



Stormflodsbeskyttelse af Sønderborg Havnefront

Undersøgelse af løsningsmuligheder

Sønderborg Kommune

Rev. 0 Dato: 17. juni 2024

Indhold

Resumé	5
1. Indledning.....	6
2. Baggrund for oversvømmelsesbeskyttelse	8
2.1 Skadesomkostninger.....	14
3. DAPP-processen	16
3.1 Trin i DAPP-processen	16
4. Historiske stormfloder	18
4.1 Stormfloden Babet d. 20-21. oktober 2023	19
4.1.1 Østsiden af Alssund	21
4.1.2 Vestsiden af Alssund	23
5. Væsentlige forhold i projektområdet.....	27
5.1 Bindinger i projektområdet	27
5.2 Kajer og ankre samt diverse øvrige eksisterende konstruktioner	31
5.3 Erosion og ændringer i kystlinjen	32
5.4 Bølgehøjder	33
5.5 Ledningsanlæg (Ledningsdata)	36
5.6 Bagvand.....	37
5.7 Grundvand.....	39
6. Strategi for dynamisk adaptiv stormflodsbeskyttelse	42
6.1 DAPP-skemaer	42
6.1.1 Vestsiden af Alssund	43
6.1.2 Østsiden af Alssund	45
6.2 Multikriterieanalyse	46
7. Stormflodsbeskyttelse	48
7.1 Generelle tiltag til oversvømmelsesbeskyttelse	48

7.2	Faste tiltag.....	48
7.2.1	Højvandsmur.....	48
7.2.2	Dige	51
7.2.3	Terrænhævning.....	53
7.2.4	Dæmning eller sluse	55
7.3	Beredskabstiltag.....	57
7.4	Kombinationer.....	59
7.4.1	Højvandsmur med dige forside.....	59
7.4.2	Højvandsmur m. søjle-bjælke	59
7.4.3	Højvandsmur med tiltag til reduktion af overskyl.....	60
7.5	Forslag til stormflodsbeskyttelse vestsiden af Allsund	62
7.5.1	Strækning 1	63
7.5.2	Strækning 2	65
7.5.3	Strækning 3	67
7.5.4	Strækning 4	69
7.5.5	Strækning 5	71
7.5.6	Strækning 6	73
7.5.7	Anbefalet løsning	74
7.6	Forslag til stormflodsbeskyttelse østsiden af Allsund	76
7.6.1	Strækning 1	77
7.6.2	Strækning 2	79
7.6.3	Strækning 3	82
7.6.4	Strækning 4	83
7.6.5	Strækning 5	84
7.6.6	Strækning 6	85
7.6.7	Anbefalet løsning	87
7.7	Kronekote inkl. bølgetillæg	89
7.8	Bagvandshåndtering	93
7.8.1	Screening af strømningsveje	93
7.8.2	Steder med behov for afværgeforanstaltning.....	94
7.8.3	Eksisterende ledninger.....	98
7.9	Øvrige potentialer i spil med stormflodsbeskyttelse	100
7.10	Økonomiske overslag	101
8.	Finansiering og proces.....	102
8.1	Kystdirektoratets Procesplan	102
8.2	Erfaringer og diverse generelt.....	105
8.2.1	Bidragsfordeling	106

9. Referencer.....	107
Bilag 1: Bølgeoverskyl	108

Resumé

NIRAS har i samarbejde med Sønderborg Kommune udarbejdet løsningsscenarier for stormflodsbeskyttelse af Sønderborg Havn på østlig og vestlig side af Alssund. Indledningsvist er de historiske hændelser belyst og det fremgår at der igennem tiden har været flere hændelser af kritisk karakter, senest med stormfloden i oktober 2025 der nåede op på 2,1 m DVR90. Det er som forudsætning valgt at beskytte byen imod hvad der svarer til ca. en 100 års hændelse i 2075 på 2,5 m DVR90. Den laveste del af Sønder Havnegade oversvømmes allerede ved vandstande på ca. 1,2 m DVR90.

I undersøgelsen af hvilke løsningsmuligheder, som er relevante for projektområdet, har NIRAS udarbejdet et DAPP-skema (Dynamic Adaptive Policy Pathway) og en multikriterieanalyse. DAPP-skemaets formål består i at vise hvilke adaptive (tilpasningsparate) løsninger, som er mulige for hhv. vestsiden og østsiden af Alssund. Sønder Havnegade har en høj kulturel værdi med bl.a. cafeer, hvorfor denne strækning ønskes en betydeligt mere adaptiv løsning ift. hyppigheden ved at skifte løsningsmulighed. Vestsiden af Alssund har derimod mere plads til bredere løsninger, hvilket medfører at flere løsningsmuligheder er tilgængelige. Multikriterieanalysen viste efterfølgende hvilke løsningsmuligheder som bedst varetog tre interessegruppers prioriteringer. Den højest scorende løsning varierede for de tre grupper hvilket afspejler at analysen afdækker specifikke behov og er vejledende og skal videreudvikles.

Baseret på DAPP-analysen og multikriterieanalysen præsenterer NIRAS forskellige alternativer langs 6 strækninger for hhv. østsiden og vestsiden af Alssund. Baseret på mulighederne der er vurderet og analyseret, har NIRAS og Sønderborg Kommunes projektgruppe udvalgt en anbefalet løsning, der består af mure, diger og mobile søjle-bjælke-løsninger. For den anbefalede linieføring er der beregnet et konservativt estimat for et bølgetillæg til endelig fastlæggelse af kronekote. Bølgetillægget er tillagt stormflodskoten, for at bestemme en forventet kronekote på anlæggene. Kronekoten er udregnet til at være mellem +2,6 til +3,5 m DVR90 på vestsiden af Alssund, hvilket giver en højde over terræn på maksimalt ca. 2,2 m. For østsiden af Alssund er kronekoten udregnet til +2,8 m DVR90, hvilket giver en højde over terræn på maksimalt 1,95 m. Udregningen er en simpel og vejledende udregning, og skal genberegnes når endelige placeringer, løsningstyper og dimensioner kendes og der kan indarbejdes målrettede konkrete løsninger til reduktion af koten over terræn. Det forventes at tiltag vil kunne reducere bølgetillægget.

I forbindelse med projektet er der udført et indledende studie af bølgepåvirkning langs projektstrækningen og logning af grundvand for at analysere sammenhæng mellem havvandsstanden og grundvandsstand.

NIRAS har yderligere estimeret et indledende anlægsoverslag på de anbefalede løsninger, med en pris på hhv. 34 mio. kr. (ekskl. moms) for vestsiden, og 42 mio. kr. (ekskl. moms) for østsiden. Der er på dette stadie indarbejdet en uforudsete margin på 25%.

1. Indledning

Gennem tiden har Sønderborg været ramt af gentagende stormfloder, som har forårsaget store skader langs de lavtliggende kystnære arealer, bl.a. massive oversvømmelser langs begge sider af Alssund. Senest ved stormen Babet som ramte det sydlige Danmark d. 20.-21. oktober 2023 med en maksimal vandstand i Sønderborg på 2,1 m DVR90.

Betingelsen for at erklære stormflod er, at højvandet statistisk set sker sjældnere end hvert 20. år. Efter en højvandshændelse er det Stormrådet der afgør, om det karakteriseres som en stormflod. Stormrådet foretager denne vurdering i samarbejde med Danmarks Meteorologiske Institut og Kystdirektoratet.

Normalt dækker forsikringer ikke skader forårsaget af højvande. Men hvis Stormrådet karakteriserer højvands-hændelsen som en stormflod, kan der søges erstatning fra den offentlige stormflodsordning.

Langs Alssund forekommer der skadesforvoldende oversvømmelser for højvandstande, der er betydeligt under en 20 års hændelse. Det er langt de fleste vintre, hvor der flere gange opleves oversvømmelser af Sønder Havnegade hvor vejen må afspærres. Dette skyldes at vejen bliver ødelagt, hvis der køres på den mens den er våd.

I 2022 vedtog Sønderborg Kommune en handleplan for klimatilpasning hvor det bl.a. er angivet at Sønderborg Kommune skal undersøge mulige langsigtede strategier for beskyttelse af bygninger og øvrige aktiver for en del af Sønderborg havnefront langs Alssund mod skadevoldende oversvømmelser relateret til stigende havvandstand og stormflod. Projektområdet på øst og vestsiden af Alssund fremgår af Figur 1.1.



Figur 1.1: Projektområdets afgrænsning

NIRAS har analyseret scenarier for dynamisk adaptiv stormflodsbeskyttelse gennem en justeret DAPP-proces (Dynamic Adaptive Policy Pathways). Den originale DAPP-proces er målrettet hollandske udfordringer og derfor har Kystdirektoratet udarbejdet en justeret proces, der tager danske forhold bedre i betragtning. F.eks. ved at skabe overblik over mulige tiltag der kan tages ift. oversvømmelse, sætte tiltagene op mod hinanden og i relation til hinanden.

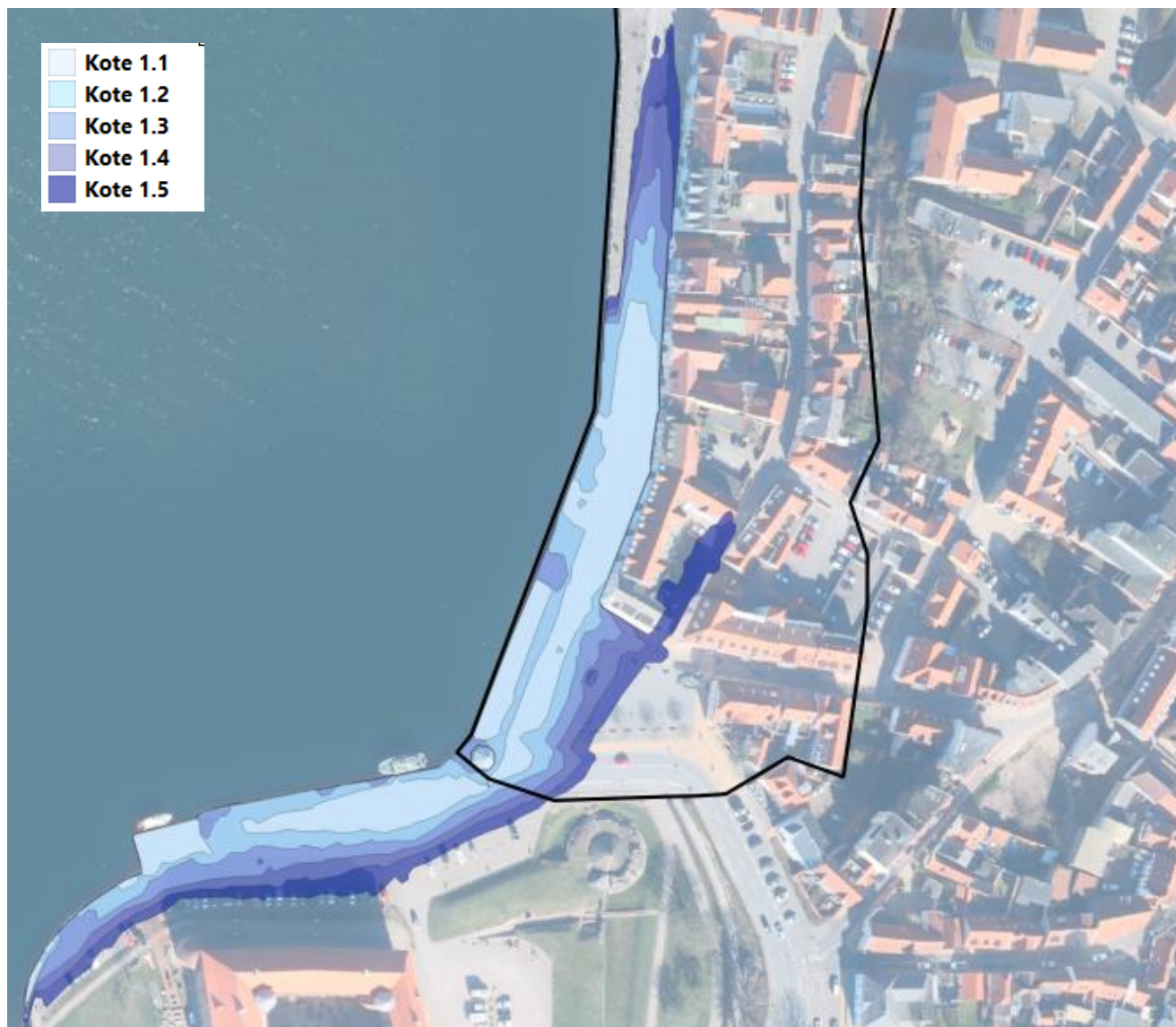
Relevante medarbejdere, ledere og chefer i kommunen har været inddraget i processen, ligesom der har været afholdt et borgermøde og to borgercafeer. I tillæg hertil afholdes online møder. Som en del af DAPP-processen er de foreslåede løsninger blevet bedømt i en multikriteriemodel, der muliggør en sammenligning af løsningsforslag.

På basis af disse grundlæggende tanker og ønsker er der skitseret en anbefalet beskyttelsesmetode og placering af anlæg, og der er opstillet et groft indledende anlægsoverslag.

Nærværende rapport beskriver projektets resultater.

2. Baggrund for oversvømmelsesbeskyttelse

Sønderborg oversvømmes ofte fra Alssund. Allerede ved vandstande i Alssund i kote 1,1 m over normal vandstand (1,1 m DVR90) bliver de lavest liggende områder i projektområdet oversvømmet på østsiden af Alssund (se Figur 2.1 og Figur 2.2). Figurerne viser oversvømmet område op til en vandstand på 1,5 m over normalen. Som det ses, vil vand nå til bagsiden af den første række huse i sydlig ende af Sønder Havnegade.



Figur 2.1: Områder der oversvømmes ved Sønderborg Slot og sydlige del af Sønder Havnegade ved vandstande i kote 1,1, 1,2, 1,3, 1,4 og 1,5 m DVR90.



Figur 2.2: Områder der oversvømmes på østsiden af Alssund under Kong Christian den X's Bro ved vandstande i kote 1,1, 1,2, 1,3, 1,4 og 1,5 m DVR90.

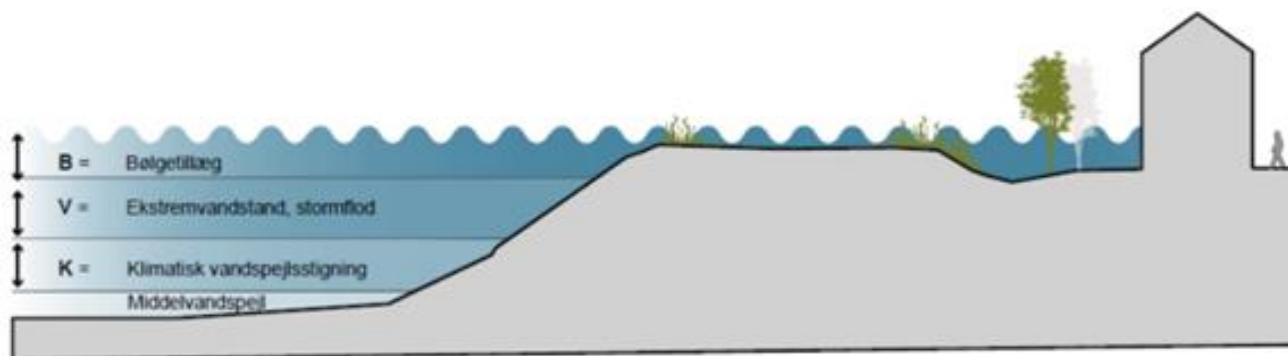
På vestsiden af Alssund begynder der at ske oversvømmelser ved kote 1,5 m DVR90, men her er det i høj grad strandareal og vej der oversvømmes ved de lave vandstande. Den sydvestligste del af projektområdet er i høj grad udsat for bølgepåvirkning.



Figur 2.3: Områder der oversvømmes på vestsiden af Alssund vandstande i kote 1,25 og 1,5 meter DVR90.

Ved en stormflod eller højvandshændelse stiger vandstanden langs kysterne til et niveau, der er langt højere end normalt. Stormfloder forekommer, når vind presser vand ind mod kysten uden at det har tilsvarende mulighed for at trænge væk.

Ud over ekstremvandstanden relateret til stormflod, kan der forekomme bølger. Størrelsen af bølger afhænger blandt andet af vindretning, vanddybde, størrelse af det frie stræk hvor bølgerne kan opbygges og om lokaliteten er beskyttet mod bølger af diverse barrierer som f.eks. en smal fjord.



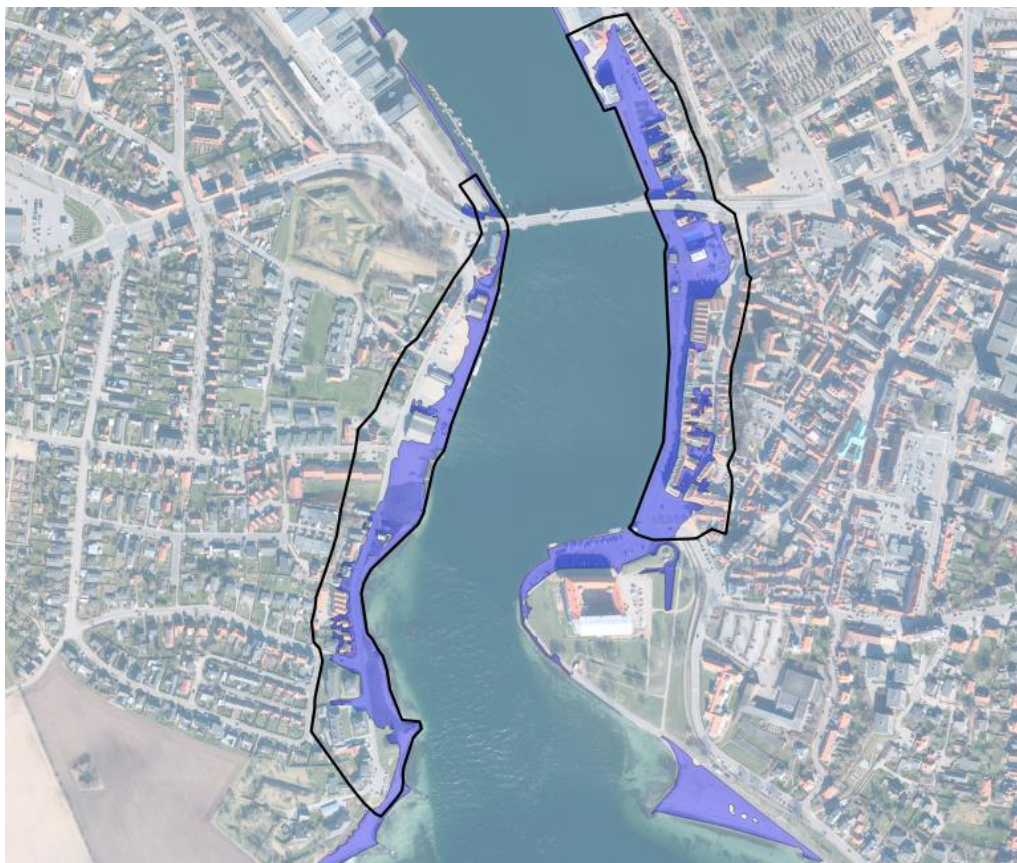
Figur 2.4: Stormflodsvandstanden afhænger af middelvandsspejlet, den klimatiske vandspejlsstigning, ekstremvandstanden relateret til stormflod og bølgetillægget.

Middelvandstanden på verdensplan vil i fremtiden stige pga. den globale opvarmning, der er relateret til menneskets øgede udledning af drivhusgasser. Dette benævnes også den klimatiske vandspejlsstigning.

Grundet den klimatiske vandspejlsstigning vil stormfloder i fremtiden blive højere end i dag. En stormflodsvandstand der i dag forekommer statistisk set hvert 100. år vil i fremtiden forekomme langt oftere.

Siden d. 16. december 2000 har der været placeret en vandstandsmåler i Sønderborg Havn, som løbende måler vandstand. Under stormfloden d. 20.-21. oktober 2023, blev der målt en vandstand på 2,10 m i Sønderborg Havn. Før denne hændelse var den højeste målte vandstand 1,72 m som blev målt d. 5. januar 2017.

Jf. Sønderborg Kommunes Klimatilpasningsplan 2022 er en 100 års stormflod i Sønderborg fastlagt til 2,00 m over normal vandstand. Områder der oversvømmes ved denne kote kan ses af nedenstående Figur 2.5.

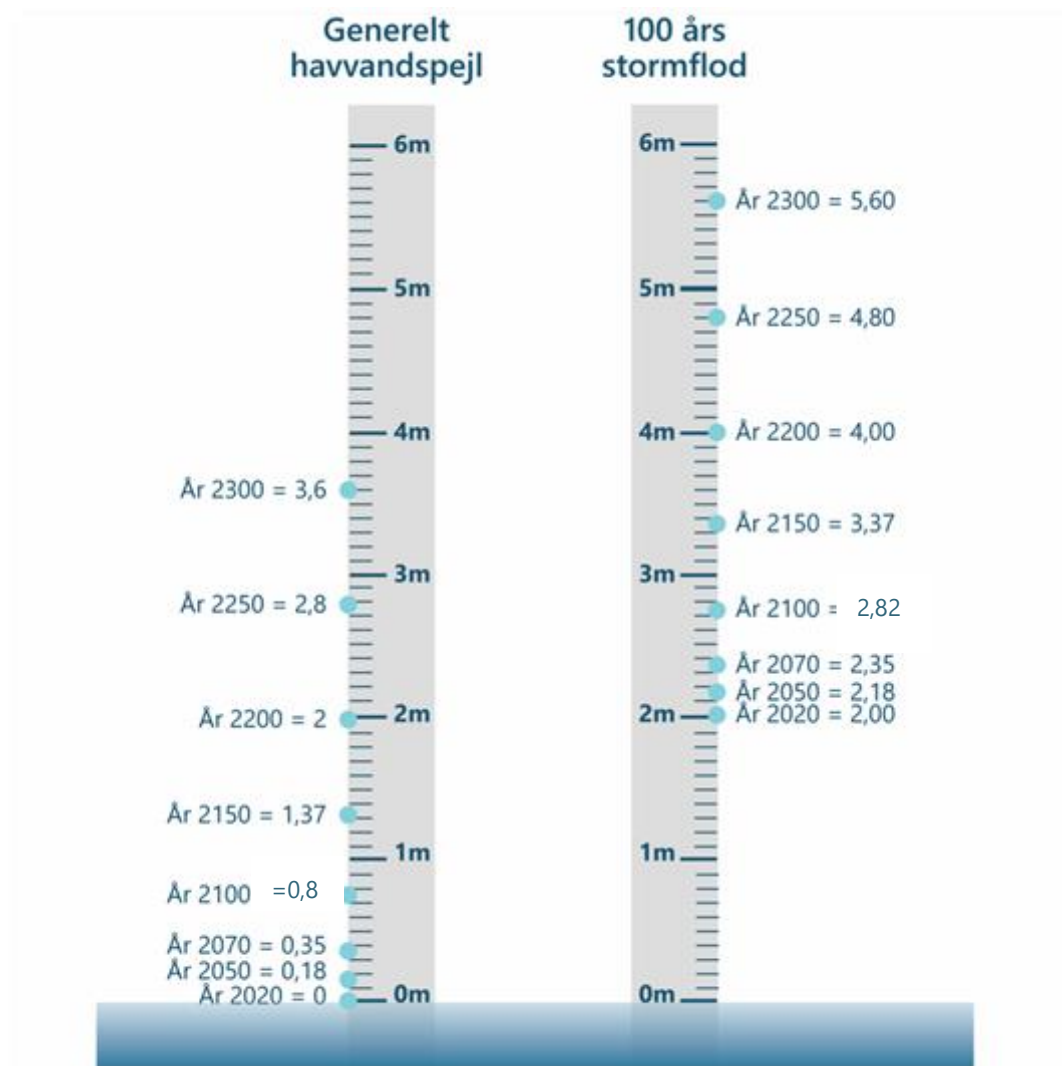


Figur 2.5: Områder der oversvømmes ved en havvandsstand i kote 2,0 meter over normale vandstande.

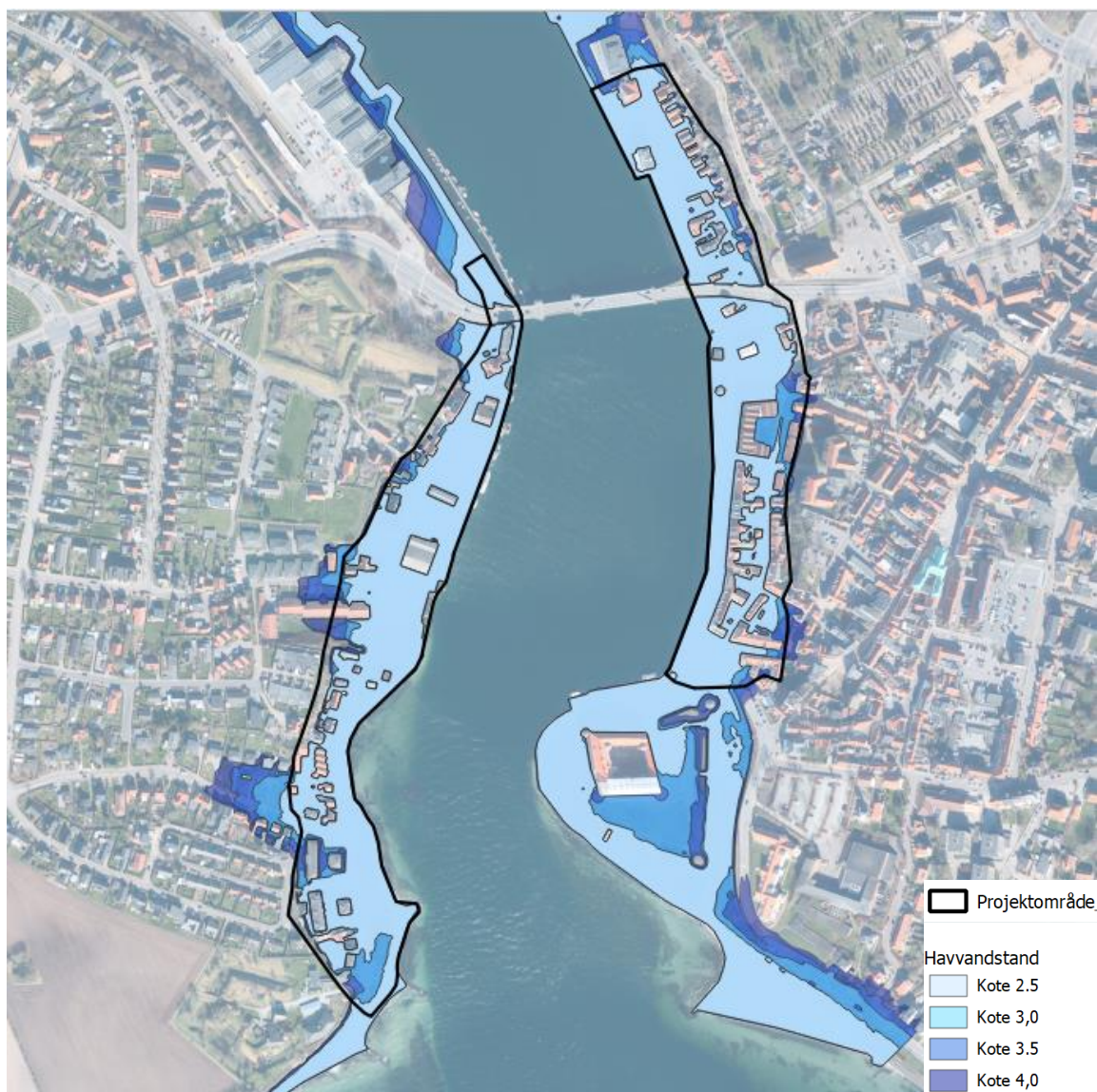
Grundet menneskeskabte klimaforandringer stiger havvandsstanden. Det betyder, at en 100-årshændelse i fremtiden vil resultere i en stormflod i en højere kote end i dag. Det internationale samarbejde kaldet IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) samler forskningsresultater for fremtidens klima og kommer på baggrund her af med forventninger til hvordan fremtidens klima forventes at blive. Der er store usikkerheder forbundet med disse forudsigelser men ift. udviklingen i havspejlet er det meget sikkert, at det kommer til at stige. Usikkerheden ligger i hvor hurtigt det kommer til at gå. Det er ligeledes forventningen, at det kommer til at foregå over de kommende flere hundrede år. Der er stor usikkerhed på hvordan fremtidens vejrmønstre med højtryk og lavtryk kommer til at påvirke Danmark og derfor ikke nogen endelig forventning til fremtidens storme. Men det er dog forventningen, at de vejrmønstre vi kommer til at opleve varer længere, end hvad vi har været vant til.

Af Figur 2.6 ses udviklingen i en 100 års højvandshændelse over tid baseret på RCP8.5 scenariet fra FN's Klimapanel. Det er altså værd at bemærke at vandstanden forventes at fortsætte med at stige på meget lang sigt, og derfor er stormflodsbeskyttelse ikke en statisk løsning på lang sigt.

Udbredelse af oversvømmelse i projektområdet ved stormfloder til forskellige koter er vist på Figur 2.7. Udbredelse af stormflod op til 4 m svarer ca. til en 100-årshændelse i år 2200.



Figur 2.6: Udviklingen i en 100 års stormflod i Sønderborg som følge af havspejlsstigninger.



Figur 2.7: Udbredelse af oversvømmelse ved stormfloder i henholdsvis kote 2,5, 3,0, 3,5 og 4,0.

2.1 Skadesomkostninger

I nedenstående Tabel 2.1 er der angivet hvor mange boligenheder, der sikres til en given kote.

Tabel 2.1: Kote der sikres til samt boligenheder der sikres ved den givne kote.

