



FEBRUAR 2020
NYBORG KOMMUNE

KLIMATILPASNINGSPROJEKT NYBORG INDRE HAVN OG MARINA

RAPPORT



COWI

FEBRUAR 2020
NYBORG KOMMUNE

KLIMATILPASNINGSPROJEKT NYBORG INDRE HAVN OG MARINA

RAPPORT

PROJEKTNR.

A122943

DOKUMENTNR.

001

VERSION

1

UDGIVELSESDATO

24. feb. 2020

BESKRIVELSE

Rapport

UDARBEJDET

LAFN/SOH/CNMN

KONTROLLERET

HEBJ

GODKENDT

LAFN

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Problemstillingen og løsningsmuligheder	8
2.1	Resume af problematikken	8
2.2	Undersøgte scenarier	12
3	Nuværende og fremtidige afstrømnings- og vandstandsforhold	16
3.1	Afstrømning fra oplandet	16
3.2	Regn betingede udløb til havnen samt Voldgraven	19
3.3	Vandstand i Nyborg Havn	20
4	Analyse og konsekvensvurdering	22
4.1	Vurdering af relevant sikringskote	22
4.2	Voldgraven	23
4.3	Tilbageholdelse i baglandet	26
5	Forudsætninger i forbindelse med løsningsmuligheder	29
5.1	Sikringskoter	29
5.2	Løsningskomponenter	29
6	Anlægsoverslag og økonomi	35
6.1	Sikring 1	36
6.2	Sikring 2	51
6.3	Sikring 3	54
6.4	Sammenfatning anlægsoverslag	56
6.5	Medfinansiering og omkostningseffektivitet	56

7	Strategi for sikring	58
7.1	Fase 1. Sikring på kort sigt	58
7.2	Fase 2. Sikring på kort/mellem sigt	60
7.3	Fase 3. Sikring på langt sigt	60
8	Rekreativ merværdi	62
8.1	Ny stenmole (eller landfyldning)	62
9	Referencer	66

BILAG

Bilag A	Analyse af højvandsstatistik og skader for vurdering af relevant sikringskote
A.1	Stormflods koter for Nyborg
A.2	Økonomiske resultater
Bilag B	Kort over scenarier i A4

1 Indledning

Nyborg Kommune er netop udpeget som risikokommune i forhold til EU's Oversvømmelsesdirektiv i forhold til truslen ved stormflod. I dette projekt skal der dannes et **beslutningsgrundlag**, for klimatilpasning af Nyborg Havn og Marina, som på grundlag af den nyeste viden om det fremtidige klima samt en omkostningseffektiv tilgang til klimatilpasningen, fastlægger den robuste løsning.

Nyborg er inde i en rivende udvikling både i forhold til renovering af Nyborg Slot samt bl.a. udvidelsen af byen på de tidligere DSB-arealer herunder omdannelsen af flere gamle industrielle områder. Alle er projekter, som fastholder vigtige elementer af byens historie (middelalder by, konge by, færge by) og hvor klimatilpasningen skal indgå hånd-i-hånd med planlægningen og ikke nødvendigvis dominere områdernes eksisterende karakter. Alt i alt en balance, selvfølgelig med overvægt på at sikre Nyborg By således at den i fremtiden også er et attraktivt sted at bo og hvor havets luner, som følge af klimaforandringerne, kan holdes i skak.

2 Problemstillingen og løsningsmuligheder

2.1 Resume af problematikken

Nyborg By er en aktiv handels- og erhvervsby. Byens slot kan spores tilbage til 1100-tallet og er med sin historiske nærhed til Nyborg Fjord, både dengang som i dag, influeret af bl.a. de muligheder som nærheden til vandet indeholder. Byens havne stod i mange år for overfarten over Storebælt og de historiske arealer for den tidligere færgedrift, er i rivende udvikling. Nyborg By har i dag stadig både en aktiv erhvervshavn, samt en velbesøgt Marina, som også i disse år gennemgår moderniseringer.

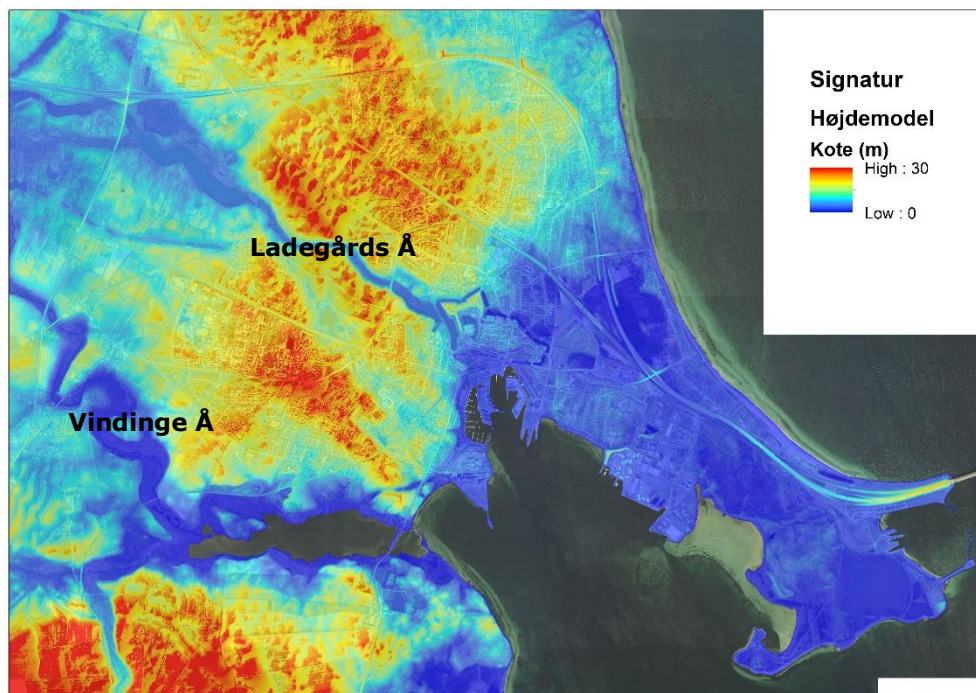
Som en del af det historiske forsvarsværk for byen, løber der en voldgrav rundt om den oprindelige bymidte med udløb i havnebassinet.

Nyborg By er udpeget som risikoområde ift. EU's oversvømmelsesdirektiv, hvor flere historiske vandstande er sammenholdt med den nuværende arealanvendelse. Nyborg Kommune skal således bl.a. udarbejde en risikostyringsplan som forholder sig til risikoen for oversvømmelse ved stormflod samt håndteringen heraf. Der er, foruden boliger og erhverv, også risikovirksomheder samt kritisk-infrastruktur i Nyborg.

Disse udfordringer er baggrund for, at Nyborg Kommune har iværksat dette projekt hvis primære formål er at synliggøre udfordringen i forhold til stormflod samt skitsere mulige tiltag til nedbringelse af oversvømmelsesrisikoen.

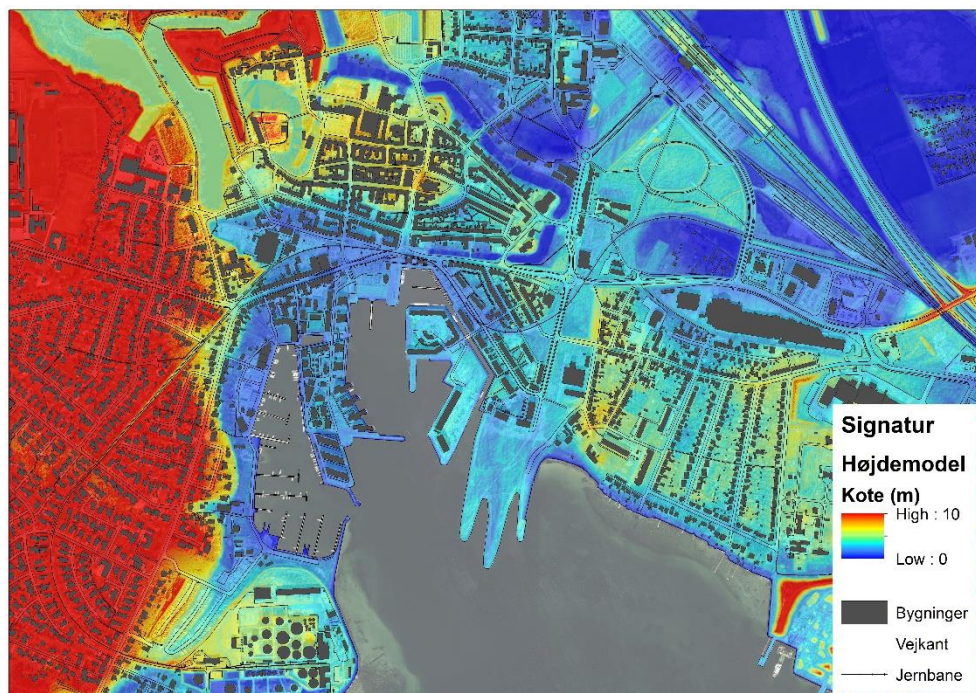


Figur 2-1 *Oversigt over de centrale dele af Nyborg By herunder fremhævnning af afgrænsningen af projektområdet.*



Figur 2-2 Terrænmodel der viser topografien omkring Nyborg Kyst.

På Figur 2-2 ses Ladegårdsåen samt Vindinge Å tydeligt på terrænmodellen samt de meget lavt beliggende arealer mod øst. På Figur 2-3 er terrænmodellen vist for det primære projektområde i Nyborg. Det ses at det primært er de havne-nære arealer som er lavt beliggende og at byens terræn både mod vest og nord stiger kraftigt. Voldgraven ses tydeligt (dyb blå) igennem byen.



Figur 2-3 Terrænmodel der viser topografien omkring det primære projektområde i Nyborg.

Nyborg har flere gange være udfordret i forhold til stormflod. Største hændelse i nyere tid var stormfloden i 2006, som medførte en vandstand på 1,8 m og som skabte flere oversvømmelser af de havnenære arealer. Desuden er der ofte problemer ved Havnegade ved højvande som ikke nødvendigvis når over havneka- jen. Her er det voldgravens udløb der er problemet, hvor tilstrømningen fra voldgraven oversvømmer de lavtliggende områder langs voldgraven. Indtil nu har beredskabet skulle lukke Havnegade af og pumpe voldgraven over i havne- bassinet. En ny sluse/pumpestation er undervejs (beskrevet i denne rapport).

Nedenfor ses udbredelsen af en stormflod som i 2006 (kote: 1,8 m) i projekto- rådet (bemærk at områderne er hydraulisk forbundne, men hvor stor den egent- lige oversvømmelsesudbredelse vil være, afhænger stormflodens varighed):



Figur 2-4 Udbredelse i projektområdet med stormflodskote svarende til stormfloden i 2006 (kote 1,8m) (bemærk at områderne er hydraulisk forbundne, men hvor stor den egentlige oversvømmelsesudbredelse vil være, afhænger stormflodens varighed).

Som det ses af Figur 2-4 vil de havnenære arealer i projektområdet stå under vand ved kote 1,8m. Det ses tillige, at der via voldgraven, er en hydraulisk forbindelse til et større og sammenhængende lavt beliggende areal i den østlige del af området. Området er vist på nedenstående figur, herunder visning af, hvor vandet kan komme fra baseret på terrænmodellen:



Figur 2-5 Visning af den hydrauliske forbindelse til lavtliggende områder ved stormflod i kote 1,80m.

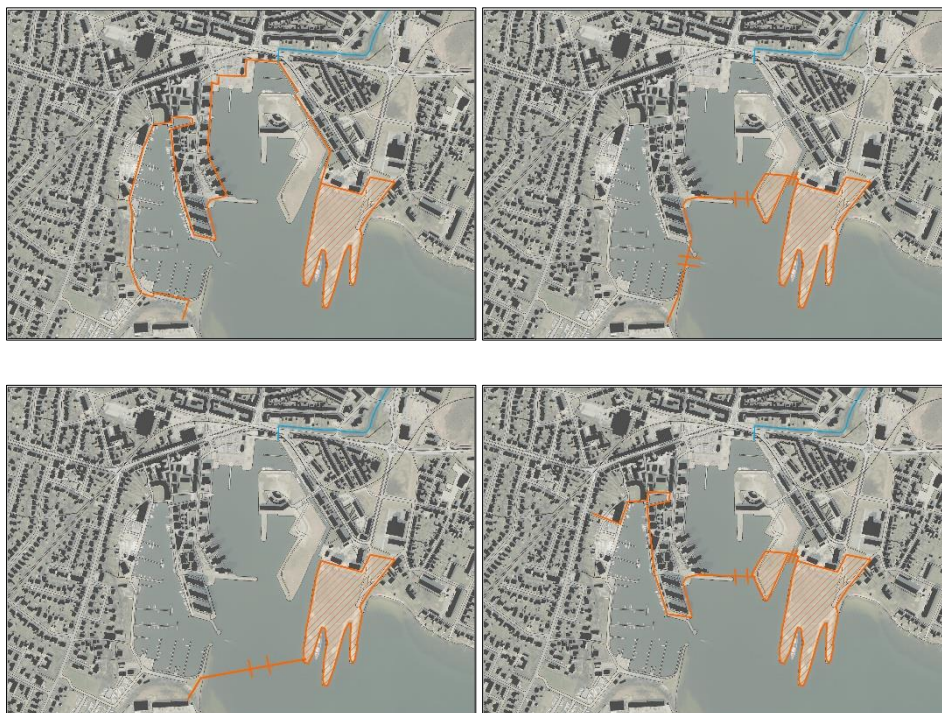


Figur 2-6 Visning af den hydrauliske forbindelse til lavtliggende områder ved stormflod i kote 2,50m.

Denne rapport har således til formål at kortlægge de konkrete udfordringer og skabe overblik over konsekvenser. Derudover redegøres der for hydrauliske forhold ift. mulige tiltag samt opstilling af konkrete løsningsforslag med beskrivelse af omkostninger. Rapporten danner således grundlag for den videre proces i forhold til beslutning omkring valg af sikring eller sikringsstrategi.




2.2 Undersøgte scenarier

D. 8. august 2019 blev der afholdt en orienterende workshop i Nyborg med bred deltagelse fra bl.a. Nyborg Kommune, Beredskabet, Nyborg Forsyning og Service, Havnen m.fl. På workshoppen blev udfordringen omkring stormflod præsenteret af COWI og flere indspark i forhold til den nuværende håndtering af stormflod og højvande blev diskuteret herunder de lokale udfordringer med afspærring af Havnegade, oversvømmelse af lavt beliggende områder samt varsling. På workshoppen blev der præsenteret flere simple skitser ift. sikringslinje. Eksempler på disse er gengivet herunder:

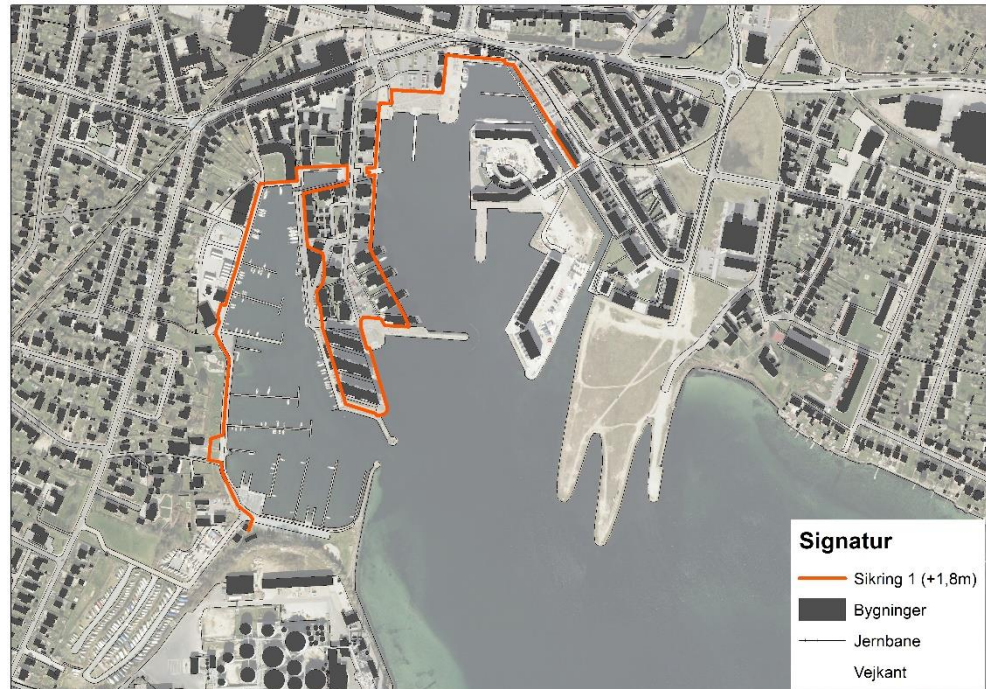


Figur 2-7 Eksempler på konceptuelle skitser til illustrering af forskellige sikringslinjer for Nyborg By præsenteret og diskuteret på orienterende workshop hos Nyborg Kommune.

