

JUNI 2019
REGNVANDSFORUM

UDREDNING OM STORMFLOD OG HAVVANDSSTIGNING I REGI AF REGNVANDSFORUM - STORMFLODSSIKRING

RAPPORT



COWI

JUNI 2019
REGNVANDSFORUM

UDREDNING OM STORMFLOD OG HAVVANDSSTIGNING I REGI AF REGNVANDSFORUM - STORMFLODSSIKRING

RAPPORT

PROJEKTNR.

A095193

DOKUMENTNR.

A095193-003-001

VERSION

2.0

UDGIVELSESDATO

7. jun. 2019

BESKRIVELSE

UDARBEJDET

Jeppe Sikker Jensen, Anja Schmidt Nørgaard, Alexander Holm Kock

KONTROLLERET

JBUN/BOC

GODKENDT

JIJ

INDHOLD

Sammenfatning	7
1 Indledning	8
2 Samfundsøkonomisk metode	11
2.1 Samfundsøkonomisk risiko	11
2.2 Cost-benefit	12
2.3 Tidsperspektiv	13
2.4 Analyser af risikoniveauer	13
2.5 Anlægsoverslag	16
3 Særlige problemstillinger	17
3.1 Havne	17
3.2 Miljøpåvirkninger	18
3.3 Bølgepåvirkninger	18
4 Sikringslinjer	23
4.1 Forskellige trusler og forskellige behov	23
4.2 Hovedgreb	23
5 Indsats ved Køge Bugt	25
5.1 Generelt	25
5.2 Samlet indsats i Køge Bugt	27
5.3 Lokal indsats i Ishøj Kommune	32
5.4 Lokal indsats i Vallensbæk Kommune	36
5.5 Lokal indsats i Brøndby Kommune	40
6 Indsats omkring Hvidovre og København	44
6.1 Sikring af Hvidovre og det sydlige København	44

7	Indsats omkring Amager syd	52
7.1	Sikring i Dragør Kommune	53
7.2	Sikring i sydlige del af Tårnby Kommune	58
8	Indsats omkring nordlige Tårnby og nordlige København	61
8.1	Nordøstlige del af Tårnby Kommune	68
8.2	Optimalt sikringsniveau for den nordlige Tårnby og København	71
9	Indsats langs Øresundskysten nord for København	76
9.1	Gentofte Kommune	77
9.2	Lyngby-Taarbæk Kommune	84
10	Referencer	90

BILAG

Bilag A	Grundlag for anlægsoverslag	91
Bilag B	Anlægsoverslag pr. delområde	95
B.1	Ishøj Kommune	95
B.2	Vallensbæk Kommune	97
B.3	Brøndby Kommune	98
B.4	Hvidovre og København Syd	100
B.5	Tårnby nord og København nord	101
B.6	Gentofte Kommune	102
B.7	Lyngby Taarbæk Kommune	103
Bilag C	Vejledninger, nøgletalskataloger og begreber	105
C.1	Vejledninger og nøgletalskataloger	105
C.2	Centrale begreber	105

Sammenfatning

I en tidligere rapport har COWI analyseret risikoen for stormflodsskader i hovedstadsområdet. Rapporten fokuserede på de samfundsøkonomiske konsekvenser ved ikke at gøre noget samt på kystens modstandsdygtighed og det eksisterende beredskab. Grundlaget var avancerede hydrauliske beregninger af oversvømmelser fra stormflod baseret på den nyeste viden omkring de statistiske forhold og de forventede klimaændringer. Analysen inddrog viden om stormfloder fra de seneste 1000 år.

Denne rapport går et skridt videre, idet den skitserer konkrete tiltag, analyserer, hvilke niveauer det er optimalt at sikre sig til og belyser tidsperspektivet for etablering af sikringen.

Stormflodstruslen for Hovedstadsregionen er forskellig fra syd til nord.

I syd skal hele Køge Bugt regionen betragtes samlet og løsningen skal omfatte hele Køge Bugt Strandpark fra Ishøj til Brøndby.

Amager kan deles i to. Den sydlige del omfatter Dragør og delvist Tårnby Kommune. Her er der flere muligheder. Den nordlige del af Amager er behandlet udførligt i Københavns Kommunes stormflodsplan. Her er en sikring langs kystlinjen det mest optimale.

På Sjællandssiden kan København sikres mod syd med en ydre sikring, der også vil hjælpe Hvidovre Kommune, eller en indre sikring langs kajkanterne. Den indre sikring er dog besværlig på grund af de mange forskellige anlæg i kystlinjen.

Nord for København er en kystnær sikring af Gentofte og dele af Lyngby Taarbæk oplagt.

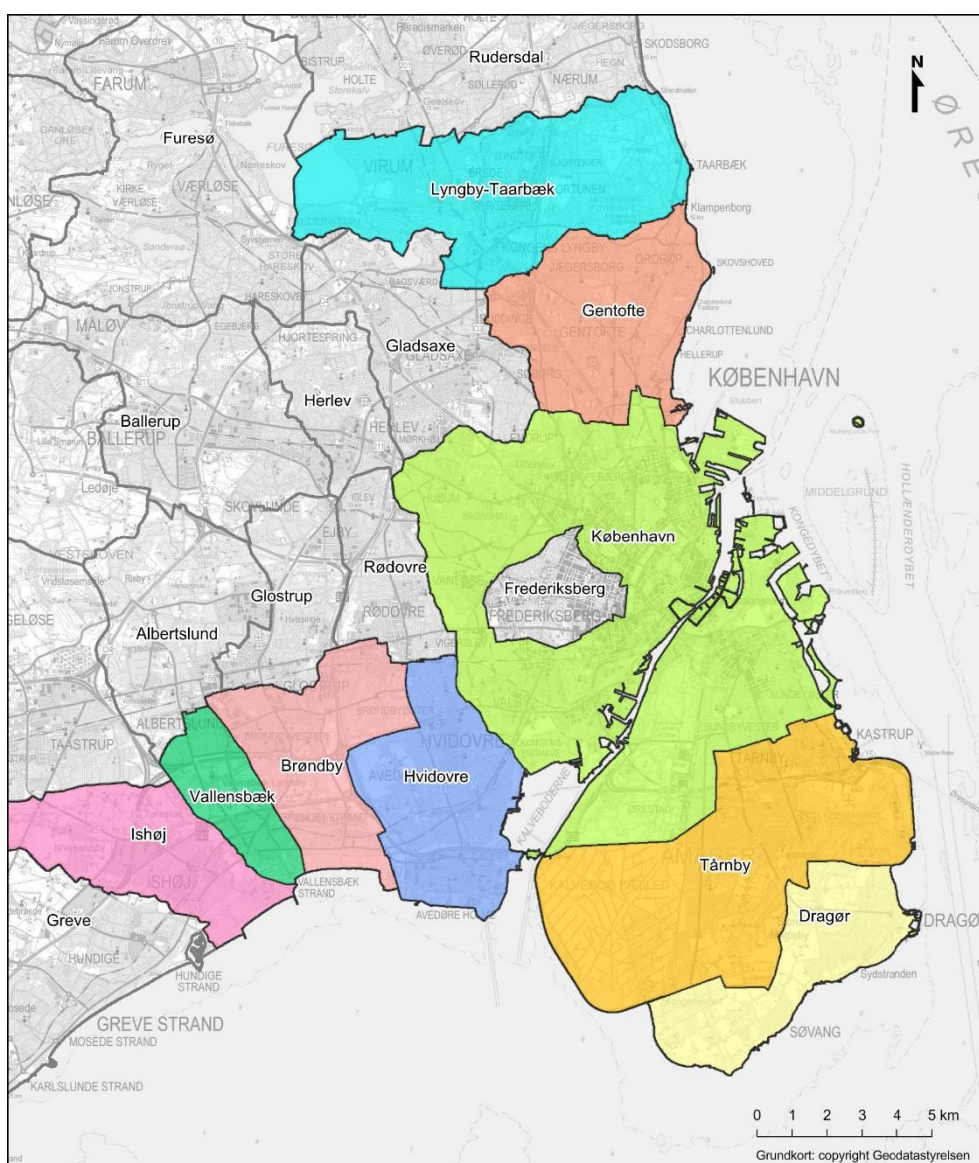
Rapporten beskriver de enkelte tiltag og analyserer de samfundsøkonomiske omkostninger og gevinster ved tiltagene.

1 Indledning

De seneste års hændelser med stormfloder og højvande har igen sat fokus på konsekvenserne af den stigende havvandsstand og truslen ifm. stormflod.

I Hovedstadsområdet strækker udfordringen fra stormflod sig på tværs af kommunegrænserne. Problemerne og løsningerne skal derfor ses samlet. Herved opnås en fælles forståelse. En fælles indsats minimerer konsekvenserne og de samlede omkostninger.

COWI har tidligere udarbejdet en rapport for Regnvandsforum "Stormflod og havvandsstigninger, feb. 2018", som belyser det samlede problem for Hovedstadsområdet. Rapporten fokuserede på de samfundsøkonomiske konsekvenser ved ikke at gøre noget samt på kystens modstandsdygtighed og det eksisterende beredskab.



Figur 1-1 Oversigtskort over kommuner i regnvandsforum, som er omfattet af denne undersøgelse.

Grundlaget var avancerede hydrauliske beregninger af oversvømmelser fra stormflod baseret på den nyeste viden omkring de statistiske forhold og de forventede klimaændringer. Der blev inddraget viden om historiske stormfloder fra de seneste 1000 år.

Nærværende rapport går videre end den tidligere undersøgelse, idet den belyser de konkrete muligheder for at sikre området mod de forventede skader. Den analyserer, hvilke niveauer det er optimalt at sikre sig til, og belyser tidsperspektiver for etablering af sikringen.

Projektet er finansieret af Region Hovedstaden med 70%, mens en række kommuner i regnvandsforum og deres forsyninger har finansieret de resterende 30 %.

Følgende kommuner har bidraget til finansieringen: Lyngby-Taarbæk Kommune, Gentofte Kommune, Københavns Kommune, Frederiksberg Kommune, Tårnby Kommune, Dragør Kommune, Hvidovre Kommune, Brøndby Kommune, Vallensbæk Kommune, Ishøj Kommune.

2 Samfundsøkonomisk metode

2.1 Samfundsøkonomisk risiko

De samlede samfundsøkonomiske konsekvenser er opgjort som nutidsværdi til 22,5 mia. kr. over de kommende 100 år. Dette er de samlede skader, der forventes, såfremt der ikke gøres yderligere for at beskytte hovedstadsområdet ud over den nuværende beskyttelse. Beregningerne er gennemgået i *COWI 2018*.

Tabel 2-1 Beregnede samfundsøkonomiske omkostninger ved skader ved en vandstandsstigning på 70 cm fra 2000-2100. Prisindeks 2017.

Kommune	mio. kr.	Mio. kr. inkl. tværgående infrastruktur*
Lyngby-Tårnbæk	137	137
Gentofte	1.737	1.737
København**	5.142	7.536
Tårnby**	2.567	4.242
Dragør	1.488	2.206
Hvidovre	905	2.252
Brøndby	56	1.404
Vallensbæk	140	1.487
Ishøj	146	1.494
Tværgående infrastruktur*	10.180	-
Samlet	22.496	22.496

* Den tværgående infrastruktur omfatter anlægs- og driftstab på Kastrup Lufthavn, Metro og Øresundsbroen, driftstab på jernbane og forsinkelser i lufthavn, Metro, Øresundsbro og jernbaner. Øvrig infrastruktur er indregnet for de enkelte kommuner.

** Før etablering af Ullerupdiget, som er færdiganlagt i 2019.

Skader på den tværgående infrastruktur ved stormflod fra nord og de skader, der sker på jernbane, lufthavn, metro og motorvej i København, er skønsmæssigt fordelt på de enkelte kommuner med 50% til Københavns Kommune (2,4 mia.), 35% til Tårnby Kommune (1,7 mia.) og 15% til Dragør Kommune (0,7 mia.). Dette er baseret på en vurdering af oversvømmelsernes omfang og fordeling. Skaderne på den tværgående infrastruktur ved stormflod fra syd på motorvej og jernbane er fordelt ligeligt mellem Brøndby, Hvidovre, Ishøj og Vallensbæk kommuner (1,35 mia. pr. kommune).

De udførte undersøgelser baserer sig på den nyeste viden, men der er forhold, der ikke kan belyses til bunds. F.eks. er der konsekvenser ved oversvømmelser, der ikke direkte kan prissættes som f.eks. prisfald på ejendomme, tabt skattegrundlag grundet fraflytning, butiksdød mm., hvis et område udsættes for gentagne oversvømmelser.

Den samfundsøkonomiske vurdering er baseret på gennemsnitlige sandsynligheder. Dette betyder, at de enkelte ekstremhændelser vægtes med deres aktuelle sandsynlighed. F.eks. er der 1% sandsynlighed for at en 100-års hændelse overskrides og 0,1% sandsynlighed for at en 1000-års hændelse overskrides. Det betyder, at disse hændelser indgår med meget lille vægt i det samlede resultat. Men såfremt en 1000-års hændelse fra syd skulle optræde, vil omkostningerne imidlertid være enorme.

Tabel 2-2 viser, at fordelingen af skader ved en enkeltstående hændelse kan være meget anderledes end den gennemsnitlige fordeling, samt at der er stor forskel i de forventede skader på de enkelte kommuner ved en stormflod fra hhv. nord og syd.

Tabel 2-2 Oversigt over de estimerede skader ved en 1000-års hændelse i år 2017

Kommune	Stormflod fra nord (mio. kr.)	Stormflod fra syd (mio. kr.)
Lyngby-Tårnbæk	17	0
Gentofte	200	0
København	450	5.250
Tårnby	14	2.700
Dragør	1	1.600
Hvidovre	0	1.300
Brøndby	0	260
Vallensbæk	0	500
Ishøj	0	550
Tværgående infrastruktur*	2	32.000
Samlet	684	44.160

* Den tværgående infrastruktur omfatter anlægs- og driftstab på Kastrup Lufthavn, Metro og Øresundsbroen, driftstab på jernbane og forsinkelser i lufthavn, Metro, Øresundsbro og jernbaner. Øvrig infrastruktur er indregnet for de enkelte kommuner.

2.2 Cost-benefit

Det optimale sikringsniveau kan fastsættes ud fra en flere forhold. I sidste ende er en beslutning om sikringsniveau en sammenvejning af fordele og ulemper, herunder reduceret risiko, anlægsøkonomi, drift, ændret udsigt og mange andre

I denne undersøgelse fokuseres på en vurdering af det samfundsøkonomisk optimale niveau. Dvs. den direkte balance mellem omkostninger (anlæg og drift) ift. gevinster (reduceret skade). Dette er en vigtig støtteparameter i den videre beslutningsproces.

2.3 Tidsperspektiv

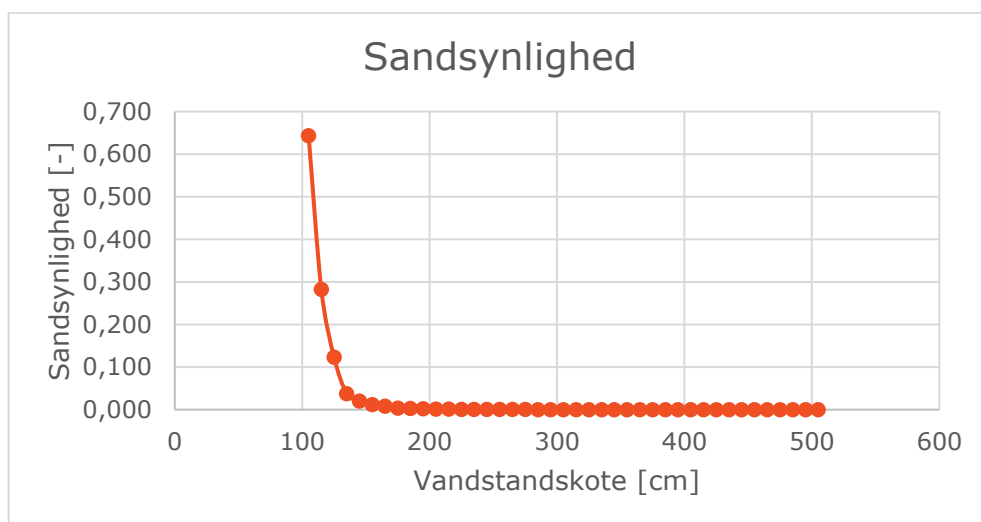
I mange situationer vil det være muligt at lave en løbende tilpasning. Det giver derfor mening at vurdere det optimale sikringsniveau med forskellige tidshorisonter. Risikoen stiger i takt med vandstandsstigningen, det kan derfor være optimalt at sikre sig til et niveau for de næste 25 år og forberede sig på at etablere yderligere sikring herefter.

2.4 Analyser af risikoniveauer

For hver af kommunerne er der lavet en analyse af, ved hvilke koter risikoen ligger for de kommende 100 år beregnet som nettonutidsværdi. Grundlaget er en beregning af risikoen ved stormflod fra hhv. nord og syd, samt den samlede risiko. Heraf er beregnet den akkumulerede risiko, som viser den samlede risiko under en given vandstand. Denne værdi kan sammenlignes med den nødvendige investering for at sikre sig til et givent niveau. Grafen kan derfor direkte anvendes til at vurdere, om et tiltag er omkostningseffektivt set ud fra en samfundsøkonomisk vurdering. Beregningen gennemgås i det følgende.

Den akkumulerede risiko som funktion af vandstanden beregnes på grundlag af den økonomiske risiko for hvert vandstands niveau.

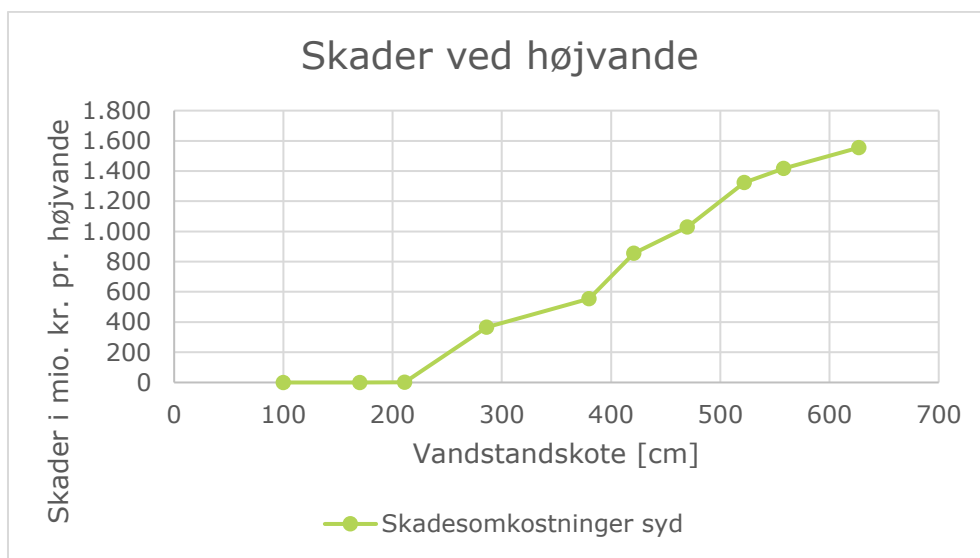
Den økonomiske risiko er produktet af sandsynligheden for, at der optræder en vandstand i netop det niveau og skadesomkostningerne som funktion af vandstandskoten.



Figur 2-1 *Figuren viser sandsynligheden for at der optræder en vandstand i et givent 10 cm interval. På figuren er vist sandsynligheder for år 2017, de senere år forskydes i opadgående retning. Sandsynligheden falder markant ved stigende vandstand.*

Figuren viser, hvordan sandsynligheden for at der optræder et højvande i et givent år i et givent interval falder som funktion af stigende kote. Det normale årlige maksimum ligger for de fleste områder i omkring kote 1,0 m. Derfor stiger sandsynligheden markant for de lave koter. For eksempel kan der for en vandstand i kote ca. 130 cm aflæses en sandsynlighed på 0,03, svarende til at en

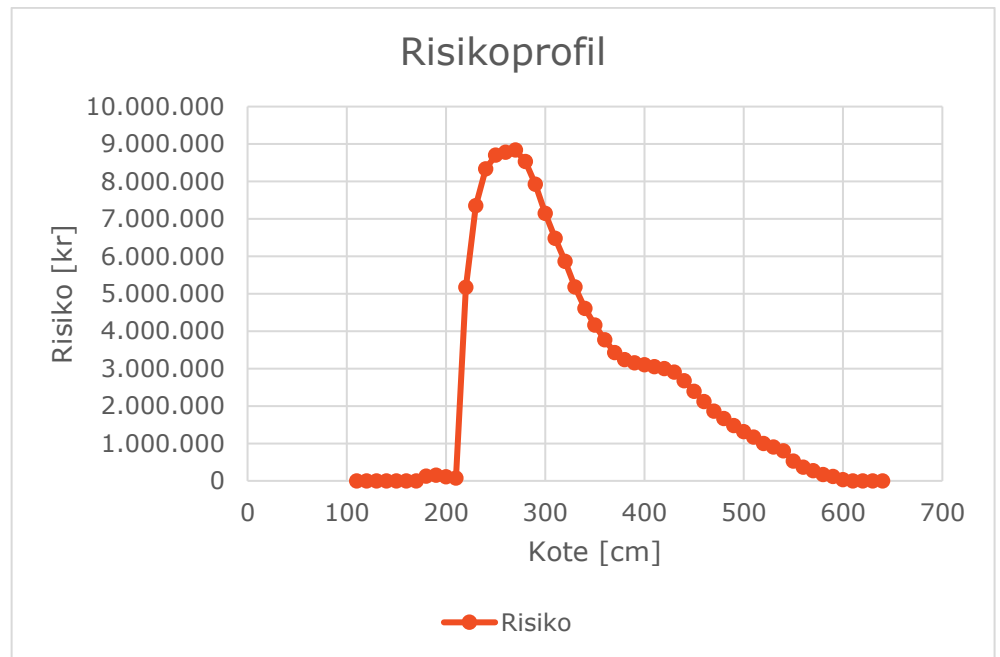
vandstand i intervallet 125-135 cm optræder med 3 % sandsynlighed i et givent år.