Kote	Boligenheder
2	314
2,5	436

I det følgende er angivet skadesomkostninger i projektområdet ved stormfloder og vandstandsstigninger til forskellige niveauer. Opgørelsen er udført i efteråret 2023 baseret på onlineværktøjet KAMP, der er et overordnet screeningsværktøj.

Tabel 2.2 Østsiden af Alssund – Potentielt påvirkede veje og bygninger, samt estimeret bygningsværdier til forskellige havvandstandskoter. Analysen er gennemført i KAMP.

Skadesomkostninger – østsiden af Alssund			
Kote	Km vej	Antal bygninger	Offentlig ejendoms-værdi [mio. kr.]
1,5	1,1	35	46,0
2,0	1,5	80	85,0
2,5	1,9	116	131,0
3,0	2,1	133	143,0
3,5	2,2	141	147,0
4,0	2,3	143	148,0
4,5	2,5	146	148,0

Tabel 2.3 Vestsiden af Alssund – Potentielt påvirkede veje og bygninger, samt estimeret bygningsværdier til forskellige havvandstandskoter. Analysen er gennemført i KAMP.

Skadesomkostninger – vestsiden af Alssund.			
Kote	Km vej	Antal bygninger	Offentlig ejendoms-værdi [mio. kr.]
1,5	0,2	3	1,5
2,0	0,6	31	14,0
2,5	1,0	73	61,0
3,0	1,1	82	63,0
3,5	1,1	83	63,0
4,0	1,1	85	64,0
4,5	1,2	88	64,0

Indenfor projektområdet er der særlige kulturværdier, som er i risiko for oversvømmelse. På østsiden af Alssund er der Sønderborg Slot, 4 fredede bygninger ved Søndergade/Bagergade, 2 fredede bygninger ved Havbogade, bevaringsværdige (historiske og karaktergivende) bygninger ved blandt andet Havbogade, Nørre bro og Sønder Havnegade samt Multikulturhuset. På vestsiden af Alssund er der mange bevaringsværdige bygninger som f.eks. Sundhalle samt Sundgade 3, som tidligere gik under navnet Hotel Alhambra.

Derudover har havnefronten langs Alssund stor betydning for Sønderborgs identitet og egenart. Området er forbundet med traditioner og er et kerneelement i Sønderborgs succesfulde tiltrækning af turister og har betydning for fastholdelse og tiltrækning af borgere til kommunen. Den vestlige side danner ligeledes forbindelsen for Gendarmstien og bag strækningen står skanser og Dybbøl Mølle.

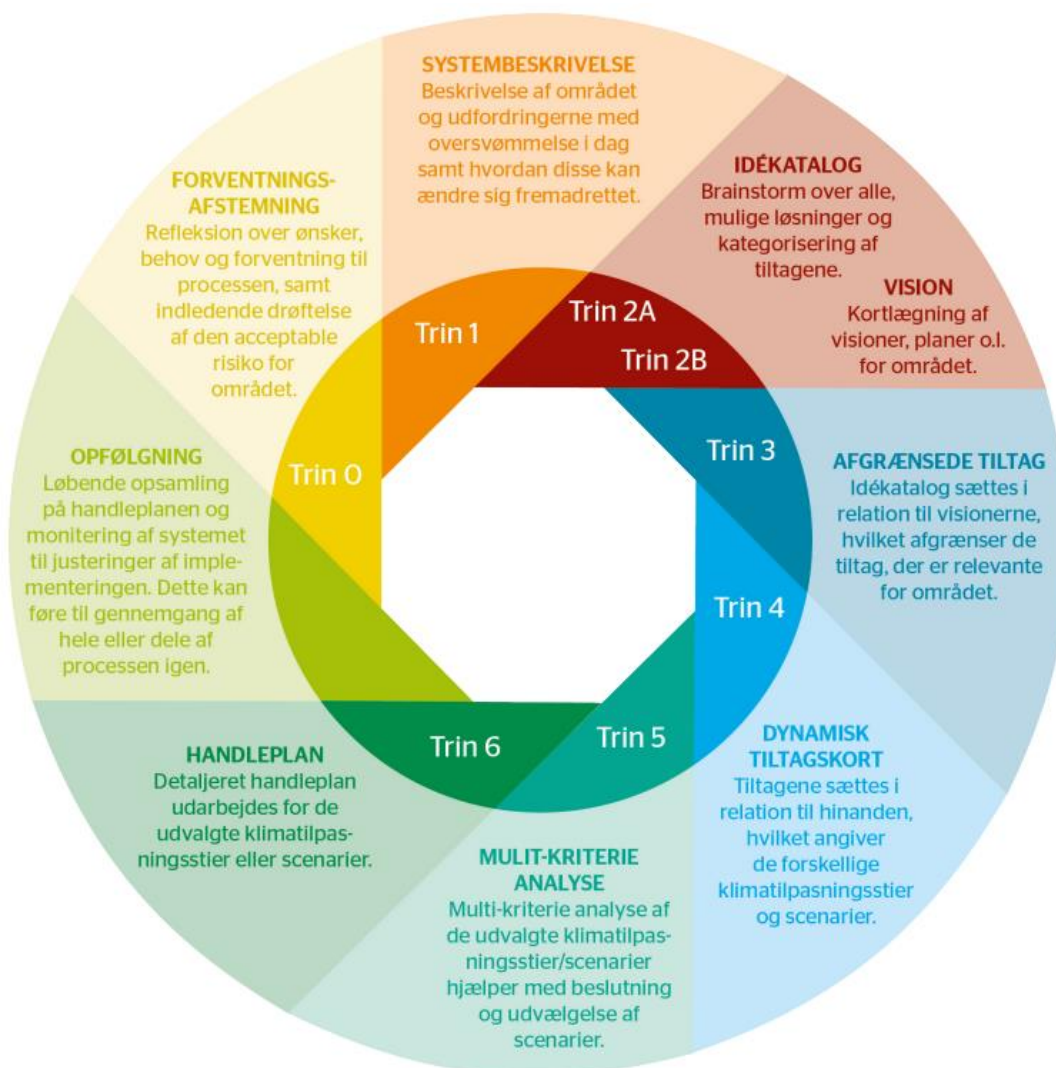
3. DAPP-processen

Projektets proces tager udgangspunkt i den justerede proces for dynamisk adaptiv planlægning videreudviklet af Kystdirektoratet til danske forhold baseret på den hollandske DAPP-metode (Kystdirektoratet, 2020).

DAPP er et værktøj, som skal hjælpe med at skabe overblik over mulige tiltag der kan implementeres ift. oversømmelse, sætte tiltagene op mod hinanden og i relation til hinanden. Processen præsenteret i (Kystdirektoratet, 2020) henvender sig primært mod kommunale planlægger og andre kommunale ansatte, som arbejder med planlægning eller klimatilpasning i en ukendt fremtid ift. klimaet. DAPP-processen består af syv trin (trin 0-6, hvor trin 2 er todelt) og er illustreret i Figur 3.1. I starten af (Kystdirektoratet, 2020) DAPP-processen forventningsafstemmes om bl.a. behov og acceptabel risiko, efterfølgende skal der udføres en beskrivelse af området og de udfordringer der må være. Derefter brainstormes der over potentielle løsninger i et idékatalog og visioner, planer mm. kortlægges I næste trin sættes løsningerne i relation til hinanden og man kan frasortere irrelevante tiltag. Når tiltagene er besluttet sættes de op i et dynamisk tiltagskort ift. valgte klimatilpasningsstier og scenarier, hvor udvalgte scenarier analyseres i en multikriterie-analyse ift. valgte emner såsom bæredygtighed. Til sidst udarbejdes en handleplan, hvor man løbende efterfølgende skal genbesøge handleplanen og processen for at se om dele af processen skal gentages.

3.1 Trin i DAPP-processen

Ved at gennemgå de syv trin i DAPP-processen identificeres forskellige tiltagsscenarier, der er i overensstemmelse med de bindinger og visioner, der er relevante i et givent område. Der skabes overblik over tiltagenes indbyrdes sammenhæng og sammenspil over tid. På denne måde kan planlægningen tage højde for de store usikkerheder, der er forbundet med udviklingen i klimaforandringerne. Der opnås desuden et overblik over, hvornår de forskellige tiltag ikke længere er tilstrækkelige og skal suppleres/erstattes af nye tiltag. Der kan således tages aktive og bevidste valg om klimatilpasningsscenarierne.



Figur 3.1: Den justerede proces for dynamisk planlægning udviklet af Kystdirektoratet.

Kilde: https://kyst.dk/media/84876/metoderapport-dynamisk-planlægning_april_2020.pdf (tilgået 06-10-22)

Igennem DAPP-processen for klimatilpasning af Sønderborg inddrages interessenter fra Sønderborg Kommune, forsyningen SONFOR, havnen, kommunens beredskab, ejere af fast ejendom omkring kystlinien der påvirkes af en stormflodsbeskyttelse og de erhvervsdrivende, der er afhængige af udnyttelse af arealer, trafikale forhold, tilgængelighed og lignende. Dermed kan klimatilpasningen på et tidligt tidspunkt få tværfagligt input fra de mange interessenter og der kan skabes ejerskabsfølelse for anlægget igennem processen helt frem til etablering.

Igennem processen ses der indledningsvist på at forventningsafstemme de grundlæggende parametre for projektet. Dernæst følger en systembeskrivelse af de grundlæggende forhold i området og hvilke udfordringer der er i dag og dermed skal håndteres af en løsning.

Når de grundlæggende forudsætninger og påvirkninger er afstemt, kan der ses ind i løsninger og visioner for en stormflodsbeskyttelse til et givet niveau. Der udarbejdes dynamiske beskrivelser af hvordan forskellige tiltag kan afhjælpe risikoen for oversvømmelse og tiltagene vurderes af relevante interessenter gennem en rangering af tiltagene i multikriterieanalysen.

Baseret på de denne proces nås der frem til en anbefalet løsning. Proces og resultat beskrives i denne rapport.

4. Historiske stormfloder

I dette afsnit beskrives kortfattet kendskabet til historiske stormfloder og højvandshændelser i området. Sønderborg rammes af høje vandstande under kraftig vind fra østlig retning. Sønderborg er særligt udsat når en periode med stærk vestenvind afløses af en periode med stærk østenvind.

Der findes adskillelige billeder af oversvømmelser langs Alsund gennem tiden. Det forholder sig således, at der forekommer skadesforvoldende oversvømmelser i Sønderborg, blandt andet fra oversvømmelser i 1904, 1931, 1941, 1954, 1956, 1972, 1981, 1983, 1988, 1991, 1992 og 1995, og senest ifm. stormen Babet d. 20.-21-oktober 2023. De største kendte stormfloder i Sønderborg-området er blevet kortlagt. Disse fremgår nedenfor.

- 1044:** Stormflod fra øst. Mere end 3 meters vandstandsstigning registreret i Danmark.
- 1304:** Stormflod fra øst. Mere end 3 meters vandstandsstigning registreret i Danmark.
- 1320:** Stormflod fra øst. 3,2 meters vandstandsstigning registreret i Danmark.
- 1449:** Stormflod fra øst. Mere end 3 meters vandstandsstigning registreret i Danmark.
- 1625:** Stormflod fra øst. 3,15 meters vandstandsstigning registreret i Danmark.
- 1691:** Stormflod fra øst. Omkring 3 meters vandstandsstigning registreret i Danmark.
- 1694:** 2,70 meter i Flensborg.
- 1760:** Stormflod fra øst. Køge ramt af voldsom stormflod, værre end Køge blev ramt i 1872. 3,7 meters vandstandsstigning registreret i Danmark.
- 1835:** 2,54 meter i Flensborg. Sønderborg og Aabenraa ramt.
- 1836:** 2,75 meter i Kiel, 2,20 meter i Lübeck. Omfattende skader i Aabenraa.
- 1867:** 2,04 meter i Lübeck. Omfattende skader i Aabenraa.
- 1872:** 3,35 meter i Sønderborg.
- 1890:** Skibbroen under vand i Flensborg. 2,10 meter i Travemünde.
- 1893:** Skibbroen og tilstødende gader i Flensborg oversvømmet. 1,78 meter i Lübeck.
- 1898:** Sønderborg, Gråsten, Aabenraa og Haderslev ramt. Vand trængte ind i huse i Aabenraa.
- 1904:** 2,33 meter i Flensborg. Ca. 2 meter i Aabenraa.
- 1912:** 2,30 meter i Aabenraa Fjord.
- 1941:** Næsten 2 meter over normalen i flere dage.
- 1954:** 1,5 meter over normalen i Gråsten.
- 1995:** 2 meter over normalen i Aabenraa.
- 2017:** 1,72 meter over normalen i Sønderborg.
- 2023:** 2,10 meter over normalen i Sønderborg.

Figur 4.1: Historiske stormfloder i Sønderborg området.

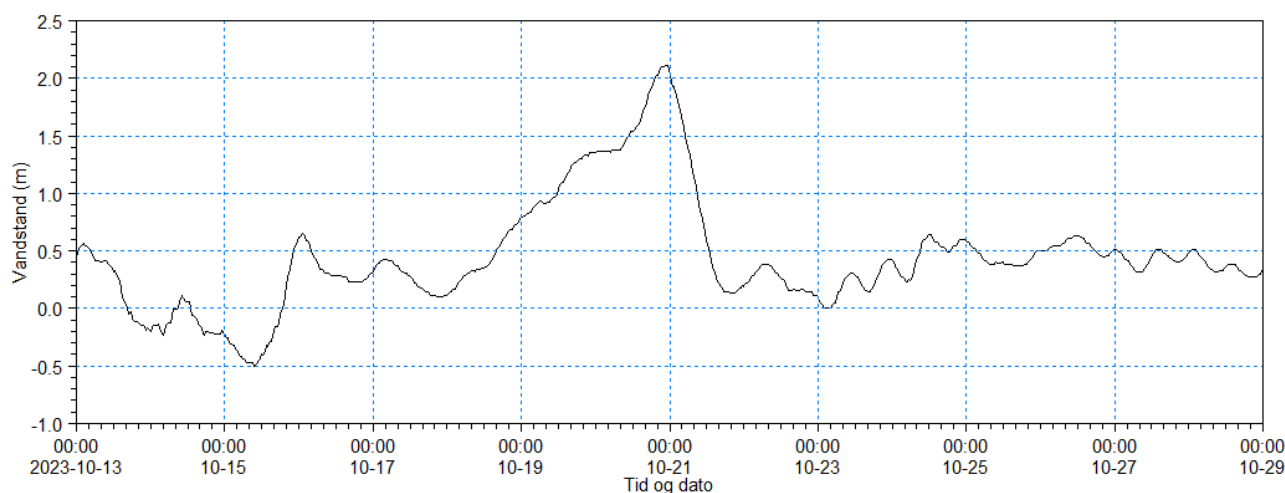
I Sønderborg findes der markeringer af vandstanden for stormfloden i 1904 og 1872 ved det tidligere hotel Als-sund. Stormfloden i 1872 har også været markeret på Sønder Havnegade 26. Denne bygning eksisterer dog ikke mere.



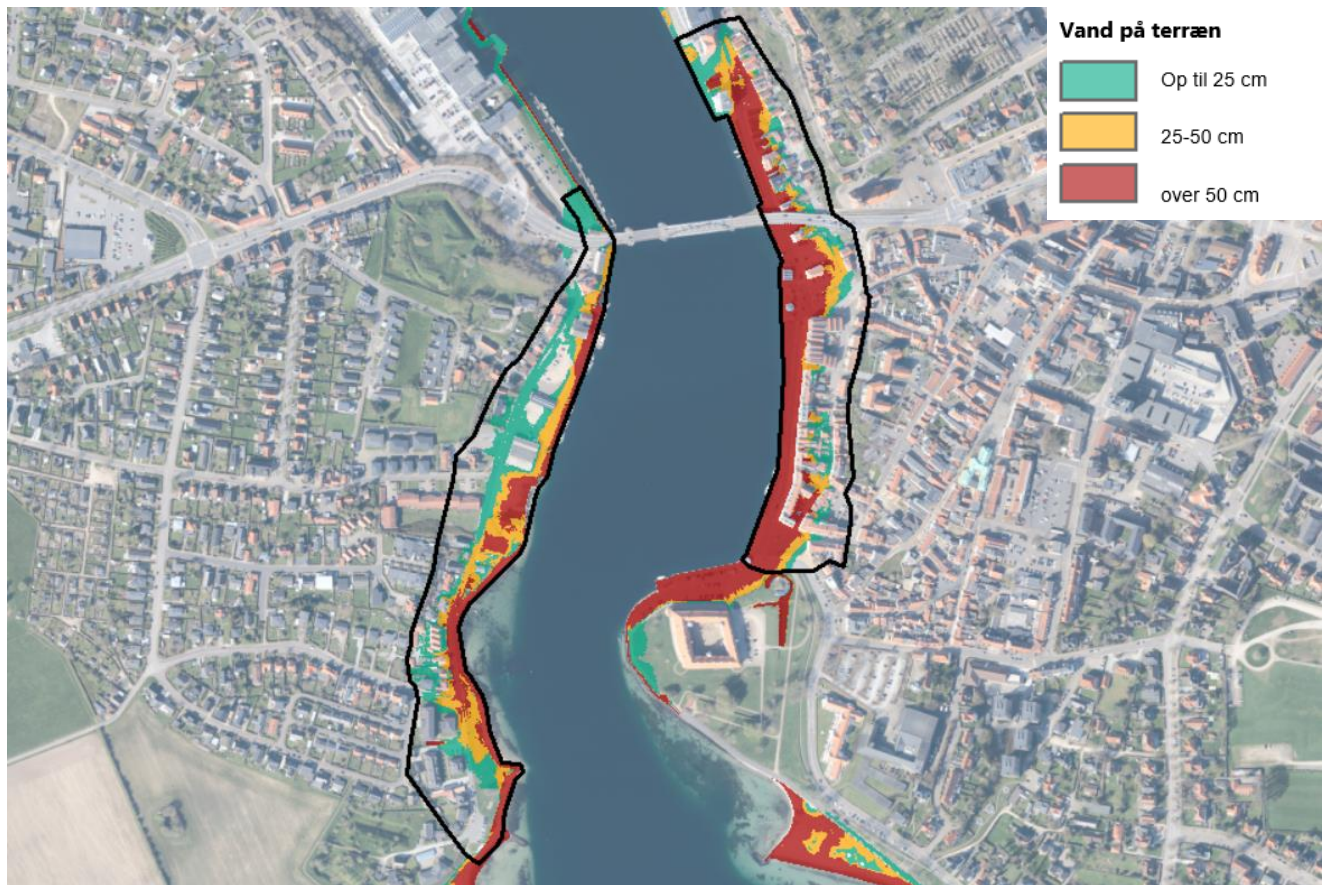
Figur 4.2: Markering af vandstand for stormfloden i 1904 og stormfloden i 1872 ved det tidligere hotel Alssund er vist tv. og til højre ses tidligere markering af vandstand for stormfloden i 1872 på Sønder Havnegade 26. Bygningen er nedrevet i dag.

4.1 Stormfloden Babet d. 20-21. oktober 2023

I efterårsferien 2023 blev Sønderborg ramt af den største stormflodshændelse i nyere tid. Kraftig vestenvind havde fyldt Den Botniske Bugt op med vand og da vinden vendte og kom kraftigt fra øst, forårsagede det stormflod blandt andet langs Sønderjyllands østkyst. Vandstanden kulminerede i Sønderborg med 2,1 m over normale vande (2,1 m DVR90) omkring midnat, natten til lørdag d. 21. oktober 2023, som vist i Figur 4.3. Som det fremgår, var vandstanden over 1,1 m (hvor vandet begynder at oversvømme Sønder Havnegade) i ca. 42 timer.



Figur 4.3: Vandstandsvariationen omkring stormfloden 20.-21. oktober 2023 baseret på måledata fra Sønderborg/DMI.



Figur 4.4: Oversvømmelser langs Alssund ved en stormflod i kote 2,10 m DVR90.

Af Figur 4.4 fremgår oversvømmelsesdybder for en statisk stormflod i kote 2,1 m langs Alssund. Figuren viser ikke hvordan bølger har påvirket strækningen.

Stormfloden forårsagede oversvømmelser og ødelæggelser på begge sider af Alssund. I de følgende afsnit ses billedokumentation af stormfloden langs Alssund dokumenteret under og efter stormfloden.

4.1.1 Østsiden af Alssund



Figur 4.5: Oversvømmelser nord for Kong Christian den X's Bro den 20. oktober 2023 om eftermiddagen.



Figur 4.6: Oversvømmelser ved Havbohusene den 20. oktober 2023 om eftermiddagen.



Figur 4.7: Oversvømmelser i den nordlige del af Sønder Havnegade d. 20. oktober 2023 om eftermiddagen.



Figur 4.8: Oversvømmelser langs Sønder Havnegade d. 20. oktober 2023 om eftermiddagen.

4.1.2 Vestsiden af Alssund



Figur 4.9: Dagen derpå i Sundgade den 21. oktober 2023 om morgenen.



Figur 4.10: Dagen derpå. Sundgade om morgenen d. 21. oktober 2023.



Figur 4.11: En ødelagt mur under stormfloden, dagen derpå i Sundgade den 21. oktober 2023 om morgenen.



Figur 4.12: Bølgerne har transporteret denne flydebro på tværs af Alssund og et godt stykke ind på land i Sundgade. Dagen derpå d. 21. oktober 2023 om morgenen.



Figur 4.13: Stormfloden nåede et godt stykke op ad sidegaderne til Sundgade. Dagen derpå den 21. oktober 2023 om morgenen.



Figur 4.14: Tøøren dagen derpå den 21. oktober 2023 om morgenen.



Figur 4.15: Bølgerne har transporteret lidt af hvert med sig under stormfloden. Dagen derpå d. 21. oktober 2023 om morgenen ved Tøren.



Figur 4.16: Erosionshuller ved kysten langs Sundgade forårsaget af Babet stormfloden. Billeder er taget d. 16. januar 2024.

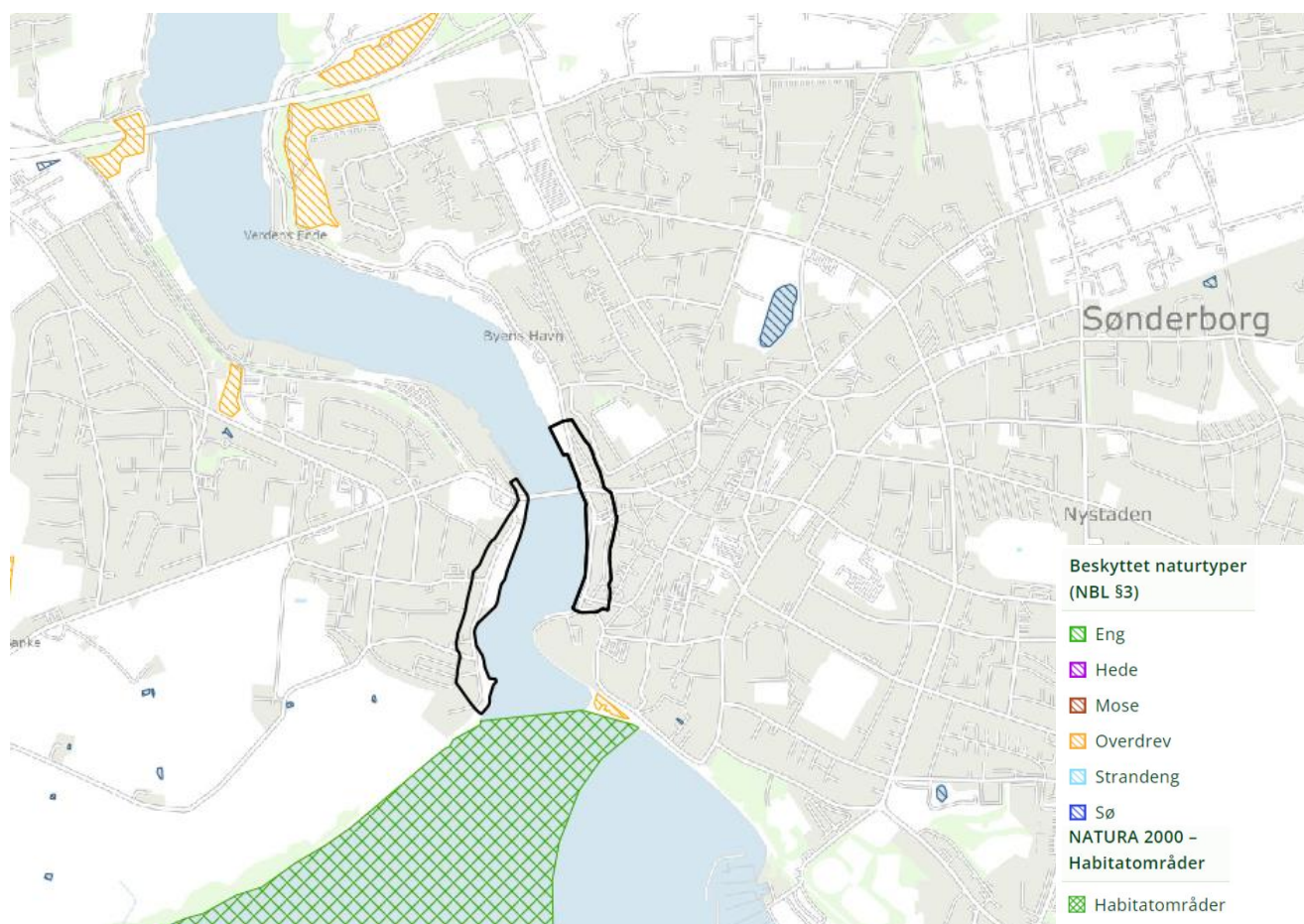
5. Væsentlige forhold i projektområdet

I det følgende beskrives de væsentligste forhold i projektområdet i forhold til planlægning af stormflodsbeskyttelse, herunder planmæssige og juridiske bindinger, kajer og ankre, bølgehøjder, erosionsforhold og ledningsanlæg.

5.1 Bindinger i projektområdet

I det følgende er væsentlige bindinger i projektområdet angivet.

Figur 5.1 viser beskyttede naturtyper i og omkring projektområdet. Heraf ses det, at der indenfor projektområdet ikke er beskyttede naturtyper. Syd for projektområdet er sundet et beskyttet Natura 2000 habitatområde. Derudover er der flere mindre områder med beskyttede naturtyper omkring projektområdet.



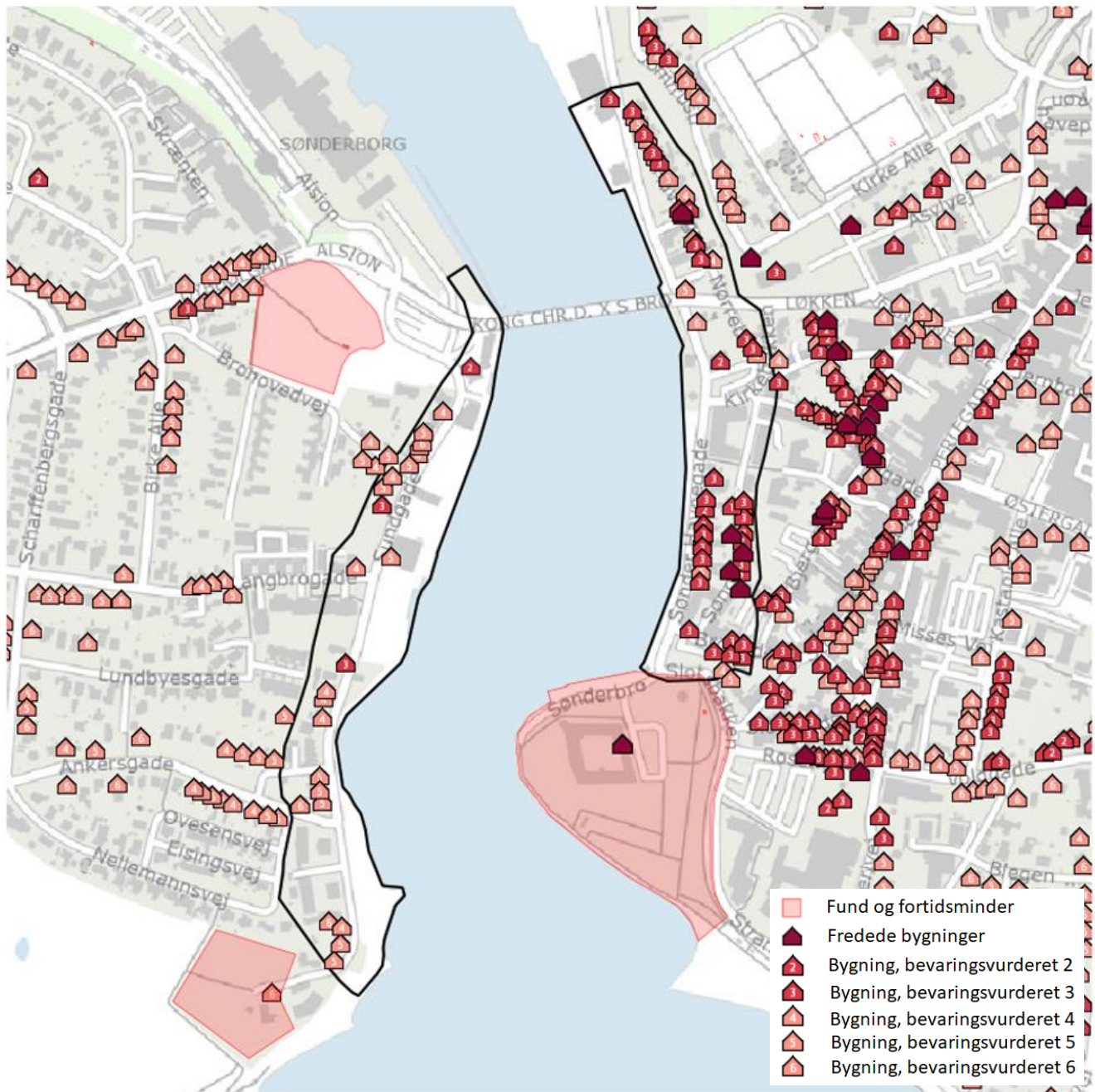
Figur 5.1: Angivelse af beskyttede naturtyper i og omkring projektområdet.

