

Frederikssund møder vandet

Belysning af konsekvenser ved valg af kronekote

Lytt Architecture as

Dato: 20. februar 2024

Indhold

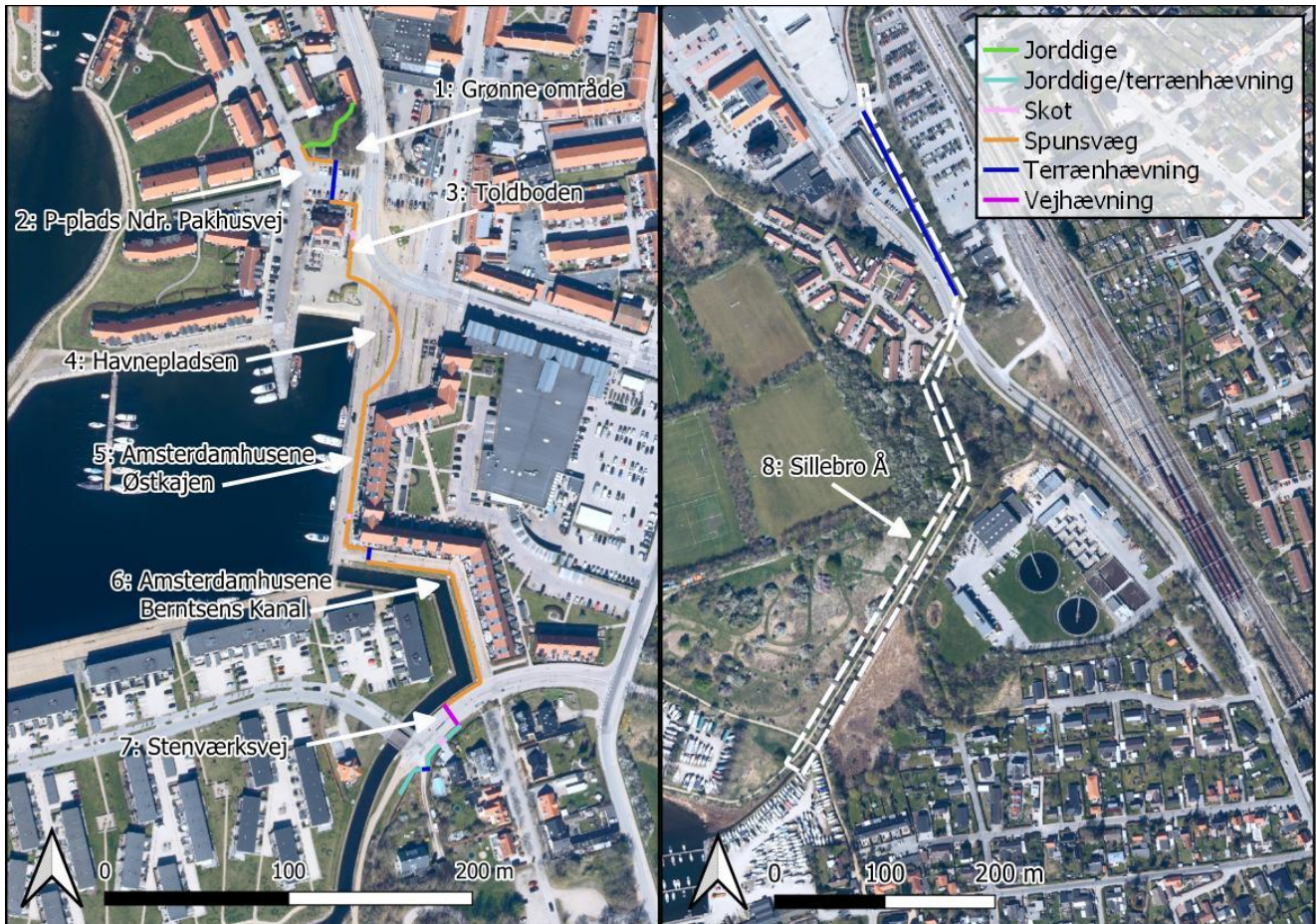
1	Indledning	1
2	Kystbeskyttelsens længde.....	3
3	Sikringshøjdens konsekvenser for den mulige principløsning	5
4	Økonomiske konsekvenser	12

1 Indledning

Nærværende notat har til formål at belyse konsekvensen ved at arbejde med en kronekote på kystbeskyttelse af Frederikssund Midtby på +2,50 m DVR90 i stedet for en kronekote (topkoten for anlæggene) på +2,25 m DVR90 i projektet *Frederikssund møder vandet – livet mellem by og fjord*. Der foreligger endnu ikke et projekt med færdige løsninger. For de fleste dele af strækningen er der dog relativt oplagte løsninger, som må forventes at blive anvendt uanset om kronekoten fastsættes til +2,25 eller +2,5 m DVR90 (i nærværende notat er kote niveauer altid i m DVR90). Vurderingen i dette notat tager udgangspunkt i en mulig løsning, hvor en kystbeskyttelse til kote +2,25 udformes efter følgende principper (se også Figur 1.1):

1. Nord for havnepladsen på det grønne område mellem Færgevej og Nordre Pakhusvej etableres et jorddige.
2. På tværs af P-pladsen på Nordre Pakhusvej ved Toldboden etableres et bump/hævet areal, som holdes af vægge.
3. Ved Toldboden etableres der en spunsvæg på den østlige side afbrudt af et mobilt skot, der er placeret ved indgangen til Toldboden.
4. På havnepladsen udformes beskyttelsen, som en spunsvæg hvor terrænet midt på havnepladsen hæves så det er muligt at passere spunsvæggen både for gående og beredskabsvogne. Spunsvæggen beklædes med teglsten.
5. Langs Amsterdamhusene på Østkajen udformes beskyttelsen som en spunsvæg med afstand til Amsterdamhusenes terrasser.
6. Langs Berntsens Kanal foran Amsterdamhusene etableres beskyttelsen som en spunsvæg ud mod kanalen. Der indarbejdes en forhøjning i belægningen ved det punkt hvor spunsvæggen går fra at følge Amsterdamhusenes terrasser til at følge kanalen.

