvis kan nedsive, men vil medføre vand på terræn. Sikkerheden i løsningen kan dog forbedres, såfremt der suppleres med pumpning fra de eksisterende regnvandsudløb. Det foreslås derfor, som et tilvalg til løsningen, at der for de regnvandsudløb, som afleder vand fra de lavestliggende sommerhusområder anlægges højvandslukke og pumpesump i brønd på landsiden af diget. Dette tilvalg er beskrevet i afsnit 7.1.

Figur 5.10: Eksisterende udløb fra regnvandsanlæg, der afleder regnvand fra de lavest liggende sommerhusområder til kysten.



### 5.3 Sandfodring

En mindre sandfodring foran hele det langsgående dige anbefales, jf. detaljeret beskrivelse i Bilag 3. Dette vil beskytte mod en evt. storm med bølgepåvirkning indtil vegetationen på diget er veletableret og giver diget styrke. Denne buffer vil med tiden blive spredt ud i profilet, og virke som almindelig sandfodring.

Enkelte steder vil det især være tilrådeligt med en sandfodring, da digets fodaftryk vil gå et stykke ud på stranden. Konkret drejer det sig om de to mindre dele af diget, der udformes som L-element samt om dele af strækningen langs Strandvejen Grønninghoved, hvor græsarealet er smalt og digets fodaftryk derfor vil gå et stykke ud på den eksisterende strand. Der er medtaget 2.300 m<sup>3</sup> sand til denne sandfodring.

Derudover anbefales det at opretholde en bestemt kote foran digets fod, hvilket kan gøres med vedligeholdelsesfodring når nødvendigt eller minimum hvert 5. år.

Konkret vurderes der at være behov for sandfodring i et overslagsmæssigt omfang som vist i nedenstående tabel.

Table 5.3: Oversigt over vurderet sandfodringsbehov for hele projektstrækningen.

Sandfodringsbehov	Initielt og hvert 5. år (m <sup>3</sup> )
Kronisk	1.500
Havvandspejlsstigning	10.000
Akut	-
Strandbredde	2.500
Sum	14.000

Det anbefales ikke at vedligeholdelsesfodre hvert år, men sædvanligvis hvert 5. år, da mobiliseringsomkostninger ved fodring med sandsuger og rørledninger er store.

Når der vedligeholdelsesfodres hvert 5. år skal dermed fodres for 5 års forventet kronisk erosion, kysttilbagerykning grundet 5 års havspejlsstigning (stiger lidt og eksponentielt med tiden). Endvidere skal der sandfodres ved forekomst af akutte hændelser.

Mængderne til forebyggelse af kronisk erosion og compensation for havspejlsstigning er som regel faste og til at beregne med nogen sikkerhed på forhånd. Muligvis bliver mængderne til forebyggelse af kronisk erosion mindre med tiden i nærværende projektområde. Dette kan dog ikke siges med sikkerhed, men vil kræve overvågning (kystlinje analyser/opmålinger) gennem de første 5-10 år. Årsagen er, at sandet på de fleste fodrede strækninger transporteres langs kysten ud af projektområdet, mens det ved Binderup-Grønninghoved forventes at blive aflejret i den centrale del af bugten og dermed langsomt medvirke til fremrykning af kysten her og mindske erosion langs den resterende kystlinje i bugten.

Vedligeholdelsesmængder for at undgå akut erosion af diget ved opretholdelse af bestemt fodkote, afhænger af de vejr-situationer diget har været udsat for i de forgangne 5 år, og kan derfor ikke vides med sikkerhed. Om denne buffer så er fjernet før eller overhovedet berørt inden for de 5 år er vejr-afhængigt og således

ikke til at vide på forhånd. Muligvis kræves en udlægning af sand før eller efter de 5 år er forløbet.

I det videre arbejde med projektet vil det blive undersøgt, om sandmaterialer til sandfodring med fordel kan indvindes fra den lavvandede Mosvig, hvor der vurderes at være store forekomster af sand.

Som nævnt i afsnit 3, kan det overvejes at fjerne de eksisterende høfder i den sydlige del af projektområdet, da disse ikke vurderes at have beskyttende virkning i forhold til erosion af kysten. Dette vil sammen med sandfodringen medvirke til et visuelt løft af stranden, da der i et vist omfang er iblandet betonfragmenter i de eksisterende høfder. Endvidere kan det overvejes at anvende (en del af) stenene i de eksisterende høfder til rekreative tiltag på stranden.

#### **5.4 Dræning af grundvand**

Den udførte analyse af grundvandsforhold, se afsnit 4.3, indikerer at det kan blive nødvendigt at foretage tiltag overfor stigning af grundvandet, med henblik på at undgå vand på terræn i fremtiden.

Det anbefales dog at udelade grundvandstiltag fra det aktuelle projekt af følgende årsag:

- Tidsmæssigt forventes stigningen af grundvandsspejlet at ske gradvist over de næste årtier, hvorfor tiltag i forhold til grundvandet kan vente indtil der er konkrete tegn på, at stigende grundvandsspejl giver udfordringer med vand på terræn eller begrænser nedsivningsevnen i området. Det vurderes, at tiltag i forhold til grundvandet kan blive nødvendige i løbet af en årrække på 20 – 30 år.

#### **5.5 Landskabsmæssigt udtryk af jorddigeløsning**

Landskabsmæssigt udtryk af et jorddige, som det beskrevne, er vist på Figur 5.11. Udtrykket vil være præget af grønt klippet græs. Dette udtryk vil være meget lig det nuværende græsdækkes udtryk.

Figur 5.11: Eksempel på visuelt udtryk af et jorddige. Diget har nogenlunde samme højde og bredde som foreslået her. Foto fra Asvig i Hedensted Kommune.



Udsigtsforholdene fra landsiden af diget over diget til havsiden af diget vil være gode, da digehøjden er begrænset til ca. 90 cm. Jorddigeløsningen er visualiseret i kapitel 7.

Sandfodringen på havsiden af diget sikrer opretholdelse af nuværende bredde af stranden, som dog fortsat vil være ret smal.

På Figur 5.12 er vist et tværsnit af jorddige og bagvandshåndtering. Det øverste snit viser den daglige normale situation, hvor der hverken er stormflod eller store regnhændelser. Det nederste snit viser en situation, hvor der er samtidig forekomst af stormflod og regn. I begge situationer holdes sommerhusområder, veje og parkeringspladser fri for oversvømmelser.

Figur 5.12: Tværsnit af jorddige og bagvandshåndtering

### Normal situation



Snit 1:200

### Samtidig af regnskyl og stormflod



Det eksisterende slæbested ved Strandvejen Grønninghoved genetableres som en befæstet vej over jorddiget. Befæstelse kan ske ved anvendelse af stenbelægning, der giver mulighed for græsvækst mellem stenene. På den aktuelle lokalitet er terrænkoten +1,65 m, hvilket betyder, at der med en kronekote for diget på +2,2 m er behov for at rampen op til digets top skal stige med ca. 0,55 m på den ca. 5 m lange rampe. På ydersiden tilpasses rampens hældning det aktuelle behov.

## 5.6 Eksisterende jordbundsforhold i området

### 5.6.1 Overordnede geologiske forhold

Baseret på GEUS jordbundskort over området og GEUS Jupiterdatabase over boringer i området, kan der angives følgende overordnede jordbundsforhold for området:

- Områderne omkring de lavtliggende sommerhuse langs kysten er præget af havaflejret sand (strandsand) aflejret efter sidste istid.
- Områderne omkring de højereliggende sommerhuse samt området op med Skamlingsbanken er præget af istidsaflejringer, bestående af moræneler og smeltevandssand. Stedvist kan det konstateres, at der forekommer udsivning af grundvand (trykvand, kilder) i disse højereliggende områder.

Disse jordbundsforhold udgør det overordnede grundlag for geotekniske vurderinger, der er beskrevet nedenfor. Herunder for opstilling af et forslag til geotekniske undersøgelser.

Oplysninger om eventuel jordforurening er søgt hos Region Syddanmark. Der er ikke i den forbindelse fundet lokaliteter med jordforurening inden for projektområdet.



### 5.6.2 Geotekniske vurderinger

På baggrund af de overordnede geologiske forhold vurderes det, at der er behov for at vurdere jordlagenes evne til at bære det beskrevne dige langs kysten. Endvidere kan der være behov for udførelse af geotekniske vurderinger i forhold til etablering af bygværker for pumpestationer.

Til dette foreslås der udført ca. ti geotekniske borer i tracéet for kystdiget og ved planlagte pumpestationer. Boringerne føres til ca. 5 m under terræn og udbygges med filter med henblik på pejling af grundvandsspejlet. Jordlag i borerne beskrives og der udføres standard geotekniske målinger af jordlagenes bæreevne. Resultaterne rapporteres i en geoteknisk rapport. Omkostninger er medtaget i det efterfølgende økonomiske overslag for anlægsfasen af projektet.

### 5.7 Drift

Det beskrevne anlæg med primært jorddige, sandfodring, trykgravitation samt traktorpumpning på Oddebækken ved behov, er valgt med henblik på at minimere driftsforanstaltninger. Driften af de enkelte elementer kan beskrives således:

- Jorddige: Græsslåning
- Sandfodring: Der forudses behov for en sandfodring hvert 5. år.
- Trykgravitation: Påregnes at være driftfri, men der kan dog blive behov for håndtering af sand ved udløbet af rørene. Denne håndtering må i givet fald påregnes at være på samme niveau som i dag.
- Traktorpumpning på Oddebækken: Påregnes at være stort set driftfri, rent vedligeholdelsesmæssigt, men der vil være omkostninger til abonnement på traktorpumpe.