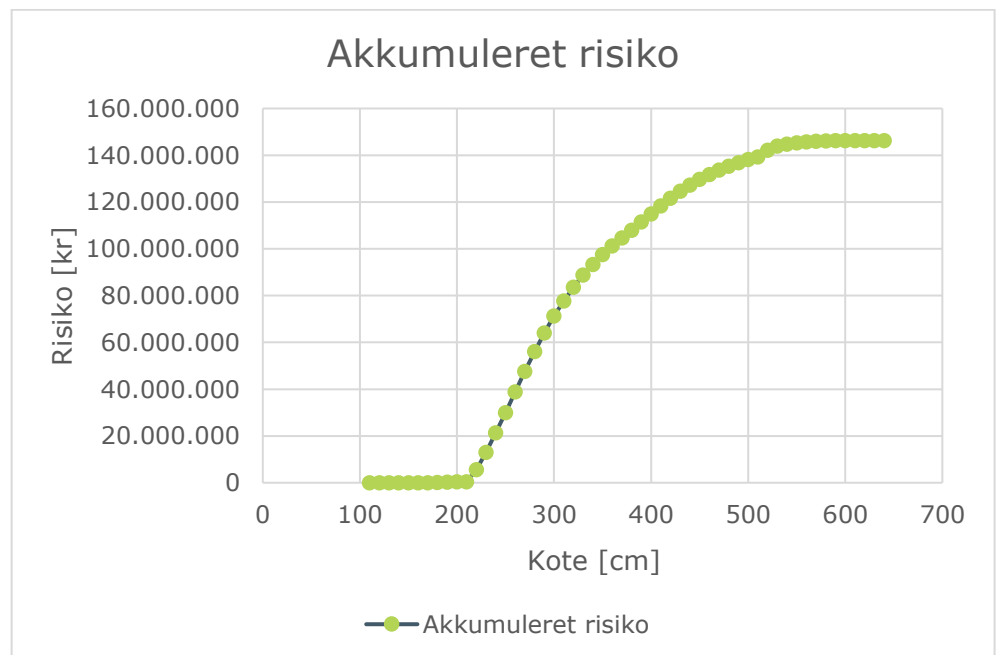
Figur 2-2 Skadesomkostningerne er gengivet som funktion af vandstandskoten. Disse stiger i takt med vandstanden, da flere ejendomme og anlæg bliver skadet.

Skadesomkostningerne er beregnet for konkrete niveauer, og der interpoleres lineært mellem disse. Når grafen "flader ud", som den f.eks. gør ovenfor mellem kote 280 cm og 380 cm, betyder det, at der ikke sker væsentligt flere skader ved kote 380 cm end ved kote 280 cm. Dette kan skyldes lokale topografiske forhold, f.eks. at terrænet stiger hurtigt, og der ikke er særligt store arealer der berøres af den øgede vandstand. Tilsvarende når den stiger stejlt, betyder det at en stigende vandstand vil medføre betydelige flere skader. Dette sker, hvis områderne, der rammes, er flade, eller hvis en naturlig forhøjning overskrides, og baglandet oversvømmes.

Risikoprofilen viser, hvilke niveauer af stormflodskote der bidrager mest til de forventede skader over de kommende 100 år. Det er således ikke de største hændelser, der samlet har den største betydning, da de forekommer sjældent, men derimod mindre hændelser, der forekommer hyppigere, og dermed vægtes højere. Dette skyldes, at selvom skaderne stiger med vandstandskoten, så falder sandsynligheden for, at de indtræffer, endnu hurtigere. De fremtidige skader er diskonteret til nutidsværdi.



Figur 2-3 Risikoprofilen angiver risikoen for hvert 10 cm interval. Beregnet som sandsynlighed multipliseret med skaderne.



Figur 2-4 Grafen for den akkumulerede risiko kan bruges til at vurdere, hvor stor en del af risikoen man kan fjerne ved at sikre sig til et givent niveau. Man kan af figuren aflæse, at såfremt man sikrer sig til kote 3,0 vil man kunne reducere skaderne over de kommende 100 år med 70 mio. kr. i nettonutidsværdi.

Den akkumulerede risiko viser, hvor stor risiko som skyldes stormflod under et bestemt niveau. Det er således "risikoprofilen" summeret op til en given kote.

Den akkumulerede risiko kan direkte anvendes til at vurdere, om et tiltag er kosteffektivt. Kan man f.eks. sikre et område, som har en profil som figuren herover, til kote 400 cm for under 100 mio. kr., så er det kosteffektivt i forhold til en forventet skade på 117 mio. kr.

2.5 Anlægsoverslag

Der er skitseret mulige løsninger på ideskitseniveau. De udarbejdede anlægsoverslag er baseret på simple og robuste løsninger. Der er anvendt erfaringspriser, men tiltagene er kun skitseret på et overordnet niveau for at kunne få en ide om omkostningerne med henblik på at vurdere omkostningseffektiviteten i sikringen. I det videre arbejde vil der således kunne findes både billigere og dyrere løsninger på tilsvarende sikringer. Desuden kan en række detaljer, som endnu ikke er afdækket, have afgørende indflydelse på mulighederne.

De følgende budgetoverslag er udarbejdet iht. Trafikministeriets anvisninger omkring Ny anlægsbudgettering, som tager hensyn til usikkerhed på grund af manglende oplysninger. Anvisningen skal benyttes ved budgettering af alle statslige anlægsprojekter, se mere på dette link: <http://www.trm.dk/da/ministeriet/ny-anlaegsbudgettering>. Entreprenøromkostningerne pålægges her i indledende fase et administrationstillæg 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 Trafikministeriet overføres til dette projekt vil dette projekt være i fase 1, hvor der benyttes et usikkerhedstillæg kaldet Korrektionstillæg 1 som er 50 %.

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. I de følgende analyser anvendes derfor anlægsoverslag tillagt korrektionstillæg 1 på 50%. Der anvendes ikke supplerende usikkerhedstillæg.

3 Særlige problemstillinger

3.1 Havne

Langs hele kysten er der havne, både små lokalhavne og lystbådehavne, som fx. Vallensbæk, Ishøj, Dragør Havn, men der er også større havneområder som Københavns Nordhavn.

De store havne indgår som en naturlig del af stormflodsikringen og fx. Nordhavn ligger for størstedelens vedkommende indenfor den forventede fremtidige ydre sikring af København.

For de mindre lokale havne kan en stormflodsikring være en dyr løsning. Generelt kan der arbejdes med ydre sikringer i form af fx. sluseporte der kan lukkes ved højvande, eller der kan arbejdes med indre sikringer, som dog kan være svære at forene med havnens daglige anvendelse.

Der findes eksempler på gode integrerede løsninger i fx. Lemvig, hvor sikringen fungerer som en fin adskillelse af trafik og den rekreative anvendelse af areaerne. Sådanne løsninger vil også være mulige i flere havne i hovedstadsområdet.



Figur 3-1 Stormflodssikring i Lemvig.

Havnene er generelt robuste, men der kan være sårbare installationer ifm. servicebygninger samt kloakering, der kan påvirkes af oversvømmelser. Evt. spildevandskloak og eller fælleskloak kan lede havvand til renseanlæg med deraf følgende gener.

Der kan være mange lokale forhold, der skal tages hensyn til ifm. sikringen af havnene. I nogle tilfælde kan sikringen indarbejdes i en samlet plan for havnen,

hvor den både til funktion ved en højere middelvandstand, og der samtidig tages hensyn til adgangsforhold, erhverv, turisme og rekreative muligheder.

3.2 Miljøpåvirkninger

I den samfundsøkonomiske analyse er medtaget skader på bygninger og infrastruktur, samt omkostninger ved forsinkelse, driftstab og elsvigt. Der er ikke medtaget mulige gener, miljøpåvirkninger og omkostninger ved oprydning efter f.eks. oversvømmelser af virksomheder, oplag eller forurenede grunde.

Væsentlige miljøpåvirkninger kan f.eks. ske ved oversvømmelser af:

- > Renseanlæg og deraf følgende driftstop, der medfører udledning af urensset spildevand. På Biofos renseanlæg kan der f.eks. forventes bypass og udledning af urensset spildevand i op til 3 mdr. ved en oversvømmelse af sårbare dele af anlægget. Dette vil medføre væsentlig forurening.
- > Fælleskloakerede områder, men følgende stor tilstrømning, hvorved renseanlæg overbelastes med saltvand og tilledning til renseanlæg må stoppes for at undgå driftstop (forurening gennem nødoverløb). Ofte er der kontraklapper på kloakudløb, men breder vandet sig ind over land, kan det ledes til fælleskloak af vejriste mm og tilstrømning af saltvand til renseanlæg kan blive ukontrollabel.
- > Forurenede grunde, hvorved der sker øget udvaskning.
- > Virksomheder og oplag af materialer
- > Privat oplag af kemikalier
- > Opdrift problematikker forårsaget af høj grundvandsstand

Der kan således være tale om væsentlige påvirkninger, der skal indgå i den samlede vurdering af behov for sikring.

3.3 Bølgepåvirkninger

I dette afsnit vurderes bølgenes relative betydning sammen med det samtidige ekstreme højvande. Der er meget stor forskel på bølgenes effekt på og ved konstruktionerne afhængig af følgende:

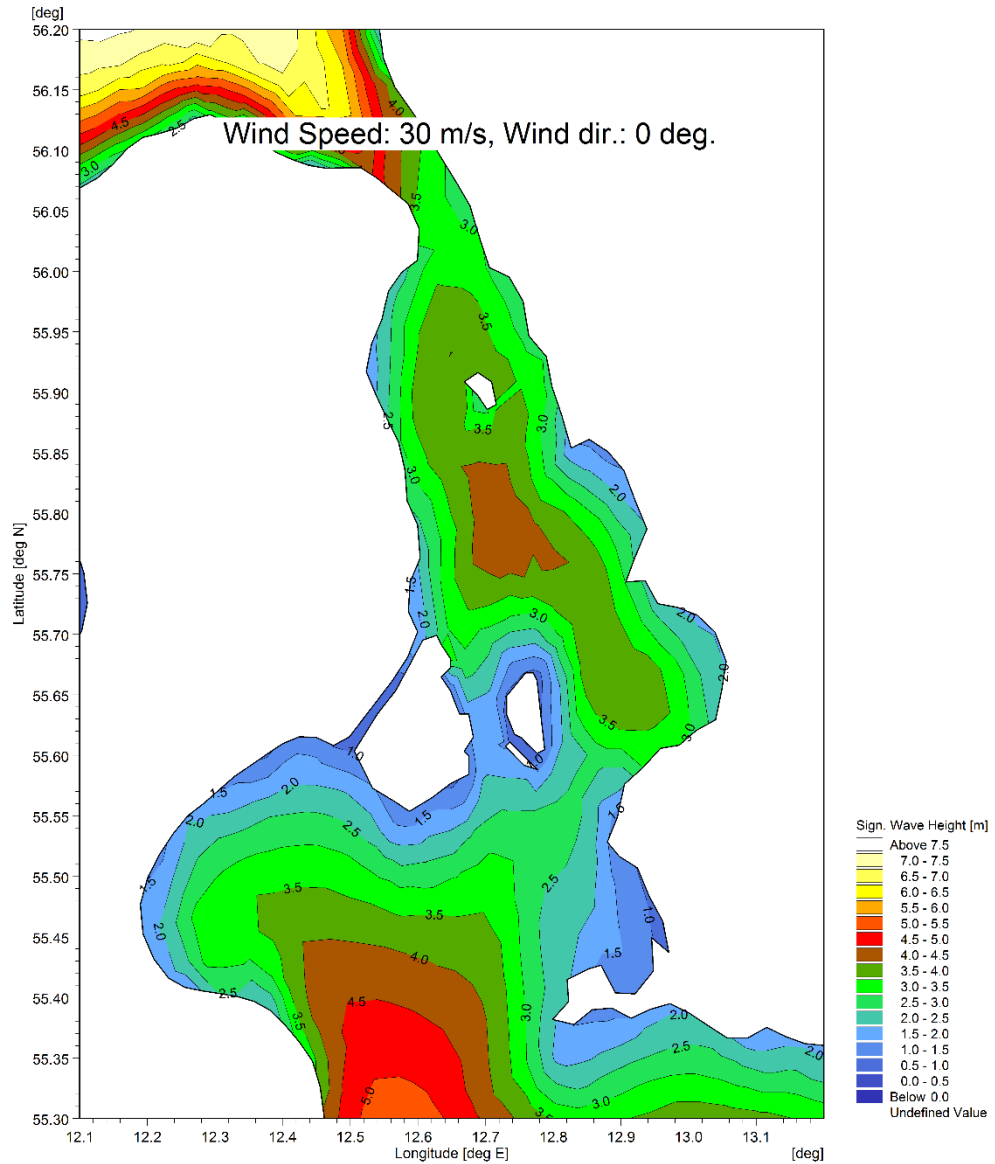
- > Størrelsen af de indkommende bølger fra dybt vand inden eventuel bølgebrydning sætter ind på grund af begrænset vanddybde.
- > Forlandet foran en konstruktion til sikring mod oversvømmelse; dvs. dybden lige foran konstruktionen og hældningen af området.
- > En konstruktion som et dige eller en murkonstruktion bliver udsat for to påvirkninger, når bølgerne rammer; dels direkte bølgepåvirkning på selve

konstruktionen, men også bølgeoverskyl kan forekomme afhængigt bl.a. af konstruktionens højde over roligt vandspejl.

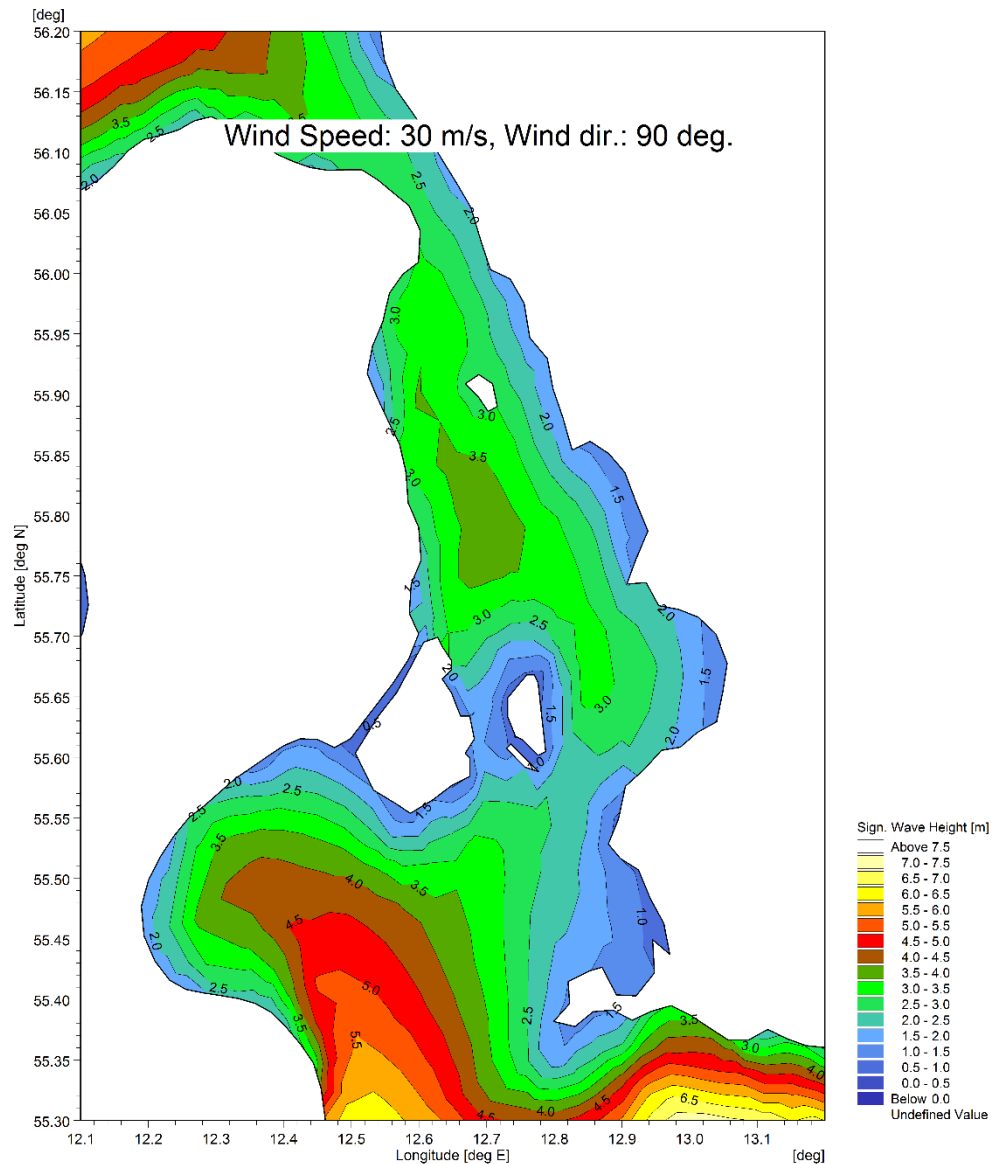
- > Desuden skal der vurderes, hvor meget bølgeoverskyl (m^3/s) som kan accepteres, da det i praksis ikke er muligt at bygge konstruktionen så høj at der ikke forekommer bølgeoverskyl. Det skal herunder vurderes hvorvidt bølgeoverskyl indebærer risiko for erosion af konstruktionen på bagsiden.

For at estimere størrelsen af de kystnære bølger som har betydning for konstruktionerne har COWI lavet simuleringer af bølgehøjderne i Øresund ved storme fra nord og øst. Figur 3-2 og Figur 3-3 viser simuleringen af bølger på dybt vand under en storm fra henholdsvis nord og øst med en konstant stormstyrke på 30 m/s. Den beregnede bølgehøjde på dybt vand kan sammenlignes med stormen Bodil i 2013 (fra nord) og stormen i 1872 (fra øst).

Modellen er baseret på en MIKE 21 SW. Modellen beregner karakteristiske bølgehøjder baseret på input af havbundens udformning (bathymetri) og vind (hastighed og retning). Modellen er udarbejdet med det formål at få et overblik over forventede bølger i regionen. De estimerede kystnære bølgepåvirkninger er vurderet for de enkelt områder



Figur 3-2 Bølgesimulering for Øresund for en vind på 30 m/s fra nord med normal vandstand, dvs. lidt kraftigere end stormen Bodil i 2013. Simuleringen angiver bølgehøjden på dybt vand inden bølgerne rammer kysten.



Figur 3-3 Bølgesimulering for Øresund for en vind på 30 m/s fra øst med normal vandstand, dvs. lidt mindre end stormen i 1872. Simuleringen angiver bølgehøjden på dybt vand, inden bølgerne rammer kysten.

Ved udformning af konstruktioner er det vigtigt at undersøge de lokale forhold mere nøjagtigt, da disse kan have store konsekvenser for bølgepåvirkningen. De anslåede bølgehøjder er derfor kun et estimat i forhold til størrelsesorden til sammenligninger med stormflodskoten.

Desuden er bølgepåvirkningen beregnet i forhold til en placering af konstruktionen tæt på kysten. Oftest er det muligt at rykke konstruktionen længere væk fra kysten, hvormed bølgepåvirkningen bliver mindre. Dermed er anslåede bølgebidrag i de følgende afsnit højere end i et tilsvarende detailprojekt, hvor man typisk rykker konstruktionen længere væk fra kysten. Det har også stor betydning for bølgepåvirkningen, hvordan anlægget er orienteret i forhold til vindretning under stormflod.

Typiske overhøjder for at kompensere for bølgeoverskyl

Diger

For et dige afhænger den nødvendige overhøjde af mange faktorer, bl.a. hvor lavvandet der er foran diget.

Derudover er selve digets udformning vigtig. Ved udformning af et dige med sideanlæg på vandsiden 1:4 vil de typiske overhøjder for vanddybder ved digefoden på D= 0,5 m, 1,0 m og 1,5 m, have en topkote på ca. +0,4, +0,7 m og +1,0 m over vandspejlet.

Betonmure

En mur skal tilsvarende for vanddybder foran muren på henholdsvis, D= 0,5 m, 1,0 m og 1,5 m, have en topkote på ca. +0,45, +0,75 m og +1,15 m over vandspejlet.

Eksempel

I eksemplet herunder er bølgerne er estimeret for en 300-års hændelse i 2018, hvor stormflodskoten i Lyngby-Taarbæk kommune er estimeret til 1,72 m over daglig vande. Bølger ved dybt vand er anslået ud fra Figur 3-2 til 2,5 m. De lokale bølger er beregnet for de to typer kyst i Tabel 3-1.

Tabel 3-1 Eksempel på simpel beregning af estimat på lokal bølgehøjde ved en 300 års hændelse i Lyngby-Taarbæk kommune ved to typer af kyststrækninger. Den eksisterende terrænkote er et gennemsnit over hele kommunen.

Kysttype	Eksisterende terræn kote [m]	Vanddybde normal (VDN)	Stormflodskote (WL) ved T=300 år [m]	Stormflodskote (Vanddybde dimensionsgivende) VD = WL + VDN	Bølger dybt vand - Hs [m]	Bølger lokalt - Hs [m]	Konstruktions type	Koefficient alpha α	Konstruktions kote - KK = WL + α*Hs [m]	Højde af sikringsanlæg over nuværende terræn kote [m]
Mole/Stensætning	2,1	1,0	1,7	2,70	2,2	0,68	Stensætning	1,4	2,65	0,55
Strand	1,1	0,3	1,7	2,00	2,2	0,50	Jorddige	1,35	2,38	1,28

Beregningen angiver for to forskellige kysttyper, hhv. mole/stensætning og strand, hvor højt der skal bygges for at sikre mod en 300 års hændelse i kote 1,7 m. Bølgerne på dybt vand er beregnet til 2,5 m. disse aftager til hhv. 1,36/1,01 m ved kystlinjen. Med koefficient for oprul på konstruktionen beregnes en resulterende konstruktionskote på hhv. 3,62/3,08, svarende til 2,42/2,28 m over eksisterende terræn. Mellemregninger er markeret med gråt.

4 Sikringslinjer

4.1 Forskellige trusler og forskellige behov

Stormflodstruslen for Hovedstadsregionen er forskellig fra syd til nord. Både opdelt geografisk og med hensyn til om stormfloden kommer fra syd eller fra nord. Forskellen på stormfloder fra nord og syd er vist på Figur 1-2.

4.2 Hovedgreb

Som hovedgreb arbejdes med en fortsat sikring af hovedstadsområdet baseret på en løbende udvidelse af den eksisterende sikring og for nogle kommuners vedkommende nye tiltag.