7. Ved Stenværksvej etableres beskyttelsen ved en hævnings af spunsvæggen ved kanalen og en hævnings af vejen, og længst mod vest som en jordvold, som knytter an til Kalvøen. Ved en af de private indkørsler etableres et mobilt skot.
8. Langs Sillebro Å hæves den eksisterende sti i det (begrænsede) omfang, det er nødvendigt.



Figur 1.1: Oversigt over de 8 mindre delområder og hvilke konstruktionstyper der arbejdes med på nuværende tidspunkt. Ortofoto: 2023.

I notatet tages udgangspunkt i den ovennævnte løsning med en kronekote på +2,25, og det belyses hvilke ændringer en løsning til kote +2,5 vil medføre. Endelig vurderes det, om det kan være hensigtsmæssigt med en adaptiv løsning, dvs. en løsning hvor anlæg til kote +2,25 etableres nu, men forberedes, så den senere kan udbygges til kote +2,5.

Notatet belyser følgende konsekvenser:

- Konsekvenser for kystbeskyttelsesløsningens længde
- Sikringskotens konsekvenser for den mulige løsning og herunder redegørelse for, hvorvidt en adaptiv løsning er en mulighed
- Økonomiske konsekvenser

Først gennemgås konsekvensen for kystbeskyttelsens længde. Derefter de formgivnings-/projektmæssige konsekvenser, samt hvorvidt en adaptiv løsning er en mulighed. Slutteligt belyses den økonomiske konsekvens baseret på en estimering af anlægsoverslaget for kystbeskyttelsen.

Generelt set vil en højere kronekote beskytte mod en højere vandstand og vil derfor resultere i, at projektet har et højere sikringsniveau. Det anbefales altid at etablere sin højvandsbeskyttelse med minimum 10 cm overhøjde på strækninger, der ikke er bølgeeksponerede. Der kan opstå uro i vandoverfladen i f.eks. et havnebassin.

En kronekote på +2,25 vil således beskytte mod et sikringsniveau for en 100-årshændelse i år 2070, hvilket svarer til en vandstandskote på +2,15. En kronekote på +2,50 vil beskytte mod et sikringsniveau for en Bodil-lignende storm i år 2070, hvilket nogenlunde svarer til beskyttelse imod en 1.000-årshændelse i 2070, Ifølge Kystdirektoratets højvandsstatistik for Roskilde Havn¹ er dette svarende til en vandstand på +2,40.

Alle koter og vandstande, der nævnes i nærværende notat, refererer til m DVR90. Alle ortofotos, der er vist, er hentet fra Styrelsen for Dataforsyning og Infrastrukturs dataportal Dataforsyningen².

2 Kystbeskyttelsens længde

Ved fastlæggelse af beskyttelsens længde, skal man undersøge, hvor terrænet er lavere end kronekoten. Dette er gjort ved granskning af Figur 2.1, som viser den maksimale oversvømmelsesudbredelse ved en vandstand på +2,25 og +2,50 samt digelaget Blødens område. Figuren viser således, hvor kystbeskyttelsen skal placeres, for at Digelaget Blødens område bliver beskyttet, dvs. de passager hvor vandet uhindret kan strømme ind. Placeringen af passagerne er de samme ved en vandstand (kronekote) på +2,25 og på +2,50. Dog er størrelsen/længden på passagerne forskellig.