Driftsomkostninger er anslået i afsnit 5.8.

### 5.8 Anlægs- og driftsoverslag for jorddige og bagvands-håndtering

I det efterfølgende er der udarbejdet et økonomisk overslag for anlæg og drift af det beskrevne løsningsforslag. Der er arbejdet videre i forhold til det økonomiske overslag fra Ideoplægget (Afsnit 7), men vær opmærksom på, at der stadig er tale om et groft overslag med nogen usikkerhed. På den baggrund er det valgt at indarbejde en post til uforudseelige omkostninger i overslaget. Det er endvidere valgt at indarbejde omkostninger til de igangværende forundersøgelser og forventede omkostninger til efterfølgende detailprojekt, udbud og tilsyn.

Der er udarbejdet økonomisk overslag (anlæg og drift) for følgende løsninger:

1. Dige med kronekote +2,0 m i kombination med sandfodring samt trykgravitationsløsning for bagvandet
2. Dige med kronekote +2,2 m i kombination med sandfodring samt trykgravitationsløsning for bagvandet

Endvidere er der udarbejdet økonomisk overslag for forhøjelse af dige med kronekote +2,0 m til kronekote +2,2 m. Overslagene er vist i det følgende. Anlægsoverslag for diget er udarbejdet med udgangspunkt beskrivelsen i afsnit 5.1, hvor der anbefales jorddige på den største del af strækningen og en L-element på 2 mindre delstrækninger. Det er i den forbindelse vurderet, at prisen for etablering af jorddige og L-element løsning er nogenlunde den samme (1.570 kr./m, ekskl. moms, for løsning 1 og 2000 kr./m, ekskl. moms, for løsning 2, svarende til 1.963 kr./m,

henholdsvis 2.500 kr./m, inkl. moms). Der er derfor ikke skelnet mellem disse løsninger i det økonomiske overslag.

Andre løsninger har også været overvejet. Overslagsmæssige enhedspriser for disse kan angives således:

- Insitu-støbt betonmur: ca. 5.000 kr./m inkl. moms.
- Spuns af plast eller stål: ca. 4.000 kr./m inkl. moms.

Disse løsninger er således væsentlig dyrere end jorddige og L-element løsning. Hertil kommer, at disse løsninger medfører risiko for erosion på nabostrækninger og ikke er landskabsmæssigt naturlige. Derfor er der ikke arbejdet videre med løsninger, der omfatter mur af insitu-støbt beton samt spuns.

### Anlægsoverslag for Løsning 1:

Beskrivelse	Enhed	Enhedspris (kr.)	Antal	Pris (kr., ekskl. moms)	Pris (kr., inkl. moms)
Kystdige	m	1.570	2.240	3.516.800	4.396.000
Sandfodring, mobilisering	Stk.	500.000	1	500.000	625.000
Sandfodring, sand	m <sup>3</sup>	40	23.000	920.000	1.150.000
Ådige, sydlige vandløb	m	500	350	175.000	218.750
Trykgravitation, 4 udløb	Stk.	1.500.000	1	1.500.000	1.875.000
Oddebækken	Stk.	500.000	1	500.000	625.000
I alt				7.111.800	8.889.750
Forundersøgelse	Stk.	950.000	1	950.000	1.187.500
Detailprojekt, udbud og tilsyn	%		10	711.180	888.975
Geoteknik, boringer, vurdering	Stk.	5.000	10	50.000	62.500
Uforudseelige omkostninger	%		20	1.422.360	1.777.950
I alt				10.245.340	12.806.675
Usikkerhed					± 2.000.000

### Anlægsoverslag for Løsning 2:

Beskrivelse	Enhed	Enhedspris (kr.)	Antal	Pris (kr., ekskl. moms)	Pris (kr., inkl. moms)
Kystdige	m	2.000	2.240	4.480.000	5.600.000
Sandfodring, mobilisering	Stk.	500.000	1	500.000	625.000
Sandfodring, sand	m <sup>3</sup>	40	23.000	920.000	1.150.000
Ådige, sydlige vandløb	m	500	350	175.000	218.750
Trykgravitation, 4 udløb	Stk.	1.500.000	1	1.500.000	1.875.000
Oddebækken	Stk.	500.000	1	500.000	625.000
I alt				8.075.000	10.093.750
Forundersøgelse	Stk.	950.000	1	950.000	1.187.500
Detailprojekt, udbud og tilsyn	%		10	807.500	1.009.375
Geoteknik, boringer, vurdering	Stk.	5.000	10	50.000	62.500
Uforudseelige omkostninger	%		20	1.615.000	2.018.750
I alt				11.497.500	14.371.875
Usikkerhed					± 2.000.000

Såfremt der etableres højvandssikringsanlæg med kronekote +2,0 m og dette senere forhøjes til +2,2 m, forventes omkostningerne til denne forhøjelse at være ca. 2,7 mio. kr. inkl. moms. Merudgiften er således 1,1 mio. kr. mere i forhold til at etablere kronekote +2,2 m fra starten.

**Driftsoverslag for løsning 1 og 2:**

Beskrivelse	Enhed	Enhedspris (kr.)	Antal	Pris (kr., ekskl. moms)	Pris (kr., inkl. moms)
Kystdige	m	20	2.240	44.800	56.000
Sandfodring, mobilisering	Stk.	500.000	0,2	100.000	125.000
Sandfodring, sand	m3	40	11.500	92.000	115.000
Ådige, sydlige vandløb	m	20	350	7.000	8.750
Trykgravitation, 4 udløb	Stk.	2.500	4	10.000	12.500
Oddebækken	Stk.	40.000	1	40.000	50.000
I alt				293.800	367.250
Forundersøgelse	Stk.			0	0
Detailprojekt, udbud og tilsyn	%		0	0	0
Geoteknik, boringer, vurdering	Stk.	5.000	0	0	0
Uforudseelige omkostninger	%		20	58.760	73.450
I alt				352.560	440.700

**5.9 Imødekommen af Digegruppens kommentarer**

Med udgangspunkt i Digegruppens tilbagemeldinger af 20. september og 14. december 2018 er der i Bilag 6 vist en oversigt med Digegruppens kommentarer og hvordan disse er håndteret i anlægsprogrammet.

**6 Klitdige som højvandssikring mod stormflod****6.1 Kystteknisk baggrund**

Dette anlægsprogram beskriver muligheden for at forbedre stranden ved Binderup Grønninghoved til både at kunne håndtere erosions- og oversvømmelsesfaren samtidig med, at de rekreative værdier forbedres.

Der tages udgangspunkt i det kysttekniske notat, Bilag 5, der beskriver de kysttekniske forhold og kystens naturlige udvikling. Notatet beskriver også dimensioneringsgrundlaget og beskyttelsesniveau.

Som det fremgår af Figur 5.4 i det kysttekniske notat og på Figur 6.1, er den sydvestlige del af kysten udsat for erosion og kysttilbagerykning. Langtransporten er mod nordvest. Der er mange revler ud for kysten, som er et akkumulationsområde for det sand, som kommer til området med langtransporten.

Figur 6.1: Digitaliserede kystlinjer mellem 1954 og 2017 med erosion i det sydlige område og aflejring i det centrale og nordlige område. Erosionsområdet er markeret med transportpil mod nord, da sandet fragtes i denne retning. Aflejningsområdet i den centrale og nordlige del er kendetegnet ved, at der sker aflejring på stranden, ved fremrykning af kystlinjen og ved de mange revler.



Bølgebryderen med lystbådepladser i den sydvestlige del af området er et godt eksempel på de problemer, der er ved at anlægge konstruktioner, der indvirker på den kystparallelle sedimenttransport.

Ved at anlægge bølgebryderen og høfderne, hvor langstransporten er betydelig, har anlægget medført læsideerosion nordvest for anlægget, som det fremgår af Figur 6.1. Samtidig har der været udgifter til opgravning og flytning af sand, hvor bådene skal ligge.

Det er bølger og strøm, der giver erosion og aflejring ved at flytte sand fra et sted til et andet.

Når vindretningen er mellem 50° og 144° svarende til vinde fra NØ til SØ, kan der dannes bølger, der påvirker erosionsområdet. Akkumulationsområdet i nord er udsat for bølger, når vindretningen er mellem 73° og 150° svarende til vinde fra ØNØ til SSØ.

I storme med pålandsvind er bølgeenergien høj nok til at fjerne og transportere sand væk fra en kyst, når der samtidig er højvande. Denne proces kaldes akut erosion med tværtransport. Bølgerne fjerner sandet fra stranden og klitterne. Sandet aflejres på revlene. I den efterfølgende periode med mere almindelige bølge og vandstandsforhold vil sandet typisk vandre tilbage til stranden.

Den kroniske erosion, som skyldes gradienter i den kystparallelle sedimenttransport, er irreversibel. Det sand, der fjernes fra det sydlige erosionsområde med nordgående strømme, når vindretning er mellem 60° og 144° og som derefter aflejres i akkumulationsområdet mod nord, bliver liggende. Derfor er det kystteknisk ofte den bedste løsning at tilføre ligeså meget sand, som naturen fjerner fra erosionsområdet.

Forhøjet vandstand kan dannes når vinden kommer fra flere forskellige retninger. Under de seneste storme i 2017 og 2019 har stormfloderne ramt området, selvom vinden kom fra nord og der derfor ikke var betydelige bølger. Der kan også opstå ekstreme højvande i forbindelse med storme fra østlige retninger.

