

Notat

Højvandssikring, Binderup og Grønninghoved

Projekt nr.: 10401074
Dokument nr.: 1231084093
Version 1
Revision

Udarbejdet af
Kontrolleret af
Godkendt af

1 Pumper og bassiner til bagvandshåndtering

1.1 Hverdagssituation

Hverdagssituationen er de tilfælde, hvor der ikke er ekstreme højvandstande i Lillebælt. Her vil være behov for afledning af overfladevand (nedbør) under nedbørshændelser, især de ekstreme, samt kontinuerlig afledning af vandløbsvand gennem højvandskonstruktionen.

Der er samlet set seks vandoplande, der bidrager med bagvand. Fire af oplandene er karakteriseret som vandløbsoplande (Vindemosen/vandløb nord, Oddebækken, Vandløb Midt og Vandløb Syd), mens de resterende to oplande (opland 3 og opland 5) er karakteriseret som oplande med afstrømning af bymæssig karakter.

For alle oplande gælder, at afledning af bagvand i hverdagssituationen anbefales at foregå ved gravitationsafvandning via en rørføring gennem diget. Gravitationsudløbene etableres med kontraklap for at forhindre tilbagestuvning af havvand i de situationer, hvor havvandsstanden er høj.

1.2 Stormflodssituation

Under stormflod er der fire typer vand, der kan samles på bagsiden af stormflodssikringskonstruktionen og skal ledes væk; overskylsvand fra havsiden, gennemtrængende havvand, overfladevand (nedbør) samt vandløbsvand.

I situationer med påvirkende stormfloder kan vandet ikke gravitere grundet den høje havvandsstand. Hverdagsløsningen til håndtering af bagvand vil dermed blive sat ud af funktion. Under stormflod vurderes det nødvendigt enten at opmagasinere vandet på bagsiden af diget, indtil der igen kan graviteres ud til Lillebælt, eller at pumpe vandet ud. Ligeledes er en kombinationsløsning mulig, hvor der både opmagasineres og pumpes på vandet.

Det er ikke muligt helt at undgå pumper. Dette skyldes, at der ikke kan findes egnede arealer til midlertidig opmagasinering helt ned til bagsiden af stormflodssikringsanlægget. Desuden vil der være behov for at kunne opsamle overskylsvand og gennemtrængende havvand langs hele stormflodssikringsanlæggets inderside. Der er behov for at etablere enten grøft, et linjedræn eller anden form for afvandingskonstruktion på bagsiden af hele stormflodssikringsanlægget, således der kan opsamles overskylsvand og gennemtrængende havvand langs hele strækningen. Hvor det er muligt af hensyn til pladsforhold anbefales en grøft. Alternativt

et linjedrøn eller et dræn, som er mindre pladskrævende.

Stormflodsløsningen for håndtering af vand på indersiden af stormflodssikringskonstruktionen, har desuden den gevinst, at i tilfælde med ekstrem tilledning af overfladevand og vandløbsvand fra baglandet, kan denne supplere gravitationsudledningen. Herved reduceres risikoen for oversvømmelser i området i ikke stormflodssituationer.

Der er fordele og ulemper ved såvel magasineringsbassiner som ved en pumpe-løsning til håndtering af vand på bagsiden af stormflodsanlægget i situationer, hvor der ikke kan graviteres. I Tabel 1.1 nedenfor er væsentlige fordele og ulemper ved de to løsningsmuligheder oplistet.

Tabel 1.1: Fordele og ulemper ved hhv. magasineringsbassiner og pumpe-løsning til håndtering af bagvand

	Magasineringsbassiner	Pumpe-løsning
Fordele	Kan udnyttes rekreativ Lavere anlægs- og driftsomkostninger	Pumpning kan fortsættes ud over dimensionsgivende regnvarighed – højere sikkerhed
Ulemper	Arealkrævende Kapacitet begrænset til dimensionsgivende regnvarighed Kræver vedligehold af brinker for at sikre kapacitet under opmagasinerings Risiko for brinkbrud ved høj opstuvning	Driftskrævende – kan være udfordrende for ikke-fagfolk Risiko for at pumper kan sætte ud Høje anlægsomkostninger

1.3 Sikringsniveau bagvand

Det skal fastlægges, hvilket sikringsniveau gravitationsudløb og magasineringsbassiner/pumper skal etableres for. Det anbefales at gravitationsudløbene dimensioneres til en 5-års hændelse, mens magasineringsbassiner sikres for bagvandsmængder (overfladevand og vandløbsvand) svarende til en klimafremskrevet 10-års hændelse af 12 timers varighed. Pumper dimensioneres for en klimafremskrevet 10-års hændelse. Argumentation for denne anbefaling kan findes i *Ideoplægget* (Afsnit 5.5.2, 4.2).

For vandløbsoplandene vurderes det, at forsinkelse i oplandet betyder, at en korttidshændelse på 30 minutter vil udstrømme til havet i løbet af 3 timer. De dimensionsgivende vandføringer for vandløbsoplandene er dermed angivet på baggrund af, at den nedbørsmængde der falder i løbet af en halv time, udstrømmer i løbet af 3 timer. Her er ligeledes valgt en klimafremskrevet 10-års hændelse af 30 minutters varighed som bestemmende for nedbørsmængden.

I efterfølgende tabel er angivet forslag til dimensionsgivende forudsætninger for hverdagssituationen og stormflodssituationen for vandløbsoplandene. For hverdagssituationen er det vandføringer ud gennem diget, der er dimensionsgivende. For stormflodssituationer er det både det samlede volumen samt vandføringer, der er dimensionsgivende.

Table 1.2: Dimensioneringsforudsætninger for hverdags-situation og stormflodssituation for vandløbsoplande.

Opland	Hverdagsscenarie	Stormflodsscenarie	
	Dimensionsgivende flow [l/s]	Dimensionsgivende flow [l/s]	Dimensionsgivende volumen [m ³]
Odderbækken (opland 4)	700	900	24.000
Vandløb syd (opland 1)	90	100	2.000
Vandløb midt (opland 2)	200	300	6.000

1.4 Sikringsniveau overskylsvand og gennemtrængende havvand

Indtil videre er et bud på et dimensioneringsgrundlag 2 l/s/m stormflodssikringskonstruktion. Stormflodssikringskonstruktionen er 2,2 km langt, hvilket giver en samlet mængde på 4.400 l/s.