Den eksisterende sikring består hovedsageligt af:

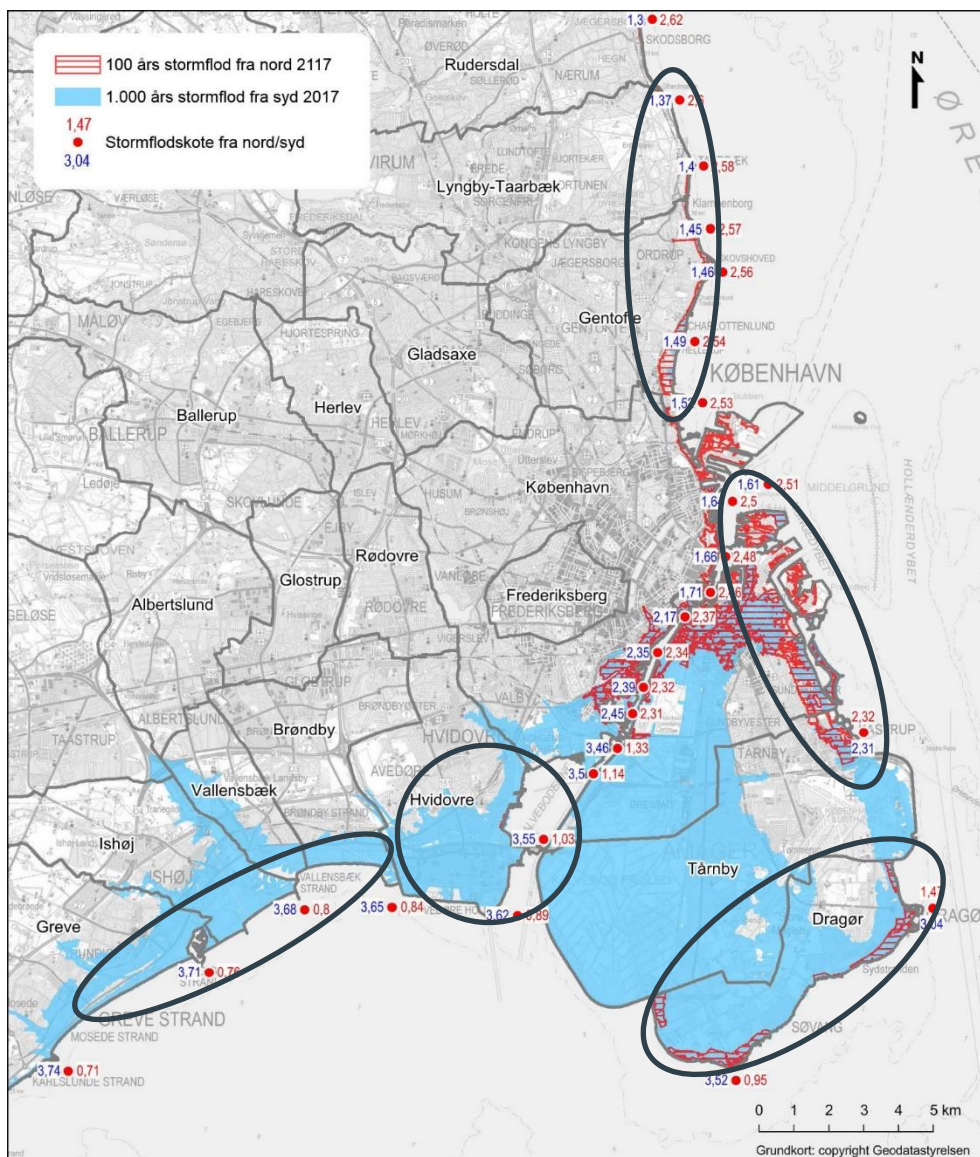
- > Køge Bugt Strandpark fra Ishøj til Avedøre Holme
- > Dige omkring Avedøre Holme
- > Sikringsmure i Hvidovre og diger langs Harrestrup Å
- > Vestamagerdiget
- > Ullerupdiget (færdigetableres i 2019)
- > Sønder Strandvej i Dragør
- > Sikring omkring Lufthavnen
- > Kajkanter og mindre støttemure langs Øresundskysten nord for Amager

Beskrivelsen er opdelt på fem fokusområder:

- > Køge Bugt
- > Det sydlige indløb til Københavns Havn
- > Amager syd
- > Amager nord og det nordlige indløb Københavns Havn
- > Øresundskysten

Indenfor hvert af disse områder skal løsningen ses samlet uden hensyntagen til kommunegrænser, da vandet vil brede sig, og problemet kan mange steder ikke løses isoleret. Rapporten kortlægger disse sammenhænge og viser behovet for tværkommunale løsninger.

De 5 områder er skitseret på nedenstående figur:



Figur 4-1 De 5 fokusområder

I det følgende gennemgås de 5 fokusområder et ad gangen. Under hvert fokusområde beskrives dernæst forholdene for de enkelte kommuner. Beskrivelserne rummer en del gentagelser, fordi det herved er lettere at læse en dele af rapporten uden at skulle igennem de afsnit, der primært er skrevet til andre læsere.

5 Indsats ved Køge Bugt

5.1 Generelt

I dette afsnit beskrives de forhold der er gældende for kommunerne ved Køge Bugt: Ishøj, Vallensbæk og Brøndby.

5.1.1 Strandparken IS

Strandparken er et landskab skabt ved et af Nordeuropas største inddæmningsarbejder. Den er bygget i årene 1976-1979 og består af en 7 km lang strand med klitter, parkeringspladser, adgangsveje og kiosker. Mellem strand og bagland ligger 6 søer, der via slusebygværker står i forbindelse med Køge Bugt.

Der er tillige blevet plads til 4 lystbådehavne som grønne ø-havne i Brøndby, Vallensbæk, Ishøj og Hundige.

Foruden at være et stort rekreativt område for befolkningen i hovedstadsregionen udgør klitterne sammen med dæmningsvolde en effektiv sammenhængende kystbeskyttelse for baglandet (www.strandparken-kbh.dk).

Strandparken blev anlagt som en tiltrængt højvandsbeskyttelse og for at forbedre vandkvaliteten i de meget lavvandede kystnære områder. Den blev etableret ved indpumpning af 1,5 mio. m³ sand, hvorved der etableredes klitvolde, som blev beplantede med 2,6 mio. hjælmeplanter fra den jyske vestkyst.

Topkoten blev fastsat politisk til 2,93 m (3,0 DNN), hvilket sikrede udsigten fra tagterrasser. Digerne ved havnene er i kote 2,23 m (2,3 DNN). Enkelte digeparter når op i kote 4. Det er vurderet, at sikringen, da den blev etableret, svarede til en 200-års hændelse.

Vandkvaliteten i søerne opretholdes ved en tidevandsstyret vandudskiftning, hvor vandet løber ind i søerne ved Vallensbæk/Ishøj Havn og ud ved hhv. Brøndby og Hundige Havn. Der er højvandsslukker ved udløbene fra St. og Lille Vejleå, og der er etableret aflastningsmulighed fra åerne til strandparksøerne, såfremt vandstanden i åen stiger i situationer, hvor højvandsslukket er lukket.

Strandparken beskytter således de bagvedliggende ejendomme og værdier mod oversvømmelser, da vandstanden i strandparksøerne typisk kan holdes mellem -0,2/+0,5 m. Vandstandsvariationen er således mindre end ved normale vindpåvirkede højvandshændelser, og det har derfor været muligt at bygge tættere på vandet end ved de åbne kyster.

Det betyder samtidigt, at udfordringen med den stigende havvandstand kræver en fortsat udbygning af sikringen.

5.1.2 Bølgetillæg

For kommunerne Ishøj, Vallensbæk og Brøndby er det stormfloder fra syd som giver oversvømmelser, og det er dermed bølger forårsaget af østenvinde som kan påvirke konstruktioner langs kysten og give anledning til overskyl.

Den primære kysttype er strand. Der er også enkelte havneanlæg bag ydre bølgebrydere. Hvorvidt havnefronterne påvirkes af lokale bølger under en given stormflod, bør undersøges yderligere og mere detaljeret.

Stormflodskoten ved stormflod fra syd varierer ca. 10 cm over langs kyststrækningen f.eks. vil en nuværende 300 års hændelse varierer fra 2,8 m i syd ved Ishøj til 2,7 i nord ved grænsen til Hvidovre. Bølgebidraget er afhængigt af den eksisterende terrænkote langs kysten. De beregnede bølgebidrag for forskellige situationer er listet i Tabel 5-1. Bølgerne har den største effekt på konstruktionen jo tættere den ligger på kysten, da vandstanden her er højere. Hvis man trækker konstruktionen tilbage i landet, hvor det eksisterende terræn er højere, mindskes bølgenes påvirkning.

Tabel 5-1 *Konstruktionskote for diger langs kysten i Brøndby, Vallensbæk og Ishøj kommune. Alle eksemplerne er jorddiger langs stranden. Bølgebidragene afhænger af, hvor højt det eksisterende terræn er foran diget.*

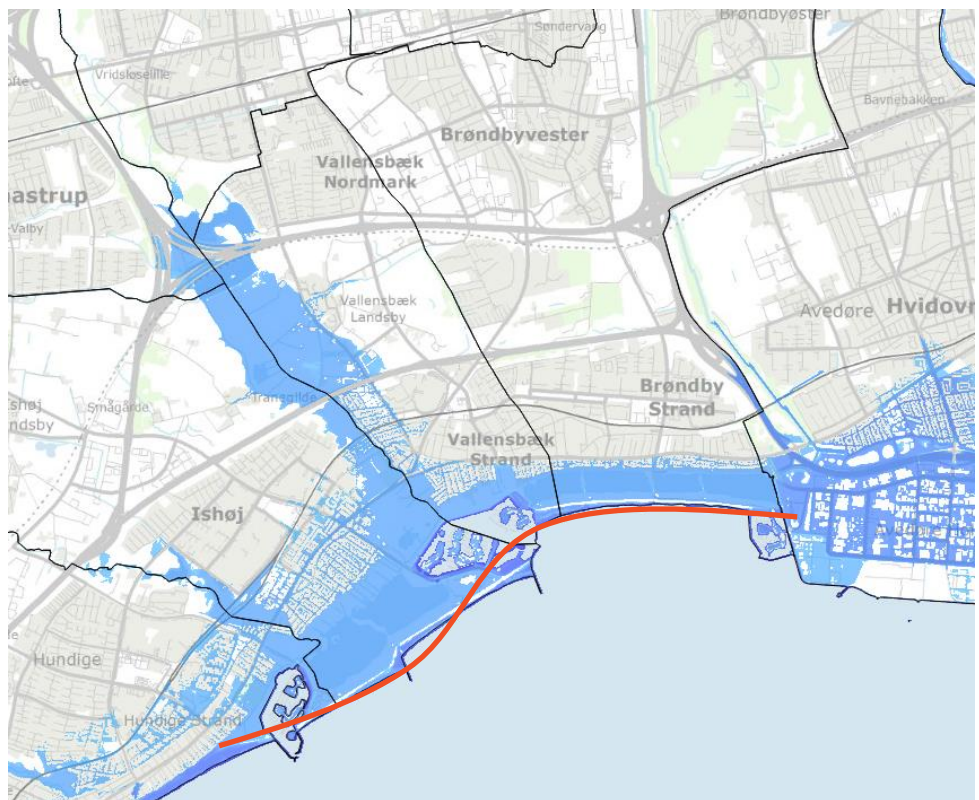
Type	Terrænkote, VDN [m]	Stormflodskote, WL R [m]	Vanddybde, VD = WL - VDN	Bølgedybte vand - Hs [m]	Bølger lokalt - Hs [m]	Koefficient alpha	Konstruktionskote - KK = WL + α*Hs [m]	Højde af konstruktion fra terræn [m]
Jorddige	0	2,75	2,75	1,5	1,38	1,35	4,61	4,61
Jorddige	0,5	2,75	2,25	1,5	1,13	1,35	4,27	3,77
Jorddige	1,0	2,75	1,75	1,5	0,88	1,35	3,93	2,93
Jorddige	1,5	2,75	1,25	1,5	0,63	1,35	3,59	2,09
Jorddige	2,0	2,75	0,75	1,5	0,38	1,35	3,26	1,26
Jorddige	2,5	2,75	0,25	1,5	0,13	1,35	2,92	0,54
Jorddige	0	3,5	3,50	1,8	1,75	1,35	5,86	5,86
Jorddige	0,5	3,5	3,00	1,8	1,50	1,35	5,53	5,03
Jorddige	1,0	3,5	2,50	1,8	1,25	1,35	5,19	4,19
Jorddige	1,5	3,5	2,00	1,8	1,00	1,35	4,85	3,35
Jorddige	2,0	3,5	1,50	1,8	0,75	1,35	4,51	2,51
Jorddige	2,5	3,5	1,00	1,8	0,50	1,35	4,18	1,68

Beregningen viser, at jo længere tilbagetrukket diget kan være, jo lavere overhøjde skal der etableres for at sikre mod overskyl. Etableres sikringen helt ud mod kysten, skal der være en overhøjde på næsten 2 m, mens den kan reduceres til en halv meter hvis terrænet er i kote 2,5 m. Der kan accepteres noget bølgeoverskyl, da der er et stort volumen til rådighed i strandparksøerne.

5.2 Samlet indsats i Køge Bugt

Området i Køge Bugt dækker strækningen fra Ishøj Kommune til Avedøre Holme i Hvidovre. Området er i dag beskyttet af Køge Bugt Strandpark og en fremtidig beskyttelse vil således være baseret på en udbygning af denne.

De første steder, vandet strømmer over ved stormflod, er i havnene, hvor beskyttelsesniveauer nu er i kote 2,3 m DVR90. Diget i strandparken er de laveste steder i kote 2,7, men har på mange delstrækninger topkote højere end 3 m. Ved højere vandstand kan der forventes oversvømmelser, ligesom der kan ske overskyl i situationer med høj vandstand og bølger.



Figur 5-1 Oversvømmelser fra havet langs Køge Bugt Strandpark. Kortet viser arealer, under kote 3,0 m (SCALGOlive). De laveste dele af strandparksdiget oversvømmes ved denne vandstand. Vandet kan brede sig ind bag digerne omkring Avedøre Holme gennem Strandparksøerne, hvorimod selve diget ud mod kysten er i kote 3,5 m. Der er skitseret en principiel sikringslinje for sikring af kommunerne bag strandparksøerne.

En yderligere fremtidig beskyttelse etableres mest oplagt som en forhøjning af den eksisterende beskyttelse. Kun omkring havnearealerne vurderes det relevant at se på alternative løsninger. Ved havnene kan arbejdes både med en indre sikring omkring havnen eller en ydre sikring i form af en sluseport, der kan sikre mod højvande.

I de efterfølgende afsnit er behandlet løsninger for de enkelte kommuner langs strandparksøerne. Her er beskrevet mulige indre og ydre løsninger for havnene og også set på specifik anlægsøkonomi.

Herunder gives et resume af disse beskrivelser, og der udføres en vurdering af det konkrete behov for sikring.

Sikringen langs klitterne kan ske ved simpel forhøjelse og under hensyntagen til eksisterende vegetation. Af hensyn til kystdynamikken, som har indstillet sig i en ligevægt, vil det være mest optimalt at opbygge sikringen på bagsiden af den nuværende topkote.

En ydre sikring langs de eksisterende bølgebrydere ved havneindløbet ville kræve betydelige anlæg for at sikre disse mod gennemstrømning.

Den indre sikring sker lettest omkring havnene ved etablering af en sikringsmur med porte.

Den sydlige afgrænsning bør ske i samarbejde med Greve Kommune. Den eksisterende beskyttelse omfatter indersiden af Greve Havn, samt et østvest-gående dige. For at sikre kommunerne bag strandparken mod indløb bagom havnen, skal dette dige forlænges ligesom der skal ske yderligere beskyttelse omkring havnen.

5.2.1 Optimalt sikringsniveau

Bølgetillæg

Sikringen langs Strandparken kan ske ved en forhøjelse af den eksisterende sikring. Diget består både i dag af et fordige (sandaflejringer) og et bagvedliggende dige, der forhøjes. I det eksisterende dige er der allerede et bølgetillæg, der er således kun tale om en forhøjelse svarende til den generelle vandstandsstigning.

For at opnå en sikring til stormflodskote 3,0 + bølgetillæg (samlet til kote 4,5 m) skal diget generelt hæves 0,5 m og op til 1,5 m på de laveste strækninger.

For at opnå en sikring til kote 4,0 m + bølgetillæg (samlet til kote 5,5 m) skal diget i gennemsnit skal hæves 1,5 m og op til 2,5 m på de laveste områder.

Detailberegninger kan vise, at et mindre bølgetillæg er tilstrækkeligt, da der kan tåles et overskyl til strandparksøerne uden, at det skaber oversvømmelser på de bagvedliggende ejendomme. De lavestliggende ejendomme bag strandparken, ligger omkring kote 1,0 m. Det vurderes, at der kan tillades ca. 0,5 m opstuvning i strandparksøerne uden, at der opstår problemer.

Anlægsoverslag for sikring

Til brug for vurdering af omkostningseffektiviteten anvendes overslag 1 inkl. korrektionstillæg. Dette begrundes med beregning af skadesomkostningerne ligeledes er baseret på en gennemsnitlig betragtning og både kan være lavere og højere.

Tabel 5-2 Anlægsoverslag inkl. korrektionstillæg, mio. kr.

	Indre sikring til Kote 3,0	Indre Sikring til kote 4,0	Ydre sikring til kote 3,0	Ydre sikring til kote 4,0
Ishøj Kommune	32,3	71,5	60,4	84,1
Vallensbæk Kommune	17,1	30,6	52,8	55,6
Brøndby Kommune	8,6	32,3	110,9	131,3
Samlet	58,0	134,4	224,1	271,0

Anlægsoverslag for de enkelte kommuner er beregnet i bilag B.

Vurdering af omkostningseffektivitet

Det optimale sikringsniveau vurderes ved at sammenholde omkostninger til sikring med de forventede gevinster. Dette baseres på samfundsøkonomiske betragtninger.

I rapporten rapport "Stormflod og havvandsstigninger, COWI for Regnvandsforum feb. 2018", er de samfundsøkonomiske omkostninger ved oversvømmelser opgjort for de enkelte kommuner for sig og for den tværgående infrastruktur for sig. For den tværgående infrastruktur gælder, at samfundsøkonomiske omkostninger for den enkelte kommune kun kan undgås, såfremt hele anlægget er sikret. Et nedbrud af f.eks. S-togsnettet på sydbanen forventes således at påvirke alle kystkommunerne ligeligt. Skaderne for infrastruktur kan primært henføres til forsinkelser og tabte indtægter. I de følgende beregninger er den samfundsøkonomiske gevinst for området opgjort hhv. med og uden gevinsten for sikring af den tværgående infrastruktur.

I de samfundsøkonomiske beregninger er der anlægsoverslaget justeret for nettoafgiftsfaktor, skatteforvriddningsfaktor, og der er anvendt en udgift til drift og vedligehold på 1% årligt for løsninger baseret på faste konstruktioner. For løsninger med betydelige elementer af sluser m.v. er indregnet 2% til drift og vedligehold.

I nedenstående tabel er de forventede omkostninger og gevinster sammenholdt for de 4 konkrete løsningsforslag.

Tabel 5-3 Analyse af optimalt sikringsniveau og placering af sikring ekskl. tværgående infrastruktur (Mio. kr.)

	Nuværende sikring til kote 2,3	Indre sikring til Kote 3,0	Indre Sikring til kote 4,0	Ydre sikring til kote 3,0	Ydre sikring til kote 4,0
Overslag inkl. korrektionstillæg	0	58	134	224	271
Nettonu-tidsværdi af anlæg og drift, inkl. nettoaf-giftsfaktor og skatteforvridning	0	104	242	403	488
Skader uden tiltag	342	342	342	342	342
Skader efter tiltag	342	171	73	171	73
Reduktion af skader i de 3 kommuner, inkl. skader på infrastruktur	0	171	269	171	269
Netto-gevinst	0	67	27	-232	-219

Ses der på samfundsøkonomien uden bidrag for skader på den tværgående infrastruktur, er en sikring til kote 3,0 samfundsøkonomisk mest optimale. En højere sikring til kote 4,0 giver stadig et lille overskud, men den yderligere reduktion i skader modsvares ikke af investeringerne. Inddrages betydningen af den tværgående infrastruktur ændres billedet imidlertid betydeligt.

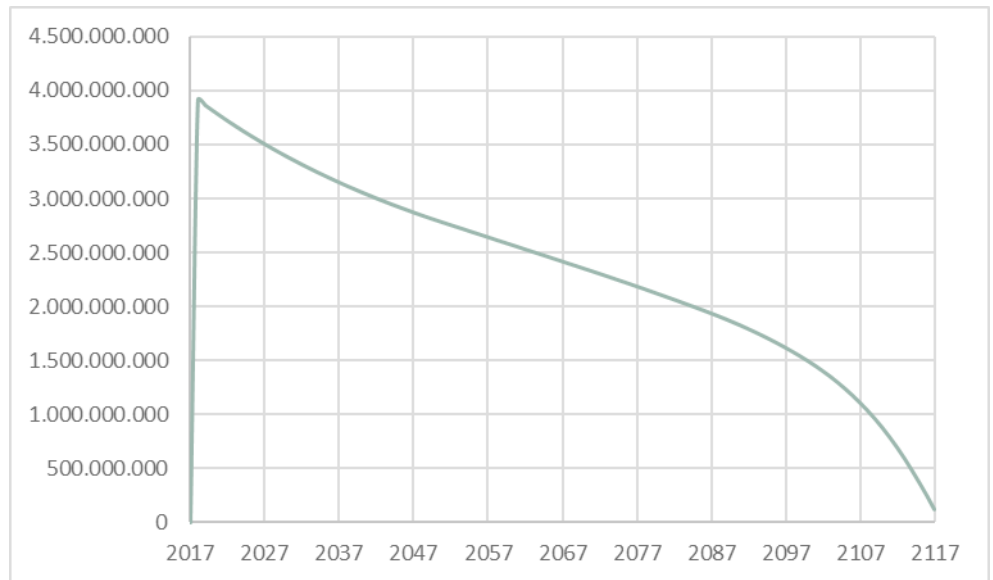
Tabel 5-4 Analyse af optimalt sikringsniveau og placering af sikring inkl. tværgående infrastruktur (Mio. kr.)

	Nuværende sikring til kote 2,3	Indre sikring til Kote 3,0	Indre Sikring til kote 4,0	Ydre sikring til kote 3,0	Ydre sikring til kote 4,0
Overslag inkl. korrektionstillæg	0	58	134,4	224	271
Nettonu-tidsværdi af anlæg og drift, inkl. nettoaf-giftsfaktor og skatteforvridning	0	104	242	403	488
Skader uden tiltag	4386	4.386	4.386	4.386	4.386
Skader efter tiltag	4386	599	226	599	226

Reduktion af skader i de 3 kommuner, inkl. skader på infrastruktur	0	3.786	4.160	3.786	4.160
Nettogevinst	0	3.683	3.918	3.515	3.672

Det fremgår af beregningerne, at, når oversvømmelsernes betydning for den tværgående infrastruktur medregnes, er en sikring til kote 4,0 mere attraktiv end en sikring til kote 3,0.

Begge løsninger giver en betydelig gevinst ift. den nuværende situation, hvor sikringsniveauet er for lavt. Der er derfor udført en analyse af, hvornår det er mest optimalt at etablere sikringen.



Figur 5-2 Vurdering af optimalt tiltagsår for indre sikring til kote 4,0. Mio. kr.

Det fremgår af beregningen, at det optimale tiltagsår for forhøjelse af den nuværende sikring fra kote 2,3 til kote 4,0 er i år 2019, med en nettogevinst på knap 4 mia. kr.

Det samme gør sig gældende for de øvrige løsninger. Det er derfor ud fra et samfundsøkonomiske perspektiv tydeligt, at det kan svare sig at øge sikringen nu.