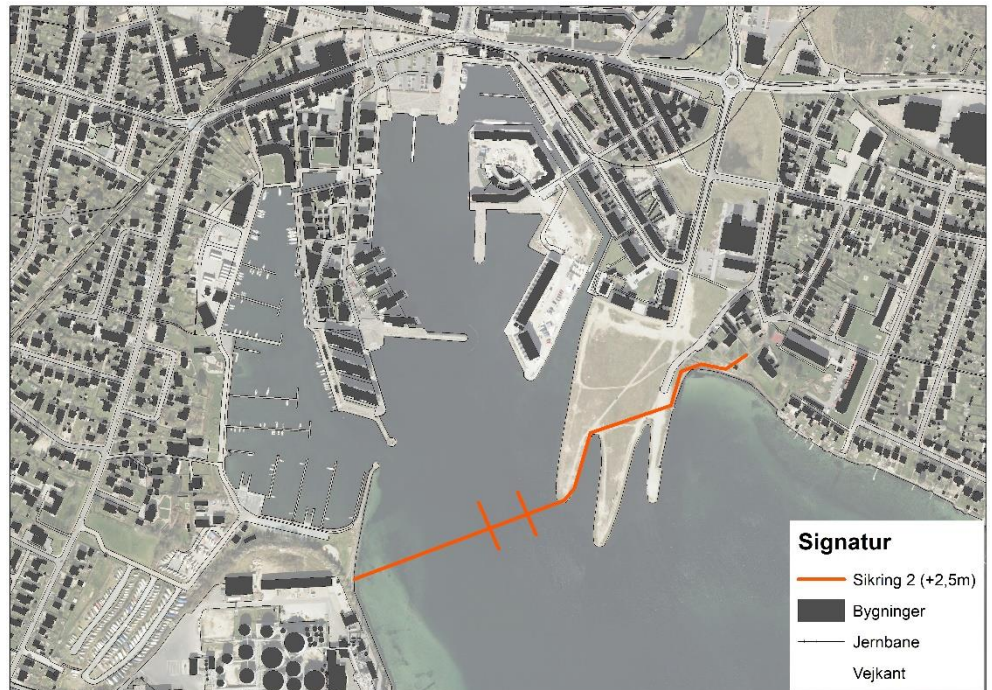
Efter workshoppen blev koterne 1,8 m og 2,5 m valgt som udgangspunkt for analyserne. Kote 1,8 m for de landbaserede løsninger i Nyborg by, som en hensyntagen til de eksisterende havneområder ift. hvad der er muligt uden at forringe de havnenære miljøer (udsigt m.m.). Kote 2,5 m som mulig ydre sikring.

Sikringsforslag	Beskrivelse	Oversigt
1	<p>Sikring 1 danner en samlet beskyttelse af byens havnenære arealer til kote 1,8 m. Sikringen afværger stormfloder i dag og hyppige stormfloder i fremtiden. Koten er valgt ud fra en afvejning mellem højvandsstatistik samt æstetik i forhold til hvad der er muligt i området. Sikringen er landbaseret med mure, diger, hævnning af flader m.m.</p>	
2	<p>Sikring 2 danner en ydre beskyttelse mod kraftige stormfloder via en sluseport. På sigt vil sikring 1 primært sikre mod hyppige højvande, mens de sjældne hændelser vil overstige kote 1,8 m. Sikring 2 laves til kote 2,5 m. Den indre sikring 1 bevirker, at slusen i sikring 2 ikke skal lukke så ofte, hvilket er en fordel ift. havn og marina.</p>	
3	<p>Sikring 3 yder beskyttelse af den resterende del af Nyborg og er opstillet efter at sikre at store sammenhængende områder i Nyborg ikke oversvømmes. Ejendomme udenfor sikringslinjen kan sikres lokalt. Sikring 3 bevirker at der ikke kan løbe vand fra de resterende områder ind i lavtliggende områder i byen.</p>	

De 3 sikringer er desuden skitseret herunder, men er detaljeret gennemgået i senere afsnit:



Figur 2-8 Sikring 1 – Sikring af de havnenære arealer til kote 1,8 m.



Figur 2-9 Sikring 2 – Sikring af hele midtbyen til kote 2,5 m via et dige med en sluseport på tværs over den indre fjord.



Figur 2-10 Sikring 3 – Sikring af den resterende kyststrækning med hydraulisk forbindelse til både midtbyen, risikovirksohmheder og udsat infrastruktur. Sikring til kote 2,5 m.

3 Nuværende og fremtidige afstrømnings- og vandstandsforhold

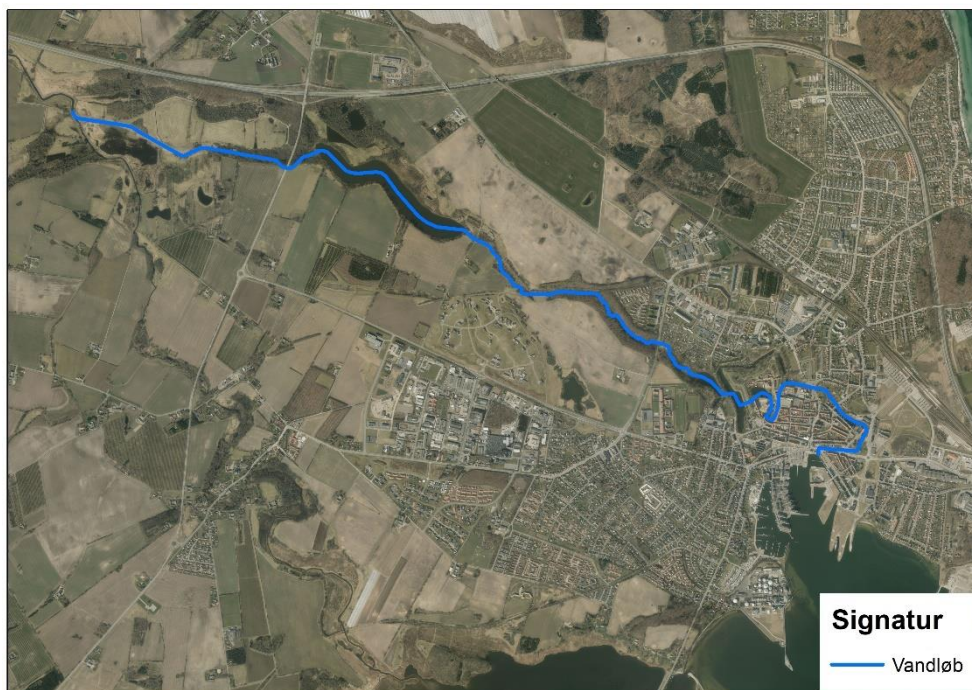
3.1 Afstrømning fra oplandet

3.1.1 Opland og afstrømningsforhold

Voldgraven er den nedstrøms del af Ladegårdsåen. Vandløbet indgår i Vindinge Å-systemet. Den primære vandføring kommer fra Vindinge Å via Kullerup Sluse, som blev etableret i den tidlige middelalder (nuværende bygværk fra 1997-1998) for at sikre vand til Nyborg. Kullerup sluse bevirker, at vandet i Vindinge Å stuves op, således, at vandstrømmen deles, og der sendes vand til Ladegårdsåen.

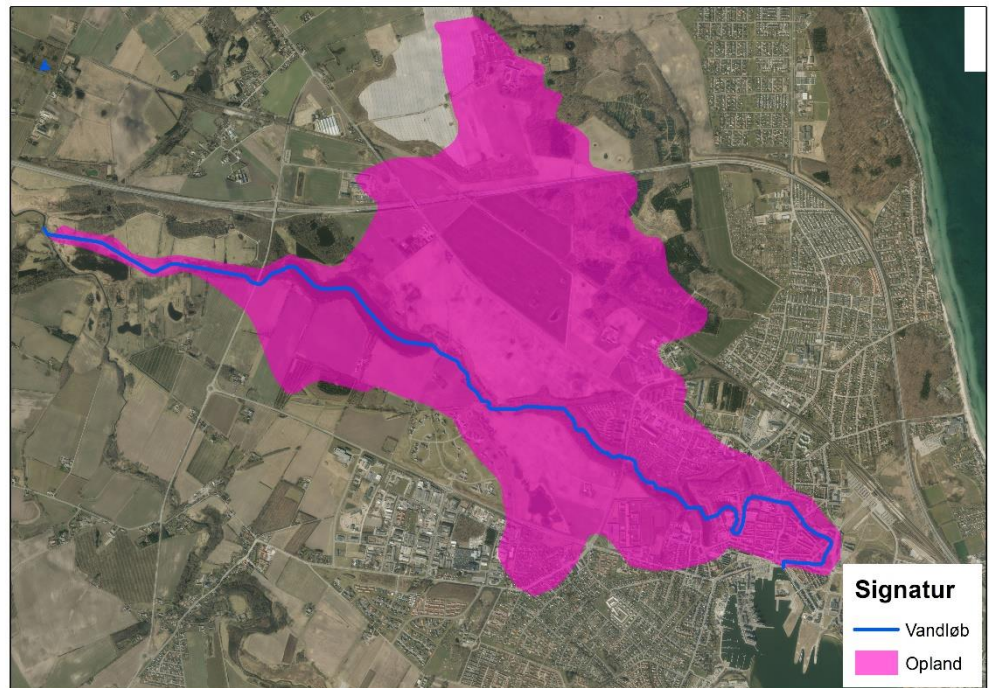
Fra tilløbet fra Vindinge Å til udløb i Nyborg Havn er der 6967 meter åbent vandløb.

Ladegårdsåen og Voldgravssystemet er illustreret på Figur 3-1.



Figur 3-1 Ladegårdsåen og Voldgravssystemet fra tilløbet i Vindinge Å til udløbet i Nyborg Havn.

Oplandsarealet til Ladegårdsåen er i alt 6,2 km² fra Kullerup Sluse til udløbet i Nyborg Havn. Oplands arealet er vist på nedenstående figur:



Figur 3-2 Topografisk opland til Ladegårdsåen/Voldgraven. Oplandet er oplyst til ca. 6,2 km².

Voldgravens udløb ligger i den inderste del af havnebassinet og er i dag forsynet med højvandsklap.



Figur 3-3 Voldgravens udløb i havnebassinet (til højre). I bygværket under Havnegade findes i dag en passiv højvandsklap.



Figur 3-4 Indløb til bygværk fra voldgravssystemet, med udløb i havnebassinet.

3.1.2 Vandføring

Vandføringen i Voldgraven er kraftigt påvirket af bygværket ved Kullerup sluse, hvor vand stemmes op fra Vindinge Å og ledes ad Ladegårdsåen mod Voldgraven i Nyborg.

For Ladegårds Å ved Nyborg er fundet:

Vinter 10 års maksimum	69 l/s km ² + 1200 l/s
Vinter 5 års maksimum	53 l/s km ² + 1100 l/s
Vinter medianmaksimum	45 l/s km ² + 850 l/s
Sommer 10 års maksimum	38 l/s km ² + 700 l/s
Sommer 5 års maksimum	28 l/s km ² + 650 l/s
Sommer median maksimum	9 l/s km ² + 550 l/s

Figur 3-5 Karakteristiske afstrømninger for Ladegårdsåen (gengivet fra Regulativ – Ladegårdsåen)

3.2 Regn betingede udløb til havnen samt Voldgraven

De centrale dele af Nyborg by er primært fælleskloakeret (regnvand og spildevand ledes i samme rør til renseanlæg) med en række overløb til havnen, som aflaster ved skybrud. Fælleskloakken er typisk dimensioneret til at kunne håndtere regn op til en 10 års hændelse. 10 års hændelsen falder statistisk som skybrud i sommerhalvåret, og det forventes således ikke, at fælleskloakken træder i overløb i vinterhalvåret, som netop er årstiden for stormflod.

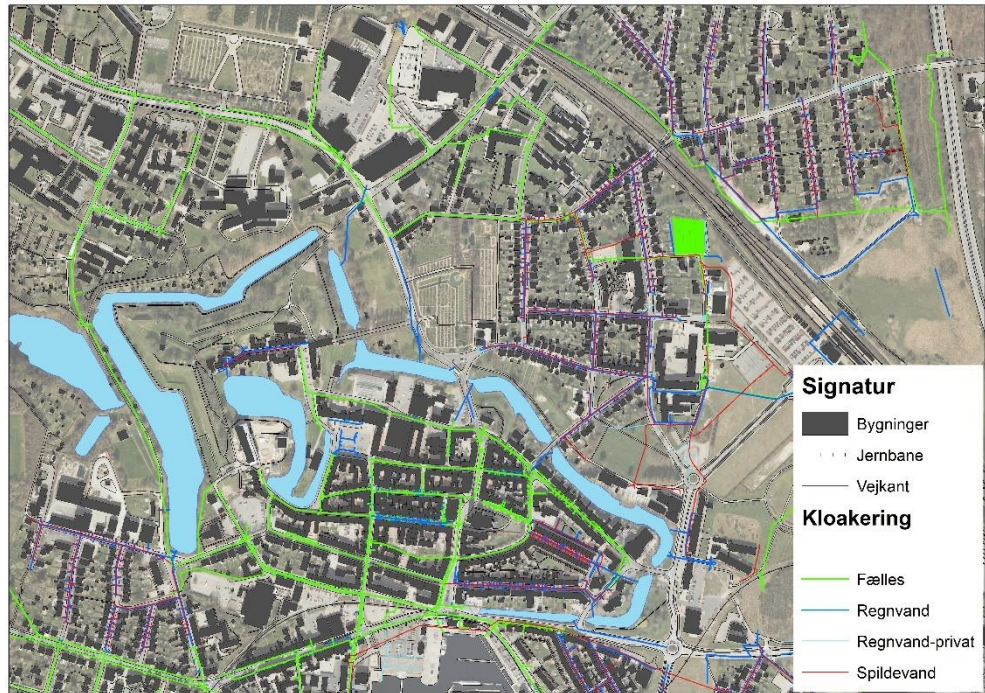
Der findes også enkelte regnvandsudløb direkte til havnebassinet, men disse vurderes som værende bagateller. I forhold til etablering af sikring anbefales det at regnvandsudløb forsynes med højvandsklap. Der kan være tale om etablering af mindre pumper på regnvandsudløb til afvikling af mindre regnskyl i forbindelse med stormflod.

Kloakeringen nær havnen er gengivet på nedenstående figur:



Figur 3-6 Kloakeringsforhold nær havnen

Langs voldgraven er der enkelte regnvandsudløb fra separat kloakerede områder. De regn betingede bidrag under en evt. stormflod i vinterhalvåret, vurderes som værende begrænsede i forhold til voldgravens egen vandføring (naturligt opland samt bidrag fra bygværket Kullerup Sluse).



Figur 3-7 Visning af regn betingede udløb til voldgraven i Nyborg centrum.

3.3 Vandstand i Nyborg Havn

Nyborg by ligger ud til kysten og er dermed truet af stormflodshændelser. Disse hændelser bliver hyppigere i fremtiden i og med at middelvandstanden stiger og dermed skal mindre vind til at få vandet til at stige op i samme højde som i dag.