Figur 5.2 viser fredede områder, hvoraf det ses der er flere rundt om Alssund men ingen direkte i projektområdet.

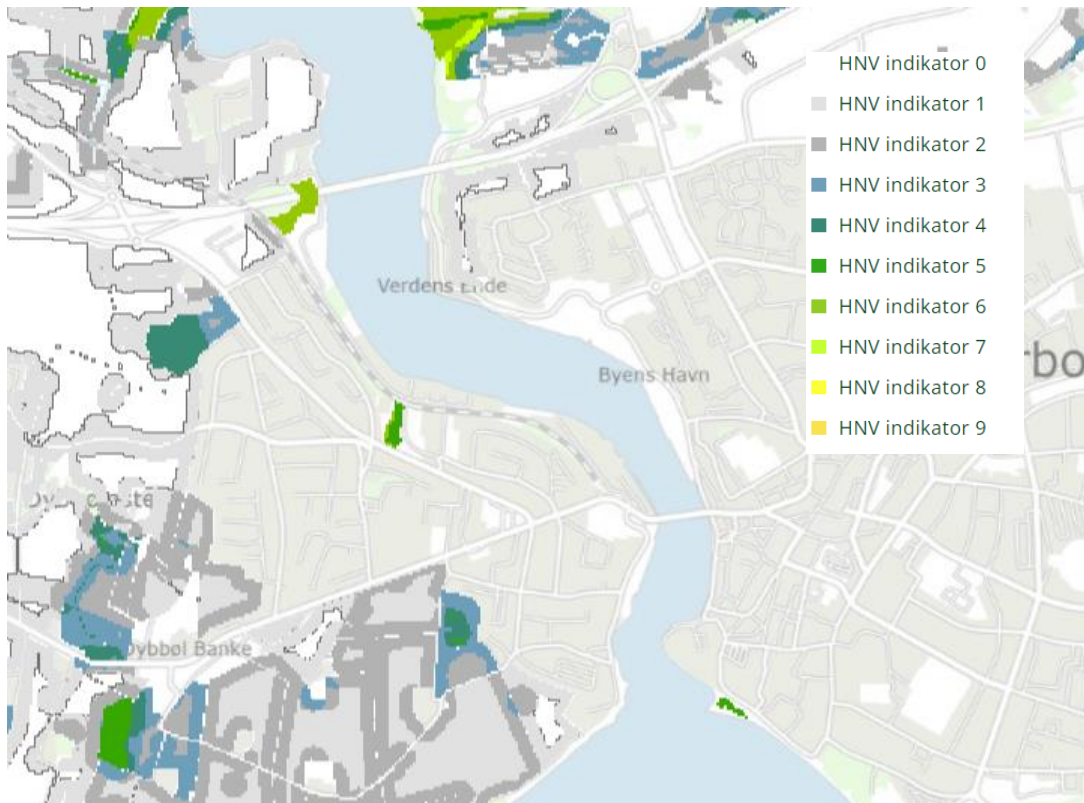


Figur 5.2: Fredede områder omkring projektområdet.

Figur 5.3 angiver fredede bygninger, fredede områder og bevaringsværdige bygninger i kategori 2-6. Heraf ses det, at der indenfor projektområdet er flere fredede bygninger på østsiden af Alssund og mange bevaringsværdige bygninger (i kategori 2-6) samt et beskyttet område ved Sønderborg Slot. De mange bevaringsværdige bygninger er placeret på både østlig og vestlig side af Alssund. Disse bygninger vil ved en stormflodsbeskyttelse ligge tæt op ad beskyttelsen.



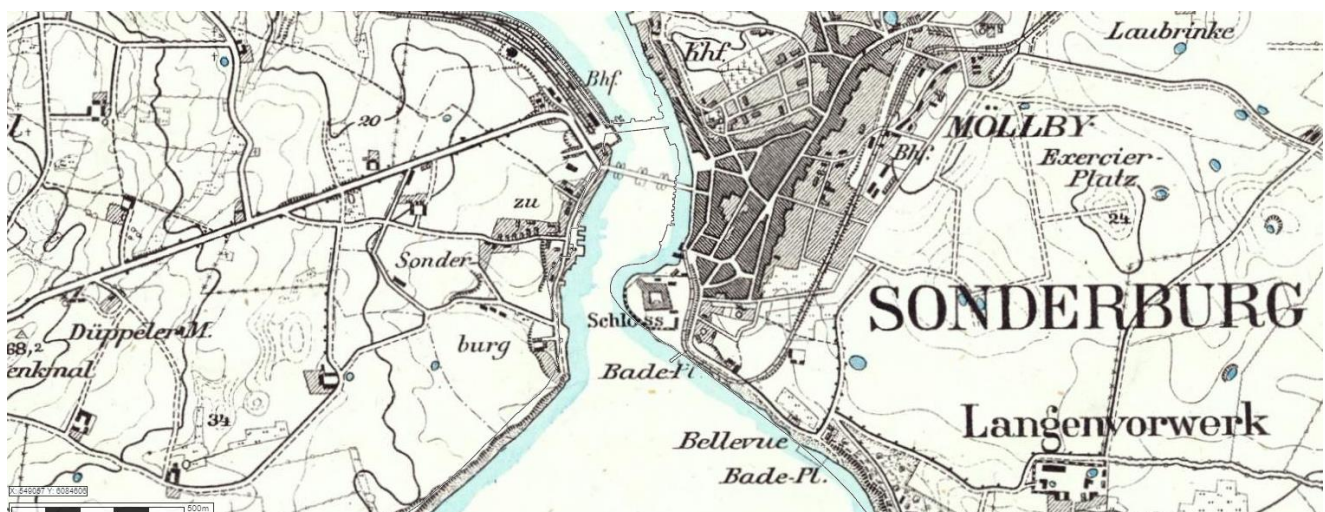
Figur 5.3: Angivelse af diverse fredninger og bevaringsværdige bygninger i kategori 2-6 i og omkring projektområdet. Der er kun vist bevaringsværdige bygninger i kategori 2-6, da kategorier over 6 kun har en lille bevaringsværdi, og kategori 1 er ofte også angivet som en fredet bygning. Sundgade 3 er tildelt kategori efter forventet vurdering.



Figur 5.4: Områder med høj naturværdi.

Figur 5.4 viser områder omkring projektområdet med høj naturværdi. Det fremgår at der ikke ligger områder inden for projektets afgrænsning.

Figur 5.5 viser et Preussisk målebordsblad ved Sønderborg, der vurderes senest opdateret mellem 1877-1912. Byens historiske centrum var allerede den gang tydelig omkring Sønderborg Slot.



Figur 5.5: Preussiske målebordsblade med første udgivelse i 1877-1912 (©SDFE).

5.2 Kajer og ankre samt diverse øvrige eksisterende konstruktioner

Langs en stor del af projektområdet er land afgrænset mod vand af kaj konstruktioner af forskellig alder og type. Der er i nærværende projekt ikke udført forundersøgelser for at klarlægge de eksakte konstruktioner der findes under belægningen. Dette vil være en væsentlig opgave i næste fase. Det er dog undersøgt om der findes detaljeret materiale, og for nogle strækninger er det ikke tilgængeligt.

Figur 5.6 viser den østlige side af Alssund, hvor der langs en stor del af strækningen er træbrygge yderst mod sundet, der afgrænses af spuns under overgang mellem kaj og vejbelægningen. Der er så vidt vides opsat anoder på hele strækningen og det er vigtigt at disse vedligeholdes og spunsens restlevetid sandsynliggøres inden opsætning af en permanent stormflodsbeskyttelse, så der arbejdes med samme levetidshorisont.

Ud over spunsvægge findes der som oftest ligeledes stålankre der rækker ind i baglandet for at fastholde spunsen. Disse ankre vil ved dimensionering være afhængige af, at der er modhold nok til at fastholde spunsen og de vil have en given levetid. Ankre kan påvirke hvordan en potentiel stormflodsløsning som mur vil kunne etableres uden at påvirke eksisterende konstruktioner negativt.

Kaj med eventuelle ankre designs typisk for en levetid på 50 år. Der kan suppleres med anoder for at forlænge spuns levetiden under vandspejlet og en forstøbning af beton, der ligeledes forlænger levetiden af en stålspuns over vandlinjen. Renovering af de eksisterende konstruktioner skal kunne udføres også med en stormflodsbeskyttelse etableret.



Figur 5.6: Billede af konstruktioner på østsiden af Alssund langs Sønder Havnegade.



Figur 5.7: Billeder af kontstruktioner på vestsiden af Allsund.

I tillæg til spuns konstruktioner findes der ofte ældre havnekonstruktioner, som der ikke nødvendigvis er veldokumenteret. Disse kan bestå af større betondæk eller stenkonstruktioner og vil være en hindring for eventuel nedramning af spuns eller gravearbejde. Figur 5.7 viser de eksisterende konstruktioner ved Sundgade 3 og muren langs Sundgade hvor et glacis markerer afgrænsning til hav. Etablering af en stormflodsbeskyttelse på disse strækninger kræver en detaljeret viden om design forudsætninger. Det vil formentlig være nødvendigt at etablere nye konstruktioner på disse strækninger.

Før etablering af en stormflodsbeskyttelse i Sønderborg vil det være nødvendigt at klarlægge den præcise tilstand af konstruktionerne (hvad enten det er stål, sten, træ eller beton). Det er vigtigt at kende eventuelle konstruktioners designforudsætninger og restlevetid. En kommende stormflodsbeskyttelse af Sønderborg skal projekteres i samspil med de eksisterende forhold.

5.3 Erosion og ændringer i kystlinjen

Kystlinien omkring Sønderborg har ikke altid set ud som den gør i dag. Figur 5.8 viser et ældre Preussisk målebordsblad hvor den vestlige side af indsejlingen til Sønderborg havn ses at være større end den er i dag.

Der er langs den sydvestlige projektstrækning kystbeskyttelseskonstruktioner i form af både høfder, glacis og skråningsbeskyttelse med sten i et forsøg på at fastholde kyststrækningen. Ifm. stormfloden i oktober 2023 var der større erosionsskader på hele kyststrækningen i sydvest: En stor del af skrænten ud for Sundgade 64 og 70 forsvandt, p-pladsen ved Sundgade 67 blev halveret og langs kysten mod nord var der større erosionsskader i kystkonstruktionerne med erosion til følge.

Det er tydeligt at kyststrækningen er under pres for tilbagerykning.



Figur 5.8: Preussiske målebordsblade over Sønderborg tv. og ortofoto 2023 forår.

5.4 Bølgehøjder

(NIRAS, 2024) har udarbejdet en bølgeanalyse af bølgeuro i Sønderborg under stormflodshændelsen Babet der skete i oktober 2023. Stormen resulterede i større skader ved hhv. Sønderborg Lystbådehavn og oversvømmede Sønderborg i de sydlige dele af hhv. den østlige og vestlige strækning langs Alsund. Vandstanden nåede 2,1 m DVR90, hvilket svarer til en begivenhed med en hyppighed sjældnere end en 100-årshændelse. Samme bølgehøjder modelleret fra denne storm benyttes for stormflodshændelsen på +2,5 m DVR90 for dette projekt.

De største bølgehændelser forekommer, når bølgerne kommer fra en sydøstlig retning, hvilket skyldes at der fra denne retning er det længste frie stræk op mod Sønderborg Bugt. Den maksimale vandstand og bølgehøjde under stormen var stort set samtidige omkring kl. 21:00 d. 20. oktober 2023, hvor bølgerne lige ud fra Alsund kom fra en sydøstlig retning.

Bølgeanalysen inkluderede en spektralbølgemodel (MIKE 21 SW), samt en mere kompleks tidsopløst 3D bølgemodel (MIKE 3 Wave). Der blev udarbejdet modeller for 3 forskellige forhold for MIKE 3 Wave modellen, hvilke beskrives yderligere i Bilag 1.

Den signifikante bølgehøjde (H_{m0}) og maksimal bølgehøjde (H_{max}) blev sammenlignet ved de tre modeller ved MIKE 3 Wave modellen og MIKE 21 SW-modellen.

Tabel 5.1: Sammenligning af H_{m0} og H_{max} for Model 1, Model 2, og Model 3 samt SW-modellen.

Punkt	Model 1		Model 2		Model 3		SW Model	
	H_{m0} [m]	H_{max} [m]	H_{m0} [m]	H_{max} [m]	H_{m0} [m]	H_{max} [m]	H_{m0} [m]	H_{max} [m]
P1	0.92	1.41	0.92	1.41	0.92	1.41	0.71	1.42
P2	0.75	1.11	0.76	1.12	0.76	1.12	0.57	1.14
P3	0.53	0.74	0.53	0.76	0.54	0.75	0.49	0.98
P4	0.34	0.56	0.34	0.54	0.33	0.51	0.41	0.82
P5	0.16	0.28	0.17	0.28	0.18	0.28	0.21	0.44
P6	0.03	0.04	0.03	0.06	0.04	0.06	0.02	0.03

Placeringen af udtrækningspunkterne til ovenstående tabel fremgår af nedenstående figur.



Figur 5.9: Udtrækningspunkter fra MIKE 3 Wave modellen for H_{m0} og H_{max} .

Bølgeanalysen fandt at bølgehøjderne viser en generel trend med at falde fra dybt vand ind mod havnen, hvilket primært er et resultat af refraction mod siderne langs sejlrenden, dvs. afbøjning af bølgefronten så bølgerne fremstår mere parallelle med kystlinjen.

Ud fra den samme MIKE 3 Wave model er der udtrukket bølgehøjder ud fra 5 ekstra punkter op langs Alsund (dette fremgår ikke af tidligere rapport (NIRAS, 2024)). Bølgehøjderne er udregnet ved model 2 (Modellen med fremtidige forhold med stormflodsbeskyttelse i Sønderborg), og fremgår af Tabel 5.2.

Tabel 5.2: Bølgehøjder af H_{m0} og H_{max} udtrukket for 11 punkter i Model 2.

Punkt	Model 2	
	H_{m0} [m]	H_{max} [m]
P1	0.92	1.41
P2	0.75	1.11
P3	0.53	0.74
P4	0.34	0.56
P5	0.16	0.28
P6	0.03	0.04
P7	0.04	0.05
P8	0.04	0.06
P9	0.05	0.07
P10	0.13	0.18
P11	0.31	0.43

Placeringen af udtrækningspunkterne til ovenstående tabel fremgår af nedenstående figur.



Figur 5.10: Udtrækningspunkter fra Model 2 for H_{m0} og H_{max} .

Bølgeanalysen (NIRAS, 2024) konkluderede at helt inde i havnen bag Sønderborg Slot er bølgerne reduceret fra 0,92 m offshore til omkring $H_{m0}=0,02-0,1\text{m}$ (strækningen langs havnen ved punkterne p6, p7 og p9). Bølgerne på den vestlige bred har en højde på $H_{m0}=0,1-0,3\text{m}$ (strækningen langs havnen ved punkterne p9, p10 og 011). Den øvre grænse for de bølgehøjder benyttes til udregning af bølgetillæg. Bølgehøjderne bruges ikke direkte fra Tabel 5.2, for at inkludere en vis sikkerhedsmargin.

Bølgehøjden ved strækning 1 til 3 for vestsiden af Alssund udregnes ved at køre en simpel LITPACK model med bølgedata fra SW-modellen. Det vurderes at være en lidt konservativ estimering hvilket er valgt på baggrund af de usikkerheder der er i placering af stormflodsbeskyttelsen samt grundlaget for vurderingen.

5.5 Ledningsanlæg (Ledningsdata)

Der er i analysen ikke indhentet LER oplysninger for samtlige ledningsejere i området. Dette skal selvfølgelig gøres i en kommende fase af projektet. Der har i projektet været en indledende dialog med N1 for beskyttelse og tilpasning af deres anlæg. Flere af N1's anlæg ligger i dag i oversvømmelsestruet højde og under stormfloden i oktober 2023 måtte flere stationer afbrydes. For nuværende foretages der ikke lokal beskyttelse af disse anlæg men der afventes en samlet løsning for Sønderborg.

Forsyningen SONFOR i Sønderborg har ledningsanlæg i hele Sønderborg der står for afledningen af regn- og spildevand. På vestsiden af sundet er alt separatkloakeret, hvilket betyder at regnvand og spildevand ledes i hver sin ledning. På østsiden af sundet er der både regn- og spildevands ledninger samt fællesledninger hvor alt vandet ledes i samme ledning.

Det fremgår af Figur 5.11 at der ligger flere ledninger i området der potentielt går på tværs af en kommende stormflodsbeskyttelse. Sådanne ledninger skal sikres mod tilbageløb. Det skal ligeledes sikres, at eventuelle gravitationsledninger stadig virker tilfredsstillende med et højere havniveau. Udføres der fremadrettet renovering af disse ledninger bør klimatilpasningen indtænkes.



Figur 5.11: Oversigt over SONFOR's ledninger i og omkring projektområdet, SONFOR er Søndborgs forsyning.

5.6 Bagvand

Bagvand dækker over flere forskellige typer af vand. Fælles for dem alle er, at det er vand der kommer fra oplandet og strømmer ud i havet, typerne er listet og kort beskrevet nedenfor.

- Terrænnært grundvand
- Hverdagsregn
- Ekstremregn
- Kilder
- Dræn

Det **terrænnære grundvand** er det øverste frie vandspejl i jordmatricen. Hvis det terrænnære grundvand er højtstående, kan det udgøre en risiko for vand på terræn, indtrængen i kældre med mere.

Hverdagsregn eller serviceregn er den nedbørsmængde, som jf. Søndborgs Kommunes Funktionspraksis, skal kunne håndteres i nye afvandingssystemer eller i afvandingssystemer, der fornyes. I 2023 svarer det til, at et nyt afløbssystem skal kunne håndtere en klimafremskrevet nedbørshændelse med en statistisk gentagelsesperiode på 5 år. Det er Søndborg Kommunes nuværende serviceniveau for etablering af afløbssystemer. For områder med nedsivning af regnvand antages som udgangspunkt, at denne nedbørsmængde nedsiver.

Ekstremregn eller klimaregn er den nedbørsmængde, som overstiger Funktionspraksis. Ekstremregn forekommer kun under ekstreme nedbørshændelser, som forekommer sjældent. Ekstremregn er den nedbørsmængde, der strømmer på terræn, når der ikke er mere kapacitet til afledning af regnvand i kloaker, LAR-anlæg eller ved nedsivning.

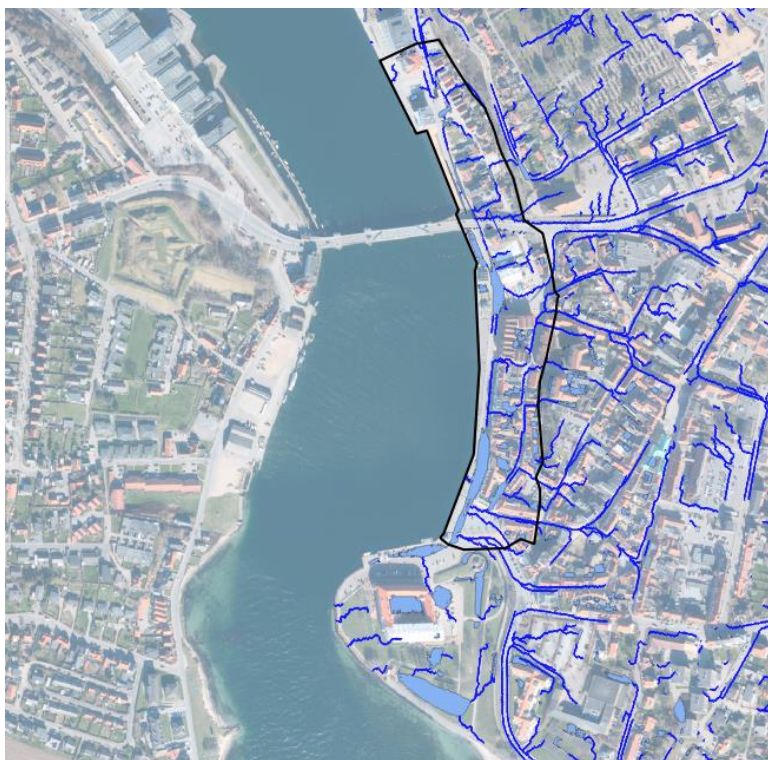
En **kilde** er et sted, hvor vandet naturligt løber fra grundvandet og ud af jordoverfladen.

Dræn er rørledninger, der er anlagt med henblik på at sænke grundvandet.

I forbindelse med etablering af kystbeskyttelsesprojektet er det nødvendigt at forholde sig til, hvorledes afstrømningsmønstre bag stormflodsbeskyttelsen (bagvand) kan ændres som følge af de nye anlæg. Der må ikke som følge af kystbeskyttelse opstå nye udfordringer med afvanding og/eller ske forværring i eksisterende udfordrede områder, jf. Vandløbslovens §6.

På den baggrund er der udført en screening af de eksisterende afvandingsforhold. Desuden er der gennemført en analyse af, hvor det vil være nødvendigt at etablere afværgeforanstaltninger for at bibeholde de eksisterende afstrømningsmuligheder. Resultatet heraf beskrives i afsnit 0.

Under større nedbørshændelser, hvor kloaksystemer ikke længere kan følge med, vil der løbe vand på terræn. Af nedenstående Figur 5.12 og Figur 5.13 ses hvor vandet vil løbe på terræn og samle sig i risikospot for oversvømmelse ved 35 mm regn, hvilket svarer til en klimafremskrevet 100-års hændelse fratrasket en klimafremskrevet 5-års hændelse.



Figur 5.12: Øst - Risikospot ved 35 mm nedbør og strømningsveje større end 0,5 ha.

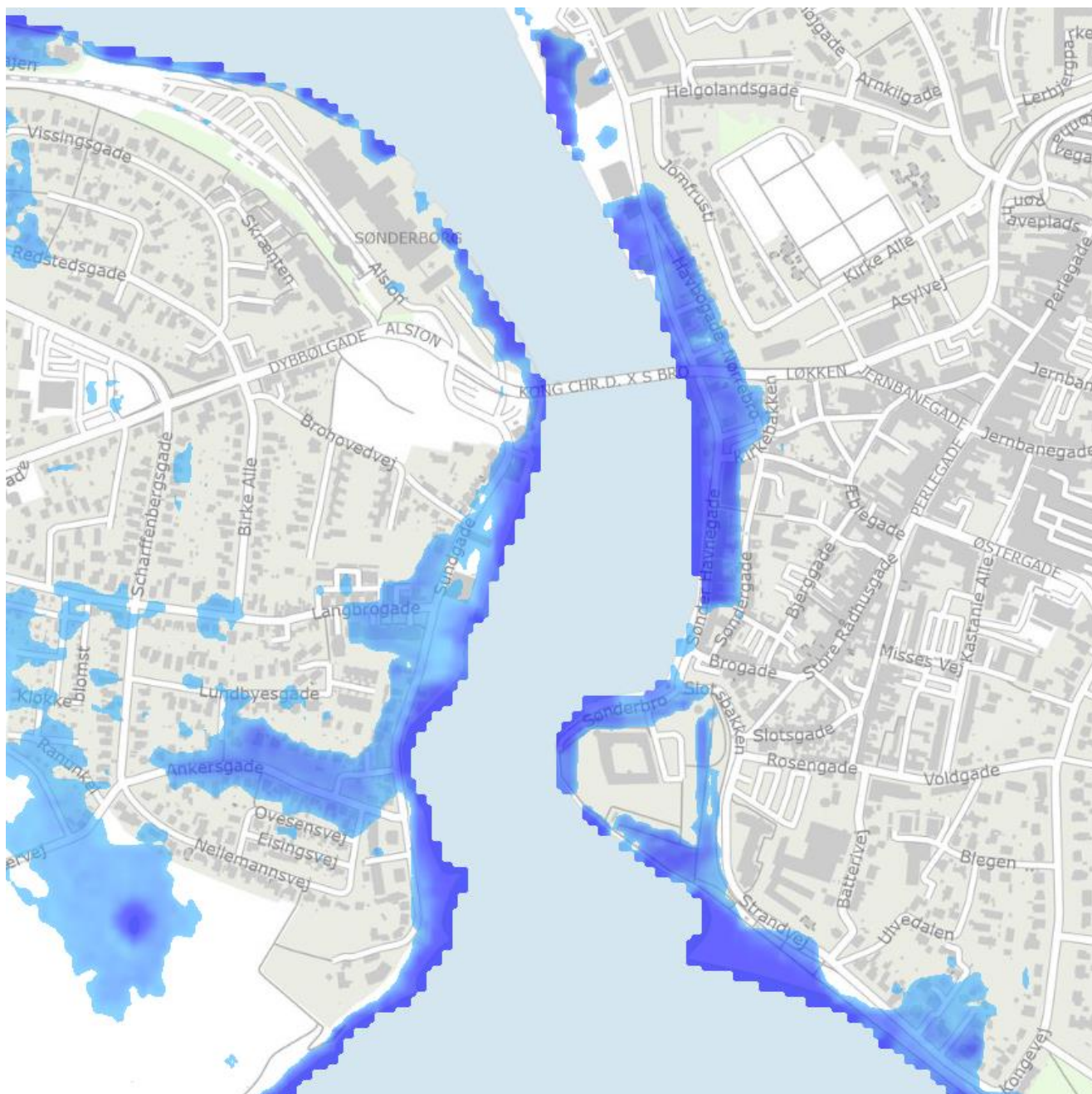


Figur 5.13: Vest - Risikospot ved 35 mm nedbør og strømningsveje større end 0,5 ha

5.7 Grundvand

Indenfor projektområdet er der indhentet data vedrørende terrænnært grundvand. Dataene er hentet via SCALGO, laget terrænnært grundvand (HIP).

Figur 5.14 nedenfor, viser at store dele af projektområdet er påvirket af terrænnært grundvand. Indenfor de blå markeringer er det terrænnære grundvand 1 meter eller mindre under terræn. Det indikerer, at der skal tages hensyn til grundvandet i forbindelse med gravearbejde.

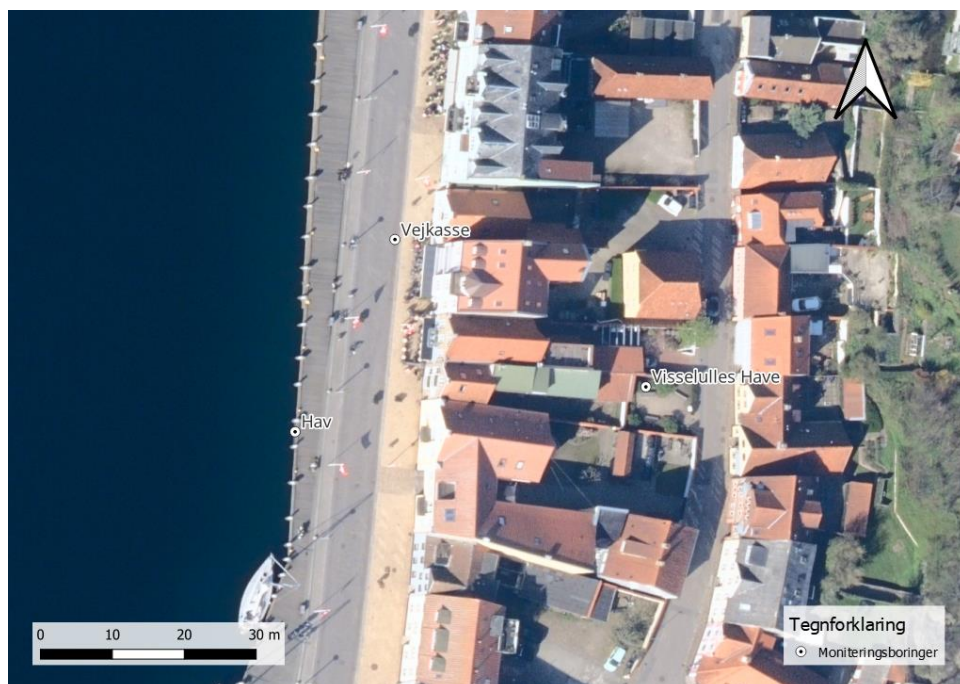


Figur 5.14: Beliggenhed af Terrænnært grundvand (vinter) i status fra Scalgo, der viser mest sandsynlige vintergrundvandsstand. Modelberegnet i "DK-Model HIP" for perioden 1990-2020. Der vises blå farver ved grundvandsstand på 1,0 m (meter under terræn) eller mindre.

Der opleves i dag problemer med vand som ikke drænes ud af vejaksen bl.a. ved havvandsstande større end 0,8 m DVR90 på Sønder Havnegade. For at forstå om vandet stammer fra højtstående grundvand, kilder eller kommer ved højvande i sundet, er der opsat grundvands loggere.

Loggerne blev opsat februar 2024 og vandstanden blev derefter registreret indtil maj 2024, se Figur 5.15. I forbindelse med etablering af loggerne blev det belyst at vejaksen i ca. 0,3 m består af en betondæk, der ikke var mulig at gennembryde og som kan være stærkt medvirkende til at vandet ikke kan komme væk fra vejaksen.

I analyseperioden kom der desværre ikke større højvande en ca. 0,6 m DVR90 og dermed ikke de bedste betingelser for at vurdere årsag til vandophobning. Men af de sammenhængende målinger fremgik det dog, at der er en lille sammenhæng mellem høj grundvandsstand og høj vandstand i hav. Men der blev fundet en tilsvarende og stærk effekt af kraftig regn og højtstående grundvand. For at få bedre analysebetingelser forventes det, at loggerne installeres igen i løbet af efteråret.



Figur 5.15: Placering af vandstandsloggere ved Sønder Havnegade.