På grundlag af analysen kan det konkluderes at:

- > Alle de foreslåede scenarier giver en betydelig samfundsøkonomisk nettogevinst. Sikring til kote 4,0 giver en større gevinst end sikring til kote 3,0. Den største del af gevinsten kommer fra påvirkning af infrastruktur, hvor

skadesopgørelsen er mere usikker og bl.a. indeholder værdien af forsinkelser (tabt arbejdstid).

- > En indre sikring er mest omkostningseffektiv.
- > Nettogevinsten være lidt større end angivet, da overhøjden på beskyttelsen også vil reducere skaderne fra stormfloder, der overskrider sikringsniveau, men er under topkoten for bølgetillægget.

En række ikke-værdisatte konsekvenser bør medtages i den samlede vurdering:

Tabel 5-5 Ikke værdisatte konsekvenser

Konsekvenser ved en højere sikring	Konsekvenser ved en lavere sikring
Tryghed	Usikkerhed, stresspåvirkninger
Reduceret eller tab af havudsigt	Bevaret udsigt, mindre reduktion
Adgang og anvendelse af havnearealer kan besværliggøres	Adgang og anvendelse af havnearealer påvirkes i mindre grad.
Mulighed for at forbedre strandparken og strande	Risiko for overskyl og digebrud ind til strandparksøerne

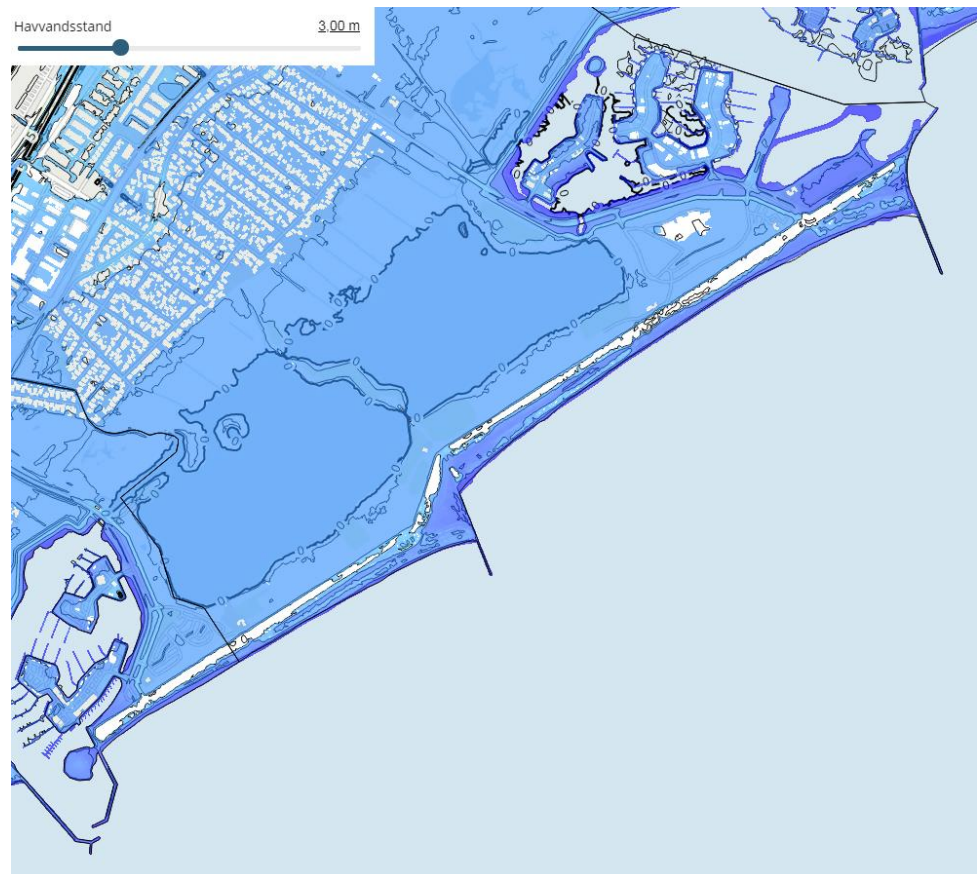
Det anbefales, at arbejde videre med at undersøge mulighederne for at forbedre den sikring som Strandparken giver. Resultaterne af denne analyse viser, at en sikring til stormflod i ca. kote 4,0 vil give en betydelig nettogevinst.

I de følgende afsnit gennemgås de enkelte kommuner for sig.

5.3 Lokal indsats i Ishøj Kommune

Ishøj Kommune er i dag beskyttet af Køge Bugt Strandpark. Beskyttelseskoten er ca. kote 2,3 m DVR90. De første steder vandet løber over ved stormflod er i havneområderne. Vandet kan strømme over i kote 2,4 i Vallensbæk Havn, og i princippet kan det strømme til fra Ishøj Kommune, hvor sikringen er lidt lavere. I kote 2,7 er lange stræk af beskyttelsen omkring havnene oversvømmet.

Diget i Strandparken oversvømmes på det laveste punkt ved en vandstand i kote 2,7 m. Ved vandstand i kote 3,0 m (eller lavere vandstand med bølger) er der flere mulige gennembrud.



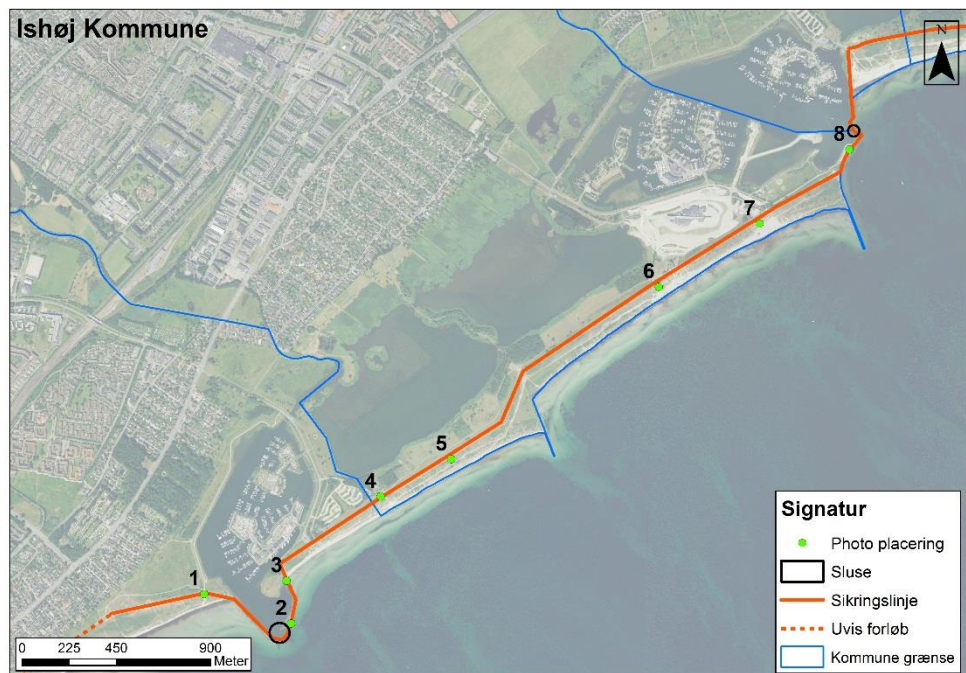
Figur 5-3 Oversvømmelser fra havet i Ishøj Kommune ved vandstand i kote 3,0 m. De laveste dele af strandparksdiget oversvømmes ved denne vandstand. (SCALGOlive).

Ved højere vandstand kan der forventes oversvømmelser, ligesom der kan ske overskyl i situationer med høj vandstand og bølger.

En yderligere beskyttelse etableres mest oplagt som en forhøjning af den eksisterende beskyttelse. Kun omkring havnearealerne vurderes det relevant at se på alternative løsninger. Her kan arbejdes med en indre sikring omkring havnen eller en ydre sikring i form af en sluseport, der kan sikre mod højvande.

Sammenhæng med nabokommuner

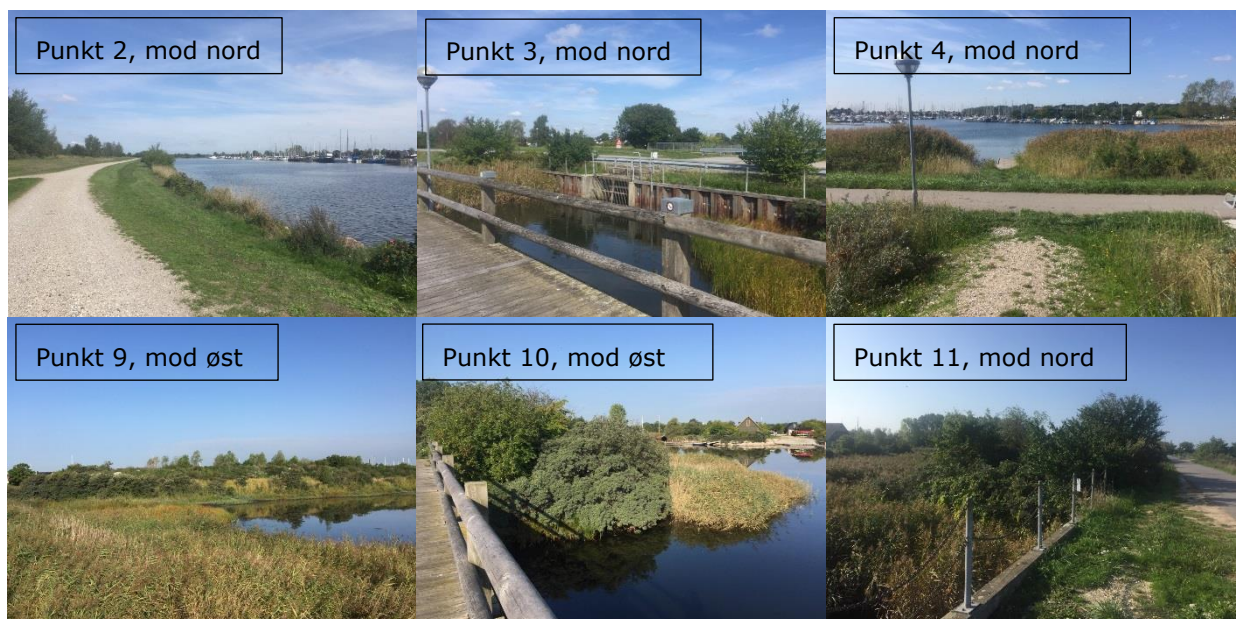
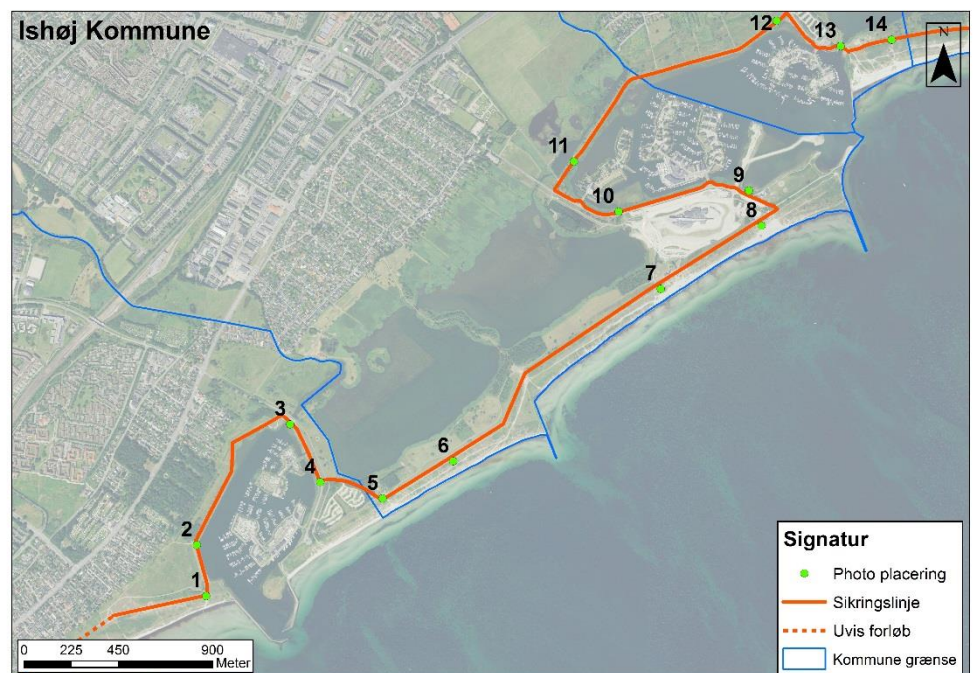
Sikring af Ishøj Kommune giver kun mening, såfremt der også sker en sikring hos nabokommunerne Greve og Vallensbæk.



Figur 5-4 Fotos langs forslag til ydre sikring i Ishøj Kommune, for strækningen langs punkterne 3 – 7 er eksisterende klitter, foto for punkt 3, 6 og 7 viser billeder af hhv. klitterne fra stranden mod nord, bag klitterne mod nord og fra toppen af klitterne mod syd.

Sikringen langs klitterne kan ske ved simpel forhøjelse under hensyntagen til eksisterende vegetation. Af hensyn til kystdynamikken, som har indstillet sig i en ligevægt, vil det være mest optimalt at opbygge sikringen på bagsiden af den nuværende topkote.

En ydre sikring langs de eksisterende bølgebrydere ved havneindløbet ville kræve betydelige anlæg for at sikre disse mod gennemstrømning.



Figur 5-5 Forslag til indre sikring i Ishøj kommune, for punkterne 1, 5 – 8 og 14 er alle fotos identiske med strækningen på Figur 5-4. Foto for punkterne 2-4 viser Greve havn og punkterne 9 – 11 viser Ishøj havn. Punkterne 12 – 14 er vist på Figur 5-7.

Den indre sikring i Ishøj Kommune kan lettest ske omkring havnene ved etablering af en sikringsmur med porte.

Den sydlige afgrænsning bør ske i samarbejde med Greve Kommune. Den eksisterende beskyttelse omfatter indersiden af Greve Havn, samt et østvest-gående dige. For at sikre Ishøj Kommune mod indløb bagom havnen, skal dette dige forlænges, ligesom der skal ske yderligere beskyttelse omkring havnen. Det vurderes ikke relevant at lave en løsning langs kommunegrænsen og Store Vejle Å, som kun beskytter Ishøj Kommune.

Mod øst skal sikringen fortsættes i et samarbejde med Vallensbæk Kommune.

Anlægsoverslag for sikring

Til brug for vurdering af omkostningseffektiviteten anvendes overslag 1 inkl. korrektionstillæg. Dette begrundes med beregning af skadesomkostningerne ligesledes er baseret på en gennemsnitlig betragtning og både kan være lavere og højere.

Tabel 5-6 Anlægsoverslag, mio. kr.

	Indre sikring til Kote 3,0	Indre Sikring til kote 4,0	Ydre sikring til kote 3,0	Ydre sikring til kote 4,0
Overslag inkl. korrektionstillæg	32.3	71.5	60,4	84.1

Anlægsoverslag er beregnet i bilag B.

5.4 Lokal indsats i Vallensbæk Kommune

Vallensbæk Kommune er i dag beskyttet af Køge Bugt Strandpark. Beskyttelses-koten er 2,3 m DVR90. De første steder vandet løber over ved stormflod er i havneområderne, og vandet kan strømme over i kote 2,32 i Hundige Havn ved kommunegrænsen til Greve Kommune. Ved en vandstand i kote 2,5 sker der også oversvømmelser af beskyttelsen i Ishøj og Vallensbæk Havn. I kote 2,7 er lange stræk af beskyttelsen omkring havnene oversvømmet.



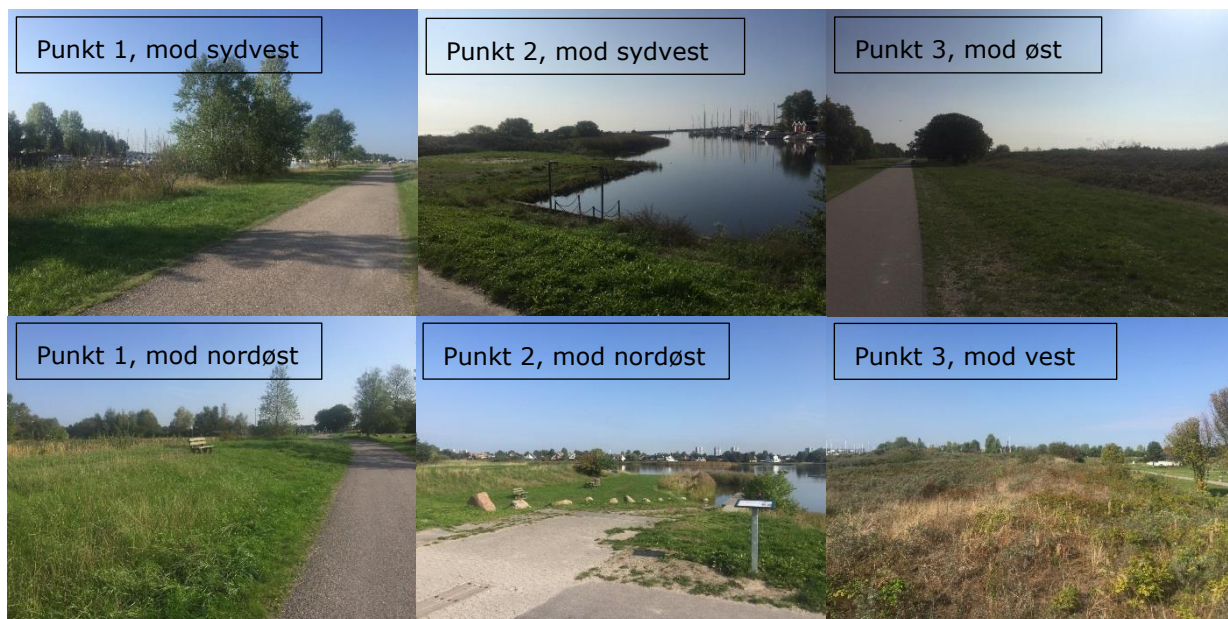
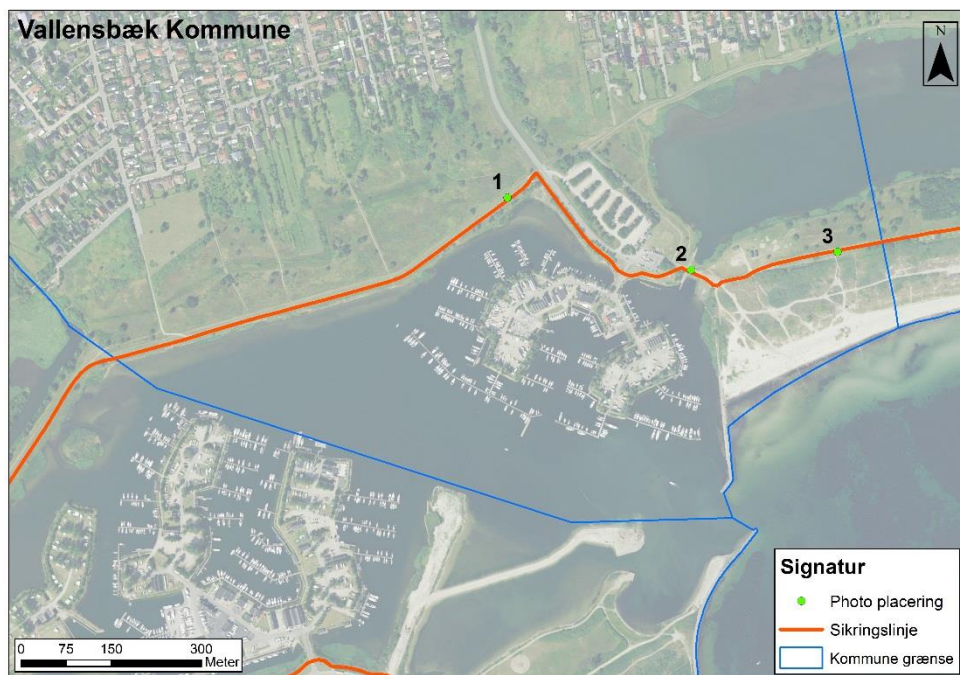
Figur 5-6 Oversvømmelse fra havet i Vallensbæk Havn ved vandstand i kote 2,4. Hele havneanlægget er oversvømmet ved kote 3,0 (SCALGOlive).

Det indre dige omkring havnen oversvømmes ved vandstand i kote 2,4, og ved kote 3,0 er hele diget oversvømmet. Stranddigerne i Vallensbæk Kommune oversvømmes først i ca. kote 3,5.

En yderligere beskyttelse etableres mest oplagt som en forhøjning af den eksisterende beskyttelse. Kun omkring havnearealerne vurderes det relevant at se på alternative løsninger. Her kan arbejdes både med en indre sikring omkring havnen eller en ydre sikring i form af en sluseport, der kan sikre mod højvande.

Sammenhæng med nabokommuner

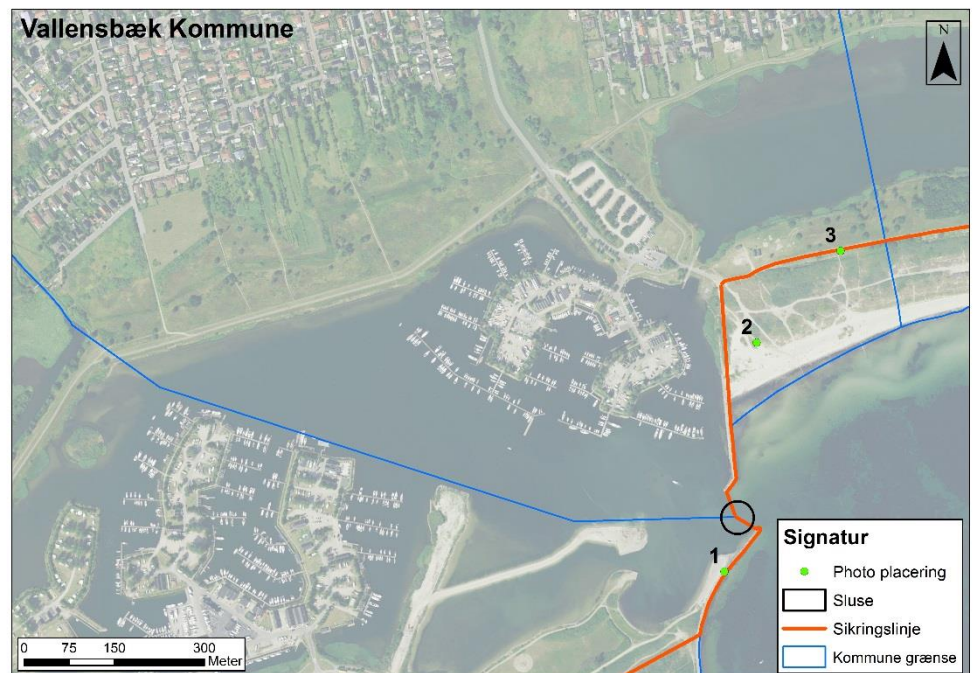
Sikring af Vallensbæk giver kun mening, såfremt der også sker en sikring hos nabokommunerne Ishøj og Brøndby.