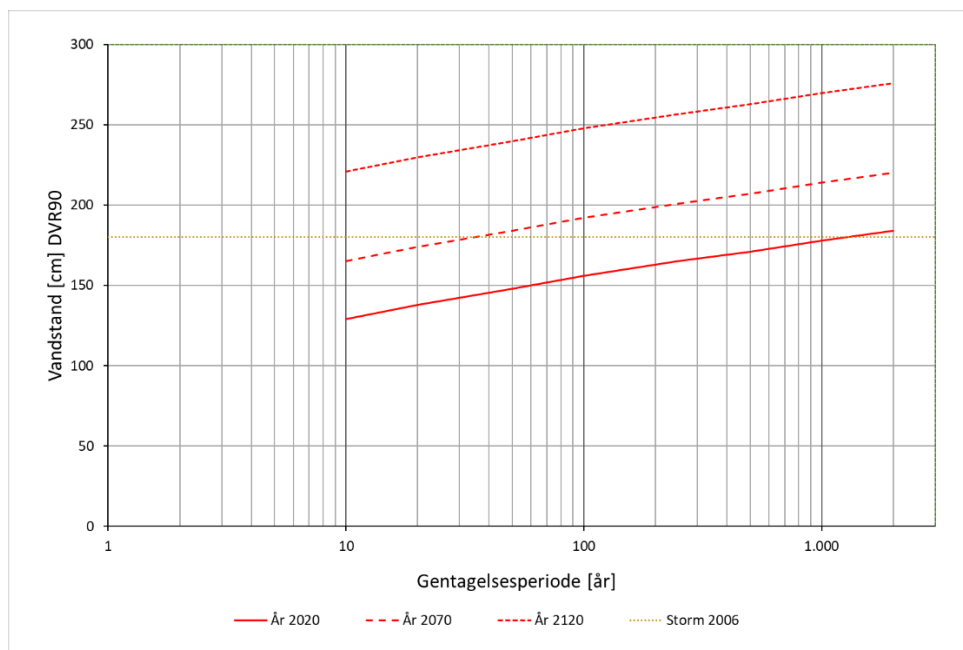
COWI har, via et studie for Metroselskabet i samarbejde med DTU, undersøgt østen storme i den Danske Østersø. Disse studier har vist, at data fra de danske stationer i Østersøen ikke er tilstrækkelig til at beskrive højvandsstatikken for flere danske byer. Efterfølgende har COWI udviklet en metode, som både inkluderer data fra tyske målestationer samt øjenvidne beretninger som tilsammen kan beskrive den nødvendige statistik. Metoden er yderligere beskrevet i Bilag A.1. Metoden er brugt for opgaver for Metroselskabet, Realdania, HOFOR og en række kommuner. Resultaterne fra disse studier er brugt i denne rapport for statikken for Nyborg.

Det gøres opmærksom på at koterne, som er beskrevet under højvandsstatikken, er uden eventuelt bølgetillæg.

3.3.1 Højvandsstatistik

På baggrund af den statistiske analyse er der beregnet en stormflodskote som funktion af gentagelsesperioden for Nyborg.

For Nyborg havn er der data for 127 år samt observationer fra stormen i 1872.



Figur 3-8 Statistik af stormflodskoten som funktion af gentagelsesperioden for årene 2020, 2070, og 2120. Det er medianværdien som er afbilledet. Hændelsen i 2006 er ligeledes angivet.

På Figur 3-2 ses stormflodskoten som funktion af gentagelsesperioden. Stormfloden i 2006 blev målt til ~1,8 m i Nyborg (DVR90) og vil tilsvarende have en gentagelses periode på 1000 år i 2020 en 30 års hændelse i 2070 og en meget hyppig hændelse i 2120.

3.3.2 Klimaændringer ift. vandstand

I den indeværende rapport henvises til udredninger fra IPCC (AR5) og DMI (CRES, Centre for Regional Earth Science). Værdierne for disse studier er benyttet til at beregne den fremtidige stigning i middelvandstanden, metoden er yderligere beskrevet i Bilag A.1.1. I disse beregninger er der ikke antaget en klimafaktor for øget vindhastigheder i fremtiden, da der på nuværende tidspunkt ikke ligger nogen fast anbefaling fra DMI.

4 Analyse og konsekvensvurdering

4.1 Vurdering af relevant sikringskote

Der er udført en samfundsøkonomisk analyse af, hvordan omkostningerne ved stormflod er fordelt på stormflodskoten.

Analyse er baseret på en sikringskote på 1,8 m samt for 2,5 m. Analysen er i eksemplet lavet med udgangspunkt i at sikringen etableres i 2020.

Scenarierne er benyttet som input i den økonomiske model til beregning af besparelsen i skader til enhver given stormflodshændelse.

For stormfloder højere end henholdsvis 1,8 m og 2,5 m antages det, at sikringen ikke har nogen indflydelse på de oversvømmede områder. Dermed bruges tidligere beregnet skadesomkostninger for disse hændelser, da sikringen ikke længere slår til

Kote 1,8 m vil ca. svare til ca. en 1000-årshændelse i 2020, en 30-årshændelse i 2070 og en hyppigt forekommende hændelse i 2120.

Kote 2,5 m vil forekomme sjældnere end en 10.000-årshændelse i 2020, en 5-10.000-årshændelse i 2070 og en 100-årshændelse i 2120.

4.1.1 Reduktion i skader

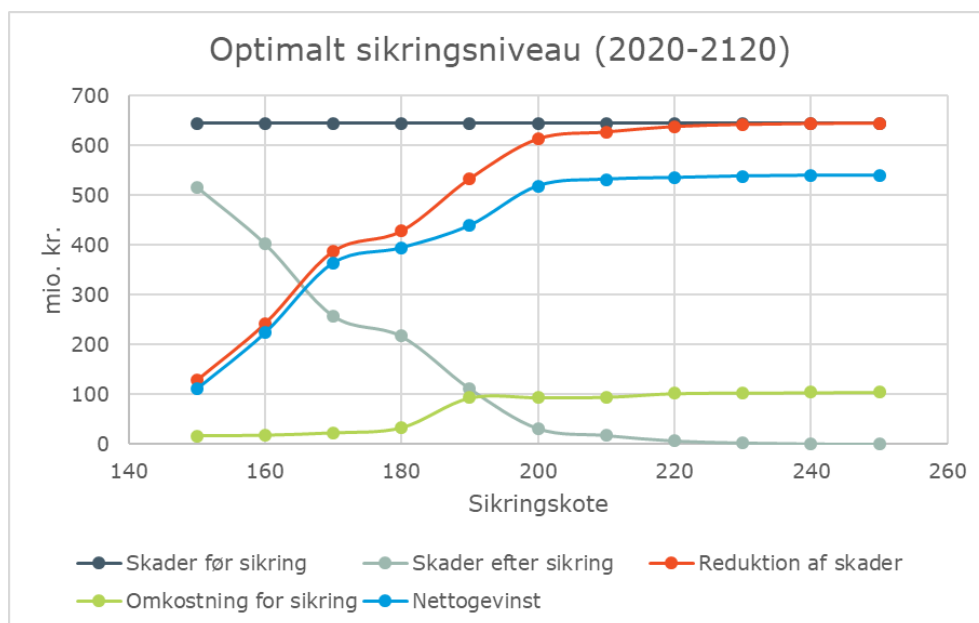
Reduktionen i skader opgjort som NPV (Netto Nutids Værdi) i 2020 er listet i Tabel 4-1. Det fremgår, at reduktionen øges i takt med at sikringen beskytter til en højere kote. Reduktionen ved tiltagene skal sammenholdes med omkostningerne ved etablering og vedligeholdelse. Ved de to sikringskoter antages det, at skadesomkostningerne er 0 for stormfloder under de to koter henholdsvis 1,8 m og 2,5 m. Skaderne er beregnet ved gennemsnitlige sandsynligheder, så sandsynligheden for både hyppige og sjældne hændelser indgår i de enkelte år.

Tabel 4-1 Akkumuleret skader i NPV i 2020 over en periode på 100 år samt 2020 og 2070.

	NPV over 100 år (mio. kr.)	2020(mio. kr.)	2070 (mio. kr.)	2120 (mio. kr.)
Nyborg uden sikring	645	1,4	67	645
Sikring 1,8 m	217	0	6	217
Sikring 2,5 m	0,3	0	0	0,3

I beregningen af skaderne indgår udelukkende skader forårsaget af oversvømmelser fra stormflod.

Den følgende figur illustrerer nettogevinst som funktion af sikringskote, skader og omkostning for sikring over 100 år:



Figur 4-1 Beregning af optimalt sikringsniveau for sikring af Nyborg. Figuren viser de forventede skader uden sikring, med sikring til konkrete niveauer og den forventede reduktion af skader. På grundlag af den forventede reduktion og de estimerede omkostninger for sikring er den potentielle nettogevinst beregnet.

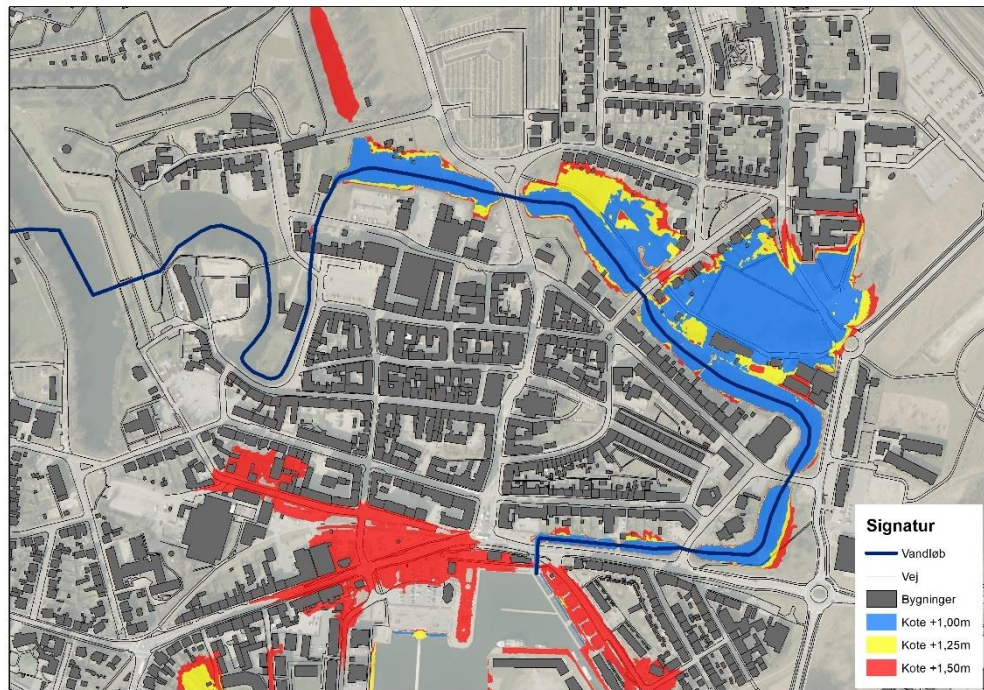
Det fremgår af Figur 4-1, at den potentielle nettogevinst ved sikring af Nyborg mod stormflod, flader ud ved en sikring over kote 2,2 m. På dette grundlag fastholdes sikringskoten på 1,8 m og 2,5 m da dette ligger i optimums området og giver en god sikkerhed mod oversvømmelse, som er samfundsøkonomisk rentabel. Der ses en høj nettogevinst ved sikring til kote 1,8 m som er indregnet som en landbaseret løsning. Faktisk sikrer kote 2,5 m mod alle skader de næste 100 år og yderligere forhøjelse af sikring vil blot få omkostningerne til sikring til at stige, men da der ikke er flere skadesomkostninger der undgås, vil nettogevinsten falde da udgifterne til sikring stiger.

Der er selvfølgelig andre skader som ikke er økonomiseret (sundhed, andre materielle værdier og installationer). I Nyborgs erhvervsområde ligger flere risikovirkksomheder samt Nyborg renseanlæg hvor oversvømmelser vil have stor konsekvens og derfor bør undgås.

4.2 Voldgraven

Vandstanden i den nederste del af Voldgraven er påvirket af vandstanden i havnebassinet. Langs Voldgraven er den kritiske kote oplyst til ca. 0,8 m. Overskrides denne kote begynder vandet at skabe udfordringer langs voldgraven og det lavt beliggende område "Lille Svanedam". Når højvandsslusen er lukket, fylder

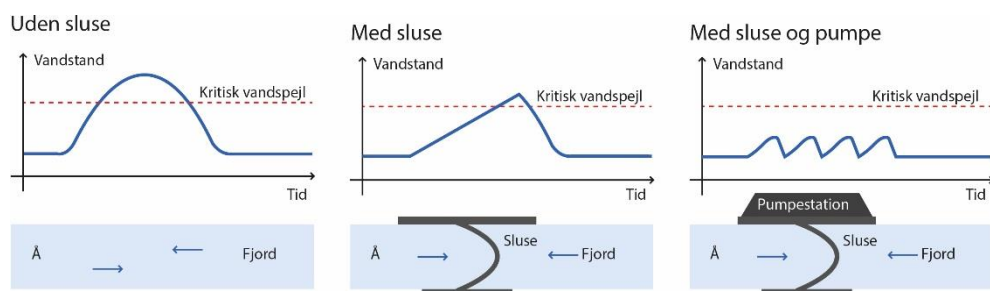
voldgraven stille og roligt op bag slusen og vandstanden stiger. Situationen kan ses på nedenstående figur:



Figur 4-2 Oversvømmelsestruede arealer nær voldgraven ved vandspejl i kote 1,0 m, 1,25 m samt 1,5 m. Områderne ville være truet direkte ved stormflod, hvis der ikke var højvandsklap i udløbet. Nu trues de i stedet af opstuvning i voldgraven af åens vandføring, når klappen er lukket. Udover de viste områder, trues andre områder, da der er flere hydrauliske forbindelser til lavtliggende områder via forsyningens afløbsledninger.

I dag tilkaldes beredskabet når vandstanden i voldgraven stiger som resultat af stormflod hvor højvandsklappen er lukket. Beredskabet afspærrer vejen hvor voldgraven løber under Havnegade og opsætter mobile pumper så vandstanden kan holdes nede. Nyborg Kommune etablerer i 2020 en ny permanent pumpestation for at kunne håndtere vandmasserne uden at skulle tilkalde beredskabet.

På Figur 4-3 kan man se princippet ift. hvordan kombinationen af en pumpestation og sluse holder vandspejlet under en given kritisk kote. Til sammenligning er der vist situationen med og uden sluse:

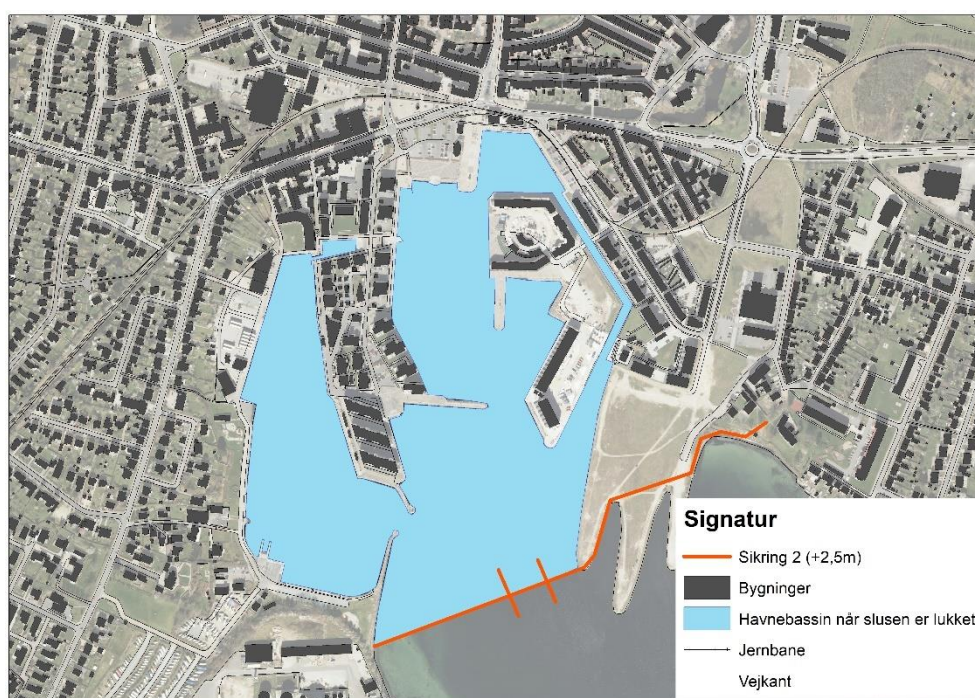


Figur 4-3 Diagram som viser hvordan vandspejlet overstiger kritisk niveau ved stormflod uden sluse. Med en sluse men uden en pumpe station vil vand-

standen ligeledes kunne overstige det kritiske niveau, da vandet fra oplandet vil stuve op på bagsiden af slusen. Med en kombination af en pumpe og sluse vil vandstanden kunne holdes under det kritiske niveau i langs Voldgraven.