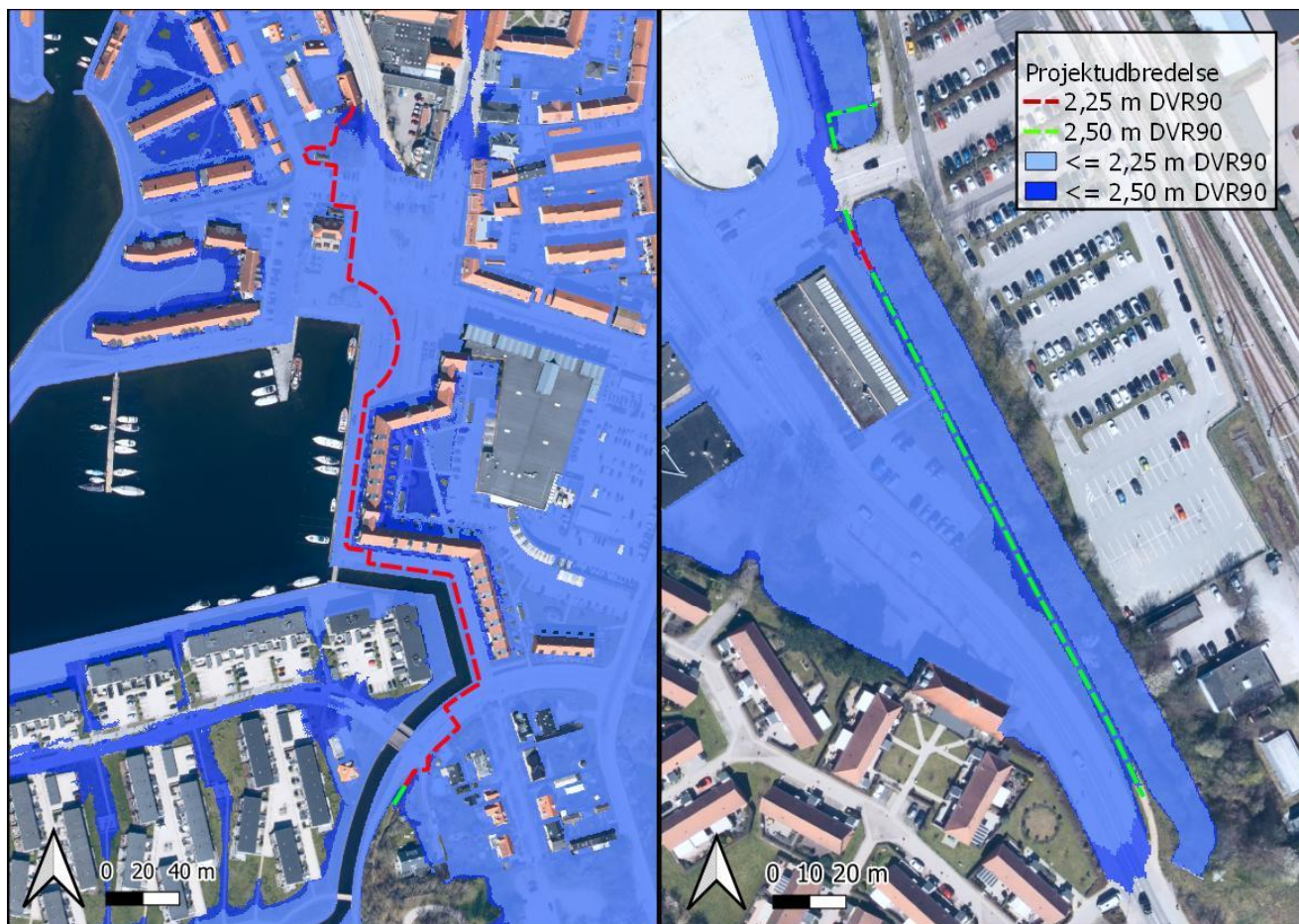
¹ Kystdirektoratet (2019), Højvandsstatistikker 2017.

² Data er hentet fra Dataforsyningen.dk.



Figur 2.1: Oversigt over digelaget Blødens område og maksimal oversvømmelsesudbredelse ved en vandstand på +2,25 m og +2,50 m. De sorte linjer markerer, hvor der skal anlægges kystbeskyttelse for at beskytte digelaget blødens område. Ortofoto: 2022. Oversvømmelsesudbredelse er hentet fra scalgo.com/live.

Længden af den krævede kystbeskyttelse ved de to kronekoter er vist i Figur 2.2. Figuren viser, at der ikke er behov for at forlænge kystbeskyttelsen ved Havnepladsen, men at kystbeskyttelsen skal forlænges ca. 10 m langs Stenværksvej, hvis der beskyttes til +2,5 i stedet for +2,25. Ved Sillebro Å skal den forlænges ca. 180 m.



Figur 2.2: Oversigt over længden af kystbeskyttelsen ved en kroneskote på +2,25 m og +2,50 m. Ortofoto: 2023. Oversvømmelsesudbredelse er hentet fra scalgo.com/live.

3 Sikringshøjdens konsekvenser for den mulige principløsning

Udformningen af den principielle løsning kan ændres, hvis en højere kroneskote vælges. Eksempelvis kræver et højere dige mere plads, hvilket, hvis der forekommer pladsbegrænsninger, kan medføre, at løsningen skal have en anden form, der kan fordyre eller besværliggøre anlæggelsen af projektet yderligere end blot lidt øgede mængder.

I **det grønne område nord for Havnepladsen ved Færgevej** er løsningsforslaget et dige. Der er umiddelbart ingen pladsbegrænsninger, men en højere kroneskote, og dermed kroneskote på diget, vil kræve mere plads. Derudover vil et større dige kræve, at der tilføres mere materiale i form af ler og sand. En adaptiv løsning vil være en mulighed, da et dige kan hæves. En eventuel fremtidig forhøjelse kan forberedes ved at anlægge et dige med en bredde, så det kun er digets krone, der skal forhøjes i fremtiden og ikke fodaftrykket. Det skal dog afklares, om forhøjelsen og eller forberedelsen hertil kan lade sig gøre, eftersom det forventes, at diget skal bugte sig mellem de eksisterende birketræs-stammer, som ikke må dækkes i for meget jord. Alternativt kan diget forhøjes med en mindre mur i kronen af diget.

På **P-pladsen mellem Nordre Pakhusvej og Færgevej** er løsningsforslaget at hæve parkeringspladsen så sikringskoten opnås tværs over pladsen (nord til syd). Terrænhævningen skal holdes på hver side af pladsen af en

spunsvæg/mur. Løsningen er mulig for begge kronekoter, men det kræver mere materiale at hæve pladsen til +2,5 samt en højere mur på begge sider.

