



Højvandssikring Binderup - Grønninghoved

Ideoplæg

KOLDING KOMMUNE

8. MAJ 2018

Indhold

1	Indledning	4
2	Stormflod og dimensionsgivende vandstand	5
2.1	Stormflodstyper Binderup Grønninghoved	5
2.2	Isostatisk landhævning	8
2.3	Global havvandspejlsstigning	8
2.4	Højvandsstatistik	9
2.5	Dimensionsgivende vandstand	10
2.6	Oversvømmelsens udbredelse	11
3	Kystlinieudvikling og erosion	13
4	Oversvømmelser fra bagvand	21
4.1	Vandløb og kilder	21
4.1.1	Vandløb	22
4.1.2	Anvendt data	23
4.1.3	Vandføring og hændelsesscenarier	24
4.2	Oversvømmelser fra nedbør	28
4.3	Oversvømmelser fra grundvand	32
4.3.1	Nuværende situation	33
4.3.2	Scenarie 1 – år 2050	35
4.4	Oversvømmelsesfarens trussel mod værdier	38
4.4.1	Bygninger samt veje og anden infrastruktur	38
5	Løsningsmuligheder mod stormflod	38
5.1	Løsningsmodel 1: Langsgående jorddige	40
5.2	Løsningsmodel 2: Langsgående og tværgående diger	43
5.3	Opbygning af det langsgående dige	44
5.3.1	Opmærksomhedspunkter langsgående dige	45
5.4	Sandfodring	47
5.5	Håndtering af bagvand og overskylsvand	48
5.5.1	Samlet indsatsmulighed for håndtering af vand på bagsiden af diget	48
5.5.2	Hændelsessammenfald	49
5.5.3	Ændret risikobillede for overfladevand (nedbør)	49

5.5.4	Potentielle områder til vandparkering	50
5.5.5	Opmærksomhedspunkter for vandløb vedrørende højvandssikring	52
5.6	Dræning af grundvand	53
5.7	Eksisterende jordbundsforhold i området	54
5.8	Eksisterende tekniske anlæg	54
5.9	Lovgivning	55
5.9.1	Miljøvurderingsloven	55
5.9.2	Naturbeskyttelsesloven	56
5.9.3	Vandløbsloven	56
5.9.4	Planloven	56
5.9.5	Kystbeskyttelsesloven	56
5.10	Drift	56
6	Tiltag til understøttelse af rekreativ værdi	57
7	Økonomi, partsdeling og tidsplan	57
7.1	Økonomi	57
7.2	Partsdeling	57
7.3	Tidsplan	57

1 Indledning

Projekt nr.: 10401074
 Dokument nr.: 1228180982
 Version 1
 Revision 1

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

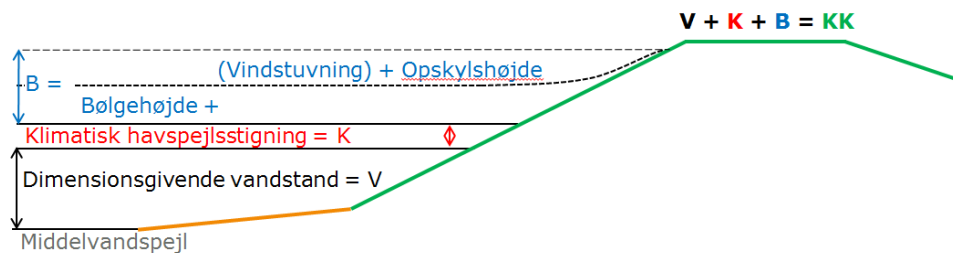
Sommerhusområdet ved Binderup og Grønninghoved i Kolding Kommune har oplevet oversvømmelser relateret til stormflod. Hvis der ikke etableres en højvands sikring, vil de lavestliggende områder i sommerhusområder oftere og oftere i fremtiden opleve oversvømmelser under stormflod, der potentielt vil ramme mange sommerhuse. Dette idéoplæg behandler muligheder for højvands sikring.

Ved projektering af oversvømmelsesbeskyttelse analyseres og sammenholdes indledningsvist en række forhold, som i sidste ende bl.a. resulterer i en kronekote (KK) for konstruktionerne. Disse forhold inkluderer bl.a;

- Til beregning af den dimensionsgivende ekstremvandstand på dybt vand er det vigtigt at vurdere og estimere de daglige vandstandsvariationer, højvandsstatistikker (herunder tidligere typer af storm- og højvandstandshændelser) samt den globale havvandspejlsstigning.
- Fastsættelse af et sikringsniveau, altså hvilken statistisk overskridelseshyppighed af vandstand (f.eks. 1 gang i løbet af 100 år) man vil være sikret imod (V). Ligeledes skal det besluttes hvor længe man vil være beskyttet mod denne hændelse, altså konstruktionens levetid. Grundet klimatisk betingede generelle havvandspejlsstigninger (K), skal vandstanden øges med et tillæg, der svarer til havvandspejlsstigningen i konstruktionens levetid.
- Hvis der er pålandsvind under stormfloden, skal bidraget fra bølgerne tillægges (B). Størrelsesordenen på bølgeoverskyl afhænger af dybde, bølgehøjde, digets hældning og højde. Bølgeoverskyl må ikke overskride et fastsat kriterie for tilladeligt overskyl.

De forskellige overordnede bidrag som skal vurderes og inkluderes i projekteringen af højvandsbeskyttelser er illustreret i Figur 1.1.

Figur 1.1: Principskitse for de forskellige bidrag til beregning af digers kronekote i fremtiden (KK). Kronekoten ved etableringstidspunktet findes ved at fratække den forventede landhævning (og i øvrigt tage højde for sætninger efter installation).



For diger og anden højvandsbeskyttelse dimensionerer man sædvanligvis for en 100-års middeltidshændelse, men med forskellig tilgang til, hvor stort tillæg på vandstanden, der skal medtages grundet den globale havvandspejlsstigning. Tillægget kan eventuelt baseres på, at digerne senere forhøjes i takt med, at den klimabetingede vandspejlsstigning rent faktisk optræder.

Der er dog altid en sandsynlighed for, at vandstanden ved den valgte middeltidshændelse vil forekomme eller overskrides inden for den valgte levetid. Størrelsen på denne sandsynlighed er anskueliggjort i Tabel 1.1.

Tabel 1.1: Beregnet sandsynlighed i % for at middeltidshændelsen optræder for en levetid med et vist antal år.

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

Det ses af ovenstående, at der er 39 % risiko for at en 100 års middeltidshændelse optræder inden for en 50-årig periode. Dimensionering efter en længere middeltidshændelse reducerer risikoen for overskridelse af den dimensionsgivende vandstand/scenarie og dermed risikoen for oversvømmelse og skader på anlægget. Omvendt skal der også tages hensyn til, hvor lang tid man faktisk kan regne med at bruge anlægget/det beskyttede område for omvendt ikke at overdimensionere det.

I nærværende projekt er allerede givet en forslag til en kronekote på 2,0 m eventuelt senere udbygget til 2,5 m. Dette er baseret på en forventning om hvor højt et dige sommerhusejerne ønsker, for at udsigtsforhold, adgangsforhold til stranden med mere ikke påvirkes i et omfattende omfang. Hvilket sikringsniveau den ønskede kronekote på +2,0 m DVR90, senere +2,5 m DVR90, svarer til, vil blive belyst i senere afsnit i denne rapport.

2 Stormflod og dimensionsgivende vandstand

2.1 Stormflodstyper Binderup Grønninghoved

For at bestemme sikringsniveauet, samt om konstruktionerne skal kunne klare bølgepåvirkning under det dimensionsgivende højvande granskes tidligere storm- og højvandstandshændelser. Ved denne granskning undersøges blandt andet korrelationsgraden mellem forhøjet vandstand og samtidig bølgepåvirkning.

- Når bølger og vandstand er korrelerede, dvs. forekommer samtidigt, skal begge ekstremer inkluderes i beregningerne.
- Når bølger og vandstand ikke er korrelerede må det estimeres om det f.eks. er en ekstrem vandstand uden bølger, en ekstrem bølge uden forhøjet vandstand eller en moderat vandstand med en ekstrem bølgepåvirkning, der resulterer i den værste situation og dermed kræver den højeste kronekote på beskyttelsen.

Til granskning af tidligere hændelser anvendes vandstandsmålerne i Kolding og Assens, som er de nærmest placerede vandstandsmålere samt højvandsstatistikker for dette område.

Ved Binderup-Grønninghoved kan identificeres 5 forskellige meteorologiske og hydrauliske hændelsestyper, der kan skabe højvande og potentielt oversvømmelse af området.

Scenarie 1. Vindstuvning

Østlige vinde kan give en lokal vindstuvning i Mosvig bugten, hvor der samtidig vil være maksimal bølgepåvirkning på kysten.

Scenarie 2: Storm fra nordlige retninger

Ofte begynder storme over Danmark med vind fra sydvest til nordvest, hvilket presser store mængder vand ind gennem Skagerrak og ind i Kattegat. Ved langvarig vindpåvirkning fra vestlige retninger kan en del af den forhøjede vandstand bevæge sig fra Kattegat ned gennem bælteerne og herved øge vandstanden i Indre Danske Farvande, som udgør en tragt/forsnævring mellem Skagerrak/Nordsøen og Østersøen.

I forbindelse med nogle lavtrykspassager vil den kraftigste vind fra vestlige retninger efterfølges af kraftig vind fra nordlige retninger. Størrelsen af højvandet afhænger af hvor kraftig og hvor langvarig stormen fra nord er og hvor meget vand der i forvejen er presset ind i Kattegat under den foregående vestenvind.

Under denne type stormflod er der ikke samtidig direkte bølgepåvirkning på kysten ved Binderup-Grønninghoved.

Scenarie 3: Returskyl

Hvis store mængder af vand under en storm fra nordlige retninger over Danmark er presset ind i Østersøen, vil dette vandlegeme strømme retur gennem de Indre Danske Farvande, Kattegat og Skagerrak, når vinden lægger sig eller ændrer retning. Indimellem sker det desuden, at lavtrykket bevæger sig videre over til den Botniske bugt og skaber nordenvind her. Herved presses vandet i den Botniske bugt mod syd og ind i de Indre Danske Farvande.

Således skabes forhøjet vandstand i de snævre Indre Danske Farvande, når vandet strømmer retur til Nordsøen. Ligesom i Scenarie 2 er der heller ingen bølgepåvirkning i projektområdet under dette Scenarie 3.

Binderup Grønninghoved ligger syd for det smalleste punkt i Lillebælt, hvorfor det også ved granskning af tidligere hændelser er returskyllet frem for indskyllet, der har skabt de største højvandstande her.

Af de 5 største observerede hændelser for både Assens og Kolding har to af dem (2003 og 2017) været et rent returskyl, som beskrevet i dette scenarie. Returskyllet efter Urd i januar 2017 er den højest målte i Kolding, hvor der blev registreret en vandstand på +1,56 m DVR90.

Scenarie 4: Returskyl og østenstorm

I sjældne tilfælde kan der opstå kraftige lavtryk syd for Østersøen som giver storm fra øst over Østersøen og Indre Danske Farvande. Herved presses vandet fra Østersøen ind i de Indre Danske Farvande, hvilket kan skabe meget alvorlige højvande langs de danske kyster.

Vandstanden kan øges yderligere, hvis der i forvejen er presset vand ind i Østersøen. Dette vurderes dog ikke at være en forudsætning for ekstremt højvande under storm fra øst. Ved Binderup-Grønninghoved vil storme fra østlige retninger give ekstreme bølger samtidig med højvandet. Dette scenarie forekommer sjældent og er senest berettet om i forbindelse med den voldsomme storm i 1872.

Scenarie 5: Modsatrettede vandlegemer

To af de fem største målte hændelser i Kolding og Assens forekom i 1993 og 2006 og forekom under et specielt sammenfald af meteorologiske forhold. Højvandet i disse situationer blev skabt ved;

- At en storm med vind fra nord først presser vand ind i Østersøen og at dette lavtryk efterfølgende bevæger sig mod øst og skaber storm fra nord over den Botniske Bugt og Østersøen og dermed skaber et returskyl (Scenarie 3).
- Mens dette lavtryk bevæger sig østover dannes et nyt lavtryk og skaber en ny storm fra nord over Danmark, hvormed vandet på ny presses ned gennem Indre Danske Farvande (Scenarie2).
- Stormflodsbølgen fra Østersøen og vandet som presses ind gennem Skagerrak og Kattegat mødes i Bælthavet og de Indre Danske Farvande og herved skabes et særdeles højt højvande.

Sammenfaldet af højvande fra nord i Kattegat og den Botniske Bugt er primært genereret af vind fra nordlige retninger og er derfor ikke sammenfaldende med ekstreme bølgeforhold i Smålandsfarvandet.

Scenarie opsummering

Af ovenstående gennemgang af forskellige højvandstandstyper og tidligere hændelser, ses det, at der kun i scenarie 1 og 4 vil være direkte bølgepåvirkning på kysten ved Binderup-Grønninghoved.

Forekomsten af scenarie 4 betragtes at være yderst sjælden, men kan forekomme og være særdeles kritisk for projektområdet. Hvis scenarie 4 viser sig at være for sjældent forekommende til at kunne være dimensionsgivende i nærværende projekt, bør det undersøges, hvad en 100 års sammenhæng mellem vandstand og bølgehøjder fra østlige retninger er. Muligvis kan let forhøjet vandstand i kombination med stor eller ekstrem bølgehøjde give højere nødvendig kronekote, end hvis kronekoten udelukkende baseres på ekstrem vandstand.

Derudover må det påpeges, at der ved scenarie 2, 3 og 5 med vind fra nordlige retninger kan forekomme mindre bølgepåvirkning grundet bathymetriske forhold i Lillebælt. Derfor bør der under alle omstændigheder tillægges kronekoten en vis højde grundet bølgepåvirkning (B).

2.2 Isostatisk landhævning

Landhævningen i området ved Binderup-Grønninghoved forventes at være ca. 0,6 mm/år. Det betyder, at det forventes at terrænet har hævet sig 2 cm i 2050 i forhold til i dag og 5 cm i 2100 i forhold til i dag. Effekten af landhævning forventes således at være lille, set i forhold til øvrige påvirkninger af havvandsspejlet.

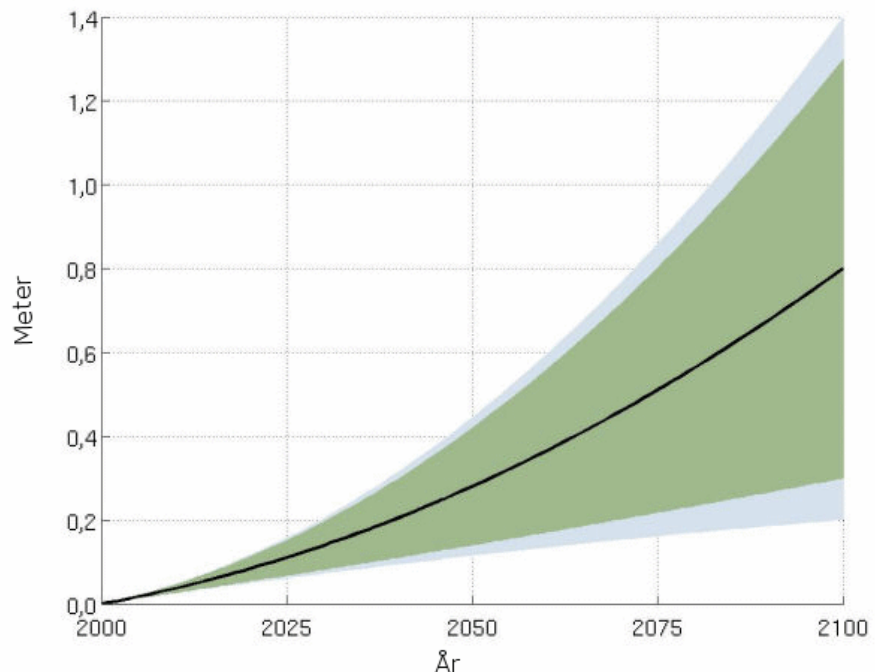
Derudover kan der forekomme sætninger. Der er intet kendskab til sætningsniveauet i området, men ved geotekniske undersøgelser skal det afdækkes, hvorvidt der skal tages højde for sætninger ved anlæg af dige og valg af kronekant.

2.3 Global havvandspejlsstigning

Til vurdering af sikringsniveau og/eller kronekote til en bestemt levetid fastsættes den forventede havvandspejlsstigning. Størrelsen af klimatillæg til beskyttelsehøjden afhænger af hvilken prognose for havvandspejlsstigning, der benyttes. Baseret på IPCC's 2013 rapport med den seneste fremskrivning af den globale havvandspejlsstigning har DMI og Danmarks Klimacenter i 2014 vurderet den regionale fremskrivning for Danmark i tilfælde af forskellige scenarier (RCP) vedrørende bl.a. CO₂-udledninger og temperaturstigninger, [1].

I nærværende projekt er valgt at anvende DMI's bedste bud på vandstandsstigninger indtil år 2100, når der ses bort fra landhævning, Figur 2.1.

Figur 2.1: DMI's bedste bud på vandstandsstigninger de næste 100 år i meter, når der ses bort fra landhævning. Den sorte kurve viser middelværdien, mens det grønne og blå areal viser usikkerheden henholdsvis globalt og omkring Danmark, [1].



Kutymen for digeprojektering i Danmark er at anvende en levetid, og dermed fremskrivning af højvandstandshændelse, på 50 år (i år 2070). Dette svarer til en forventet havvandspejlsstigning på 38 cm. Da Kolding kommunes generelle klimatilpasningsplaner strækker sig indtil år 2050 (om 30 år) fremskrives i dette projekt til år 2050, hvilket svarer til en havvandspejlsstigning på 20 cm.

Bemærk at vandstanden i dag (år 2020) allerede er steget 8 cm, hvilket trækkes fra de aflæste fremtidige værdier.

2.4 Højvandsstatistik

Til vurdering af vandstand ift. sikringsniveau og/eller kronekote er forskellige højvandsstatistikker analyseret.

Kystdirektoratets nyeste højvandsstatistik for Kolding Havn er baseret på målinger mellem 1986-2017 (marts) fra en vandstandsmåler i havnen, [2]. Der har dog været dataudfald i perioden 1996-1999 samt flere mindre dataudfald.

Realdania har også fået udarbejdet en højvandsstatistik og rapport, som udkom i 2017, hvor alle målestationer indeles mellem at være mest påvirket af stormfloder/højvandstande med udbredelse fra nord eller fra syd. For Kolding er det vurderet, at højvandstandene er styret af hændelser fra sydlige retninger, [3]. Denne statistik indeholder desuden hændelser, der er forekommet før måleperioden anvendt i Kystdirektoratets statistik. For at kunne simulere forventede højvandsekstremer for store gentagelsesperioder, er estimerne desuden baseret på modelberegninger.

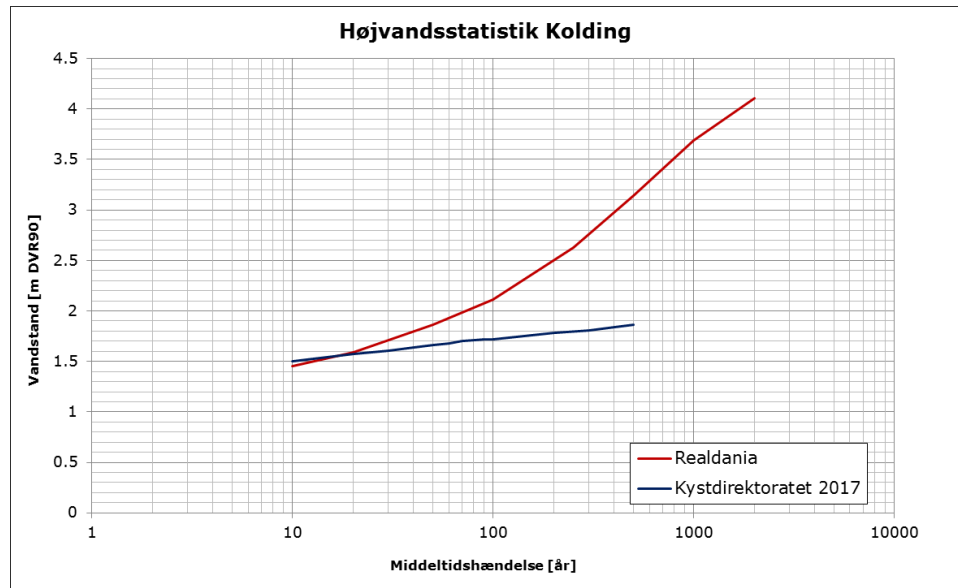
Vandstandene ved et udvalg af middeltidshændelser er vist i Tabel 2.1, hvoraf det ses, at de er ens for de hyppigst forekommende middeltidshændelser, mens der allerede er stor forskel ved en 50 års hændelse (10 % afvigelse).