Designforudsætningerne for klitdiget er fastlagt for episoder med kombination af høj vandstand og bølger. Beskyttelsesniveauet er altså højere end de stormfloder, man har oplevet i nyere tid i området.

## 6.2 Løsningsforslag

Binderup Grønninghoved Strand har overordnet problemer med oversvømmelse fra havet langs de lavtliggende kystnære sommerhusområder og samtidig er der lokal kysterosion. Da terrænet skråner ned mod kysten, er det samtidigt vigtigt at håndtere bagvand og regnvand. Problemerne skal gerne håndteres samtidigt.

### 6.2.1 Klitdige og strandfodring

Hvis det nuværende lavvandede område ud for Binderup Grønninghoved Strand strandfodres med sand, så kystlinjen flyttes havværts og der kommer mere strandbred, så vil stranden stadig være i kystmorfologisk ligevægt langs størstedelen af strækningen.

For at sikre beboerne mod oversvømmelse fra havet, kan der samtidig etableres en sammenhængende klitrække tæt på den nuværende kystlinje, som vil se naturlig ud i kystlandskabet. Klitrækken skal have en højde over daglig vande som et jorddige eller lidt højere. Bredden af klitten skal være tilstrækkelig bred til at kunne erodere under storm, uden at miste sin beskyttelsesfunktion.



Der kan plantes naturligt forekommende hjelme i klitterne for at sikre, at klitterne ser naturlige ud. Forudsætningen for at klitterne kan beskytte mod højvande er, at klitrækken har samme minimumshøjde langs hele strækningen, se Figur 6.2.

Figur 6.2: Kysten efter strandfodring samt klitrække med markering af hjelme på klittoppen med samme højde som det foreslåede jorddige.



Klitdiget og stranden er opbygget af sand med samme eller lidt grovere kornstørrelse end det nuværende naturligt forekommende sand for at stabilisere stranden og reducere vedligeholdelsesbehovet i den sydlige del ved den nuværende jollehavn. Bredden af klitdiget skal være ca. 25 m i bunden og ca. 15 m i toppen. Bredden af strandfodringen planlægges til mellem 40 og 70 m, hvilket giver anledning strandbredde på mellem 30 og 60 m. Sten i eksisterende høfder og bølgebrydere kan indbygges i bunden af klitdiget.

Den større middeldiameter bevirke, at hældningen på stranden bliver lidt stejlere end i dag.

Nord for Søren Kroghs vej er der en klitrække, som kan forstærkes ved at tilføre mere sand. Herved indgår den ca. 600 m nordlige klitrække i den samlede løsning med samme tværsnit, som den resterende del af klitdiget.

Ved at benytte denne løsning i nord, har man formindsket volumen af lavningen bag klitten, hvor bagvandet skal kunne opbevares i episoder med samtidig stormflod og kraftig regnvejr. Hvis man vælger den alternative løsning i nord, bliver man nødt til at rykke klitten ca. 5-10 m frem på resten af strækningen for at få samme bagvandsvolumen, hvorved hele systemet flyttes havværts. Alternativt kan anvendes pumpe-løsning, se nærmere beskrivelse i afsnit 6.2.4

### 6.2.2 Vedligeholdelse af klitdiget

Hvis området oplever en storm med bølger og forhøjet vandstand, der har styrke til at fjerne sand fra den havværts side af klitten, så viser vores beregninger, at der i gennemsnit vil fjernes 3-7 m af klittens bredde. Som det fremgår af tabel 2.1, så er sandsynligheden for at en sådan storm vil optræde kun 10% i projektets levetid på 30 år.

Efter en storm, der har fjernet 3-7 m af den havværts del af klitten, er det tilrådeligt umiddelbart efter at doze sand fra stranden op i klitten for at genopbygge styrken i klitten.

Ligeledes kan man genplante hjelme og anden klitvegetation, hvor den mangler efter stormen.

Til håndtering af den kroniske erosion i den sydlige del af området, kan man nøjes med at genfodre med sand hvert 5. år svarende til den beregnede kroniske erosion og den forventede havspejlsstigning over de næste 5 år.

Da netto sedimenttransportretningen er nordgående, kan man med fordel placere de største genfodringsmængder så sydligt som muligt og derved få glæde af sandet på hele strækningen.

### 6.2.3 Alternativ jollehavn

Den nuværende jollehavn i den sydlige del af området vil fortsat skabe læsideerosion efter strandfodringen. Som et alternativ kan jollehavnen flyttes til akkumulationsområdet, hvor Søren Kroghs vej kommer ud til kysten, da netto transporten er lille. Samtidig kan man anlægge havnen som ø-havn.

Alle sten i nuværende bølgebrydere og i eksisterende høfder forventes at kunne genbruges ved den nye placering. Derved er der kun udgifter til opgravning, flytning og genplacering af bølgebryderen.

Det er også muligt at udbygge den nuværende bådekapalet, så der er plads til flere både i den nye ø-havn.

#### 6.2.4 Bagvandshåndtering

Bagvandshåndteringen består som udgangspunkt af følgende elementer (jf. Figur 6.3):

- Odderbækken i åben rende og med højvandslukke
- Eksisterende håndtering af vandløb og regnvand
- Afløb fra Vindemosen og det sydligste vandløb i rør med højvandslukke

Odderbækken føres i en åben rende gennem klitdiget. Alternativt kan Odderbækken rørføres gennem klitdiget. Den åbne rende anlægges med passivt højvandslukke, hvilket indebærer, at høj vandstand i Mosvig ikke påvirker sommerhusområdet og lavningen mellem eksisterende strand og klitdiget. I hverdagsituationen, hvor der ikke er stormflod og store regnhændelser, sker Odderbækkens udløb gennem rende og gennem højvandslukket i klitdiget til Mosvig.

Bagvandet fra sommerhusområdet og fra oplandet vest for sommerhusområdet håndteres som udgangspunkt helt som i dag. Dvs. at der udføres ikke ændringer i de eksisterende anlæg til håndtering af vandløbsvand og regnvand. I hverdagsituationen, hvor der ikke er stormflod og store regnhændelser, sker udløbet gennem de eksisterende rør til lavningen mellem den nuværende strand og klitdiget. Vandløbsvand og regnvand har udløb i lavningen og nedsiver i sandet. Ved regnhændelser over en halvårshændelse kan der afhængig af intensitet forekomme vand på terræn i lavningen. Dette vil således kunne forekomme ca. 2 gange pr. år i en periode på nogle timer indtil vandet er afstrømmet mod havet. Det anbefales at minimere vand på terræn i lavningen ved at sandfylde de laveste dele af lavningen, hvilket udføres som en mindre supplerende af strandfodringen.

Hvis det yderligere ønskes at minimere risiko for vand på terræn i lavningen kan løsningen suppleres med 4 rørførte udløb med højvandslukke til vand fra oplandet vest for sommerhusområdet.

Bagvandet fra Vindemosen og fra det sydligste vandløb håndteres i rør fra den nuværende strand, gennem klitdiget og strandfodringen til dybere vand i Mosvig. I hverdagsituationen, hvor der ikke er stormflod og store regnhændelser, sker udløbene gennem rør med højvandslukke. Alternativt kan bagvand fra Vindemosen og det sydlige vandløb føres i åben rende med højvandslukke.

I en stormflodssituation, hvor der ikke er store regnhændelser, håndteres den begrænsede vandmængde fra vandløb og mindre regnhændelser således:

- Odderbækken: En mindre del af lavningen mellem den eksisterende strand og klitdiget og tæt på Odderbækken vil blive oversvømmet i den periode (op til ca. 12 timer), hvor Odderbækkens højvandslukke er lukket.
- Bagvandet fra sommerhusområdet og fra oplandet vest for sommerhusområdet udstrømmer og nedsiver i sandet mellem eksisterende strand og klitdige. Ved samtidig forekomst af en halvårs regnhændelse eller større (normalt sjældnere end 1 gang pr. år) kan der forekomme større mængder af vand på terræn i lavningen. Vand på terræn kan forventes i en periode på op til 12 timer. I perioden frem til år 2050 forventes middel havvandsstand at stige med 0,2 m, hvilket forventes at medføre stigning i grundvandspejlet og dermed en begræns-

ning i nedsivningskapaciteten. Som følge heraf kan det forventes at antal hændelser med større mængder af vand på terræn i lavningen vil øges frem mod år 2050 (dog stadig normalt sjældnere end 1 gang pr. år).