Området ved udløbet fra voldgraven ligger i dag lavt (ca. Kote 1,3-1,4 m). Derfor vil den skitserede sikring 1 i nærværende projekt, fremtidssikre pumpestationen og sikre, at vandet ikke løber fra havnen, over Havnegade og ned i voldgraven.

Pumpestationen er oplyst til at kunne håndtere ca. 0,5 m³/s. Ved sikring 1 vil pumpestationen sende vandet direkte ud i havet. Ved sikring 2 afspærres havnen med en stor sluseport. Bassinkapaciteten bag sluseporten vil være det samlede havnebassin som vist på nedenstående figur:



Figur 4-4 Bassinet bag den store sluse i sikring 2. Samlet overfladeareal er 21,2 ha hvilket med en halv meters vandstandsstigning giver et volumen på 106.000 m³.

I tabellen nedenfor er der vist en sammenhæng mellem tilstrømning og resulterende vanddybde i bassinet:

Vandføring / varighed	Volumen	Resulterende vanddybde i havnebassinet
0,5 m ³ /s - 12t	21.600 m ³	0,10m
1,0 m ³ /s - 12t	43.200 m ³	0,20m
0,5 m ³ /s - 24t	43.200 m ³	0,20m
1,0 m ³ /s - 24t	86.400 m ³	0,40m

Tabel 4-2 Vurdering af behov for pumpe i havnebassin baseret på forskellige vandføringer (0,5 og 1,0 m³/s) og forskellige varigheder (12 og 24 timer). Det ses at der er ret stor kapacitet i havnebassinet og pumpning i forbindelse med lukning af slusen i sikring 2 vurderes unødvendig.

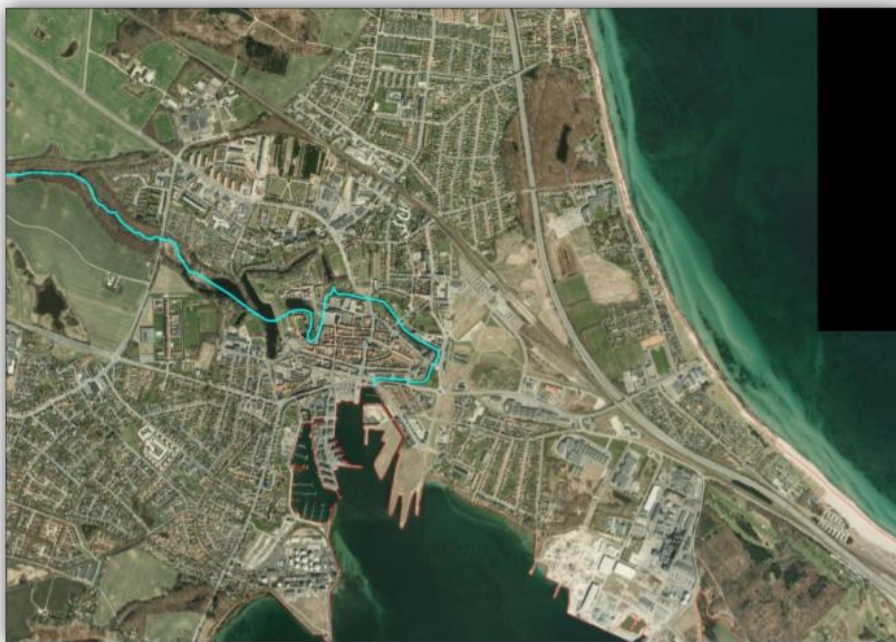
På denne baggrund vurderes det derfor, at der ikke er et behov for yderligere pumpning i forbindelse med at slusen i sikring 2 er lukket.

4.3 Tilbageholdelse i baglandet

I forbindelse med kraftig afstrømning i landets større vandløb kan det være tilrådeligt, at der arbejdes med tilbageholdelse af vand i baglandet opstrøms byerne, for at minimere oversvømmelser langs vandløb igennem byområder. Denne problematik kendes bl.a. fra f.eks. Holstebro eller Kolding hvor en kraftig afstrømning gennem byen skaber store oversvømmelser med skader til følge. I Nyborg er afstrømningen fra det naturlige opland til Ladegårdsåen begrænset og størstedelen af vandføringen kommer fra sluse fordelingen ved Vindinge Å.

For yderligere at kunne regulere tilstrømningen fra Kullerup til Nyborg voldgrav kunne der opstrøms byen evt. etableres en dæmning med et spjæld hvorved tilstrømningen til Nyborg under kraftig afstrømning i Vindinge Å kan reduceres.

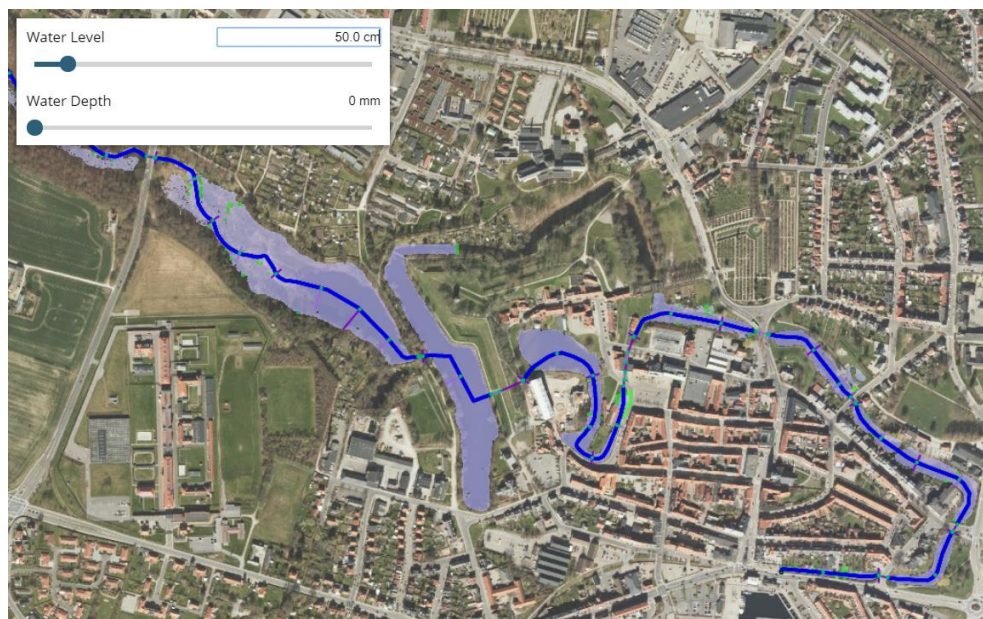
I forhold til hvorvidt der er et behov tyder vandløbsmodelleringen, udført i forbindelse med Nyborg Kommunes Klimatilpasningsplan, på at der ikke er større udfordringer ift. Ladegårdsåen og Voldgraven ved en 100 års afstrømningshændelse (metoden er ikke vurderet):



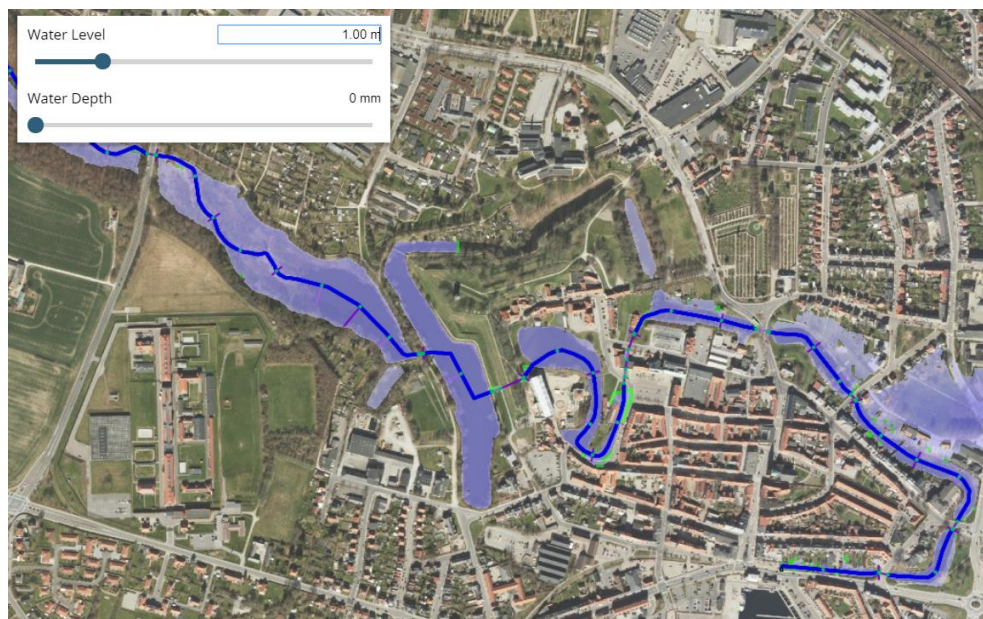
Figur 0-4 Nyborg. Der ses ingen oversvømmelser i Nyborg By.

Figur 4-5 Gengivet fra Nyborg Kommunes Klimatilpasningsplan i 2015. En 100 års afstrømning i Ladegårdsåen er simuleret, men uden konsekvenser til følge.

Med modelværktøjet SCALGO LIVE kan man hæve vandstanden i de danske vandløb og se de oversvømmede arealer som følge af udbredelsen af vandspejlet. På de Figur 4-6 og Figur 4-7 er konsekvensen vist for en generel vandsandsstigning i vandløbet på 0,5 m og 1,0 m:



Figur 4-6 Vandspejlsstigning i ladegårdsåen/voldgraven på 0,5 m.



Figur 4-7 Vandspejlsstigning i ladegårdsåen/voldgraven på 1,0m.

Der ses ingen reelle problemer ved en stigning på 0,5 m og ved 1 m er de begrænset til det kendte område ved Lille Svanedam.

5 Forudsætninger i forbindelse med løsningsmuligheder

5.1 Sikringskoter

Der er forudsat, at der foretages en højvandssikring til kote 1,8 m i inderhavnen og til kote 2,5 m ved den ydre sikring.

Der er alt efter konstruktionstype og placering af sikringslinjen tillagt et sikrings-tillæg for bølgehøjde.

- > for vægge, diger og sluseporte som ligger i eller lige ud til fjorden. Uden nogen form for bølgelæ er der forudsat en sikringskote på 3,0 m
- > for vægge som står i inderhavnen er der regnet med en sikringskote på 2,0 m, der er således tillagt 0,20 m for mindre bølger.
- > ved eksisterende konstruktioner er det forudsat at der ikke gøres noget hvis de som minimum ligger i kote 1,9 m.
- > ved vejhævninger bibeholdes koten på 1,8 m eftersom yderligere hævnings vil have stor indflydelse på det omkringliggende område.

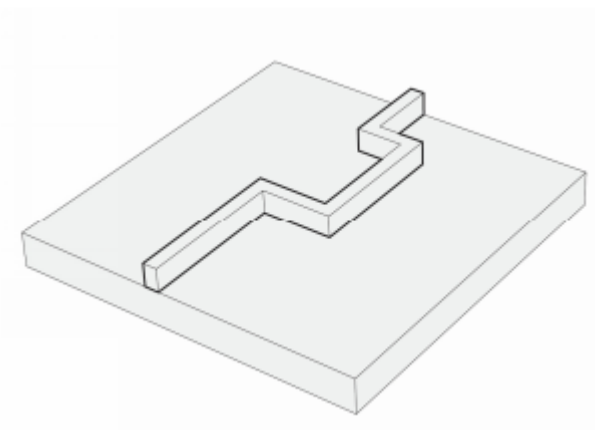
5.2 Løsningskomponenter

Der er taget udgangspunkt i følgende katalog af hovedelementer eller løsningstyper, som benyttes for hver sikringslinje i forskelligt omfang.

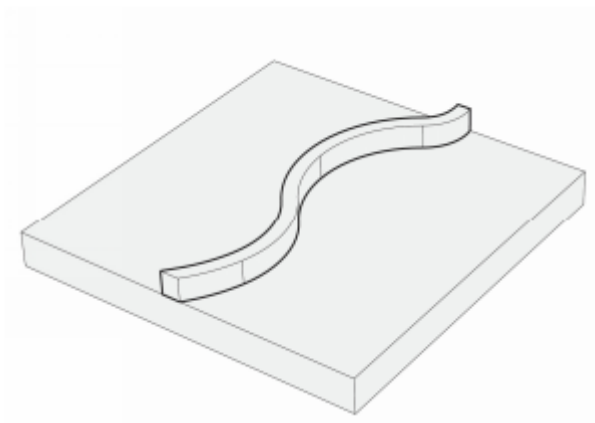
Der er, hvor det er relevant, indregnet omkostninger til supplerende funderings-tiltag fx. pælefundering grundet de forventelige dårlige funderingsforhold der sædvanligvis er på de fleste havnearealer.

5.2.1 Betonmur

Grundelementet af sikringstype er en betonstøttemur, højden på betonmuren svinger mellem 0,5-1,0 m på de forskellige strækninger.



Figur 5-1, Normal mur



Figur 5-2, Organisk udformning

Der er til overslaget anvendt en normal mur til de enkelte delstrækninger, på enkelte strækninger er det muligt at anvende en mur med organisk udformning som eksempelvis kendes fra havnen i Lemvig, for at give muren et mere levende udtryk.

- Fundamenter, jordarbejde og belægninger 5.250,- kr./lbm
- Betonmur i 1 m højde 4.750,- kr./lbm
- Samlet 10.000,- kr-/lbm

5.2.2 Forhøjelse af eksisterende konstruktioner

På en stor del af strækningen er der på nuværende tidspunkt en naturlig forhøjning enten i granit-, træ- eller en betonhammer. På disse strækningerne forhøjes hamrene op til den ønskede kote i det samme materiale.

Hamrene er prissat som følgende, ekskl. moms:

- > Granithammer i 20 cm højde 3.000 kr./m

- > Træhammer i 30 cm højde 3.200 kr./m
- > Betonhammer i 20 cm højde 3.000 kr./m
- > Betonhammer i 30 cm højde 3.500 kr./m
- > Betonhammer i 60 cm højde 5.500 kr./m

5.2.3 Beton L-elementer

På strækningen langs med den nordlige promenade opsættes der et standard beton L-element, som fx. parkline, i stedet for eksisterende granitkantsten. Elementet placeres under belægningen, hvorved pladsbehovet hertil reduceres væsentligt.



Figur 5-6, Eksempel på anvendelse af L-elementer

- > Beton L-elementerne inkl. reetablering af belægning er prissat til 3.500 kr./m ekskl. moms.

5.2.4 Gennemgange/kørsler

Hvor der er krydsende vej, havnespor, indkørsler og stier skal der laves gennemgangshuller i betonvæggen. Størrelsen af hullet afhænger af det behov den givne krydsning kræver.

Gennemgangene tænkes lukket med standardskodder, så alle huller kan lukkes med en standardløsning, som har en fast længde som så bare gentages i det nødvendige antal for at komme på tværs. F.eks. kunne der laves et standard-skot på 2 eller 3 m længde, hvorefter alle åbninger skal laves i moduler af 2 eller 3 m.

- > En sådan standard skotløsning er prissat til 11.000 kr./m ekskl. moms.

Ulempen ved ovenstående løsning er at alle skodderne skal opbevares et sted, og fremfindes ved en højvandshændelse.