Ved Toldboden forventes det, at der placeres en spunsvæg, der afbrydes at et mobilt skot på ca. 5 m omkring indgangen til Toldboden. På denne strækning er den eksisterende kote ca. +1,75, dvs. at en spunsvæg på det højeste sted vil være hhv. 50 cm og 75 cm over eksisterende terræn ved en kronekote på hhv. +2,25 og +2,50. En højere spunsvæg vil kræve, at der bliver anvendt mere materiale både over og under jorden. Der kan vælges en adaptiv tilgang, hvor der bliver tilføjet eksempelvis et træmodul/træhammer ovenpå spunsvæggen, hvis kronekoten skal forhøjes i fremtiden. Det skal dog indtænkes fra start så spunsen er designet til at kunne bære modulet. Spunsen skal med andre ord gå dybt nok ned i jorden fra start.

Det er ikke undersøgt til bunds endnu, om beskyttelsen kan føres vest om Toldboden. Det kan umiddelbart give nogle udfordringer ved Toldbodens indkørselsforhold og udeserveringsområdet på kommunalt areal ned mod vandet. Det skal derfor afsøges, om det er mest hensigtsmæssigt at lade beskyttelsen gå øst eller vest om Toldboden. Hvis beskyttelsen føres øst om toldboden, forventes løsningen hovedsageligt stadig at være en spunsvæg. Der er dog flere steder hvor løsningen skal indtænkes i de nuværende forhold f.eks. ved at have minimum et mobilt skot.

På **Havnepladsen** udformes kystbeskyttelsen som en spunsvæg. Det forudsættes i nærværende notat at væggen beklædes med gule teglsten. Midt på pladsen bliver terrænet omkring spunsvæggen hævet, så det er muligt at passere spunsvæggen for gående, kørestolsbrugere og beredskabsvogne. Terrænet på havnepladsen varierer, men ligger mange steder omkring kote +1,75. Spunsvæggen vil derfor være hhv. 50 cm og 75 cm over eksisterende terræn ved en kronekote på hhv. +2,25 og +2,50. Udbredelsen af terrænhævingen vil være større jo højere kronekoten er. Det er muligt at etablere løsningen ved begge kronekoter. Der kan vælges en adaptiv tilgang, hvor der bliver tilføjet et modul ovenpå spunsvæggen, hvis kronekoten forhøjes i fremtiden, samtidigt hæves terrænet midt på pladsen hæves, så adgangen over spunsvæggen opretholdes. Det skal dog indtænkes fra start så spunsen er designet til at kunne bære modulet. Spunsen skal med andre ord gå dybt nok ned i jorden fra start.

Langs **Amsterdamhusene** forventes løsningen at blive en spunsvæg med afstand til rækværket ind mod Amsterdamhusenes terrasser. Gangarealet og rækværket ind til terrasserne er vist fra gangarealet langs kajen i Figur 3.1. Terrænet foran væggen bearbejdes, så det hælder fra væggen ud mod kajkanten. Terrænet langs spunsvæggen varierer, men ligger mange steder omkring kote +1,80. Spunsvæggen vil derfor være hhv. 45 cm og 70 cm over eksisterende terræn ved en kronekote på hhv. +2,25 og +2,50. Der vil kunne vælges en adaptiv tilgang, hvor beskyttelsen forhøjes på et senere tidspunkt ved at placere et modul på toppen af spunsvæggen. Det skal dog indtænkes fra start så spunsen er designet til at kunne bære modulet. Spunsen skal med andre ord gå dybt nok ned i jorden fra start.



Figur 3.1: Rækværk og indgange ind til Amsterdamhusenes terrasser vist fra gangarealet langs kajen. Foto: NIRAS 12-03-2023.