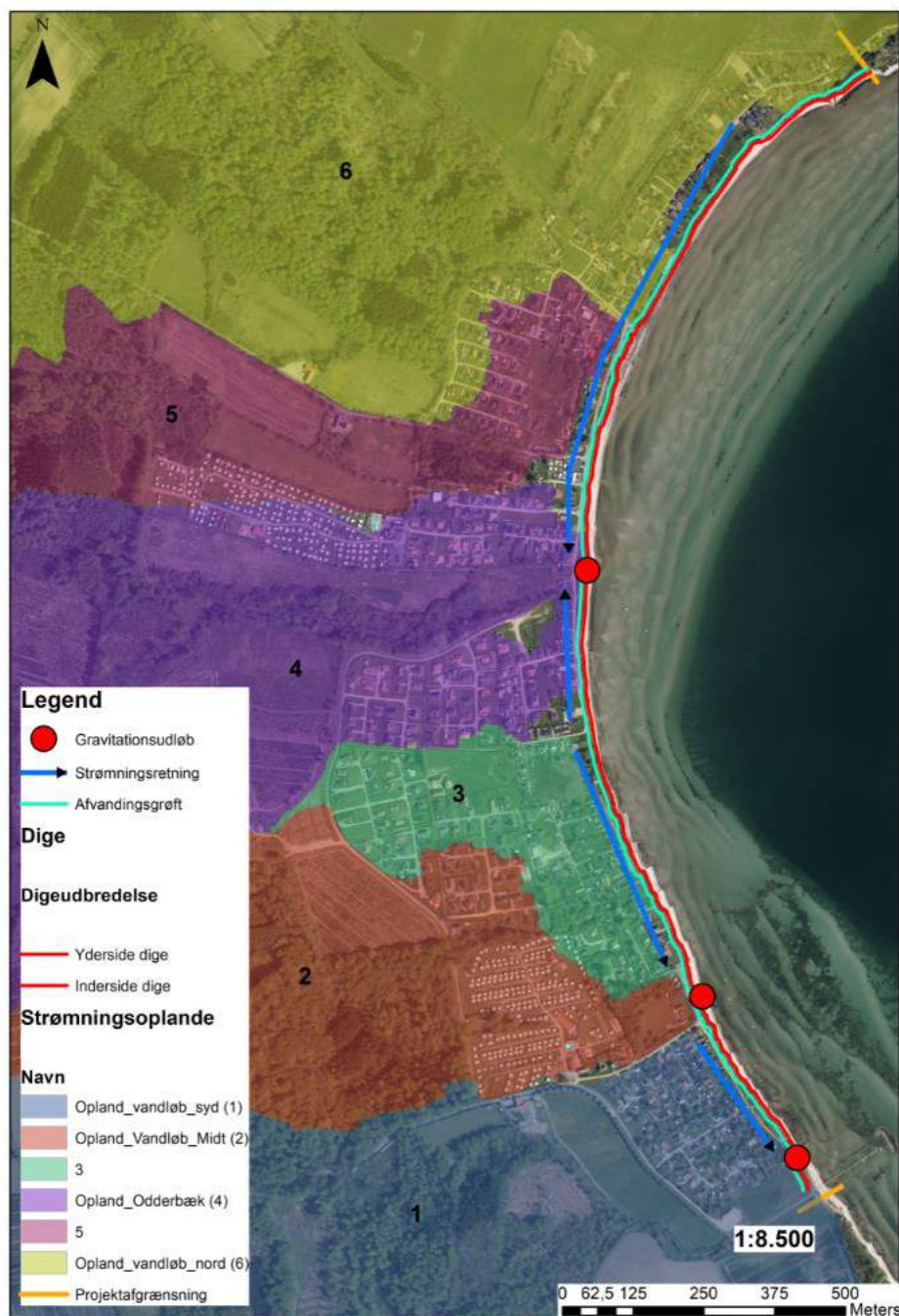
Dette er ikke indarbejdet i løsningsforslagene, idet det vurderes, at sandsynligheden for sammenfald mellem en stormflod til kote 2,2, en regnhændelse med en gentagelsesperiode højere end 5 år og bølgeskulp er meget lav. Det skal dog besluttes, om der skal vælges en beredskabsløsning med mobile pumper i situationer med overskyl, eller om de faste pumpestationer og den faste afvanding på bagsiden af stormflodskonstruktionen dimensioneres efter dette. Det anbefales, at der tages stilling til dette inden næste fase af projektet.

2 Håndtering i hverdagsscenariet

I det følgende er en nærmere beskrivelse af håndtering af vand på indersiden af stormflodssikrings i hverdagsscenariet.

Som tidligere beskrevet etableres afvanding i form af grøft, linjedræn eller dræn langs hele indersiden af stormflodssikringsanlægget. I hverdagssituationen afledes vandløb samt vand fra sommerhusområdet, der samler sig på indersiden af stormflodsanlægget gennem gravitationsudløb. Det vurderes, at der som minimum skal etableres tre gravitationsudløb, der forbindes med en afvandingsgrøft på landsiden af diget. Foreslået placering af gravitationsudløb er vist på nedenstående figur.

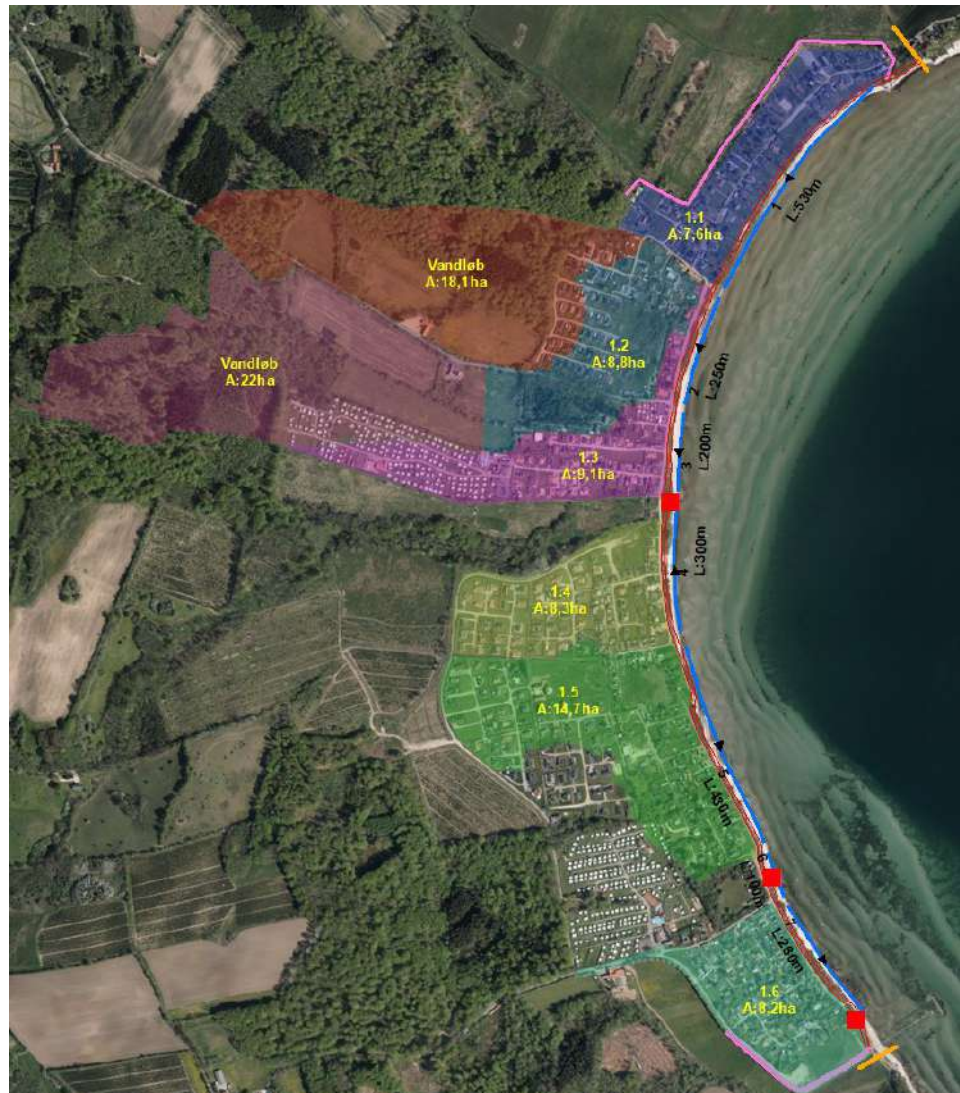
Figur 2.1: Placering af gravitationsudløb til håndtering af hverdagssituationen. Der etableres desuden afvandingsgrøft på bagsiden af højvandskonstruktionen.