Som alternativ til denne løsning er der i overslaget anvendt aquaburg, hvor alt materialet er placeret i rende hvor det skal bruges.

- > Aquaburg er prissat til 13.000 kr./m ekskl. moms.



Figur 5-6, Eksempel på anvendelse af aquaburg i sammenpakket og udpakket udgave.

5.2.5 Hævet flade

Hvor et dige eller mur gennemskæres en vej, kan der alternativt til brug af skodder fortages en lokal hævnning af vejen via en hævet flade således vejen kommer op i niveau med dige eller mur på begge sider af denne.

5.2.6 Jorddiger

På strækninger hvor der i forvejen er stianlæg eller grønt område, er der forudsat en sikring bestående af et jorddige, som har en stenmelssti på toppen. Dige højden er tilpasset således, at der en overhøjde på disse, der er tilpasset de aktuelle forhold, hvor digerne ligger i områder med sætningsgivende underbund.

Digerne er prissat som følgende, ekskl. moms:

- > Dige med stenmelssti og sten mod vandet i normal højde 4.500 kr./m

5.2.7 Stendige

På strækningen hvor sikring 2 krydser havet er der regnet med en stenkastningsmole (stendige) med en kronehøjde i kote 3,0 m for at sikre mod bølgeoverskyl.

- > Stendige ved dybde til kote -2,0 m er prissat til 25.000 kr./m ekskl. moms
- > Stendige ved dybde til kote -8,0 m er prissat til 60.000 kr./m ekskl. moms

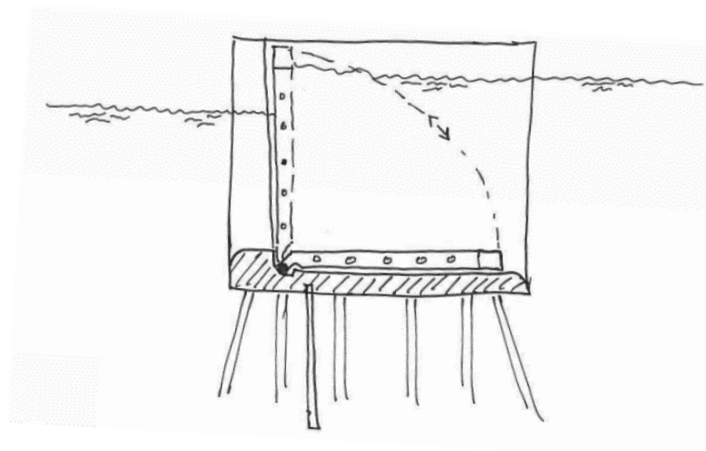
Opbygning sker langsomt således at sætninger og de deraf følgende styrkeudviklinger i underbunden gradvis kan følge med opbygningen, som forventes at vare 2-3 år.

Hvordan man kan få merværdi af at bygge diger ud i havnen, kan ses beskrevet yderligere i senere afsnit. Der vises eksempler på anlæg, der kan etableres i forbindelse med kystsikring som kan give borgerne i Nyborg større glæde ved anlægget i dagligdagen og ikke kun når der er stormflod.

5.2.8 Højvandsport til havnen

Sluseporten ind til Havnen er sat til en bredde på gennemsejlingen på ca. 25 m, for derved at sikre passage af skibe op til omkring 10 m bredde, idet der normalt forudsættes den dobbelte gennemsejlingsbredde af skibsbredden. Gennemsejlingsbredden er valgt ud fra bredden på Kongeskibet.

Der er forsat en bundhængslet port med bund i kote -7,5 m og top i kote 3,0 m, som indbygges i et betonbygværk med den nødvendige mekanik og styring til at porten kan åbnes op og ned vertikalt.



Figur 5-3, Principsnit i sluseport

- > Totalt er slusen til havnen prissat til 25,0 mio. kr. ekskl. moms.

Der er i prisen ikke indregnet pumper, idet det ikke forventes nødvendigt at pumpe vand fra havneområdet ud i fjorden. Tilløbet til dette område vurderes begrænset og området er ganske stort, hvorfor der kun vil ske en mindre opstuvning i lukkeperioden. Der skal dog være et teknikrum til styring af porten samt pumper for at spule frit over pladen inden den åbnes og til at spule rent inden den lukker ned igen.

5.2.9 Øvrige tiltag

Der skal ud over de nævnte dige- og murmæssige foranstaltninger også udføres en sikring af de omkringliggende afvandings- og kloaksystemer således at disse ikke virker som passage mulighed. Dvs. disse skal forsynes med kontraklapper, så vandet ikke kan løbe tilbage. Overløb skal evt. ændres til en pumpefunktion, således disse også kan virke, når der måtte være højvande i fjorden.

6 Anlægsoverslag og økonomi

De følgende budgetoverslag er udarbejdet iht. Transport-, Bygnings og Boligministeriets anvisninger omkring Ny anlægsbudgettering.

Udarbejdelse af anlægsoverslag og hvordan usikker-/robusthedstillæg indbygges heri kan gøres på mange måder.

For at gøre dette stringent og samtidig stramme op på mange års erfaring med budgetoverskridelser i statslige projekter har Transport-, Bygnings og Boligministeriets udsendt anvisning omkring Ny anlægsbudgettering i år 2007 (opdateret i 2017), som skal benyttes ved budgettering af alle statslige anlægsprojekter, se mere på dette link: <https://www.trm.dk/ministeriet/ministeriet-artikler/ny-anlaegsbudgettering/>. Her kan også ses nærmere, hvordan projekter på fase 1 og 2 niveau efter Vejdirektoratets (VD) fase system skal budgetteres.

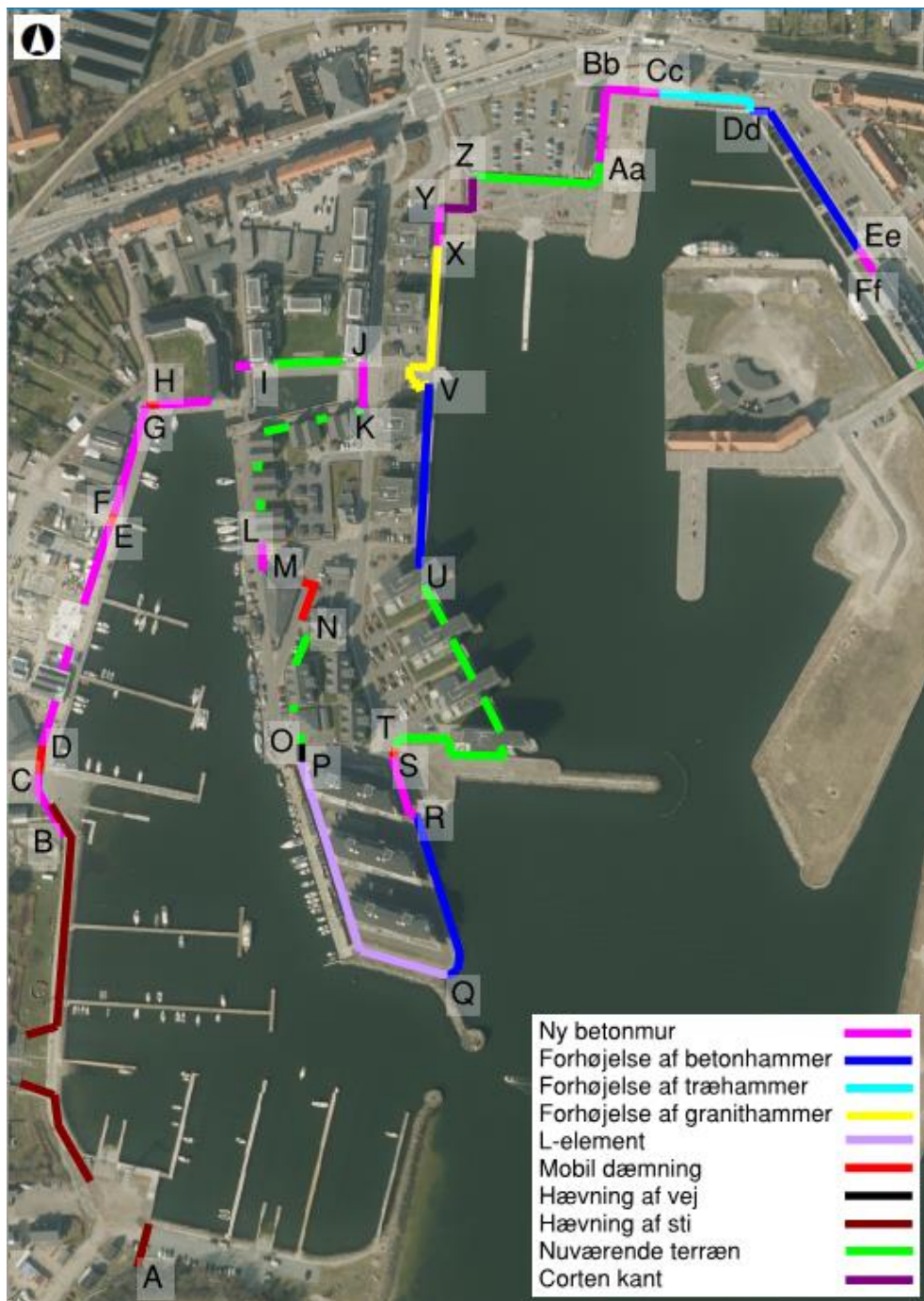
Entreprenøromkostningerne pålægges her i indledende fase et administrations-tillæg og et usikker-/robusthedstillæg. Administrationstillægget dækker over omkostninger til planarbejde, forundersøgelser, projektering, tilsyn mv. og ligger normalt på omkring 15 % for store anlægsarbejder.

Såfremt denne metode fra Transport-, Bygnings og Boligministeriets overføres til dette projekt, vil dette projekt være i fase 1, hvor der benyttes et usikkerhedstillæg kaldet Korrektionstillæg 1 som er 40 % for konstruktioner på land og 50% for konstruktioner på vand

Definitionen på Fase 1, er projekter som er i den indledende fase, hvor anlægsoverslaget normalt skal benyttes til at sammenligne forskellige løsninger og få et første niveau på anlægssummen.

6.1 Sikring 1

Sikring 1 vil sikre hele inderhavnen op til kote 1,8 m, inkl. de tidligere beskrevne tillæg.



Figur 6-1 Princip for Sikring 1

På de følgende fotoer fra området er indtegnet hvordan sikringen vil kunne indplaceres langs strækningen.

På strækningen A-B hæves det eksisterende stisystem op på en jordvold med en stensikring mod havet. På det første stykke ved p-pladsen laves der en højdere-

gulering lokalt i terrænet, hvorved denne del sikres. Hvor den eksisterende bedding er placeret, er der forudsat at denne bibeholdes, hvorved terrænet/stisystemet tilpasses heromkring, alternativt hvis det ønskes at stisystemet er farbart hele vejen ved højvande, kan der placeres en bro henover beddingen. Eller hvis beddingen kan nedlægges, kan stisystemet fortsætte ubrudt igennem



Figur 6-2 Placering af sikring langs eksisterende stisystem på strækning A-B

På den efterfølgende strækning fra B-C etableres der en betonmur langs med asfalten, og ved indkørslen samt hvor roklubben skal passere med både etableres der en mobildæmning (Strækning C-D), som er nedgravet i jorden, så alt materiellet befinder sig på stedet.



Figur 6-3 Placering af sikring på strækning B-C (orange) og strækning C-D (rød) samt starten på strækning D-E (orange)

På strækning D-E placeres en betonsmur imellem de nyopførte bygninger med nødvendige mindre gennemgangshuller. Strækning E-F laves efter det samme koncept som strækning C-D.



Figur 6-4 Placering af sikring på strækning D-E (orange) og strækning E-F (rød)

På strækning F-G laves der en betonsmur foran butikkerne, hvor det er muligt at lave siddepladser mv. på væggen, og åbninger på relevante steder, der lukkes med aluminiums skodder eller alternativt samme løsning som ved de store åbninger.



Figur 6-5 Placering af sikring på strækning F-G

På strækning G-H laves der er en åbning for vejen, dette laves også med en mobil dæmning som på strækning C-D. Hen langs promenaden (Strækning H-I) etableres der er en betonmur hvor der i dag er placeret et hegn/mur allerede.



Figur 6-6 Placering af sikring på strækning G-H og delvis strækning H-I

Mellem bygningerne på strækning H-I placeres der en betonmur, og ved stisystemet placeres der en åbning der lukkes ved højvandsændelser.



Figur 6-7 Placering af sikring mellem bygningerne på strækning H-I, samt placeringen af åbning.

På strækning I-J er det eksisterende terræn tilstrækkelig højt til at beskytte til kote 1,8 m.

På strækning J-K placeres der en lille betonmur mellem bygningerne, henover den åbne plads. Udformningen af muren laves således at den kan anvendes som siddepladser.



Figur 6-8 Placering af sikring mellem bygningerne på strækning J-K

På strækning K-L er der allerede placeret murer imellem bygningerne som sikrer områderne til kote 1,8 m.

På strækning L-M placeres en betonmur imellem bygningerne med en enkelt åbning, der skal lukkes ved højvandsændelser.



Figur 6-9 Placering af sikring mellem bygningerne på strækning L-M

Ved krydsninger på strækning M-N laves der en mobil dæmning, eftersom det ikke er muligt at lave en vejhævning i området grundet de meget lave indgange.



Figur 6-10 Placering af mobildæmning mellem bygningerne på strækning M-N

På strækningen fra N-O udgør det eksisterende terræn sikringen til kote 1,8 m.

På strækning O-P laves der en hævnning af vejen, området ligger allerede forholdsvis højt, hvorfor at vejhævningen kun vil fremstå som et højt vejbump.



Figur 6-11 Placering af vejhævning på strækning O-P

På strækning P-Q udskiftes den eksisterende kantsten med et L-element, hvor ved sikringshøjden hæves.





Figur 6-12 Placering af vejhævning på strækning P-Q

På strækning Q-R hæves den eksisterende betonhammer op til sikringskoten imellem de eksisterende fendere.



Figur 6-13 Placering af vejhævning på strækning Q-R

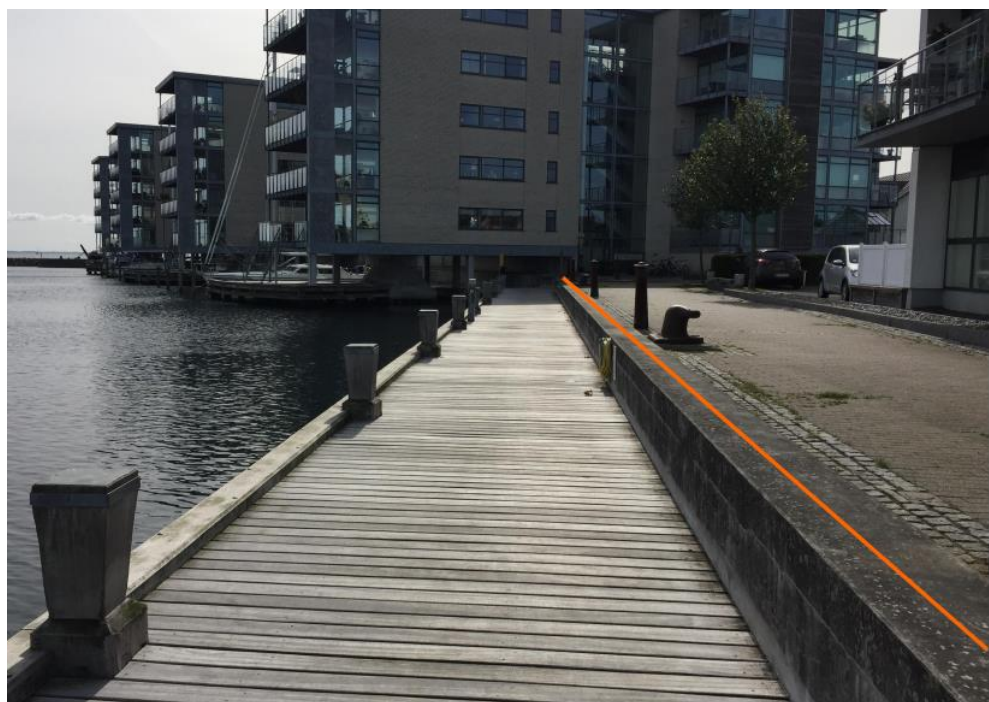
På strækning R-S placeres en betolvæg langs med pladsen, tilsvarende den mur som allerede er etableret på den første del af T-U. Imellem disse etableres en åbning ved den naturlige indgang (Strækning S-T).