6. Strategi for dynamisk adaptiv stormflodsbeskyttelse

6.1 DAPP-skemaer

I forbindelse med undersøgelse af mulige langsigtede strategier for beskyttelse af bygninger samt andre aktiviteter i dele af Sønderborg langs Alssund er de forskellige løsninger beskrevet i afsnit 7. De beskrevne tiltag er mulige løsninger ved Sønderborg for at reducere risikoen for skadevoldende oversvømmelser relateret til stormflod.

DAPP-skemaerne viser, hvilken kombination af klimatilpasningstiltag og klimatilpasningsstrategier, der kan anvendes som fremadrettet klimatilpasningsstrategi. DAPP-skemaerne kan opfattes som en køreplan, der viser hvilke ruter der kan tages fremadrettet, og hvor/hvornår det er muligt at skifte rute.

Formålet med at bruge DAPP-skemaet er at skabe et overblik over de kombinationsmuligheder, der findes for stormflodsbeskyttelsen i projektområdet. Skemaet skal hjælpe til med at identificere dynamiske løsningsmuligheder ved de forskellige udvalgte tiltag eller kombination af tiltag. Skemaet hjælper yderligere til at skabe overblik over hvornår på tidslinjen, man skal tage beslutning om næste tiltag, der skal udføres.

Tiltagene er koblet til hinanden i generelle DAPP-skemaer inddelt efter hhv. østsiden og vestsiden af Alssund, som vist i Figur 6.1 og Figur 6.2. De generelle DAPP-skemaer illustrerer hvor lang levetid tiltagene hver især har, og om de udelukker andre muligheder. Hvert tiltag er markeret med en farvet linje ud af 'tids'-aksen, i dette projekt stigende vandstand. Hvert tiltag har begrænset levetid, hvilket er synliggjort ved linjens ophør. I nogle tilfælde kan en kombination af tiltagene give en samlet forlænget levetid. For eksempel forhøjelse af et dige med en højvandsmur på toppen eller forhøjelse af diget alene. Tiltagskortet indeholder i nogle tilfælde også tydeliggørelse af, hvilke tiltag det er muligt at skifte mellem for at forlænge levetiden samt eksempler på, hvor lang implementeringstiden for et tiltag er.

Der er angivet tærskelværdier for, hvornår næste handling skal være besluttet, hvilket kan være fortsættelse med samme tiltag og/eller i kombination med andet tiltag, eller et helt skift til nyt tiltag.

Således læses figurerne med mulige klimatilpasningstiltag

Nedenfor ses DAPP-skemaer, der viser mulige klimatilpasningstiltag og klimatilpasningsstrategier indenfor nær fremtid og på længere sigt.

Disse figurer kan opfattes som en køreplan for højvandsbeskyttelsen ved Sønderborg. Figuren viser hvilke ruter (strategier), der kan anvendes i fremtiden for at klimasikre et område. Figuren viser også, hvor det er muligt at skifte rute (hoppe til en ny strategi).

På figuren er angivet en tidsakse. Denne tidsakse er angivet ved udvikling i en stormflodsvandstand med en gentagelsesperiode på 100 år.

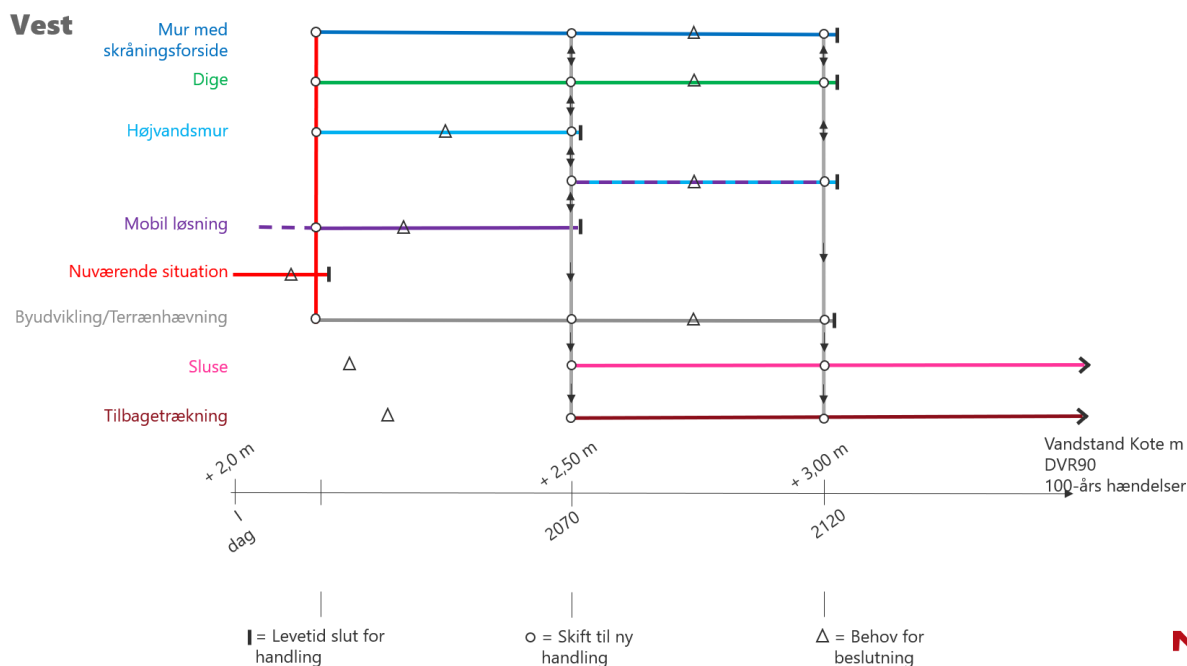
Hvert tiltag er markeret med en farvet vandret linje ud af tidsaksen. Nogle tiltag har en begrænset levetid inden for hvilken, det er relevant at implementere tiltaget og have det i funktion. Dette er synliggjort ved linjens ophør. I nogle tilfælde kan en kombination af tiltagene give en samlet forlænget levetid.

Med lodrette streger og tilhørende pile er det angivet, hvilke tiltag det er muligt at skifte imellem over tid.

6.1.1 Vestsiden af Alssund

Et generelt DAPP-skema for vestsiden af Alssund i Sønderborg er vist i Figur 6.1. Skemaet viser hvordan de forskellige tiltag til Stormflodsbeskyttelse i Sønderborg, kan håndteres og/eller udbygges i fremtiden.

Overordnet set er en mulighed at etablere sluse i Alssund, midlertidige løsninger, højvandsmure med eller uden søjle-bjælke løsning, diger, rekreative løsninger med blanding af mur og dige, byudvikling m. terrænhævning, eller at foretage en tilbagerækning. Med tilbagerækning menes at man fraflytter et eksisterende beboeligt område på et tidspunkt fordi det ikke længere er økonomisk eller teknisk muligt at beskytte.



Figur 6.1: DAPP-skema – Vestsiden af Alssund.

DAPP-skemaet for vestsiden af Alssund viser at stort set alle vurderede tiltag kan anvendes fra start. Undervejs i forløbet er der flere muligheder for at skifte strategi, eller at forsætte med den anvendte strategi (dog kan det kræve udvidelse af beskyttelsen, hvis det er muligt). Benyttelse af udelukkende mobil stormflodsbeskyttelse forventes at være tiltaget der er uholdbart som det første, afhængig af den benyttede mobile løsning. Efterfulgt er højvandsmure ekskl. mobil løsning, da disse i sig selv er svære at forhøje, hvorimod levetiden for et dige lettere kan forlænges ved forhøjelse af diget. Dikekronen kan i teorien hæves i fremtiden igen og igen, men pga. effekten på udsyn samt udbredelsen i terrænet vil man gå væk fra dette tiltag med årene. En kombination af højvandsmuren og den mobile søjle-bjælke løsning kan forhøje beskyttelseskoten af højvandsmuren med en højde der formentlig vil variere langs beskyttelseslinjen.

Med tiden vil det grundet pladsmangel og højere vandstande betyde at en ydre løsning såsom sluse eller byudvikling med terrænregulering eller at fraflytte oversvømmelsestruede området vil være en mere holdbar og attraktiv løsning. Hvornår dette tidspunkt kommer, afhænger af hvilke tiltag der gøres forud herfor. F.eks. kan et områdes levetid forlænges ved at forhøje selve terrænet, hvilket er en god løsning ved ny bebyggelse. Terrænhævning kan kombineres med diger, mure eller lignende, hvormed levetiden yderligere forlænges. Terrænregulering eller sluse vil beskytte området til en højere kote.

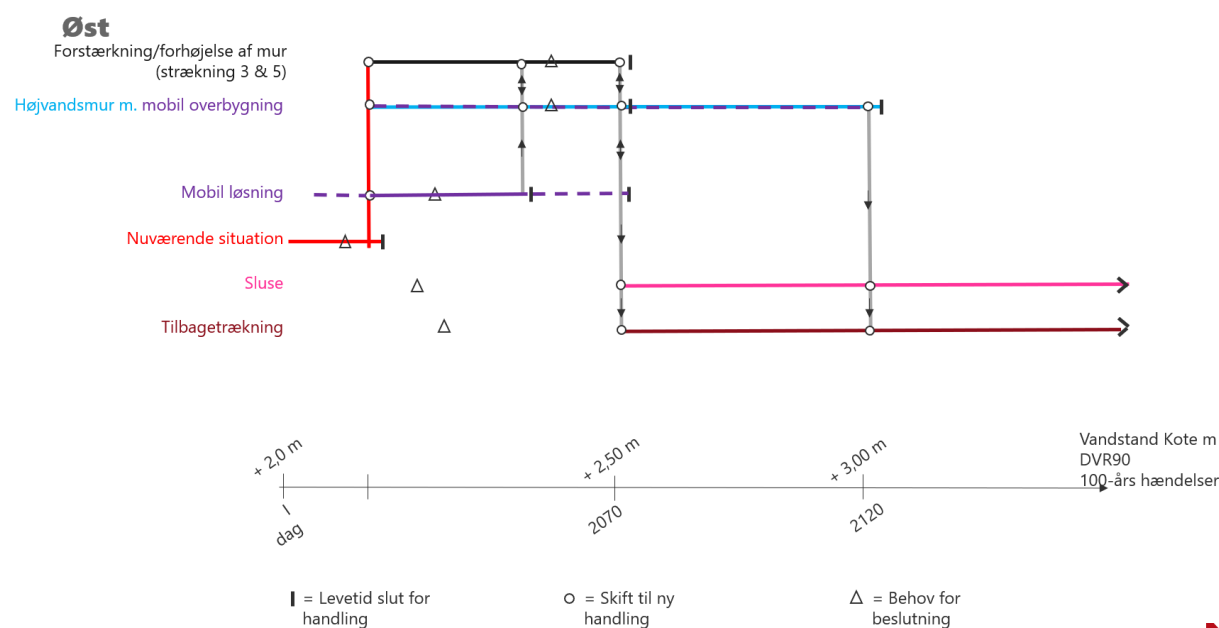
Kombinationer af tiltag der kan anvendes, og hvilke tiltag der lukker af for andre, skal der gøres bekendt med tidligt i forløbet. Tidspunktet for hvornår man skal beslutte sig om næste tiltag, kan ligeledes variere fra tiltag til tiltag.

DAPP-skemaet er et overordnet skema for vestsiden af Alssund, hvor alle løsninger formentlig ikke kan være en mulighed på alle strækninger. Som eksempel ligger vejen ved strækning tre helt ud til havet, hvorfor et tiltag som et dige ikke vil være en mulig løsning. Yderligere varierer terrænet langs strækningen der ønskes sikret, hvilket kan have betydning for hvor højt anlægget kan blive ift. stabilitet og udsyn. Trekkanterne på diagrammet angiver hvornår der er behov for at skulle tages en ny beslutning pga. ophør af den igangværende løsning. Placeringen af trekkanterne kan i teorien variere mere efter hvilken løsning der skal implementeres, men dette diagram er overordnet for alle løsninger.

6.1.2 Østsiden af Alssund

Herunder er angivet et generelt DAPP-skema for østsiden af Alssund i Sønderborg i Figur 6.2. Skemaet viser hvorledes de forskellige tiltag til stormflodsbeskyttelse i Sønderborg kan håndteres og/eller udbygges i fremtiden.

Overordnet set er en mulighed at etablere sluse i Alssund, forhøje eksisterende mure og udvide beskyttelsen, midlertidige løsninger, højvandsmure med eller uden søjle-bjælke løsning, eller at trække sig tilbage ved at fraflytte udsatte områder.



Figur 6.2: DAPP-skema – Østsiden af Alssund.

Gældende for vestsiden og østsiden, viser DAPP-skemaet at stort set alle vurderede tiltag kan anvendes som det indledende tiltag. Undervejs i forløbet er der flere muligheder for at skifte strategi, eller at forsætte med den anvendte strategi (dog kan det kræve udvidelse af beskyttelsen, hvis det er muligt). Benyttelse af udelukkende mobil stormflodsbeskyttelse (afhængig af mobil løsning) eller etablering af højvandsmur alene, forventes at være tiltagene der bliver uholdbare først. Højvandsmuren er svær at forhøje, men hvis det blev besluttet ved anlæg af højvandsmuren at den senere skulle kunne kombineres med den mobile søjle-bjælke løsning, kan beskyttelseshøjden øges.

Med tiden vil det grundet højere vandstande og dermed beskyttelseskoter betyde at en ydre løsning såsom sluse eller at fraflytte oversvømmelsestruede områder kunne være en ny løsning. Disse tiltag kan implementeres nu eller i fremtiden.

Kombinationer af tiltag der kan anvendes, og hvilke tiltag der afskærer mulighed for andre, skal der gøres bekendt med tidligt i forløbet. Tidspunktet for hvornår man skal beslutte sig om næste tiltag, kan ligeledes variere fra tiltag til tiltag. Som nævnt for DAPP-diagrammet for vestsiden, så angiver trekkanterne på diagrammet hvornår der er behov for at skulle tage en ny beslutning pga. ophør af den igangværende løsning. Placeringen af trekkanterne kan i teorien variere mere efter hvilken løsning der skal implementeres, men dette diagram er overordnet for alle løsninger.

DAPP-skemaet er et overordnet skema for østsiden af Alssund, hvor som beskrevet til skemaet for vestsiden, så er alle tiltag mulige at indføre på alle strækninger.

6.2 Multikriterieanalyse

Der er foretaget en multikriterieanalyse af, i hvilken grad de forskellige tiltag nævnt i DAPP-skemaerne matcher med kriterierne og visionerne for stormflodsbeskyttelse af Sønderborg. Ved en multikriterieanalyse opstilles en række kriterier, som for dette projekt er blevet valgt på forhånd af tre interessegrupper i Sønderborg, som de mener er vigtige emner, der skal inkluderes i diskussion af løsningsmulighederne. Grupperne tildelte kriterierne vægtning efter hvad de fandt vigtigst. For hvert tiltag blev der foretaget en pointgivning i forhold til de valgte kriterier, og der blev udregnet en samlet score for hver interessegruppe for hvert tiltag på baggrund af den valgte vægtning. NIRAS har på efterfølgende givet hvert kriterie point mellem -5 og +5, hvor -5 har en negativ indvirkning i forhold til kriteriet, og +5 har en positiv indvirkning i forhold til kriteriet.

Kriterierne i denne analyse er udvalgt af tre forskellige interessegrupper fra Sønderborg Kommune hhv. havnefoged og beredskab, planmedarbejdere og medarbejdere fra anlæg og infrastruktur, under en workshop.

Multikriterieanalysen er baseret på kriterier vedrørende rekreative løsninger, risikonedsettelse (i forhold til risiko for oversvømmelse), anlægsøkonomi, beredskabsbehov, robusthed af løsninger (ikke mekaniske), opretholdelse af havnens funktion og rekreative værdier, vedligehold af færdselsåren, samt tilladelse af nogen oversvømmelse. Virkemidlerne er opdelt i otte kategorier som det fremgår af Tabel 6.1.

Tabel 6.1: Multikriterieanalyse-diagram

Grupper		Mur med skråningsforside	Dige	Højvandsmur	Højvandsmur m. søjle-bjælkeløsning	Mobil løsning	Sluse	Byudvikling/Terrænhævning	Tilbagetrækning
Gruppe 1: Havnefoged & Beredskab	Vægtning								
Vand ind engang imellem	20%	-5	-5	-5	-5	0	-2	0	5
Rekreativ løsning	50%	3	3	-2	4	0	0	2	1
Havnefunktionen opretholdes	30%	-3	-3	-2	-1	5	-2	-3	4
Score		-0.40	-0.40	-2.60	0.70	1.50	-1.00	0.10	2.70
Gruppe 2: Plan	Vægtning								
Rekreativ værdi (herlighedsværdi, byen og havnen)	35%	3	2	-2	4	0	0	2	1
Risikonedsettelse/Tryghed	20%	5	4	5	4	-3	5	5	2
Anlægsøkonomi	25%	-1	5	-1	-2	-2	-5	-4	-3
Færdselsåren (Søndre Havnegade) vedligeholdes	10%	0	-5	4	4	3	5	0	-5
Beredskabsbehov nedsættes	10%	3	4	3	-1	-5	2	2	4
Score		2.10	2.65	0.75	2.00	-1.30	0.45	0.90	-0.10
Gruppe 3: Vej	Vægtning								
BYENS havn, bevaring af værdier	60%	-1	-1	-2	3	5	5	0	1
Ikke mekaniske løsninger, ønsker robusthed	40%	3	3	3	-3	-5	0	3	5
Score		0.60	0.60	0.00	0.60	1.00	3.00	1.20	2.60
Gennemsnit for alle grupper		0.77	0.95	-0.62	1.10	0.40	0.82	0.73	1.73

Ud af de forskellige tiltag til håndtering af høje vandstande i dele af Sønderborg, har tiltaget *Tilbagetrækning* scoret højest for gruppe 1, tiltag *Dige* for gruppe 2 og tiltag *Sluse* for gruppe 3. Gruppe 3 har kun 2 kriterier, hvilket betyder at hvert tal får meget stor vægt og resultatet dermed meget følsomt. Analysen fra gruppe 2 er den mest anvendelige da der er angivet et passende antal kriterier for sådan en analyse.

Byudvikling/Terrænhævning har generel en positiv effekt ift. de fremlagte kriterier. Løsningen giver stor mulighed for rekreativitet, er risikonedsettende og robust, samt vil kræve lavt beredskabsbehov. Terrænhævningen vil være en dyr løsning der potentielt bør inkluderes i en byudvikling. Men byudvikling ved terrænhævning vil i væsentlig grad ændre på den nuværende havnefunktion.

Tiltag såsom *Dige*, *Højvandsmure* og *Mur med skråningsforside* har en positiv indvirkning på mulighed for udførelse af en rekreativ løsning, er risikonedsettende og robust. Hvis løsningen er med højvandsmur, er omkostningerne høje fremfor ved kun et dige, men et dige vil fylde for meget i et område såsom Sønder Havnegade.

Der er beredskabsbehov ift. vedligehold ved dige og opførelse af f.eks. skots langs stormflodsbeskyttelsen under stormflod. Ved *Højvandsmur m. søjle-bjælke løsningen* vil beredskabsbehovet dog være endnu større.

Sluse derimod er meget omkostningsfuld, vil påvirke havnens funktion når den er lukket, samt har stort beredskabsbehov ift. vedligehold og service. Derimod er løsningen risikonedsettende, og gør at byen kan bevare sine nuværende kulturelle værdier.

Tilbagetrækning vil betyde at der tillades at oversvømmelsestruede områder oversvømmes ved stormflod. Havnens funktion vil når der ikke er stormflod kunne blive opretholdt da nye anlæg ikke vil besværliggøre adgangen til havet fra havnen. Derimod kan det have en negativ effekt på de nuværende kulturelle værdier, og skabe utryghed samt påvirke infrastrukturen i området da større veje oversvømmes. Men det åbner også op for muligheden for at invitere vandet ind i byen og gøre det lidt højere terræn mere attraktivt.

Benyttelse af *Mobil løsning* leder typisk til positive effekter for hhv. byrummet og havnens funktion, idet elementerne kun vil være synlige ved stormflod og kun adskiller havet fra havnen kortvarigt. Dog er mobile løsninger beredskabstunge, omkostningstunge i længden og generelt et svagt punkt ift. mangel på robusthed. Beredskabsindsatsen intensiveres med årene i takt med at stormflodshændelser forekommer oftere og oftere.

Sønderborg Kommune har udtrykt bekymring for skærpet udsyn ved især Sønder Havnegade. Løsningen med en *Højvandsmur m. søjle-Bjælke løsning* løser en stor del af udfordringen men med en begrænset horisont ift. højere vandstande.

Øvrige kriterier såsom natur og bagvand kan være påvirket forskelligt af de vurderede løsninger, men der vurderes ikke på yderligere kriterier end dem angivet i multikriterieanalyse diagrammet.

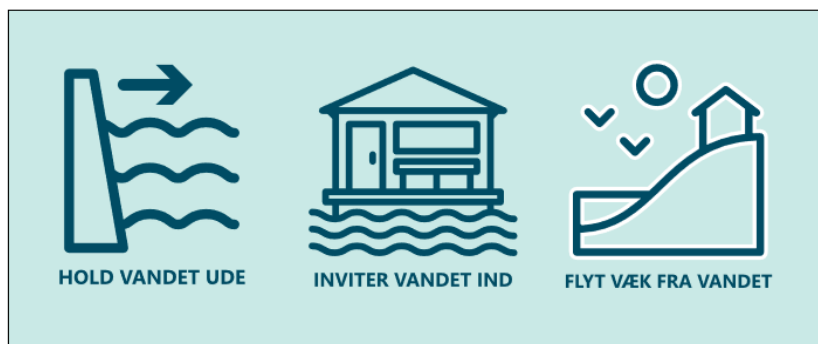
I multikriterieanalysen er det muligt at løsninger der ikke umiddelbart kan anbefales scores højt, hvis kriterierne løsningsne vurderes på basis af ikke er tilpas varierende. Mobil løsning scorer principielt højt, men er ikke et tiltag der holder længe i fremtiden. Ligeledes kan højvandsmur m. søjle-bjælke løsning være den bedste løsning langs Sønder Havnegade pga. bibeholdelse af udsyn, hvorfor denne anbefales, selvom den er scoret lavt.

Projektgruppen bestående af ledere og chefer i Sønderborg Kommune deltog i et møde til drøftelse af kriterier og vægtning. Her var der en klar målretning mod det rekreative og turisterhverv for den østlige side hvor udsyn og nærhed til vandet er det væsentligste, mens der for den vestlige side var fuldt fokus på at skabe sikkerhed og beskyttelse samt rekreative elementer og adgangsforhold for beboerne. Dette førte til en gentænkning af alternativer for den sydligste strækning af Sundgade. Her kunne en terrænhævning potentielt forbedre niveaufri adgang til restaurationer og boliger, men det vil være en relativt dyr løsning.

7. Stormflodsbeskyttelse

7.1 Generelle tiltag til oversvømmelsesbeskyttelse

Helt overordnet kan der tages udgangspunkt i tre strategier i oversvømmelsestruede områder; holde vandet ude, invitere vandet ind eller flytte væk fra vandet. Dette gælder, uanset om kilden til oversvømmelse er nedbør, vandløb, stigende havvandsstand, stormflod eller højtstående grundvand. De tre overordnede strategier er:



Figur 7.1: De tre overordnede strategier

Tiltag kan herudover inddeles i hhv. beskyttende tiltag, beredskabsmæssige tiltag og forebyggende tiltag. Beskyttende tiltag er fysiske tiltag som f.eks. diger, sluser, forhøjet terræn mv. Beredskabsmæssige tiltag dækker over f.eks. mobile løsninger og beredskabsplaner, mens forebyggende tiltag er af mere planmæssig karakter som f.eks. at stille krav til sokkelkoter i lokalplaner.

Tiltagene kan anvendes enkeltvis eller i kombination, men der vil ofte være behov for en kombination af tiltag, for at opnå tilstrækkelig effekt/beskyttelsesniveau.

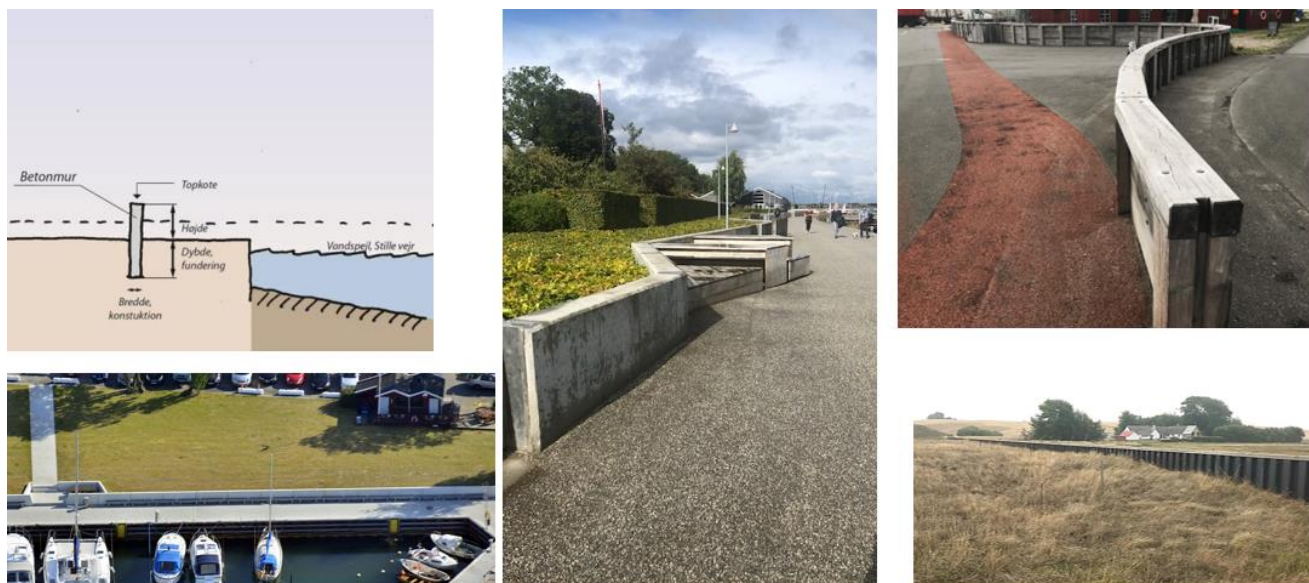
I det følgende beskrives forskellige tiltag.

7.2 Faste tiltag

7.2.1 Højvandsmur



Figur 7.2: Indsats i forhold til oversvømmelse fra vandløb og oversvømmelse.

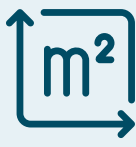


Figur 7.3: Eksempler på højvandsmure.

Højvandsmure er alle typer af fritstående vertikale konstruktioner, der etableres til beskyttelse imod højvande fra enten havet eller vandløb mm. Typiske materialer, der anvendes til stormflodsbeskyttelse, er beton, plastik (spuns), træ eller metal.

Højvandsmure er en sikker måde at beskytte sig over længere strækninger. Fordelen er, at de ikke fylder ret meget og kan indgå som et rekreativt og/eller integreret element i bybilledet hvis de bearbejdes arkitektonisk. Hvis der ikke tages højde for æstetikken, kan de dog også virke klodsede og beskæmmende. Ulemperne er, at de ikke er lige så holdbare som f.eks. diger og samtidigt også er markant dyrere. En højvandsmur kan ikke forhøjes uden at ændre fundering, men skal udskiftes, hvis en forhøjning ønskes med tiden. Som regel er højvandsmure begrænsende for et områdes funktionalitet og færdsel, hvorfor der ofte etableres åbninger, hvor der kræves mobile løsninger. Etablering af en højvandsmur er en sikker måde at beskytte sig over længere strækninger, forudsat at muren benyttes korrekt, dvs. at alle åbninger lukkes inden en højvandshændelse indtræder. En højvandsmur fungerer således kun i samspil med en detaljeret beredskabsplan med tjek, drift og vedligehold.

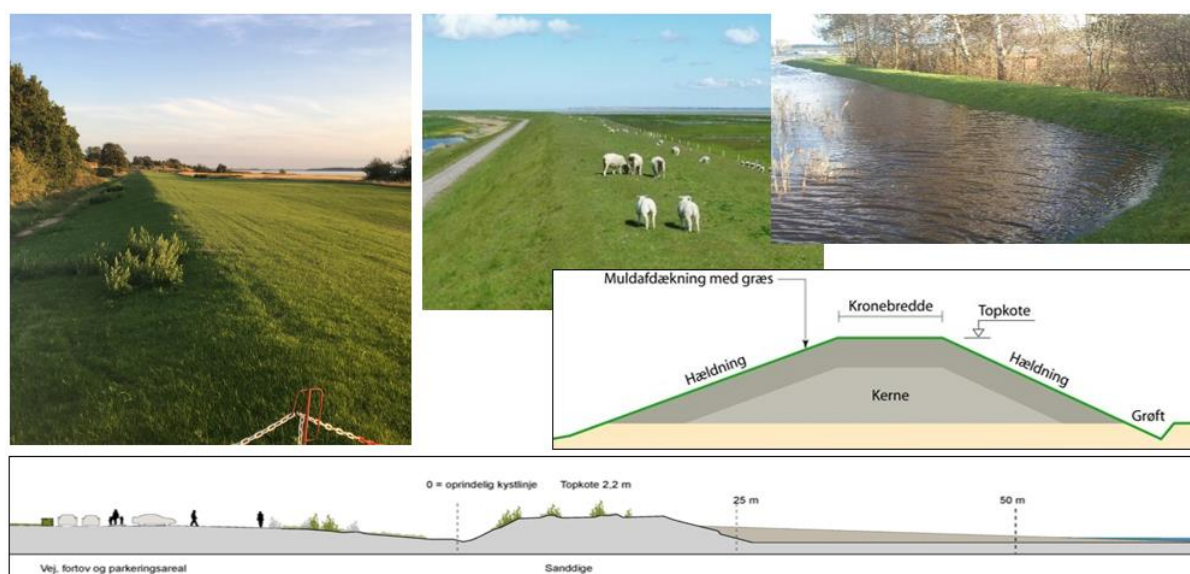
Tabel 7.1: Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Højvandsmur.

Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Højvandsmur			
 INVESTERINGS-OMKOSTNINGER	Høj	 BEHOV FOR DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE	Høj, særligt ved åbninger i muren. Muren bør tjekkes jævnligt for revner, særligt efter frost.
 LEVETID	Mellem, muren er svær at forhøje med tiden. Der skal som udgangspunkt anlægges en ny mur ved forhøjelse og der er en begrænsning på murens højde ift. omfang i alle dimensioner.	 IMPLEMENTERINGSTID	Anlægstiden er kort, forventeligt et par måneder.
 AREALKRAV	Lille, men permanent	 RISIKO FOR NEDBRUD UNDER FUNKTION	Lille, hvis muren er vedligeholdt. Dog stor risiko ved åbninger.
 BEHOV FOR BEREDSKABSINDSAT	Åbninger i muren skal indgå i beredskabsplanen og være planlagt forud for højvands-hændelse.	 BÆREDYGTIGHED	Lille. Afhænger af hvilket materiale der anvendes, og hvor langt dette skal transporteres.
 NATUR	Fremstår ikke som en del af naturen, men kan tilpasses f.eks. ved maling.	 REKREATIVT POTENTIALE	Stort potentiale for multifunktionalitet.
 ÆSTETISK POTENTIALE	Stort potentiale, men kan også være beskæmmende, hvis der ikke tages højde for æstetik ved etableringen.	 DAPP-POTENTIALE	Lille.

7.2.2 Dige



Figur 7.4: Indsats i forhold til oversvømmelse fra vandløb og oversvømmelse.



Figur 7.5: Eksempler på dige.

Et dige er en langsgående forhøjning i terrænet, der beskytter arealer på bagsiden af diget.

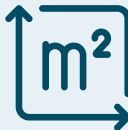
Diger kan anlægges som jorddiger anlagt med ler-membran uden på en kerne af sand. Der gælder særlige kriterier for lerets sammensætning. Oven på ler-membranen er diget beklædt med enten jord eller sand og beplantet med en græsvegetation, der kan modstå de forhold, der findes på de givne lokaliteter.

Fordelen ved et dige er, at forhøjningen er simpel at anlægge og relativt billig. Bredden af toppen samt hældningen af digets sider kan justeres som ønsket og ift. bølgepåvirkning og drift, og diget kan let forhøjes med tiden hvis pladsen er der. Ulempen ved et dige er, at diget har et relativt stort fodaftryk, og derfor ikke er velegnet i tæt bebyggede områder. Derudover tåler et dige kun lille bølgepåvirkning (afhængig af digets hældning), hvorfor diget ofte er placeret tilbagetrukket fra kysten, så bølger under en storm, når at miste en del af deres energi inden de rammer diget. Ved etablering af et dige, skal der tages højde for eventuel ophobning af bagvand på landsiden.

Etablering af et dige er en sikker måde at beskytte sig over længere strækninger, forudsat at diget vedligeholdes, dvs. at der jævnligt tjekkes for uønskede åbninger eller underføringer. Et dige fungerer bedst i samspil med en effektiv beredskabsplan med tjek, drift og vedligeholdelse, samt lukning af eventuelle højvandsklapper og andre udløb.

Diger har et relativt stort fodaftryk. Diger tåler lille bølgepåvirkning, dog større påvirkning jo fladere forsiden er, eller hvis diget beskyttes med en skråningsbeskyttelse på havværts side.

Tabel 7.2: Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Dige.

Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Dige			
 INVESTERINGS- OMKOSTNINGER	Lav.	 BEHOV FOR DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE	Mellem.
 LEVETID	Lang.	 IMPLEMENTERINGSTID	Mellem.
 AREALKRAV	Optager permanent et stort areal.	 RISIKO FOR NEDBRUD UNDER FUNKTION	Lille, hvis diget er vedligeholdt.
 BEHOV FOR BEREDSKABSINDSAT	Lille beredskabsindsats, løbende tjek af diget og lukning af eventuelle højvandsklapper og andre udløb.	 BÆREDYGTIGHED	Stor, der benyttes ingen kunstige materialer og holdbarheden er lang.
 NATUR	Stort potentiale. Kan indarbejdes i landskabet.	 REKREATIVT POTENTIALE	Mellem, kan indarbejdes i landskabet.
 ÆSTETISK POTENTIALE	Mellem, potentialet afhænger af området.	 DAPP-POTENTIALE	Stort, diget kan forhøjes og er let at fjerne eller omlægge.

7.2.3 Terrænhævning



Figur 7.6: Indsats i forhold til oversvømmelse fra stormflod, vandløb, højtstående grundvand og ekstremregn.



Figur 7.7: Eksempel på terrænhævning.

Terrænhævning er en klimatilpasningsløsning, hvor man lægger jord på et større område med det formål at sikre området, eller området bagved, imod højvande. Ved påfyldningen kommer området til at ligge højere end før på kunstigt skabte terrænhævninger (holme). Terrænhævningen kan være med til at afhjælpe oversvømmelse forårsaget af stormflod, vandløb, højtstående grundvand og ekstremregn.

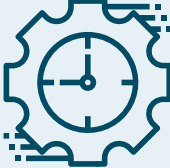
Terrænhævning er relevant ift. at sikre områder med infrastruktur eller bebyggelse.

Terrænhævning, der sikrer infrastruktur, f.eks. en forhøjet vej, har samme effekt som en højvandsmur eller et dige. Til gengæld optager den forhøjede infrastruktur ikke mere plads end den gjorde i forvejen.

Terrænhævning, der sikrer bebyggelse, er mest relevant for områder med *planlagt* bebyggelse, fremfor områder, hvor der allerede eksisterer bygninger, da terrænhævning i så fald er teknisk besværligt og dyrt. Eventuelt kan allerede bebyggede områder få foretaget terrænhævning løbende, når bygningerne med tiden renoveres eller udskiftes. Sidstnævnte løsning giver en beskyttelse mod oversvømmelse over tid, men virker først, når den sidste parcel er hævet.

Udføres terrænhævning lokalt vil det med tiden fremstå som en ø ved højvande. Der vil være risiko for at et sådant område ikke vil kunne nås under stormflod.

Tabel 7.3: Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Terrænhævning.

Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Terrænhævning			
 INVESTERINGS- OMKOSTNINGER	Lav, hvis der laves terrænhævning for områder med planlagt bebyggelse fremfor eksisterende bebyggelse.	 BEHOV FOR DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE	Lav.
 LEVETID	Lang.	 IMPLEMENTERINGSTID	Kort, hvis der laves terrænhævning for områder med planlagt bebyggelse fremfor eksisterende bebyggelse.
 AREALKRAV	Afhænger af forskellen mellem terrænhævningen og det øvrige terræn.	 RISIKO FOR NEDBRUD UNDER FUNKTION	Nej. Men der kan være behov for erosionsbeskyttelse.
 BEHOV FOR BEREDSKABSINDSAT	Nej.	 BÆREDYGTIGHED	Høj, da lokal jord kan anvendes.
 NATUR	Mellem.	 REKREATIVT POTENTIALE	Mellem.
 ÆSTETISK POTENTIALE	Mellem potentiale, men kan også være beskæmmende, hvis der ikke tages højde for æstetik ved etableringen.	 DAPP-POTENTIALE	Mellem, kan som udgangspunkt først forhøjes, hvis bygningerne renoveres eller udskiftes.

7.2.4 Dæmning eller sluse



Figur 7.8: Indsats i forhold til oversvømmelse fra stormflod og vandløb.



Figur 7.9: Eksempel på sluse/dæmning.

Dæmninger og sluser kan benyttes som stormflodsbarrierer, og er i Danmark typisk placeret ved å-udløb, fjorde og havne. Dæmninger kan være af typen spærre-, trafik- eller landvindingsdæmning. En spærredæmning benyttes til at sikre et landområde mod oversvømmelse, og er typisk konstrueret som en mur i vandkanten eller en vold med skrå sider med bevægelige stemmewærker til regulering af vandgennemstrømningen. Trafikdæmninger benyttes til at føre veje over lavtliggende land- eller vandområder. Landvindingsdæmninger er principielt det samme som diger, men adskiller sig ved at være opført i vandområder i stedet for tørre arealer, hvor diger typisk opføres.

Sluser kan være af typen afvandings-, regulerings- eller kammersluse. Sluser benyttes til at opretholde balance i vandstanden på begge sider af slusen, der typisk har to eller flere porte. Afvandingsluser benyttes til at regulere vandstande ved at styre gennemstrømning, og kan bruges som beskyttelse i tilfælde af stormflod. Reguleringsluser benyttes, hvor vand fra vandløb eller søer benyttes som vandforsyning til byer, fabrikker mv. Kammersluser benyttes til at udligne højdeforskellen imellem de to vandspejl for at muliggøre skibspassage.

Fordelen ved dæmninger og sluser er, at konstruktionerne er effektive, især hvis de placeres på strategiske steder, hvor et stort bagland beskyttes. Ulempen ved dæmninger og sluser er, at konstruktionerne er afhængige af at mekanikken virker, hvilket gør at de kræver en detaljeret drift og vedligeholdelse. Desuden er dæmninger og sluser relativt dyre i anlæg, og er svære at forhøje, hvis middelvandspejlet senere skulle stige yderligere.

Tabel 7.4: Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Dæmning eller sluse.

Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Dæmning eller sluse			
 INVESTERINGS- OMKOSTNINGER	Høj.	 BEHOV FOR DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE	Høj, der er behov for konstant drift og løbende vedligeholdelse. Der skal være reservedele til alle elementer i konstruktionen.
 LEVETID	Høj levetid alt efter vedligeholdelsen.	 IMPLEMENTERINGSTID	Mellem.
 AREALKRAV	Lille/Mellem.	 RISIKO FOR NEDBRUD UNDER FUNKTION	Ja.
 BEHOV FOR BEREDSKABSINDSAT	Ja.	 BÆREDYGTIGHED	Lav.
 NATUR	Lav.	 REKREATIVT POTENTIALE	Mellem potentiale, da der kan placeres veje ovenpå.
 ÆSTETISK POTENTIALE	Lavt potentiale, da konstruktionerne kan virke skæmmende.	 DAPP-POTENTIALE	Lavt potentiale efter anlæg.

7.3 Beredskabstiltag



Figur 7.10: Beredskabsmæssig indsats i forhold til oversvømmelse fra stormflod og vandløb.



Figur 7.11: Eksempler på beredskabsmæssige løsninger.

Mobile løsninger kan sættes op ved varsel om, at der er en stormflod på vej, eller benyttes til håndtering af højvande fra f.eks. vandløb. Typiske mobile løsninger er sandsække, watertubes (kræver at underlaget er plant), svinerygsplanker/søjle-bjælke løsning, pumper, og diverse mobile barrikader. I Sønderborg Kommune har man haft held med at benytte store halmballer. Bemærk at mobile løsninger typisk ikke er en god løsning ved tilstedeværelsen af bølger.

Fordelen ved mobile løsninger er, at de ikke fylder i gadebilledet eller permanent optager plads under normale vandstandsforhold. Ulempen ved mobile løsninger er, at de kræver beredskab ved højvandshændelser, hvilket typisk er dyrt i materiel og mandskabstimer. Derudover anses mobile højvandsløsninger som en svag kystbeskyttelsesmetode, da der er risiko for at dele af beskyttelsen bliver beskadiget ved brug, defekter forhindrer installation, bliver skyllet væk eller ikke når at blive opsat i tide.

Derudover har erfaringer fra Sønderborg Kommune vist at selve den mobile løsning potentielt virker godt til at holde vandet ude, men det er ikke en detaljeret løsning der ligeledes sikrer understrømning eller øvrig vandgennemstrømning af vægge og gulve mv. De mobile løsninger er ofte innovative og til tider ikke velafprøvede under ekstreme forhold.

Mobile kystbeskyttelsesløsninger kræver regelmæssigt vedligehold og test af opsætning samt har for nogle typer har de en kort levetid.

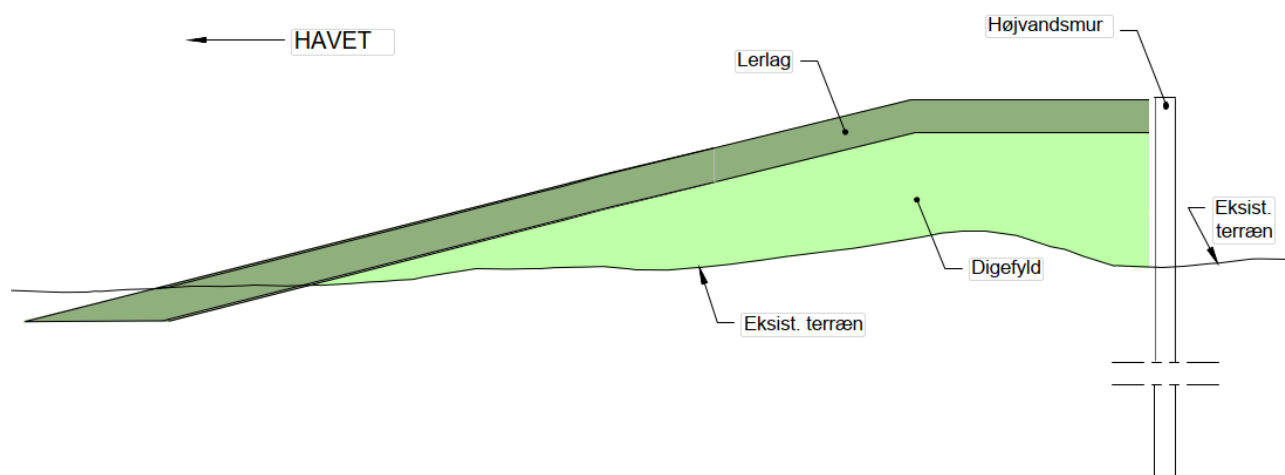
Tabel 7.5: Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Mobile løsninger og beredskab.

Helhedsvurdering af klimatilpasningsløsning: Mobile løsninger og beredskab			
 INVESTERINGS- OMKOSTNINGER	Mellem.	 BEHOV FOR DRIFT OG VEDLIGEHOLDELSE	Høj.
 LEVETID	Kort.	 IMPLEMENTERINGSTID	Kort til lang afhængig af type.
 AREALKRAV	Lille til stor afhængig af type.	 RISIKO FOR NEDBRUD UNDER FUNKTION	Varierende fra løsning til løsning, men skal være under opsyn, når de er i brug.
 BEHOV FOR BEREDSKABSINDSAT	Anvendelsen skal indgå i beredskabsplanen og være planlagt forud for højvandshændelse.	 BÆREDYGTIGHED	Afhænger af typen.
 NATUR	Skæmmer ikke naturen.	 REKREATIVT POTENTIALE	Højt, da løsninger ikke permanent optager plads i bybilledet.
 ÆSTETISK POTENTIALE	Nej.	 DAPP-POTENTIALE	Add-on når eksisterende byggede tiltag ikke er tilstrækkelige i forhold til det ønskede beskyttelsesniveau.

7.4 Kombinationer

7.4.1 Højvandsmur med dige forside

Højvandsmuren kan kombineres med en digeforside. Dette tiltag åbner for nye muligheder ift. et rekreativt rum, uden at optage lige så stort et område som et enkeltstående dige vil optage. Diget har ligeledes en funktion ift. at kunne sænke bølgernes effekt og derved topkoten, idet et eventuelle bølgetillæg/bølgeoverskyl er lavere end ved et tiltag kun med højvandsmur.



Figur 7.12: Højvandsmur med dige forside.

7.4.2 Højvandsmur m. søjle-bjælke

Hvis beskyttelseskoten der beskyttes er for høj ift. udsyn fra baglandet, kan der introduceres en kombinations-løsning af højvandsmur med en mobil beskyttelse kaldet stoplogs/søjle-bjælke løsning eller svinerygsplanker. Højvandsmuren anlægges til en højde til at tage de mere hyppige hændelser, såsom hændelser under en 10 års hændelse. Varsles der en højvandshændelse over det, forhøjes højvandsmurens beskyttelseskote ved brug af søjle-bjælker. Mobile løsninger er ikke lige så robuste som en solid højvandsmur, hvorfor risikoen for skade på anlægget er større når søjle-bjælke løsningen benyttes. Yderligere kræver det høj beredskab, hvilket skal overvejes når det besluttet om det er en rentabel løsning.

Det skal bemærkes at brugen af standard søjle-bjælke løsning kan resultere i at højvandsmuren skal have en vis minimumshøjde for at for at det passer med standardelementerne. Derfor kan muren nogle steder blive højere end den nødvendige kronekote.



Figur 7.13: Mobile Søjle-bjælke løsning/svinerygsplanker/stoplogs. Tracé med platforme for H-profiler placeres og ved varsel om stormflod opsættes vertikale H-profiler og mellem dem horisontale svinerygsplanker. Kilde: Wintec.

7.4.3 Højvandsmur med tiltag til reduktion af overskyl

Højvandsmuren kan kombineres med flere tiltag på forsiden, som et bølgereducerende tiltag. De reducerende tiltag kan f.eks. være 'næse' eller runding på havsiden af muren eller sten foran muren. Ved sten eller andet forland vil bølgerne i højere grad bryde på forlandet frem for direkte mod muren, hvilket kan medføre et lavere bølgeoverskyl over muren. Ved runding eller 'næse' på toppen af muren rettes vandet væk fra muren med reduceret overskyl til følge. Hvis der forventes et lavere bølgeoverskyl, vil kronekoten af anlægget formentlig kunne sænkes.

Figur 7.14 viser et eksempel på løsninger. Jo højere stenene placeres jo mere energi, trækkes ud inden de rammer muren og jo kraftigere en runding eller 'næse' jo mere vand rettes retur mod havet.



Figur 7.14: Højvandsmur med sten på forsiden tv. og med 'næse' til højre.

7.5 Forslag til stormflodsbeskyttelse vestsiden af Alssund

Nedenstående figur viser en oversigt over mulige løsninger til stormflodsbeskyttelse af vestsiden af Alssund, inddelt i 6 strækninger.



Figur 7.15: Løsningsoversigt over mulige stormflodsbeskyttelsestiltag samt strækninginddeling for vest siden af Alssund.

7.5.1 Strækning 1

Figur 7.16 viser tre alternativer til løsningsforslag for stormflodsbeskyttelse af strækning 1, for vest siden af Alsund.

Alternativ 1 er et grønt dige, der skal strække sig langs kysten. Det vil være nødvendigt at inddrage noget af parkeringspladsen. Alternativ 2 er en højvandsmur på bagsiden af parkeringspladsen, indgangen til parkeringspladsen kan evt. være et vejbump. Alternativ 3 er en højvandsmur midt på den eksisterende parkeringsplads med sten foran muren. Stenene anlægges foran højvandsmuren for at have en bølgenedsættende effekt, og derved potentielt mindske kronekoten af anlægget (hvis stensætningen dimensioneres korrekt). Strækning 1 er udsat for højere bølger end resten af strækningerne, hvorfor en mobil løsning frarådes i dette område.

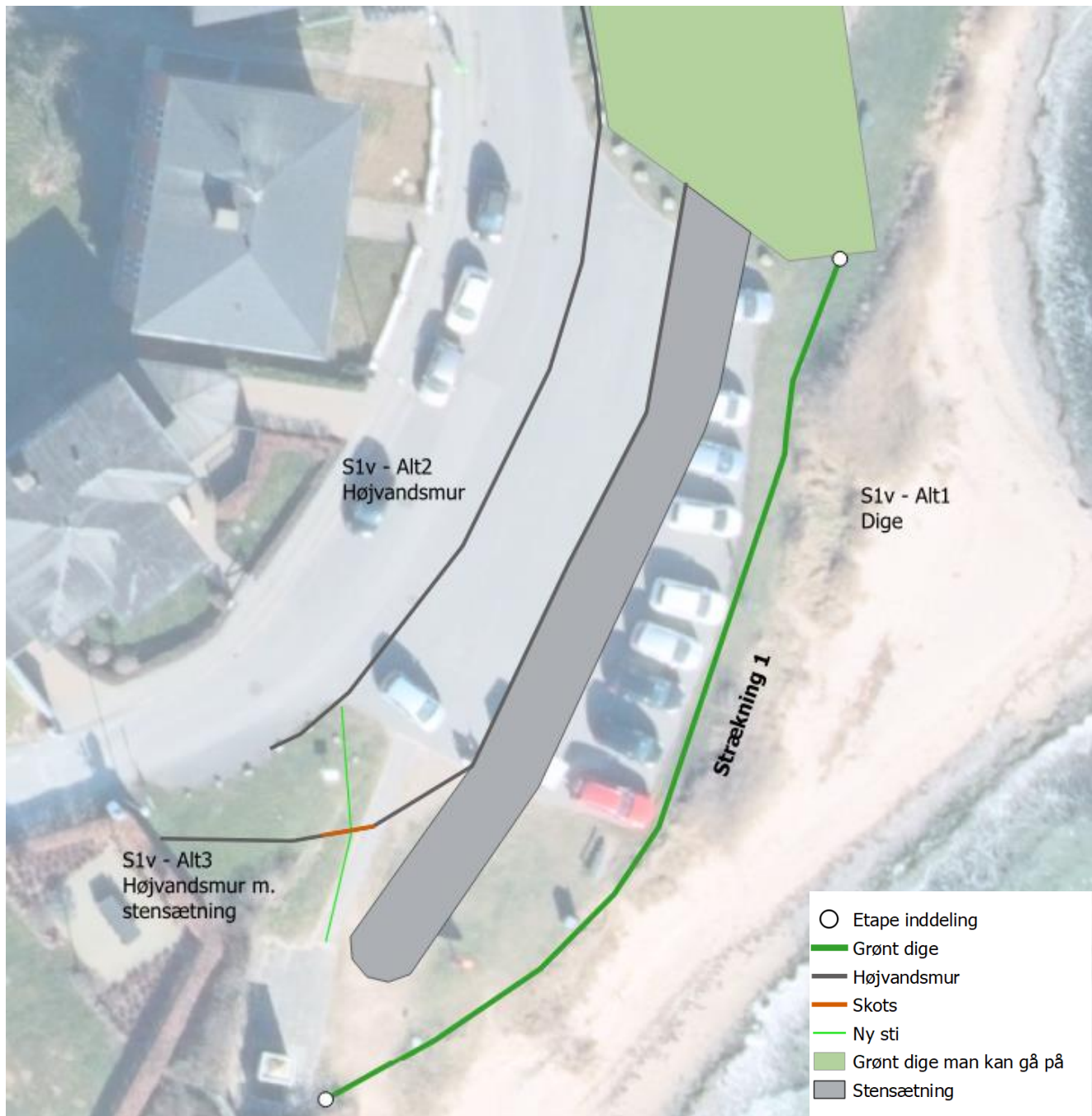
Ved at anlægge sten foran højvandsmuren vil de fleste bølger bryde på stenene fremfor op mod muren. Dette vil beskytte højvandsmuren for slag, samt være nedsættende ift. bølgeoverskyllet. Bølgereducerende tiltag vil være nødvendige for at sænke kronekoten på muren.

Hvis de eksisterende hofder på strækningen fjernes, vil det have betydning for hele strækningen, der udsættes for yderligere erosionspres.

Strækning 1 ligger relativt eksponeret ift. de resterende strækninger. I stormen i oktober 2023, blev der observeret bølger langs strækningen, hvor der i kombination af høj vandstand blev eroderet større dele af parkeringspladsen samt øvrige elementer i kysten. Hvis der sikres til en kote + 3,0 m DVR90 i dette område, vil det under samme bølgescenarie som i stormen oktober 2023, betyde at kronekoten for en højvandsmur skal være mindst + 4,3 m DVR90 for at undgå overskyl over 2 l/s/m, såfremt muren er placeret havværts parkeringspladsen. For at mindske denne kronekote, anbefales det at anlægge sten foran muren med en relativ flad hældning. Ligeledes vil det være en god idé at trække anlægget længst muligt ind mod vejen.

Tabel 7.6: Fordele og ulemper ved strækning 1 på vestsiden af Alsund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Dige nær kysten	Billigere løsning, mere bæredygtig	Bølgepåvirkningen er større pga. kystnær placering, kronekote højere pga. placering, optager relativt stort areal der påvirker andre muligheder for anvendelse.
Alternativ 2: Mur langs vejen	Mindre bølgepåvirkning pga. tilbagetrukket placering, optager begrænset plads	P-plads svært/ikke tilgængelig, visuel påvirkning
Alternativ 3: Mur med stensætning	Bibeholder vendeplads, nogle p-pladser og etablering af adgangssti til strand, begrænset pladsbehov	Det er dyrere løsning, øget overskyl pga. kystnær placering, hård kystbeskyttelse, visuel påvirkning



Figur 7.16: Strækning 1 – vest – Løsningsoversigt.

7.5.2 Strækning 2

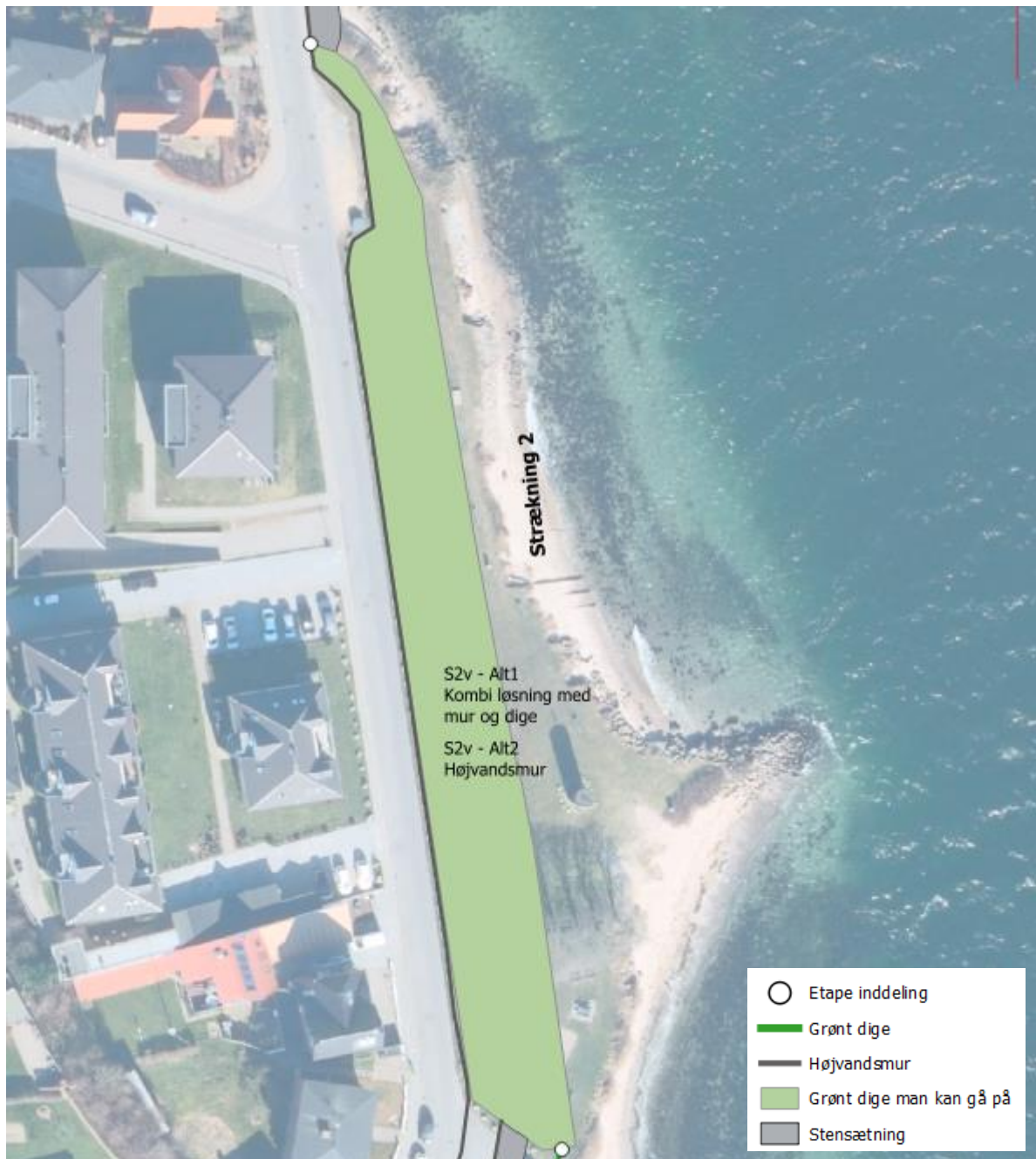
Figur 7.17 viser to alternative løsningsforslag for stormflodsbeskyttelse af strækning 2, for vest siden af Alssund.

Alternativ 1 er en kombineret løsning mellem en højvandsmur og et grønt dige/forland. Muren skal udgøre den ene side af diget. Diget skal være bredt, så der på toppen er et opholdsareal. Ved alternativ 2 etableres der en højvandsvandsmur. Placering af muren skal tage hensyn til trafiksikkerhed på Sundgade.

På samme måde som sten foran muren kan nedsætte bølgenes effekt på muren og bølgeoverskyllet, kan diget. Bølgerne vil bryde i højere grad på diget og afhængig af dimensionerne på diget nedsætte bølgeoverskyllet, hvilket kan lede til at kronekoten vil være lavere, end hvis det bare var en højvandsmur. Grundet den udsatte placering kan det være nødvendigt med tiltag til erosionsbeskyttelse af det grønne areal.

Tabel 7.7: Fordele og ulemper ved strækning 2 på vestsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Kombineret mur og dige/terrænhævning	Mulighed for rekreativ brug af areal foran muren, sænket bølgepåvirkning pga. digeforside	En dyrere løsning, store mængder
Alternativ 2: Mur langs vejen	Tilbagetrukket løsning, optager begrænset plads	Areal foran muren svært tilgængelig, visuel påvirkning



Figur 7.17: Strækning 2 – vest – Løsningsoversigt.