Der har tidligere været skelnet mellem vandløbsoplande og byoplande. I nærværende afsnit er der foretaget en mere detaljeret analyse af oplandene placeret tæt på diget, da det er disse områder, der vil afvande til grøften på landsiden af diget. Hele sommerhusområdet er derfor inddelt i mindre byoplande, ligesom grøftestrækningen er inddelt i syv mindre delstrækninger, sådan at vandføringen i hver delstrækning kan estimeres. Inddelingen ses i figuren nedenfor. Det bemærkes, at det tidligere "Byopland 5" nu er inddelt i såvel et byopland samt et vandløbsopland. Herudover er der medtaget en del af vandløbsopland 6, idet det er blevet

oplyst, at dette opland afvander via en rørledning til kysten frem for til Vindemosen som hidtil antaget.

Figur 2.2: Inddeling af sommerhusområdet i mindre deloplande samt inddeling af digestrækning.



Afvandingsgrøften dimensioneres på baggrund af følgende forudsætninger for byoplandene:

- Gentagelsesperiode: 5 år (klimafremskrevet)
- Varighed af regnhændelse: 30 minutter
- Befæstelsesgrad for byoplande: 10%
- Nordligste delopland afvander ikke til grøft, da pumpning i Vindemosen skaber umættet zone til tilbageholdelse af vand

Varigheden er estimeret på baggrund af afstrømningstider i oplandet. Befæstelsesgraden er vurderet på baggrund af et grøft indledende skøn baseret på arealet af tagflader i området. Det understreges, at denne befæstelsesgrad er en usikker antagelse, idet der kræves detaljerede analyser af alle befæstede arealer samt

mulige tilslutninger af regnvand til eksisterende udløb for at kunne fastlægge den reelle befæstelsesgrad. Herudover understreges det, at ved regnhændelser med en gentagelsesperiode højere end 5 år, vil afvandingsgrøften ikke have tilstrækkelig kapacitet.

Det er antaget, at det nordligste delopland (byopland 1.1) ikke bidrager med vand, da det antages, at dette opland kan tilbageholde en 5-års hændelse. Denne antagelse bygger på, at der pumpes i Vindemosen, hvilket er med til at skabe en umættet zone i det øverste jordlag, hvor der kan magasineres vand.

For enkelte delstrækninger af afvandingsgrøften er der udover bidrag fra byoplandene også bidrag fra vandløbsoplande. Dette gør sig gældende for grøftestrækning 3, der modtager vand fra den del af vandløbsopland 6, der afleder til kysten, samt den del af det tidligere byopland 5, der nu betragtes som vandløbsopland. Grøft 6 er ligeledes dimensioneret til også at kunne håndtere vand fra Vandløbsopland 2, idet dette opland udstrømmer i på denne strækning. Hvis gravitationsudløbet placeres direkte ved vandløbets udstrømningspunkt, kan grøft 6 sløjfes.

I tabellen nedenfor er det angivet, hvilket dimensionsgivende flow der kan regnes med for de enkelte delstrækninger baseret på ovenstående antagelser. Det bemærkes, at for grøft 1 angiver tallet i parentes den dimensionsgivende vandmængde i tilfælde af, at der regnes med afstrømning fra byopland 1.1. Denne mængde skal i så fald tillægges grøft 2 og 3 også.

Tablet 2.1: Dimensionsgivende vandmængde for de enkelte grøftestrækninger. Baseret på antagelse om T5 og 10% befæstelse i oplandet. For grøft 1 angiver tallet i parentes den vandmængde, der antages at kunne tilbageholdes i oplandet. Denne mængde skal lægges til grøft 2 og 3, hvis det ikke antages, at vandet kan tilbageholdes.

Grøftestrækning	Flow [l/s]
1	0 (85)
2	275
3	380
4	90
5	150
6	350
7	130

Af tabellen ses det, at der maksimalt skal føres 380 l/s i afvandingsgrøften. Området bag diget er meget fladt, og det er derfor svært at skabe fald. Det vurderes, at grøften som minimum skal udføres med 2‰ fald for at kunne føre vandet. Grøftene skal have en relativ lang længde ved kun tre gravitationsudløb, hvilket er medvirkende til at fastsætte den maksimale dybde af grøftene, idet dette har indflydelse på, hvor dybt grøften kommer i jorden ved gravitationsudløbene. Den længste strækning findes i den nordlige ende af området, hvor grøft 2 og 3 har en samlet længde på 450 meter. Ved en grøftedybde på 0,5 meter og en terrænkote på 1,4 er startkoten for grøften 0,9. Ved et fald på 2 ‰ ender grøften i kote 0,0 ved Oddebækken. I tabellen nedenfor er angivet tværsnit, som kan føre de dimensionsgivende vandmængder, for de enkelte grøfte. Der er antaget anlæg 1 for alle grøft samt et Manning-tal på 30.

Tabel 2.2: Overslagsmæssig kapacitet for de enkelte grøftestrækninger. Alle kapaciteter er fastlagt med et Manningtal på 30, anlæg 1 og et længdefald på 2 ‰.

Grøft	Bundbredde [m]	Dybde [m]	Topbredde [m]	Tværsnitsareal [m ²]	Kapacitet [l/s]
2	0,5	0,5	1,5	0,5	275
3	0,8	0,5	1,8	0,65	385
4	0,3	0,35	1,0	0,23	95
5	0,4	0,4	1,2	0,32	150
6	0,8	0,5	1,8	0,65	385
7	0,35	0,4	1,15	0,3	140

Efter ønske fra digegruppen er mulighederne for at anlægge afvandingen som et rør under diget belyst. Denne løsning er anlægsteknisk mulig, og kræver ved et fald på 5‰ en ø500 mm ledning og ved et fald på 2‰ en ø600 mm ledning. Det antages, at der afledes via tre gravitationsudløb langs strækningen. Endelig skal der sættes brønde pr. 100 meter.