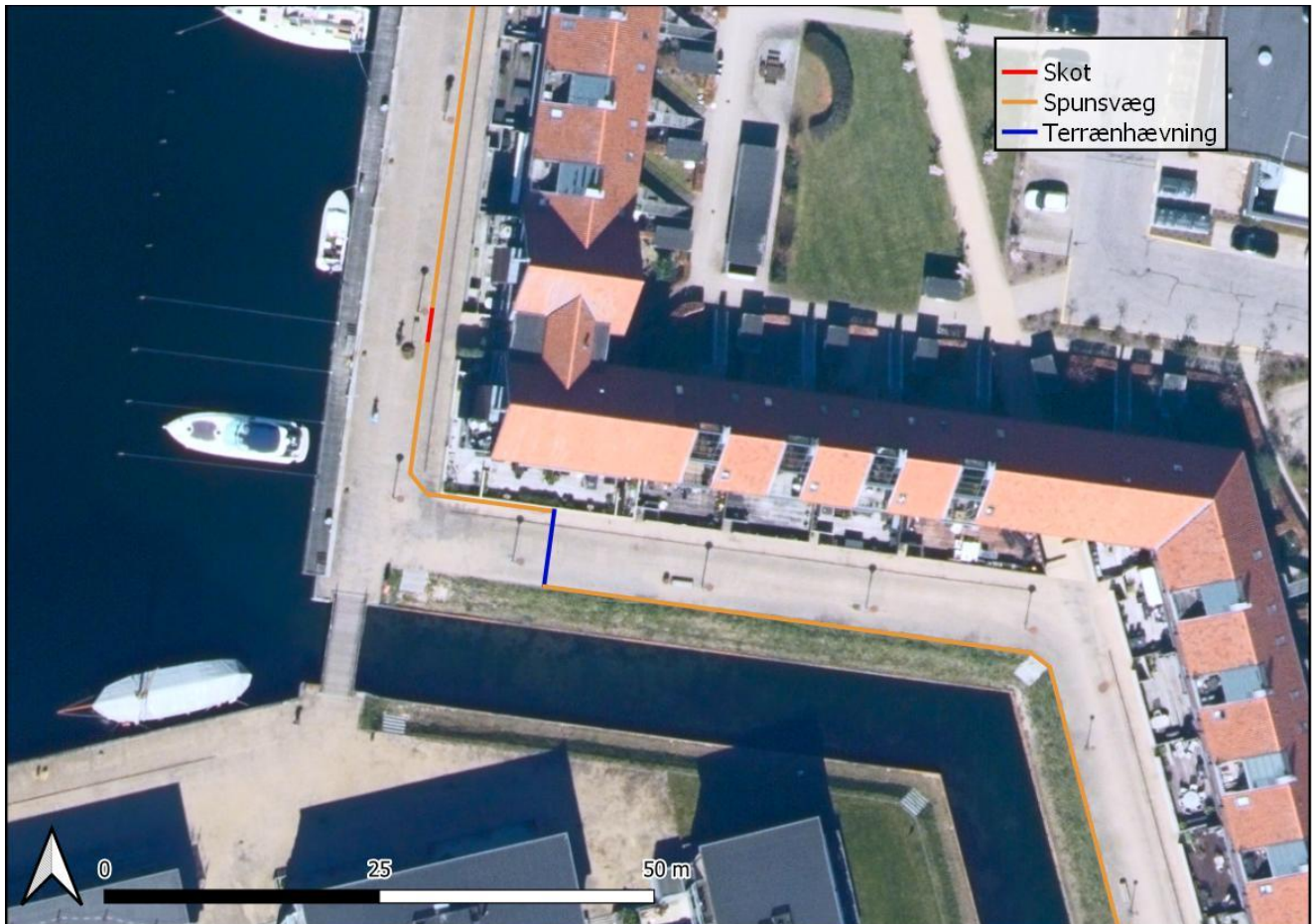
Et enkelt sted ved Amsterdamhusene langs Østkajen er der en rampe ned mod en indgang til en trappeopgang, som er vist i Figur 3.2. Med en sikring til kote +2,25 vil en rampeløsning kræve, at rampen føres ud i kajarealet hvilket ikke er en mulighed da det delvist vil blokere adgangen for beredskabet. Derfor kan der installeres et skot, enten i den fulde højde, eller der kan etableres en rampe så højt som muligt og suppleres med et skot i den øverste del. Sidstnævnte mulighed er en dyrere løsning end et skot i fuld højde (da det er to typer anlæg), men giver en større sikkerhed, da den faste konstruktion når til en højere kote. Det vil ikke være muligt at etablere en rampe helt til kote +2,50, hvorfor der i det tilfælde vil være behov for isætning af et skot. Igen kan dette være i den fulde højde eller i den øverste del af beskyttelsen.

Såfremt der arbejdes med en adaptiv tilgang med etablering til kote +2,25 og senere forhøjelse til kote +2,5, vil det være billigere, at skottet er etableret til kote +2,5 fra begyndelsen. Anvendes et skot, som kun sikrer til kote +2,25, vil det skulle udskiftes helt, inklusive fundament og pæle, hvor skottet fastgøres, hvis kronekoten hæves senere hen.



Figur 3.2: Rampe og indgang til trappeopgangen. Foto: NIRAS 12-03-2023.

Den forventede løsning **ved Berntsens Kanal** er en spunsvæg langs kanalen. Anlægget skal dermed krydse gangarealet langs kanalen, for at sikringslinjen ikke brydes. Figur 3.3 viser, at væggen foran husene på Østkajen kan fortsættes rundt om hjørnet og at sikringshøjden fortsættes på tværs af kajen, i form af toppen af et hævet kajareal, som et slags vejbump, hen til spunsvæggen langs Berntsens Kanal. For at sikre adgang for kørestolsbrugere langs kajen og beredskabsvogne, skal ramperne på hver side af væggen etableres med en hældning, der overholder de gældende regler for adgangsforhold og sikrer, at der er plads til at beredskabet kan køre rundt om hjørnet. Hvis kronekoten på muren er +2,50 skal ramperne forlænges, og væggen skal dermed fortsætte langs Amsterdamhusene ved Berntsens Kanal i et længere stykke, end hvad der er behov for ved en kronekote på +2,25. Væggen langs rampen vil delvist blokere for udgangen fra terrassen til kajen ved Amsterdamhusene 31. Udgangen kan godt opretholdes ved begge kronekoter, men vil være mere omfattende ved +2,50 end ved +2,25. En adaptiv løsning kan være en mulighed, da der kan sættes et nyt modul ovenpå væggen foran husene på Østkajen. Muligheden for at hæve væggen skal dog tænkes ind fra start, så det sikres, at der er plads til at ramperne kan forlænges, når væggen hæves.



Figur 3.3: Løsningsprincip ved Amsterdamhusene og Østkajen. Det prikkede område på hver side af muren illustrerer ramper. Ortofoto: 2023.

Langs **Stenværksvej** forudsættes spunsvæggen langs vejen hævet. Figur 3.5 viser den eksisterende spunsvæg. For at hæve spunsvæggen, skal der anlægges en ny spunsvæg. Der er ingen forskel på udformningen af spunsvæggen, hvis den er +2,25 m eller +2,50 m udover, at jo højere den er, desto mere vil den rage op over terrænet. Uanset til hvilken kote spunsvæggen skal etableres, skal den ombygges helt. Hvis det ønskes at hæve spunsvæggen på et senere tidspunkt, skal hele spunsvæggen igen udskiftes, hvilket vil være økonomisk omkostningsfuldt.