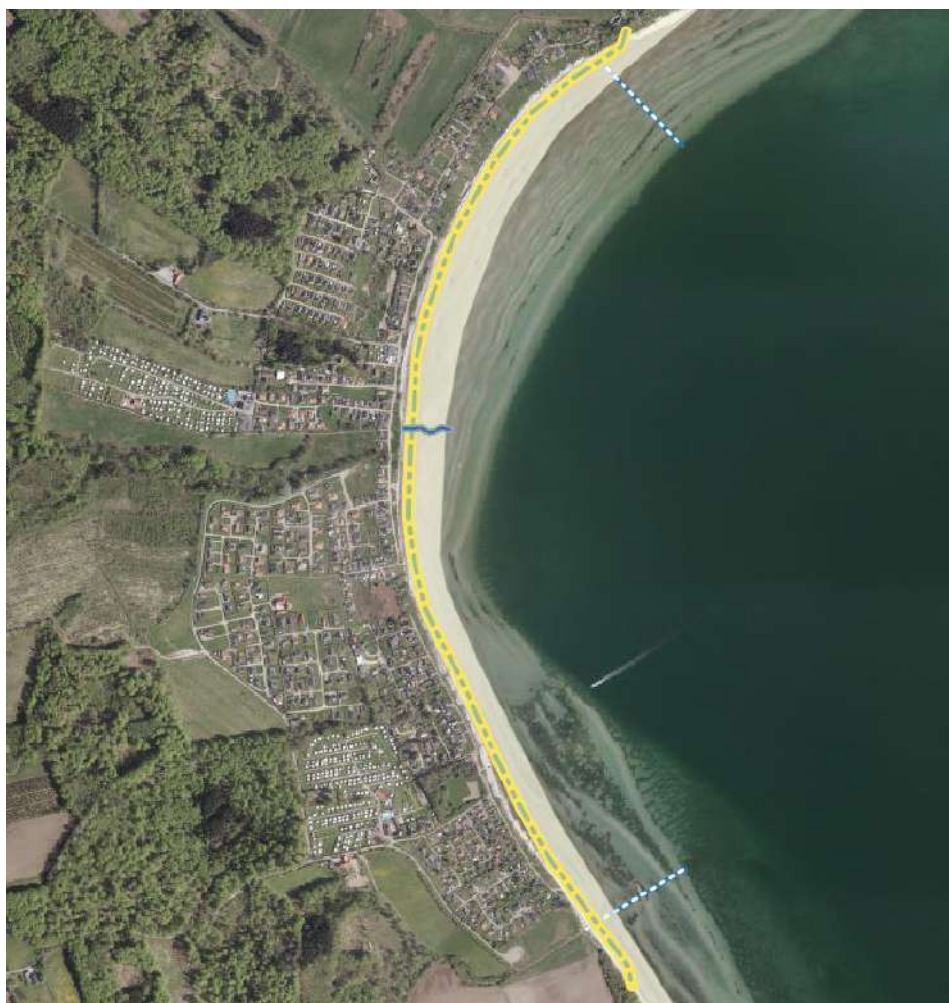
- Bagvand fra Vindemosen holdes tilbage i Vindemosen, dvs. de laveste dele af vindemosen oversvømmes. Dette svarer helt til situationen i dag.
- Bagvand fra det sydligste vandløb holdes tilbage langs vandløbet, hvilket resulterer i oversvømmelse af landbrugsområdet umiddelbart syd for vandløbet. Dette svarer til situationen i dag, dog vil der være tale om en mindre ferskvandsoversvømmelse, hvor det i dag er en større saltvandsoversvømmelse.

I en stormflodssituation, hvor der er samtidig forekomst af store regnhændelser (op til 10 års klimafremskrevet regnhændelse) parkeres de nødvendige vandmængder i stormflodsperioden. Denne hændelse forekommer sjældnere end hvert 10. år. Vandhåndteringen sker således:

- Odderbækken: Op til ca. 24.000 m<sup>3</sup> vandløbsvand fra Odderbækken parkeres i lavningen.
- Bagvand fra oplandet vest for sommerhusområdet: Vand fra dette område (op til ca. 16.000 m<sup>3</sup>) parkeres i lavningen, se Figur 6.4.
- Bagvand fra sommerhusområdet: Vand fra dette område nedsiver i sommerhusområdet og parkeres i lavning.
- Bagvand fra Vindemosen holdes tilbage i Vindemosen, dvs. de laveste dele af vindemosen oversvømmes. Dette svarer helt til situationen i dag.
- Bagvand fra det sydligste vandløb holdes tilbage langs vandløbet, hvilket resulterer i oversvømmelse af landbrugsområdet umiddelbart syd for vandløbet. For at undgå oversvømmelse af det eksisterende dige langs vandløbet, er der behov for forhøjelse af dette dige til kote +2,2 m. Dette svarer til situationen i dag, dog vil der være tale om en ferskvandsoversvømmelse, hvor det i dag er en saltvandsoversvømmelse. Forhøjelsen er medtaget i det økonomiske overslag for løsningen.

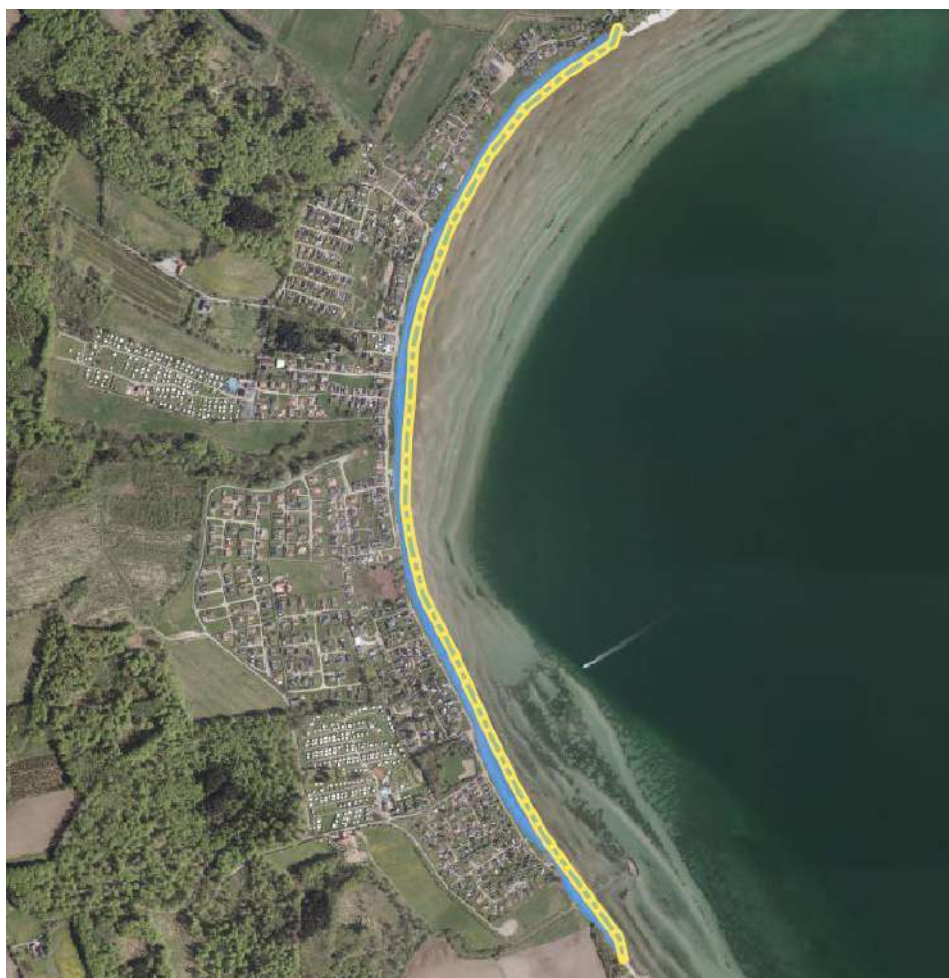
De beskrevne løsninger kan suppleres med udløbsrør for fire rørførte vandløb og/eller mobil pumpeløsning (traktorpumpe), såfremt der ønskes minimal vand på terræn i lavningen mellem eksisterende strand og klitdige. I det økonomiske overslag er medtaget mobil pumpeløsning (traktorpumpe).

Figur 6.3: Bagvandshåndtering med rørføring gennem klitrækken og åudløb (hverdagssituation uden stormflod).





Figur 6.4: Bagvandshåndtering med parkering af bagvand i lavning mellem eksisterende strand og klitdige (under stormflod).



### 6.3 Landskabsmæssigt udtryk af klitdige-løsning

Landskabsmæssigt udtryk på tværs af et klitdige og strand, som det beskrevne, er vist på Figur 6.5 og Figur 6.6. Udtrykket vil være præget af sandklit og hjelme eller tilsvarende. Klitdige-løsningen er visualiseret i kapitel 7, hvor der foruden traditionel visualisering er vist et stemningsbillede for en sommerdag.

Klitter tilsvarende det beskrevne klitdige er typiske for danske kyster, også for østkysten af Jylland. Men de naturlige klitter langs den sydjyske østkyst er dog i de fleste tilfælde ikke så høje og brede som klitdiget. På landsiden af den nordligste del af klitdige-strækningen er der allerede i dag klitdannelse (med flysevand), dog er højden af klitten over det havaflejrede sand meget begrænset (ca. 0,5 m).

Figur 6.5: Foto af klitdige med terrænmåtte



Figur 6.6: Foto af stranden ved Køge Bugt Strandpark, taget fra klitdiget. Stranden er her 40 m bred og der er lokale forklitter her og der.



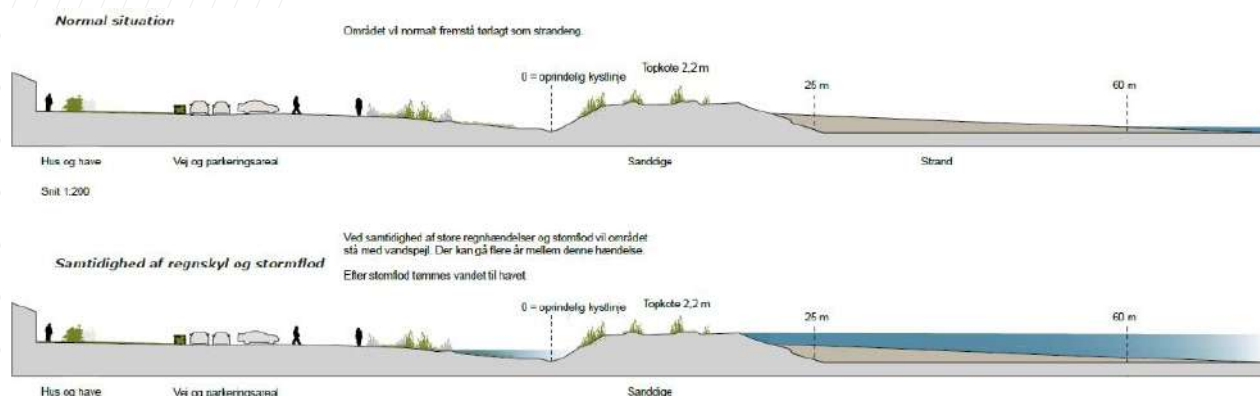
Udsigtsforholdene fra den nuværende kyst eller fra vejen langs kysten over diget til havsiden af diget vil være gode, men lidt begrænsede i forhold til udsigten over det tilsvarende jorddige, da klitdiget ligger på vandsiden af kystlinjen, mens jorddiget ligger på landsiden af kystlinjen.