Rørløsningen har både fordele og ulemper, som er listet i nedenstående tabel.

Tabel 2.3: Fordele og ulemper ved at anlægge afvandingsgrøft som rør under diget.

Fordele	Ikke synligt anlæg Ingen pladskrav – er placeret under diget Sikker i drift – ingen risiko for at falde i grøft Eksisterende udløb kan lettere genbruges, da afvandringsrøret kan kobles på eksisterende udløb med en brønd
Ulemper	Drift kan blive problematisk, da man skal kunne komme til med slamsuger/spulevogn – problematisk de steder, hvor der ikke er adgangsvej til diget Mange knæk på ledningen da den skal følge diget – hydraulisk ikke en god løsning og vil kræve mange brønde Kun de større tilløb (strømningsveje) vil kunne fanges i indløbene og eksisterende udløb, mens mindre diffuse tilstrømninger vil blive stående langs diget. Dyr løsning

For at kunne opsamle overskylsvand, gennemtrængende havvand og bagvand der samler sig på indersiden af diget, kan der etableres et dræn langs med indersiden af diget, som opsamler dette vand og som sluttet på afvandringsrøret under diget. Det vil også være muligt at lave en kombination af afvandingsgrøft og afvandringsrør, sådan at der på steder med begrænset plads etableres en afvandingsgrøft under diget, mens der på steder hvor der eksempelvis er udfordrende adgangsforskel til diget, kan etableres en grøft.

3 Håndtering i stormflodssceneriet

Som nævnt tidligere er der behov for i stormflodssituationen enten at opmagasinere bagvand midlertidigt opstrøms stormflodssikringskonstruktionen, pumpe det til Lillebælt eller en kombination af disse løsningsmuligheder.

Midlertidig opmagasineringsanlægges med det formål at reducere behovet for pumpestationer. Derfor skal bagvand (vandløbsvand og overfladevand) kunne ledes til de midlertidige opmagasineringslokaliteter, stuve her og ledes til Lillebælt, når vandstanden igen er lav i Lillebælt, ved gravitation – altså uden brug af pumpestationer. Kravet om gravitationsafvanding fra magasineringsområderne begrænser muligheden for at finde egnede arealer, der har det nødvendige volumen tilgængeligt.

I det følgende er gennemført en screening af mulighed for områder til midlertidig opmagasinerings af bagvand. Herefter følger et forslag til to samlede løsninger for håndtering af vand i stormflodssituationer – en hvor der udelukkende anvendes pumper, og en hvor der anvendes en kombination af pumper og midlertidig opmagasineringsmuligheder.

3.1 Screening for magasineringsmuligheder

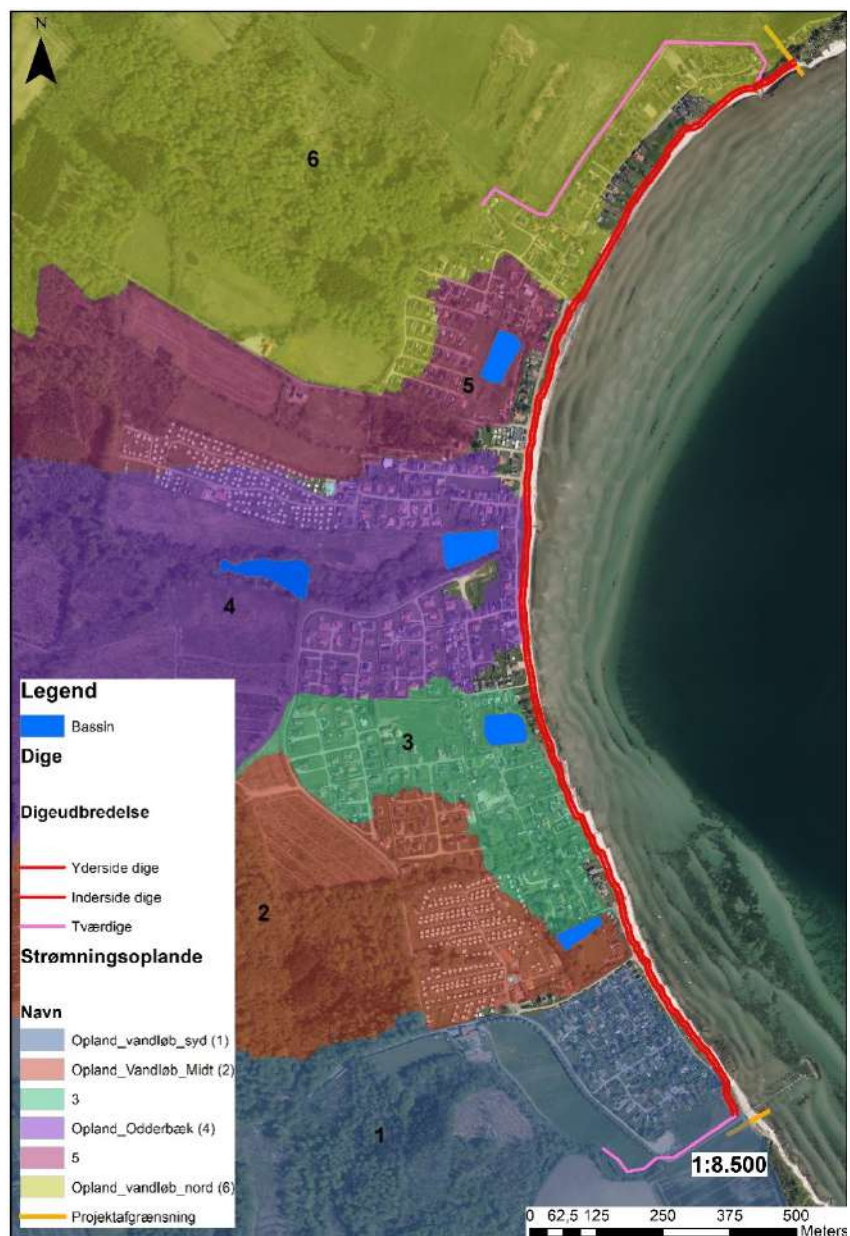
Indledningsvis bemærkes det, at der er set på mulighederne for at finde opmagasineringsvolumen i oplandet til Vindemosen. Dette er på trods af, at digeprojektet ikke ændrer de eksisterende forhold og derfor ikke ændrer på situationen vedrørende bagvand for Vindemosen.

Derudover er det en forudsætning, at det eksisterende dige ved "vandløb syd" forlænges ind i landet, således at der kun skal håndteres bagvand fra sommerhusområdet beliggende nord for området.