Tabel 2.1: Højvandsstatistik, der kobler middeltidshændelser og vandstande, fra Kystdirektoratet 2017, [2], samt fra Realdania 2017, [3].

Middeltidshændelse [år]	Højvandsstatistik	
	Kystdirektoratet [cm]	Realdania [cm]
10	150	145
20	157	159
50	166	186
100	172	211
500	186	314
1000	191	369

Hvad der i Realdanias statistik svarer til en 50 års hændelse svarer i Kystdirektoratets statistik til en 500 års hændelse, Figur 2.2. Andre steder i landet, som også er påvirket mest af hændelser fra syd, stemmer de to statistikker overens også ved 100 års hændelsen.

Figur 2.2: Højvandsstatistik for Kolding fra både Realdania og Kystdirektoratet, [3] og [2].



Under 1872-stormfloden, som er den seneste hændelse af typen fra scenarie 4, er det konkluderet, at vandstanden ved Kolding var +3 m. Adskillige hændelser af denne type er kendt længere tilbage i historien (helt tilbage til år 1044) og i Køgebugt området er det efterhånden kutyme at betragte 1872-hændelsen som omtrent en 300-års hændelse, [4]. Ifølge Realdanias statistik svarer 1872-hændelsen til en ca. 400-års middeltidshændelse ved Kolding.

På baggrund af ovenstående sammenligning anbefales det at lægge Kystdirektoratets statistik til grund for beregning af dimensionsgivende vandstand. Samtidig anbefales det, at drøfte dette valg med Kystdirektoratet med henblik på at opnå bedst muligt grundlag for dimensioneringen.

2.5 Dimensionsgivende vandstand

Hvis det antages, at bølgepåvirkningen er lille og tillægget fra denne er 0,2 m, vil den dimensionsgivende vandstand ved en kronekote på hhv. +2,0 m og +2,5 m DVR90 være som vist i Tabel 2.2. Det fremgår, at valg af kronekote på +2,0 m, der planlægges anvendt 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 %.

Begrænsning af planlægningshorisonten til 2035 medfører et sikringsniveau, der svarer til en 70 års middeltidshændelse og en oversvømmelsesrisiko på 20 %.

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 %. Hævning af kronekote fra +2,0 m til +2,5 m betyder således meget i forhold til risikoen for oversvømmelse.

Ved 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. Vurderet i forhold til

Realdania's højvandsstatistik medfører valg af kronekote på +2,2 m et sikringsniveau, der svarer til en 40 års middeltidshændelse og en risiko for oversvømmelse på 53 % inden for planlægningshorisonten.

Tabel 2.2: Sikringsniveau i forhold til Kystdirektoratets Højvandsstatistik

Kronekote	+2,0 m DVR90 i år 2050	+2,5 m DVR90 i år 2050	+2,0 m DVR90 i år 2035	+2,2 m DVR90 i år 2050
Bølgetillæg [cm]	20	20	20	20
Havvandspejlsstigning [cm]	20	20	10	20
Dimensionsgivende vandstand [m DVR90]	+1,6	+2,1	+1,7	+1,8
Tilsvarende Middeltid [år]	30	6.000	70	300
Risiko for overskridelse af denne hændelse [%]	64	0,5	20	10

På baggrund af ovenstående gennemgang af mulige sikringsniveauer anbefales kronekote på +2,2 m med en planlægningshorisont til 2050. Som minimum kan der vælges en kronekote på +2,0 m med en planlægningshorisont til 2035.

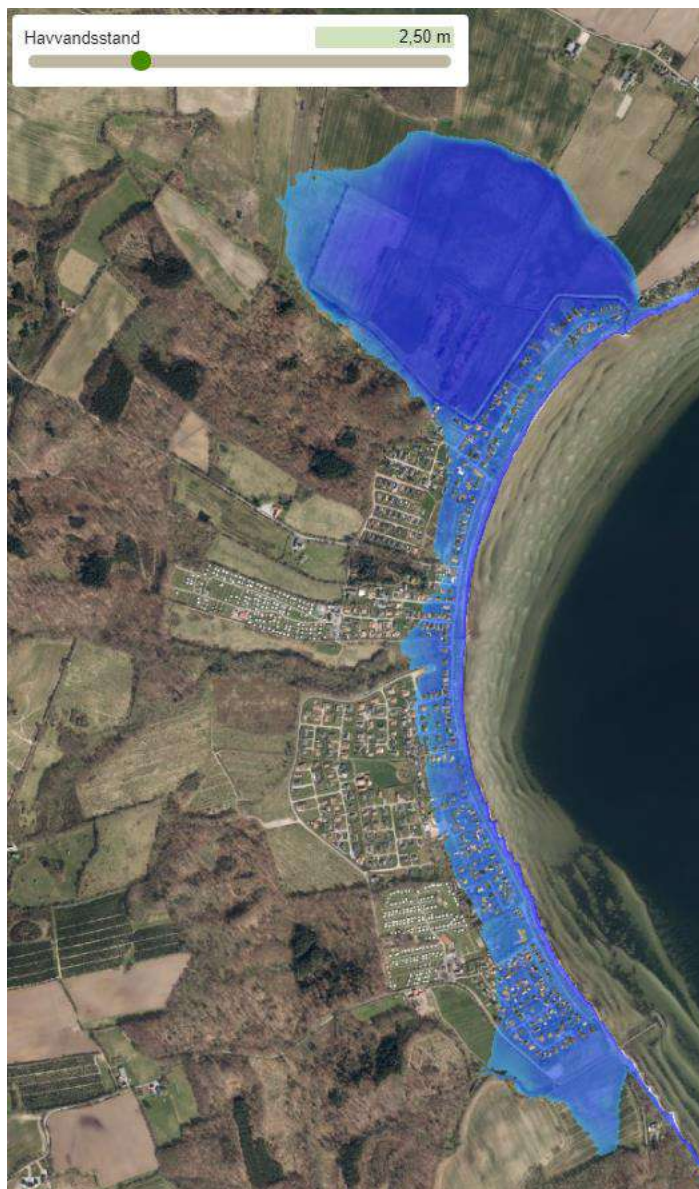
2.6 Oversvømmelsens udbredelse

I det efterfølgende er oversvømmelsesmæssige konsekvenser af udvalgte havvandsstigninger illustreret. Figurene viser de områder, der vil oversvømmes ved havvandsstigninger til hhv. kote +2 og kote +2,5 m svarende til de foreslåede anlægskoter for diget.

Figur 2.3: Oversvømmede områder ved en vandstand til kote +2,0.



Figur 2.4: Oversvømmede områder ved en vandstand til kote +2,5.



Af figurerne ses det, at store dele af området oversvømmes ved en højvandstand til kote +2,0 m DVR90. Ved en højvandstand op til kote +2,5 m DVR90 oversvømmes yderligere områder, men det bemærkes, at der ikke er markante forskelle i de oversvømmede områder på trods af en forøgelse af vandstanden på 0,5 m.

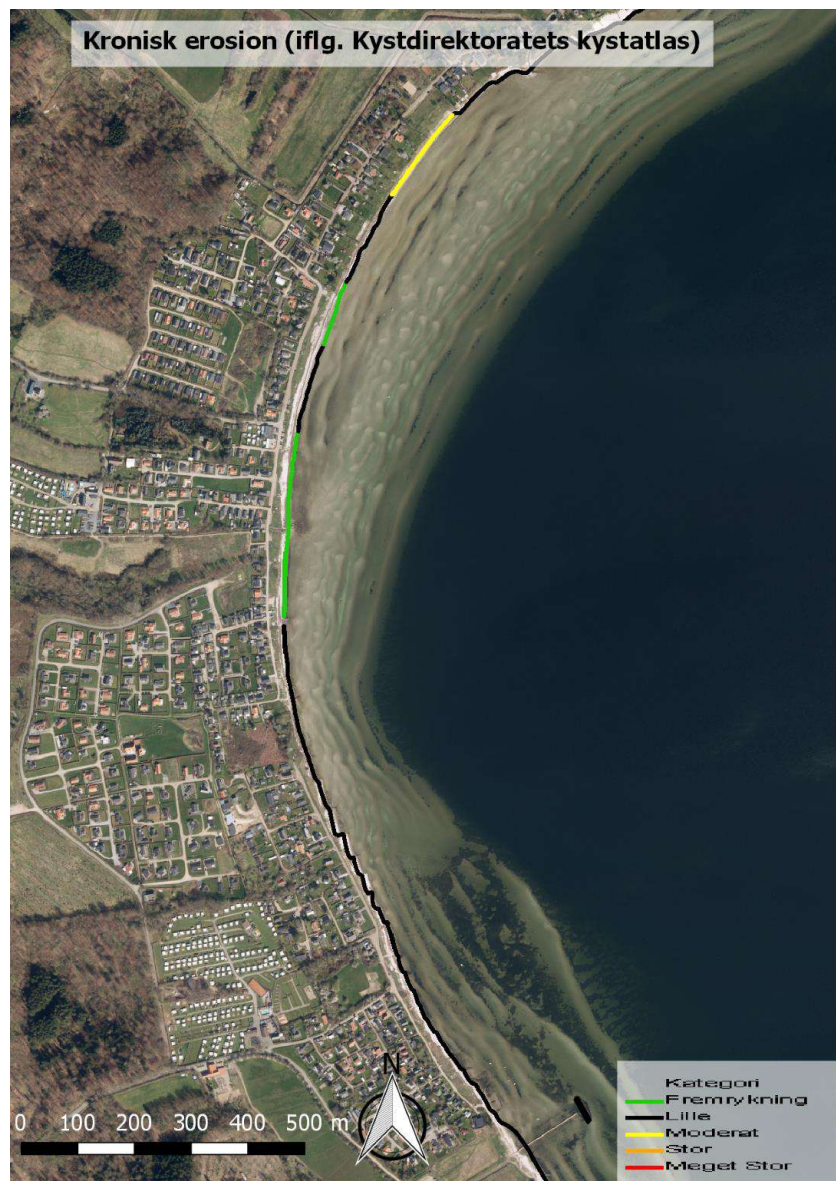
3 Kystlinieudvikling og erosion

Ved Binderup-Grønninghoved ses et veludviklet revlesystem med mange revler og et fladt profil. Dette tyder på nogen bølgeenergi og stor tilgængelighed af sediment. Dette sker dog uden at kysten eroderer markant tilbage og med en samtidig langsgående netto sedimenttransport. Både fra nord og syd går denne transport ind mod centrum af bugten, hvor det aflejres. Dette er også tydeliggjort ved, at der er etableret en række høfder i nord og syd for at bremse erosionen og holde på sandet, mens der ingen konstruktioner er på den centrale del.

Kyststrækningen ligger i Mosvig bugt, med mulig bølgepåvirkning fra 75-150 graders retning og frit stræk længder på op til 18 km, hvilket er fra SØ. Man kan også se at bugtens orientering er mod SØ.

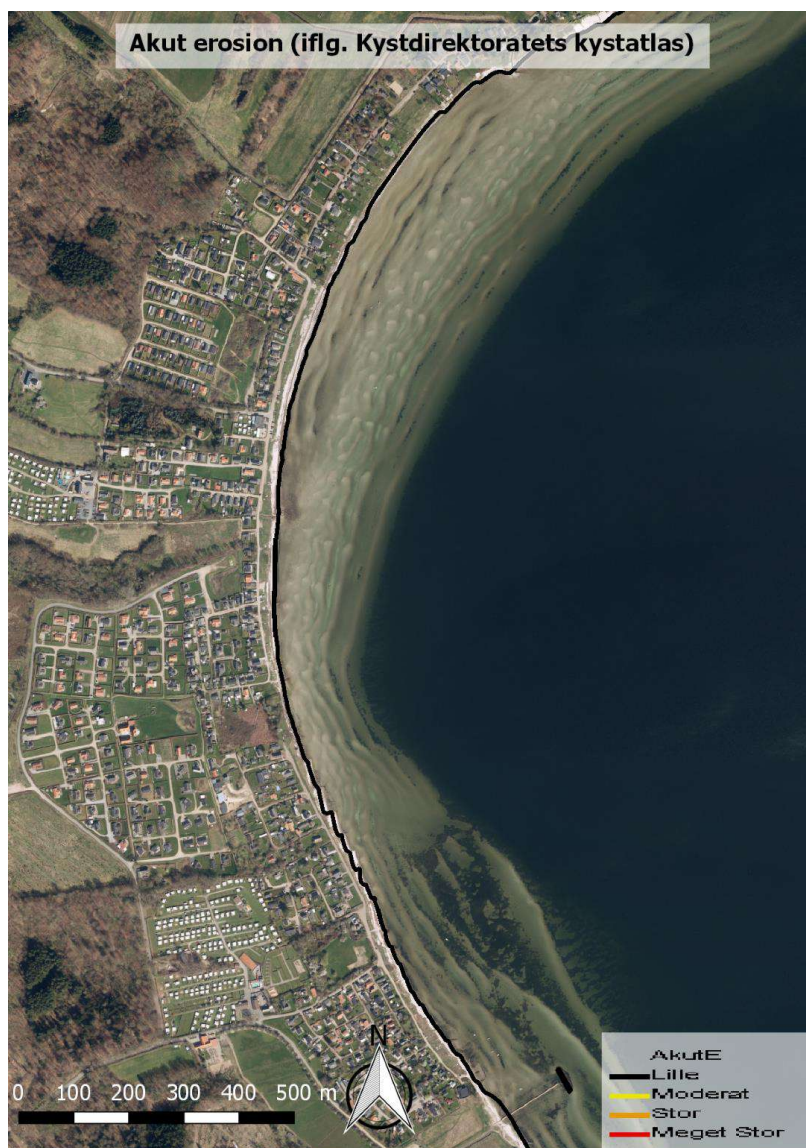
Det må forventes at bølgerne med tiden (ikke i nær fremtid), vil skabe en udlignet kystlinie med orientering mod 130 grader, netop ved at fylde bugten op. Grundet dette relativt lille frie stræk er truslen fra både akut erosion (under stormhændelser hvor stranden eroderes af bølgerne) og kronisk erosion (langsgående sedimenttransport) vurderet af Kystdirektoratet (i Kystatlas) til at være lille, [5]. I den centrale del er også identificeret i Kystatlas at kysten rykker frem, mens der i nord er beskrevet en moderat trussel om kronisk erosion, [5].

Figur 3.1: : Af Kystdirektoratet estimeret kronisk erosion langs Binderup-Grønninghoved strand, [5].



Tilsvarende er den akutte erosion også vurderet at være lille, hvilket er den mindste klassificering der gives for akut erosion, se Figur 3.2. Dette skyldes det flade profil og relativt korte frie stræk.

Figur 3.2: Af Kystdirektoratet estimeret akut erosion langs Binderup-Grønninghoved strand, [5].



Kystlinieudviklingen ved Binderup og Grønninghoved Strand er analyseret bl.a. ved brug af orthofotos og digitalisering af vandlinien tilbage fra 1954 og med efterfølgende fotos fra 1995, 1999, 2002, 2004, 2008, 2015, 2016 og 2017 (det er kun i de seneste par år, at man er begyndt at udarbejde orthofotos hvert år).

Ved digitalisering af kystlinien ud fra orthofotos er placeringen af kystlinien bestemt af den vandstand og bølgepåvirkning på fotoets fotograferingstidspunkt. Ligeledes er digitaliseringen påvirket af fotoets opløsning, som med tiden er blevet bedre. Derudover besværliggøres digitaliseringen af kystlinien, ved at

- profilet er så fladt, at det ofte er svært at skelne om revlerne er fastvokset på kysten eller ej og dermed på hvilken side af revlen vandlinien er placeret.
- Der til tider ligger store mængder tang i vandlinien og utydeliggør overgangen mellem strand og vand.

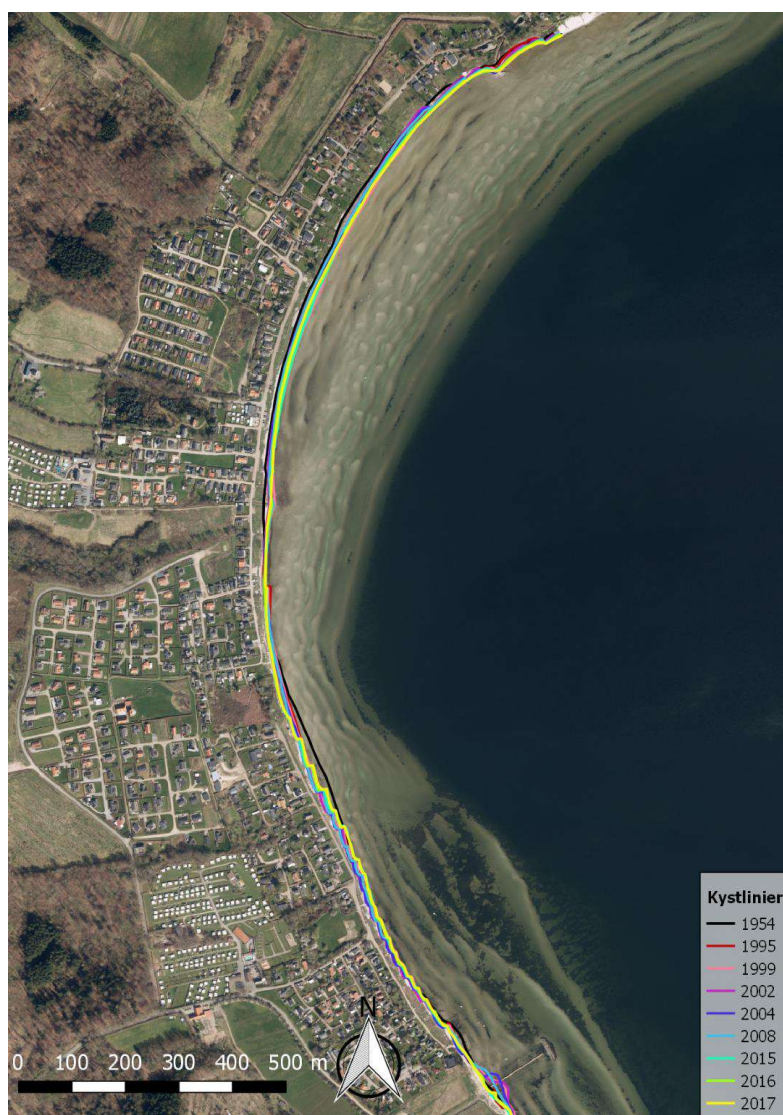
Derfor er der anvendt adskillige profiler omkring samme tidspunkt, således at et gennemsnit af et par efterfølgende år angiver den omtrentlige placering af kystlinien. Således kan man opstille grupperinger for anvendte orthofotos:

- 1954
- 1995-1999
- 2002-2004-2008
- 2015-2016-2018

Generelt viser analysen, at der i perioden mellem 1954 og 1990'erne foregik en erosion i den sydlige del og aflejring i den centrale og nordlige del af projektområdet, Figur 3.3 og Figur 3.5. Formentlig som en konsekvens af dette er der i denne periode etableret et høfdefelt i den sydlige del. Derudover er der ca. 100 m fra kystlinien også bygget en vinklet bølgebryder for at skabe læ for fortøjrede både.