Selve klitdiget vil medføre dannelse af ny natur i form af naturtypen hvidklit med græsarter som hjelme eller tilsvarende. Denne naturtype er eftertragtet til rekreativ anvendelse. Strandfodringen på havsiden af klitdiget er ligeledes eftertragtet til rekreativ anvendelse.

På Figur 6.7 er vist et tværsnit af klitdige og bagvandshåndtering. Det øverste snit viser den daglige normale situation, hvor der hverken er stormflod eller store

regnhændelser. Det øverste snit viser en situation, hvor der er samtidig forekomst af stormflod og regn. I begge situationer holdes sommerhusområder, veje og parkeringspladser fri for oversvømmelser.

Figur 6.7: Tværsnit af klitdige og bagvandshåndtering



## 6.4 Drift

Det beskrevne anlæg med klitdige, strandfodring samt traktorpumpning på Oddebækken ved behov, er valgt med henblik på at minimere driftsforanstaltninger. Driften af de enkelte elementer kan beskrives således:

- Klitdige: Ingen drift ud over, at der kan være behov for at doze sand fra strand til klit efter stormflodshændelse.
- Strandfodring: Der forudses behov for en strandfodring hvert 5. år.
- Traktorpumpning på Oddebækken: Påregnes at være stort set driftfri, rent vedligeholdelsesmæssigt, men der vil være omkostninger til abonnement på traktorpumpe.

Driftsomkostninger er anslået i afsnit 6.5.

## 6.5 Anlægs- og driftsoverslag for klitdige og bagvands-håndtering

I det efterfølgende er der udarbejdet et økonomisk overslag for anlæg og drift af det beskrevne løsningsforslag. Der er tale om et groft overslag med nogen usikkerhed. På den baggrund er det valgt at indarbejde en post til uforudseelige omkostninger i overslaget. Det er endvidere valgt at indarbejde omkostninger til de igangværende forundersøgelser og forventede omkostninger til efterfølgende detailprojekt, udbud og tilsyn.



**Anlægsoverslag for klitdigeløsning:**

Beskrivelse	Enhed	Enhedspris (kr.)	Antal	Pris (kr., ekskl. moms)	Pris (kr., inkl. moms)
Klitdige	m3	40	48.000	1.920.000	2.400.000
Strandfodring, mobilisering	Stk.	500.000	1	500.000	625.000
Strandfodring, sand	m3	40	130.000	5.200.000	6.500.000
Ådige, sydlige vandløb	m	500	350	175.000	218.750
Odderbækken, rende og højvandslukke	Stk.	600.000	1	600.000	750.000
Rørførte udløb, 2 stk. med højvandslukke	m	3.000	400	1.200.000	1.500.000
Kanaler	m	150	1.000	150.000	187.500
Traktorpumpe med 2 pumpe-sumpe	Stk.	500.000	1	500.000	625.000
I alt				10.245.000	12.806.250
Forundersøgelse	Stk.	950.000	1	950.000	1.187.500
Detailprojekt, udbud og tilsyn	%		10	1.024.500	1.280.625
Geoteknik, boringer, vurdering	Stk.	5.000	10	50.000	62.500
Uforudseelige omkostninger	%		20	2.049.000	2.561.250
I alt				14.318.500	17.898.125
Usikkerhed					± 2.000.000

**Driftsoverslag for klitdigeløsning:**

Beskrivelse	Enhed	Enhedspris (kr.)	Antal	Pris (kr., ekskl. moms)	Pris (kr., inkl. moms)
Klitdige	m3	40	0	0	0
Strandfodring, mobilisering	Stk.	500.000	0,2	100.000	125.000
Strandfodring, sand	m3	40	11.500	92.000	115.000
Ådige, sydlige vandløb	m	20	350	7.000	8.750
Odderbækken, rende og højvandslukke	Stk.	5.000	4	20.000	25.000
Rørførte udløb, 2 stk. med højvandslukke	Stk.	5.000	1	5.000	6.250
Kanaler	m	20	1.000	20.000	25.000
Traktorpumpe med 2 pumpe-sumpe	Stk.	40.000	1	40.000	50.000
I alt				284.000	355.000
Forundersøgelse	Stk.			0	0
Detailprojekt, udbud og tilsyn	%		0	0	0
Geoteknik, boringer, vurdering	Stk.	5.000	0	0	0
Uforudseelige omkostninger	%		20	56.800	71.000
I alt				340.800	426.000

Som tilvalgs løsninger til klitdigeløsningen kan vælges en række elementer, som supplerer funktionen af højvandssikringen:

- Den nordlige ende af klitdiget lægges ind på eksisterende strand (beskrevet i afsnit 6.2.1). Anlægs- og driftsomkostninger vurderes at være neutrale.
- Flere rørførte udløb (beskrevet i afsnit 6.2.4). Anlægsomkostninger skønnes til 2 mio. kr. inkl. moms. Driftsomkostninger kr. 10.000, inkl. moms pr. år.

Som tilvalgs løsninger til klitdigeløsningen kan endvidere tilvælges en række elementer, som forøger den rekreative værdi og delvist forøger funktionen af løsningen:

- Flytning af jollehavn (beskrevet i afsnit 6.2.1). Omkostninger skønnes til kr. 100.000, inkl. moms. Driftsomkostninger mindre end for den nuværende jollehavn.
- Terrænmåtter til delvis styring af gangstier på tværs af klitdiget, se Figur 6.5.
- Bro(er) over lavning mellem eksisterende strand og klitdige til delvis styring af gangstier over lavningen og på tværs af klitdiget.



## 7 Mulige til- og fravalg til jorddigeløsningen

Løsning til højvandssikring af Binderup-Grønninghoved området er valgt under hensyntagen til kommentarer fra Kolding Kommune og med Digegruppen som sparringspartner. I det følgende beskrives løsningselementer, som kan til- eller fravælges i forhold den beskrevne jorddigeløsning. Bemærk, at der for disse løsningselementer, ligesom for den beskrevne højvandssikring, er tale om økonomiske overslag med nogen usikkerhed, hvorfor der er tillagt en post til uforudseelige omkostninger.

### 7.1 Højvandsslukke, pumpeump og mobile pumper til det lokale bagvand

Som beskrevet i afsnit 5.2 kan den beskrevne sikring mod det lokale bagvand fra selve sommerhusområdet forbedres ved at etablere højvandsslukke, pumpeump og pumpning efter behov fra de eksisterende lokale regnvandsanlæg over diget til Mosvig. De eksisterende lokale regnvandsanlæg er vist på Figur 5.10. Der er i forvejen højvandsslukker på nogle af de aktuelle lokale regnvandsanlæg. Disse ligger dog fortrinsvis enten under eller på havsiden af det planlagte dige, hvilket ikke er hensigtsmæssigt for adgangsforhold under en fremtidig stormflod. Der må derfor vurderes at være behov for nye højvandsslukker på indersiden af det planlagte dige.

Endvidere kan det anbefales at anlægge pumpeump sammen med højvandsslukket med henblik på at skabe mulighed for isætning af mobil pumpe efter behov. Det vurderes, at der for hver af disse eksisterende udløb er en oplandsstørrelse på ca. 2 ha, hvilket ved en 1 års regnhændelse over 30 minutter (12 mm) giver anledning til at disse pumper skal have en kapacitet på 133 l/s. Det vurderes at pumperne kan flyttes rundt i området og anvendes efter behov. Omkostninger til at have 2 stk. af denne pumpetype i beredskab, er vurderet i nedenstående økonomiske overslag. Der er således ikke regnet med anlægsomkostninger, men udelukkende driftsomkostninger. Alternativt kan der indkøbes mobile pumper. Overslagsmæssigt kan de relevante pumper indkøbes for kr. 50.000, inkl. moms, pr. stk. Der skal i givet fald træffes aftale om vedligeholdelse og beredskabsmæssig anvendelse af disse pumper.

Der vil naturligvis være mulighed for at anvende permanent installerede pumper i stedet for mobile pumper. Digegruppen har givet udtryk for at der ikke ønskes permanent installerede pumper, hvorfor denne løsning er udeladt af det videre arbejde.