Figur 5-7 Forslag til indre sikring i Vallensbæk Kommune, punkterne 1 - 3 illustrerer Vallensbæk havn.

Sikringen langs klitterne kan ske ved simpel forhøjelse under hensyntagen til den eksisterende vegetation. Af hensyn til kystdynamikken, som har indstillet sig i en ligevægt, vil det være mest optimalt at opbygge sikringen på bagsiden af den nuværende topkote.

En ydre sikring langs de eksisterende bølgebrydere ved havneindløbet vil kræve betydelige anlæg for at sikre disse mod gennemstrømning.



Figur 5-8 Forslag til ydre sikring ved Vallensbæk havn. punkterne 1 og 2 illustrere havnen, punkt 3 er vist på Figur 5-7.

Den sydlige afgrænsning og sikring af havnen skal ske i et samarbejde med Ishøj Kommune. Sikringen af stranddiget skal ske i et samarbejde med Brøndby Kommune.

Anlægsoverslag for sikring

Til brug for vurdering af omkostningseffektiviteten anvendes overslag 1 inkl. korrektionstillæg. Dette begrundes med beregning af skadesomkostningerne li-geledes er baseret på en gennemsnitlig betragtning og både kan være lavere og højere.

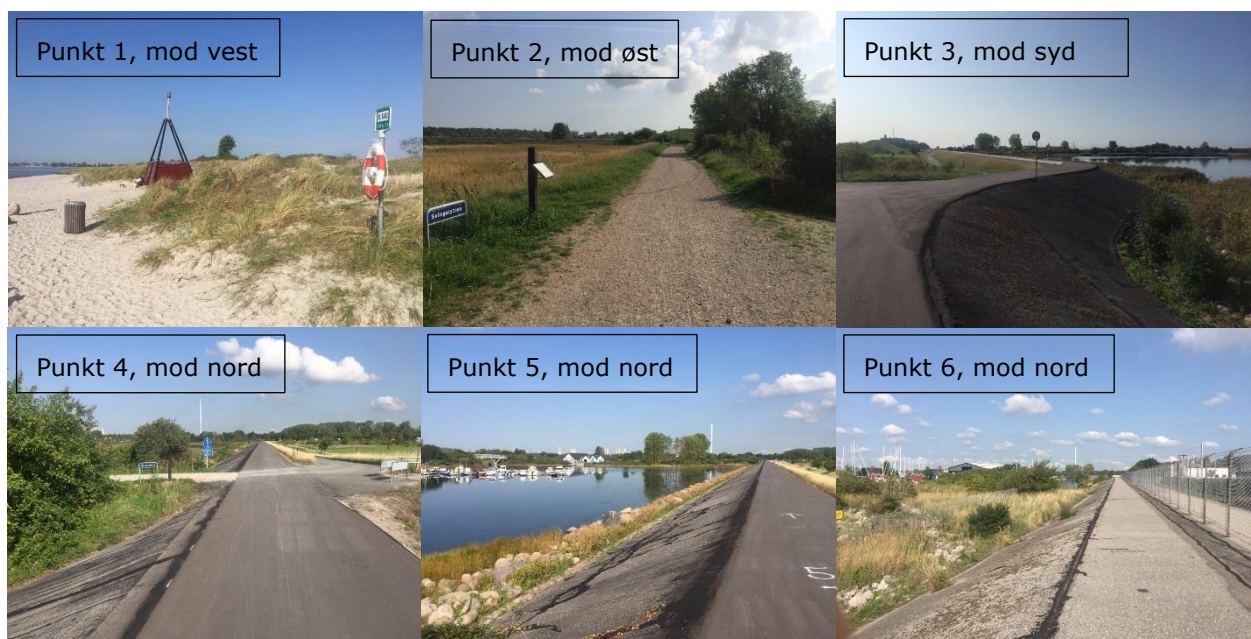
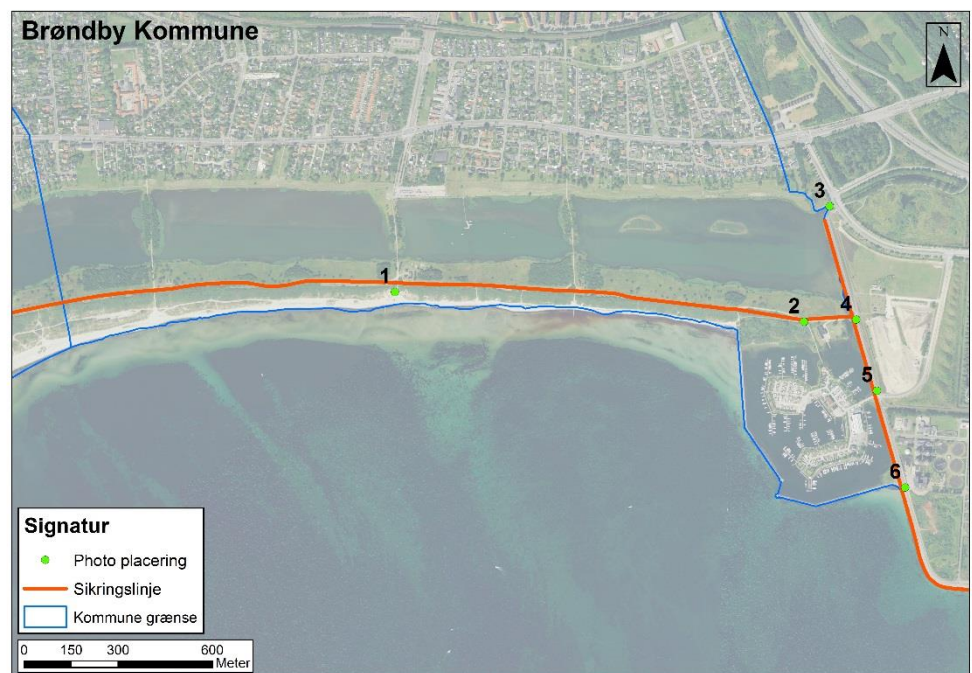
Tabel 5-7 Anlægsoverslag, mio. kr.

	Indre sikring til Kote 3,0	Indre Sikring til kote 4,0	Ydre sikring til kote 3,0	Ydre sikring til kote 4,0
Overslag inkl. korrektionstillæg	17,1	30,6	52,8	55,6

Anlægsoverslag er beregnet i bilag B.

5.5 Lokal indsats i Brøndby Kommune

Brøndby Kommune er i dag beskyttet af Køge Bugt Strandpark. Beskyttelsesko-ten er ca. 2,3 m. De første steder vandet løber over ved stormflod er i havne-områderne i nabokommunerne mod vest, hvor vandet kan strømme over i kote 2,32 i Hundige Havn, ved kommunegrænsen til Greve Kommune. Ved en vand-stand i kote 2,5 sker der også oversvømmelser af beskyttelsen i Ishøj og Val-lensbæk Havn. I Brøndby Havn kan der først ske oversvømmelser af strand-parksøerne i kote 2,7.

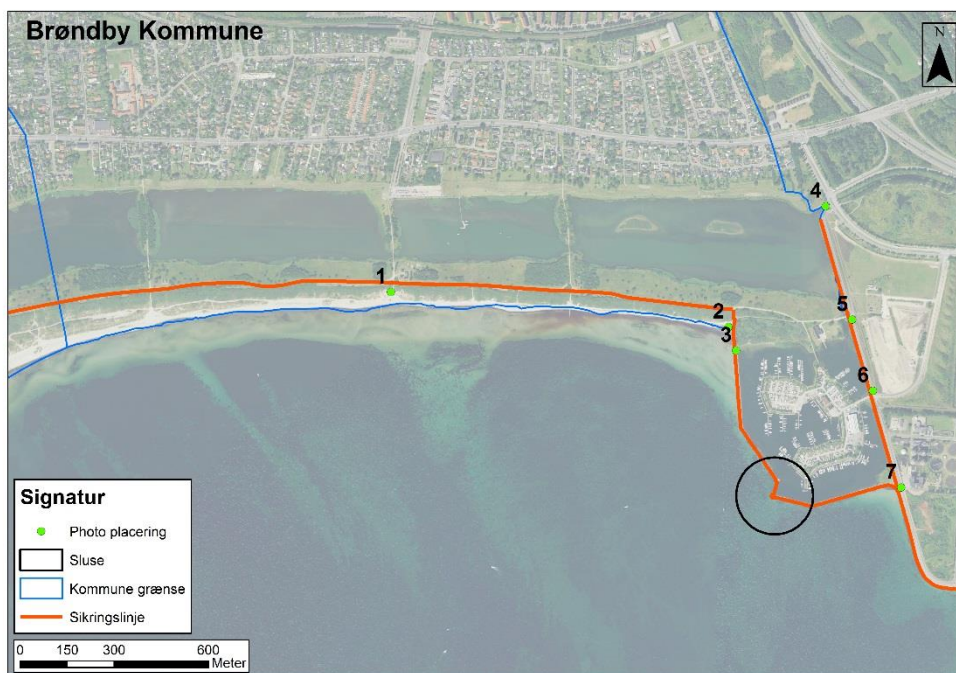


Figur 5-9 Forslag til indre sikring i Brøndby Kommune. Punkterne 1 - 6 illustrerer de eksisterende forhold omkring Brøndby Havn.

En yderligere beskyttelse etableres mest oplagt som en forhøjning af den eksisterende beskyttelse. Kun omkring havnearealerne vurderes det relevant at se på alternative løsninger. Her kan arbejdes både med en indre sikring omkring havnen eller en ydre sikring i form af en sluseport, der kan sikre mod højvande.

Sammenhæng med nabokommuner

Sikring af Brøndby giver kun mening, såfremt der også sker en sikring hos nabokommunerne Ishøj og Vallensbæk.



Figur 5-10 Forslag til ydre sikring i Brøndby Kommune. Punkterne 2, 3 og 7 viser eksisterende forhold omkring Brøndby havn. Illustreringer af punkterne 1 og 4 – 6 er vist på Figur 5-9.

Sikringen langs klitterne kan ske ved simpel forhøjelse under hensyntagen til eksisterende vegetation. Af hensyn til kystdynamikken, som har indstillet sig i en ligevægt, vil det være mest optimalt at opbygge sikringen på bagsiden af den nuværende topkote.

En ydre sikring langs de eksisterende bølgebrydere ved havneindløbet vil kræve betydelige anlæg for at sikre disse mod gennemstrømning.

Anlægsoverslag for sikring

Til brug for vurdering af omkostningseffektiviteten anvendes overslag 1 inkl. korrektionstillæg. Dette begrundes med beregning af skadesomkostningerne ligeledes er baseret på en gennemsnitlig betragtning og både kan være lavere og højere.

Tabel 5-8 Anlægsoverslag, mio. kr.

	Indre sikring til Kote 3,0	Indre Sikring til kote 4,0	Ydre sikring til kote 3,0	Ydre sikring til kote 4,0
Overslag inkl. Korrektionstillæg	8,6	32,3	110,9	131,3

Anlægsoverslag er beregnet i bilag B.

6 Indsats omkring Hvidovre og København

Sikring af Hvidovre Kommune hænger tæt sammen med en sikring af København mod syd. Effekten af en sikring ved etablering af en sluse ved Skrædderholmen gavner både København og Hvidovre kommuner.

6.1 Sikring af Hvidovre og det sydlige København

Hvidovre og Københavns kommuner er truet af stormflod fra syd. For Hvidovre Kommune er den primære trussel oversvømmelse af de lave arealer langs Hvidovre Strandvej og de lave arealer langs Harrestrup Å. For Københavns Kommune er det efter etableringen af Ullerupdiget i Tårnby Kommune primært truslen for oversvømmelser af de lavtliggende dele af det indre København, Sydhavnen og Kongens Enghave, der skal håndteres.

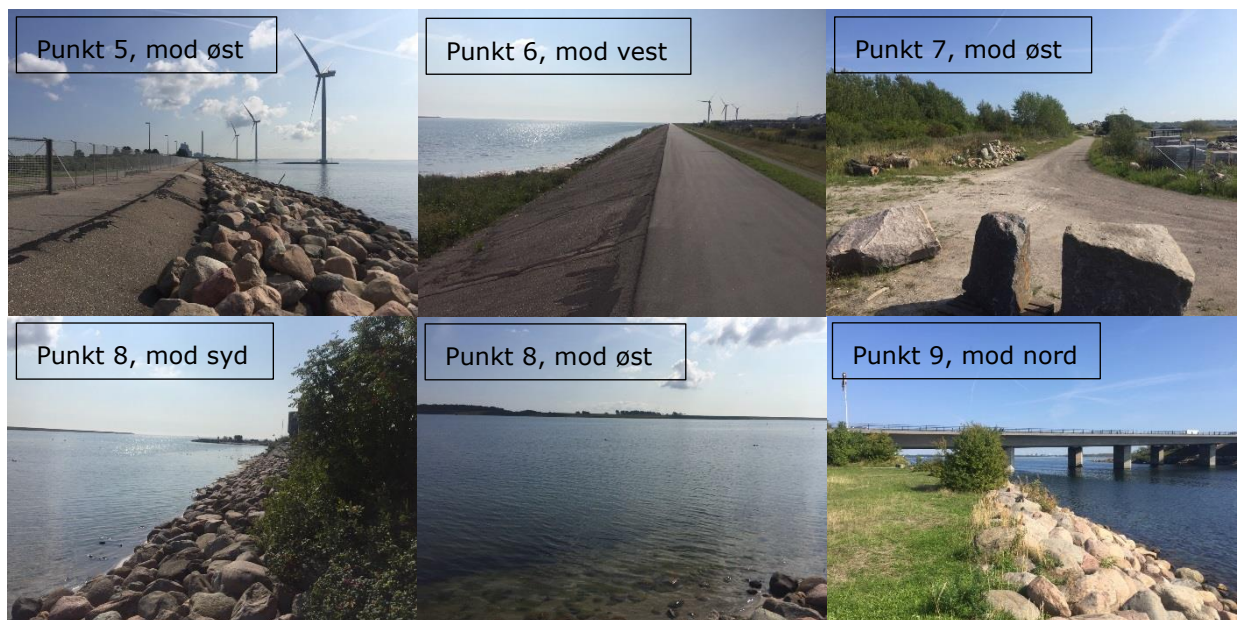
Avedøre Holme er også truet ved de mest ekstreme hændelser, da vandet i dag kan brede sig ind fra de omkringliggende områder fra Brøndby i vest og fra Hvidovre Kommune nordøst for området. Der vil derudover også på sigt blive behov for at udbygge den eksisterende sikring for at opretholde eller forbedre det nuværende sikringsniveau.

Københavns Kommune har i stormflodsplanen fra 2017 skitseret en ydre sikring med en sluseport syd for Skrædderholmen mod syd mellem Avedøre Holme og Vestamagerdiget. En sådan sikring vil både sikre det indre København samt de mest udsatte dele af Hvidovre Kommune.

Sker der ikke en forøget sikring af kommunerne mod vest, bør strækningen mod Brøndby Kommune sikres, så der ikke kan ske oversvømmelse af Avedøre Holme fra vest.



Figur 6-1 Oversigtskort med lokaliteter for fotos. På kortet er vist nuværende sikringslinje omkring Avedøre Holme samt placering af mulig sluse ved indløbet til Københavns Havn. Herved sikres de mest udsatte områder i København og Hvidovre kommuner mod stormflod fra syd.



Figur 6-2 Forslag til fortsat sikring omkring Avedøre Holme. Punkterne 5 – 9 illustrerer forholdene omkring Avedøre. Billeder fra punkter 1 – 4 er vist på Figur 5-9 og Figur 5-10.

Bølger

Hvidovre og den sydlige del af København er truet af stormflod fra syd, når en østenvind presser vand fra Østersøen op i Køge bugt.

Både Københavns Inderhavn og kysten nord for Amagermotorveien vil være beskyttet af en sluse ved Skrædderholmen. Bølgerne nord for Skrædderholmen være små, da vandstanden i Kalveboderne er lav, og bølgenes energi er brudt ind gennem indløbet ved Skrædderholmen.

COWI har for Metroselskabet udarbejdet en screening af bølgeeffekter på de eksisterende diger omkring Avedøre Holme (COWI 2018b). I studiet for Metroselskabet er der undersøgt bølger i forhold til en stormflod svarende til en 1.000-års hændelse i 2100 og en 2.000-års hændelse i 2050.

På Figur 6-3 ses, hvordan digerne omkring Avedøre Holme er opdelt i sektioner afhængig af, hvor høje og kraftige bølgerne er langs kysten på baggrund af vanddybde og vindretning i forhold til placeringen af diget.



Figur 6-3 Oversigt over dige sektioner ved Avedøre Holme (Koch, Viladsen, & Bundesen, 2018).

Højden på de eksisterende diger er estimeret som en middelbetragtning ud fra terrænmodellen (SDFE, 2015). For strækningerne AHI, AHII, AHV og AHVII er digerne trukket ind i landet, så vandstanden foran digerne er lav og bølgerne bølgerne bliver brudt. Bølgehøjden på disse strækninger estimeres til at være ≤ 40 cm og er derfor ikke behandlet yderligere. Sektionerne AHIII, AHIV og AHVI er mere udsat for bølgepåvirkning, eftersom de ligger ud til kysten, og vanddybden dermed er højere og bølgerne brydes i mindre grad, inden de rammer digerne.

Tabel 6-1 angiver bølgehøjder for de tre strækninger for en stormflod på en kote på 2,7 m ved Avedøre Holme. For strækningerne AHIII og AHVI er det eksisterende dige højere end stormflodskoten + bølgebidraget for en 300-års hændelse i dag. For strækning AHIV vil der være risiko for overskyl, hvilket lokalt skal vurderes om er acceptabelt, da der i mange tilfælde kan accepteres nogen overskyl

i ekstreme situationer. Tilsvarende forhold er estimeret for en kote på 3,5 m ved Avedøre Holme, som er lidt under en 1000-årshændelse i dag (1000-års hændelse: 3,75 ved Køge, 3,62 ved Avedøre Holme). For en lokal kote på 3,5 m vil stormfloden brede sig ind over digerene ved strækningerne AHIV, AHV og AHVII uden bølgepåvirkning. For de resterende strækninger er der risiko for overskyl under bølgepåvirkning på nær strækning AHI. Bølgehøjderne er for dette scenarie er ligeledes angivet i Tabel 6-1.

Tabel 6-1 Effekten af bølger på de strækninger langs Avedøreholme hvor disse kan have en risiko (Koch, Viladsen, & Bundesen, 2018). Effekten er vurderet for henholdsvis en 300- og ca. 1000-års hændelse i 2018 svarende til en lokal stormflodskote ved Avedøre Holme på hhv. 2,7 m og 3,5 m.

Del strækning	Eksisterende terræn kote, dige [m]	Sikringsniveau [m]	Bølger lokalt - Hs [m]	Konstruktions type	Koefficient alpha (α)	Konstruktions kote: KK = WL + α*Hs [m]
AH III	3,5	2,7 (T300)	0,55	Jorrdige	1,35	3,44
AH IV	3,2	2,7 (T300)	0,65	Jorrdige	1,35	3,58
AH VI	4,1	2,7 (T300)	0,90	Jorrdige	1,35	3,92
AH II	3,5	3,5 (T1000)	0,45	Jorrdige	1,35	4,11
AHII	3,5	3,5 (T1000)	0,60	Jorrdige	1,35	4,31
AHIV	3,2	3,5 (T1000)	0,75	Jorrdige	1,35	4,51
AHV	3,2	3,5 (T1000)	0,40	Jorrdige	1,35	4,04
AH VI	4,1	3,5 (T1000)	1,10	Jorrdige	1,35	4,99
AH VII	3,4	3,5 (T1000)	0,50	Jorrdige	1,35	4,18

Beregningerne af bølgehøjderne viser, at den eksisterende sikring omkring Avedøre Holme i kote 3,5 m, som opretholdes af digelaget, yder en god beskyttelse. Ved ekstreme hændelser med større gentagelsesperiode end 300 år, kan der forventes bølgeoverskyl, der kan medføre behov for bortpumpning af vand på indersiden, såfremt det overstiger kloakkernes kapacitet. Ved hændelser svarende til topkoten på diget i ca. kote 3,5, kan der forventes betydeligt bølgeoverskyl.

For ovenstående estimater af bølgepåvirkningen er det antaget, at eksisterende diger er designet således, at de kan modstå bølgepåvirkninger til det nuværende sikringsniveau.

6.1.1 Optimalt sikringsniveau

Bølgetillæg

I Hvidovre vil der i takt med den stigende vandstand blive behov for at øge sikringen omkring Avedøre Holme for at opretholde det nuværende sikringsniveau. Dette kan ske ved en forhøjelse af den eksisterende sikring. I det eksisterende dige er der allerede indregnet et bølgetillæg, der er således kun tale om en forhøjelse svarende til den generelle vandstandsstigning.

En løbende sikring kan ske ved at hæve og ændre hele digekonstruktionen eller ved at etablere en højvandsmur øverst på diget. Det sidste vil kunne give yderligere op til ca. 1 m højere sikkerhed, hvorimod yderligere forhøjelse vil kræve større anlægsarbejder.

Anlægsoverslag for sikring

Etablering af en sluse ved skrædderholmen er prissat i "opdateret overslag for sikring af København mod stormflod, COWI maj. 2017" til ca. 400 mio. kr. Der er ikke den store variation i de forventede priser afhængig af hvilken kote der sikres til, da selve sluseanlægget i hovedtræk består af de samme elementer uanset om koten er lidt højere eller lavere. Prisen er således estimeret til 350-420 mio. kr. i spændet fra en 100-års hændelse til en 2000-års hændelse i år 2100).

Til brug for vurdering af omkostningseffektiviteten anvendes overslag 1 inkl. korrektionstillæg. Dette begrundes med beregning af skadesomkostningerne ligledes er baseret på en gennemsnitlig betragtning og både kan være lavere og højere.

Tabel 6-2 Anlægsoverslag, mio. kr.

	Ydre sikring til kote 3,0	Ydre sikring til kote 4,0 inkl. forhøjelse af diger på Avedøre Holme
Overslag inkl. Korrektionstillæg	400	512

Anlægsoverslag er beregnet i bilag B og er angivet inkl. omkostninger til fælles sluse med København for den ydre sikring.

Vurdering af omkostningseffektivitet

Det optimale sikringsniveau vurderes ved at sammenholde omkostninger til sikring med de forventede gevinster. Dette baseres på samfundsøkonomiske betragtninger.

I rapporten rapport "Stormflod og havvandsstigninger, COWI for Regnvandsforum feb. 2018", er de samfundsøkonomiske omkostninger ved oversvømmelser opgjort for de enkelte kommuner for sig og for den tværgående infrastruktur for sig. For den tværgående infrastruktur gælder, at samfundsøkonomiske omkostninger for den enkelte kommune kun kan undgås såfremt hele anlægget er sikret. Et nedbrud af f.eks. S-togsnettet på sydbanen forventes således at påvirke alle kystkommunerne ligeligt. Skaderne for infrastruktur kan primært henføres til forsinkelser og tabte indtægter. I de følgende beregninger er den samfundsøkonomiske gevinst for området opgjort hhv. med og uden gevinsten for sikring af den tværgående infrastruktur.