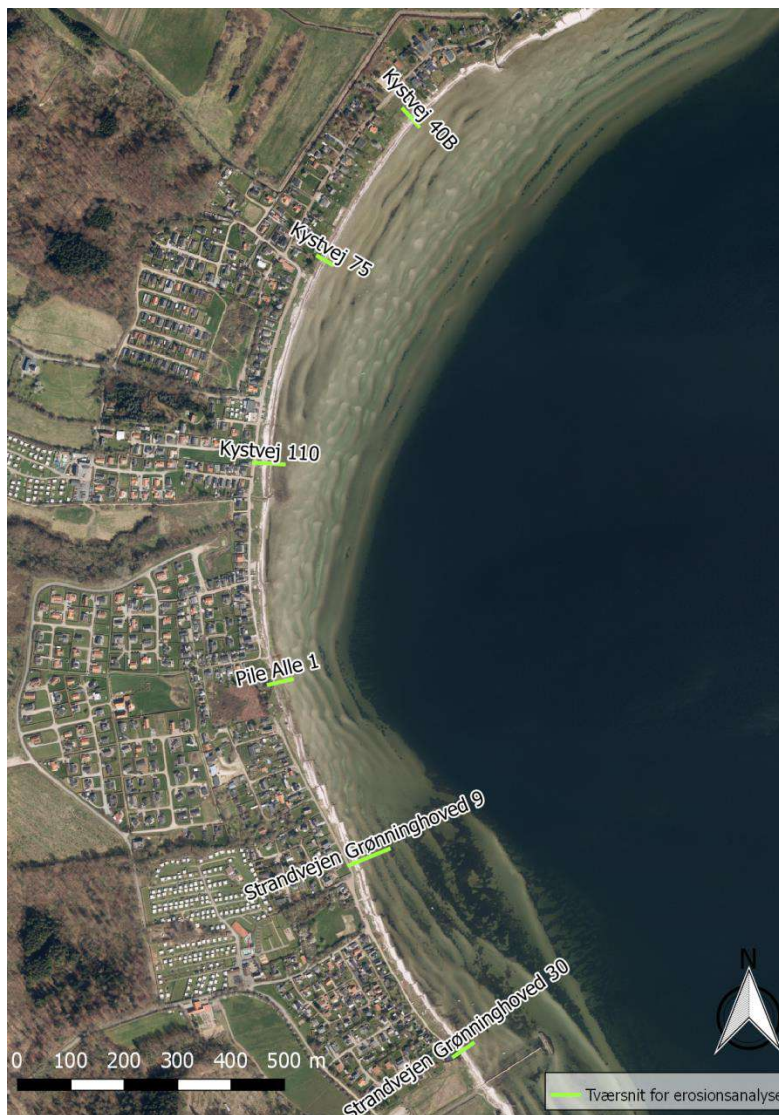
Analysen er ydermere kvantificeret ved 6 lokaliteter fordelt gennem området vist på Figur 3.4.

Figur 3.3: Digitaliserede kystlinier mellem 1954 og 2017. Hvert årstal er tildelt unik farve.



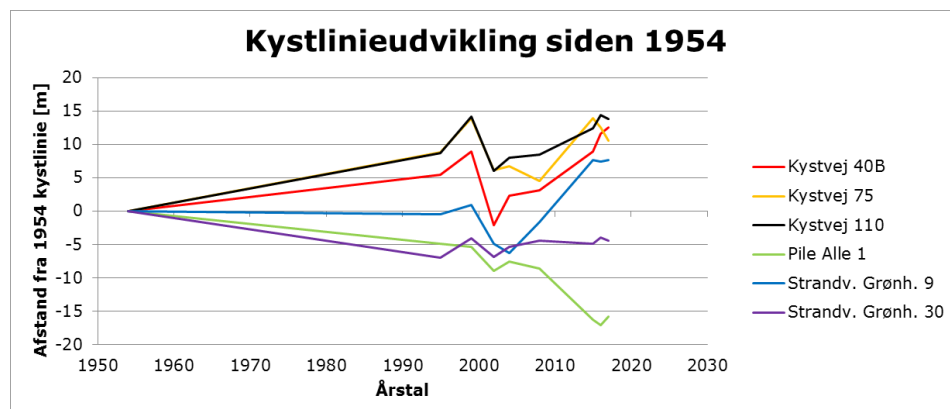
I den efterfølgende periode, i 00'erne, sker der derfor ikke fremrykning, men kun en mindre erosion på den centrale og nordlige strækning. Gennem 00'erne forekommer en mindre fremrykning i høfdelfeltet i den sydlige del. Denne fremrykning fortsætter endnu men med erosion umiddelbart nedstrøms. På den resterende strækning forekommer kystfremrykning.

Figur 3.4: Lokalteter for erosions- og kystlinie analyse.



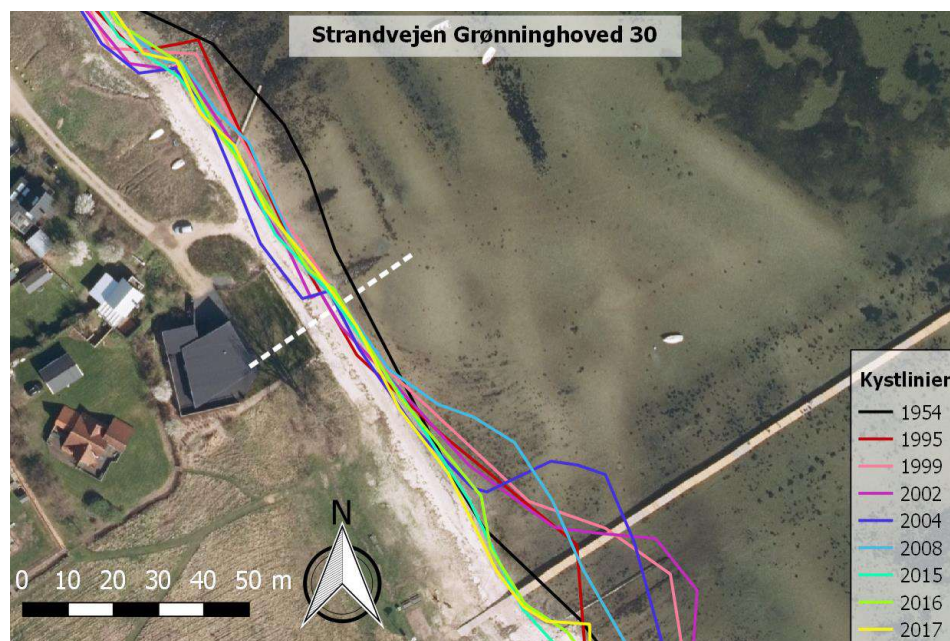
Afstanden fra et bestemt punkt til hvert årstals kystlinie er opmålt i GIS og refereret tilbage til kystliniens placering i 1954 (tidligste foto), Figur 3.5.

Figur 3.5: Kystlinieudvikling siden 1954.



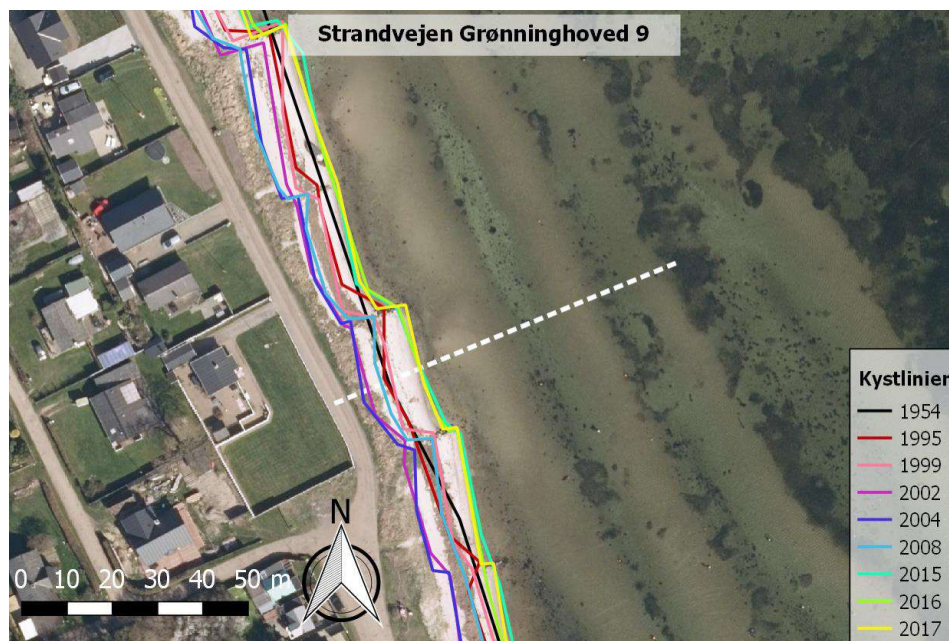
Af denne analyse ses det, at bølgebryderen i syd skaber en ustabil kystlinie bag bølgebryderen med frem- og tilbagerykning af kystlinien gennem mange år. Dette ser dog ud til efterhånden at være stabiliseret, Figur 3.6. Det er yderst sandsynligt, at denne konstruktion har skabt læ for bølgeenergien bag konstruktionen, hvormed der er forekommet en kystfremrykning lige bag den, men samtidig erosion længere nedstrøms, dvs. i nordlig retning.

Figur 3.6: Kystlinier mellem 1954 og 2017, omkring bølgebryder



I hofdefeltet i den sydlige del ser der ud til at være fremrykning af kysten i dag (i 10'erne), til forskel fra tidligere, Figur 3.7. Dette kan være et resultat af, at kysten bag bølgebryderen også er stabiliseret, og kystlinien ikke længere rykker frem her.

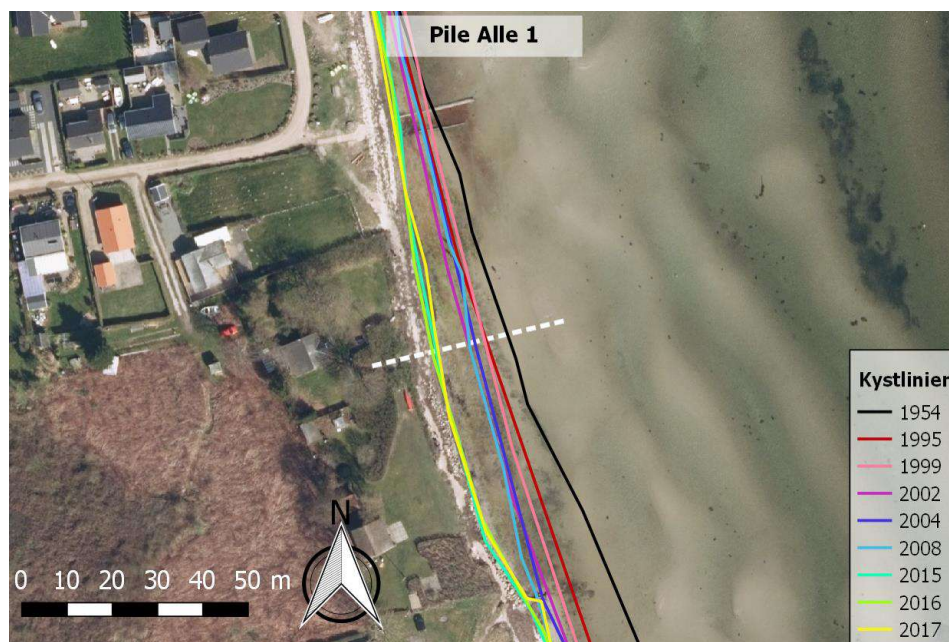
Figur 3.7: Kystlinier mellem 1954 og 2017, nord for bølgebryder.



I hofdefeltet nord for bølgebryderen er der forekommet først en mindre erosion og siden hen en stor aflejring af sediment.

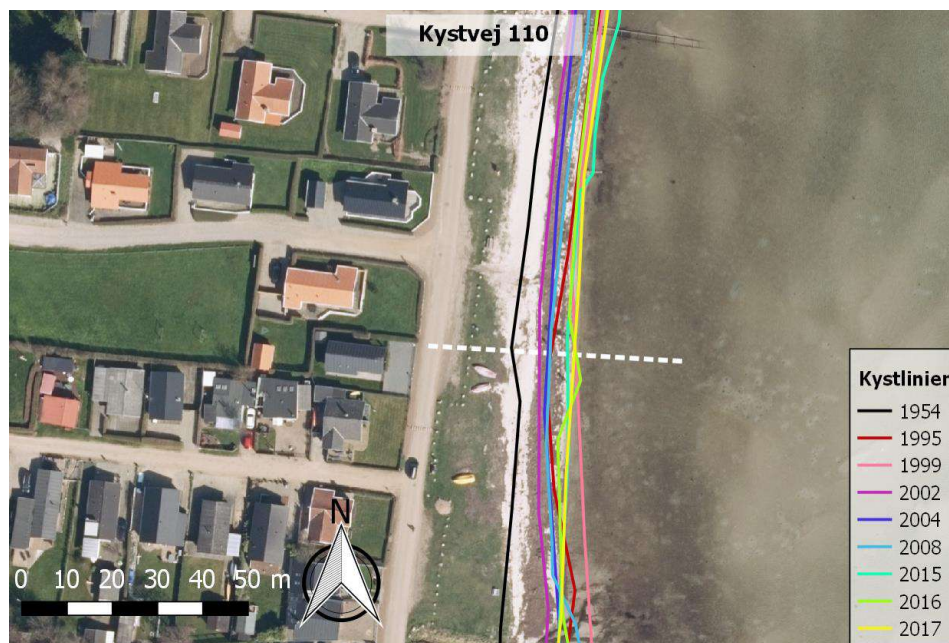
Ud for den mere centrale del af Mosvig Bugt, ved Pile Alle lige nord for højdefeltet, ses læsideerosionen, der dog i dag ser ud til at være stabiliseret, Figur 3.8.

Figur 3.8: Kystlinier mellem 1954 og 2017, central del af Mosvig.

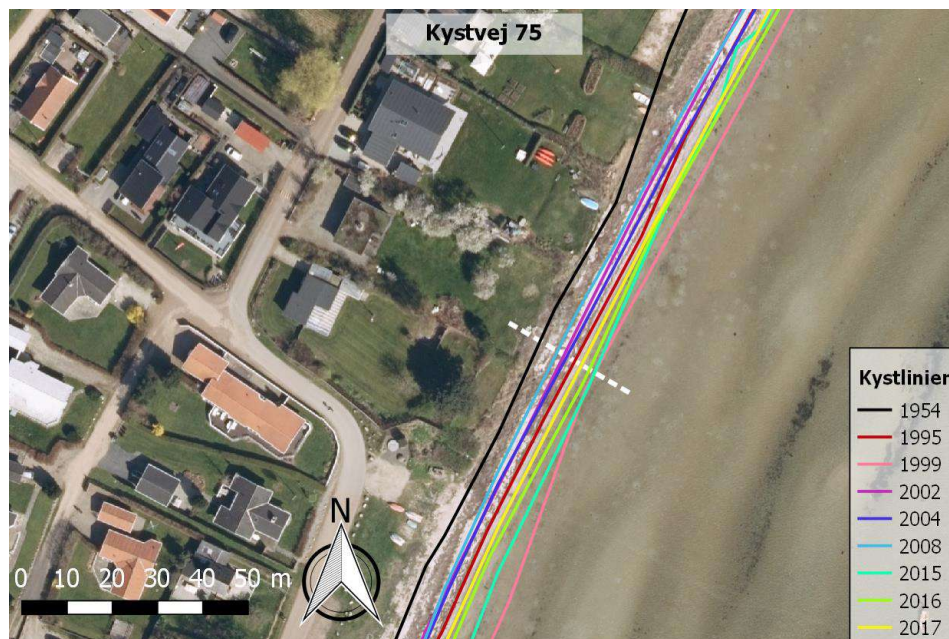


På den centrale og nordlige del af kyststrækningen ses en generel kystfremrykning, som dog har været lidt fluktuerende ved den nordligste lokalitet, Figur 3.9 - Figur 3.11.

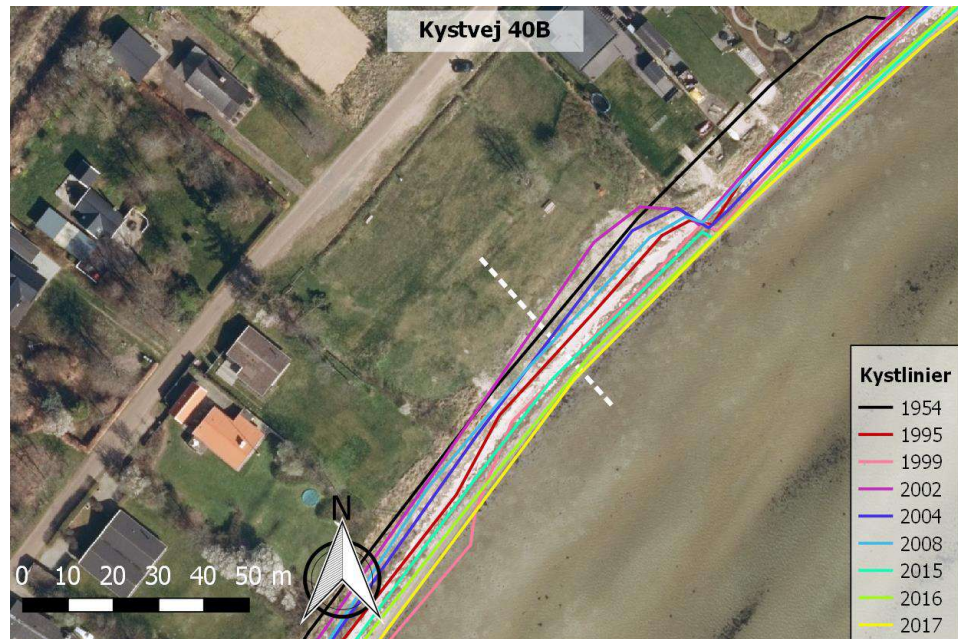
Figur 3.9: Kystlinier mellem 1954 og 2017, central og nordlig del.



Figur 3.10: Kystlinier mellem 1954 og 2017, nordlig del.



Figur 3.11: Kystlinier mellem 1954 og 2017, nordligste del.



4 Oversvømmelser fra bagvand

4.1 Vandløb og kilder

Som et led i at højvands sikre kysten langs Binderup- og Grønninghoved Strand, skal der gennemføres foranstaltninger i og omkring vandløbene, således man sikrer fortsat afledning af vandet fra oplandet ved stormflod og evt. i forbindelse med ekstreme regnhændelser. En højvandskonstruktion vil påvirke vandløbenes udløb til Mosbæk Vig.

Indenfor projektafgrænsningen af Binderup- og Grønninghoved Strand løber i alt 4 vandløb ud i Lillebælt. Vandløbssystemerne er en del af hovedvandområde 1.11 Lillebælt.

Nedenstående er en gennemgang af vandløbene og hvilke bindinger der umiddelbart gør sig gældende for de enkelte vandløb. Der redegøres for oplandsstørrelser og vandføringsscenarier, svarende til en 5, 10, 20 og 100 års hændelse. Endeligt findes det vandvolumen, som forventes at afstrømme i forbindelse med hændelsesperioderne.

Beregnete vandføringer giver anledning til en vurdering af kapaciteten af udpegede områder til parkering af oplandsvand.

Størrelsen af de topografiske oplande til vandløbene er bestemt ved hjælp af vandoplandsværktøjet i SCALGO Live. Til bestemmelse af vandføring og karakteristiske afstrømninger er anvendt GEUS værktøj Vand Web, som indeholder vandføringsdata for en stor del af Danmarks vandløbssystemer. Datas oprindelse er fra målestationer anvendt i det nationale overvågningsprogram NOVANA, samt hydro-metristationer som driftes af de enkelte kommuner.