Figur 6-14 Placering af betonmur og åbninger (Markeret med rød) på strækning R-S og strækning S-T

På stykket mellem eksisterende betonmur og den første bolig på strækning T-U ligger terrænet ca. i kote 1,85 m, hvorfor det er forudsat at der ikke gøres yderligere ved dette område. Enten kan der udlægges et par sandsække henover her ved kraftige højvandshændelser, ellers kan belægning hæves lokalt op hvis der ikke ønskes drift på området. På den resterende del af strækningen er terrænet ca. i kote 1,9 m, hvorfor det er forudsat at der ikke laves yderligere sikringer her.

På strækning U-V hæves den eksisterende betonmur med ca. 20 cm. Alternativt kan der udlægges en granithammer på toppen for at skabe en bedre sammenhæng med den eksisterende strækning.



Figur 6-15 Placering af hævet betonmur på strækning U-V

På strækning V-X hæves den eksisterende granit hammer ved at udlægge en ekstra granitsten ovenpå og ved trapperne monteres der et ekstra trin på toppen.



Figur 6-16 Placering af granithammer på strækning V-X

I forlængelse af granithammeren (Strækning X-Y), støbes der et betonfundament, hvorpå der monteres en granithammer for at skabe en sammenhæng. Ved hovedstien bibeholdes åbningen, der skal aflukkes med en mobil dæmning. Alternativt skal der ske en generel hævnning af hele pladsen ifm. en byrumsfornyelse.



Figur 6-17 Placering af granithammer med betonfundament på strækning X-Y

Rundt langs med den eksisterende hæk (Strækning Y-Z) Placeres en Cortenkant diskret bagved kantstenen for at hæve koten. Alternativt kan kantstenen hæves op for at udgøre sikringen.



Figur 6-18 Placering af cortenkant på strækning Y-Z

På strækning Z-Aa er det eksisterende terræn tilstrækkelig højt til at modstå kote 1,8 m.

Der placeres en lille betonvæg i den naturlige skillelinje foran bygningerne på strækning Aa-Bb.



Figur 6-19 Placering af betonvæg på strækning Aa-Bb

På strækning Bb-Cc er det forudsat at der også etableres en betonmur, hvis det ønskes at bibeholde det store åbne område, kan der som alternativ etableres en mobildæmning, denne vil dog ofte skulle opsættes grundet en kote på omkring 1,3 m i området. En permanent løsning her, konflikter en del med visionen omkring Kongens Skibsbro som synlig adgangsvej til Nyborg i forbindelse med den mulige UNESCO-optagelse af Nyborg Slot m.m. Ikke desto mindre er det et lavt beliggende område.



Figur 6-20 Placering af betonmur på strækning Aa-Bb

På de følgende 2 figurer er løsningen lagt ind i en simpel visualisering. Formålet er at vise hvordan sikringen kan tage sig ud rent geometrisk – ikke visuelt. Sikringen er vist herunder både i dagligdags situationen samt i tilfælde af stormflod hvor mobil dæmningen er sat op over Kongens Skibsbro.



Figur 6-1 Simpel visualisering af sikring omkring Kongens Skibsbro. Sikringen står permanent foran bygningerne i venstre side og igen fra toiletbygningerne i højre side. Ved varsel om stormflod opsættes en mobil dæmning der forbinder de 2 faste konstruktioner.



Figur 6-2 *Simpel visualisering af sikring omkring Kongens Skibsbro. Sikringen står permanent foran bygningerne i venstre side og igen fra toiletbygningerne i højre side. Ved varsel om stormflod opsættes en mobil dæmning der forbinder de 2 faste konstruktioner som vist på figuren.*

Langs området med udeserveringen på havnen er der på nuværende tidspunkt placeret en træhammer (Strækning Cc-Dd), denne hammer forudsættes hævet op til sikringskoten, ved montering af en ny azobe bjælke på toppen af den eksisterende.



Figur 6-21 *Placering af ny azobehammer på strækning Cc-Dd*

Langs strækning Dd-Ee hæves den eksisterende betonhammer.



Figur 6-22 *Placering af ny betonhammer på strækning Dd-Ee*

På den sidste del, strækning Ee-Ff, placeres der en betonmur imellem bygningen og den forhøjede betonhammer med en åbning til stisystemet.



Figur 6-23 *Placering af ny betonmur på strækning Ee-Ff*

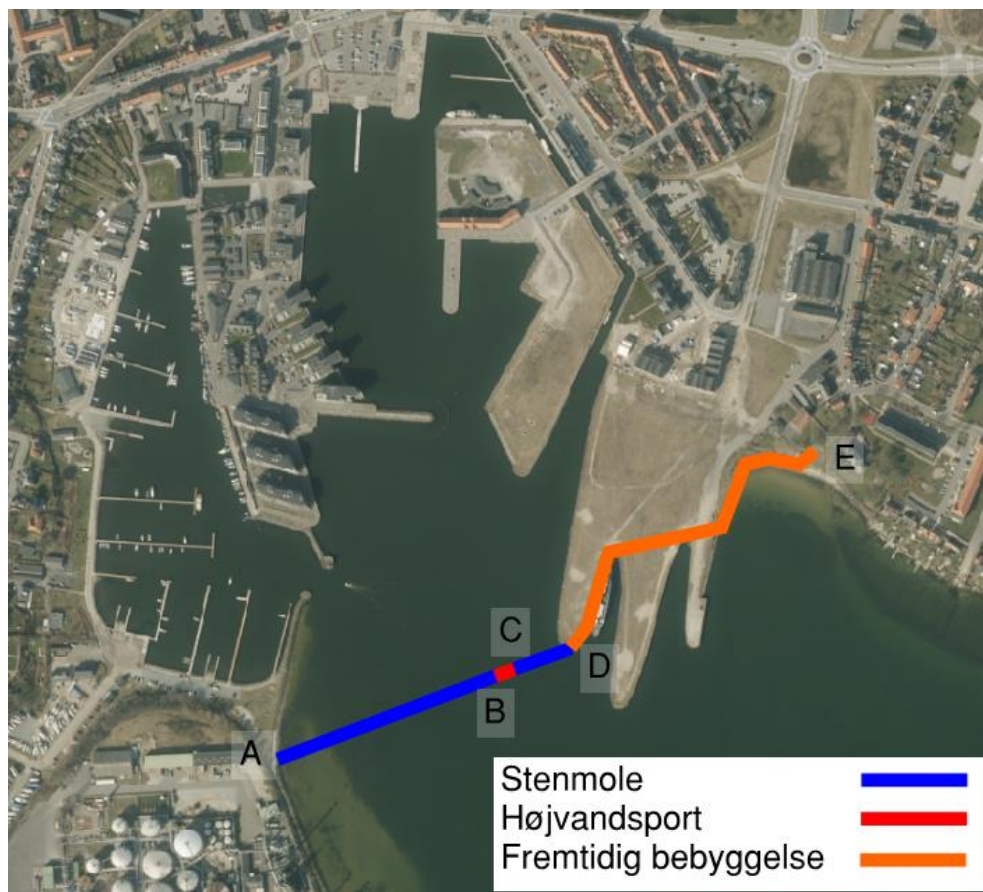
Tabel 6-1 Anlægsoverslag for Sikring 1

Sikring 1		Kote 1.8			
Strækning	Type	Mængde	Enhed	Enhedspris (kr.)	Pris (kr.)
A-B	Hævning af sti	260	m	4.500	1.170.000
B-C	Betonmur	45	m	10.000	450.000
C-D	Mobil dæmning	20	m	13.000	260.000
D-E	Betonmur	95	m	10.000	950.000
E-F	Mobil dæmning	10	m	13.000	130.000
F-G	Betonmur	70	m	10.000	700.000
G-H	Mobil dæmning	10	m	13.000	130.000
H-I	Betonmur	40	m	10.000	400.000
J-K	Betonmur	30	m	8.000	240.000
L-M	Betonmur	20	m	10.000	200.000
M-N	Mobil dæmning	30	m	13.000	390.000
O-P	Vejbump	1	sum	40.000	40.000
P-Q	L-element	175	m	3.500	612.500
Q-R	Betonhammer	110	m	3.500	385.000
R-S	Betonmur	40	m	8.000	320.000
S-T	Mobil dæmning	6	m	13.000	78.000
U-V	Betonhammer	110	m	3.000	330.000
V-X	Granithammer	120	m	3.000	360.000
X-Y	Betonmur med granithammer	20	m	7.000	140.000
Y-Z	Corten kant	40	m	1.500	60.000
Aa-Bb	Betonmur	45	m	9.000	405.000
Bb-Cc	Betonmur	35	m	10.000	350.000
Cc-Dd	Træhammer	60	m	3.200	192.000
Dd-Ee	Betonhammer	110	m	5.500	605.000
Ee-Ff	Betonmur	20	m	10.000	200.000
Generelt	Lukning af diverse udløb mv.	1	sum	1.000.000	1.000.000
Entreprenøromkostninger					10.097.500
Administration		15 %			1.510.000
Basisoverslag				Delsum	11.610.000
Korrektionsbidrag		40 %			4.644.000
Totalbudget					16.254.000

Der er anvendt et korrektionsbidrag på 40 % på sikring 1 eftersom arbejdet skal udføres på land.

6.2 Sikring 2

Sikring 2 er til sikring af hændelser der overstiger kote 1,8 m. Sikringen går primært ud på at etablere et stendige ved indsejlingen til havnen, hvori der er placeret en højvandsport. Denne løsning vil sikre byen mod hændelser op til kote 2,5 m.



Figur 6-2 Princip for Sikring 2.

På strækning A-D etableres en stenmole ude i vandet hvori der placeres en ca. 20 m bred højvandsport i sejlrenden (Strækning B-C) for at skibene stadig kan komme ind i havnen. Højvandssikringen etableres op til kote 2,5 m.





Figur 6-3 Placering af stenmole og højvandsport, på det første billede er det set fra vestsiden og på det andet billede er det set fra østsiden.

På visualiseringerne herunder er "aftrykket" fra molen og højvandsporten vist fra siden og fra Vesterhavnen.



Figur 6-4 Simpel visualisering af mulig ny mole/højvandsport som en del af højvands sikringen. Reelt set kunne en større landvinding finde sted som alternativ til den viste mole. Herved kunne et nyt større areal skabes og udvikles.



Figur 6-5 Simpel visualisering af mulig ny mole/højvandsport som en del af højvands sikringen. Synlig påvirkning vist fra Vesterhavnen.

På strækning D-E er det forudsat, at der i forbindelse med, at der etableres bebyggelse på området, bliver indarbejdet en sammenhængende sikring af området op til kote 2,5 m.

Tabel 6-3 Anlægsoverslag for Sikring 2

Sikring 2

Kote 2.5

Strækning	Type	Mængde	Enhed	Enhedspris (kr.)	Pris (kr.)
A-B	Stenmole til kote -2	110	m	25.000	2.750.000
A-B	Stenmole til kote -8	140	m	60.000	8.400.000
B-C	Højvandsport	1	sum	25.000.000	25.000.000
C-D	Stenmole til kote -8	60	m	60.000	3.600.000
D-E	Fremtidig bebyggelse			0	0
Entreprenøromkostninger					39.750.000
Administration		15 %			5.960.000
Basisoverslag				Delsum	45.710.000
Korrektionsbidrag		50 %			22.855.000
Totalbudget					68.565.000

Der er anvendt et korrektionsbidrag på 50 % på sikring 2 eftersom arbejdet skal udføres på vand.

6.3 Sikring 3

Sikring 3 vil sikre størstedelen af den resterende del af byen op til kote 2,5 m, inkl. de tidligere beskrevne tillæg. Efter drøftelse med Nyborg Havn er der valgt ikke at arbejde med en løsning langs havnekajen. En sikringsstruktur langs kajen vil medføre gener for havnens virksomheder. Sikringslinjen er derfor trukket tilbage og virksomheder der etablerer sig på de "ubeskyttede" arealer bør sørge for at sikre egne værdier lokalt. Ved Kyststrækningen fra Hotel Nyborg Strand til Nyborg Strand Camping er der valgt at fokusere på en kystnær sikring der tilgodeser flest mulige.



Figur 6-4 Princip for Sikring 3.

På strækning A-B og B-C hæves det eksisterende terræn op imellem de allerede etablerede jordvolde på strækningen, og ved de krydsende stier hæves disse med op.

Fra afslutningen jordvolden og henover Lindholmvej (Strækning C-D) etableres der en mobil dæmning, eftersom det vil kræve store ændringer af vejen, hvis der skal laves en permanent løsning.

På strækning D-E etableres der L-elementer langs med vejen på det første stykke, hvorefter elementerne bliver placeret på indvendig side af hegnet, for at det ikke er muligt at anvende disse, til at kravle henover hegnet med.

På tværs af Lindholm Havnevej (Strækning E-F), placeres der en mobildæmning, og op langs med vejen (Strækning F-G) etableres en betonmur for at etablere sikringslinjen.

På strækningen G-H placeres en jordvold, og videre ned af strækningen H-I og I-J, hæves det eksisterende stisystem op for at etablere sikringen.

Ved strækning K-L hæves den eksisterende vej op på en del af vejstrækningen op, og afsluttes ind imod den eksisterende jordvold.

På strækningerne L-M, M-N og N-O etableres der nogle lokale jordvolde for at sikre det resterende område mod indløb.

På den store strækning P-Q langs sommerhusområdet og frem mod Hotel Nyborg Strand, er det primært de eksisterende kystnære stisystemer som hæves op for at sikre sommerhusene m.m. samt for at lukke hullerne hvor vandet kan komme ind fra Storebælt til Svanedammen.



Figur 6-6 Visning af muligt dige foran Hotel Nyborg Strand såfremt der skal sikres til kote 2,5 m.

Tabel 6-5 Anlægsoverslag for Sikring 3

Sikring 3		Kote 2.5			
Strækning	Type	Mængde	Enhed	Enhedspris (kr.)	Pris (kr.)
A-B	Jordvold	20	m	1.500	30.000
B-C	Jordvold	45	m	1.800	81.000
C-D	Mobildæmning	15	m	13.000	195.000
D-E	L-elementer	550	m	8.000	4.400.000
E-F	Mobil dæmning	12	m	13.000	156.000
F-G	Betonmur	180	m	10.000	1.800.000
G-H	Jordvold	60	m	2.200	132.000
H-I	Hævning af sti	575	m	2.000	1.150.000
I-J	Hævning af sti	370	m	3.500	1.295.000
K-L	Hævning af vej	170	m	7.000	1.190.000
L-M	Hævning af terræn	25	m	1.500	37.500
M-N	Hævning af terræn	25	m	1.500	37.500
N-O	Hævning af terræn	30	m	1.500	45.000
P-Q	Hævning af sti	2230	m	2.000	4.460.000
Generelt	Lukning af diverse udløb mv.	1	sum	200.000	200.000
Entreprenøromkostninger					15.209.000
Administration		15 %			2.280.000
Basisoverslag				Delsum	17.490.000
Korrektionsbidrag		40 %			6.996.000
Totalbudget					24.486.000

Der er anvendt et korrektionsbidrag på 40 % på løsning 1 eftersom størstedelen af arbejdet skal udføres på land.

6.4 Sammenfatning anlægsoverslag

Det samlede anlægsoverslag for de 3 sikringer, ekskl. moms bliver dermed:

Tabel 6-6 Sammenfatning af anlægsoverslag for de 3 Sikringer.

Scenarie	Entreprenør- omkostninger	Administration (15%)	Basisoverslag	Korrektions bidrag 1	Anlægsoverslag
	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.	mio. kr.
1	10,1	1,5	11,6	4,7	16,3
2	39,7	6,0	45,7	22,9	68,6
3	15,2	2,3	17,5	7,0	24,5
Samlet	65,0	9,8	74,8	34,6	109,4

6.5 Medfinansiering og omkostningseffektivitet

Det vurderes at en sikring af Nyborg er omkostningseffektiv når der ses på anlægsoverslag vs. skader over de næste 100 år.