Figur 3.5: Spunvæg langs Stenværksvej. Foto: NIRAS d. 11-05-2023.

Stenværksvej forudsættes hævet, så vejens topkote er +2,25 eller +2,50. Fra topkoten på vejen og mod vest skal terrænet langs vejens sydside hæves, så det som minimum har den samme kote som vejens topkote, se Figur 3.1. Vejshævningen kræver, at vejens sideanlæg/fodaftrek udvides, hvilket betyder, at vejanlægget udvides ind mod grundene, der er beliggende syd for vejen. For at skabe plads til at hæve vejen må den sydlige sides fortov og cykelsti sløjfes. Det vil desuden være nødvendigt at hæve indkørslerne inde på grundejernes areal, så disse tilpasses vejen og de hævede arealer på Stenværksvejs sydside. Det er undersøgt, at der er plads til at hæve vejen til kote +2,25 og +2,50 m. Ved begge koter er der dog pladsudfordringer ind mod en af de private indkørsler der resulterer i en for stejl indkørsel. Dette kan løses ved at etablere et mobilt skot i indkørslen. På den resterende del af strækningen syd for vejen hæves den grønne rabat så der etableres et form for jorddige.

Der kan vælges en adaptiv tilgang hvor Stenværksvej, skot og jorddiger forhøjes på et senere tidspunkt. Vejen og jorddigerne er relativ lette at forhøje hvorimod at skottets fundament og pæle skal udskiftes helt.



Figur 3.1: Oversigt over linjeføring og matrikler ved Stenværksvej. Ortofoto: 2023.

Langs **Sillebro Å** forventes en hævnings af den eksisterende sti. En kronokote på +2,50 vil resultere i en væsentligt længere strækning, der skal hæves som vist på Figur 2.2. Stien kan uden teknisk besvær hæves på et senere tidspunkt. Dog kan det være nødvendigt at fælde en række træer, hvis stien skal hæves til +2.50.

4 Økonomiske konsekvenser

For at belyse de økonomiske konsekvenser ved at vælge en højere kronekote, er der udarbejdet et anlægsoverslag for begge kronekoter. Overslagene omfatter udelukkende de kystbeskyttende elementer.

Anlægsoverslaget er baseret på seneste kendte enhedspriser fra lignende projekter, som NIRAS har været en del af. I overslaget er der inkluderet anstilling og byggeplads, tillægsarbejder samt rådgiver og undersøgelser. Disse poster er beregnet som procentdele. Derudover vises anlægsoverslaget i figurene med en usikkerhedsfaktor på -25% og +50%, da anlægsoverslaget på nuværende tidspunkt er på et så overordnet niveau, at der må påregnes en stor usikkerhed.

Figur 4.1 viser anlægsoverslaget for kystbeskyttelsen ved en kronekote på +2,25. Figuren viser, at anlægsoverslaget er **11.600.000** DKK ekskl. moms.

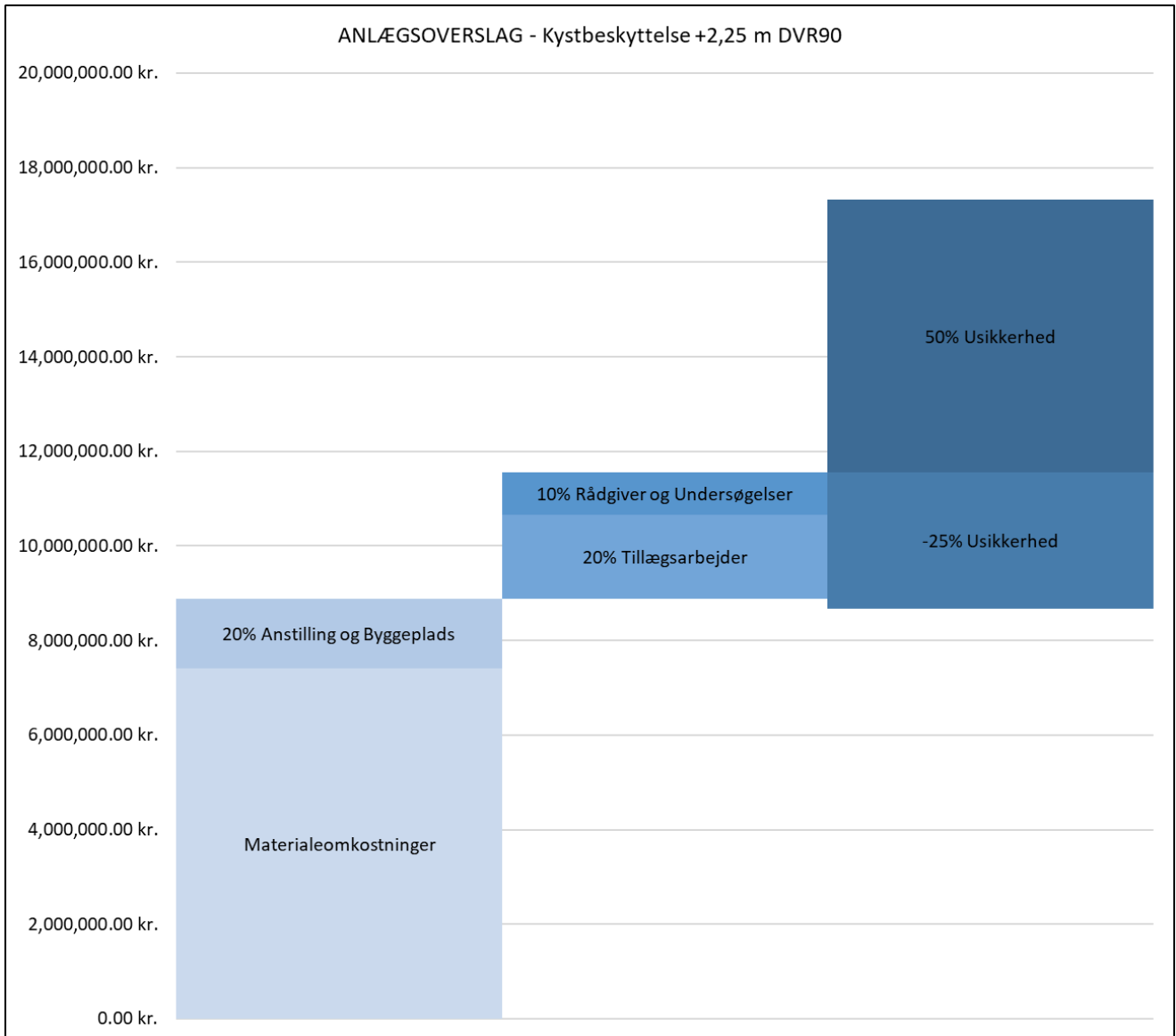
Figur 4.2 viser anlægsoverslaget for kystbeskyttelsen ved en kronekote på +2,50. Figuren viser, at anlægsoverslaget er **12.800.000** DKK ekskl. moms.