Der er fundet mulige magasineringsmuligheder i fire ud af fem oplande. I oplandet "Vandløb Syd" er der ikke fundet muligheder for at etablere magasineringsvolumen, da terrænforholdene gør, at der ikke kan etableres stuvningsvolumen, der kan tømmes ved gravitation.

Derudover er det ikke alle identificerede magasineringsmuligheder, der er tilstrækkelig store til at kunne håndtere de dimensionsgivende bagvandsmængder. I figuren nedenfor er det vist, hvor der er fundet mulige magasineringsvolumener.

Figur 3.1: Identificerede mulige magasineringsområder.



I tabellen nedenfor er det angivet, hvor store magasineringsvoluminer der er fundet i hvert opland, og hvorvidt dette er tilstrækkeligt i forhold til de dimensionsgivende bagvandsmængder. Alle bassiner er antaget at blive udført med skråningsanlæg 3. Den dimensionsgivende bagvandsmængde er fastlagt som en klimafremskrevet 10-års hændelse af 12 timers varighed.

Table 3.1: Opsummering af identificerede magasineringsvolumener og dimensionsgivende bagvandsmængder i de forskellige oplande.

Opland	Identificeret magasineringsvolumen [m ³]	Dimensionsgivende bagvandsmængde [m ³]	Note
Odderbækken	Dæmning: 22.200 Bassin: 3.100	24.000	Dæmning er en indgribende løsning
Vandløb midt	1.700	6.000	
Vandløb syd	0	2.000	Forudsætter forlængelse af eksisterende dige
Opland 5	2.500 m ³	4.000	
Opland 3	2.100 m ³	2.000	

I oplandet til Odderbækken er der fundet to mulige magasineringsvolumener. Det ene er et bassin af traditionel karakter, mens det andet magasineringsvolumen kan skabes ved at etablere en dæmning i slugten, hvor der kan stuves vand bagved. På denne måde kan der skabes et stort magasineringsvolumen, men det bemærkes, at dette er en løsning, der griber stærkt ind i naturforholdene langs Odderbækken og vil resultere i store stuvningshøjder bag dæmningen. For en yderligere beskrivelse af løsningsmuligheden henvises til Bilag 2.

Af tabellen ses det, at der kun i ét tilfælde er fundet et magasineringsvolumen, der er stort nok til at håndtere den dimensionsgivende bagvandsmængde for det givne opland. I alle andre tilfælde er det ikke muligt at finde tilstrækkeligt volumen. Det er således ikke muligt at opstille en løsningsmodel, hvor alt bagvand udelukkende håndteres i bassiner.

3.2 Magasinering og gravitering af udstrømning fra Odderbækken

Som det fremgår af ovenstående afsnit udgør den dimensionsgivende bagvandsmængde for Odderbækken den største udfordring for bagvandshåndteringen. Medlemmer af digegruppen har foreslået en alternativ håndtering af vandet i Odderbækken, der omfatter følgende elementer:

- Etablering af en bassin på den nederste del af odderbækken. Dette svarer placeringsmæssigt til det magasin, der er beskrevet i afsnit 1.2 i Bilag 2.
- Etablering af en afløbsledning, nedgravet i grusvejen fra dette bassin til kysten.
- Med henblik på at sikre at bagvand i bassinet kan løbe ud til havvandet ved gravitation i en stormflodssituation, skal ådiget omkring bassinet hæves til en højde, der er ca. 0,3 m højere end kystdiget, samtidig med at udløbsledningen under grusvejen skal have en diameter på 1 m.
- Med henblik på at sikre mod oversvømmelse i det daglige udløb fra Odderbækken til kysten skal der etableres højvandslukke i dette, både mod havsiden og mod bassinsiden.

3.3 Forslag til samlet løsning for stormflodsscenarioet

I det følgende er beskrevet to forslag til samlede løsninger for stormflodssituationen. Løsning A er udelukkende en pumpe-løsning, hvorimod løsning B er en kombination af midlertidig magasinering opstrøms stormflodssikringskonstruktionen samt pumpning.

Løsning A: Pumpeløsning

Der etableres tre pumpestationer, der hvor de tre gravitationsudløb etableres. I efterfølgende tabel er angivet nødvendig pumpekapacitet for disse. Det vurderes, at risikoen for, at der under en stormflod falder en nedbørshændelse der overstiger en 5-års hændelse er meget lav. Derfor vurderes det at være en uhensigtsmæssig dyr udgift at etablere pumper ved Opland 3 og Opland 5 (byoplande), og i stedet antages det, at regnvand fra disse oplande transporteres i afvandingsgrøften på bagsiden af diget frem til pumpestationere. Pumpekapaciteten er udlagt for en klimafremskrevet 10-års hændelse for vandløbsoplandene og en klimafremskrevet 5-års hændelse fra byoplandene.