#### Anlægsøkonomi:

Beskrivelse	Enhed	Enhedspris (kr.)	Antal	Pris (kr., ekskl. moms)	Pris (kr., inkl. moms)
Højvandsslukker og pumpeump	Stk.	50.000	6	300.000	375.000
Mobilt pumpeanlæg	Stk.			0	0
I alt				300.000	375.000
Detailprojekt, udbud og tilsyn	%		10	30.000	37.500
Uforudseelige omkostninger	%		20	60.000	75.000
I alt				390.000	487.500

#### Driftsøkonomi:

Beskrivelse	Enhed	Enhedspris (kr.)	Antal	Pris (kr., ekskl. moms)	Pris (kr., inkl. moms)
Højvandslukker og pumpepumpe	Stk.	2.500	6	15.000	18.750
Mobilt pumpeanlæg	Stk.	15.000	2	30.000	37.500
I alt				45.000	56.250
Detailprojekt, udbud og tilsyn	%		0	0	0
Uforudseelige omkostninger	%		20	9.000	11.250
I alt				54.000	67.500

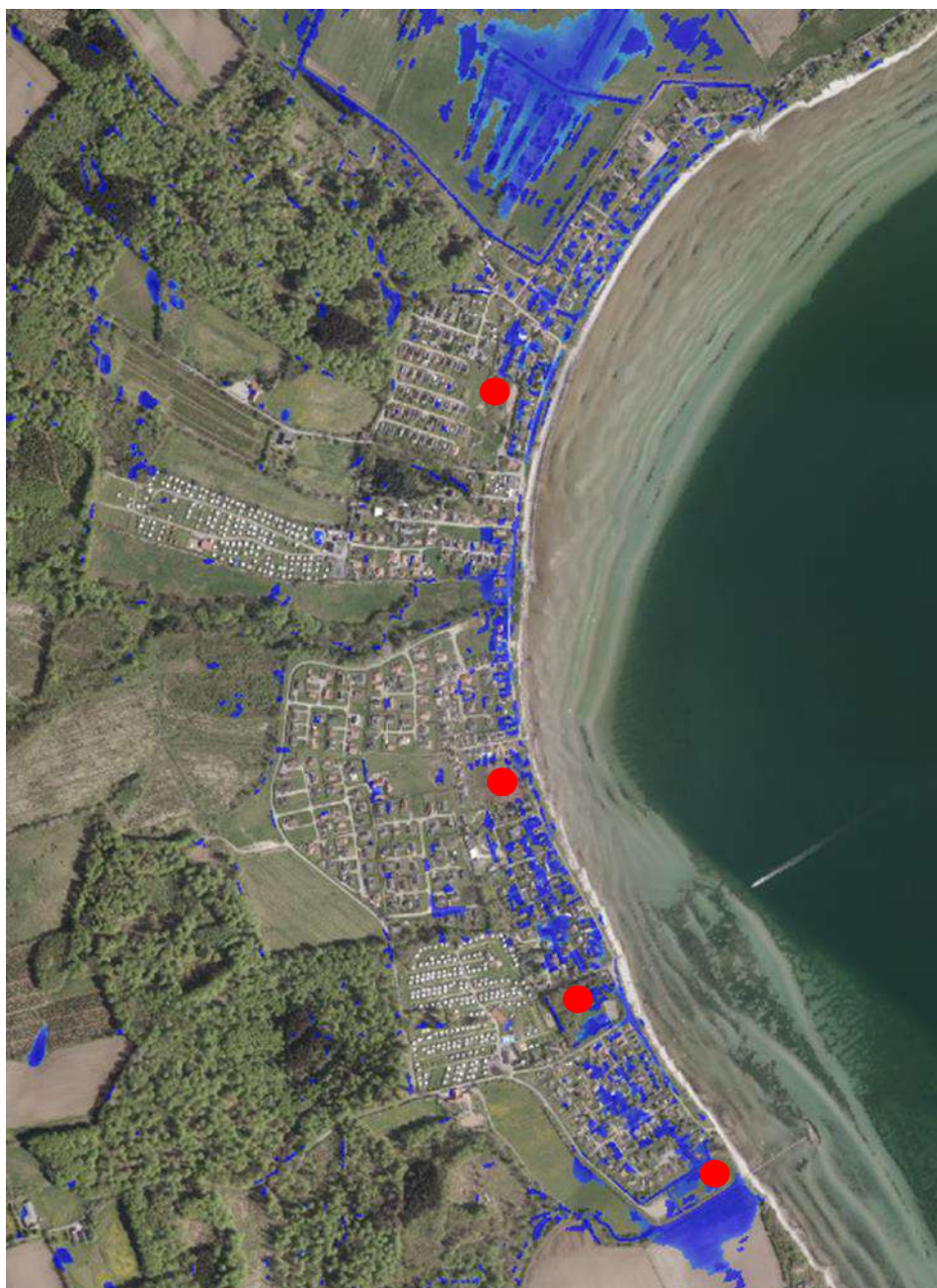
## 7.2 Bassiner til det lokale bagvand

Som alternativ eller supplerende løsningselement til mobile pumper er det undersøgt, om bassiner til forsinkelse af det lokale bagvand kan udgøre et alternativt eller supplerende løsningselement til mobile pumper.

Mulige forsinkelsesbassiner er vist på Figur 7.1. Vurderinger af disse viser, at på grund af koteforholdene i området og højtstående grundvand, kan regnvand kun i mindre grad gravitere mod bassinerne. For at få mest mulig gavn af bassinerne skal der pumpes fra disse, med udledning til Mosvig. På Figur 7.1 er vist vand på terræn ved en 1 års klimafremskreven regnhændelse under hensyntagen til forsinkelsesbassiner og udpumpning til Mosvig.

Det fremgår af figuren, at der på trods af bassiner og udpumpning til Mosvig fortsat vil være vand på terræn i en større del af området. Årsagen til dette er, at vandet i bassinerne under en stormflod ikke kan strømme til havet og at regnvand derfor staves op i bassinerne. Dette medfører at regnvand ikke kan gravitere mod bassinerne. Derfor kan denne alternative / supplerende løsning ikke anbefales og er ikke beskrevet nærmere.

Figur 7.1: Vand på terræn (blå områder) efter 1 års regnhændelse (12 mm) under hensyntagen til forsinkelsesbassiner (røde områder) med udpumpning til Mosvig



### 7.3 Permanente pumper, bassiner og grøft til vandløbsvand og lokalt bagvand

Der er udført undersøgelser af anvendelse af pumpe-, bassin- og grøft-anlæg til at afværge oversvømmelsesfare fra vandløbsvand og lokalt bagvand, dvs. uden anvendelse af trykgravitation. Løsningen er beskrevet detaljeret i tidligere udgaver af dette anlægsprogram.

Varianter af denne løsning, inkl. økonomiske overslag, er beskrevet i Bilag 2. Løsningen kan tilrettelægges, så den opfylder en ønsket sikkerhed (serviceniveau) på

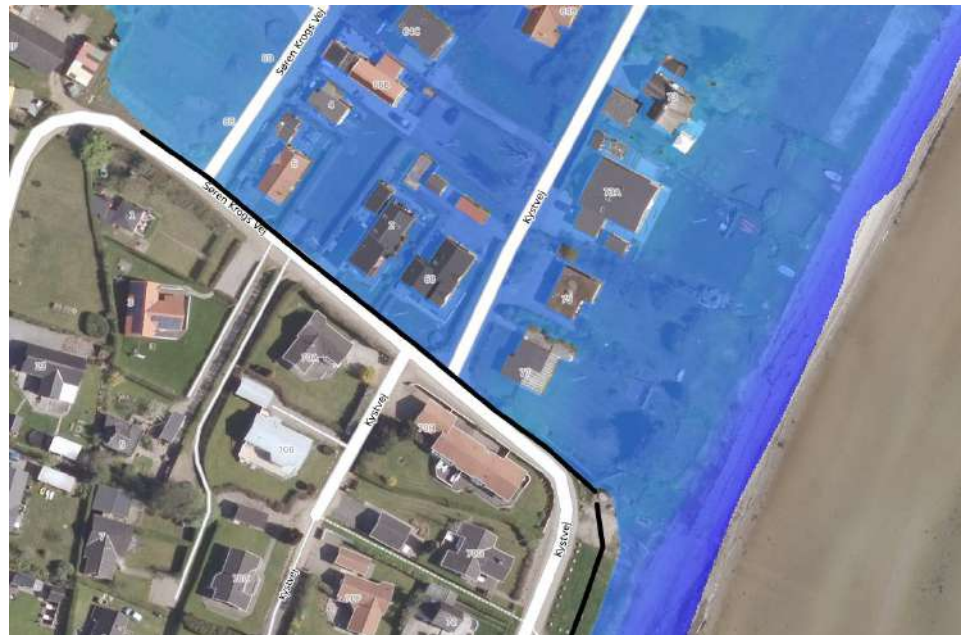
grund af den indbyggede fleksibilitet, der omfatter anlæg af relativt store pumper. Digegruppen har imidlertid fravalgt de viste løsningsforslag, blandt andet fordi der ikke ønskes driftsomkostninger til vedligeholdelse af pumper og der ønskes ikke anlagt en grøft på indersiden af diget. Endvidere er løsningen fravalgt på grund af relativt store anlægs- og driftsomkostninger.

#### 7.4 Begrænsning af nordlig del af digeprojekt

Den nordligste del af projektområdet kan udelades af projektet ved at anlægge stormflodsbeskyttelsen langs Søren Krogs Vej, se Figur 7.2. Denne begrænsning af projektet omfatter følgende elementer:

- Anlæg af et dige, bestående af L-elementer langs nordsiden af Søren Krogs Vej fra kysten til indkørslen til Søren Krogs Vej 6. Længde ca. 140 m.
- På den ca. 25 m lange strækningen fra denne indkørsel indtil naturligt terræn overstiger kote +2,2 m, hæves veje (og indkørsler) til kote +2,2 m.
- Anlæg af 4 stk. foringer på L-elementdiget til isætning af skot under stormflod, hvilket sikrer at 3 indkørsler samt Kystvej kan anvendes normalt, bortset fra under en stormflodshændelse.