4.1.1 Vandløb

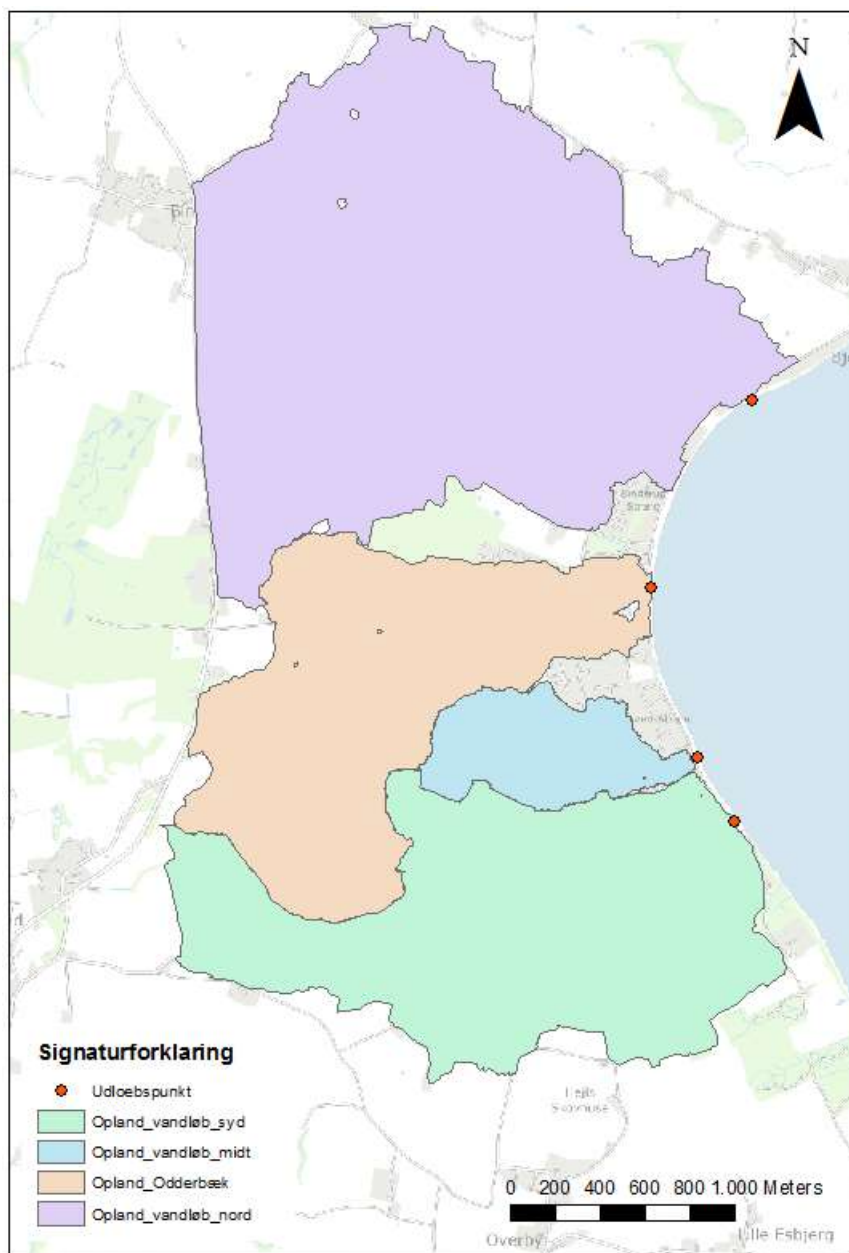
I det følgende beskrives fire vandløbsoplande i projektområdet, jf. kortet på Figur 4.1.

Nord: Vandløb langs landvindingsområde, herefter kaldet "Vandløb nord". Vandløbet er omfattet naturbeskyttelseslovens §3 samt af nationale vandområdeplaner og er målsat til god økologisk tilstand. Vandløbets nuværende samlede tilstand er vurderet til god økologisk tilstand (Smådyr: ukendt, fisk: god, makrofyter: ukendt). Vandløbet har et opland på i alt 4,08 km² og løber inden udløb i et kanaliseret forløb langs kanten af et større landvindingsområde. Oplandet er bestående af hhv. et mindre skovområde samt landbrugsarealer. Vandløbet har i dag frit udløb i Lillebælt dog med stormflodslukke. Vandløbet er karakteriseret som privat og der findes derfor ikke et regulativ, som beskriver dimensioner og driftsforanstaltninger mm.

Midt1: Oddebæk. Vandløbet er omfattet af naturbeskyttelseslovens §3 samt af nationale vandområdeplaner og er målsat til god økologisk tilstand. Vandløbets nuværende samlede tilstand er på de to øverste delstrækninger hhv. høj- (smådyr: høj, fisk: høj, makrofyter: ukendt) og dårlig økologisk tilstand (smådyr: ukendt, fisk: dårlig, makrofyter: ukendt). Den nederste strækning er vurderet til høj økologisk tilstand (smådyr: høj, fisk: høj, makrofyter: ukendt). Vandløbet har et opland på i alt 1,82 km² og består hovedsagligt af landbrugsarealer og en mindre del skovområde. Vandløbet har i dag nedstrøms Kystvej frit udløb i Lillebælt. Vandløbet er karakteriseret som privat og der findes derfor ikke et regulativ, som beskriver dimensioner og driftsforanstaltninger mm.

Midt2: Vandløb der krydser Fuglsangvej, herefter kaldet "Vandløb midt" . Vandløbet er hverken omfattet af naturbeskyttelsesloven eller af vandområdeplaner. Vandløbet har et opland på i alt 0,45 km², bestående primært af skov og delvist bebygget område. Vandløbet formodes at løbe i rørføring ca. 275 meter fra kysten. Vandløbet er karakteriseret som privat og der findes derfor ikke et regulativ, som beskriver dimensioner og driftsforanstaltninger mm.

Syd: Vandløb der krydser Fredskovvej, herefter kaldet "Vandløb syd" Vandløbet er omfattet af naturbeskyttelseslovens §3 samt af nationale vandområdeplaner og er målsat til god økologisk tilstand. Vandløbets nuværende samlede tilstand er vurderet til ukendt tilstand. Vandløbet har et opland på i alt 2,28 km², bestående primært af landbrugsarealer og delvist skovområde. Umiddelbart har oplandet to udløb, hvoraf vandløb syd er det ene. Oplandet til vandløbet må derfor antages i praksis at være mindre end det beregnede. Vandløbet løber i rørføring ca. 25 meter fra kysten. Vandløbet er karakteriseret som privat og der findes derfor ikke et regulativ, som beskriver dimensioner og driftsforanstaltninger mm.



Figur 4.1: Vandløbsoplande indenfor projektområdet.

4.1.2 Anvendt data

Der eksisterer ikke i dag vandføringsmålinger for de fire vandløb. Der er derfor hentet vandføringsdata fra en vandløbsstation i det nærliggende Solkær Å (station 37.08), der anvendes som referencevandløb til bestemmelse af den arealspecifikke vandføring, idet afstrømningsdata er sammenligneligt med de fire vandløb, hvad angår oplandstype, jordbund (lerjord/sandblandet lerjord) og nedbørsmængder. Oplandet til vandløbsstationen på 29 km² er dog noget større end en oplandene til de fire vandløb. Vandføringsdata er opgjort som en døgnmiddel vandføring. Der anvendes således et dataset, som i nogen grad vil være underdimensioneret i forhold til den arealspecifikke afstrømning, grundet længere opholdstid i oplandet og dermed også en større grad af nedsivning.

Vandføringer er opgjort på baggrund af vandføringsdata for perioden 1979-2016, svarende til 38 år. Dette anses som værende tilstrækkeligt til at beregne valide karakteristiske afstrømninger.

I kraft af ovenstående understreges de usikkerheder, som relaterer sig til at anvende målte vandføringsdata fra referencevandløb. Anvendte data må dog anses som værende bedste bud.

4.1.3 Vandføring og hændelsesscenarier

Der er udført en ekstremværdianalyse på årsmaksimumsvandføringerne efter en Gumbel-fordeling, og de karakteristiske døgnmiddelvandføringer for hhv. en 5, 10, 20 og 100 års hændelse er listet i Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Karakteristiske døgnmiddelvandføringer for Solkær Å, Møllebro (station 37.08) med en oplandsstørrelse på 29 km².

Gentagelsesperiode, år	Vandføring l/s	Karakteristisk vandføring, l/s/km ²
5	3844	133
10	4525	156
20	5179	179
100	6660	230

Til sammenligning er der ligeledes foretaget en ekstremværdianalyse for beregnede vandføringer for et tilløb til Solkær Å, som har et oplandsstørrelse på 2,33 km², der minder om de fire vandløb. De karakteristiske vandføringer er opgjort på baggrund af en beregning af vandføringen for perioden 1990-2016, svarende til 27 år, Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Karakteristiske døgnmiddelvandføringer for et tilløb til Solkær Å med en oplandsstørrelse på 2,33 km². Beregningen bygger på beregnede værdier for vandføringen fra DK-modellen.

Gentagelsesperiode, år	Vandføring l/s	Karakteristisk vandføring, l/s/km ²
5	444	190
10	538	231
20	628	270
100	832	357

De karakteristiske vandføringer for tilløbet til Solkær Å som bygger på beregnede vandføringer ligger 40-55% over værdier bestemt ud fra målinger. Trods forskellen i oplandsstørrelse vurderes det, at anvendelse af målte værdier giver et mere validdt grundlag til beregning af de karakteristiske vandføringer. I det nedenstående anvendes derfor de karakteristiske døgnmiddelvandføringer angivet i Tabel 4.1, som baggrund for beregning af vandføring og vandvolumen for de fire vandløb.

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 4.3 er de karakteristiske vandføringer skaleret med oplandsstørrelsen for de fire vandløb og i Tabel 4.4 er dette omregnet til et volumen inden for en 24 timers periode.

Som tidligere nævnt har det sydligste opland reelt to udløb, hvorfor beregnede vandføringer for vandløb syd må anses for at være overdimensionerede.

Tabel 4.3: Døgnmiddelvandføring for forskellige hændelser. Vandføringen i Vandløb Syd angiver den samlede vandføring i de to løb i oplandet

Vandløb	Opland (km ²)	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
Oddebæk	1,82	241	284	325	418
Vandløb midt	0,45	60	70	80	103
Vandløb syd	2,28	302	356	407	524

Tabel 4.4: Samlet estimeret vandvolumen ved udløb i Lillebælt af de enkelte hændelser for en 24 timers periode.

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

Analysen af de karakteristiske vandføringer bygger som beskrevet på døgnmiddelvandføringer. Skalering af vandføring fra en 24 timers hændelse til f.eks. en 12 timers og især til en ½ time hændelse er meget områdespecifikt og afhænger bl.a. at oplandets størrelse, jordbund og topografien. Foretages en sammenligning mellem en regnhændelse af varighed på hhv. ½ time, 12 timers med en 24 timers

hændelse ses, at en regndybden indenfor en 12 timers hændelse svarer til 84-88% af vanddybden for en 24 timers hændelse, Tabel 4.5, og en ½ times hændelse svarer til 36-42% af vanddybden for en 24 timers hændelse afhængig af gentagelsesperioden Tabel 4.6.

Dette kan dog ikke 1:1 overføres til vandløbsafstrømning, idet der er en opholdstid i vandløbet og oplandet. Med så små oplande som der her er tale om, kan dette antages som en tilnærmelse på et bedste bud på volumenerne for en 12 timers periode, hvorimod der foretages en overestimering for en ½ times hændelse, idet transporttiden i oplandet til kysten er større end en ½ time.

Tabel 4.5: Samlet estimeret vandvolumen ved udløb i Lillebælt af de enkelte hændelser for en 12 timers periode. Skaleret i forhold til værdierne i Tabel 4.4 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 ²)	Vandvolumen ved en 5 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 10 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 20 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 100 års hændelse (1000 m ³)
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

Tabel 4.6: Samlet estimeret vandvolumen ved udløb i Lillebælt af de enkelte hændelser for en ½ times periode. Værdierne er skaleret i forhold til værdierne i Tabel 4.4 med en faktor på hhv. 0,36, 0,37, 0,38 og 0,42 for 5, 10, 20 og 100 års hændelse.

Vandløb	Opland (km ²)	Vandvolumen ved en 5 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 10 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 20 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 100 års hændelse (1000 m ³)
Vandløb nord	4,08	17	20	24	34
Odderbæk	1,82	7	9	11	15
Vandløb midt	0,45	2	2	3	4
Vandløb syd	2,28	9	11	14	19

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 forudsigtelse af det fremtidige klima. Til vurdering af volumenerne fra de fire oplande anvendes derfor samme klimafaktorer, som er anvendt for nedbør. Resultaterne for volumenerne ved en 24 timers-, 12 timers- samt ½ times hændelsen i nær (2050) er listet i nedenstående tabeller.

Tabel 4.7: Samlet estimeret vandvolumen ved udløb i Lillebælt af de enkelte hændelser for en 24 timers periode i nær fremtid (år 2050) med anvendelse af klimafaktor 1,15.

Vandløb	Opland (km ²)	Vandvolumen ved en 5 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 10 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 20 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 100 års hændelse (1000 m ³)
Vandløb nord	4,08	54	63	72	93
Odderbæk	1,82	24	28	32	42
Vandløb midt	0,45	6	7	8	10
Vandløb syd	2,28	30	35	40	52

Tabel 4.8: 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 ²)	Vandvolumen ved en 5 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 10 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 20 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 100 års hændelse (1000 m ³)
Vandløb nord	4,08	45	54	62	82
Odderbæk	1,82	20	24	28	37
Vandløb midt	0,45	5	6	7	9
Vandløb syd	2,28	25	30	35	46

Tabel 4.9: Samlet estimeret vandvolumen ved udløb i Lillebælt af de enkelte hændelser for en ½ times periode i nær fremtid (år 2050) med anvendelse af klimafaktor 1,15.

Vandløb	Opland (km ²)	Vandvolumen ved en 5 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 10 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 20 års hændelse (1000 m ³)	Vandvolumen ved en 100 års hændelse (1000 m ³)
Vandløb nord	4,08	19	23	28	39
Odderbæk	1,82	9	10	12	17
Vandløb midt	0,45	2	3	3	4
Vandløb syd	2,28	11	13	16	22

4.2 Oversvømmelser fra nedbør

Indenfor projektområdet er der foretaget en screening af risikoen for oversvømmelser forårsaget af nedbør. Herudover er strømningsveje på terræn fastlagt.

Oversvømmelsesrisikoen er vurderet ved at foretage en bluespotsanalyse, hvor lavninger indenfor projektområdet er identificeret. Disse lavninger vil under større regnhændelser fyldes op, hvormed området oversvømmes. De identificerede strømningsveje viser blandt andet, hvordan vandet strømmer på terræn frem mod disse lavninger.

I den nuværende situation har flere af hovedstrømningsvejene i området forbindelse til havet. Der findes et stort bluespot i den nordlige del af projektområdet (Vindemosen) samt et større bluespot i den sydlige del af projektområdet. Herudover vil flere af de kystnære matrikler oversvømmes ved større regnhændelser. I figuren nedenfor er oversvømmelser samt strømningsveje ved en fremtidig 5-års hændelse (år 2050) af 12 timers varighed vist. Figuren viser alle områder, hvor der vil stå vand under regnhændelsen og indikerer således ikke specifikke vanddybder.

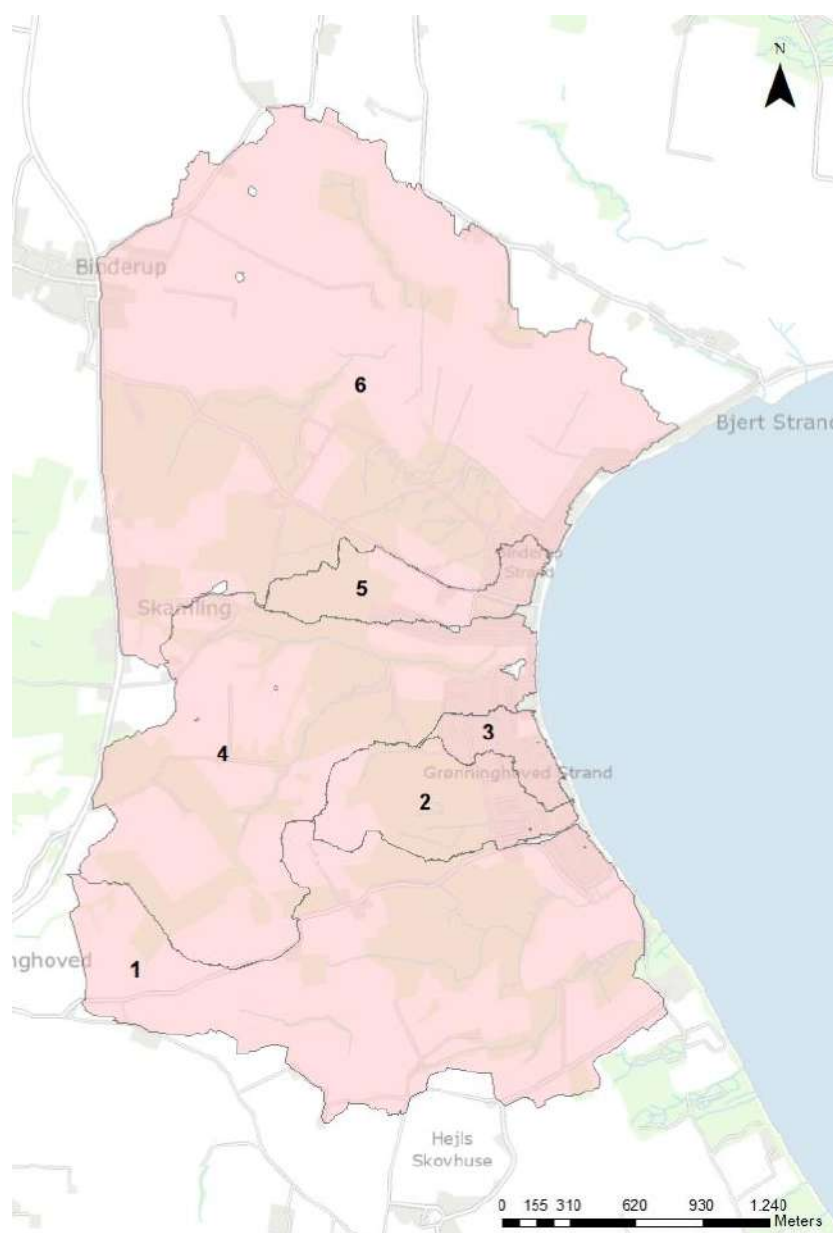
Figur 4.2: Oversvømmelser samt strømningsveje ved en fremtidig 5-års hændelse af 12 timers varighed (2050). Figuren viser kun strømningsveje med et opland på minimum 1 ha.



Indenfor projektområdet findes seks større vandoplande. Fire af disse oplande er vandløbsoplande, mens de resterende to oplande i større eller mindre grad er karakteriseret af bymæssig afstrømning. Oplandene har forskellige afstrømningskarakteristika, idet afstrømning fra vandløbsoplandene vil være karakteriseret ved større forsinkelse sammenlignet med afstrømning fra oplande af mere bymæssig karakter.

Afstrømningen vil derudover afhænge af terrænforhold, befæstelsesgrader, hældninger etc., og de enkelte vandoplande vil derfor have forskellige karakteristika. For en uddybning af vandløbsoplandene henvises til Afsnit 4.1. 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 4.3: Større vandoplande indenfor projektområdet. Opland 1, 2, 4 og 6 er vandløbsoplande, mens opland 3 og 5 karakteriseres ved mere bymæssig afstrømning.



For vandopland 3 og 5 er det fastlagt, hvor store vandmængder, der generes i de to oplande under forskellige regnhændelser. Vandmængderne er fastsat for en 5-års hændelse, en 10-års hændelse, en 20-års hændelse og en 100-års hændelse af henholdsvis 0,5 time og 12 timers varighed i såvel det nuværende klima samt i den nære fremtidige situation (år 2050). Til fastlæggelse af den nære fremtidige situation er der anvendt en klimafaktor på 1,15, der er estimeret på baggrund af Skrift 31 fra Spildevandskomitéen. I den fjerne fremtid (år 2100) vil regndybderne og dermed de generede vandmængder være cirka 12% større end regndybder og vandmængder i den nære fremtid (år 2050). I nærværende rapport gengives udelukkende resultaterne for den nære fremtid. Det bemærkes, at fremskrivningen af regndybder er behæftet med flere usikkerheder, hvorfor vandmængder angivet i nærværende rapport kan udvikle sig anderledes end forudsat.