I de samfundsøkonomiske beregninger er der anlægsoverslaget justeret for nettoafgiftsfaktor, skatteforvridningsfaktor og der er anvendt en udgift til drift og vedligehold på 1% årligt for løsninger baseret på faste konstruktioner alene. For løsninger, hvor der indgår betydelige elementer af f.eks. sluser, er indregnet 2% til drift og vedligehold.

I nedenstående tabel er de forventede omkostninger og gevinster sammenholdt for de 2 konkrete løsningsforslag.

*Tabel 6-3 Analyse af optimalt sikringsniveau og placering af sikring **ekskl.** tværgående infrastruktur. Beregningerne forudsætter etablering af en sluse ved Skrædderholmen. Mio. kr.*

	Nuværende situation	Ydre sikring til kote 3,0	Ydre sikring til kote 4,0
Overslag inkl. Korrektionstillæg	0	400	512
Nettonutidsværdi af anlæg og drift, inkl. nettoafgiftsfaktor og skatteforvridning	0	868	1069
Skader uden tiltag	1902	1902	1902
Skader efter tiltag	1902	782	206
Reduktion af skader i Kommunen	0	1120	1696
Nettogevinst	0	252	627

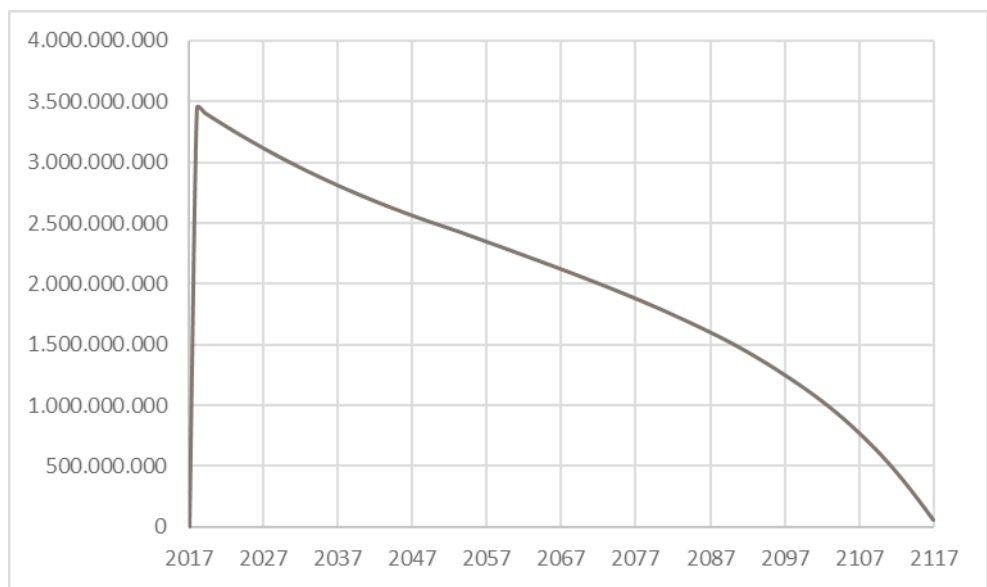
Det fremgår af beregningerne, at en sikring til kote 4,0 generelt er mere attraktiv end en sikring til kote 3,0.

*Tabel 6-4 Analyse af optimalt sikringsniveau og placering af sikring **inkl.** tværgående infrastruktur. Beregningerne forudsætter etablering af en sluse ved Skrædderholmen. Mio. kr.*

	Nuværende situation	Ydre sikring til kote 3,0	Ydre sikring til kote 4,0
Overslag inkl. Korrektionstillæg	0	400	512
Nettonutidsværdi af anlæg og drift, inkl. nettoafgiftsfaktor og skatteforvridning	0	868	1069
Skader uden tiltag	5.362	5.362	5.362
Skader efter tiltag	5.362	2.302	837

Reduktion af skader i Kommunen	0	3.060	4,524
Netto-gevinst	0	2.192	3.455

Det fremgår af beregningerne, at det er mest optimalt at etablere en samlet sikring af Hvidovre og København syd i et niveau der modsvarer en stormflodskote i kote 4,0. Der er derfor udført en analyse af, hvornår det er mest optimalt at etablere sikringen.



Figur 6-4 Vurdering af optimalt tiltagsår for ydre sikring til kote 4,0

Det fremgår af beregningen, at det optimale tiltagsår for etablering af en port ved Kalveboderne og forhøjelse af den nuværende sikring fra kote 2,3 til kote 4,0 er i år 2019 med en nettogevinst på ca. 3,5 mia. kr.

Det er særligt risikoen relateret til oversvømmelse af infrastruktur, der slår igennem i beregningerne.

På grundlag af analysen kan det konkluderes at:

- > En sikring til kote 4,0 er omkostningseffektiv og giver et nettooverskud på ca. 3500 mio. kr. i nettonutidsværdi.
- > En sikring til kote 4,0 giver en større nettogevinst end en sikring til kote 3,0.
- > For Hvidovre og København Syd samlet set, bør sikringen iværksættes hurtigst muligt. Det er særligt risikoen i Hvidovre Kommune og på den tværgående infrastruktur, der trækker resultatet den vej. Sikringen har dog først fuld effekt, når der samtidig sikres mod indløb fra Brøndby Kommune til Avedøre Holme.

- > Nettogevinsten være lidt større end angivet, da overhøjden på beskyttelsen også vil reducere skaderne fra stormfloder, der overskrider sikringsniveauet, men er under topkoten for bølgetillægget.

Der er en række ikke værdisatte konsekvenser, der bør medtages i den samlede vurdering:

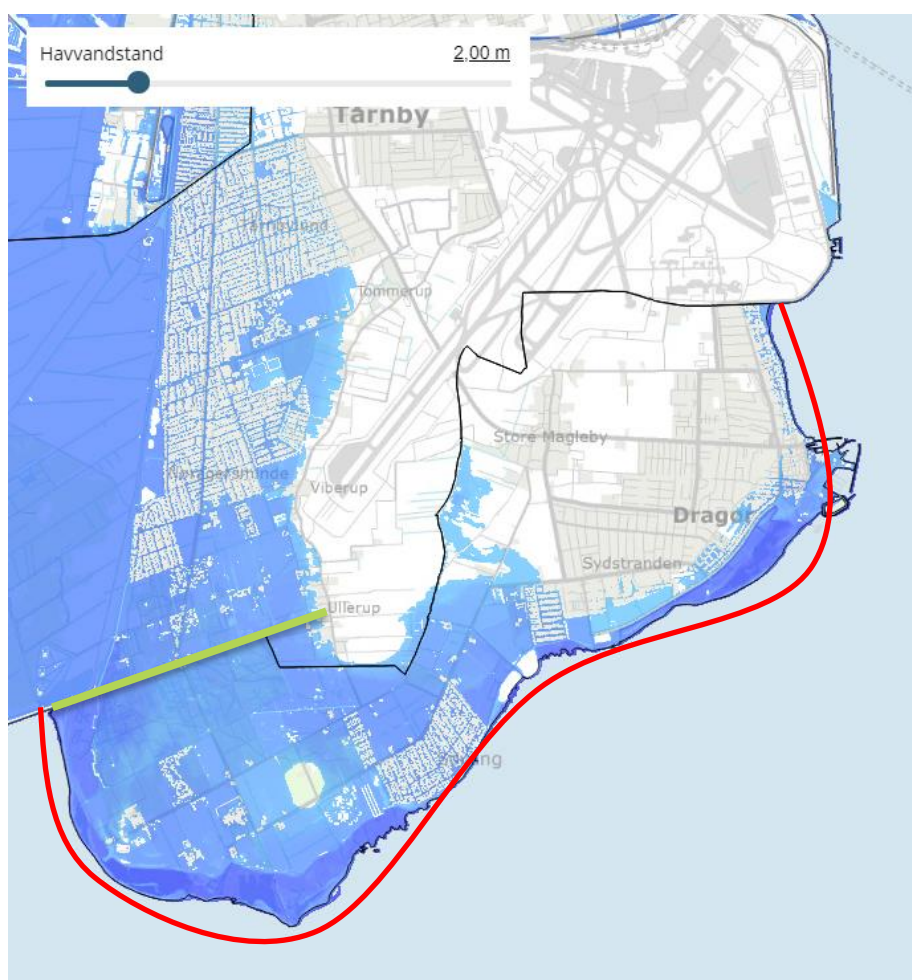
Tabel 6-5 Ikke værdisatte konsekvenser

Konsekvenser ved en højere sikring	Konsekvenser ved en lavere sikring
Tryghed	Usikkerhed, stresspåvirkninger
Reduceret eller tab af havudsigt	Bevaret udsigt, mindre reduktion
Adgang og anvendelse af havnearealer kan besværliggøres	Adgang og anvendelse af havnearealer påvirkes i mindre grad.
Reduceret risiko for miljømæssige konsekvenser som oversvømmelser af virksomheder, oplag mm.	Ingen eller kun mindre begrænsning af risiko for miljømæssige konsekvenser af oversvømmelser.

7 Indsats omkring Amager syd

Sikring af Amager mod oversvømmelser kræver sikring langs både Tårnby, Dragør og Københavns kystlinje. I dette afsnit beskrives den mulige sikring fra området syd for Vestamagerdiget langs Dragør Kommunes kystlinje og videre mod nord til lufthavnen.

De første steder vandet strømmer over ved stormflod er i den vestlige del af Dragør Kommune, hvor store naturområder og strandenge oversvømmes. De nuværende historiske strandvolde i syd yder kun ringe beskyttelse og har topkote mellem 1 og 2 m over daglig vande. Der kan således forekomme oversvømmelser bag dette med en gentagelsesperiode på ned til 1 år. Dragør syd og Dragør nord er beskyttet til ca. kote 2,0 og 1,7, hvilket giver et sikringsniveau svarende til ca. en 50-års hændelse (www.dragoer.dk). De 1,7 m svarer til sikringsniveauet i den sydlige del af Tårnby Kommune op til lufthavnen



Figur 7-1 Oversvømmelser fra havet langs amager syd ved kote 2,0. Det nyetable-rede Ullerupdige er vist med grønt. Det vil hindre oversvømmelser i Tårnby nord for diget, der er vist på kortet. Der er endvidere angivet en principiel sikringslinje lang kysten, der illustrerer behovet for sikring (SCALGOlive).

Ved højere vandstand end 1,7-2,0 m kan der forventes oversvømmelser, ligesom der kan ske overskyl i situationer med høj vandstand og bølger.

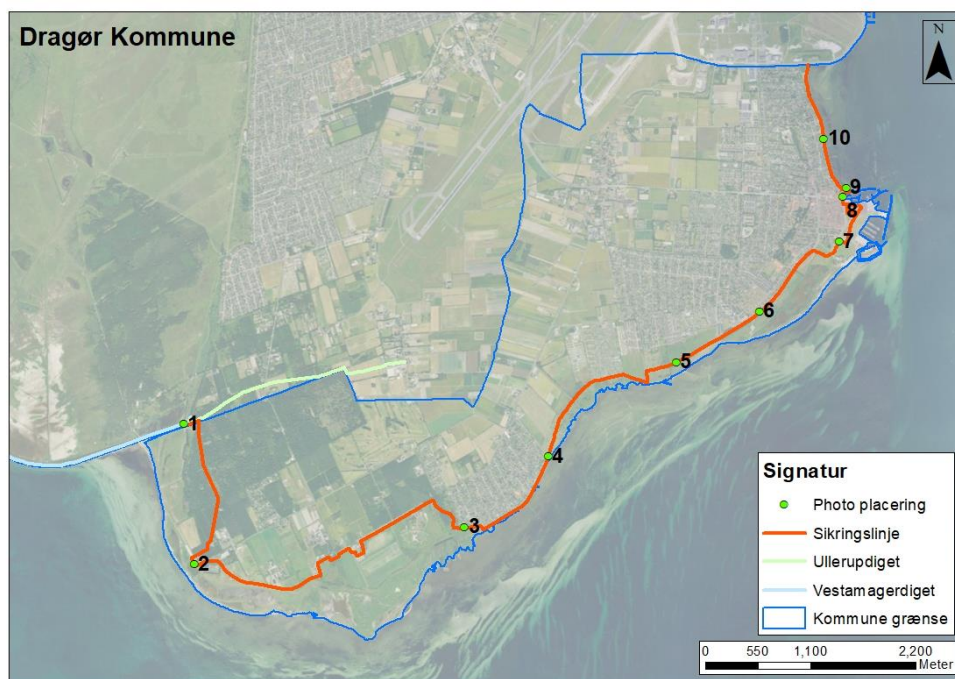
7.1 Sikring i Dragør Kommune

Bølgetillæg

I Dragør bør sikringen ske ved en samlet digeløsning for hele kommunens kyststrækning. Dette medfører forhøjelse af de nuværende diger og etablering af nye diger langs kysten.

Dragør Kommune har udarbejdet 2 mulige løsninger, som beskytter til hhv. en 100-års stormflod og en 500-års stormflod, begge for år 2050. Dragør Kommunalbestyrelse besluttede herefter 21. juni 2018, at sikre Dragør Kommune til minimum en 100-års stormflod med havvandsstand i år 2050, og samtidig udarbejde en langsigtet strategi til år 2100 med henblik på at udbygge kystbeskyttelsen yderligere.

Nærværende rapport tager dog udgangspunkt i den indledende undersøgelse af to forskellige sikringsniveauer til hhv. 100 og 500 år i 2050. Sikringskoterne svarer til ca. kote 2,0 og kote 2,8 inkl. bølgetillæg i Dragør by. Både stormflodskoten og bølgetillægget varierer langs kysten. Diget etableres således ikke med samme kote hele vejen, men således at det giver den samme beskyttelse mod en stormflod langs hele kyststrækningen.



Figur 7-2 Sikringslinje i Dragør Kommune. På kortet er endvidere vist fotolokaliteter. Fotos fra besigtigelse er gengivet herunder.



Figur 7-3 Fotolokaliteter langs kysten i Dragør



Figur 7-4 Dragør by

Anlægsoverslag for sikring

Til brug for vurdering af omkostningseffektiviteten anvendes overslag 1 inkl. korrektionstillæg. Dette begrundes med beregning af skadesomkostningerne ligesledes er baseret på en gennemsnitlig betragtning og både kan være lavere og højere.

Tabel 7-1 Anlægsoverslag, mio. kr. ekskl. moms,

	Sikring til 100-års hændelse, i år 2050	Sikring til 500-års hændelse i år 2050
Overslag inkl. Korrektionstillæg	100	270

Anlægsoverslag er baseret på kommunens skitseprojekt

Vurdering af omkostningseffektivitet

Det optimale sikringsniveau vurderes ved at sammenholde omkostninger til sikring med de forventede gevinster. Dette baseres på samfundsøkonomiske betragtninger.

I de samfundsøkonomiske beregninger er anlægsoverslaget justeret for nettoafgiftsfaktor, skatteforvridningsfaktor, og der er anvendt en udgift til drift og vedligehold på 1% årligt.

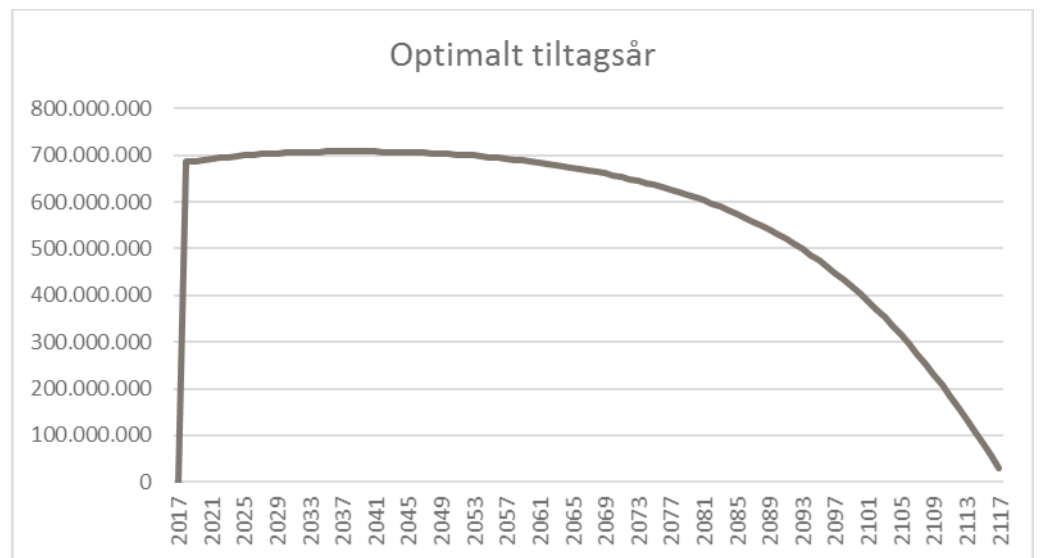
I nedenstående tabel er de forventede omkostninger og gevinster sammenholdt for de 4 konkrete løsningsforslag.

Tabel 7-2 Analyse af optimalt sikringsniveau og placering af sikring, mio. kr.

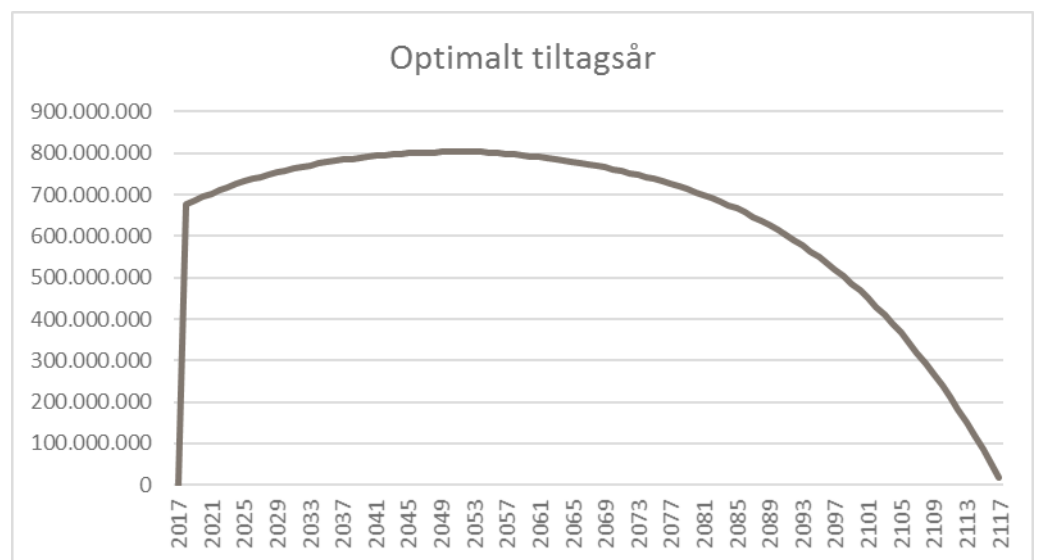
	Sikring til 100-års hændelse, i år 2050	Sikring til 500-års hændelse i år 2050
Overslag inkl. Korrektionstillæg	100	270
Nettonutidsværdi af anlæg og drift, inkl. nettoafgiftsfaktor og skatteforvridning	180	485
Skader uden tiltag	1488	1488
Skader efter tiltag	623	327
Reduktion af skader i Kommunen	865	1161
Nettogevinst*	686	676

I beregning af nettogevinsten er ikke taget hensyn til den eventuelle sikring som anlægget kan have på tværgående infrastruktur. Efter anlæg af Ullerupdiget i Tårnby Kommune er en del af denne risiko delvist fjernet, men lufthavnen er stadig udsat. Ved en høj sikring langs kysten i Dragør vil der opnås en sikring af f.eks. lufthavnen mod indløb af vand fra Dragør. Kun en høj sikring vil bidrage til reduktion af risikoen for lufthavnen.

De to løsninger er meget sammenlignelige i nettonutidsværdi. Den høje sikring er dyrere, men reducerer skaderne yderligere svarende til meromkostningen. Der er udført en beregning af de optimale tidspunkter for etablering, da dette kan bidrage til beslutningsstøtte.



Figur 7-5 Vurdering af optimalt tiltagsår for sikring af Dragør til en 100-års hændelse i 2050



Figur 7-6 Vurdering af optimalt tiltagsår for indre sikring til kote en 500-års hændelse i 2050

Det fremgår af beregningen, at det optimale tiltagsår for forhøjelse af den nuværende sikring for en 100-års hændelse er i 2038 med en nettogevinst på 708 mio. kr. For en sikring til en 500-års hændelse er det optimale sikringsår 2052, hvor nettogevinsten er 804 mio. kr. Allerede i år 2022 overstiger gevinsten den optimale gevinst ved at sikre til en 100-års hændelse. Beregningerne viser således at, det på den korte bane er mest optimalt at sikre sig til det lave niveau, men at sikringen bør forberedes til senere forhøjelse, da det i løbet af en årrække vil være mere optimalt med en højere sikring, set alene ud fra de samfundsøkonomiske betragtninger.

På grundlag af analysen kan det konkluderes at:

- > De to mulige løsninger er samfundsøkonomisk ligeværdige, såfremt de skal etableres nu. Begge løsninger giver et betydeligt samfundsøkonomisk overskud ift. investeringen.
- > Bygges en sikring til et lavt niveau, bør den forberedes til forhøjelse på relativt kort sigt, såfremt man ønsker en samfundsøkonomisk optimal sikring.
- > For Dragør isoleret set, bør sikringen iværksættes indenfor en kort årrække.
- > Nettogevinsten vil være lidt større end angivet, da overhøjden på beskyttelsen også vil reducere skaderne fra stormfloder, der overskrider sikringsniveau, men er under topkoten for bølgetillægget.