7.5.3 Strækning 3

Figur 7.18 viser to alternativer til løsningsforslag for stormflodsbeskyttelse af strækning 3, for vest siden af Als-sund.

Stormflodsbeskyttelsen for denne strækning er en højvandsmur, alternativ 1 er hvor muren løber langs vejen, og der med ikke beskytter de tre grunde, der ligger ud mod kysten. Ved alternativ 2 etableres muren på vandsi-den af grundene, sådan at de beskyttes. Løsningen langs vandsiden af grundene vil få behov for kystbeskyttelse i tillæg til en relativt høj kronekote. Da der kun er tale om beskyttelse af tre mindre grunde, vurderes dette al-ternativ økonomisk uholdbart, og denne løsning forkastes derfor allerede i dette stadie.

En højvandsmur på denne strækning skal umiddelbart være relativt høj for at reducere bølgeoverskyl til et ac-ceptabelt niveau. Hvis der beskyttes til en kote + 2,5 m DVR90 i dette område, vil det under samme bølgesce-narie som i stormen i oktober 2023, betyde at kronekoten for en højvandsmur skal være mindst + 3,5 m DVR90 for at undgå overskyl over 1 l/s/m. Det forventes, at der foran muren skal etableres stensætning med en relativt flad hældning for at fastholde muren og reducere bølgepåvirkningen. I modsætning til løsningen i dag, der be-står af lille mur bag et relativt glat glacis, anbefales det at lave en mere ru konstruktion af sten foran muren. For yderligere at reducere overskyl bør der ses på 'næse' på muren samt et mere detaljeret studie af muligt volu-men bag muren til håndtering af overskyl.

Tabel 7.8: Fordele og ulemper ved strækning 3 på vestsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Mur langs vejen med stensætning	Optager begrænset plads men skal beskyttes med sten på vandsiden	Stor bølgepåvirkning pga. kystnær-placering, beskytter ikke husene på vandsiden af vejen, visuel påvirkning (kronekote højt over terræn)
Alternativ 2: Mur langs vejen og ved matrikler på havsiden	Optager lidt plads men skal beskyt-tes med sten på vandsiden, beskyt-ter husene på vandsiden af vejen	Stor bølgepåvirkning pga. kystnær-placering, skal erosionsbeskyttes, vi-suel påvirkning (kronekote højt over terræn)



Figur 7.18: Strækning 3 – vest – Løsningsoversigt

7.5.4 Strækning 4

Figur 7.19 viser to alternativer til løsningsforslag for stormflodsbeskyttelse af strækning 4, for vest siden af Als-sund.

Strækningen er udpeget som et udviklingsområde - Udviklingsområde Sundgade. Der er forventning om at området stormflodsbeskyttes til minimum tilsvarende niveau som i nærværende projekt og at det etableres inden nærværende projekt. Alternativ 2 er en højvandsmur, hvis det viser sig, at udviklingsprojektet ikke gennemføres.

Tabel 7.9: Fordele og ulemper ved strækning 4 på vestsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Udviklingsområde	Beskyttes til en højere kote inden nærværende projekt.	Koblingspunkter mellem udviklingsområdet og den øvrige stormflodsbeskyttelse fastlægges tidligt i projektet.
Alternativ 2: Mur langs vejen	Optager begrænset plads, tilbagetrukket. Område kunne bruges rekreativt til at invitere vandet op på land.	Visuel påvirkning, sikrer ikke havnearealet på vandsiden af vejen.



Figur 7.19: Strækning 4 – vest – Løsningsoversigt

7.5.5 Strækning 5

Figur 7.20 viser tre alternativer til løsningsforslag for stormflodsbeskyttelse af strækning 5, for vest siden af Alsund.

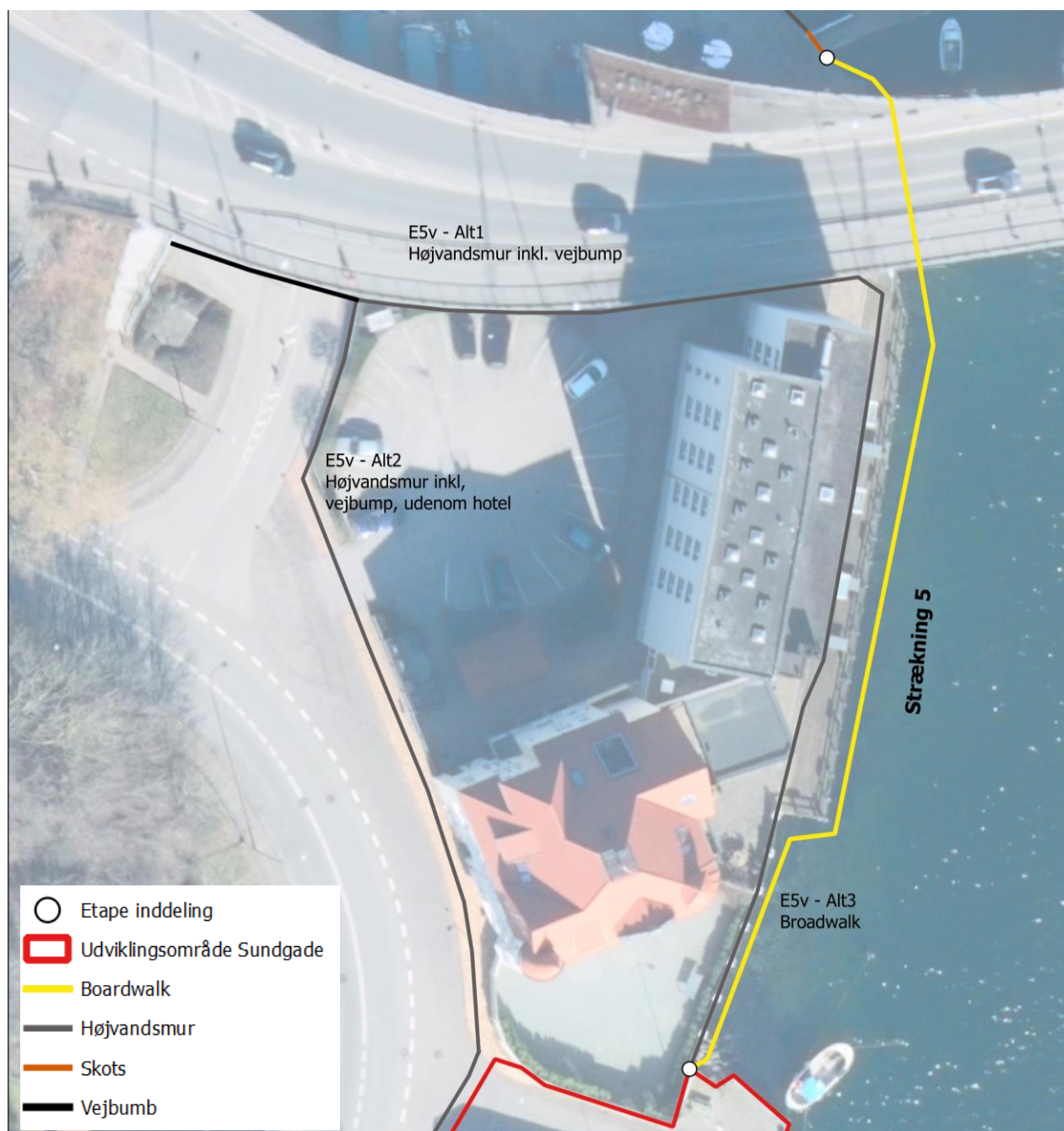
Alternativ 1 er en højvandsmur der følger havnekajen, og strækker sig langs hotellet op til vejen, hvor der anlægges et vejbump. Ved denne løsning, bliver det unødvendigt at etablere beskyttelse på strækning 6, hvor der ikke oversvømmes bygninger eller andet af værdi.

Alternativ 2 er en højvandsmur, der følger Sundgade hen til broen, hvor der etableres et vejbump. Ved denne løsning beskyttes hotellet ikke. Ved denne løsning, bliver det ligeledes unødvendigt at etablere beskyttelse på strækning 6, hvor der ikke oversvømmes bygninger eller andet af værdi.

Alternativ 3 er en Boardwalk / bro på ydersiden af hotellet evt. uden for den eksisterende kaj så broen anlægges over vandet. Broen kan anlægges på flere forskellige måde, men skal altså fungere som stormflodsbeskyttelse i tillæg til det rekreative. En boardwalk kan eventuelt anlægges i forbindelse med alternativ 1, hvor den så ikke har en stormflodsbeskyttende virkning men alene er et rekreativt element.

Tabel 7.10: Fordele og ulemper ved strækning 5 på vestsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Mur på yderside af Alhambra	Alle ejendomme beskyttes, begrænset pladsbehov.	Visuel påvirkning foran Alhambra pga. påvirkning af udsyn, dyrere løsning, komplekst anlæg på eller tæt ved gamle konstruktioner og langs broen.
Alternativ 2: Mur langs innersiden af Alhambra	Simplere anlæg på kendte konstruktioner, kortere strækning.	Alle ejendomme beskyttes ikke.
Alternativ 3: Boardwalk	Gendarmstien kan ledes langs boardwalk, rekreativ løsning, potentiel signatur på byen.	Anlægsudfordringer ved at anlægge under broen, potentiel høj anlægsøkonomi.



Figur 7.20: Strækning 5 – vest – Løsningsoversigt

7.5.6 Strækning 6

Figur 7.21 viser et løsningsforslag til stormflodsbeskyttelse af strækning 6, for vest siden af Alssund.

Løsningen består af en højvandsmur eventuelt i kombination med jorddige på det grønne område, der sikrer at vandet ikke ledes op på kajen og oversvømmer vejen. Da der ikke oversvømmes områder med stor værdi, bør denne strækning tages ud af projektområdet. Strækningen er med i nærværende rapport, så den ikke overses på senere stadie af projektet.

Tabel 7.11: Fordele og ulemper ved strækning 6 på vestsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Mur langs vejen (alternativ er at droppe denne strækning)	Optager begrænset plads, dige er en økonomisk god løsning.	Dyr løsning, visuel påvirkning, beskytter ikke noget kritisk infrastruktur eller ejendomme.



Figur 7.21: Strækning 6 – vest – Løsningsoversigt

7.5.7 Anbefalet løsning

Figur 7.22 viser den anbefalede løsning for stormflodsbeskyttelse af vest siden af Alssund. Løsningen omfatter hhv. højvandsmure, skots, vejbump, stensætning, rekreativt dige og et klimasikret udviklingsområde. Strækning 1 er der fravalgt diget pga. pladsmangel og høje bølger, men muren midt på parkeringsarealet er valgt for at bibeholde noget af arealet til parkering, hvilket prioriteres meget højt af Sønderborg Kommune, grundet højt publikumspres fra strandgæster, turister til Dybbøl Mølle og Skansen.

For strækning 2 er der valgt en kombineret løsning pga. ønske om en rekreativ løsning samt reduktion af bølgepåvirkning. Strækning 3 beskytter ikke de tre matrikler langs sundet, da det vurderes, at en lokal beskyttelse er mere rentabel. Strækning 4 er udtaget som et areal for byudviklingsområde, der antages stormflodsbeskyttet separat, med den rette sammenhæng med nærværende projekt. Strækning 5 anbefales muren langs sundet, primært for at beskytte ejendomme. Etablering på denne strækning kan være meget kompleks grundet gamle havnekonstruktioner samt tæt på eksisterende bro. Strækning 6 udgår, idet den anbefalede beskyttelse anlægges på sydsiden af broen.



Figur 7.22: Anbefalet løsning for stormflodsbeskyttelsestiltag for vest siden af Alssund.

7.6 Forslag til stormflodsbeskyttelse østsiden af Alssund

Figur 7.23 **Error! Reference source not found.** illustrerer mulige løsninger til stormflodsbeskyttelse af østsiden af Alssund inddelt i 6 strækninger.



Figur 7.23: Løsningsoversigt over mulige Stormflodsbeskyttelsestiltag samt strækninginddeling for øst siden af Alssund.

7.6.1 Strækning 1

Figur 7.24 viser tre alternativer til løsningsforslag for stormflodsbeskyttelse af strækning 1, for øst siden af Alsund. På et tidligt stadie af projektet har Sønderborg Slot valgt selv at se på en stormflodsbeskyttelse, og området er derfor ikke inkluderet i nærværende projekt, men de to løsninger skal koordineres for en sammenhængende endelig løsning.

Løsningen for denne strækning er en højvandsmur. For alle tre alternativer forventes det at den eksisterende mur omkring trappen skal minimeres, så der bliver bedre tilgængelighedsforhold langs havnefronten.

I alternativ 1 etableres muren uden om den åbne plads nord for Sønderborg Slot, så pladsen med ryggerstatuen i den østlige side af pladsen ikke beskyttes. Pladsen med rytterstatuen er mobilt så det kan flyttes ved varsling af stormflod. Der skal laves en åbning eller lignende i muren, så der er passage fra nordsiden ind på pladsen.

Alternativ 2 er en højvandsmur, der etableres i udkanten af pladsen, så den beskyttes mod stormflod.

Alternativ 3 er en højvandsmur som beskytter både pladsen og Sønderbro vej (med undtagelsen af vejen gående vest om slottet).

Tabel 7.12: Fordele og ulemper ved strækning 1 på østsiden af Alsund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Mur nord for torvet	Kort strækning, cafeområdet ved torvet beskyttes ikke, udsyn fra torvet bibeholdes, adgang til trappe bibeholdes delvist, lille gene for slottet.	Sønder Havnegade spærres ved stormflod, muren adskiller Cafe med udeservering på torvet.
Alternativ 2: Mur syd for torvet	Pladsen beskyttes.	Sønder Havnegade spærres ved stormflod, udsigten hæmmes fra pladsen, mere beredskab pga. skots, adgang til trappe hæmmes, trafikale forhold ifm. krydsning af Sønder Havnegade.
Alternativ 3: Mur nær slottet	Sønder Havnegade beskyttes fuldstændigt.	Meget beredskab pga. større antal skots, stor visuel påvirkning for indsigt til slottet, adgang til trappe begrænses, dyrere løsning, trafikale forhold og udsyn bliver stærkt påvirket,



Figur 7.24: Strækning 1 – øst – Løsningsoversigt.

7.6.2 Strækning 2

Figur 7.25 viser/beskriver tre alternativer til løsningsforslag for Stormflodsbeskyttelse af strækning 2, for øst siden af Alssund.

Alternativ 1 er en højvandsmur med skots, så der er adgang til havnekajen. Der er cafeer langs Sønder Havnegade, hvorfor en højvandsmur der skærmer udsigten til sundet, ikke er attraktiv.



Figur 7.25: Strækning 2 – øst – Løsningsoversigt

Alternativ 2 er udelukkende en mobil beredskabsløsning.

Alternativ 3 er en kombineret løsning, med en højvandsmur der sikres til et vist niveau og dermed de mindre stormfloder. Ovenpå denne mur etableres en beredskabsløsning til at sikre imod de større hændelser.

Der har undervejs i processen været diskuteret andre muligheder med at lave lokale løsninger med de eksisterende huse som en del af beskyttelsen, men da der opleves problemer med gennemtrængende vand i husmure, vurderes det ikke at være en økonomisk mulighed. Derudover har der været dialog om en løsning hvor vejen hæves hvilket dog ikke vurderes som hensigtsmæssig løsning. Der er for eksisterende forhold jævnlige udfordringer med vand i vejassen, der opblødes og må spærres for gennemkørsel med jævne mellemrum. Optimalt skal klimatilpasningen også afhjælpe dette problem.

Fordele og ulemper ved de tre alternativer er vist i Tabel 7.13.

Tabel 7.13: Fordele og ulemper ved strækning 2 på østsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Mur med skot	Lavt beredskab, robust løsning, minimal drift.	Begrænser udsigt.
Alternativ 2: Beredskabsløsning	Udsigt bibeholdt, kun synligt ved stormflod.	Højt beredskab, ikke robust, drift og økonomi.
Alternativ 3: Mur med søjle-bjælke løsning	Muren beskytter mod lavere hændelser, udsynet bevares nogenlunde, kan anvendes rekreativt.	Stadig højt beredskab ved større stormfloder, dyrere løsning, opbevaring af søjle-bjælke, drift

Hvis den permanente løsning kun må være 0,90 m over terræn, vil det betyde at man kan sikre til omkring kote +2,0 m DVR90 hvilket vil sikre strækningen mod en ca. 15-20 års hændelse i 2070. Dertil skal der ved hændelser over det være indsat beredskab, til etablering af mobil søjle-bjælke løsning ovenpå højvandsmuren.

Der er udført simple visualiseringer af en mur etableret langs Sønder Havnegade for at give et indtryk af de udsynsgener der vil være forbundet med en permanent løsning. Visualiseringerne angiver estimeret stå og siddehøjde ved udeserveringen i Sønder Havnegade samt ståhøjde i den sydligste ende af Sønder Havnegade (øjnehøjde i hhv. 1 og 1,7 m over terræn).

Visualiseringerne er vist i Figur 7.26, Figur 7.27 og **Error! Reference source not found..** Det skal bemærkes at der ikke er lavet detaljer for selve muren samt vist åbninger. Der vil være vide rammer for det visuelle præg af muren, når blot det sikres at en eventuel mobil løsning på toppen ikke kompromitteres.

Det fremgår af visualiseringerne at murhøjde omkring kote +2,0 m ikke begrænser udsynet til vandoverfladen men primært træbryggen på havsiden.



Figur 7.26: Eksisterende forhold set mod nord tv. Visualisering med en mur med topkote svarende til hhv. 1,8 m DVR90 i midten og 2,0 m DVR90 til højre. Øjenhøjde i 1,7 m over terræn i den sydlige del af Sønder Havnegade.



Figur 7.27: Eksisterende forhold set mod syd tv. Visualisering med en mur med topkote svarende til hhv. 1,8 m DVR90 i midten og 2,0 m DVR90 til højre. Øjenhøjde i 1,0 m over terræn ved udeservering i Sønder Havnegade.



Figur 7.28: Eksisterende forhold set mod syd tv. Visualisering med en mur med topkote svarende til hhv. 1,8 m DVR90 i midten og 2,0 m DVR90 til højre. Øjenhøjde i 1,7 m over terræn ved udeservering i Sønder Havnegade.

7.6.3 Strækning 3

Figur 7.29 viser to alternativer til løsningsforslag for stormflodsbeskyttelse af strækning 3, for øst siden af Alsund.

Alternativ 1 er en højvandsmur med skots langs Sønder Havnegade, der beskytter byen og vejen mod stormfloder. Havnekontoret umiddelbart ved kaj er beskyttet med lokale løsninger.

Alternativ 2 er en højvandsmur med skots samt forhøjelse af den eksisterende mur, i denne løsning er der et større område øst for Sønder Havnegade der ikke indgår i beskyttelsen.

Tabel 7.14: Fordele og ulemper ved strækning 3 på østsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Mur med skot	Lavt beredskab, robust løsning.	Tager udsigten.
Alternativ 2: Mur bagom pladsen	Pladsen bevarer forbindelsen til havet.	Vej spærret ved stormflod, pladsen beskyttes ikke, beredskab pga. antal af skots, dyrere løsning.



Figur 7.29: Strækning 3 – øst – Løsningsoversigt

7.6.4 Strækning 4

Figur 7.30 viser et løsningsforslag for stormflodsbeskyttelse af strækning 4, for øst siden af Alssund.

Løsningsforslaget er en højvandsmur langs Nørre Havnegade under Kong Christian D. X's Bro. Der er ikke umiddelbart fundet frem til andre oplagte løsninger på denne strækning.

Tabel 7.15: Fordele og ulemper ved strækning 4 på østsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Mur	Optager begrænset plads.	Udsigten begrænset, barriere til vandet, anlæg under broen.



Figur 7.30: Strækning 4 – øst – Løsningsoversigt

7.6.5 Strækning 5

Figur 7.31 viser et løsningsforslag for Stormflodsbeskyttelse af strækning 5, for øst siden af Alssund.

Løsningsforslaget er forhøjelse af den eksisterende mur med skots, så der er adgang til kajen og bådpladser.

Der er på denne strækning ikke fundet andre oplagte alternativer, da denne strækning primært er for at forbinde stormflodsbeskyttelsen langs hele kajstrækningen. Det vil være oplagt på denne strækning at etablere en pænere mur potentielt med rekreative elementer indarbejdet.

Tabel 7.16: Fordele og ulemper ved strækning 5 på østsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Mur	Muren indarbejdes ved eksisterende mur, optager begrænset plads	Begrænser udsigten, barriere til vandet.



Figur 7.31: Strækning 5 – øst – Løsningsoversigt

7.6.6 Strækning 6

Figur 7.32 viser et løsningsforslag for stormflodsbeskyttelse af strækning 6, for øst siden af Alssund.

Alternativ 1 er en højvandsmur med skots, der smyger sig langs den eksisterende bygning længst muligt fra kajkanten. Arealer foran muren kan bruges som rekreativt opholdsareal.

Alternativ 2 er en højvandsmur med skots der går bagom den eksisterende bygning, som derved ikke beskyttes. Ved en sådan løsning vil der ikke umiddelbart være adgang til bygning og p-kælder under stormflod. Dette alternativ kan lægges tæt på eksisterende vej. Der skal være adgange til bygning og indkørsel gennem skots i muren.

Alternativ 3 er en højvandsmur med skots, hvor muren går langs bygningens facade, som vender mod vejen. Derved beskyttes bygning og p-kælder ikke. Ved dette alternativ bibeholdes en stor åben plads.

Der er i området tanker om rekreative formål, der vil kunne tilpasses i en mur eller muren vil kunne tilpasses. Alternativ 2 gennemskærer delvist den store plads, hvilket vil skulle detaljeres og optimeres i en eventuel endelig løsning.

Tabel 7.17: Fordele og ulemper ved strækning 6 på østsiden af Alssund.

	Fordele	Ulemper
Alternativ 1: Mur vest om Havbohuset	Alle ejendomme og p-kælder beskyttes, mulighed for rekreativ løsning med stort frirum på pladsen.	Gennemskærer havnefronten, fokus på håndtering af havnens eksisterende konstruktionselementer.
Alternativ 2: Mur langs vejen	Større del af havnefronten bibeholdes fri, tilbagetrukket løsning.	Beskytter ikke alle, begrænset adgang til havnefronten, gennemskærer stadig havnefronten, lang løsning.
Alternativ 3: Mur øst om Havbohuset	Delvist tilbagetrukket løsning	Gennemskærer havnefronten, beskytter ikke alle, begrænset adgang til Havbohuset under stormflod.



Figur 7.32: Strækning 6 – øst – Løsningsoversigt.

7.6.7 Anbefalet løsning

Figur 7.33 viser anbefalet løsning for stormflodsbeskyttelsen langs øst siden af Alssund. Løsningen omfatter højvandsmure m. skots i sammenhæng med mobile overbygninger hvor det visuelle og nærhed til vandet har væsentlig værdi. Løsninger såsom dige er fravalgt langs denne strækning som følge af pladsmangel.

Langs strækning 1 anbefales linjeføringen hvor caféområdet ikke beskyttes. For strækning 2 anbefales en permanent højvandsmur til en given optimeret højde, hvor hændelser over denne udføres med beredskabsløsninger.

Strækning 3 anbefales løsningen mod sundet, for at beskytte både veje og ejendomme. For både strækning 4 og 5 er der anbefalet højvandsmur. For strækning 6 anbefales en løsning der ligger nærmest sundet, for at sikre alle bagvedliggende bygninger og der bibeholdes mulighed for at lave andre rekreative elementer på havnefronten bag stormflodsbeskyttelsen.



Figur 7.33: Anbefalet løsning for stormflodsbeskyttelsestiltag for øst siden af Alsund.

7.7 Kronekote inkl. bølgetillæg

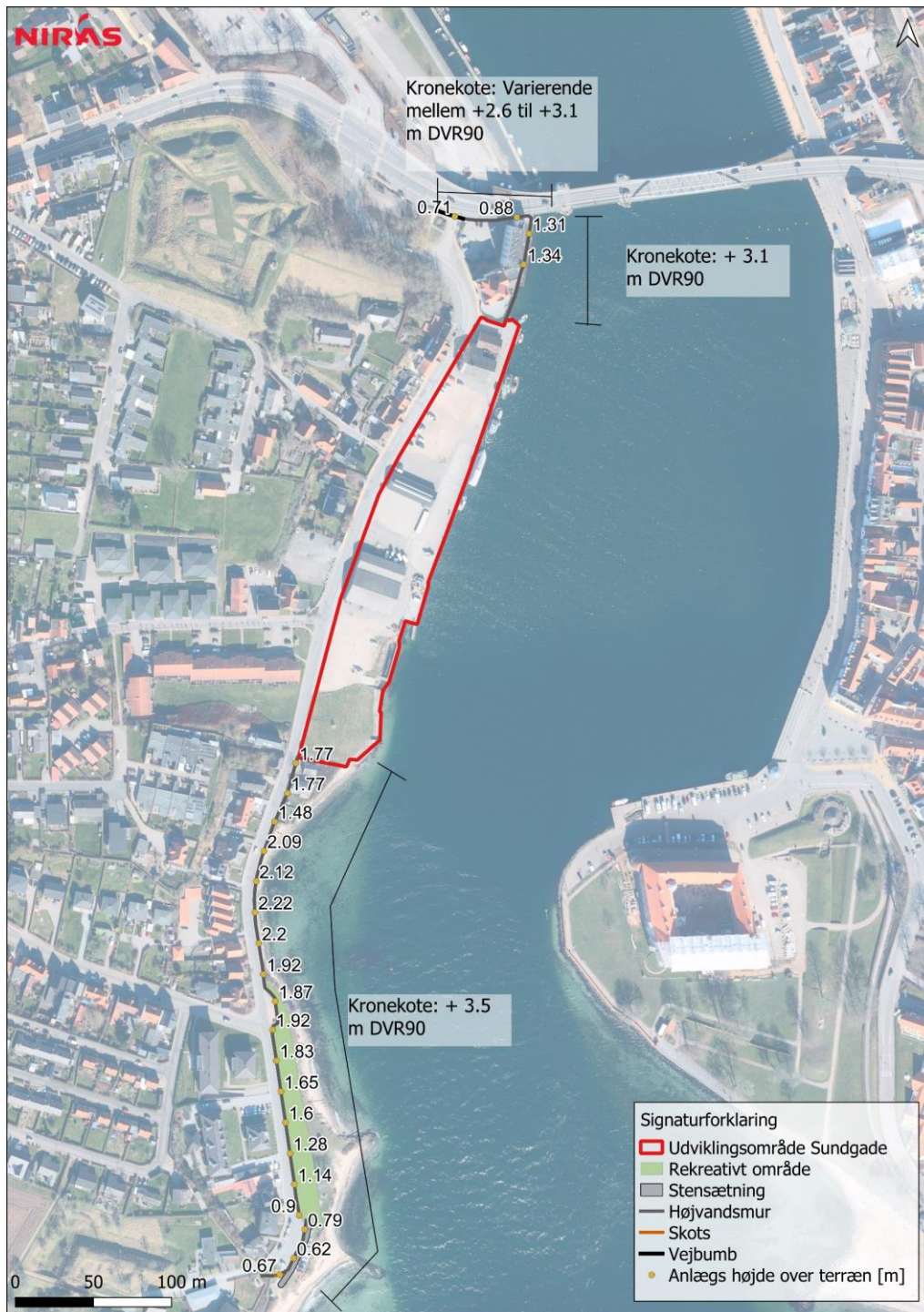
En stormflod kan være sammenfaldende med høje bølger. Når bølgerne rammer stormflodsbeskyttelsen, kan der være risiko for at bølger skyller over med deraf følgende mulighed for mindre oversvømmelser bag beskyttelsen. Topkoten eller kronekoten for et stormflodsbeskyttelses anlæg dimensioneres i forhold til et defineret tilladeligt bølgeoverskyl. Linjeføringen ligger for størstedelen af projektet foran væsentlig eller kritisk infrastruktur, hvorfor der kun tillades på nuværende stadie et bølgeoverskyl på 1 l/s/m. Hvis et højere eller lavere bølgeoverskyl kan tillades, kan kronekoten af anlægget justeres derefter. Det skal en detaljering vise i de efterfølgende faser af projektet.

Bølgehøjden, der er benyttet til at udregne bølgeoverskyllet, er baseret på en allerede etableret numerisk model udarbejdet sideløbende med nærværende projekt for at studere bølgeuro i Sønderborg under stormen Babet i oktober i 2023. Bølgehøjder beregnet i modellen er efterfølgende transformeret ind på land, og deraf beregnet overskyllet (EurOtop, 2018). Udregning af bølgeoverskyl er nærmere beskrevet i Bilag 1.

Bølgetillægget er udregnet konservativt og ved simple antagelser, og skal derfor genbesøges igen i en senere fase. Bølgetillægget kan optimeres op igennem sundet, dvs. en mere varierende kronekote end angivet i denne rapport. Derudover vil det være muligt på nogle strækninger at minimere kronekoten ved at etablere enten bølgedæmpende konstruktioner foran muren (som f.eks. stenkonstruktioner) eller 'næser' der leder vandet tilbage mod havet i stedet for over muren. Det gælder især på strækningen midt på Sundgade, hvor muren vil være et voldsomt element uden reduktionstiltag og hvor det måske vil være relevant at indsætte pumper når de værste ekstremer kommer. I denne sammenhæng skal det også huskes at havspejlsstigningen sker løbende og som havspejlet vil være i den første del af levetiden vil der muligvis ikke være behov for pumpning.

Der er udarbejdet to figurer, som viser kronekoten langs strækninger for vest siden og øst siden af Alssund (Figur 7.34 og Figur 7.35). På figurerne er der ligeledes udregnet anlæggets højde over nuværende terræn i meter. Højden er udregnet ved en simpel GIS-analyse ved brug af den danske højdemodel, hvorfor værdierne er vejledende.