De generede vandmængder for oplandene er fastlagt på baggrund af regndybderne angivet i tabellen nedenfor.

Tabel 4.10: Fastlagte regndybder for forskellige gentagelsesperioder og tidshorisonter. Regndybderne er bestemt baseret på Spildevandskomitéens Regneark. Den fremtidige vandmængde i 2050 er fastlagt ved en klimafaktor på 1,15.

Gentagelsesperiode [år]	Varighed [timer]	Nuværende situation [mm]	Fremtidig situation 2050 [mm]
5	0,5	17	19
	12	40	46
10	0,5	20	23
	12	46	53
20	0,5	24	28
	12	54	62
100	0,5	35	40
	12	73	85

På baggrund af ovenstående regndybder er det fastlagt, hvor store vandmængder der generes i de to vandoplande under forskellige regnhændelser og regnvarigheder. Resultatet er angivet i tabellerne nedenfor, hvor de generede vandvolumener for en regnhændelse i det nuværende klima er angivet.

Tabel 4.11: Generede regnvandsmængder ved forskellige gentagelsesperioder for en regnvarighed på 12 timer i det nuværende klima

Opland	Areal [km ²]	Vandvolumen ved 5-års hændelse [1000 m ³]	Vandvolumen ved 10-års hændelse [1000 m³]	Vandvolumen ved 20-års hændelse [1000 m ³]	Vandvolumen ved 100-års hændelse [1000 m ³]
3	0,14	6	7	8	10
5	0,31	12	14	17	23

Tabel 4.12: Generede regnvandsmængder ved forskellige gentagelsesperioder for en regnvarighed på 0,5 time i det nuværende klima

Opland	Areal [km ²]	Vandvolumen ved 5-års hændelse [1000 m ³]	Vandvolumen ved 10-års hændelse [1000 m ³]	Vandvolumen ved 20-års hændelse [1000 m ³]	Vandvolumen ved 100-års hændelse [1000 m ³]
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 4.13: Generede regnvandsmængder ved forskellige gentagelsesperioder for en regnvarighed på 12 timer i 2050

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

Tabel 4.14: Generede regnvandsmængder ved forskellige gentagelsesperioder for en regnvarighed på 0,5 time i 2050

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

I situationer, hvor der ikke er stormflod, anbefales det, at området sikres for vandmængder svarende til en gentagelsesperiode på 10 år. Dette begrundes med relativ ringe sandsynlighed for at endnu større regnhændelser optræder samtidigt med stormflod. Hvis det antages, at afløbssystemet og jordmatricen i området kan håndtere en vandmængde svarende til en 5-års hændelse i det nuværende klima, er det fastlagt, hvor store vandmængder, der skal håndteres for hvert vandopland ved en 10-års hændelse. Det skal bemærkes, at denne fremgangsmåde ikke tager højde for afstrømningstider etc. i oplandet.

Tabel 4.15: Vandmængder der skal håndteres for de forskellige oplande ved en 10-års hændelse under antagelse af, at kloaksystem og jordmatrix kan tilbageholde vandmængder svarende til nutidig 5-års hændelse (12 timer)

Opland	Areal [km ²]	T=10 (0,5 time)	T=10 (0,5 time)	T=10 (12 timer)	T=10 (12 timer)
		Nu [1000 m ³]	2050 [1000 m ³]	Nu [1000 m ³]	2050 [1000 m ³]
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

Indenfor projektområdet er der foretaget en screening af risikoen for oversvømmelse forårsaget af grundvand inde i sommerhusområderne og langs kyststrækningen.

Screeningen er foretaget ved at opstille en lokal grundvandsmodel. Modellen tager udgangspunkt i den eksisterende stationær model for grundvandskortlægningsområdet Christiansfeld og Bramstrup fra 2014. Kortlægningsmodellen er en regional model opsat i 100 x 100 m grid. Der er ud fra den eksisterende model udarbejdet en lokalmodel i 25 x 25 m grid, som er forbedret med yderligere pejledata, geologi fra jordartskort i de øverste lag og yderligere vandløb/dræn.

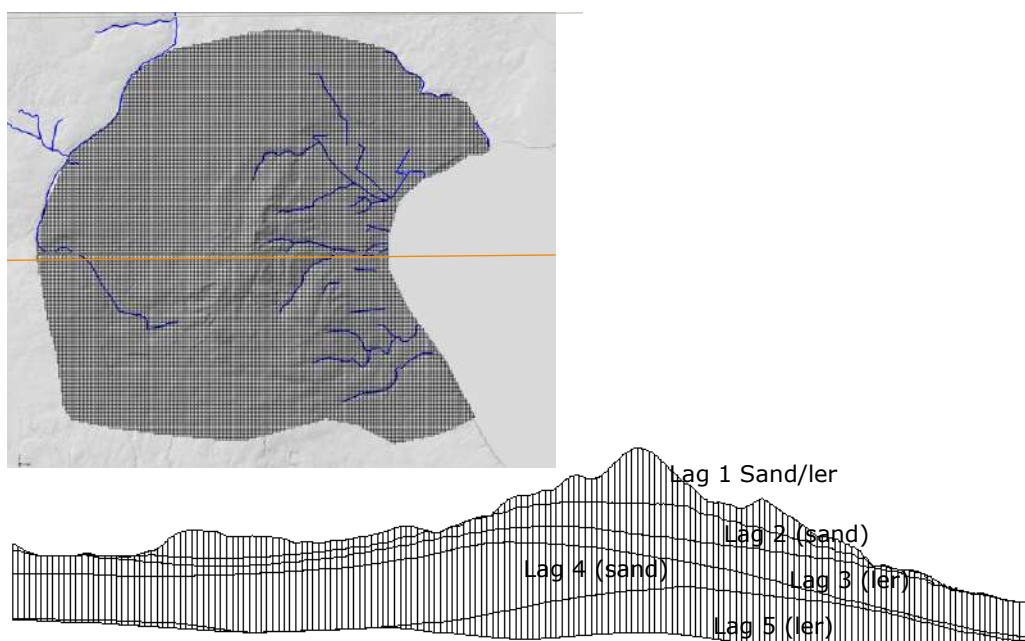
Modellen er opsat med 5 gennemgående lag ud fra den tidligere model med 10 lag, de nederste 5 miocæne geologiske lag er taget ud af modellen. Geologien er gennemgået i Tabel 4.16 og illustreret via et profilsnit gennem modellen i Figur 4.4.

Tabel 4.16: Lag i den hydrologiske model.

Lag i modellen	Hydrostratigrafisk lag	Lithologi
1	Ler 1	Moræneler, smeltevandsler, postglaciale ler samt sandede aflejringer fra jordartskort
2	Kvartært Sand 1	Smeltevandssand- og grus, morænesand, sen- og postglaciale sand
3	Ler 2	Moræneler, smeltevandsler, smeltevands-silt
4	Kvartært Sand 2	Smeltevandssand- og grus, morænesand
5	Ler 3	Moræneler, smeltevandsler, smeltevands-silt

Mægtigheden af de øvre ler og sandlag tynder ud mod kysten mod øst og flere steder er der kun lidt sand ovenpå ler i modellen, hvilket medfører at det kan være

vanskeligt at nedsive vand i området. Da der er gennemgående lag i modellen er der flere steder, hvor sandlaget har en fiktiv mægtighed på 0,1 m, da det er minimum lagtykkelsen i modellen.



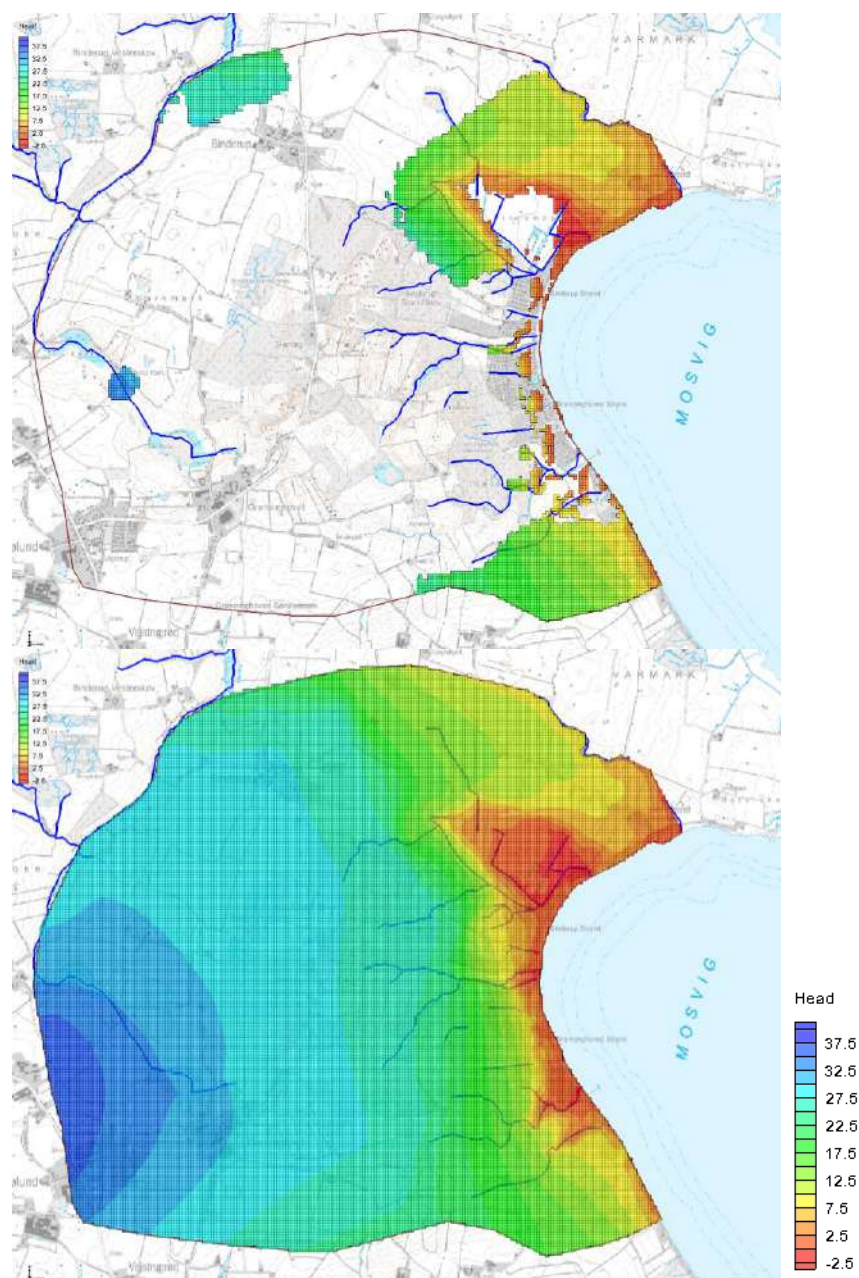
Figur 4.4.: Nederst: Geologisk profilsnit fra vest til øst med lagnum-mer igennem orange profillinje øverst i figuren.

Vandløb og dræn i området er lagt ind som dræn med en bund 1,5 m, således at de trækker vand ud af modellen ved et simuleret vandspejl der når over bunden af drænet/vandløbet.

Det er en stationær model der regner på middelværdier for nedbør, indvinding, vandstand mv.

4.3.1 Nuværende situation

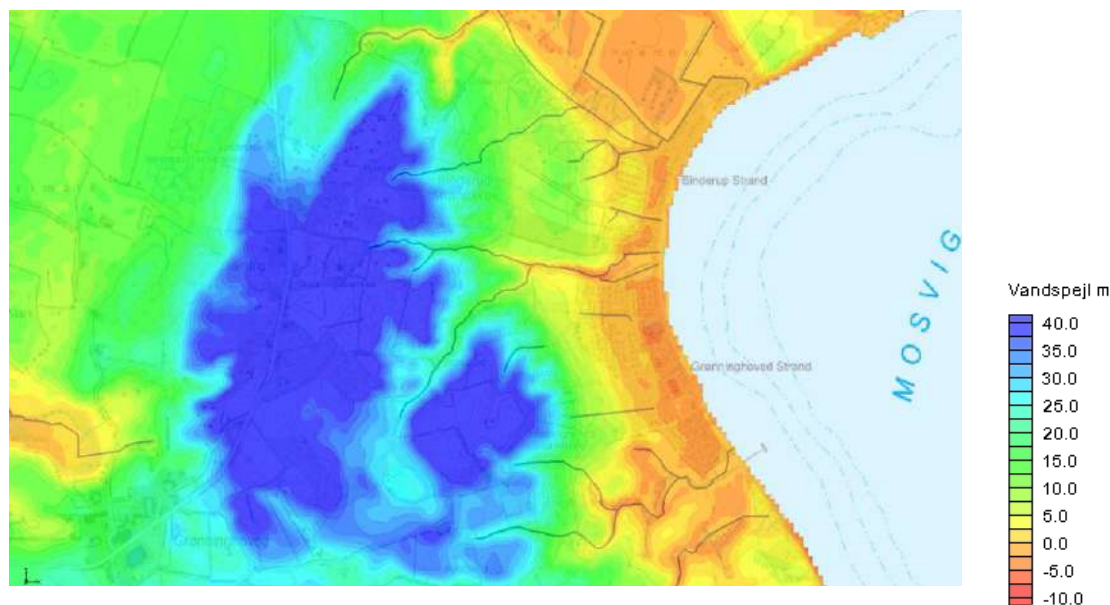
Der er simuleret en middelsituation der svarer til den nuværende situation, hvor der i områder ses vand tæt på terræn og lidt over terræn. Figur 4.5 viser potenti-alekortet for både lag 1 og lag 2. Hvor der ikke er farvelagt er der tørre celler, dvs. her er ikke grundvand i laget.



Figur 4.5.: Potentialekort ved nuværende situation øverst i lag 1 og nederst i lag 2.

Nedbøren i området er i gennemsnit 428 mm/år i modelområdet. Der drænes 0,43 m³/s (13.6 mio. m³/år) ud af vandløbene og overfladedrænene i området. Det skal bemærkes at modellen fjerner alt vand fra vandløb, vådområder og vand på terræn i dræned områder ud af modellen, hvilket er en overestimering af vandmængderne, da en del af vandet vil forblive på terræn nær vandløbene, i vådområder mv.

I Figur 4.6 ses der flere områder langs kysten, i vådområdet og i sommerhusområdet, hvor der ved nuværende situation ses vand på terræn.



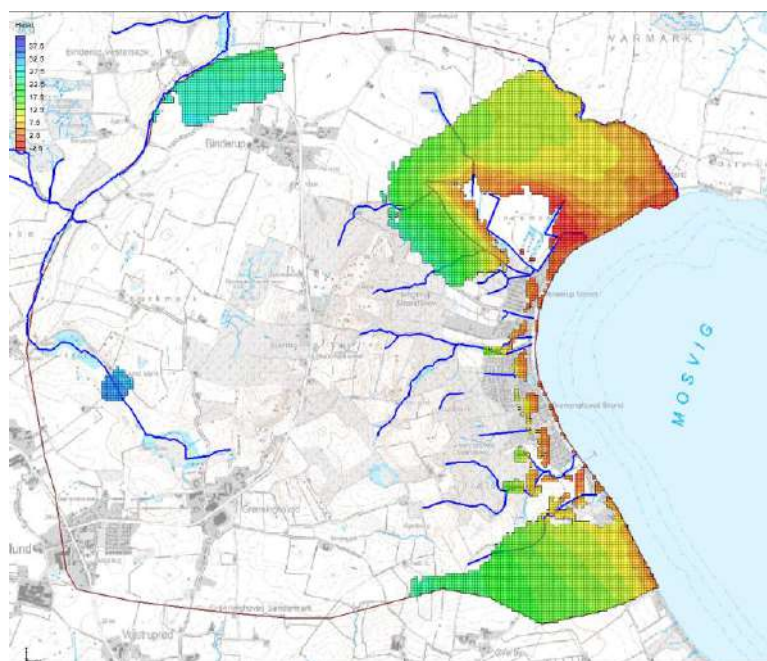
Figur 4.6.: Vandspejlet m.u.t. i lag 2. Positive værdier er vandspejl under terræn og negative værdier er vandspejl over terræn.

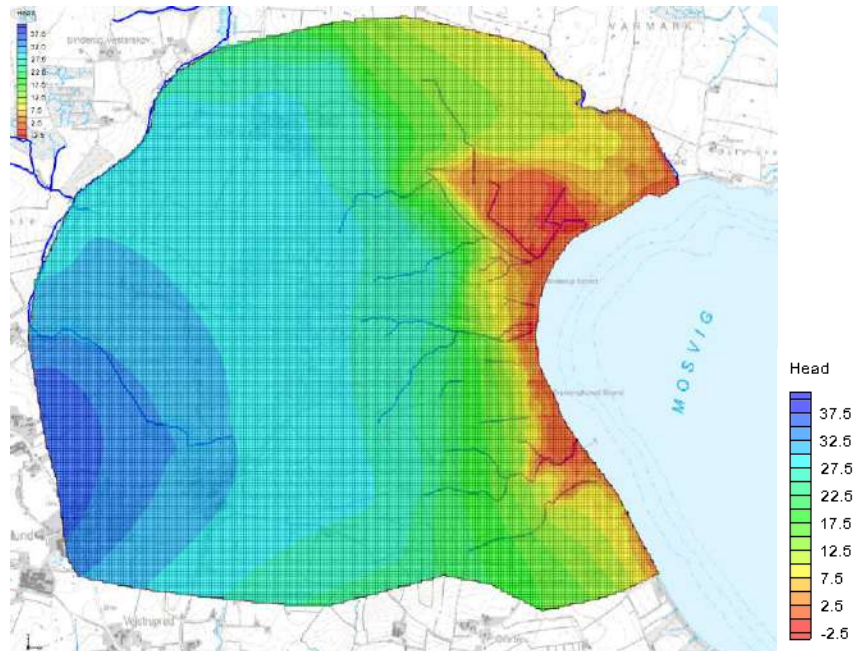
Der er flere områder langs kysten, i vådområdet og i sommerhusområdet hvor der ved nuværende situation ses vand ved terræn eller vand på terræn.

4.3.2 Scenarie 1 – år 2050

Scenarie 1 simulerer en situation i år 2050. Her er simuleret en havvandsstigning på 0,3 m i forhold til år 2000 og en forhøjelse af middelnedbøren med en klimafaktor 1,05.

Figur 4.7 viser potentialekortet for både lag 1 og lag 2. Hvor der ikke er farvelagt er der tørre celler, dvs. her er ikke grundvand i laget.

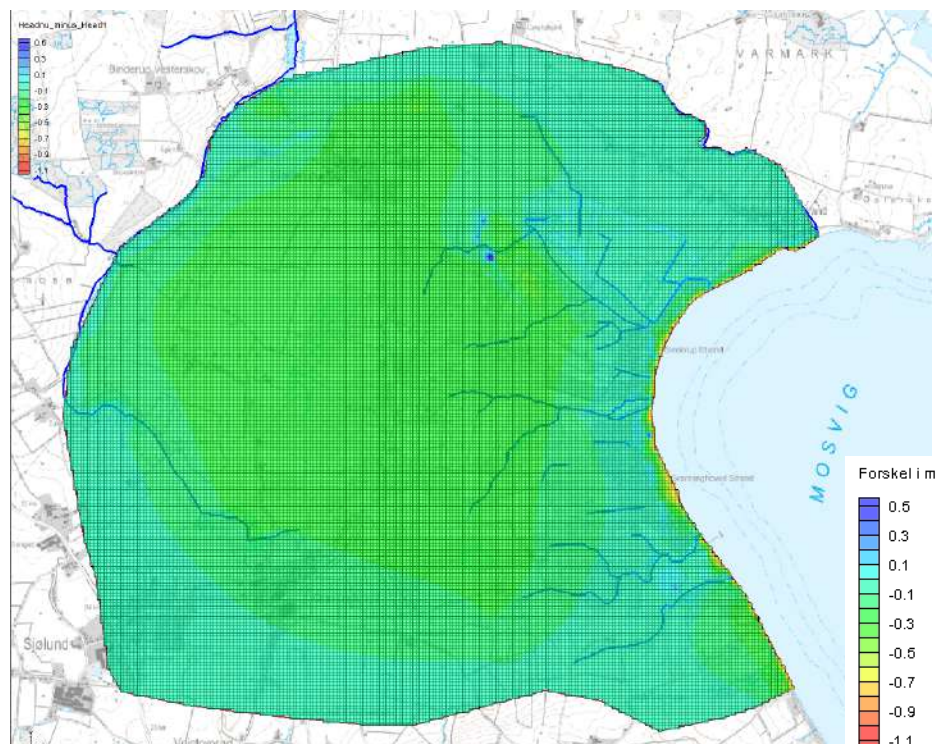




Figur 4.7.: Potentialekort i år 2050 øverst i lag 1 og nederst i lag 2.