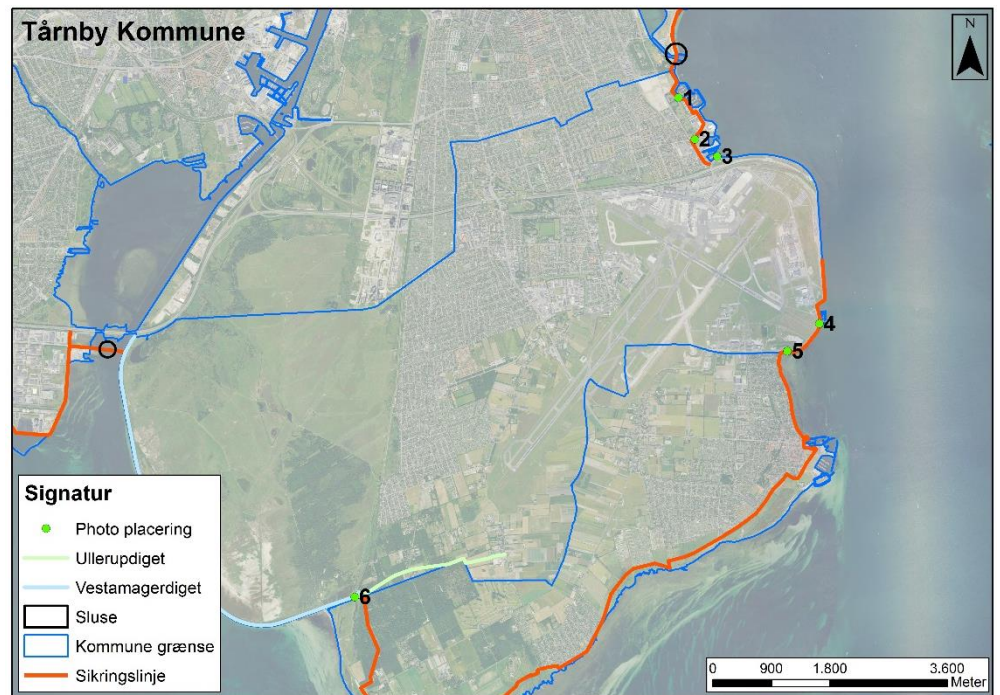
En række ikke værdisatte konsekvenser bør medtages i den samlede vurdering:

Tabel 7-3 Ikke værdisatte konsekvenser

Konsekvenser ved en højere sikring	Konsekvenser ved en lavere sikring
Tryghed	Usikkerhed, stresspåvirkninger
Reduceret eller tab af havudsigt	Bevaret udsigt, mindre reduktion
Adgang og anvendelse af havnearealer kan besværliggøres	Adgang og anvendelse af havnearealer påvirkes i mindre grad.

7.2 Sikring i sydlige del af Tårnby Kommune

Tårnbys kystlinje mod vest er beskyttet af Vestamagerdiget og Ullerupdiget, der forventes færdigt i foråret 2019. Der er således primært brug for en beskyttelse på den østlige kystlinje. Her grænser en stor del af kystlinjen op til de store infrastrukturenlæg, Københavns Lufthavn og Øresunds landanlæg. I forhold til sikringen mod en oversvømmelse, der breder sig ind over det sydlige Amager, er der behov for en supplerende sikring i den sydlige del af Tårnby Kommune ved lufthavnen.



Figur 7-7 Nuværende sikring af Tårnby og forslag til sikring omkring den vestlige del

7.2.1 Effekt af Ullerup diget

I forbindelse med udførelse af de hydrauliske beregninger og samfundsøkonomiske beregninger er der udført beregninger med og uden Ullerupdiget.

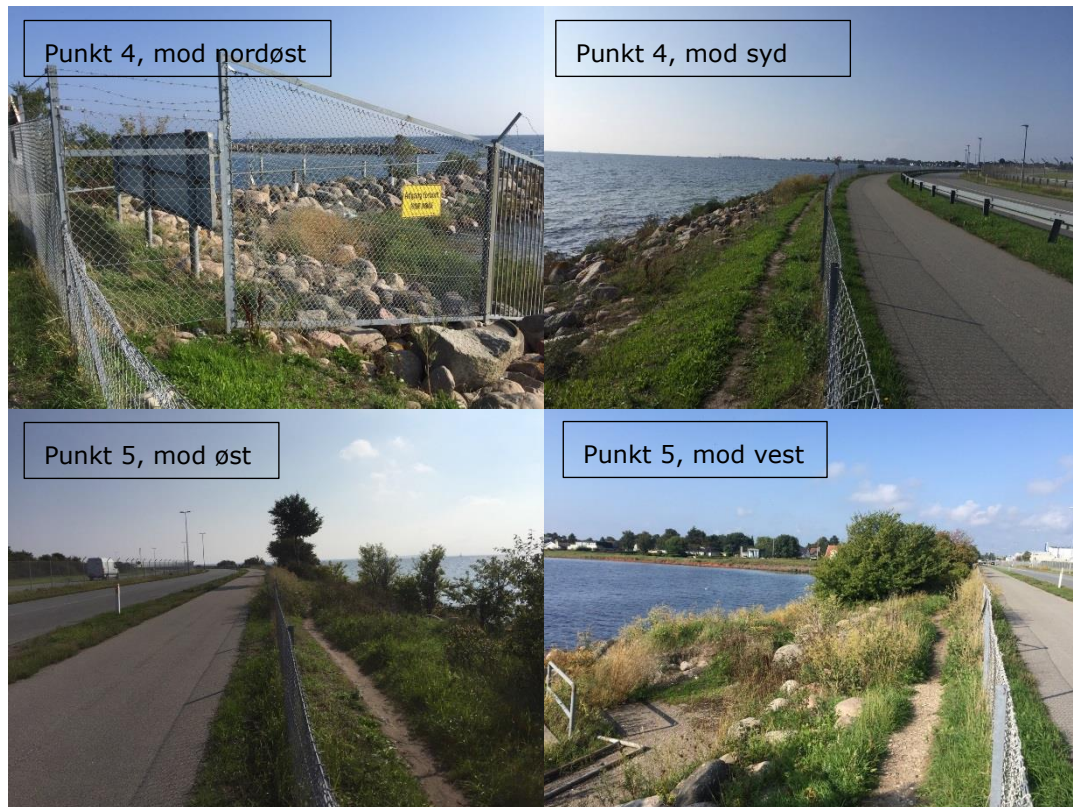
Tabel 7-4 Analyse af effekt af etablering af Ullerupdiget, mio. kr.

	Tidligere situation	Efter etablering af Ullerupdiget
Etableringsomkostninger	0	10*
Nettonutidsværdi af anlæg og drift, inkl. nettoafgiftsfaktor og skatteforvridding	0	18
Skader uden tiltag	2567	2567
Skader efter tiltag	2567	188
Reduktion af skader i kommunen	0	2.379
Nettogevinst	0	2.361

* Skøn over udgifter

Den samlede gevinst ved etablering af Ullerupdiget kan på grundlag af de principper, der anvendes i denne rapport, opgøres til godt 2 mia. kr. i nettonutidsværdi.

Ullerupdiget har således reduceret den samlede risiko i Tårnby Kommune betydeligt. Tilbage er primært en risiko knyttet til de store infrastrukturanlæg som lufthavnen, metroen og Øresundsforbindelsen.



Figur 7-8 Fotopunkter langs kystlinjen ved lufthavnen.



Figur 7-9 Afslutningen af Vestamagerdiget. Hvor Ullerupddiget nu er næsten færdig-etableret.

8 Indsats omkring nordlige Tårnby og nordlige København

Sikring af den nordlige del af København bør ske samtidig med en sikring i Tårnby Kommune ved Kastrup. Herved skabes en samlet sikringslinje fra Gentofte Kommune til Øresunds landanlæg og lufthavnen.



Figur 8-1 Gengivelse af forslag til sikring af København fra Københavns Kommunes stormflodsplan

Bølger

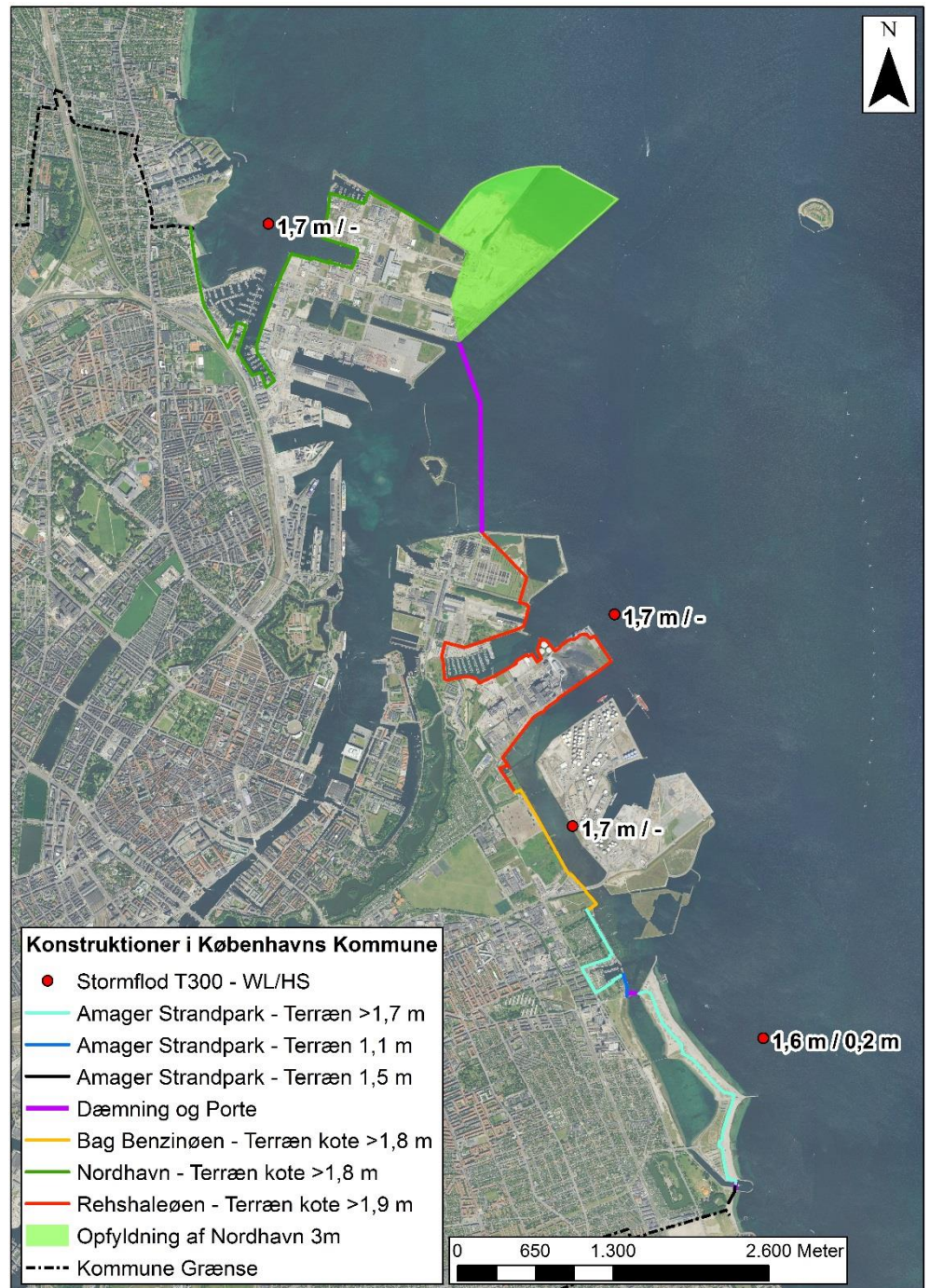
Effekten af såvel bølger som højvande i Københavns kommune varierer meget afhængig af lokalitet. I forbindelse med stormflodsplanen undersøgte COWI bølgebidragene for forskellige lokaliteter langs København Kommunes kyst ved en 1.000 års højvande. For yderligere detaljer henvises til (COWI 2018b). I stormflodsplanen er det antaget, at der bygges sluser eller porte mod stormflod fra syd og nord ved henholdsvis Skrædderholmen og Trekroner. Derfor er der i nedenstående ikke beskrevet effekterne af bølger i Københavns inderhavn, da denne vil være beskyttet af sluser eller porte.

For kyststrækningerne langs Københavns Kommune som fremover ikke beskyttes af sluser i nord og syd, er det en 300-års stormflod fra nord, som er dimensiongivende. Af tidligere analyser kan konkluderes, at der kun er to korte strækninger ved Amager Strandpark, hvor en 300-års stormflod fra nord vil oversvømme det eksisterende terræn og bølger vil have en indvirkning på beskyttelseskonstruktioner. Dette er også i overensstemmelse med erfaringerne under stormen Bodil i 2013, hvor vandet i Københavns Kommune kun overskred kajkanterne i inderhavnen. På Figur 8-2 kan man se de eksisterende terrænkoter og stormflodskoter for de enkelte strækninger samt bølgehøjderne de steder, hvor de eksisterende terræn bliver oversvømmet. Stormflodskoter og bølger ved dæmninger og porte er listet i Tabel 8-1.

Tabel 8-1 Konstruktions koter for dæmning og sluser konstruktioner i Københavns kommune eksemplificeret ved en 300-års hændelse. For Trekroner og Amager Strandpark er det en stormflod fra nord der er dimensionerende og for Skrædderholmen en stormflod fra syd.

Type	Vanddybde normal [m]	WL R = 300 [m]	VD = WL + VDN	Bølger dybt vand - Hs [m]	Bølger lokalt - Hs [m]	Konstruktions type	Koefficient alpha α	Konstruktions kote - KK = WL + $\alpha \cdot Hs$ [m]	Højde af konstruktion fra havbund [m]
Trekroner	10	1,7	11,7	3,0	3,0	Sluse/dæmning	1,5	6,2	16,2
Amager Strandpark, nord	1,5	1,6	3,1	2,4	1,6	Sluse/dæmning	1,5	4,0	5,5
Amager Strandpark, syd	2,0	1,6	3,6	2,0	1,8	Sluse/dæmning	1,5	4,4	6,4

Ved et højere sikringsniveau vil bølgebidraget blive lidt højere. Det skal ved detailprojektering fastlægges, hvor stort overskyl man kan tillade, ligesom der da bør udføres mere detaljerede vurderinger af bølgepåvirkningen.



Figur 8-2

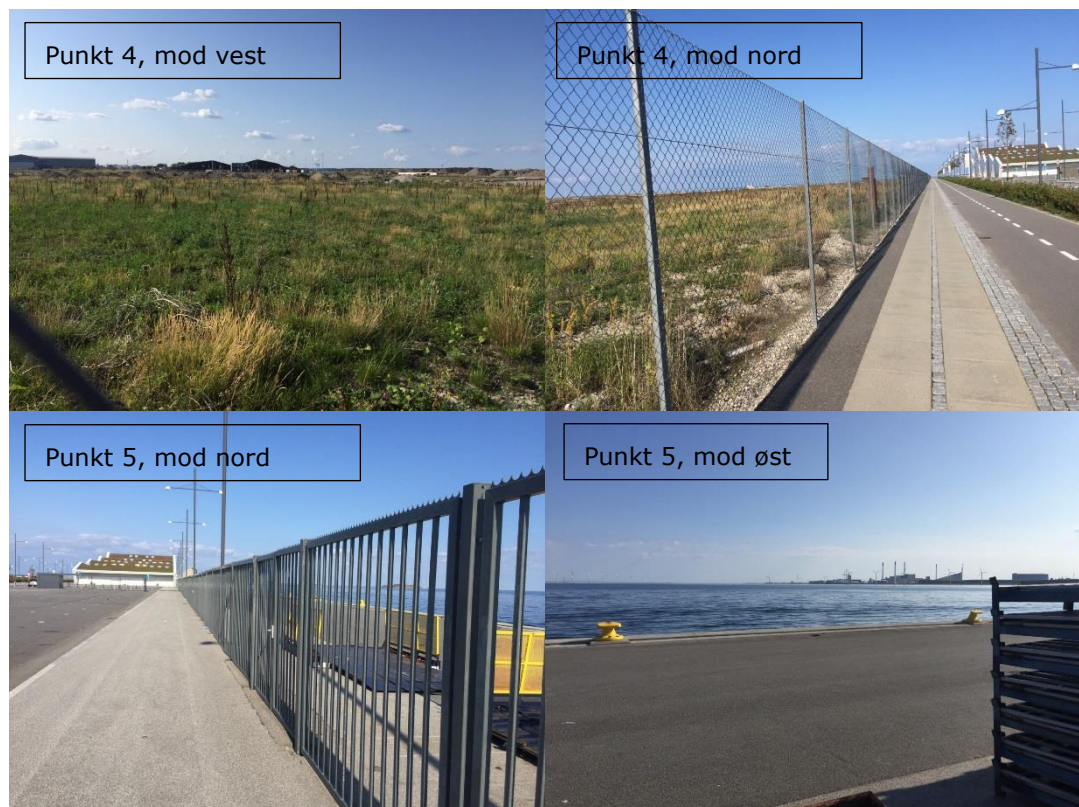
Stormflodskoten langs kysten ved en 300-års hændelse fra nord ved fire lokaliteter langs kysten. Bølgehøjden ved terrænet er angivet, hvor stormflodskoten overskrider det eksisterende terræn. Det eksisterende terræn angivet ved mulige konstruktioner langs Københavns Kommunes kyst. Det eksisterende terræn er lavere end stormflod ved to lokaliteter ved Amager Strandpark, hvor bølgehøjden kan have en effekt på terrænet. Forholdene for dæmninger og porte er angivet i Tabel 8-1.



Figur 8-3 Oversigt af fotos ved Københavns nordkyst.



Figur 8-4 Billeder ved Nordhavn



Figur 8-5 Billeder af Oceankaj



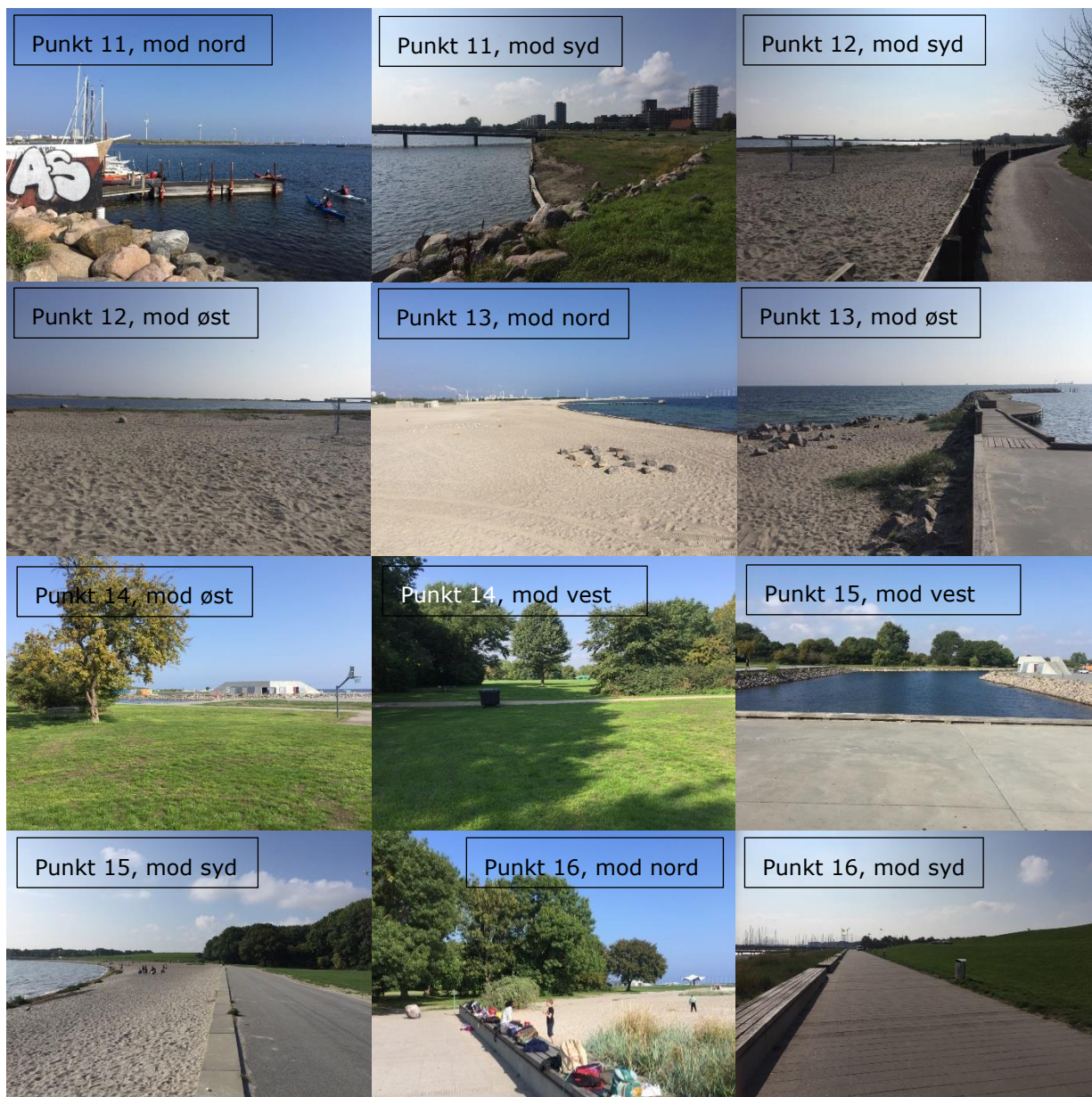
Figur 8-6 Kysten ved Lynetten



Figur 8-7 Bag prøvestenen



Figur 8-8 Sundby Havn



Figur 8-9 Amager Strandpark

8.1 Nordøstlige del af Tårnby Kommune

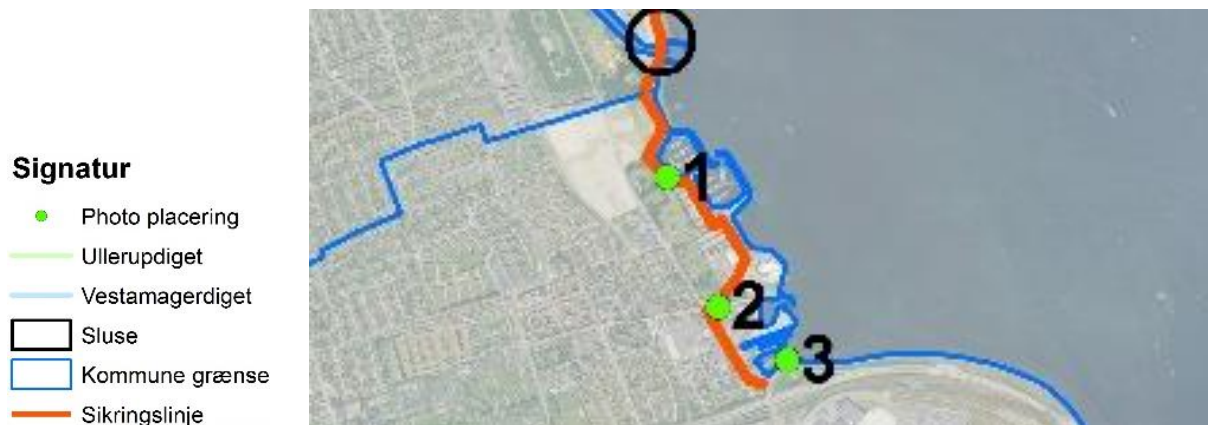
Her grænser en stor del af kystlinjen op til de store infrastrukturanlæg Københavns Lufthavn og Øresunds landanlæg. Nord for Øresundsforbindelsen er der en behov for sikring af kystlinjen i Kastrup.

Sikringen skal ses sammen med sikring af København og linjen indgår også som en mulig linjeføring for Østlige Ringvej, der omfatter et alternativ langs Amagers

østkyst, der ligeledes kan fungere som klimasikring¹. Det er således muligt, at der i forbindelse med Østlig Ringvej projektet vælges en løsning, der imødegår klimasikringen af Tårnby og Københavns kommuners kystlinjer langs den nord-østlige del af Amager.