Figur 7.2: Oversigt med begrænset dige



Konsekvenserne af denne løsning vil være, at området nord for højvands sikringen på Søren Krogs Vej ikke opnår højvands sikring. Oversvømmelse af dette område vil starte ved en havvandsstand på omkring kote +1,5 m, hvor arealer men ikke huse vil blive oversvømmet. Højvandet vil bryde igennem til arealerne vest for Kystvej ved en havvandsstand på omkring kote +1,6 m. En oversvømmelse med denne højde skal dog være meget langvarig (flere døgn) før det vil medføre oversvømmelse af husene, da Vindemosen udgør et stort bassin for indstrømmende havvand.

Ved en havvandsstand på kote +1,8 m må det forventes, at der vil forekomme oversvømmelser i nogle af husene langs østsiden af Kystvej og samtidig vil der

være en meget bred og dermed hurtig indstrømning af havvand til Vindemosen, hvilket vil give anledning til oversvømmelse af husene vest for Kystvej.

Området syd for højvandssikringen på Søren Krogs Vej vil være sikret til samme niveau som i det oprindelige projekt, der er beskrevet i afsnit 5.

Omkostningsmæssigt vil der være nogle fradrag og tillæg i forhold til det oprindelige projekt. Dette er vist i nedenstående økonomiske overslag. Som det fremgår forventes der en besparelse ved begrænsning af projektet. Dette gælder især for anlægsomkostninger.

#### Anlægsøkonomi:

Beskrivelse	Enhed	Enhedspris (kr.)	Antal	Pris (kr., ekskl. moms)	Pris (kr., inkl. moms)
Kystdige, fravalg	m	1.750	-590	-1.032.500	-1.290.625
L-elementdige, tilvalg	m	1.750	140	245.000	306.250
Skot, tilvalg	Stk.	10.000	4	40.000	50.000
Hævning af vej, 25 m	Stk.	50.000	1	50.000	62.500
I alt				-697.500	-871.875
Detailprojekt, udbud og tilsyn	%		10	-69.750	-87.188
Uforudseelige omkostninger	%		20	-139.500	-174.375
I alt				-906.750	-1.133.438

#### Driftsøkonomi:

Beskrivelse	Enhed	Enhedspris (kr.)	Antal	Pris (kr., ekskl. moms)	Pris (kr., inkl. moms)
Kystdige, fravalg	m	20	-590	-11.800	-14.750
L-elementdige, tilvalg	m	20	140	560	700
Skot, tilvalg	m	1.000	4	4.000	5.000
Hævning af vej, 25 m	Stk.	5.000	1	5.000	6.250
I alt				-2.240	-2.800
Detailprojekt, udbud og tilsyn	%		0	0	0
Uforudseelige omkostninger	%		20	-448	-560
I alt				-2.688	-3.360

## 8 Visualisering af jorddige og klitdige

De beskrevne løsninger med jorddige (kapitel 5) og klitdige (kapitel 7) er visualiseret på baggrund af tre fotos optaget i følgende positioner:

- Position 3, optaget ud for Kystvej 72
- Position 4, optaget på Bakkevej Grønninghoved
- Position 8, optaget ud for Strandvejen Grønninghoved 12

På Figur 8.1 - Figur 8.6 er disse visualiseringer af jorddige og klitdige vist. Bemærk, at jorddiget er vist med græsoverflade og at klitdiget er vist med en overflade af sand og hjelme eller tilsvarende. Digerne er endvidere vist med personsilhuetter, som forøger visualiseringen af dybde og højde.



*Figur 8.1: Visualisering af jorddige, set fra kameraposition 3.*



*Figur 8.2: Visualisering af klitdige, set fra kameraposition 3.*



Figur 8.3: Visualisering af jorddige, set fra kameraposition 4.



Figur 8.4: Visualisering af klitdige, set fra kameraposition 4.





*Figur 8.5: Visualisering af jorddige, set fra kameraposition 8.*



*Figur 8.6: Visualisering af klitdige, set fra kameraposition 8.*



Figur 8.7: Stemningsvisualisering af en sommerdag ved klitdiget, set fra en position foran klitdiget.



## 9 Princip for partsdeling

I dette afsnit beskrives grundlaget for partsdeling af anlægs- og driftsomkostninger ved højvandssikring Binderup og Grønninghoved. Afsnittet er udarbejdet i henhold til "Vejledning til bidragsfordeling i forbindelse med etablering af og vedligeholdelse af kystbeskyttelsesforanstaltninger", udsendt af Kystdirektoratet 2017.

I henhold til vejledningen skal der følges en proces med fem trin for at kunne fastsætte en bidragsfordeling. Disse fem trin er:

3. Fastsæt kystbeskyttelsens effekt over projektets levetid
4. Fastsæt hvilke ejere af fast ejendom, der opnår en nytteværdi
5. Fastsæt ensartet eller differentieret nytteværdi over tid
6. Fastsæt ensartet eller differentieret nytteværdi geografisk
7. Fastsæt bidragsfordeling

Den efterfølgende beskrivelse af princip for partsdeling er udarbejdet for Jorddigeløsningen, men er i princippet også gældende for klitdigeløsningen. Beskrivelsen af de immaterielle nytteværdier og selve omkostninger vil dog afvige fra jorddigeløsningen.

### 9.1 Trin 1: Fastsættelse af kystbeskyttelsens effekt over projektets levetid

#### 9.1.1 Projektets levetid

Forventet indtil år 2050. Herefter skal behov for kystbeskyttelse revurderes på baggrund af erfaringer samt prognoser for fremtiden. De beskrevne anlæg forventes at have en længere holdbarhed end til 2050, men der kan på dette tidspunkt være behov for at udbygge anlægget på grund af klimaændringer.

### 9.1.2 Basisscenariet

Uden højvands sikring vil fare for oversvømmelse ved stormflod øges i takt med den forventede stigning i middel havvandsstand. Oversvømmelser af området sker ved kote +1,5 m, hvilket statistisk set i dag sker hvert 10. år, men forventes at ske ca. en gang om året i år 2050.

### 9.1.3 Projektscenariet

I projektscenariet fastsættes en kronekote for diget på +2,2 m, hvilket i dag svarer til en 1000 års stormflodshændelse og i år 2050 svarer til en 300 års hændelse. Forventet antal oversvømmelse for forskellige kronekoter er vist i Tabel 2.1. Det fremgår eksempelvis, at forventet antal oversvømmelser falder fra 1 til 0,1 ved at øge kronekoten fra +2,0 m til +2,2 m.

### 9.1.4 Nettoeffekter

Nettoeffekter af projektscenariet i forhold til basisscenariet er materielle nytteværdier i form af sparede skadesomkostninger mv. samt immaterielle nytteværdier i form af opretholdelse af badestrand, opretholdelse af områdets omdømme mv. 1 til 0,1 ved at øge kronekoten fra +2,0 m til +2,2 m.

## 9.2 Trin 2: Fastsættelse af hvilke ejere af fast ejendom, der opnår en nytteværdi

### 9.2.1 Materiel nytteværdi

Materiel nytteværdi af projektet:

- a) Sparede skader efter oversvømmelse. Ved oversvømmelse vil der være omkostninger til udbedring af skader. Højvands sikringen vil modvirke oversvømmelser og dermed skader for de huse og den infrastruktur, som ligger under digets kronekote.
- b) Imødegåelse af tab af ejendomsværdi og omdømme. Ved oversvømmelse af de lavtliggende dele af området må det forventes, at der vil ske et tab i ejendomsværdi og omdømme, både for de huse, som bliver oversvømmet og for de huse som ligger tilstrækkeligt højt i terræn til at de ikke bliver oversvømmet.
- c) Imødegåelse af tab af erhvervsindtægter i forbindelse med oversvømmelse. Højvands sikringen medvirker til at disse tab imødegås.

### 9.2.2 Immateriel nytteværdi

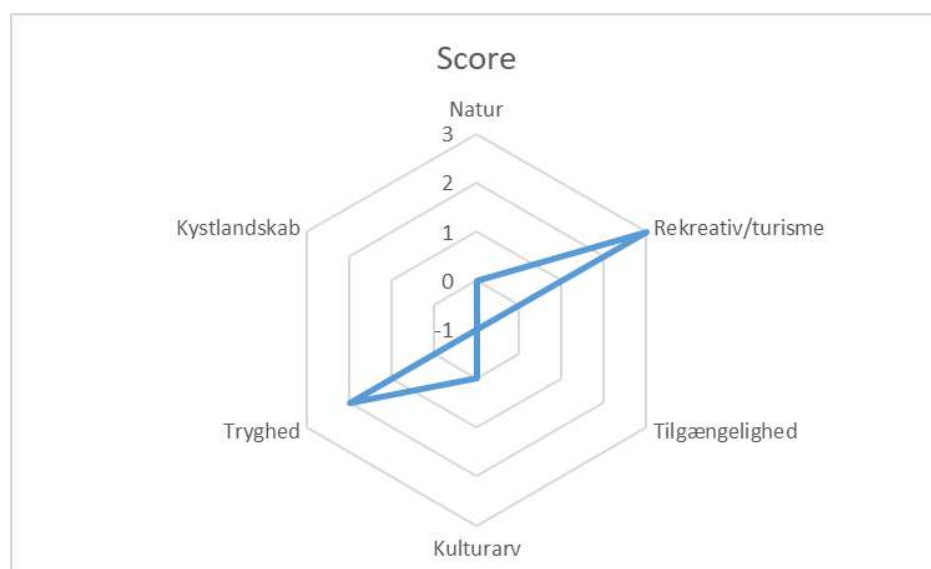
Immateriel nytteværdi af projektet:

- Tryghed. Projektet forventes at øge trygheden hos husejere, i den forstand, at husejerne føler sig mere trygge ved at have sommerhus i et ellers oversvømmelsestruet område.
- Tilgængelighed. Projektet forventes at medføre mindre forringelser i forhold til tilgængelighed af stranden. På to mindre strækninger vil tilgængeligheden mindskes på grund af anlæg af hård kystsikring. Endvidere vil jorddigets sårbarhed overfor leg/boldspil mv. medføre begrænset tilgængelighed.
- Rekreativ værdi / turisme. Sandfodringsdelen af projektet forventes at øge den rekreative værdi og værdien i forhold til turisme.
- Naturværdi. Dele af diget ligger i Natura 2000 område, hvorfor der skal gennemføres en konsekvensvurdering for naturen. Denne er igangværende.
- Kystlandskab. Projektet forventes at medføre mindre forringelser i forhold til kystlandskabet. Ganske vist bevares det visuelle indtryk af kysten, men udsigtsforholdene vil for nogle lodsejere forringes marginalt.
- Kulturarv i området vil ikke blive berørt.