Figur 4.3 viser anlægsoverslaget for kystbeskyttelsen ved kombinationsløsningen. Figuren viser, at anlægsoverslaget er **12.600.000** DKK ekskl. moms.

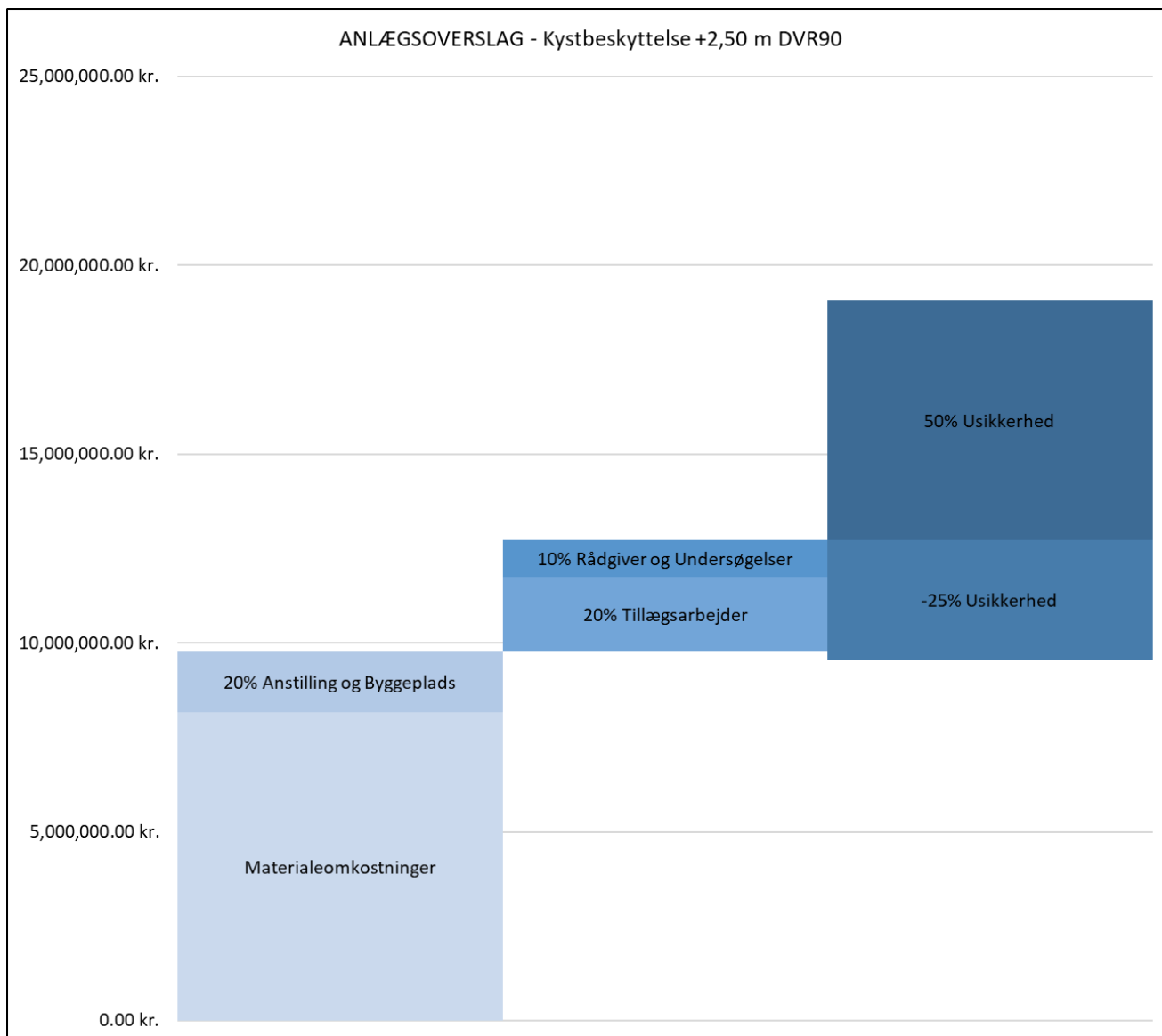
Der er dermed en overslagsmæssig forskel på kystbeskyttelsen og på hele anlægget på **≈1.200.000** DKK ekskl. moms mellem at have en kronekote på +2,25 m og +2,50 m. Tilsvarende er der for kombinationsløsningen en forskel på **≈1.000.000** DKK ekskl. moms og **≈200.000** DKK ekskl. moms sammenlignet med hhv. +2,25 m og +2,50 m