Yderligere er der udarbejdet Figur 7.36, som viser kronekoten for den sydlige del af øst siden af Alssund under dagligdagssituationen hvor der ikke er stormflod. Dvs. det er kronekote højden af den fast etablerede højvandsmur med en kronekote på +2,0m DVR90 uden ekstra sikringshøjde, som etableres under stormflodshændelser med søjle-bjælke løsningen. Hvilket giver en maksimal højde på anlægget over terræn i dette område på 1,15 m, når der ikke er stormflod. Det skal ifm. endelig projektering af anlægget fastlægges til hvilken højde den permanente mur etableres og valg metode ift. supplerende mobil løsning.

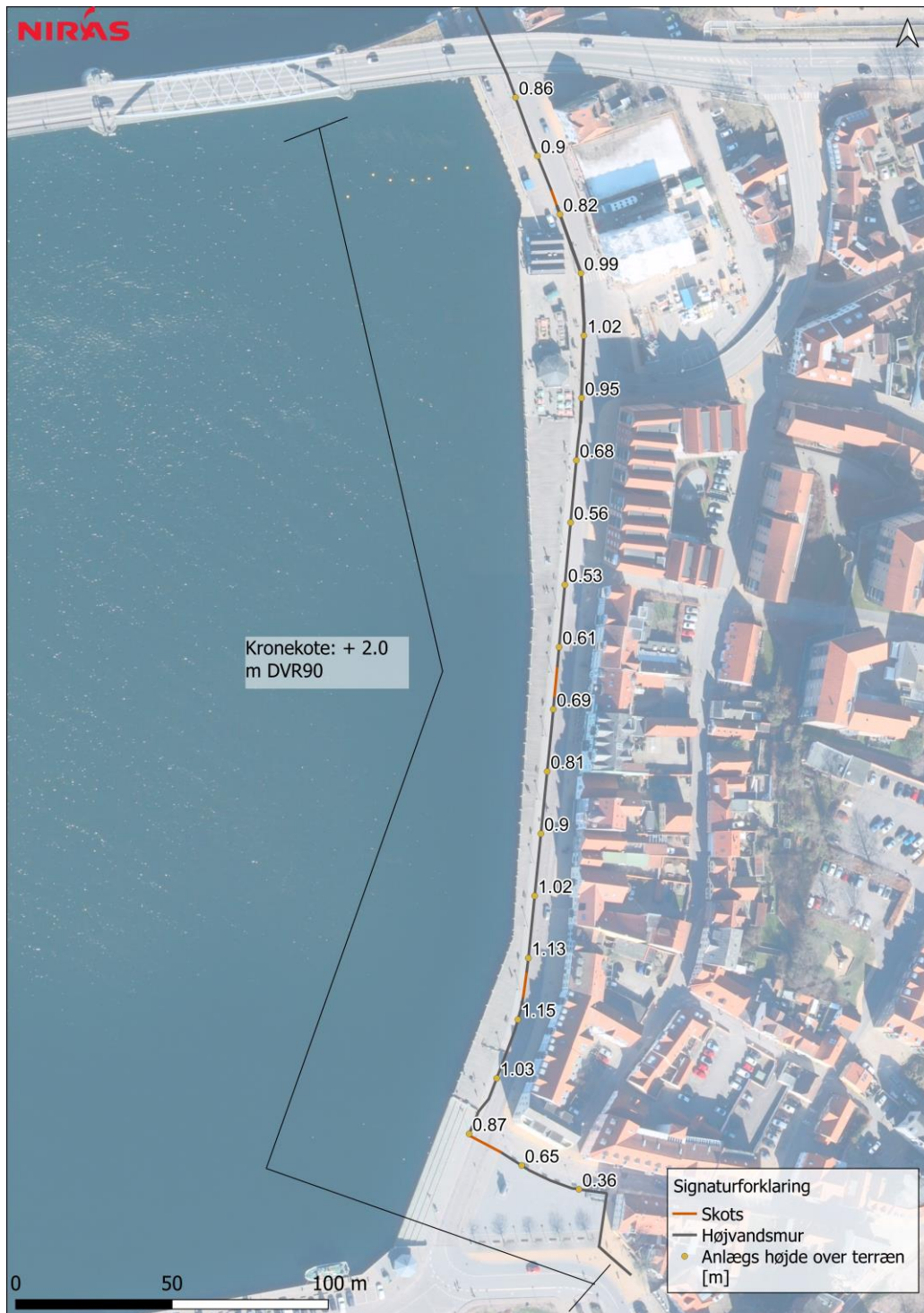


Figur 7.34: Kronekote inkl. bølgetillæg for stormflodsbeskyttelsestiltag for vest siden af Alssund. Værdierne ved de gule prikker angiver anlæggets højde over terræn i meter¹. Bemærk at der ved den eksisterende mur midt på Sundgade er en variation af koter for vejen som varierer med ca. 0,1 m.

¹ Højden af terræn varierer langs linjeføringen, hvorfor andre højder forventes at forekomme mellem de fastsatte punkter. Anlæggets højde over terræn er udregnet ved forskellen mellem målt terrænhøjde på de angivne punkter og den maksimale højde anlægget bygges i.



Figur 7.35: Kronekote inkl. bølgetillæg for stormflodsbeskyttelsestiltag for øst siden af Alssund. Værdierne ved de gule prikker angiver anlæggets højde over terræn i meter.



Figur 7.36: Kronekote inkl. bølgetillæg for stormflodsbeskyttelsestiltag for sydøst siden af Alssund ved dagligdagssituationen uden stormflod. Værdierne ved de gule prikker angiver anlæggets højde over terræn i meter.

7.8 Bagvandshåndtering

Der er udført en screening af de eksisterende afvandingsforhold, med henblik på at lokalisere steder, hvor det vil være nødvendigt, at etablere afværgeforanstaltninger for at bibeholde de eksisterende afstrømningsmuligheder.

Screeningen har hovedsageligt fokus på regnvand og afløbsledninger. Screeningen af strømningsveje er gennemført i SCALGO Live. Viden om eksisterende afvandingsforhold er modtaget af SONFOR, som er Sønderborgs forsyning.

På grundlag af analyserne er det vurderet, hvor der skal etableres afværgeforanstaltninger af stormflodsbeskyttelsen til håndtering af bagvand. I den forbindelse er det også vurderet, om vandet kan gravitere ud eller om der er behov for etablering af en pumpe.

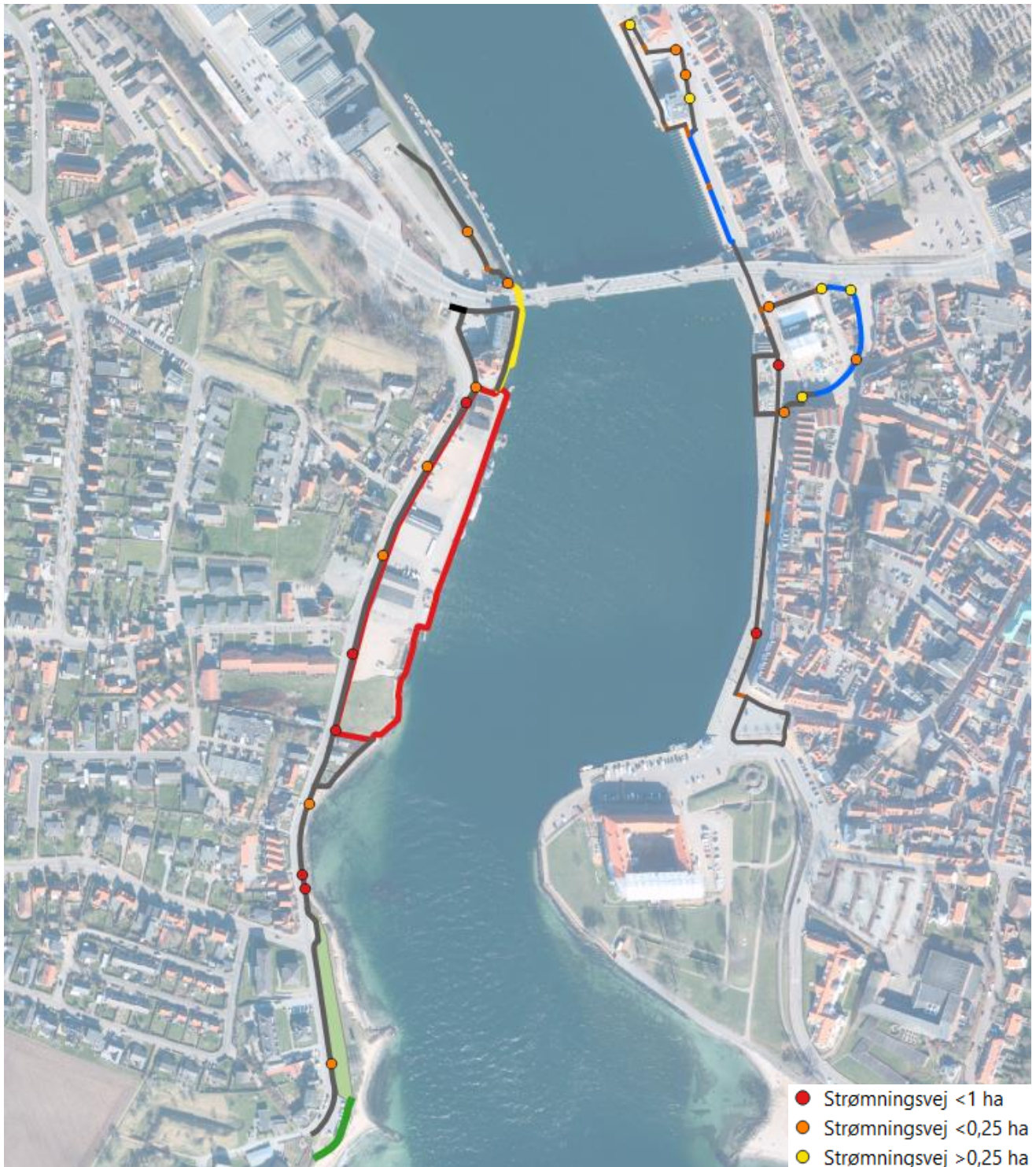
7.8.1 Screening af strømningsveje

På Figur 7.37 er de steder markeret, hvor en større strømningsvej krydser et beskyttelsestiltag. Det er angivet med farver, hvor stort et opland der strømmer til punktet. Der er flere steder hvor en strømningsvej med et opland større end 1 ha krydser linieføringen. Det skal undersøges, hvilke afværgeforanstaltninger der skal etableres for at bibeholde de eksisterende afstrømningsmuligheder.

Der kan etableres flere forskellige foranstaltninger. En simpel løsning er, at placeres skots/huller i stormflodsbeskyttelsen, så vandet udvalgte steder frit kan strømme ud i havnen. Der arbejdes i forvejen med, at der skal etableres skots, så der er adgang til kajen. Det vil derfor være oplagt at placere disse åbninger, hvor større strømningsveje krydser. Er dette ikke muligt kan der etableres veldefinerede grøfter i kanten af vejen der leder vandet kontrolleret til åbninger i stormflodsbeskyttelsen. En anden foranstaltning er at etablere rør eller mindre åbninger i stormflodsbeskyttelsen, der tillader vandet at strømme ud i havnen (disse skal selvfølgelig sikres mod tilbageløb med en klap).

Ovenstående løsninger, er økonomisk fordelagtige og kræver næsten ingen vedligeholdelse. Til gengæld fungerer de ikke under stormflod, hvor havvand vil strømme igennem stormflodsbeskyttelsen. I sådan en situation lukkes af, så havvandet holdes ude.

En anden mulig foranstaltning er en pumpe, der pumper vandet til havsiden af stormflodsbeskyttelsen. Man kan også anlægge en kombination, så åbningerne i stormflodsbeskyttelsen anvendes til hverdag, og under en stormflod anvendes der pumper.



Figur 7.37: Strømningsveje der krydser linjeføringen er angivet med prikker. Af signaturforklaringen fremgår det hvor stort et opland der strømmer til punktet. (BEMÆRK: Det er en ældre version af linjeføringen, som fremgår af figuren).

7.8.2 Steder med behov for afværgenforanstaltning

I dette afsnit undersøges det hvilke afværgenforanstaltninger der skal etableres, for at bibeholde de eksisterende afstrømningsmuligheder, der kigges kun på strømningsveje med et opland på 1 ha.

Ved strækning 4, på vest siden af Alssund, strømmer der flere større strømningsveje igennem området og ud i havnen. Strømningsvejene afvander store dele af boligerne på vest siden af Alssund. I forbindelse med udviklingsområdet ved Sundgade skal det sikres, at det regnvand der strømmer der i dag også kan strømme der i det planlagte terræn. Man kan med fordel lave flere huller i højvandsskringen så de eksisterende strømningsveje fastholdes, dog skal disse huller afskærmes under højvande. Er det ikke muligt, at etablerer huller i beskyttelsestiltagene, skal der etableres en pumpe, der pumper vandet direkte ud i havnen. Pumpers kapacitet fastlægges i detailprojekteringen.



Figur 7.38: Strækning 4 på vest siden af Alssund. Strømningsveje der krydser beskyttelsestiltag er angivet med prikker, af signaturforklaringen fremgår det hvor stort et opland der strømmer til punktet.

Ved strækning 3, på vest siden af Alssund, strømmer der flere større strømningsveje ud på Sundgade og videre ud i sundet. Strømningsvejene afvander den sydlige del af boligerne på vest siden af Alssund. Den planlagte højvandsmur kunne med fordel etableres med flere gennemføringer, så de eksisterende strømningsveje fastholdes. Under højvande vil der skulle lukkes, så havvandet ikke strømmer ind. Er det ikke muligt at etablere huller i stormflodsbeskyttelsen, skal der etableres en pumpe, der pumper vandet direkte ud i havnen. Pumpens kapacitet fastlægges i detailprojekteringen. Der kan evt. laves en kombineret løsning, med en pumpe der er i brug under højvande, og gennemføring i højvandsmuren der tillader regnvandet, at strømme ud under hverdags hændelser. På denne strækning er der ikke umiddelbart behov for tilgængelighed til forsiden af beskyttelsen.



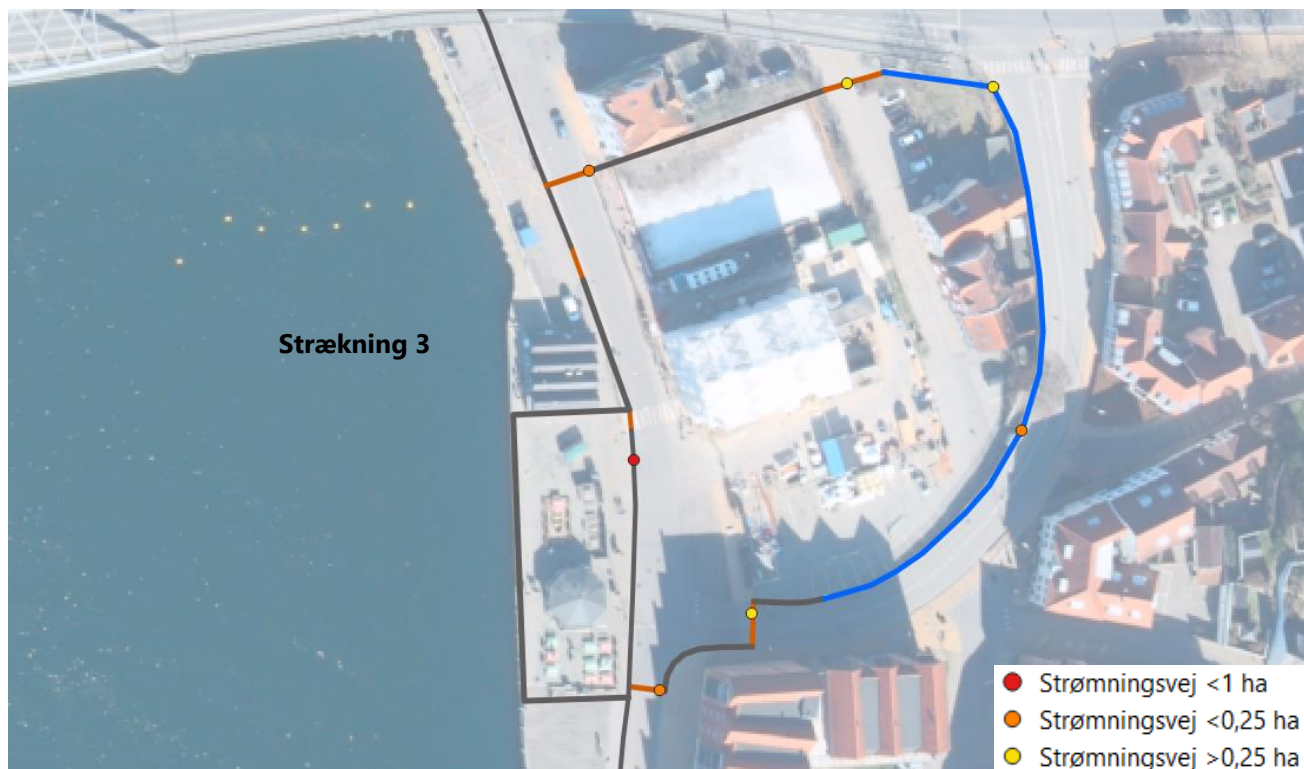
Figur 7.39: Strækning 3 på vest siden af Alssund. Strømningsveje der krydser beskyttelsestiltag er angivet med prikker, af signaturforklaringen fremgår det hvor stort et opland der strømmer til punktet.

Ved strækning 2 på øst siden af Alssund strømmer der større strømningsveje over Sønder Havnegade og videre ud i sundet. Der anbefales en højvandsmur på strækningen. Der kan med fordel etableres skot, så den eksisterende strømningsvej fastholdes. Under højvande vil der skulle sættes plader i skotten så havvandet ikke strømmer ind. Er det ikke muligt at etablere skot i stormflodsbeskyttelsen, skal der etableres en pumpe, der pumper vandet direkte ud i havnen. Pumpens kapacitet fastlægges i detailprojekteringen. Der kan evt. laves en kombineret løsning, med en pumpe der er i brug under højvande, og skot der tillader regnvandet at strømme ud under hverdagshændelser.



Figur 7.40: Strækning 2 på øst siden af Alssund. Strømningsveje der krydser beskyttelsestiltag er angivet med prikker, af signaturforklaringen fremgår det hvor stort et opland der strømmer til punktet. (Bemærk: Det er en ældre version af linjeføringen, som fremgår af figuren).

Ved strækning 3, på øst siden af Alssund, er der en større strømningsvej og flere små over Sønder Havnegade og videre ud i sundet. Der er skitseret 3 alternativer til beskyttelse hvor alle tiltagene indebærer en højvandsmur eller forhøjelse af eksisterende mur. Der kan med fordel etableres skots eller huller i stormflodsbeskyttelsen, så de eksisterende strømningsveje fastholdes. Under højvande vil der skulle lukkes så havvandet ikke strømmer ind. Er det ikke muligt at etablere gennemføringer i stormflodsbeskyttelsen, skal der etableres en eller flere pumpe, der pumper vandet direkte ud i havnen. Pumpens kapacitet fastlægges i detailprojekteringen. Der kan evt. laves en kombineret løsning, med en pumpe der er i brug under højvande, og en gennemføring der tillader regnvandet, at strømme ud under hverdags hændelser.

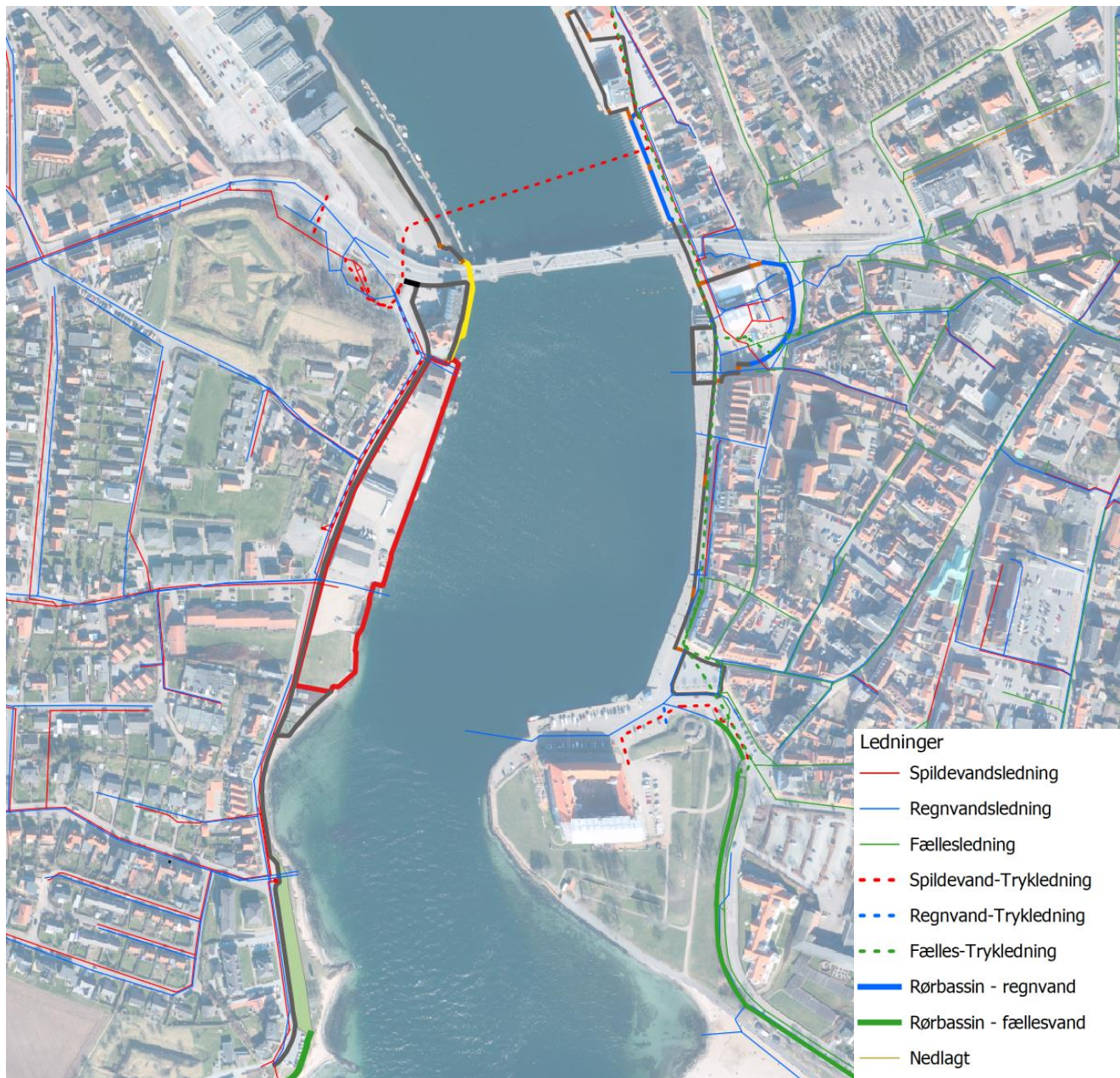


Figur 7.41: Strækning 3 på øst siden af Alssund. Strømningsveje der krydser beskyttelsen er angivet med prikker, af signaturforklaringen fremgår det hvor stort et opland der strømmer til punktet. (Bemærk: Det er en ældre version af linjeføringen, som fremgår af figuren).

7.8.3 Eksisterende ledninger

På Figur 7.42 ses de eksisterende ledninger i og omkring havneområdet hvor der etableres stormflodsbeskyttelse, det er SONFOR (Sønderborgs forsyning) der ejer ledningerne. Af figuren ses det, at der er flere regnvandsledninger der krydser beskyttelsestiltag og leder regnvand direkte ud i sundet. Ved gennemførelse af tiltagene skal der tages hensyn til disse ledninger, så deres funktion opretholdes.

I den nordlige del af projektområdet umiddelbart nord for Kong Chr. d. X's Bro, går der en trykledning fra den ene side af Alssund til den anden, denne ledning skal der ligeledes tages højde for i forbindelse med etableringen af beskyttelsestiltagene.



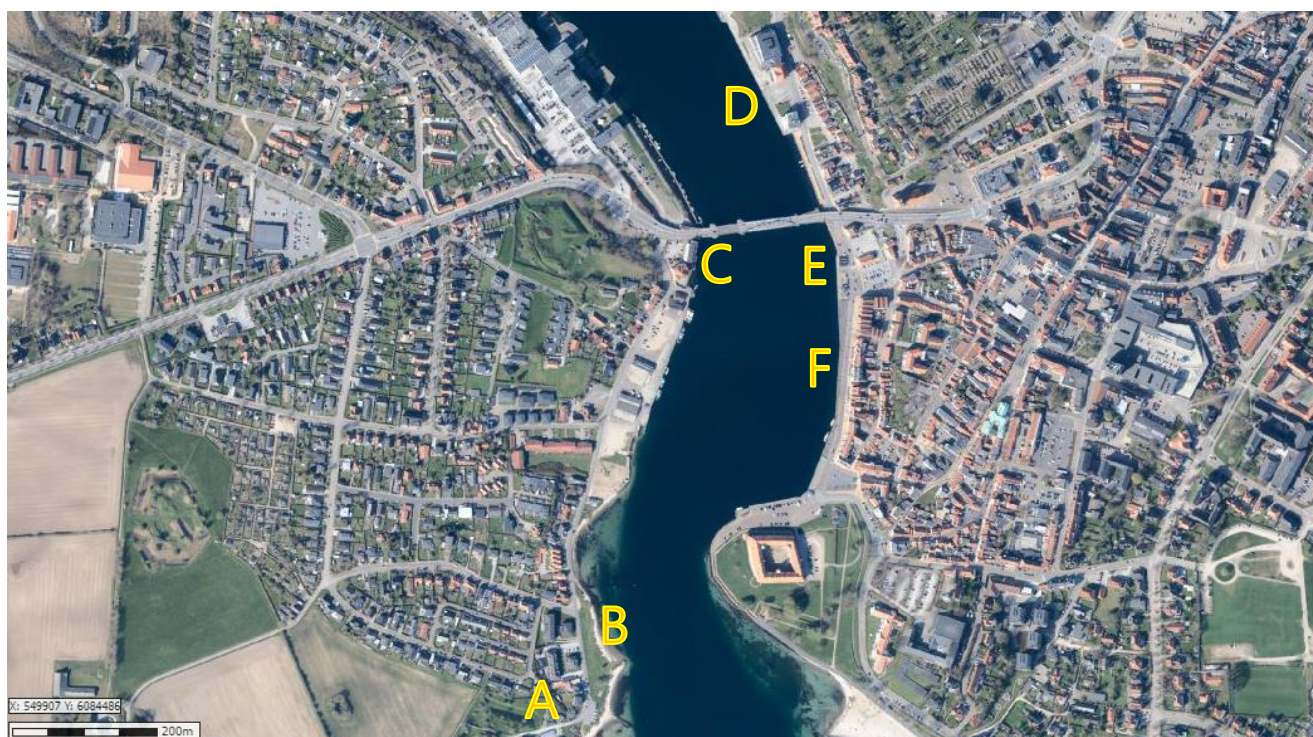
Figur 7.42: Oversigt over SONFOR's ledninger i og omkring projektområdet, SONFOR er Sønderborgs forsyning. (Bemærk: Det er en ældre version af linjeføringen, som fremgår af figuren).

7.9 Øvrige potentialer i samspil med stormflodsbeskyttelse

I området er der flere lokaliteter der har potentiale til at bidrage positivt til Sønderborg.

Figur 7.43 viser områderne der i første omgang er fundet relevante.

- A. Stormflodsmuren i den sydvestlige del af strækningen kan danne baggrund for en velkomst til sejlere/søfarende som port til Sønderborg Havn. Enten vha. udformningen af muren eller ved visuelle elementer indarbejdet i muren.
- B. Det grønne område langs Sundgade kan som i dag anvendes rekreativt. Det kunne anvendes til historiefortællingen enten om Dybbøl mv. eller alle de store virksomheder der har gjort området rigt og attraktivt.
- C. Foran Alhambra vil en evt. boardwalk eller bro på yderside af ejendomme danne rammen om nærhed til vandet og et flot kig over mode Sønder Havnegade. Det vil kunne være forbindelsesled for Gendarmstien
- D. Mellem Havbohuset og biblioteket er der allerede planer om en større legeplads. En stormflodsbeskyttelse kan danne rammen om legepladsen og afgrænsningen til havet for børnene. Muren kan gøres kreativ som en aktiv del af legepladsen eller udsmykkes som historiefortælling.
- E. Pladsen ved havnekontoret indrammes af stormflodsbeskyttelsen, der måske mest vil virke som begrænsende for udsyn til Alssund. Udsmykning eller anden rekreativ værdi kan indbygges i muren så den bliver et besøgsobjekt.
- F. Ved Sønder Havnegade og udeserveringen kan muren igen anvendes til historiefortælling eller lokal udsmykning. Hvis Sønder Havnegade lukkes, kan muren i endnu højere grad benyttes til ophold og med spændende udformning.



Figur 7.43: Potentialer langs linieføringen.

7.10 Økonomiske overslag

I Tabel 7.18 og Tabel 7.19 er der angivet et økonomisk anlægsoverslag, for den anbefalede løsning for henholdsvis vestsiden og østsiden af Alssund.

I anlægsoverslaget er inkluderet overslag for etablering af konstruktioner til stormflodsbeskyttelsen samt et indledende estimat på dræn og pumper på hhv. 7 og 10 mio. DKK for hhv. vest- og østsiden. Håndtering af bagvand skal tænkes ind i optimering af kronekoten for at optimere anlægget økonomisk. Derudover vil investering i pumper potentielt kunne udskydes til senere i levetiden, inden havspejlet er steget maksimalt. Det er antaget at ledninger ligger på gæsteprincip, og i en detaljering af stormflodsbeskyttelsen skal der også for ledninger laves en økonomisk optimering ift. præcis placering af linieføringen.