Uden sikring er der beregnede stormflodsrelaterede skader i Nyborg for 645 mio. kr. Reelt kan tallet være større da det ikke tager særligt hensyn til risiko-virkomheder, samt andet materiel der potentielt kan gå tabt i forbindelse med stormflod.

Den samlede sikring af Nyborg (ved etablering af sikring 1,2 og 3) beløber sig til 109 mio. kr. derved fås en samlet besparelse på 536 mio. kr. over de næste 100 år.

I forhold til medfinansiering (kloakforsyningens mulige deltagelse i projektet) skal der ses på forsyningens mulige gene ved stormflod og alternativer til egen løsning på problematikken.

Gener ved stormflod for forsyningen:

- > Havvandet der løber over kajkant, løber ind i fælleskloakken = overbelastning af systemet.
- > Havvandet transporteres til renseanlægget – Større mængder saltvand i systemet er ikke godt for renseanlægget.
- > Direkte oversvømmelse af Renseanlægget som følge af lav beliggenhed uden stormflodssikring.

Overbelastning af fælleskloakken og saltvand til renseanlægget kan minimeres ved at separat kloakere de oversvømmelsestruede arealer med fælleskloak. Herved vil kun spildevandet løbe til renseanlægget og spildevandssystemet skal være tæt. Det er ofte en bekostelig affære at udføre separatkloakering i et område med eksisterende fælleskloak, specielt i tæt bebyggede områder. 2 mio. kr. pr. ha. er ikke urealistisk. Hertil kommer sikringen af selve renseanlægget mod stormflod. Hvis systemet, der skal separeres, ligger særligt nedstrøms i fælleskloaksystemet vil det være langt mere bekosteligt. Det kan også blive nødvendigt at tætne eksisterende spildevandskloak i oversvømmelsestruede områder.

Det er derfor sandsynligvis billigere for forsyningen at deltage i et stormflodsprojekt frem for at udføre sikring af egne ledninger og forsyning.

7 Strategi for sikring

Det følgende afsnit har til formål at skitsere en overordnet strategi for den samlede sikring af Nyborg baseret på de 3 opstillede sikringer. Der er som udgangspunkt opstillet 3 faser som kombinerer de 3 opstillede sikringer (som i princippet alle skal opføres):

- > Fase 1. Stormflodssikring på kort sigt
- > Fase 2. Stormflodssikring på kort/mellem sigt
- > Fase 3. Stormflodssikring på langt sigt

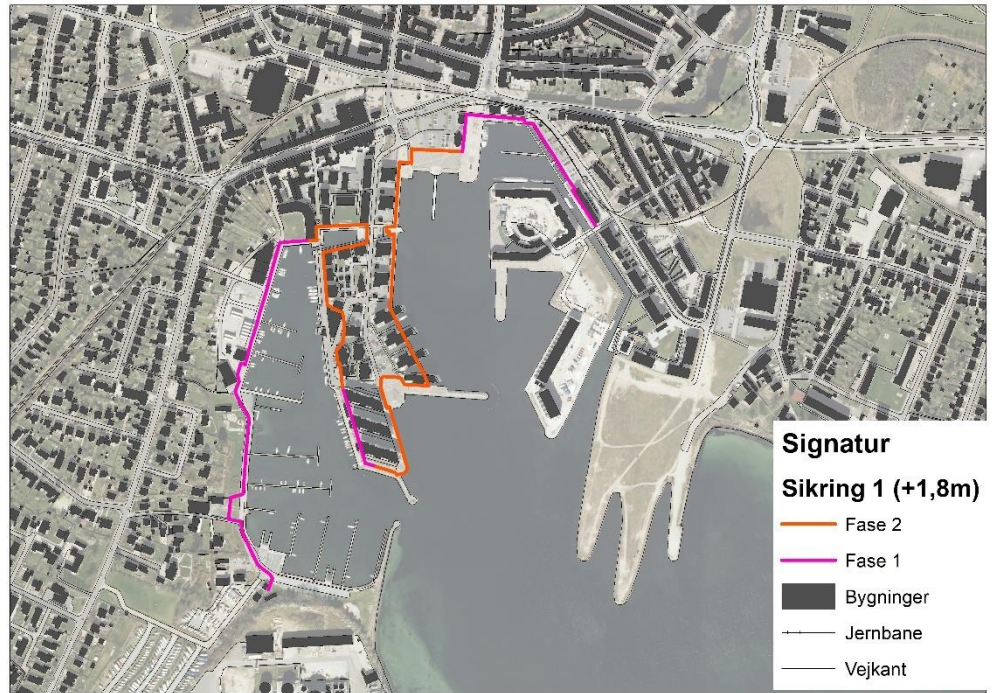
Der er anført anlægsoverslag for de enkelte faser med udgangspunkt i anlægsoverslag opstillet for de enkelte sikringer beskrevet tidligere.

7.1 Fase 1. Sikring på kort sigt

På kort sigt er det ønskeligt at kombinere dele af sikring 1 og sikring 3 ift. prioritering af strækninger. I dag er der flere områder i Nyborg som er lavt beliggende og hvor det giver mening at sætte ind på kort sigt.

For sikring 1 vil det være tilrådeligt at etablere sikring på de områder der i dag ligger under en nuværende 100-årshændelse svarende til kote 1,56 m. I forhold til den kommende sluse/pumpestation på udløbet af Voldgraven, vil der være god synergi i at etablere stormflodssikring på havnearealerne. Sikringerne i fase 1 udføres i kote 1,8 m.

De følgende figurer viser hvilke delstrækninger af sikring 1 og 3 som bør prioriteres på kort sigt:



Figur 7-1 Inndeling af Sikring 1 i forhold til prioritering. Strækninger i farven "lilla" bør udføres på den korte bane (Fase 1).

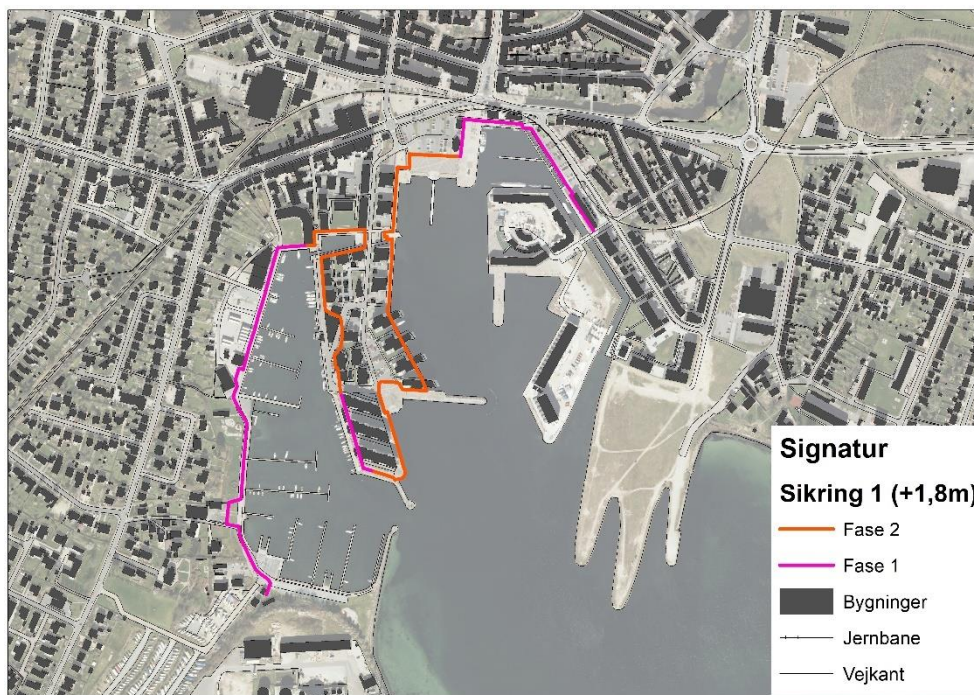


Figur 7-2 Inndeling af Sikring 3 i forhold til prioritering. Strækninger i farven "lilla" bør udføres på den korte bane (Fase 1).

Anlægsoverslag Fase 1: 25 mio. kr.

7.2 Fase 2. Sikring på kort/mellem sigt

På kort/mellem sigt er det ønskeligt at hele byen sikres til at kunne modstå stormflod til kote 1,8m. For sikring 1 betyder det at resten af sikringen gennemføres:



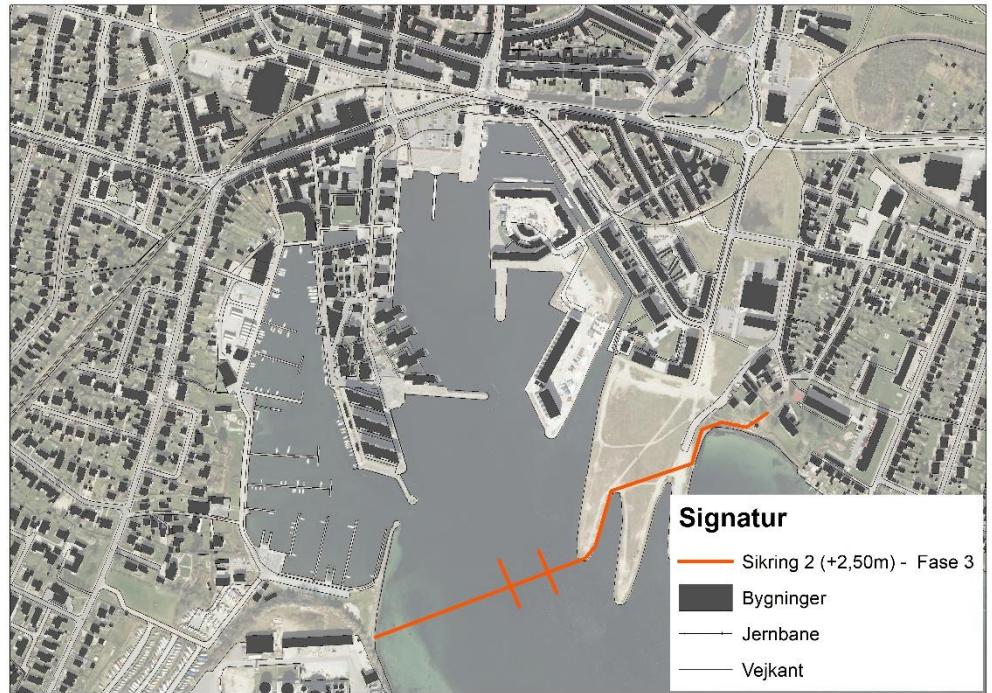
Figur 7-3 Inndeling af Sikring 1 i forhold til prioritering. Strækninger i farven "orange" bør udføres på kort/mellem sigt (Fase 2).

Anlægsoverslag Fase 2: 4,1 mio. kr.

7.3 Fase 3. Sikring på langt sigt

På langt sigt er det ønskeligt at byen sikres til kote 2,5m ved at etablere den resterende del af sikring 3 samt sikring 2.

Herved danner sikring 1 værn mod hyppige højvande, sikring 2 og 3 sikrer mod kraftige stormflodshændelser.



Figur 7-4 Sikring 2 udføres på langt sigt (Fase 3).



Figur 7-5 Inddeling af Sikring 3 i forhold til prioritering. Strækninger i farven "Orange" bør udføres på langt sigt (Fase 3).

Anlægsoverslag Fase 3: 80,3 mio. kr.

8 Rekreativ merværdi

Sikringernes hovedfunktion er at minimere skadesomkostningerne ved ekstreme hændelser og dermed yde den nødvendige beskyttelse af Nyborg By. Dette selvfølgelig både for at sikre nuværende værdier, men også for at sikre at det fortsat er fornuftigt at investere i og udvikle byen fremover. Da der er tale om store anlægsprojekter af teknisk karakter, som til daglig ikke er i funktion som oversvømmelsessikring, giver det god mening, at der evt. arbejdes med multifunktionelle løsninger som giver merværdi og skaber synergi med omkringliggende arealer og måske endda tilføjer noget helt nyt.

Vi har i dette afsnit peget på nogle rekreative muligheder, som kunne indgå som overbygning på sikringen. Vi har valgt at fokusere på sikring 2 da det indebærer en stor sluse/højvandsport samt mole eller landvinding i bunden af Nyborg Fjord.

Afsnittet skal primært ses som inspiration ift. hvad der evt. kunne tænkes ind i et kommende projekt.

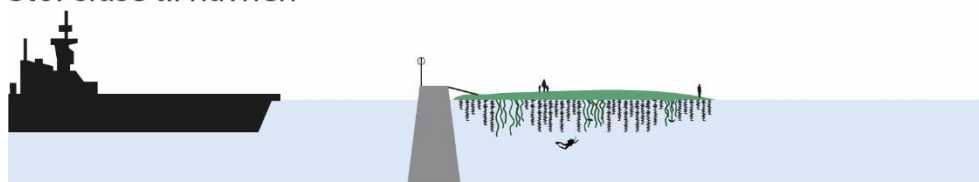
8.1 Ny stenmole (eller landfyldning)

Den store sluse i sikring 2 er et større anlægsarbejde. Men det giver også mulighed for at udnytte dele af den nye kyststrækning mod nordøst.

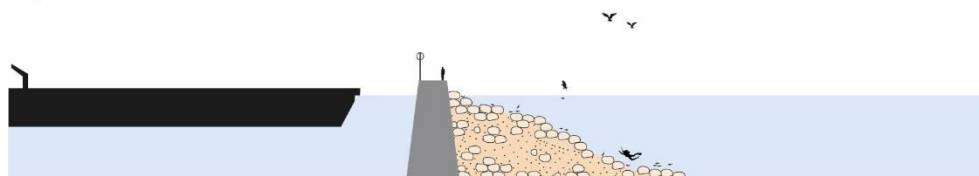
Der er generelt en stigende interesse i marin turisme og projektet kunne således være en løftestang til også at kunne tilbyde en spændende formidling af fjorden under vandet.

Der er herunder vist nogle eksempler på, hvad der kunne være i spil i forhold til udnyttelse af de nye kystarealer:

Stor sluse til havnen



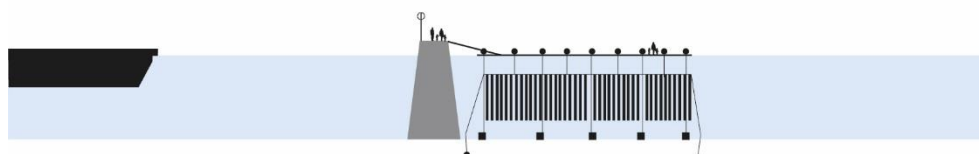
Flydende rev



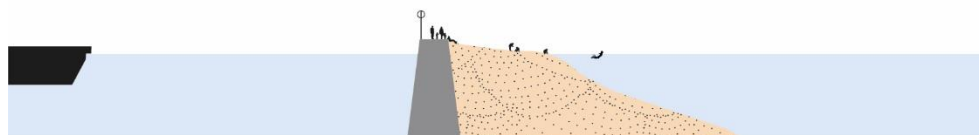
Stenrevet - Levested for marine dyr og planter



Sandbanke - Fiskeplads



Havhaver - Havets køkkenhave



Strandpromenaden - Et nyt rekreativt strandområde (obs. kræver forundersøgelser)

Figur 8-1 *Eksempler på hvordan kyststrækning i relation til sikring 2 kunne udnyttes med overbygning i form af marin turisme og formidling.*

På stenene i **stenrevet** vil der automatisk udvikle sig et artsrigt plante- og dyresamfund. Stenene vil blive substrat for tætte tangskove, der er levested for en rig fauna. På- og mellem tangplanternes blade lever der myriader af små snegle og krebsdyr (tanglopper, tanglus og pungrejer), der udgør det primære fødegrundlag for en rig fiskefauna. De hyppigst forekommende fisk er typisk havkarusse, toplettet kutling, tangspræl, ålekvabbe og ulk samt yngel af en lang række kommercielt udnyttede fiskearter som f.eks. sild, torsk. Det samme er gældende for det **flydende rev** som via forskellige ophængt strukturer fra pontoner, ligeledes indbyder til undervands-safari.