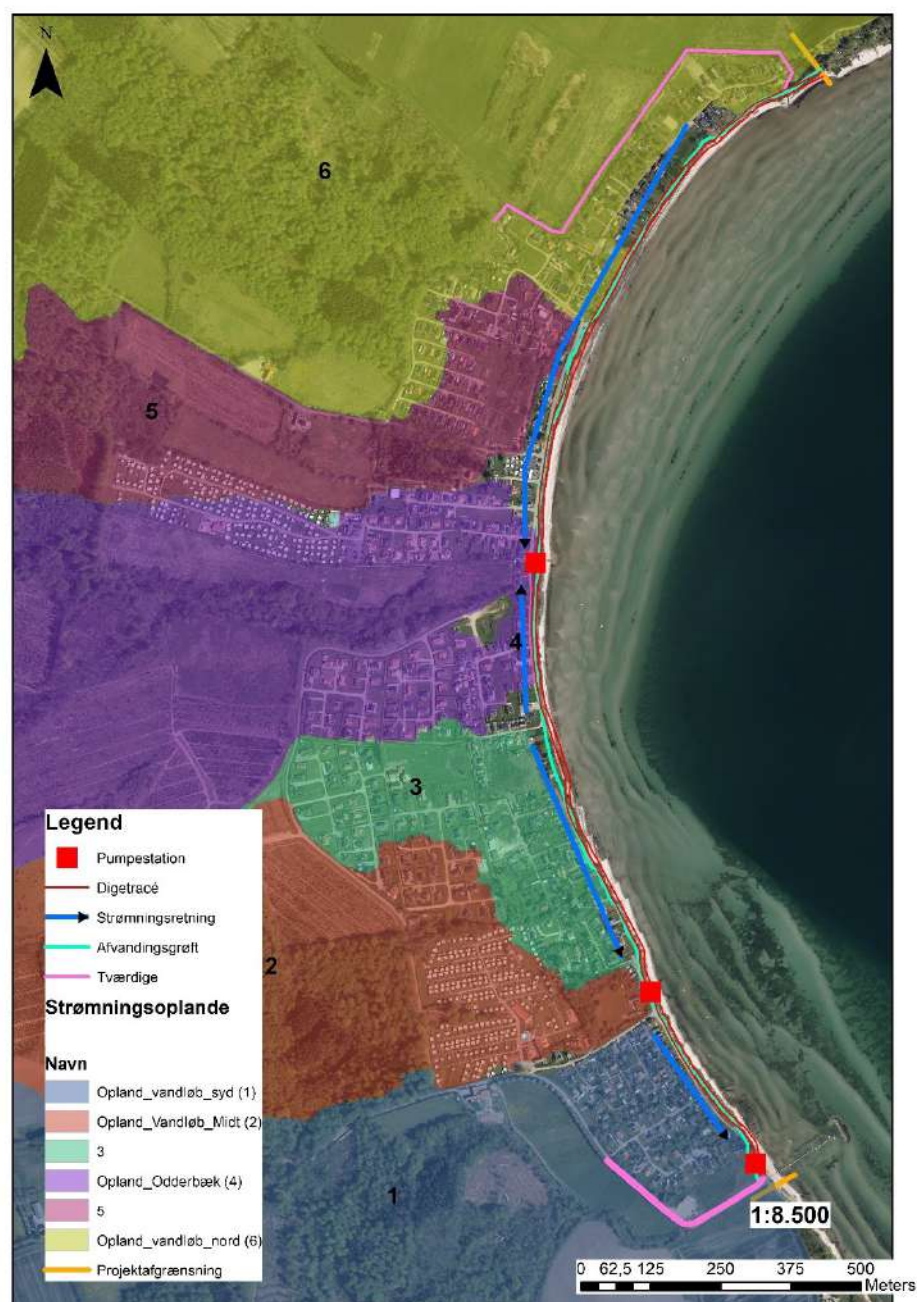
Overskylsvandmængder og gennemtrængende vandmængder gennem stormflods-konstruktionen er ikke medtaget. Som tidligere nævnt vurderes det, at risikoen for sammenfald mellem stormflod til kote 2,2, regnhændelse større en T5 samt bølgepåvirkning er relativ lav. Hvis det vælges at inkludere disse vandmængder, skal pumperne udlægges til at have større kapacitet.

Tabel 3.2: Nødvendig pumpekapacitet for de tre foreslåede pumpestationer

Pumpestation	Nødvendig minimumspumpekapacitet bagvand
Oddebækken	1.400 l/s
Vandløb Syd	230 l/s
Vandløb Midt	450 l/s

Løsningen er skitseret på efterfølgende figur.

Figur 3.2: Løsningsmodel A, hvor der etableres tre pumpestationer samt afvandingsgrøft på bagsiden af diget.



Løsning B: Midlertidig magasinering kombineret med pumpe-løsning

I tabellen nedenfor er dimensionsgivende vandvolumener for de enkelte deloplande opgjort.

Tabel 3.3: Dimensioneringsforudsætninger for hverdags-situation og stormflodssituation for vandløbsoplande.

Opland	Hverdagsscenarie	Stormflodsscenarie	
	Dimensionsgivende flow [l/s]	Dimensionsgivende flow [l/s]	Dimensionsgivende volumen [m ³]
Odderbækken (opland 4)	700	900	24.000
Vandløb syd (opland 1)	90	100	2.000
Vandløb midt (opland 2)	200	300	6.000
Opland 3	0	500	2.000
Opland 5	0	1.100	4.000

For de ikke-vandløbsbetingede oplande (Opland 3 og opland 5) antages det, at en 5-års hændelse ikke ledes på terræn mod indersiden af stormflodssikringskonstruktionen. Det antages, at nedbør enten nedsiver, fordamper eller håndteres i eksisterende systemer til håndtering af regnvand. Derfor vil det dimensionsgivende flow for hverdagsscenariet (Opland 3 og Opland 5) være 0.

Baseret på oplandenes størrelse, for de ikke-vandløbsbetingede oplande, vurderes det, at det er en rimelig antagelse, at den gennemsnitlige transporttid af overfladevand på terræn er en halv time. Derfor bestemmes det dimensionsgivende flow for Opland 3 og Opland 5 baseret på en konstrueret regn, CDS-regn, med en varighed på 30 minutter. For en klimafremskrevet 10-års regn af 30 minutters varighed er middelintensiteten 129,3 l/s/ha. Den tilsvarende 5-års regn uden klimafremskrivning med en middelintensitet på 93,7 l/s/ha fratrækkes denne. Herved anbefales det, at stormflodsscenariet kan håndtere en middelintensitet på 35,6 l/s/ha. Der er anvendt 1,15 som klimafaktor, hvilket svarer til en fremskrivning på 10-års hændelsen til år 2050.

Skulle der i hverdagssituationen ledes overfladevand fra Opland 3 og Opland 5 til indersiden af stormflodssikringskonstruktionen, vil dette blive opsamlet og ledt langs stormflodssikringskonstruktionen (i grøft, urban rende eller dræn) til de etablerede gravitationsudløb. Det vurderes derfor ikke at være nødvendigt at etablere gravitationsudløb ved Opland 3 og Opland 5.

I efterfølgende tabel er angivet, hvor meget der er behov for midlertidigt at opmagasinere i de enkelte oplande. Desuden er det angivet, hvor meget det omtrentligt er muligt midlertidigt at magasinere i de enkelte oplande. Dermed er det fastlagt, hvor meget det er nødvendigt at pumpe i de enkelte oplande.

Tabel 3.4: Opsummering af nødvendig magasineringsvolumen i de enkelte oplande samt identificeret mulig magasineringsvolumen. Baseret på disse tal er volumet, der skal bortpumpes beregnet.

Opland	Nødvendig magasineringsvolumen (12-timers hændelse) [m ³]	Indledende forventet mulighed for magasineringsvolumen [m ³]	Resterende volumen, der skal bortpumpes i løbet af 12-timer [m ³]
Odderbækken	24.000	24.000	0
Vandløb Syd	2.000	0	2.000
Vandløb Midt	6.000	1.700	4.300
Opland 3	2.000	2.000	0
Opland 5	4.000	2.500	1.500

Det vurderes, at størstedelen af 12-timers vandmængden skal kunne midlertidigt magasineres, for at det har en nævneværdig effekt på pumpernes kapacitet, og dermed er en besparelse for pumpeudgiften. Derfor anbefales det ikke, at arbejde videre med midlertidige magasineringsvolumen i oplandene: Vandløb Syd og Vandløb Midt.

Løsning B inkluderer, at der etableres følgende:

- Bassin og dige opstrøms **Odderbækkens** udløb, i alt med en kapacitet på 24.000 m³.
- Bassin i **opland 3**.
- Bassin i **opland 5**.
- Pumpestation ved **Vandløb Midts** udløb.
- Evt. pumpestation ved **Vandløb Syds** udløb, alternativt transporteres det til Vandløb Midt pumpestationen via afvandingen på indersiden af stormflodskonstruktionen.