På baggrund af ovenstående karakteristik af de immaterielle nytteværdier af projektet, er hver af de 6 parametre tildelt en score på en skala fra -2 til +6. Resultatet er vist på Figur 9.2. Det fremgår at de primære immaterielle nytteværdier af projektet ligger på tryghed og rekreativ værdi / turisme.

Figur 9.1: Score på skala fra -2 til +6 i forhold til immaterielle nytteværdier



### 9.2.3 Oversigt over ejere og nytteværdi

Disse ejere opnår nytteværdi af projektet:

- Ejere af sommer- og helårshuse i området.
- Ejere af erhverv i området. To campingpladser og købmand med lille campingplads.
- Kolding Kommune, som ejer af veje og strand i området og som primær interesseret i forhold til rekreativ værdi og værdi i forhold til turisme.
- Ejere af private veje i området.
- BlueKolding, som ejer af spildevandsledninger i området.
- TREFOR, som ejer af elforsyning i området.
- Mosvig Vandværk, som ejer af vandforsyning i området.
- TDC, som ejer af kommunikationsledninger i området.

I nedenstående tabel er vist hvilke nytteværdier, der opnås af de enkelte ejere.

Tabel 9.1: Oversigt med nytteværdi for ejere

	Materiel nytteværdi		Immateriel nytteværdi
	a	b	
A	x		x (tryghed)
B	x	x	
C	x		x (tryghed og turisme)
D	x		

	Materiel nytteværdi		Immateriel nytteværdi
	a	b	
E	x		
F	x		
G	x		
H	x		

### 9.3 Trin 3: Fastsættelse af ensartet eller differentieret nytteværdi over tid

En stormflodshændelse med en given vandspejlskote forventes på grund af klimaændringer at forekomme med stigende hyppighed i projektets levetid. Den primære årsag til ændringen af stormflodshøjden er den forventede stigning i middel havvandsstand på 0,2 m i perioden fra 2020 til 2050.

Sandsynlighed for oversvømmelse af et givet areal vil derfor være stigende over tid. Konkret forventes det, at sandsynligheden for forekomst af en 100 års stormflodshændelse i projektets levetid på 30 år vil være stigende fra 26% i år 2020 til 96% i år 2050. På den baggrund kan der argumenteres for lavtliggende arealer opnår størst nytteværdi over tid.

Til grund for denne argumentation ligger en forventet stigning i middel havvandsstand på 0,2 m. Anvendelse af et så lille kotekriterium for bidragsfordeling forudsætter en meget præcis kote fastsættelse for de enkelte arealer. Samtidig vil kotekriteriet ligge inden for ofte forekommende terrænreguleringer på de aktuelle arealer. På den baggrund er det valgt, at nytteværdien ikke differentieres over tid.

### 9.4 Trin 4: Fastsættelse af ensartet eller differentieret nytteværdi geografisk

Sandsynlighed for oversvømmelse vil være stigende jo lavere sokkelkoten/gulvkoten er for et hus. Antal oversvømmelser i perioden frem til 2050 forventes at være:

- Sokkel-/gulvkote under kote +1,8 m: 6-30 oversvømmelser
- Sokkel-/gulvkote +1,8 m til + 2,0 m: <1-6 oversvømmelser
- Sokkel-/gulvkote over kote +2,0 m: 0 oversvømmelser

På Figur 9.2 er vist et kort over beregnet sokkelkote/gulvkote for huse i projektområdet. Sokkelkote/gulvkote for de enkelte huse er beregnet således:

- Den nationale terrænmodel er anvendt til at beregne en middel terrænkote langs de enkelte huses facader. Terrænmodellen indeholder celler med kantlængde på 0,4 m og for hver celle oplysninger om terrænhøjde med en præcision på ca. 3 cm.
- Sokkelkote/gulvkote er beregnet ved at tillægge 0,2 m til den beregnede middel terrænkote. Dette er gjort ud fra en antagelse om, at sokkelkote/gulvkote typisk ligger ca. 0,2 m over terræn.

Figur 9.2: Kort over beregnet sokkelkote/gulvkote for huse i området



Af analysen fremgår, at fordelingen af huse med sokkelkote/gulvkote i de oven for angivne intervaller er således:

- Sokkel-/gulvkote under kote +1,8 m: 150 huse
- Sokkel-/gulvkote +1,8 m til + 2,0 m: 73 huse
- Sokkel-/gulvkote +2,0 m til + 2,2 m: 22 huse
- Sokkel-/gulvkote over kote +2,20 m: 301 huse

Differentieret geografisk materiel nytteværdi kan opgøres således:

- 150 huse vil statistisk set have materiel nytte af projektet 6-30 gange
- 73 huse vil statistisk set have materiel nytte af projektet <1-6 gange
- 323 huse vil statistisk set have materiel nytte af projektet 0 gange

Det skal understreges, at ovenstående er et udkast, som kan revideres, både mht. intervallerne for oversvømmelseshyppighed og mht. antal ejendomme, idet dette ikke er præcist fastlagt på nuværende tidspunkt.

Den immaterielle nytteværdi er ikke differentieret.

## 9.5 Trin 5: Fastsættelse af bidragsfordeling

Overvejelserne vedrørende nytteværdi fører frem til det efterfølgende forslag til konkret bidragsfordeling.

Det foreslåede projekt medfører, at i alt ca. 245 huse statistisk set vil have materiel nytte af projektet i den forstand at projektet minimerer risiko for oversvømmelse af disse huse. Hele sommerhusområdet, bestående af ca. 546 huse have nytte af projektet i den forstand, at projektet minimerer risiko for tab i ejendoms-værdi og omdømme.

For de ca. 245 ejendomme med oversvømmelsesrisiko kan der i henhold til Kolding Kommunes Klimatilpasningsplan regnes med omkostninger til udbedring af skader pr. oversvømmelse på ca. kr. 500, inkl. moms, pr. m<sup>2</sup>. For et hus på 100 m<sup>2</sup>, hvilket vurderes at være gennemsnitsstørrelsen, er skadesomkostningerne dermed ca. kr. 50.000, inkl. moms, pr. oversvømmelse. Samlede skadesomkostninger kan opgøres således:

- Ca. 150 huse oversvømmes statistisk set 6-30 gange, hvilket medfører skadesomkostninger på ca. 45-225 mio. kr., inkl. moms.
- Ca. 73 huse oversvømmes statistisk set 1-6 gange, hvilket medfører skadesomkostninger på 5-25 mio. kr., inkl. moms.
- Ca. 22 huse oversvømmes statistisk set mindre end én gang, hvorfor dette ikke medtages i opgørelsen over skadesomkostninger.

De samlede skadesomkostninger vedrørende oversvømmelse af huse, der kan forventes at skulle afholdes inden for en 30 årig periode fra 2020 til 2050 vurderes således at være mellem ca. 50 mio. kr. og ca. 250 mio. kr., inkl. moms. Hertil kommer tab af ejendoms-værdi og omdømme, erhvervsmæssigt tab samt tab af immaterielle værdier.

Dette skal holdes op imod, at de samlede projektomkostninger for jorddigeløsning 2 er anslået til anlægsomkostninger på ca. kr. 14 mio. inkl. moms og årlige driftsomkostninger på ca. 0,4 mio. kr., inkl. moms, svarende til samlede omkostninger over en periode på 30 år på ca. kr. 26 mio. kr. inkl. moms. Samlede projektomkostninger for klitdigeløsningen er anslået til anlægsomkostninger på ca. kr. 18 mio. inkl. moms og årlige driftsomkostninger på ca. 0,4 mio. kr., inkl. moms, svarende til samlede omkostninger over en periode på 30 år på ca. kr. 30 mio. kr. inkl. moms.

På den baggrund vurderes det, at projektet er omkostningseffektivt i forhold til forventede skadesomkostninger, herunder materielle og immaterielle omkostninger.

Konkret forslag til bidragsfordeling af de samlede anlægs- og driftsomkostninger fremgår af forhøringsdokumentet /3/.

## 10 Referencer

- /1/ Kolding Kommune: Højvandssikring Binderup – Grønninghoved, Ideoplæg, Udført af NIRAS, 8. Maj 2018.
- /2/ Kolding Kommune: Klimatilpasningsplan for Kolding Kommune 2013-2025.
- /3/ Kolding Kommune: Stormflodssikring Binderup-Grønninghoved. Projektbeskrivelse af 11. april 2019.