Nettonedbøren i området er øget fra 428 til 450 mm/år i gennemsnit i modelområdet. Der drænes 0,57 m³/s (17.9 mio m³/år) ud af vandløbene og overfladedræningene i området. Det skal igen bemærkes at modellen fjerner alt vand fra vandløb, vådområder og vand på terræn i drænedede områder ud af modellen, hvilket er en overestimering af vandmængderne, da en del af vandet vil forblive på terræn nær vandløbene, i vådområder mv.

I Figur 4.8 ses forskellen i vandspejlskoten ved en nuværende situation og i år 2050.

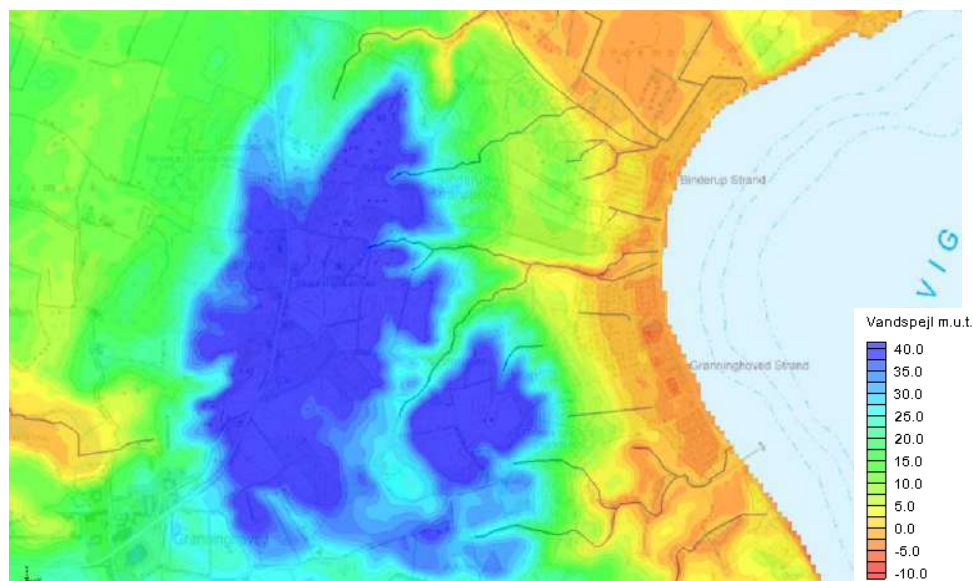


Figur 4.8.: Forskel mellem vandspejlskoten ved nuværende situation og i år 2050.

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.

Der er forhøjet grundvandsstand på op til 0,8 m i modelområdet i 2050. Det er især langs kysten og dermed i dele af sommerhusområdet. Men også centralt i området ses effekter af den øget nettonedbør på op til 0,3 m forøgelse af grundvandsstanden i området.

I Figur 4.9 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.



Figur 4.9.: Vandspejlet m.u.t. i lag 2 i år 2050. Positive værdier er vandspejl under terræn og negative værdier er vandspejl over terræn.

4.4 Oversvømmelsesfarens trussel mod værdier

4.4.1 Bygninger samt veje og anden infrastruktur

Dette afsnit er ikke udført endnu.

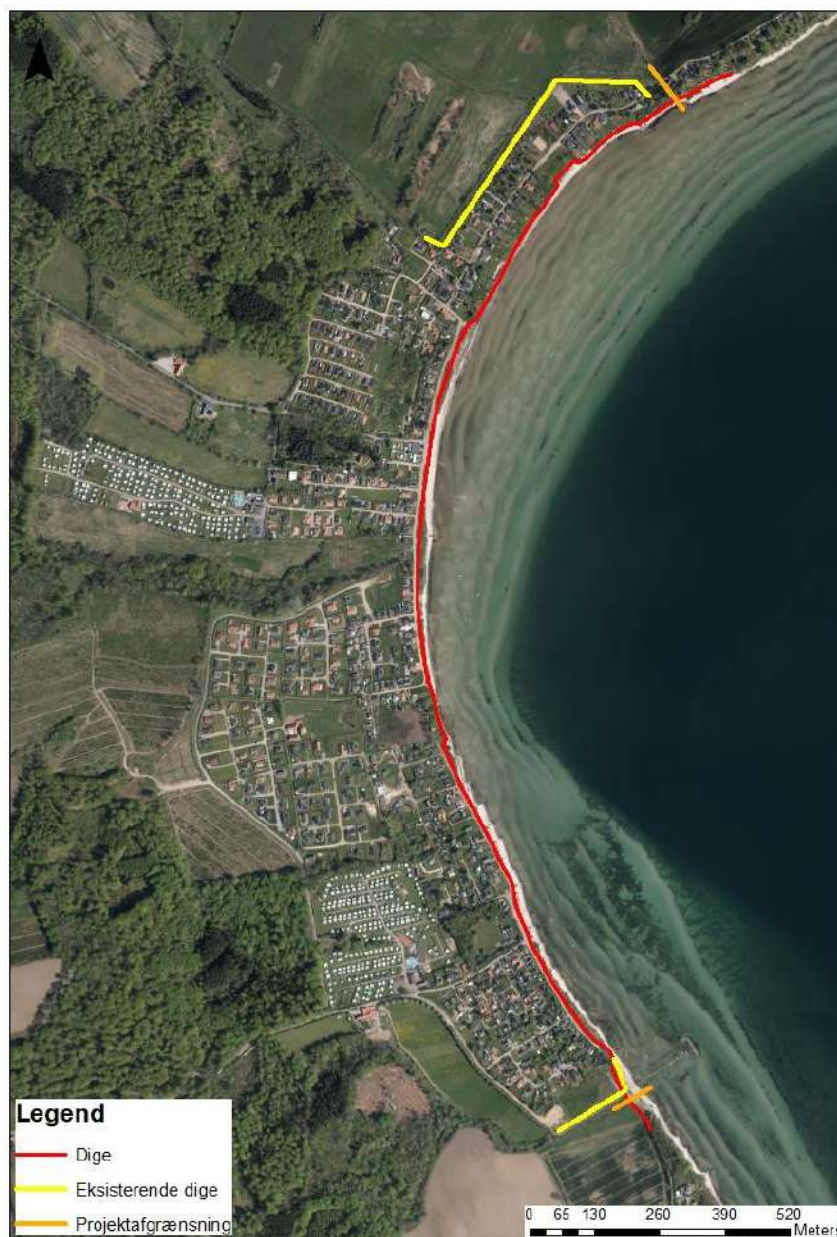
5 Løsningsmuligheder mod stormflod

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

To mulige løsningsmodeller for højvandssikring mod stormflod er opstillet. Begge beror sig på etablering af et langsgående kystparallelt dige på hele strækningen, Figur 5.1. I den ene løsningsmodel udgør dette dige overordnet set hele oversvømmelsessikringen. I den anden løsningsmodel er undersøgt muligheden for at sektionsinddele området med tværdiger, således at oversvømmelse ét sted ikke medfører oversvømmelse i resten af området.

I begge løsningsmodeller foreslås diget, som udgangspunkt, placeret på eksisterende græsareal mellem kysten og eksisterende vej. Digets fod placeres helt op af eksisterende vej, kun adskilt af en grøft, der kan opsamle evt. overskyldt vand. Enkelte steder ligger private matrikler helt ned til kysten. I disse områder foreslås diget placeret foran matriklerne, men diget skal formentlig etableres på privat grund, da der ikke er noget offentligt areal tilgængeligt mellem kyst og matrikler.

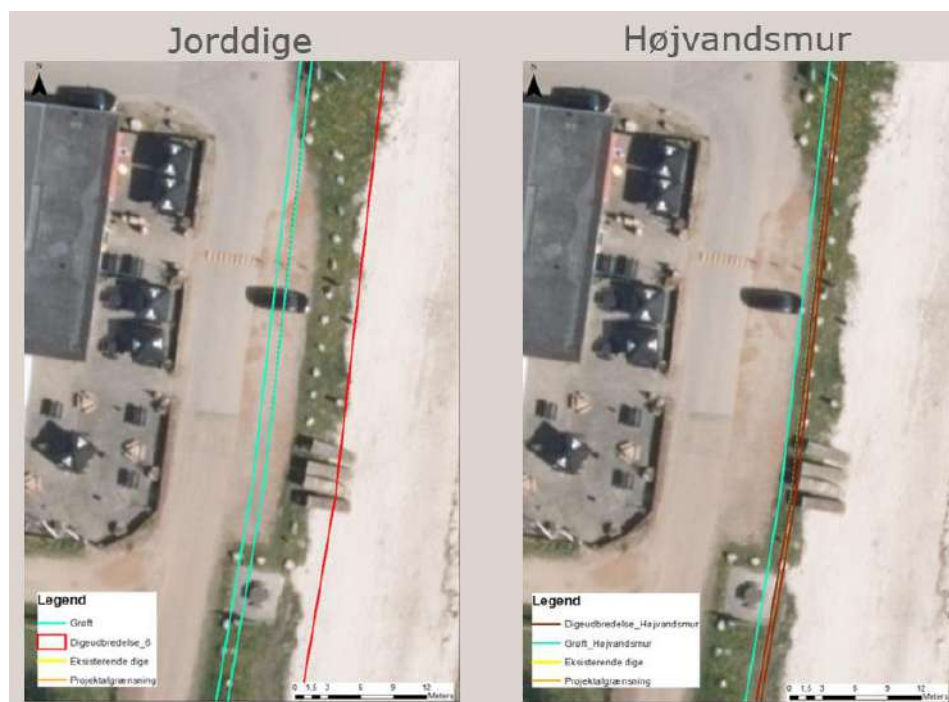
Figur 5.1: Foreslået linieføring for langsgående dige indikeret med rød, mens eksisterende dige er vist med gul. Ortofoto fra forår 2016.



Inden for projektområdet findes allerede to eksisterende diger, Figur 5.1. Diget placeret i den nordlige ende af projektområdet beskytter bagvedliggende landbrugsjord mod oversvømmelse fra vandløbet, mens det sydlige dige beskytter det nærliggende sommerhusområde mod oversvømmelse fra vandløbet.

Der tages udgangspunkt i traditionelle jorddiger, men på strækninger, hvor der ikke er tilstrækkelig plads til etablering af et traditionelt jorddige, kan det være nødvendigt at etablere en lodret højvandsmur som bagkant på diget, se illustration på Figur 5.2. Ved begge løsninger etableres afvandingsmuligheder således at vand fra baglandet kan komme gennem diget både til hverdag og i tilfælde af stormfloder, se senere beskrivelse af dette.

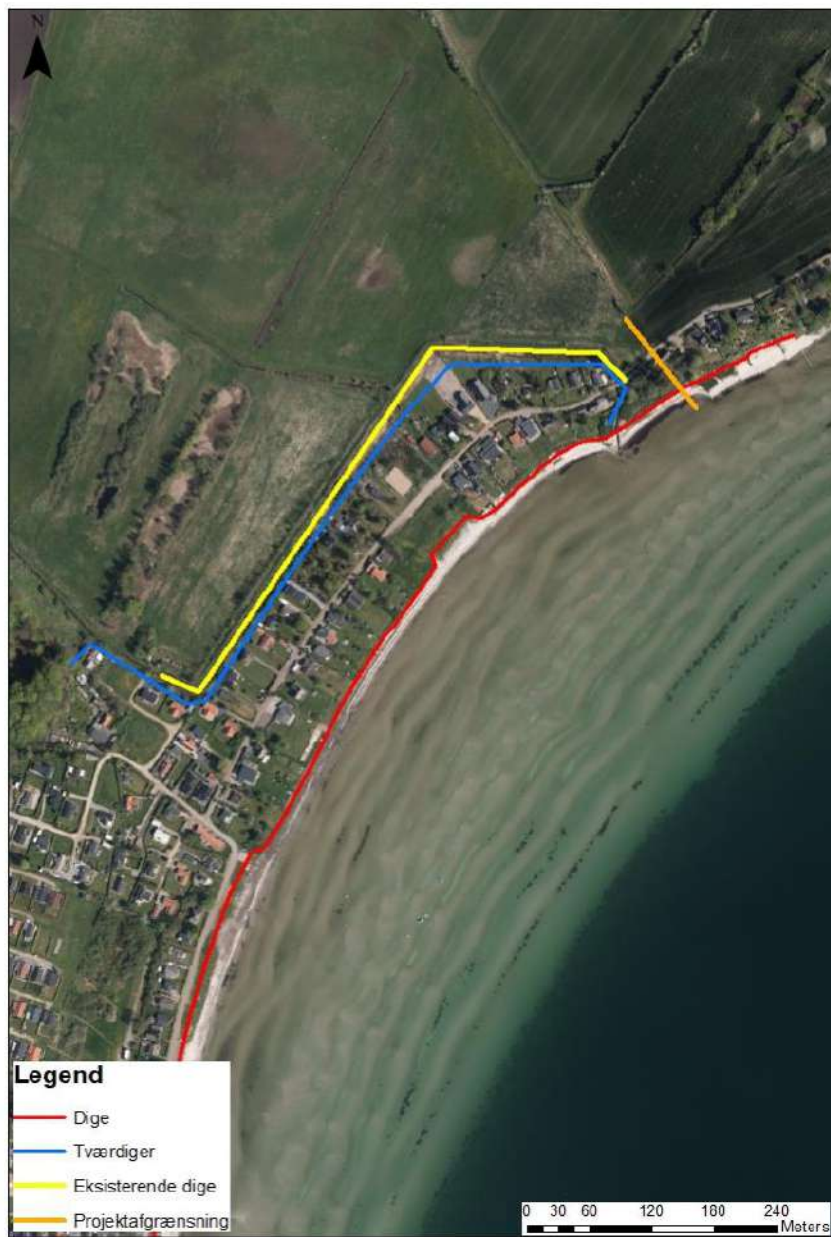
Figur 5.2: Illustration af pladskrav jorddige kontra højvandsmur.



5.1 Løsningsmodel 1: Langsgående jorddige

I dette løsningsforslag etableres et langsgående, ubrudt dige op til kote +2,0 m DVR90 langs hele kyststrækningen inden for projektafgrænsningen, Figur 5.1. I den nord- og sydlige ende er det nødvendigt enten at føre diget hen til terræn i samme kote (+2,0 m DVR90) eller bygge tværdiger på indersiden af åerne, således at vandet ikke trænger ind bagfra/fra siderne under en højvandsituation.

Figur 5.3: Princip for enten tværdige eller fortsættelse af langsgående dige til kote +2,0 m DVR90 i nordlig ende af projektområde.



Figur 5.4: Princip for enten tværdige eller fortsættelse af langsgående dige til kote +2,0 m DVR0 i sydlig ende af projektområde.



Således sikres hele det bagvedliggende område mod højvandstand op til kote +2,0 m DVR90. Selve diget foreslås som en kombination af et traditionelt jorddige samt strækninger med højvandsmur som bagkant (se Afsnit 5.3), hvis der ikke er plads til det fulde dige.

Terrænet skråner mod vandet og kystvejen langs det meste af strækningen, hvorfor vandet ved eventuelt gennembrud af diget ikke forventes at sprede sig til bagvedliggende terræn. Det kan dog sprede sig til sideliggende områder under højvandstandskoten.

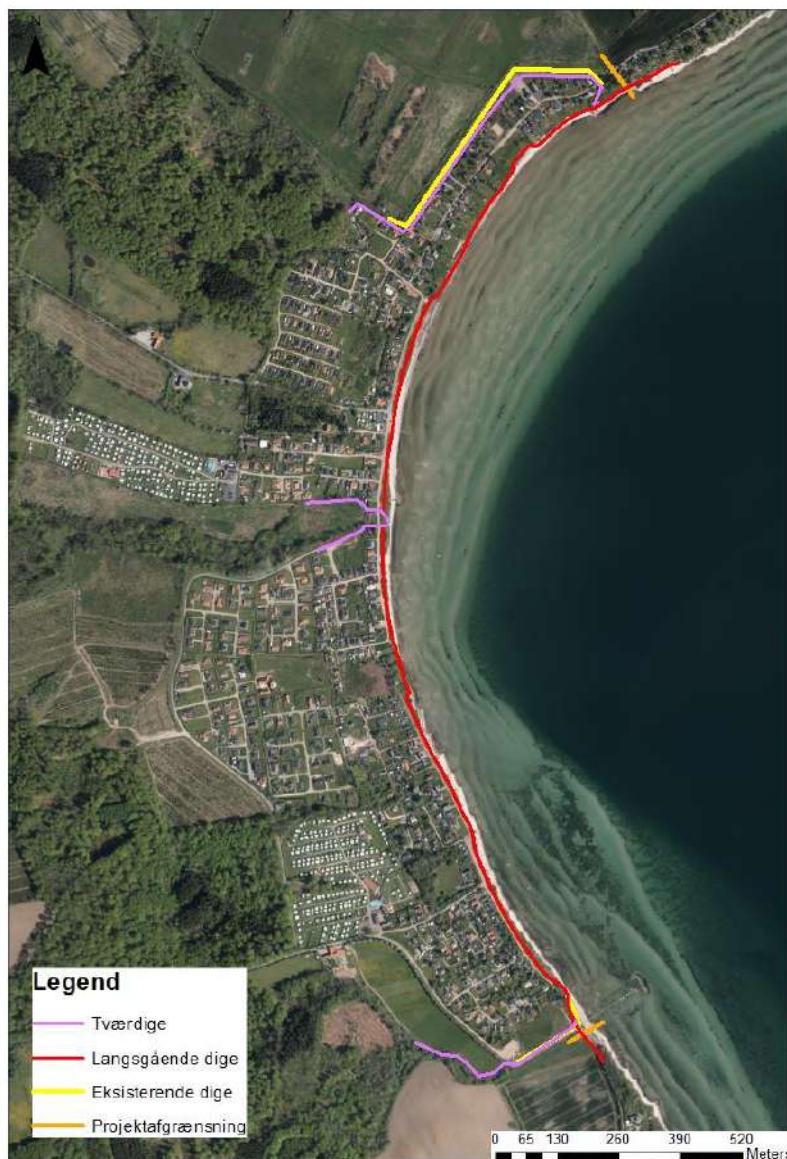
Ved denne løsningsmodel er det desuden nødvendigt at tage hensyn til opstuvning i vandløb og håndtering af dette vand under højvandssituationen, da det ellers vil kunne oversvømme hele det bagvedliggende areal.

5.2 Løsningsmodel 2: Langsgående og tværgående diger

I dette løsningsforslag etableres højvandsikringen som beskrevet i løsningsmodel 1 (Afsnit 5.1 og Figur 5.1) samtidig med, at der på begge sider af udløbet fra Oddebækken etableres tværgående diger, Figur 5.5.

Baglandet opdeles dermed i to sektioner og sikrer at en oversvømmelse, af enten havvand eller overfladevand, ét sted ikke vil oversvømme hele baglandet men kun den ene sektion. Disse to hovedsektioner kan inddeles i mindre sektioner, såfremt dette ønskes. Ved Oddebækkens udløb skabes en åbning/hul i det langsgående dige, hvormed det sikres, at det store bagvedliggende opland kan afvande gennem åbningen i det langsgående dige.