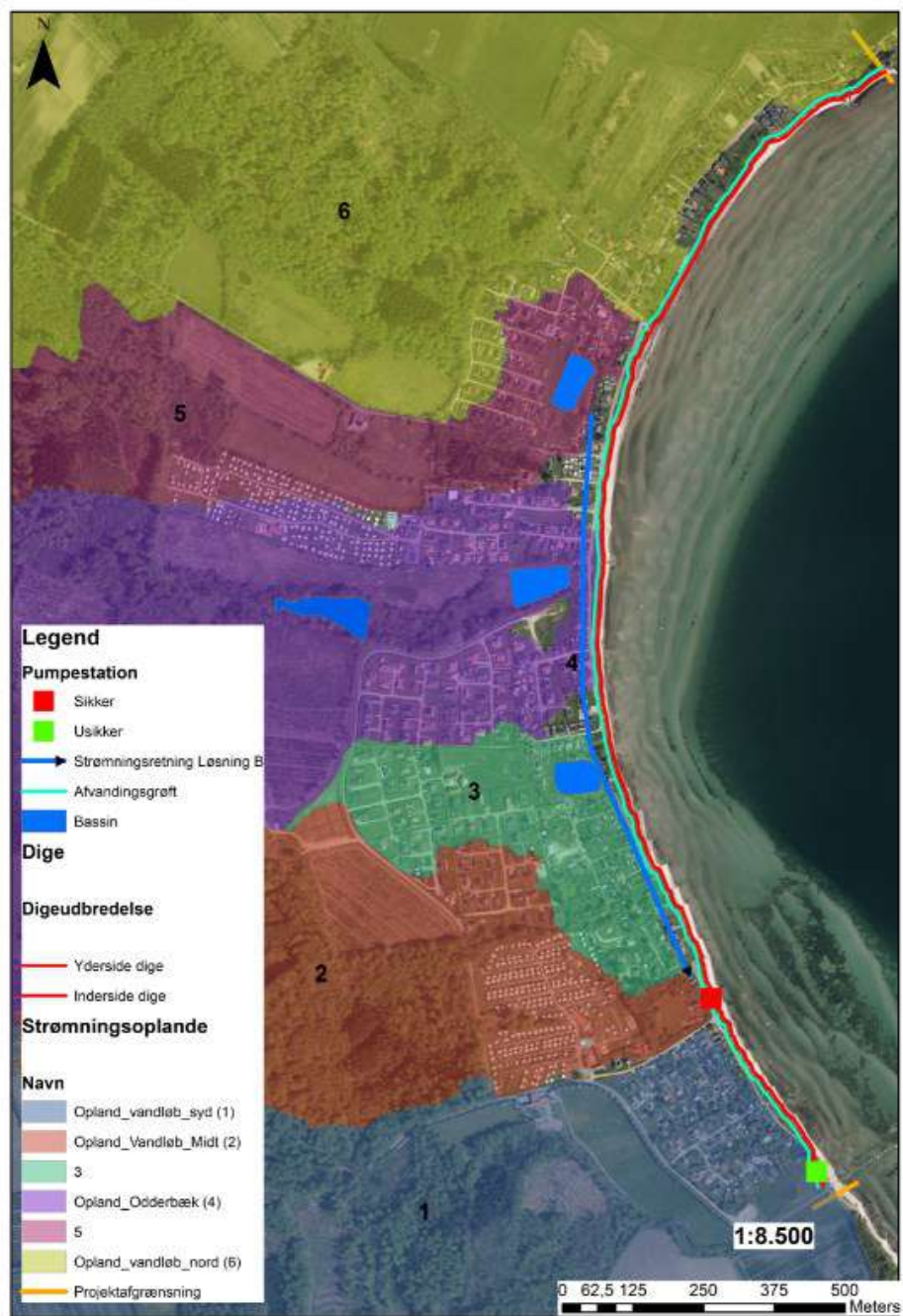
I efterfølgende tabel er angivet hvor meget der skal opmagasineres og pumpes fra de enkelte oplande.

Tabel 3.5: Magasinerings- og pumpebehov i de forskellige oplande.

Opland	Midlertidig opmagasineringsvolumen [m ³]	Nødvendig minimumpumpekapa- pacitet bagvand [l/s]
Odderbækken	24.000	0
Vandløb Syd	0	100
Vandløb Midt	0	300
Opland 3	2.000	0
Opland 5	2.500	0

Løsningsforslaget er illustreret i figuren nedenfor.

Figur 3.3: Illustration af løsningsforslag B



Ved Odderbækken kan der alternativt vælges løsningen beskrevet i 3.2, hvor et mindre bassin kombineres med et å-dige med overhøjde samt en gravitationsledning der grundet overhøjde på å-diget også kan presse vandet ud under højvande.

3.4 Beredskab

Afvandingen på indersiden af stormflodssikringskonstruktionen er ikke dimensioneret, så den kan klare enhver tænkelig situation. Dette ville kræve en række

større pumpestationer og ville være fordyrende i væsentlig grad. Derfor er det vigtigt, at beredskabet i Kolding Kommune har fokus på vand på indersiden af stormflodssikringskonstruktionen og er klar til at rykke ud med mobile pumpestationer. Det anbefales, at området indarbejdes i kommunens beredskabsplaner. Det er muligt at analysere sig frem til, hvor de kritiske punkter er samt hvilke situationer, der vil medføre hvilke potentielle oversvømmelsesproblematikker.

4 Økonomiske overslag for bagvandsløsninger

Der er udarbejdet økonomisk overslag for løsningerne til håndtering af vand på indersiden af stormflodssikringsanlægget. I det følgende er det opdelt i hverdags-situationen samt stormflodssituationen – løsningsforslag A og B. Hverdagssituationen inkluderer opsamling af vand på indersiden af stormflodskonstruktionen samt gravitationsudløbene. Stormflodssituationen dækker henholdsvis en pumpeløsning (løsningsforslag A) samt en kombineret magasinerings- og pumpeløsning (løsningsforslag B).

Pumper til bortledning af overskylsvand og gennemtrængende havvand er ikke medtaget i budgettet. Her skal der tages stilling til, om der i de få tilfælde med betydelige overskyl skal vælges en beredskabsstrategi, hvor beredskabet sætter mobile pumper op. Desuden vil pumpestationerne have overskydende kapacitet i langt de fleste tilfælde, da sandsynligheden for en 10-års hændelse for bagvand samtidig med en stormflod med betydeligt overskyl, er lille. Det vurderes derfor, at være omkostningstungt i forhold til sandsynligheden for denne situation indtræffer, at anlægge pumpekapacitet, der kan håndtere et sammenfald af de to hændelser:

- 10-års hændelse for bagvand
- Stormflod med betydeligt overskyl

Indledningsvist vurderes, at en permanent løsning til håndtering af overskylsvand i størrelsesordenen 2 l/s/m stormflodskonstruktion vil koste i omegnen af 2-4 mio. kr. i anlægsudgifter.