Det skal nævnes, at det;

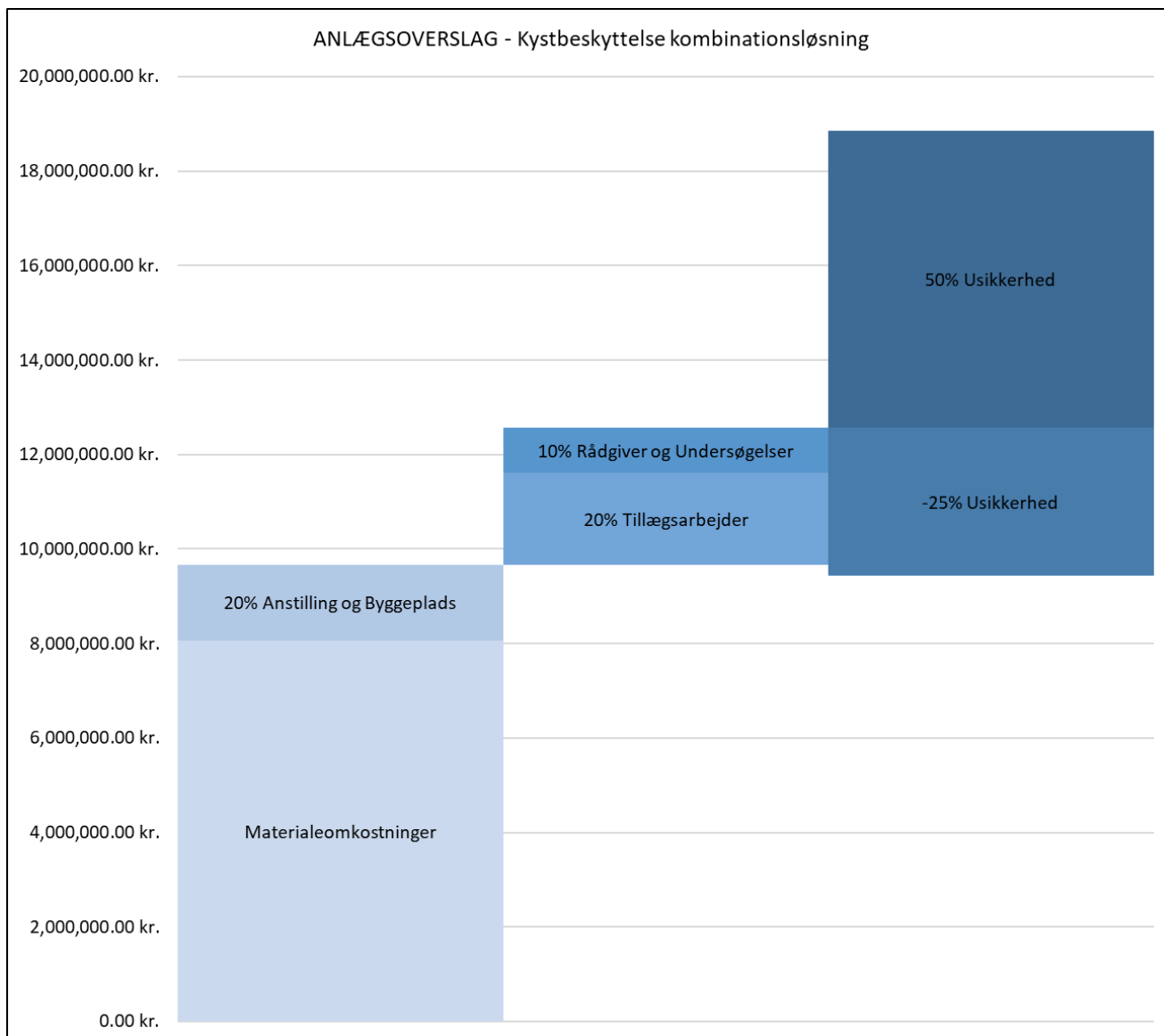
- Antages at et stort skot koster 200.000 kr. ekskl. moms
- Antages at hvert sted hvor der skal etableres afværgeforanstaltninger for bagvand, så koster det 200.000 kr. ekskl. moms.
- I forudsætningerne er der inkluderet en buffer til vejforhøjelsen ved Stenværksvej på 500.000 kr. ekskl. moms (til f.eks. trafik håndtering i anlægsfasen). Denne buffer er den samme uanset kronekote.



Figur 4.1: Anlægsoverslag (ekskl. moms) for kystbeskyttelsen ved en kronekote på +2,25 m.



Figur 4.2: Anlægsoverslag (ekskl. moms) for kystbeskyttelsen ved en kronekote på +2,50 m.



Figur 4.3: Anlægsoverslag (ekskl. moms) for kystbeskyttelsen hvor jordigerne (inkl. langs Sillebro Å) har en kronkote på +2,25 m og resten af anlægget har en kronkote på +2,50 m.