Figur 5.5: Princip for etablering af langsgående og tværgående diger.



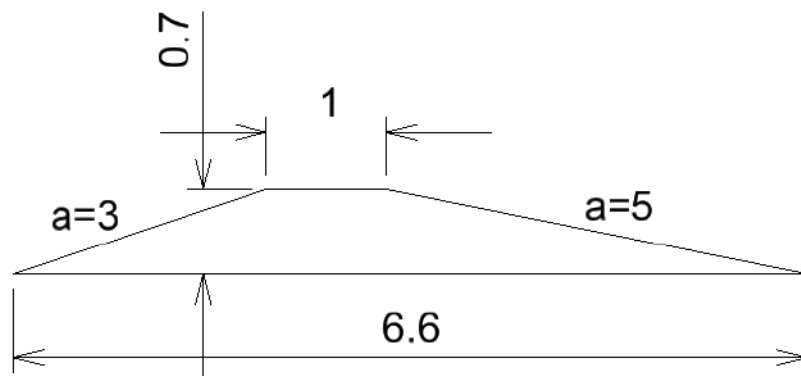
Denne løsningsmodel har nogle udfordringer ift. plads til tværdigerne, eftersom der er bebygget langs hele kystlinien/kystvejen. Til gengæld muliggøres en simple håndtering af afvandingsproblematikken fra Odderbækken og dets opland.

5.3 Opbygning af det langsgående dige

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. Diget etableres med kronekote +2,0 m DVR90 med mulighed for senere udbygning til kote +2,5 m DVR90. Det nuværende terræn varierer langs kysten, og eksisterende terræn vil således skulle udbygges i varierende grad for at opnå sikring til kote +2,0 m DVR90. Herudover betyder det varierende terræn, at bundbredden/fodaftryk på diget vil variere langs med diget, da denne er bestemt af afstanden fra eksisterende terræn til fremtidig kronekote. I figuren nedenfor er princippet for digets udformning vist.

Figur 5.6: 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.

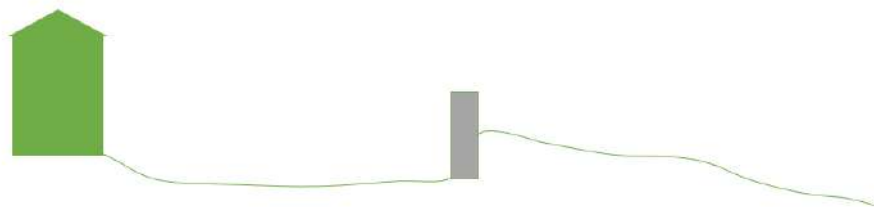


Ved en eventuel senere udbygning af diget fyldes der op på ydersiden og på digekronen, således at der også i fremtiden fastholdes en tilstrækkelig kronebredde. Diget etableres med en vandret digekrone, og digets yderside kan beklædes med græs eller lignende.

Fordelene ved jorddiget er, at det er en billig løsning, let at vedligeholde og i høj grad kan integreres i det eksisterende terræn, således at højvandssikringen fremstår som en naturlig del af landskabet. Hvis der er plads nok, er det ligeledes let at udvide. En ulempe ved jorddiget er, at det er pladskrævende, og sårbart på den måde, at gennembrud et enkelt sted hurtigt kan medføre samlet digebrud.

På steder, hvor det kan være udfordrende at etablere et pladskrævende jorddige, kan der i stedet etableres en lodret højvandsmur som bagkant på diget, som vist på principskiten i Figur 5.7. Muren kan udføres i beton eller træ, og ligesom med jorddiget kan det etableres med kronekant i +2,0 m DVR90. På ydersiden af muren kan der udlægges sand, der kan beplantes for at opnå et naturligt udtryk, mens der på indersiden af muren eventuelt kan etableres en promenade samt siddepladser.

Figur 5.7: Principskitse for etablering af højvandssikring i form af lodret mur. Bemærk, at figuren udelukkende viser princippet, hvorfor mål og lignende ikke afspejler den fremtidige situation.



Fordelen ved den lodrette mur er, at den er meget pladsbesparende sammenlignet med et traditionelt jorddige. Muren har dog den ulempe, at den er dyrere at etablere og sværere at udvide til en højere kronekote.

5.3.1 Opmærksomhedspunkter langsgående dige

Langs den foreslåede digeplacering er der identificeret flere opmærksomhedspunkter, der bør inddrages i overvejelserne omkring den endelige digeplacering og udformning. Disse punkter/funktioner omfatter nedenstående og er synliggjort på Figur 5.8:

- P-pladser
- Strømningsveje (> 1 ha)
- Adgangsveje
- Afløbssystem/regnbetingede udløb
- Vandløb
- Kystnære ejendomme

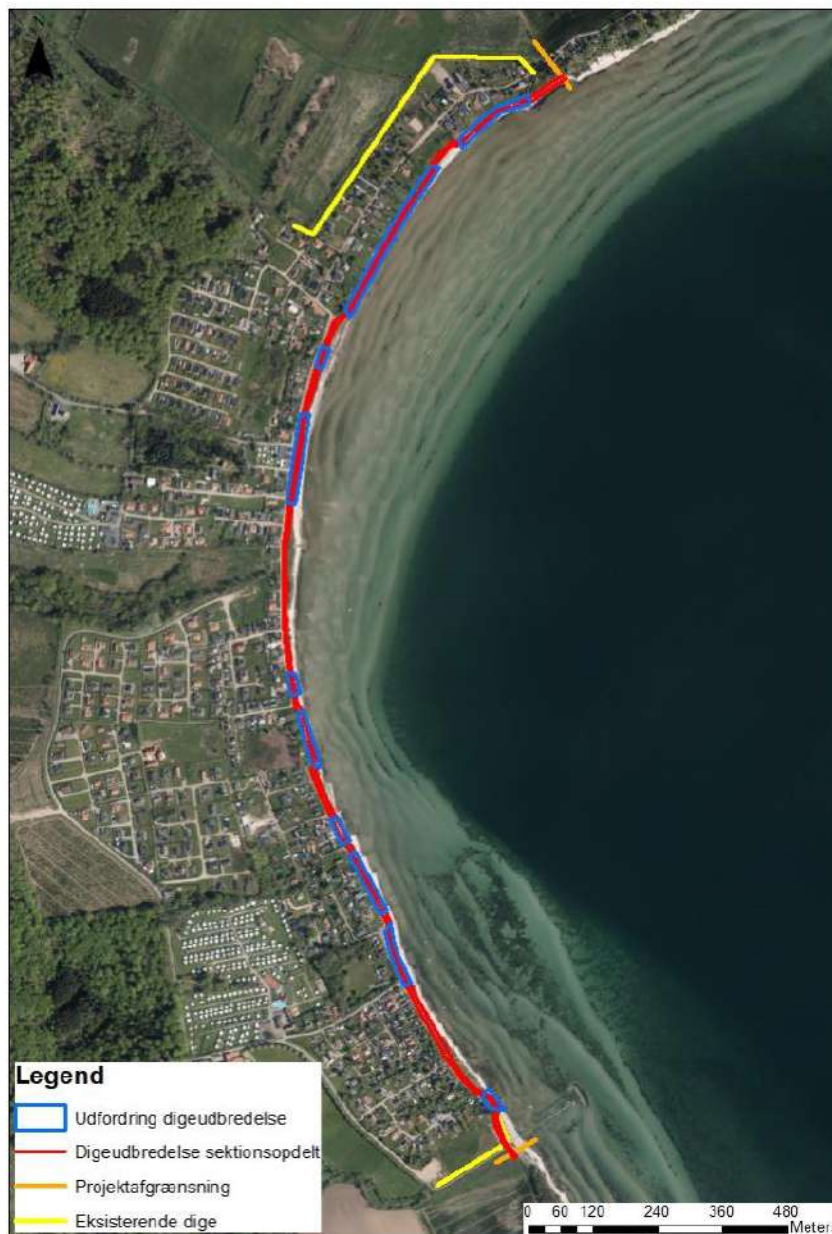
Eksempelvis inddrager den foreslåede digeplacering flere p-arealer, og mulighederne for at genetablere disse p-arealer andre steder i området bør derfor overvejes. Ligeledes vil nuværende adgangsveje til området skulle gentænkes, ligesom nuværende udløb fra vandløb og afløbssystem skal sikres.

Figur 5.8: Markering af identificerede kritiske punkter langs foreslået digeplacering



Græsarealet mellem strand og vej, hvor diget foreslås placeret, er smalt på flere delstrækninger, og i disse områder kan der ud over anvendelse af højvandsmur være behov for yderligere tiltag i form af eksempelvis sandfodring.

Figur 5.9: Udbredelse af dige samt markering af strækninger, hvor det vurderes udfordrende at skabe tilstrækkelig plads til etablering af dige. Orthofoto fra forår 2016.



På Figur 5.9 er strækninger, hvor det vurderes udfordrende at skabe tilstrækkelig plads til etablering af et jorddige til kote +2,0 m DVR90, uden at påvirke områdets anvendelse væsentligt, markeret.

5.4 Sandfodring

En mindre sandfodring foran hele det langsgående dige anbefales. Dette vil beskytte mod en evt. storm med bølgepåvirkning indtil vegetationen på diget er vel-etableret 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. Sandfodring anbefales dog ikke udlagt pletvist men i et bælte.

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

Behov for sandfodring vil blive nærmere vurderet i en senere fase af projektet.

5.5 Håndtering af bagvand og overskylsvand

I forbindelse med valg af højvandssikringsanlæg, skal der tages stilling til hvorledes vand, der samler sig på bagsiden af højvandssikringsanlægget håndteres. Der er mange grunde til der kan samle sig vand på bagsiden af diget, herunder:

- **Overskylsvand fra havsiden.** Kombinationen af høj vandstand og bølger kan resultere i mindre og større bølgeskulp hen over diget
- **Gennemtrængende havvand.** Ved en stormflod vil vandtrykket være et større på forsiden af diget end på bagsiden af diget. Det betyder, at der er risiko for at vand kan sive gennem diget eller under diget, især for læn- gerevarende stormfloder.
- **Overfladevand (nedbør).** Hvis det regner så meget, at afløbssystemer og jordmatrixen ikke kan optage regnvandet, vil regnvand strømme på terræn mod de lavestliggende punkter. Dette kan skabe større oversvømmelser på bagsiden af højvandssikringsanlæg, som blokerer de naturlige strømningsveje på terræn mod kysten.
- **Regnvandsudløb.** Eventuelt rørlagte udløb fra regnvandsopsamling til kysten.
- **Vandløbsvand.** Vandløbsvand der strømmer fra baglandet til kysten mod højvandssikringsanlægget
- **Højtstående grundvand.** Eventuelt højtstående grundvand, der samler sig i lavtliggende områder og hvis naturlige strømningsvej mod kysten på terræn brydes af højvandssikringsanlægget og af den forventede stigning i middelhavvandsstanden.

5.5.1 Samlet indsatsmulighed for håndtering af vand på bagsiden af diget

Der er behov for en integreret løsning for håndtering af vand på bagsiden af højvandssikringsanlægget. Denne løsning skal fungere både under stormfloder og i situationer med normal havvandsstand. Det skal indtænkes i løsningen, at havvandsstanden er stigende i fremtiden.

Der ønskes så vidt mulig en løsning, hvor der skal pumpes på vand på bagsiden af diget så lidt som muligt, altså hvor vand på bagsiden af diget kan ledes til Lillebælt ved gravitation. Under stormfloder er dette ikke muligt, da vandstanden er så høj i Lillebælt. Her vil det være nødvendigt enten at opmagasinere vand på bagsiden af diget, pumpe det til Lillebælt eller en kombination.

Til trods for strømningsveje på terræn og vandløb er lokaliseret, er der behov for at anlægge afvanding langs hele bagsiden af diget, for at kunne håndtere højtstående grundvand, overskylsvand og gennemtrængende havvand. Det anbefales at anlægge en grøft på bagsiden af diget, hvilket vil sikre den bedste vandopsamling. En grøft vil dog være pladskrævende og da der flere steder langs kysten er pladsudfordringer i forhold til placering af højvandssikringsanlæg, kan der blive behov

for at overveje alternativer. En mindre pladskrævende mulighed kunne være en urban rende (typisk beton) med en rist over på bagsiden af diget.

Der skal etableres så få udledningpunkter til Lillebælt som muligt, da disse vil være forbundet med udgifter, især til pumpeløsninger i stormflodssituationer. Udløbene anlægges som rørføringer gennem højvandssikringskonstruktionen med en kontraklap på forsiden af diget, der sikrer mod tilbagestuvning af havvand til bagsiden af diget. Der anlægges pumpestationer, der kan komme i funktion ved ekstreme mængder bagvand samt i stormflodssituationer. Disse pumpestationer skal være "med livrem og seler", således der som minimum er etableret to pumper i hver pumpestation og det anbefales også, at der etableres overvågning.

I løsningsmuligheden med diger op langs vandløbene, vil der stadig være behov for opsamling af vand i sommerhusområderne langs digerne samt pumpeløsning. Dette alternativ forventes ikke at reducere omfanget af pumper, men kapaciteten af dem.

5.5.2 Hændelsessammenfald

Det anbefales at dimensionere pumpeløsningerne for 10-års hændelser for vandløbsvand og nedbørsrelateret overfladevand. Det skal vurderes nærmere, alt efter valg af sikringsniveau for højvandsanlæg, eventuelt hvornår sikringsniveauet skal opgraderes, nærmere vurdering af bølgepåvirkning samt risiko for vandindtrængen gennem og under højvandskonstruktionen hvor meget overskyl og gennemtrængende havvand pumperne skal dimensioneres efter.

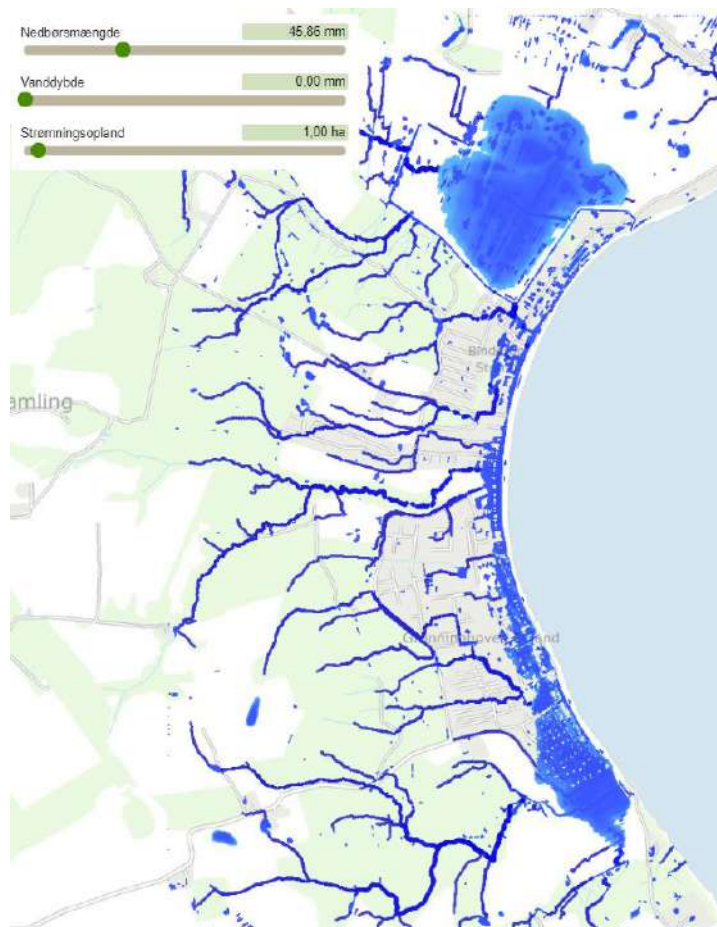
Risikoen for at en stormflod er sammenfaldende med de helt ekstreme regnskyl og afstrømninger i vandløb er tilstede, men lav. Stormfloder forekommer typisk i vinterhalvåret under de kraftige storme. Storme er ofte forbundet med nedbør, men grundet oplandenes størrelse, forventes dette hovedsageligt at være strømmet af, inden den maksimale stormflodspåvirkning forekommer. De ekstreme skybrud, der kan resultere i store mængder overfladevand der løber på terræn, forekommer typisk i sommerhalvåret. Desuden kan der være betydelig strømning på terræn ved snesmeltning af større mængder sne, som ikke har vejrfænomenssammenhæng med stormfloder. Ekstreme vandføringer i vandløb sker under snesmeltning og ved længerevarende våde perioder, typisk i sommerhalvåret.

Gravitationsudløbene gennem højvandssikringsanlægget behøver ikke være dimensioneret til en 10-års hændelse, da pumperne kan sættes i funktion ind imellem, hvis tilledningen overskrider gennemløbskapaciteten. Her anbefales dimensionering til en 5 års hændelse.

5.5.3 Ændret risikobillede for overfladevand (nedbør)

Ved etablering af højvandssikring langs kysten ændres de naturlige strømningsveje i området, da vandets naturlige strømningsvej mod havet afskæres. Nuværende oversvømmelser i området beskrevet i Afsnit 4.2 vil således ændres i den fremtidige situation, hvor der vil være øgede oversvømmelser i projektområdet, da regnvand vil samles på bagsiden af diget uden mulighed for at komme væk. I figuren nedenfor ses oversvømmelser samt strømningsveje i området i tilfælde af, at der etableres et dige langs kysten. Sammenlignet med den nuværende situation ses det, at de øgede oversvømmelser hovedsageligt vil forekomme omkring de kystnære matrikler beliggende på den sydlige halvdel af projektområdet.

Figur 5.10: Oversvømmelser samt strømingsveje ved en fremtidig 5-års hændelse af 12 timers varighed (2050) ved etablering af dige. Figuren viser kun strømingsveje med et opland på minimum 1 ha.

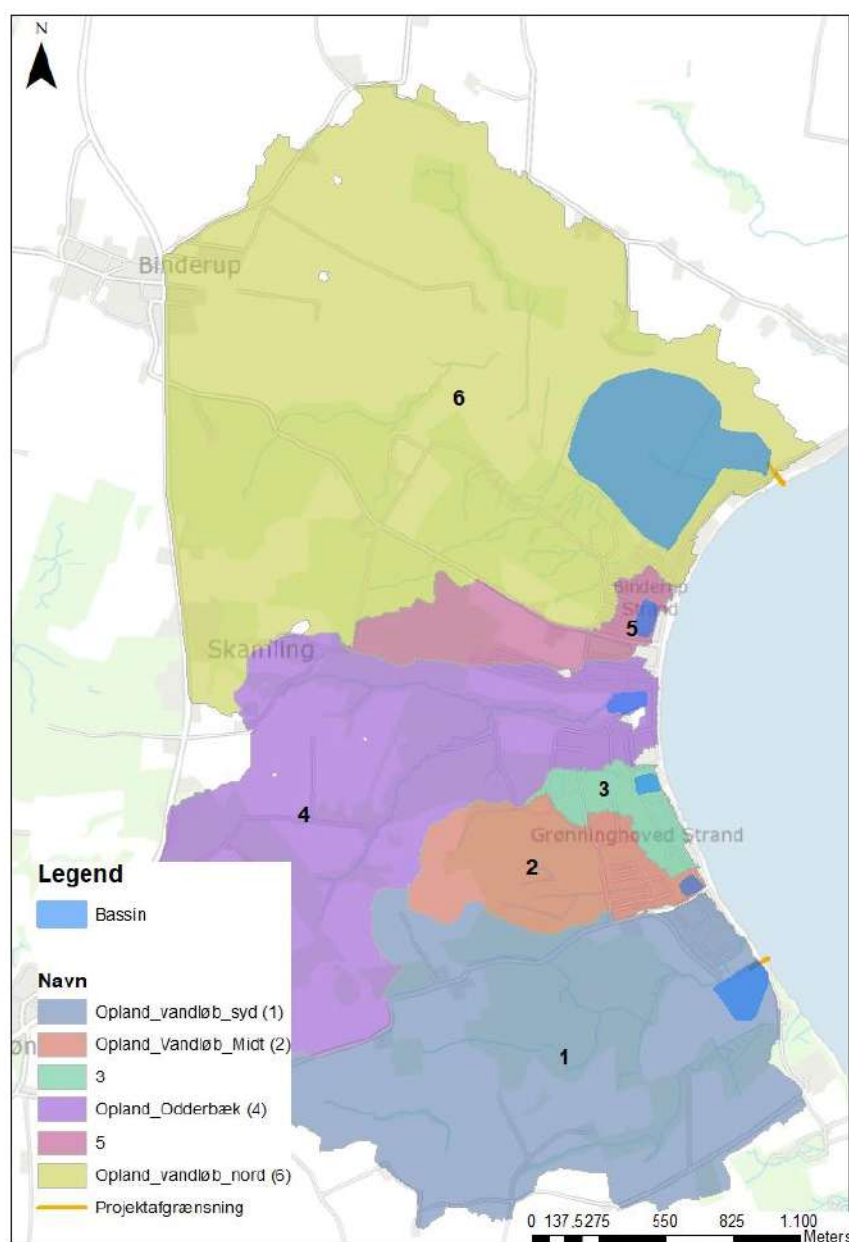


Ovenstående analyse viser, at der ved digets etablering bør indtænkes foranstaltninger, der kan håndtere de øgede vandmængder, der samles på digets bagside. Hvis dette ikke indtænkes, vil risikoen for oversvømmelser i området forøges markant ved etablering af et dige. Mulig løsningsforslag er beskrevet i ovenstående Af-snit 5.5.1.