Når der er opnået et større vidensniveau om f.eks. de geotekniske forhold, kan der udarbejdes mere præcise anlægsoverslag.

Der er gennemført økonomiske overslag opdelt på en række hovedposter, som kan rekvireres, såfremt det ønskes. Efterfølgende er opsummeret det samlede anlægsoverslag for hver enkelt enhed.

4.1 Hverdagsscenarie

Afvanding på indersiden af diget

Anlægsudgifter for afvanding på bagsiden af diget er gennemført for henholdsvis en grøft, et linjedræn samt rørledning under diget. Grøften er den billigste løsning, men også mere pladskrævende.

Afvandingsstype på inderside af stormflodskonstruktion	Anlægsudgifter [mio. kr. ekskl. moms]	Anlægsudgifter [mio. kr. inkl. moms]
Grøft	0,33	0,41
Linjedræn inkl. rist	1,1	1,38
Rørløsning under dige	2,83	3,54

Gravitationsudløb

Prisen på gravitationsudløb er inklusiv bygværker og kontraktlap, som sikrer mod tilbagestuvning af havvand. Ved ønske om speciel kontraktlap kan prisen blive dyrere.

Gravitationsudløb	Anlægsudgifter [mio. kr. ekskl. moms]	Anlægsudgifter [mio. kr. inkl. moms]
Odderbæk	0,06	0,08
Vandløb Syd	0,04	0,05
Vandløb Midt	0,05	0,07

Samlet set er det økonomiske overslag på **0,5 – 1,3 mio. kr. ekskl. moms/0,61 – 1,6 mio. kr. inkl. moms.**, alt efter om der vælges en grøn (billigst) eller et linjedræn med rist (dyrest). Rørløsning kan ikke anbefales på grund af prisen.

4.2 Stormflodsscenario – løsningsforslag A

Pumpestationer

Der er valgt en forholdsvis billig løsning for pumpestation. Dette valg er foretaget med øje for, at det forventes finansieret af sommerhusejere med mere i området. Anlægsoverslaget er inkl. pumpestation inkl. el og styring, trykledninger, etablering af kørevej, grundvandssænkning under anlægsarbejdet og opdriftssikring. Det er valgt for hver pumpestation at anlægge minimum to pumper, således der er en pumpe kørende, i tilfælde af den ene skulle sætte ud af drift. Dette mindsker risikoen for skadesforvoldende oversvømmelser grundet driftssvigt.

Pumpestation	Anlægsudgifter [mio. kr. ekskl. moms]	Anlægsudgifter [mio. kr. inkl. moms]
Odderbæk	1,4	1,75
Vandløb Syd	1,0	1,25
Vandløb Midt	1,3	1,63

Det samlede økonomiske overslag er på **3,7 mio. kr. ekskl. moms/4,63 inkl. moms.** Det skal undersøges nærmere, om det er muligt at undgå pumpestationen ved Vandløb Syd. Hermed er det økonomiske overslag 2,7 mio. kr. ekskl. moms/3,38 mio. kr. inkl. moms.

4.3 Stormflodsscenario – løsningsforslag B

Midlertidig opmagasinering og pumpning

Der er udarbejdet økonomisk overslag for de to magasineringsmuligheder i oplandet til Oddebækken og i Opland 3 og 5. Der gøres opmærksom på, at ligesom i løsningsforslag A, kan det vælges for Opland 3 at lede dette i afvandingen på indersiden af stormflodssikringskonstruktionen og til pumpestationen ved Vandløb Midt. Fra Vandløb 5 er der for langt hen til pumpestationen ved Vandløb Midt. Her er behov for at anlægge et bassin eller alternativt placere en pumpe her. Udgiften til placering af en pumpestation her vil være i størrelsesordenen 1,2 mio. kroner.

For midlertidig opmagasinering er prisen inklusiv jordarbejde og udgravning, lermembran hvor dette vurderes nødvendigt, etablering af volde, stensikring ved indløb (for at undgå erosionsskader) samt udløb og ledningsarbejde.

Der er valgt en forholdsvis billig løsning for pumpestation. Dette valg er foretaget med øje for, at projektet forventes finansieret af sommerhusejere med mere i området. Anlægsoverslaget er inkl. pumpestation inkl. el og styring, trykledninger, etablering af kørevej, grundvandssænkning under anlægsarbejdet og opdriftssikring. Det er valgt for hver pumpestation at anlægge minimum to pumper, således der er en pumpe kørende, i tilfælde af den ene skulle sætte ud af drift. Dette mindsker risikoen for skadesforvoldende oversvømmelser grundet driftssvigt.

Midlertidig magasinering	Pumpestation	Anlægsudgifter	Anlægsudgifter
		[mio. kr. ekskl. moms]	[mio. kr. inkl. moms]
Oddebæk - dæmning		1,57	1,96
Oddebæk – bassin nær stormflodskonstruktion		0,23	0,29
Opland 5		0,71	0,89
Opland 3 (optional)		0,46	0,58
	Vandløb Syd	1,0	1,25
	Vandløb Midt	1,3	1,6

Det samlede økonomiske overslag er på **5,3 mio. kr. ekskl. moms/6,6 mio. kr. inkl. moms**. Fravælges det at anlægge bassinet ved Opland 3 er det samlede økonomiske overslag på 4,8 mio. kr. ekskl. moms/6,0 mio. kr. inkl. moms. Det skal undersøges nærmere, om det er muligt at undgå pumpestationen ved Vandløb Syd. Hermed er det økonomiske overslag 4,3 mio. kr. ekskl. moms / 3,8 mio. kr. ekskl. moms afhængig af, om bassinet ved Opland 3 etableres (5,35 mio. kr. inkl. moms/4,8 mio. kr. inkl. moms).

Medlemmer af digegruppen har foreslået en alternativ løsning for håndtering af bagvand fra Oddebækken. Løsningen omfatter etablering af bassin med å-dige i overhøjde i forhold til kystdiget samt udløbsledning fra bassin til kysten. Økonomisk overslag for denne alternative delløsning er vist i tabellen nedenfor.

Midlertidig magasinering med gravitationsudløb	Anlægsudgifter	
	[mio. kr. ekskl. moms]	[mio. kr. inkl. moms]
Odderbæk – bassin i overhøjde nær stormflodskonstruktion	0,35	0,44
Odderbæk – udløbsledning til kysten, Ø1 m og længde 100 m, inkl. indløbs- og udløbsbygværk	1,6	2,0
Odderbæk – to højvandslukker på eksisterende Odderbæk	0,05	0,06

Hvis denne løsning vælges frem for magasineringsløsningen ved Odderbækken, vil det samlede økonomiske overslag for løsning B være **5,5 mio. kr. ekskl. moms/6,82 mio. kr. inkl. moms.**