I **havhaverne** vil formidlingen af fødevareproduktionen under vandet være i fokus fra flydende pontoner og et væld af spændende liner undervandet, som indeholder dyrkning af Tang, Muslinger, Østers m.m. Der er flere steder i landet hvor havhaver er implementeret med stor succes og med dedikerede foreninger der varetager pasning og pleje af haverne.

I forhold til det den ambitiøse Nyborg Marina giver det god mening at kunne tilbyde de tilrejsende sejlere en anderledes og spændende oplevelse i Nyborg.

Alternativt kunne stenmolen erstattes med en større opfyldning hvorved der kunne etableres et større nyt areal i forlængelse af lystbådehavnen til rekreative formål, bebyggelse eller andet.

9 Referencer

1881, Colding, A. Nogle Undersøgelser over Stormen over Nord- og Mellemeuropa af 12^{te}—14^{de} nov. 1872 og over den derved fremkaldte Vandflod i Østersøen. Med 23 Planer og Kort. Resumé en François. 1881

2013, Sørensen, C., Madsen, M. T., Knudsen, S. B., Højvandsstatistikker 2012, Kystdirektoratet, Transportministeriet

Bilag A Analyse af højvandsstatistik og skader for vurdering af relevant sikringskote

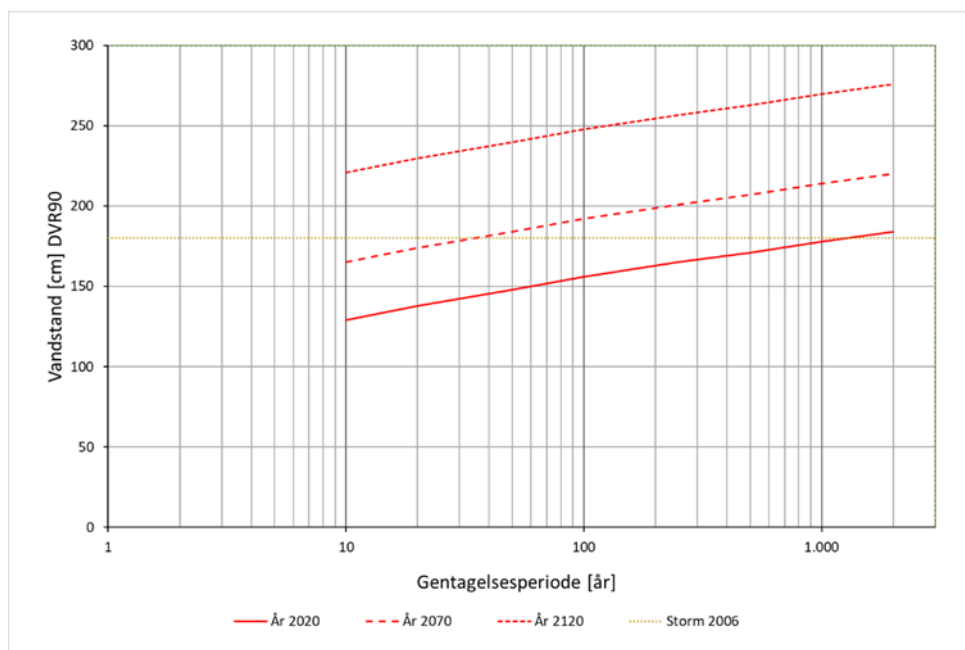
COWI har beskæftiget sig med statistikken for stormfloder i den danske Østersø i en række projekter de seneste år. Først for Metroselskabet, siden Køge Kommune og Realdania. Hvert studie har bygget videre på de konklusioner og data som tidligere er fundet.

For Nyborg havn har COWI haft adgang til data fra DMI's i med en længde på 120 år, med en opløsning svarende til observationer over 94 cm (Sørensen et. al., 2013).

A.1 Stormflods koter for Nyborg

På baggrund af den statistiske analyse er der beregnet en stormflodskote som funktion af gentagelsesperioden for Nyborg.

For Nyborg havn er der data for 120 år.



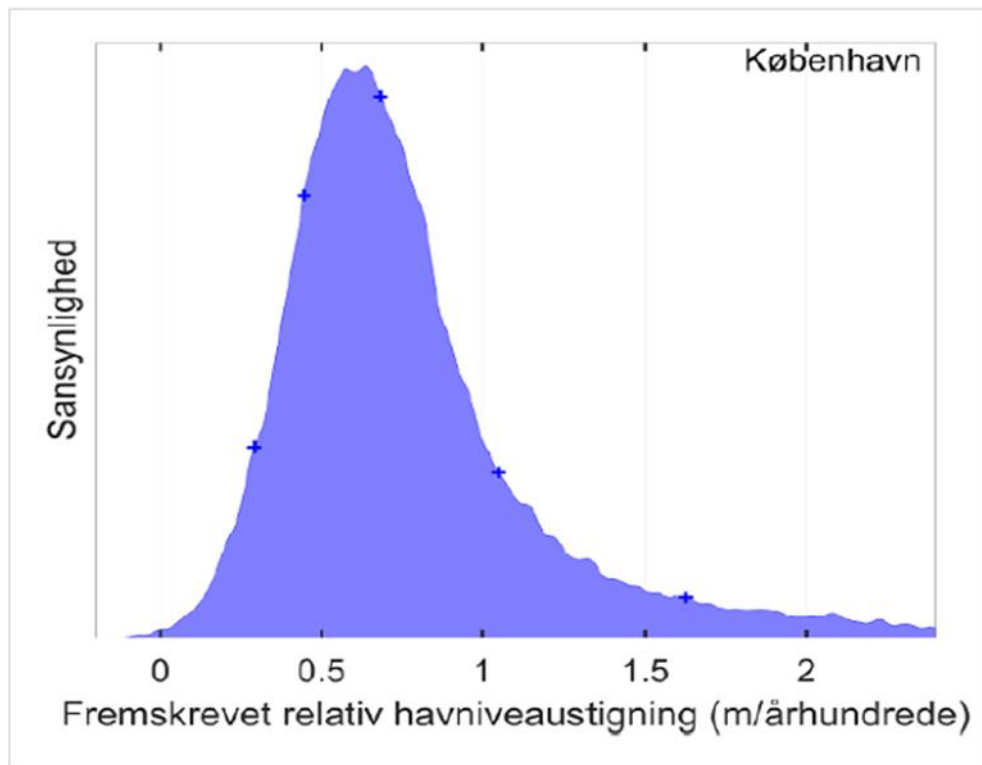
Figur 9-1 Statistik af stormflodskoten som funktion af gentagelsesperioden for årene 2020, 2070, og 2120. Det er medianværdien som er afbilledet. Den faktiske hændelse i 2006 er ligeledes angivet.

På Figur 9-1 ses stormflodskoten som funktion af gentagelsesperioden.

A.1.1 Stigende havvandsstand

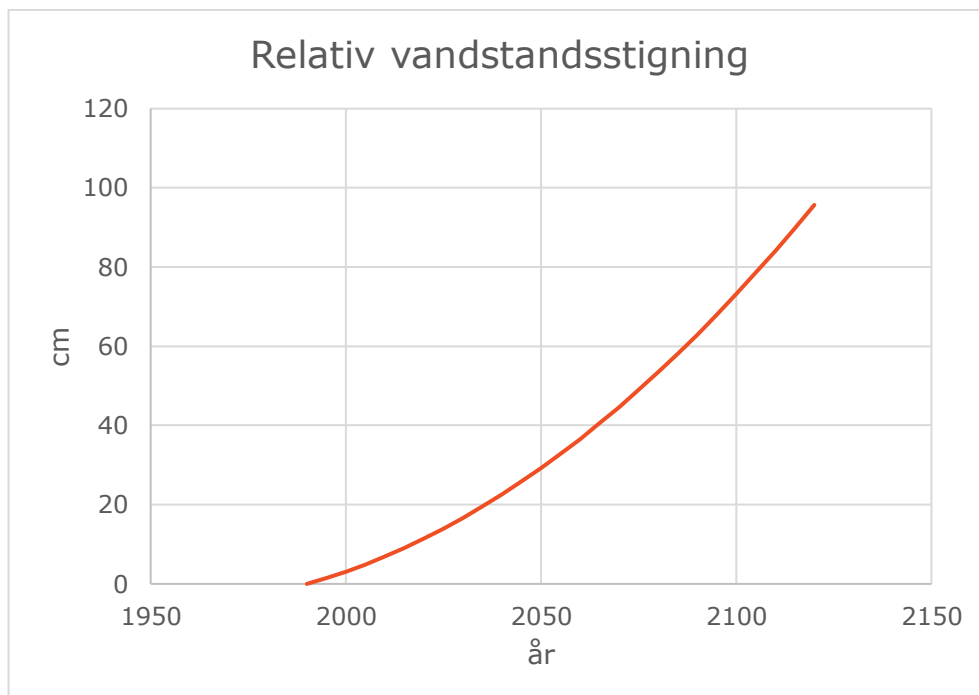
Her henvises til udredninger fra IPCC (AR5) og DMI (CRES, Centre for Regional Earth Science). IPCC har på globalt plan udarbejdet konsekvensvurderinger for fire forskellige scenarier med forskellige typer af emissioner (4 RCP's, Representative Concentration Pathways) mens CRES har fokuseret på nedskallering af resultaterne til lokale konsekvensvurderinger for Danmark og nærmeste omgivelser.

Af nedenstående Figur 9-2 fra rapporten fra CRES ses den forventede relative havvandsstigning i forhold til landniveauet i København over 100 år med udgangspunkt i år 1990. Den mest sandsynlige relative stigning i forhold til landniveauet ligger omkring 70 cm. Denne stigning er transformeret til Nyborg i forhold til den anderledes landhævning. Det ses også, at stigningen kan blive mere end 2 meter, selvom sandsynligheden for det er meget lille. Denne usikkerhed er medregnet i de fremtidige stormflodskoter for henholdsvis median, 68% og 90% konfidensinterval.



Figur 9-2 Fordelingen af den relative forventede havniveaustigning for København over de næste hundrede år ifølge CRES.

I det følgende er der regnet med samme udvikling af havvandsstanden som antaget i CRES analyse, hvilket også er benyttet af Metroselskabet fra 1990 til 2100 målt i faktiske koter i system DVR90. Stigningen er vist grafisk på Figur 9-3. CRES studier viser, at den største stigning i vandstanden sker fra år 2050 – 2100.



Figur 9-3 *Udviklingen i havvandsstand fra år 1990 til år 2100, som beskrevet i CRES.*

Ved vurderingerne af konsekvenserne af stigningen i havvandsstand, som angives i forhold til en fast kote (DVR90), skal man i princippet huske at kompensere for at landet ikke ligger fast, men hæver eller sænker sig afhængigt af lokalitet. I Figur 9-2 fra CRES om sandsynlig havvandsstigning i København er stigningen relativ og set i forhold til terræn. Ønskes stigningen i faktiske koter (DVR90) skal landhævningen i de 100 år lægges til den relative vandstandsstigning.

A.2 Økonomiske resultater

De økonomiske tab i Nyborg by som følger af en stormflod er beregnet i en samfundsøkonomisk model i forbindelse med et projekt for Realdania.

Den økonomiske risiko er angivet som *sandsynligheden x skaden*, hvor sandsynligheden er udregnet efter den statistiske model for stormfloder i Nyborg. Skaderne er bestemt ud fra en gis-analyse og linket op med en række enhedspriser, beskrevet i afsnittene nedenfor. Den samlede økonomiske risiko er beregnet for år 2020 – 2120, omregnet til netto nutidsværdi for hvert enkelt år.

A.2.1 Opgørelse af forventede skader

De opgjorte skader er beregnet på baggrund af det oversvømmede areal i Scalgo live for en given stormflod. Scalgo live medregner ikke det tidsmæssige perspektiv. Den tidlige udstrækning af stormfloden har selvfølgelig stor betydning for, hvor langt vandet udbreder sig på terræn. I Nyborg er de oversvømmelsestruede arealer i midtbyen tæt på havnen, men en stor del af byen vil være afhængige af det tidsmæssige aspekt.

Det antages, at alle skader uafhængig af type sker ved 20 cm vand. Skaderne er alle opgjort på baggrund af FOT-data. El-svigt i den benyttede økonomiske model er beregnet på antal el-skabe på baggrund af DONG's gennemsnitlige antal el-skabe i Region Hovedstaden per m². Antallet af trafikanter på vejene for resten af landet estimeret i forhold til beskrivelsen i FOT-data og sammenholdt med COWIs trafik model.

A.2.2 Samfundsøkonomisk analyse

Den samfundsøkonomiske analyse baserer sig på ovenstående omtalte højvandsstatistik samt opgjorte skader ved givne højvande. Højvandsstatistikken anvendes til at udregne sandsynligheden for en given hændelse over en tidsperiode på 100 år. Denne sandsynlighed kobles dernæst med skadesomkostningerne ved hændelserne.

De samlede skadesomkostninger består udover værdierne af materielle skader også af værdien af forsinkelser på infrastrukturen, herunder forsinkelser på vej- og jernbanenettet.

A.2.3 Værdisætning af skader

For at estimere de samlede skadesomkostninger over 100 år værdisættes de opgjorte skader ved at koble en enhedspris på antallet af oversvømmede typer af skader. En oversigt over de anvendte enhedspriser ses i Tabel 9-1.

Materielle skader

Omkostningerne ved de materielle skader er fundet ved at koble de opgjorte skader med tilhørende enhedspriser.

Enhedspriserne er primært baseret på informationer fra skadesdata fra forsikringsselskaberne, skadesomkostninger i forbindelse med stormen Bodil samt øvrige prisinformationer hentet fra trafik- og jernbanedata.

Hvor de samlede antal berørte ejendomme er sammenholdt med den samlede skades udbetaling i samme område.

Forsinkelser på infrastruktur

Værdien af forsinkelser på infrastrukturen er opgjort ud fra tidsværdier for person trafik hentet fra transportøkonomiske nøgletal 2017. Disse tidsværdier er koblet med antagelser om antallet af timer og dage, hvor rejsende kan forvente forsinkelser efter en stormflod, der har forårsaget oversvømmelser.

Tidsværdierne for persontrafik kan opgøres både for kollektivrejsende samt for køretøjstimer. Førstnævnte er anvendt ved værdisætningen af forsinkelser på jernbanenettet, mens sidstnævnte er anvendt til værdisætning af forsinkelser på vejnettet-

Anlæg- og driftstab på infrastruktur
 Udover de materielle skader og forsinkelser er der endvidere indregnet anlægs- og driftstab for jernbanenettet.

Driftstabet for jernbanenettet er udregnet ud fra tabt omsætning på billetsalg.

Tabel 9-1. Enhedspriser for skader i den økonomiske opgørelse.

Skader	Enhed	2017-pris (kr./enhed)	Årets pris (kr./enhed)	Prisår	Kilder
Oversvømmet bygning	Antal bygninger	472.997	460.000	2014	Skader fra Bodil hændelse, Stormflodsrådet
Elsvigt, antal elskabe	Elskabe per 6782 m ²	2.098	2.063	2016	Plask
Trafikforstyrrelser alle hovedveje	kr./køretøjstime	239	239	2017	Transport økonomiske enhedspriser
Vejbrud/genopførelse	Enhedspris (et brud á 1 meter, per 500 m oversvømmet vej)	3.001	2.951	2016	Plask
Jernbane skinnerep	Enhedspris (et brud á 1 meter, per 1000 m oversvømmet skinner)	4.324	4.252	2016	COWI - Railways - MAJN
Station	Enhedspris (Genetablering af sårbare installationer)	497.919	489.596	2016	COWI - Railways
Skader på kloakker	Enhedspris, et brud per 500 m oversvømmet vej	1.201.168	1.100.000	2010	KBH klimamodel
Driftstab, jernbane ¹	Enhedspris (tabt indtjening af billetpriser)	10.487.070	10.487.070	2017	COWI/DSB
Forsinkelser, jernbane ²	Værdien af antal personforsinkelser	10.441.053	10.441.053	2017	Trafiktal fra 2017- enhedspris 2017

Bilag B Kort over scenarier i A4