5.5.4 Potentielle områder til vandparkering

Der er identificeret tre områder, som potentielt kan anvendes til midlertidig opstuvning af bagvand fra de 3 større vandløb ved stormflod eller ekstremhændelser. Der er tale om områder ved udløb af hhv. vandløb nord, Oddebæk samt vandløb syd.

Områderne er kortlagt via SCALGO og fremgår af nedenstående Figur 5.11. Nordligste område har et potentielt volumen på omtrentligt 200.000 m³. Midterste område har et potentielt volumen på omtrentligt 10.000 m³. Sydligste område har et potentielt volumen på omtrentligt 30.000 m³.



Figur 5.11: Potentielle områder til vandparkering.

Sammenholdes ovenstående volumener med vandføringsdata fra de pågældende vandløb jf. afsnit 4.1.3 Tabel 4.3, svarende til en 10 års hændelse, kan der angives et tidligt perspektiv for, hvornår områdernes potentielle volumen er opbrugt. Se Tabel 5.1.

Bemærk, at volumenangivelsen for Vandløb Nord (volumenet af Vindemosen) er under forudsætning af, at hele mosen kan anvendes til vandparkering. I dag anvendes området primært til landbrug, som vil blive påvirket ved anvendelse af området til vandparkering. Det store volumen i Vindemosen indikerer, at et mindre område af Vindemosen evt. vil være tilstrækkeligt til vandparkering. Under alle

omstændigheder bør lodsejere i Vindemosen snarest muligt involveres omkring evt. udformning af et konkret projekt.

Tabel 5.1: Tidsligt perspektiv for volumen i mulige områder til vandparkering.

Vandløb/område til vandparkering	10 års hændelse (l/s)	Volumen (m ³)	Tidsperspektiv for fyldt volumen (timer)
Vandløb Nord	637	200.000	87
Odderbæk	284	10.000	10
Vandløb Syd	356	30.000	23

Af Figur 5.11 fremgår endvidere 3 potentielle vandparkeringsområder for de tre mindre oplande (2, 3 og 5 på figuren). Disse vil blive undersøgt nærmere for kvalificering af potentialet til vandparkering.

5.5.5 Opmærksomhedspunkter for vandløb vedrørende højvandssikring

Ved at gøre indsatser, som sikrer og beskytter kystnære zoner ved stormflod, risikerer man i samme ombæring at ændre vandløbenes fysiske rammer og derved deres naturlige morfologi, hydrologi og nærmiljø.

Tre af vandløbene indenfor projektområdet er omfattet af EU's vandrammedirektiv og dermed de statslige vandområdeplaner 2015 - 2021, har man en særlig forpligtelse til dels at sikre at der ikke sker en forringelse af vandløbene, samt et fremtidigt mål om god økologisk tilstand. Den økologiske tilstand måles i gældende vandområdeplaner på baggrund af tilstanden for hhv. smådyr, planter og fisk.

Endvidere kan der i vandløbenes nærområde være forekomster af beskyttede arter, som er specielt afhængige af vandløbene og nærmiljøet. Dette kan eksempelvis omfatte vandsalamander, padder, vandnymfer, guldsmede, fugle og odder.

Det gælder derfor for mulige fremtidige indsatser, at de ikke må medvirke til at forringe tilstanden i vandløbene, samt forringe habitatet og levevilkår for eventuelle beskyttede arter.

Der er derfor opstillet en række punkter, som bør overvejes i forbindelse med detailplanlægning af indsatser for sikring mod stormflod.

- Stormflodslukke i form af sluse bør begrænses til at være i brug et minimum af dage i løbet af året pga. op- og nedvanding af ørred herunder smolt, ål og lampret.
- Der bør i videst muligt omfang sikres en jævn overgang fra vandløb til havbund i forbindelse med anlæg af sluse.
- Pumpning af vandløbsvand bør ikke give anledning til erosion af vandløbsbund.
- Ved anvendelse af vandparkering, bør vandet effektivt kunne forlade området efterfølgende, uden at dette giver anledning til stor sedimenttransport. Dette kan eksempelvis gøres ved at genslynge vandløbet og hæve vandløbsbunden, således faldet sænkes og vandet er i tættere kontakt med terræn.

- Diger langs vandløb bør anlægges, således der fortsat er en naturlig vandløbsbræmme. Bræmmen vil forhindre erosion ned i vandløbet og vandløbsnære arter tilgodeses.
- Brinksikring nær sluse
- Forekomst af beskyttede arter, som er afhængige af vandløbene bør kortlægges nærmere.

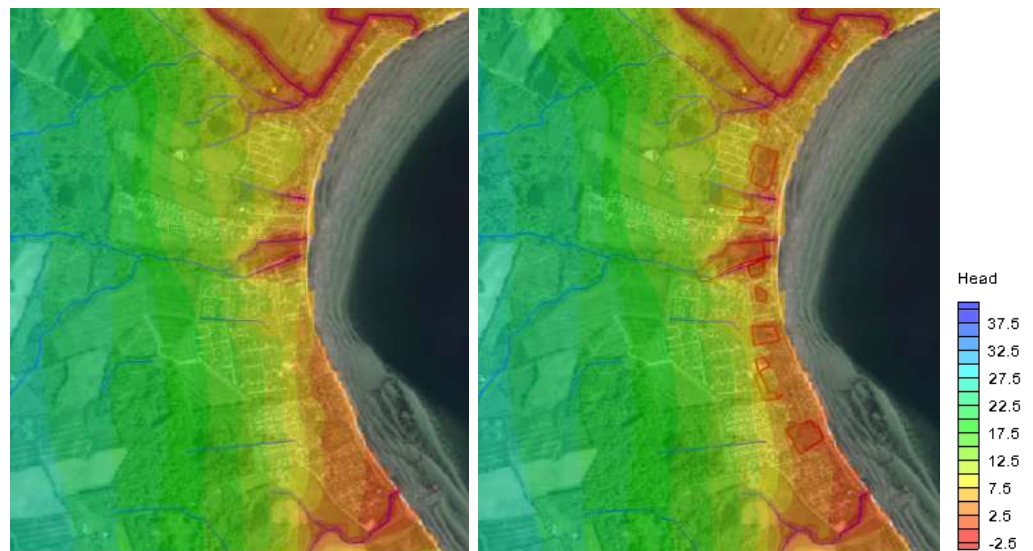
5.6 Dræning af grundvand

For at undgå vand på terræn i nuværende situationer og i fremtiden med forhøjet vandstand og nedbør vil det være nødvendigt at foretage tiltag overfor stigning af grundvandet. Der er i denne vurdering ikke taget højde for eksisterende pumpe-dræning i sommerhusområderne, da drænniveau og pumpede vandmængder ikke kendes.

De mulige nye dræn er i modellen lagt i sommerhusområderne, men indenfor områder uden bebyggelse eller større grønne områder. Drænene er lagt ind som dræn i en dybde på 0,5 mut. I modellen, dvs. drænene fanger det vand i området der overstiger bunden af drænene.

Drænene er lagt ind som fladedræn i en dybde på 0,5 mut. I modellen, dvs. drænene fanger det vand i området der overstiger bunden af drænene over hele fladen.

Figur 5.12 viser stigning i vandspejlet fra en situation i år 2050 til venstre uden yderligere dræn og år 2010 med tilføjelse af yderligere dræn i området (med rød farve). De eksisterende dræn er vist via blå polygoner i figuren.



Figur 5.12: Potentialekort fra scenarie 2 år 2050 til venstre og scenarie 2 år 2050 med yderligere dræntiltage til højre.

Ved flere rød/orange farver jo lavere er potentialet i området. Der ses markante ændringer i potentialet i områderne med ny dræntiltag i nærområderne omkring de nye dræn.

De ny etablerede dræn vil i modellen fjerne 0,0258 m³/s (0,8 mio. m³/år). Det skal bemærkes at modellen fjerner alt vand fra vandløb, vådområder og vand på terræn i drænedede områder ud af modellen, dette er en kraftig overestimering af vandmængderne, da en del af vandet vil forblive på terræn nær vandløbene, i vådområder mv.

Det vurderes, at ved at etablere pumpedræn i udvalgte områder, er det muligt at sænke vandstanden 0,5 meter under terræn i større områder. Drænrørene vil pumpe vandet videre til pumpestationer ved vandløbene. Behovet for dræning af vand anses for mest nødvendigt i den centrale del af sommerhusområderne med tre forskellige drænstrækninger på i alt 1,0 – 2,0 km drænrør i grønne områder og langs veje i sommerhusområderne. Drænstrækning kan variere som følge af at skulle følge veje, og alt efter placeringen af pumpestationerne. Vandstanden i modellen er beregnet højest i området ved Grønninghoved strand sommerhusområde (mellem Oddebæk og de to sydlige vandløb) og her vurderes størst behov for dræning.

5.7 Eksisterende jordbundsforhold i området

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.

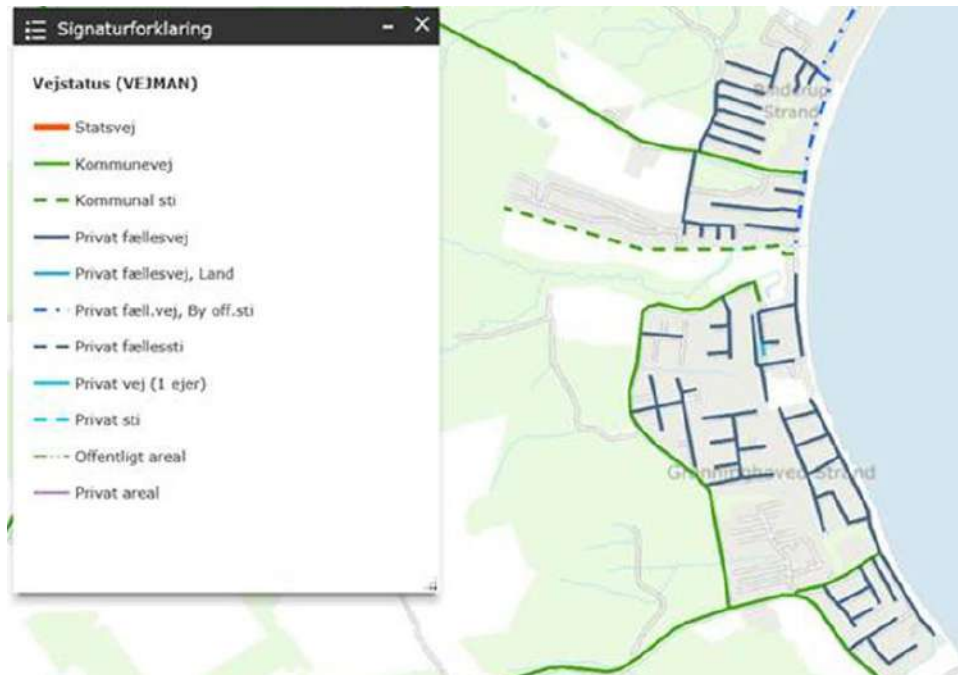
Disse jordbundsforhold udgør det overordnede grundlag for geotekniske vurderinger, der gennemføres i de efterfølgende faser af projektet. Herunder for opstilling af et forslag til geotekniske undersøgelser.

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

5.8 Eksisterende tekniske anlæg

Der er modtaget LER-oplysninger fra Kolding Kommune. Der er i den forbindelse og på møde med Blue Kolding den 17. april modtaget oplysninger om en spildevands pumpestation og spildevandsledninger ved Kystvej, ud for Søren Krogs Vej. Placeringen af disse anlæg kan konflikte med et dige langs kysten. Med henblik på afklaring heraf og af tilsvarende konflikter i forhold til spildevandsanlæg, er det aftalt, at der holdes tæt kontakt med Blue Kolding i forbindelse med det aktuelle projekt.

Vejene i området er delvist kommunale og delvist private fællesveje, se nedenstående kort over status for veje i området.



Figur 5.13: Oversigt over kommunale veje i projektområdet (fra Kolding Kommunes WebGis).

5.9 Lovgivning

5.9.1 Miljøvurderingsloven

Etablering af diger er omfattet af miljøvurderingslovens bilag 2 punkt 10 Infrastrukturprojekter, k) Kystanlæg til modvirkning af erosion og maritime vandbygningskonstruktioner, der kan ændre kystlinjerne, som f.eks. skråningsbeskyttelser, strandhøfder og diger, dæmninger, moler, bølgebrydere og andre konstruktioner til beskyttelse mod havet bortset fra vedligeholdelse og genopførelse af sådanne anlæg. Hvis der foretages sandfodring i havet er projektet desuden omfattet af miljøvurderingslovens bilag 2 punkt 10 Infrastrukturprojekter, l) Uddybning og opfyldning på søterritoriet.

Projektet er screenet af Kolding Kommune til (worst case) at være omfattet af krav til miljøvurdering på baggrund af en væsentlig negativ påvirkning af Natura 2000 området Lillebælt (diger langs kysten og evt. sandfodring på kyst og/eller i marin habitat natur), Naturpark Lillebælt¹ og risiko for spredning af invasive plantearter i anlægsfasen (forekomst af kæmpe bjørneklo, japansk pileurt og rynket rose i projektområdet).

Foreløbig afgrænsning af miljøkonsekvensrapportens indhold er:

- Projektets påvirkning af de landskabelige værdier.
- Projektets påvirkning af Natura 2000-området Lillebælt.
- Påvirkning af Naturpark Lillebælt.

¹ Danske naturparker er større sammenhængende landskaber af regional betydning. De vil ofte indeholde naturområder af national og international betydning. De er velafgrænsede med stor landskabelig skønhed, naturrigdom og kulturhistorisk værdi. De repræsenterer landskaber karakteristiske for landets forskellige egne, som bør nyde særlig beskyttelse af hensyn til nuværende og kommende generationer.

Det konkrete projekt bør screenes før der træffes endelig afgørelse om krav om udarbejdelse af miljøkonsekvensrapport.

5.9.2 Naturbeskyttelsesloven

Projektet påvirker beskyttede vandløb ("vandløb syd", "vandløb nord" og Odderbæk), strandbeskyttelseslinjen (terrænændring) og skovbyggelinje. Afhængig af den nøjagtige placering af diget imod syd kan projektområdet desuden være omfattet af beskyttet mose (ved Fredsskovvej).

5.9.3 Vandløbsloven

Passage af diget påvirker vandløb omfattet af vandløbsloven ("vandløb syd", "vandløb midt", "vandløb nord" og Odderbæk).

5.9.4 Planloven

Projektområdet er omfattet af lokalplan 0931-61 ("Binderup Strand – et sommerhusområde") og 1333-61 ("Grønninghoved Strand – et sommerhusområde").

I lokalplanerne er anført, at der for at sikre de lavtliggende sommerhuse mod vandstigninger, kan blive behov for at lave forskellige former for kystsikring, som f.eks. mindre digeanlæg ud mod kysten. Lokalplanerne angiver ikke bestemmelser for sikring af kysten, men er ikke til hinder for sådanne anlæg. Afhængig af omfanget af projektet kan det forudsætte en ny lokalplan og denne kan være omfattet af miljøvurderingslovens krav om udarbejdelse af miljørapport.

Etablering af dige er desuden omfattet af planlovens § 35 Ændret arealanvendelse. Hvis der etableres bassiner til opbevaring af vand i højvandssituationer kan disse tillige være omfattet af planlovens § 35.

5.9.5 Kystbeskyttelsesloven

Formålet med kystbeskyttelsesloven er at beskytte mennesker og ejendom ved at reducere risikoen for oversvømmelser eller kystnedbrydning fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet. Følgende forhold skal afvejes i forbindelse med kystbeskyttelsen:

- 1) Behovet for kystbeskyttelse.
- 2) Økonomiske hensyn ved projekter omfattet af kapitel 1 a.
- 3) Kystbeskyttelsesforanstaltningens tekniske og natur- og miljømæssige kvalitet.
- 4) Rekreativ udnyttelse af kysten.
- 5) Sikring af den eksisterende adgang til og langs kysten.
- 6) Andre forhold af væsentlig betydning for kystbeskyttelse.

Opmærksomheden rettes imod at tilladelsen i dag skal gives af miljø- og fødevarerministeren (Kystdirektoratet) jævnfør lovens § 16, hvis kystbeskyttelsesforanstaltninger foretages, hvor der ikke findes sammenhængende grønsvær samt på arealer indenfor 100 meter fra hvor sammenhængende landvegetation begynder. Der forventes dog vedtaget en ny kystbeskyttelseslov (ikrafttræden ca. 1. sep. 2018), hvor kommunen overtager kompetencen.

5.10 Drift

Drift omfatter vedligeholdelse af diger, bassiner, strøm til pumper samt evt. sandfodring. Uddybende driftsbeskrivelse udarbejdes i en senere fase af projektet.

6 Tiltag til understøttelse af rekreativ værdi

Dette afsnit udarbejdes på baggrund af workshop den 8. maj 2018.

7 Økonomi, partsdeling og tidsplan

7.1 Økonomi

Det efterfølgende grove økonomiske overslag er udarbejdet med henblik på at få en indikation af samlede anlægs- og driftsomkostninger.

- Jorddige, indbygget 200 – 500 kr./m³; 3,5 m³/m (KK 2,0)
- Mur, opført i beton/træ 5.000-10.000 kr./m
- Pumpestationer/bassiner inkl. bygværk til afledning af bagvand 0,5 – 1,0 mio. kr./stk.
- Drænledninger 500-1.000 kr./m
- Drænpumper 100.000 kr./stk.

Heraf følger en indikation af anlægssum for løsningsmodel 1 med jorddige, bagvandspumper/bassiner og drænanlæg på **7 – 12 mio. kr.**

Løsningsmodel 2 med jorddige samt tværdiger ved Odderbæk stiller mindre krav til pumpestationernes størrelse, men større krav til antal m diger. Indikation af anlægssum for løsningsmodel 2 vil være det samme for løsningsmodel 1.

Bemærk, at der ikke er inkluderet evt. behov for sandfodring samt anlægssomkostninger til dette, samt at der ikke er inkluderet omkostninger til dige opført som mur.

Drift omfatter vedligeholdelse af dige (herunder evt. sandfodring) og græsklipning samt pumpeanlæg og strøm til pumper, 50.000 -100.000 kr./år (ekskl. evt. sandfodring).

7.2 Partsdeling

Dette behandles i en senere fase af projektet.

7.3 Tidsplan

Der kan planlægges med følgende tidsplan for projektet:

- 2018: Planlægning og projektering frem til projektforslagsniveau
- 2019: Myndighedsarbejde og detailprojektering
- 2020: Udbud samt udførelse af anlægsprojekt i sommerhalvår.