Tabel 7.18: Anlægsoverslag for vestsiden af Alssund. Priserne er eksklusive moms.

Anlægsoverslag - Vestsiden	
	Omkostninger
	[mio. kr.]
Samlet materialeomkostninger	20.9
Rådgivning, udbud og tilsyn (15%)	3.1
Myndighedstilladelser og bidragsfordeling (15%)	3.1
Uforudsigelige udgifter (25%)	6.8
Samlet overslag	34.0

Tabel 7.19: Anlægsoverslag for østsiden af Alssund. Priserne er eksklusive moms.

Anlægsoverslag - Østsiden	
	Omkostninger
	[Mio kr.]
Samlet materialeomkostninger	25.9
Rådgivning, udbud og tilsyn (15%)	3.9
Myndighedstilladelser og bidragsfordeling (15%)	3.9
Uforudsigelige udgifter (25%)	8.4
Samlet overslag	42.0

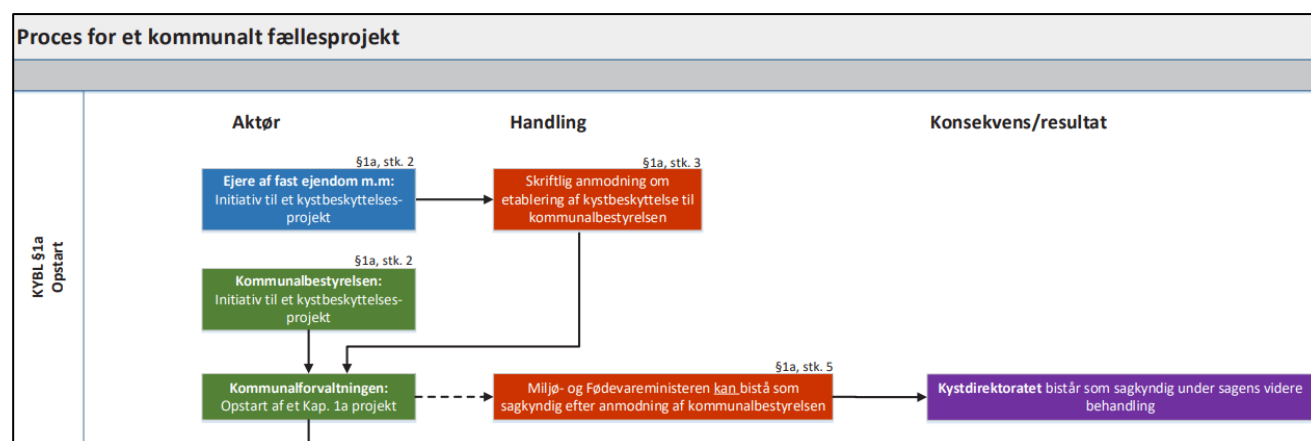
8. Finansiering og proces

Som udgangspunkt er det dem, der får nytte af en stormflodsbeskyttelse, der skal finansiere den. Stormflodsbeskyttelsesprojekter kan iværksættes enten på initiativ af Byrådet eller af grundejere.

Hvis projektet omfatter mere end 1 grundejer eller forening bør der udarbejdes et Kommunalt Fællesprojekt efter Kystbeskyttelseslovens paragraf 1A. Overordnet gennemgang af proces og Kommunalbestyrelsens beslutninger igennem sådan et projekt er givet nedenfor. Kystdirektoratet har opstillet et godt, overskueligt proceskema som er vist i delfigurer herunder i Afsnit 8.1. I Afsnit 8.2 er beskrevet en række erfaringer, der er vigtige at holde sig for øje før og under udarbejdelsen af et Kommunalt Fællesprojekt.

8.1 Kystdirektoratets Procesplan

Et Kommunalt Fællesprojekt kan opstartes enten ved skriftlig anmodning fra grundejerne til Byrådet, eller ved at Byrådet tager initiativ hertil som vist i Figur 8.1.



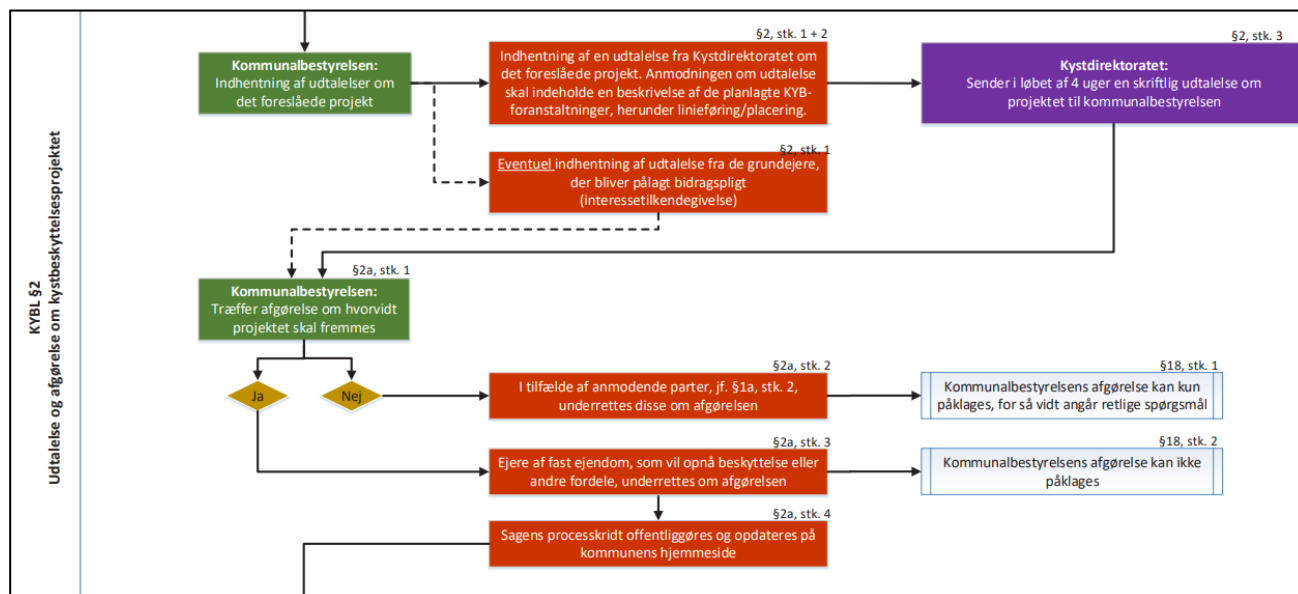
Figur 8.1: Proces for et kommunalt fællesprojekt, KYBL §1a. Bemærk at Byråd benævnes Kommunalbestyrelse. Figur fra Kommune med Kystansvar modul 2 – Kommunale Fællesprojekterm Kystdirektoratet 2022.

Herefter udarbejdes et skitseprojekt/forprojekt, på baggrund af hvilket Byrådet indhenter en paragraf 2 udtalelse fra Kystdirektoratet (se Figur 8.2). Hvilket niveau og hvor omfattende dette forprojekt er, er der ikke nogen specifikke krav til, så længe det omfatter beskrivelse af kystbeskyttelsesforanstaltninger og linjeføring for et eller flere alternativer.

For at et Kommunalt Fællesprojekt kan opstartes og gennemføres, skal der være opbakning fra majoriteten af de grundejere, der opnår beskyttelse. Derfor kan Byrådet også indhente en interessetilkendegivelse fra grundejerne.

På baggrund af det udarbejdede projektmateriale og ovenstående tilkendegivelser/udtalelser træffer Byrådet afgørelse om, hvorvidt projektet skal fremmes eller ej.

Herefter underrettes berørte grundejere om afgørelsen, og sagens proces og tidsplan offentliggøres på kommunens hjemmeside.



Figur 8.2: Proces for et kommunalt fællesprojekt, KYBL §2. Bemærk at Byråd benævnes Kommunalbestyrelse. Figur fra Kommune med Kystansvar modul 2 – Kommunale Fællesprojekterm Kystdirektoratet 2022.

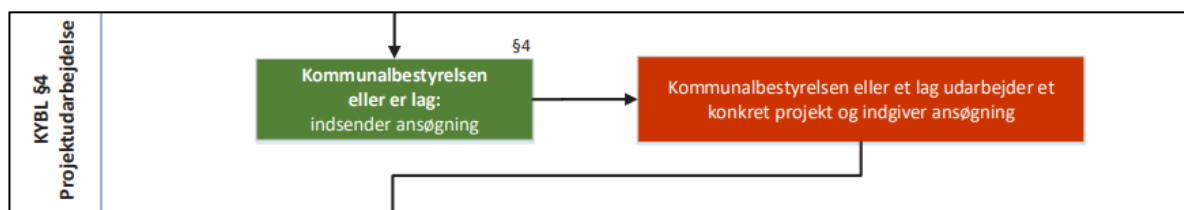
Efterfølgende udarbejdes det egentlige projekt, som der ønskes at søge tilladelse til – se Figur 8.3. Om denne fase deles op i skitse-/dispositionsprojekt og myndighedsprojekt besluttet af grundejere eller kommunen. Dette afhænger bl.a. af hvor omfattende forprojektet var, hvor komplekst området/projektet er, samt hvor mange naturfredninger området er omfattet af, og/eller hvor mange mulige/fornuftige linjeføringer og alternativer der er.

Sammen med ansøgning om kystbeskyttelse skal altid foreligge et anmeldelsesskema til vurdering af VVM-pligt (gælder for alle kystbeskyttelsesprojekter). I høringsfasen og ved udarbejdelse af tilladelse vurderes det således, om projektet er underlagt VVM-pligt. Hvis dette er tilfældet, kan tilladelsen ikke udstedes før en Miljøkonsekvensvurdering er udarbejdet og godkendt. Hvis projektet forventes at være VVM-pligtigt, kan der blot igangsættes udarbejdelse af Miljøkonsekvensvurdering, så denne ligger klar samtidigt med selve kystbeskyttelsesprojektet.

Ved ansøgning om kystbeskyttelsesprojekter er der således altid 4 ting der skal medsendes:

- Selve ansøgningsskemaet
- Kystbeskyttelsesprojektet
- Skema til anmeldelse af VVM-screening eller Miljøkonsekvensvurdering
- Bidragsfordeling

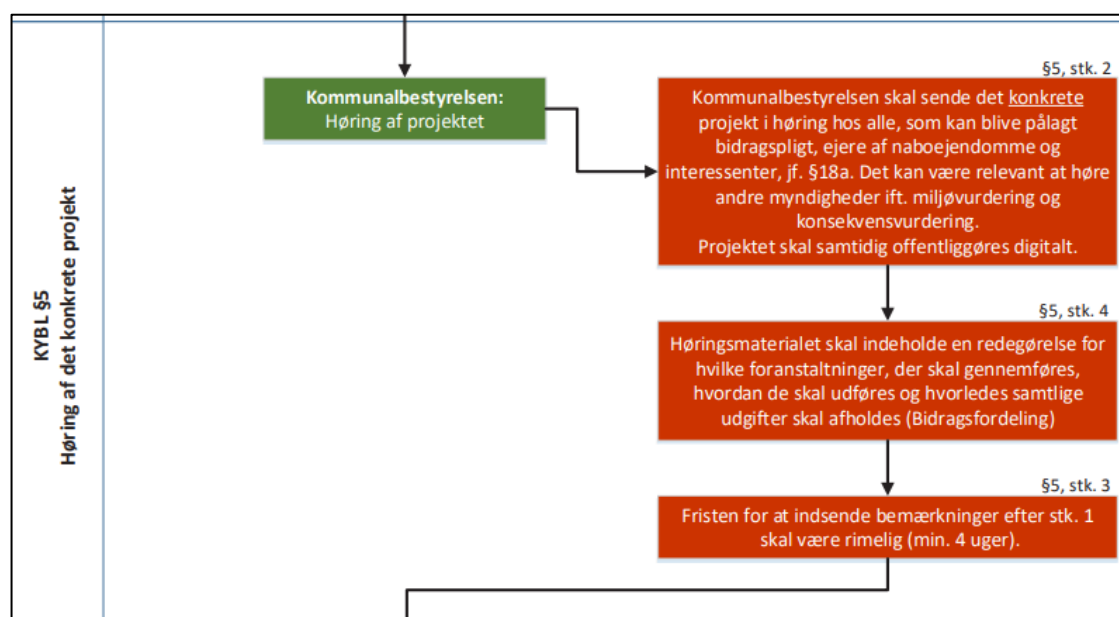
I nogle tilfælde skal der også ansøges om dispensation fra Vandløbsloven.



Figur 8.3: Proces for et kommunalt fællesprojekt, KYBL §4. Bemærk at Byråd benævnes Kommunalbestyrelse. Figur fra Kommune med Kystansvar modul 2 – Kommunale Fællesprojekterm Kystdirektoratet 2022.

Hvis anlæggene placeres på andre grunde end kommunens, skal grundejerne acceptere projektet og dets udformning og underskrive en frivillighedserklæring herom. Alternativt skal området, hvorpå det tekniske anlæg ligger eksproprieres.

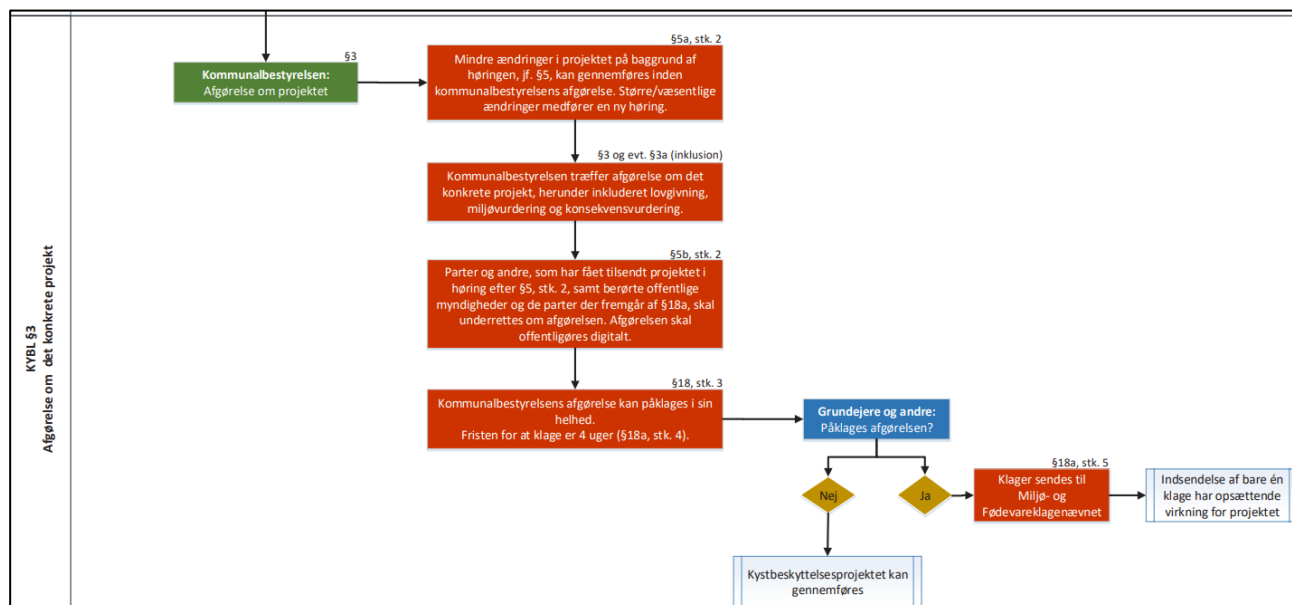
Efter indsendelse af ansøgning, projektmateriale, bidragsfordeling og miljøvurderingsskema igangsættes en 4 ugers høringsperiode – se Figur 8.4. Hvis projektet er underlagt VVM-pligt er denne høringsperiode i stedet 8 uger. Sideløbende hermed udarbejder Kommunen et udkast på kystbeskyttelsestilladelse.



Figur 8.4: Proces for et kommunalt fællesprojekt, KYBL §5. Bemærk at Byråd benævnes Kommunalbestyrelse. Figur fra Kommune med Kystansvar modul 2 – Kommunale Fællesprojekterm Kystdirektoratet 2022.

Efter høringsperioden foretages eventuelt mindre tilretninger i projektmaterialet. Hvis der skal udføres større tilretninger, skal projektet igennem en ny høringsperiode. Når projektet er tilrettet og nødvendige høringsperioder overstået, træffer Byrådet afgørelse om, om projektet kan opnå tilladelse eller ej.

Herefter følger en 4 ugers klageperiode, hvor enhver klage har opsættende virkning. Klager sendes til Miljø- og Fødevarerklagenævnet. Hvis der ikke er nogen klager, kan projektet udførsel sættes i gang – se Figur 8.5.



Figur 8.5: Proces for et kommunalt fællesprojekt, KYBL §3. Bemærk at Byråd benævnes Kommunalbestyrelse. Figur fra Kommune med Kystansvar modul 2 – Kommunale Fællesprojekterm Kystdirektoratet 2022.

For at kunne igangsætte projektets udførelse skal der først udarbejdes detailtegninger og udbudsprojekt.

Derudover skal der etableres et kystbeskyttelseslag, som ejer og drifter anlægget. Bidragspligten tinglyses til hver matrikel.

8.2 Erfaringer og diverse generelt

Allerede når der i forbindelse med det Kommunale Fællesprojekt igangsættes udarbejdelse af et forprojekt, bør det samtidigt besluttes, om eller i hvor stor grad Kommunen vil varetage processen og/eller afholde omkostningerne for udarbejdelsen af projektet. Hvis kommunen lægger ud for projektudarbejdelsen, kan denne omkostning indlægges i den samlede projektkøkonomi, der fordeles via bidragsfordelingen efter anlæggets etablering. I tilfælde af at projektet opgives undervejs, vil omkostningerne i så fald være kommunens udgift. Dette gælder f.eks. hvis der ikke kan opnås godkendelse til en sluse.

Det anbefales, at kommunen varetager proces og finansiering af projektudarbejdelsen, særligt hvis der er mange grundejere eller foreninger omfattet af projektet. Erfaringen viser, at dette vil give den bedste og mest effektive vej gennem processen, og i mange tilfælde er dette afgørende for, om projektet når i mål eller ej.

Det bør også tidligt i processen besluttes, om der skal indarbejdes rekreative muligheder i kystbeskyttelsen. I så fald vil dette skulle betales af Kommunen. I sammenhæng hermed, skal det også tidligt i processen besluttes, om der skal udarbejdes et arkitektforslag på nogle områder.

Tidligt i processen bør der træffes beslutning om, om der skal udarbejdes en cost-benefit-analyse eller lignende for projektet, samt hvad denne skal anvendes til.

For hver delstrækning og/eller projekt bør beskyttelsesniveauet (middeltidshændelse og levetid/fremskrivning af havspejlsstigning), der ønskes at beskytte imod drøftes og besluttes som en del af de indledende faser.

På baggrund af det valgte beskyttelsesniveau, samt evt. på baggrund af grundejernes ønsker/politiske årsager foretages områdefægrænsningen for, hvem der skal opnå/opnår beskyttelse af projektet. Hermed træffes også indirekte beslutning om udstrækningen over hvilken, der skal etableres stormflodsbeskyttelse.

Kronekoten for de forskellige anlæg og delstrækninger beregnes efterfølgende på baggrund af det valgte beskyttelsesniveau, men er ikke nødvendigvis den samme kote som den vandstand, der svarer til det valgte beskyttelsesniveau. Kronekoten vil afhænge af, om der er bølgepåvirkning eller ej, og dernæst af anlæggets udformning/forsidehældning.

Det anbefales, at forskellen mellem beskyttelsesniveau og kronekote formidles tydeligt og tidligt til grundejerne, så man ikke låses fast på en bestemt kronekote, før alle tekniske beregninger og vurderinger er foretaget. Dette for at sikre, at hele strækningen beskyttes til et ensartet beskyttelsesniveau, hvilket bl.a. er af stor betydning for bidragsfordelingen.

Eftersom beskyttelsesniveauet afgør, hvilken vandstand der beskyttes imod, og dermed hvem der opnår beskyttelse, er beskyttelsesniveauet og tilhørende vandstand også afgørende for, hvem der skal indgå i bidragsfordelingen. Bidragsfordelingen skal altid medsendes ansøgningen om et kystbeskyttelsesprojekt, hvis der er mere end 1 grundejer, der opnår beskyttelse.

8.2.1 Bidragsfordeling

Sideløbende med udarbejdelse af selve kystbeskyttelsesprojektet bør bidragsfordelingen også udarbejdes. Det anbefales, at arbejdet med bidragsfordelingen igangsættes tidligt, og drøftes og afklares med grundejerne så tidligt som muligt. Således kan den overordnede bidragsfordelingsmodel godkendes af Byrådet så tidligt som muligt. Bidragsfordelingen skal godkendes af Byrådet.

Erfaringsmæssigt anbefales det at arbejde med så solidarisk og simpel en bidragsfordeling som muligt, hvilket bedst lykkedes, hvis emnet drøftes tidligt, og hvis udgifternes størrelse anskueliggøres per grundejer per år eller måned så tidligt som muligt i forløbet. Dog er det af største vigtighed, at der altid formidles, at værdierne er omtrentlige og kan ændre sig med projektfaserne. Den endelige pris kendes først, når entreprenørerne har været i jorden og anlægget står færdigt.

Byrådet skal træffe afgørelse om hvorvidt kommunen kan stille garanti til banklån til anlægsarbejdet, og i så fald om dette skal betales tilbage over f.eks. 20 eller 30 år. Dette er af stor betydning for det årlige bidrag fra den enkelte grundejer, og dermed også afgørende for den enkelte grundejers opbakning til projektet. Derfor bør der også være en tilkendegivelse, hvis ikke beslutning herom fra Byrådet tidligt i projektarbejdet.

Kommunen vil indgå i bidragsfordelingen med parter for de af deres matrikler, der opnår beskyttelse. Byrådet kan i løbet af processen desuden beslutte, om de yderligere vil betale en procentdel eller bestemte dele af projektet. Dette også udover rekreative tiltag.

9. Referencer

DHI. (2022). *Littoral Processes FM - Scientific Documentation*.

EurOtop. (2018). *Manual on wave overtopping of sea defences and related structures*.

Kystdirektoratet. (2018b). *Højvandsstatistikker 2017 Bilag*. Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet.

Kystdirektoratet. (2020). *Guide til dynamisk planlægning af klimatilpasning og styring af risikoen for oversvømmelse i kommuner*.

Kystdirektoratet. (2023). Hentet 03. 03 2023 fra Kystdirektoratets KystAtlas:

<http://kms.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8669133b3f4842b7a9a19fb24b08ffd5>

NIRAS. (2024). *Bølgemodellering. Klimatilpasning af Sønderborg Slot, Søndre Havnegade og Sundgade*.

SDFI. (u.d.). *Dataforsyningen*. Hentet 13. 12 2023 fra <https://dataforsyningen.dk/>

Bilag 1: Bølgeoverskyl

I forbindelse med etablering af stormflodsbeskyttelse skal behovet for håndtering af bølgeoverskyl vurderes. En stormflod kan være sammenfaldende med høje bølger. Når bølgerne rammer stormflodsbeskyttelsen, kan der være risiko for at bølger skyller over stormflodsbeskyttelsen.

Topkoten eller kronekoten for et stormflodsbeskyttelses anlæg dimensioneres i forhold til et defineret tilladeligt bølgeoverskyl. Jo mindre bølgeoverskyl der tillades, jo højere bliver stormflodsbeskyttelsen. Det estimerede bølgeoverskyl afhænger blandt andet af sammenfaldet mellem vindretning for størst mulige bølger og vindretninger der forårsager stormfloder, stormflodsbeskyttelsens placering, stormflodsbeskyttelsens type og hvorvidt der er foretaget eller foretages andre bølgereducerende tiltag.

Er en stormflodsbeskyttelse trukket væk fra kystlinjen, vil bølgerne generelt være mindre, da forlandet har en bølgedæmpende effekt.

Forudsætninger

På baggrund af tilladt bølgeoverskyl estimeres der et bølgetillæg, som skal tillægges vandstandskoten der sikres imod, som vist i Figur 2.4. For nærværende projekt arbejdes der ud fra en vandstandskote på +2,5 m DVR90, hvilket svarer til en 100-årshændelse om ca. 50 år (Kystdirektoratet, 2023). KDI har baseret havspejlsstigningen på baggrund af IPCC's seneste vurdering for udledningsscenario 8.5.

Bølgepåvirkning på stormflodsbeskyttelsen beregnes på baggrund af etableret MIKE21 og MIKE 3 modeller udarbejdet til studie af bølgeuro i Sønderborg under stormen Babet i oktober 2023. Ud fra resultater for bølgeparametre fra modellen og profiler udarbejdet ud fra SCALGOs højdemodel og søkort, benyttes LITDRIFT i LITPACK modellering til at transformere bølgen fra dybt vand ind til stormflodsbeskyttelsen for den sydvestlige strækning af nærværende projekt. Til udregning af bølgeoverskyl benyttes EurOtop guideline. Der er anvendt et overskylskriterie på maksimalt 1 l/s/m.

MIKE 21 SW og MIKE 3 WAVE-model

Udspecificering af anvendt data til MIKE 21 SW og MIKE 3 WAVE-modellerne er beskrevet i NIRAS-rapport for bølgemodellering ved Sønderborg (NIRAS, 2024).

Der blev udarbejdet modeller for 3 forskellige forhold for MIKE 3 Wave modellen:

- Model 1: Nuværende forhold i Sønderborg under stormen Babet.
- Model 2: Fremtidige forhold med stormflodsbeskyttelse bestående af højvandsmure og skots i Sønderborg.
- Model 3: Model 2 med en justering af bunden til -2.0 m DVR90 ved revet foran Sønderborg (kunstigt rev).

Den dimensionsgivende bølge er fra MIKE 3 WAVE-modellen for hhv. østsiden og vestsiden af Alssund under Babet stormen. (NIRAS, 2024) fandt at den største vandstand og højeste bølge var stort set sammenfaldende,

målt under stormen d. 20. oktober 2023 kl. 21.00. De modellerede bølger i MIKE 3 WAVE-modellen blev udvalgt fra spektralbølgemodellen på de tidspunkter med mest ekstreme bølgeforhold under stormen.

Den dimensionsgivende bølge for de to sydligste strækninger af linjeføringen for vestsiden af Alssund er udregnet på baggrund af bølger udtaget fra spektralbølgemodellen. Bølgehøjden er udtrækket nær P4 i Figur 5.9, hvor bølgehøjden for SW-modellen var omtrent 8 cm højere end for MIKE 3 Wave modellerne. Resultatet ved SW-modellen benyttes stadig for den sydlige del af vestsiden af Alssund, for at inkludere en sikkerhed idet strækningen generelt er mere bølgeudsat end resten af projektområdet. For at optimere kronekote højden bør det overvejes senere i projektet (når der er bedre kendskab til valg af løsninger og placering af linjeføring) at genberegne kronekoten med MIKE 3 WAVE modellens resultater i en højere detaljegrad.

Bølgeanalysen (NIRAS, 2024) konkluderede at helt inde i havnen bag Sønderborg Slot er bølgerne reduceret fra 0,92 m offshore til omkring $H_{m0}=0,02-0,1\text{m}$. Bølgerne på den vestlige bred overfor Sønderborg Slot har en højde på $H_{m0}=0,1-0,3\text{m}$ (strækningerne 4-6). Bølgehøjden ved strækning 1 og 2 for den vestlige strækning er beregnet baseret på LITPACK bølgetransformation ind mod kysten.

LITPACK

Bølgetransformationen fra dybt til lavt vand er beregnet med LITDRIFT modulet fra den numeriske LITPACK model fra DHI, der beregner bølgetransformation og -brydning i et profil, se ref. (DHI, 2022). Beregningen er foretaget i et profil langs Sundgade ud for strækning 3 på vestsiden af Alssund.

Profilerne er sammensat af hhv. søkort for bathymetrien og SCALGOs højdemodel.



Figur1: Placering af LITDRIFT-profil i projektområdet. Ortofoto: SDFI Ortofoto Forår 2022.

Bølgehøjden skal omregnes fra den signifikante bølgehøjde (H_s) til "root-mean-square" bølgehøjden (H_{rms}) før den kan anvendes i LITDRIFT-modellen. Omregningen er foretaget med antagelse om, at bølgespektret følger en Rayleigh fordeling:

$$H_{rms} = H_s / 1,416$$

LITPACK modellen viste at bølgehøjden aftager, som vanddybden falder. Bølgetransformationen gav en signifikant bølgehøjde på $H_s = 0,47 \text{ m}$ lige foran anlægget, hvor den udtrukne bølgehøjde i udstrækningsspunktet i SW-modellen svarede til $H_s = 0,43 \text{ m}$.

Udregning af bølgeoverskyl og bølgetillæg

Bølgeoverskyllet er beregnet på baggrund af principperne og formlerne i EurOtop-manualen, se kapitel 7 i ref. (EurOtop, 2018).

Beregningen kræver en bølgehøjde, -periode og -retning samt vandstand ved forventet anlægssod. Bølgeparametrene er udtrukket fra LITDRIFT-beregningerne.

Kronekoten er hævet indtil kravene til bølgeoverskyllet er overholdt. Der er valgt et overskylskriterie på maksimalt 1 l/s/m, idet det er vurderet på dette tidlige stadie af projektet at der ingen mulighed er for midlertidig opbevaring af vand på vejen bag anlægget. Gennem en hel storm, kan mængden af overskyl i teorien blive så stor, at overskyllet i sig selv vil skabe oversvømmelse, medmindre der er god plads og dermed opmagasineringskapacitet mellem stormflodsbeskyttelsen og bygningerne.

Overskylsberegningen er udregnet på baggrund af et vertikalt anlæg for østsiden og vestsiden af Alssund, samt for sydlige del af vestsiden af Alssund. Som anlæggene og de bølgereducerende tiltag dimensioneres (f.eks. dige og sten) bør overskylsberegningerne gentages, idet det potentielt kan ændre den anbefalede kronekote.