I nærværende undersøgelse er fokuseret på den største udfordring, nemlig lige nord for Øresundsforbindelsen mod nord til kommunegrænsen til Københavns Kommune, hvor løsningen fortsættes ved en udvidelse af Amager Strandpark.

Der er i det følgende skitseret to mulige løsninger. En løsning der ligger så kystnært som muligt og en løsning der følger amager Strandvej.



Figur 8-10 Forslag til sikring omkring nordøstlige del af Tårnby. Her er vist den kystnære løsning med angivelse af fotolokaliteter.

¹ <http://www.vejdirektoratet.dk/DA/vejprojekter/ostlig-ringvej/Dokumenter/Documents/Till%c3%a6gskommissorium%20for%20forunders%c3%b8gelse%20af%20%c3%98stlig%20Ringvej.pdf>

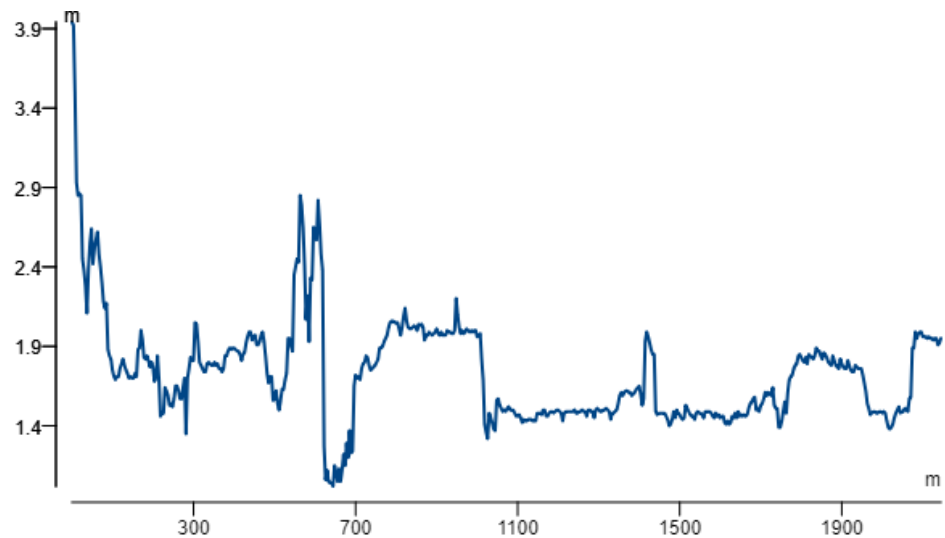


Figur 8-11 Fotopunkter langs kystlinjen i Kastrup

Sikringen langs Tårnby Kommunes kystlinje foreslås etableret som en højvandsmur, som det kendes fra bl.a. Lemvig.

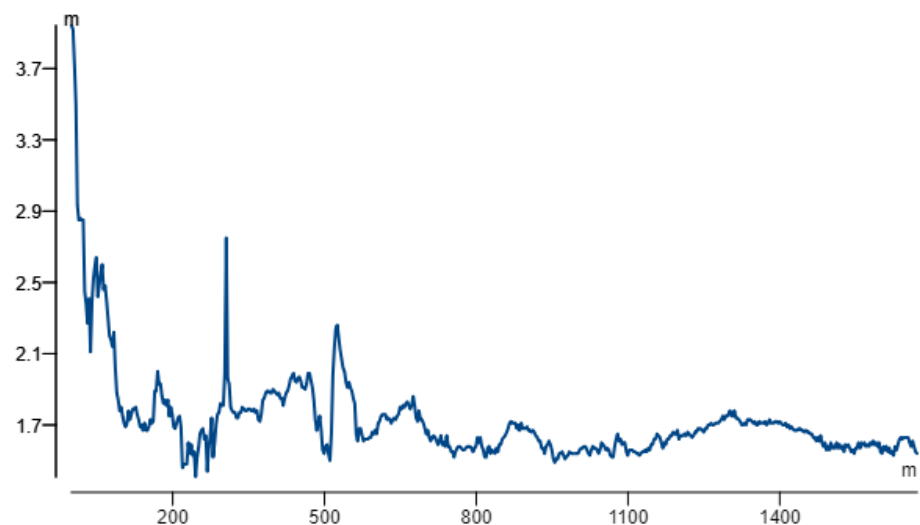


Figur 8-12 Illustration af to mulige traceer for sikring af den nordlige del af Tårnby Kommune



Figur 8-13 Længdeprofil af den kystnære trace vist fra syd mod nord.

I det kystnære trace ligger terrænet omkring kote 1,5-1,6 m med enkelte lavere og højere partier. Traceet støder op til tilslutningsanlægget, hvor koten er ca. 4.0.



Figur 8-14 Længdeprofil af traceet langs Amager Strandvej, vist fra syd mod nord.

Traceet langs Amager Strandvej er ret fladt, med terrænkoter omkring 1,7 m. Traceet støder op til tilslutningsanlægget, hvor koten er ca. 4.0.

8.2 Optimalt sikringsniveau for den nordlige Tårnby og København

Anlægsoverslag for sikring

Etablering af en nordlig sikring af København er prissat i "opdateret overslag for sikring af København mod stormflod, COWI maj. 2017" til ca. 3100 mio. kr. Der

er ikke den store variation i de forventede priser afhængig af hvilken kote, der sikres til, da selve sluseanlægget består af de samme elementer, uanset om koten er lidt højere eller lavere. Prisen er således estimeret til 2900-3100 mio. kr. i spændet fra en 100-års hændelse til en 2000-års hændelse i år 2100. Tillægget for en sikring i Tårnby langs Amager Strandvej udgør således kun en lille del af det samlede overslag.

Til brug for vurdering af omkostningseffektiviteten anvendes overslag 1 inkl. korrektionstillæg. Dette begrundes med beregning af skadesomkostningerne ligledes er baseret på en gennemsnitsbetragtning og både kan være lavere og højere.

Der er valgt at arbejde med en sikring til kote 2,0, som ligger i den lave del af det forventede niveau og en sikring i kote 2,6 m, der ligger på samme niveau som der er valgt i Københavns Kommunes stormflodsplan. Til begge skal tillægges overhøjde for bølgepåvirkningen.

Tabel 8-2 Anlægsoverslag, mio. kr.

	Ydre sikring til kote 2,0	Ydre sikring til kote 2,6
Overslag inkl. Korrektionstillæg	2.921	3.135

Anlægsoverslag er beregnet i bilag B og er for den ydre sikring angivet inkl. omkostninger til fælles sluse med København.

Vurdering af omkostningseffektivitet

Det optimale sikringsniveau vurderes ved at sammenholde omkostninger til sikring med de forventede gevinster. Dette baseres på samfundsøkonomiske betragtninger.

I rapporten rapport "Stormflod og havvandsstigninger, COWI for Regnvandsforum feb. 2018", er de samfundsøkonomiske omkostninger ved oversvømmelser opgjort for de enkelte kommuner for sig og for den tværgående infrastruktur for sig. For den tværgående infrastruktur gælder, at samfundsøkonomiske omkostninger for den enkelte kommune kun kan undgås, såfremt hele anlægget er sikret. Et nedbrud af f.eks. S-togsnettet på sydbanen, forventes således at påvirke alle kystkommunerne ligeligt. Skaderne for infrastruktur kan primært henføres til forsinkelser og tabte indtægter. I de følgende beregninger er den samfundsøkonomiske gevinst for området opgjort hhv. med og uden gevinsten for sikring af den tværgående infrastruktur.

I de samfundsøkonomiske beregninger er der anlægsoverslaget justeret for nettoafgiftsfaktor, skatteforvridningsfaktor, og der er anvendt en udgift til drift og vedligehold på 1% årligt for løsninger baseret på faste konstruktioner alene. For løsninger, hvor der indgår betydelige elementer af f.eks. sluser, er indregnet 2% til drift og vedligehold.

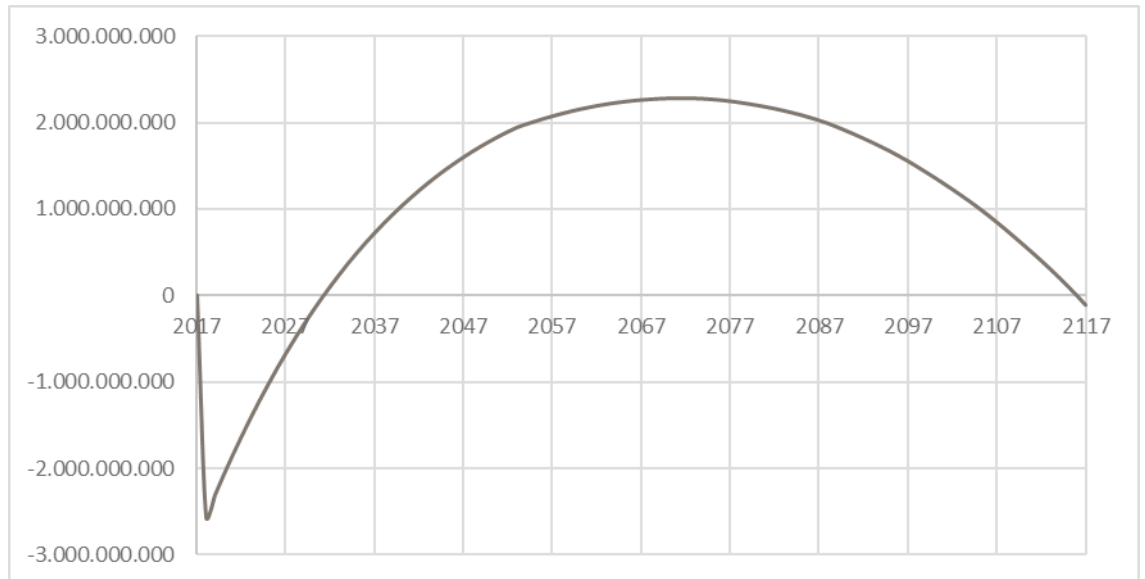
I nedenstående tabel er de forventede omkostninger og gevinster sammenholdt for de 2 konkrete løsningsforslag.

Tabel 8-3 *Analyse af optimalt sikringsniveau og placering af sikring **inkl.** tværgående infrastruktur. Beregningerne forudsætter etablering af en sluse ved Kronløbet. Mio. kr.*

	Nuværende situation	Ydre sikring til kote 2,0	Ydre sikring til kote 2,6
Overslag inkl. Korrektionstillæg	0	2921	3135
Nettonutidsværdi af anlæg og drift, inkl. nettoafgiftsfaktor og skatteforvridning	0	6.330	6.788
Skader uden tiltag	4.725	4.725	4.725
Skader efter tiltag	4.725	1.155	26
Reduktion af skader i Kommunen	0	3.570	4.698
Nettogevinst	0	-2.759	-2.090

Begge løsninger giver umiddelbart en negativ nettonutidsværdi. Dette skyldes, at gevinsten i form af reducerede skader ligger langt ude i fremtiden, sammenholdt med investeringen og udgifter til drift. Ved en senere investering i anlægget spares driftsudgifter i den periode, hvor risikoen er lille. Herved vil der ved udskydning af investeringen godt kunne være en positiv samfundsøkonomisk gevinst.

Der er derfor udført en analyse af hvordan nettonutidsværdien udvikler sig som funktion af anlægsår for anlægget. Dette er udført for den mest rentable løsning, dvs. sikring til kote 2,6 m.



Figur 8-15 Vurdering af optimalt tiltagsår for ydre sikring til kote 2,6

Beregningen viser således, at selvom der ikke er en positiv gevinst ved etablering nu, så vil der hurtigt opnås en positiv nettogevinst, allerede ved etablering i år 2030, og der findes et optimum i år 2071 med en positiv nettonutidsværdi på ca. 2,3 mia. kr. Dette er set fra år 2018 og 100 år frem.

Beregningerne er udført for den samlede kyststrækning dækkende det nordlige Tårnby og Københavns Øresundskyst. I denne undersøgelse fokuseres på de store samlede løsninger på tværs af kommunegrænser. Det er muligt at en lokal løsning i det meget udsatte område ved Tårnby i sig selv er rentabelt, da investeringsomkostningerne er begrænsede.

På grundlag af analysen kan det konkluderes at:

- > Etablering af en samlet sikring i dag er ikke omkostningseffektivt, men delstrækninger kan være
- > En sikring til kote 2,6 er mest omkostningseffektiv og vil fra år 2030 have en positiv nettonutidsværdi.
- > Nettogevinsten være lidt større end angivet, da overhøjden på beskyttelsen også vil reducere skaderne fra stormfloder, der overskrider sikringsniveau, men er under topkoten for bølgetillægget.

Der er en række ikke værdisatte konsekvenser der kan medtages i den samlede vurdering:

Tabel 8-4 Ikke værdisatte konsekvenser

Konsekvenser ved en højere sikring	Konsekvenser ved en lavere sikring
Tryghed	Usikkerhed, stresspåvirkninger

Reduceret eller tab af havudsigt	Bevaret udsigt, mindre reduktion
Adgang og anvendelse af havnearealer kan besværliggøres	Adgang og anvendelse af havnearealer påvirkes i mindre grad.
Mulighed for at forbedre kystlandskabet og strande	Risiko for overskyl og digebrud

9 Indsats langs Øresundskysten nord for København

Nord for København er der primært behov for stormflodssikring langs kysten i Gentofte. Oversvømmelsesanalyserne viser, at nogle af villaområderne her er udsatte som en konsekvens af den stigende havvandstand og stormflod.

Samlet for Gentofte og Lyngby-Taarbæk kommuner vil en fremtidig sikring skulle ses som en sikringslinje langs den eksisterende kyst. Behovet for sikring er størst i Gentofte, hvor der er større boligområder, der er truet, mens det i Lyngby-Taarbæk er mindre og mere spredte delområder, der er truet.

Der er umiddelbart ingen synergier i at etablere løsninger, der dækker begge kommuners kyststrækninger, da de udsatte områder er adskilt af Bellevue Strand og de anlæg og terrænforhold, der er der. I det videre forløb behandles tiltag og gevinster i de to kommuner derfor hver for sig.

Påvirkningen fra bølger under stormflod i de to kommuner er omtrent den samme og er som for de øvrige kyststrækninger.

Bølger

Det er stormfloder fra nord som har den største effekt på oversvømmelser af kysten langs de to kommuner. Kysten kan deles op i 3 typer: strand, mole/stensætning og havnefront, hvor vanddybden er estimeret til hhv. 0,3 m, 1,0 m og 1,5 m. Bølgerne er vurderet i to situationer for hhv. en stormflod i kote 1,7, svarende til en 300-års hændelse i 2018 og for kote 2,2, som er sjældnere end en 10.000-års hændelse i dag og svarer til ca. en 50-års hændelse i år 2100. Bølger ved dybt vand er anslået ud fra Figur 3-2 til 2,2 m. De lokale bølger er estimeret for de to typer kyst i Tabel 9-1. Ved estimering af de lokale bølger er anvendt en skønnet reduktionskoefficient på 0,5, da vindretningen under stormflod er nord eller nordøst og bølgerne dermed ikke har retning med den østvendte kyst. Ifm. detailprojektering kan der udføres mere præcise vurderinger.

Tabel 9-1 Estimeret lokale bølgehøjder ved to konkrete hændelser langs Øresundskysten nord for København ved tre typer af kyststrækninger. Den eksisterende terrænkote er valgt repræsentativt.

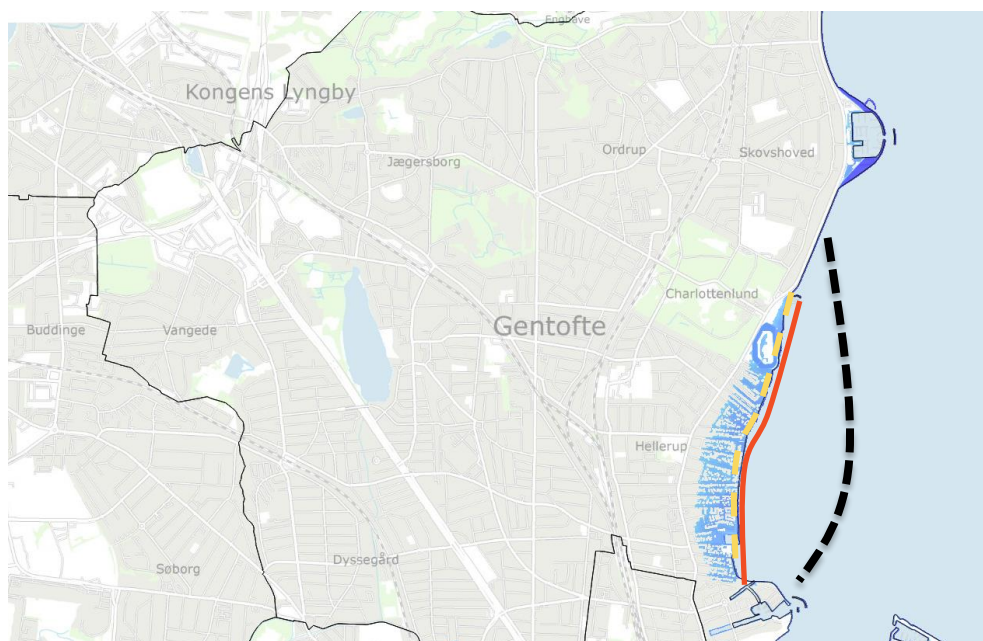
Type	Eksisterende terræn kote [m]	Vanddybde normal	WL R = 300 [m]	VD = WL + VDN	Bølger dybt vand - Hs [m]	Bølger lokalt - Hs [m]	Konstruktions type	Koefficient alpha α	Konstruktions kote - KK = WL + α *Hs [m]	Højde af over nuværende terræn kote [m]
Mole/Stensætning	2,1	1,0	1,7	2,70	2,2	0,68	Stensætning	1,4	2,65	0,55
Strand	1,1	0,3	1,7	2,00	2,2	0,50	Jorddige	1,35	2,38	1,28
Havnefront	2,1	1,5	1,7	3,20	2,2	0,80	Mur/beton konstruktion	1,5	2,90	0,80
Mole/Stensætning	2,1	1,0	2,2	3,20	2,5	0,80	Stensætning	1,4	3,32	1,22
Strand	1,1	0,3	2,2	2,50	2,5	0,63	Jorddige	1,35	3,04	1,94
Havnefront	2,1	1,5	2,2	3,70	2,5	0,93	Mur/beton konstruktion	1,5	3,59	1,49

Det fremgår af bølgeberegningen, at ved et stormflodsniveau omkring 1,7 m skal der tillægges 0,7-1,2 m i bølgetillæg, og ved en et niveau omkring kote 2,2 m skal der tillægges ca. 0,9-1,4 m i bølgetillæg. I de videre overslagsmæssige beregninger af tiltag anvendes et generelt bølgetillæg på 1,0 m.

9.1 Gentofte Kommune

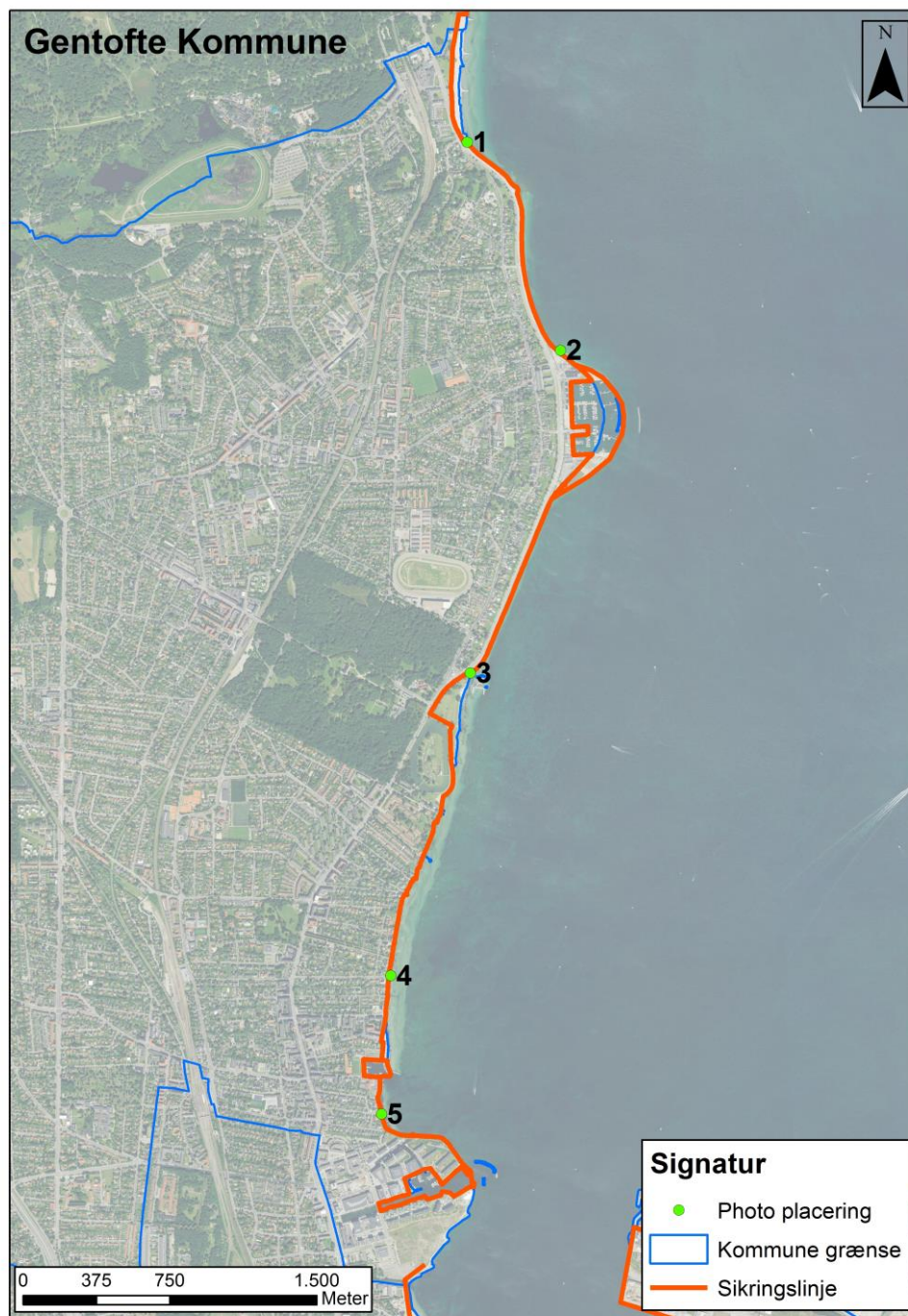
Sikring af Gentofte Kommunes kyststrækning kan ske ved et af flere typer indgreb. Disse kan principielt opdeles i tre typer:

- > Sikring af enkeltejendomme
- > Gennemgående sikring langs kystlinjen
- > Gennemgående sikring ude i vandet

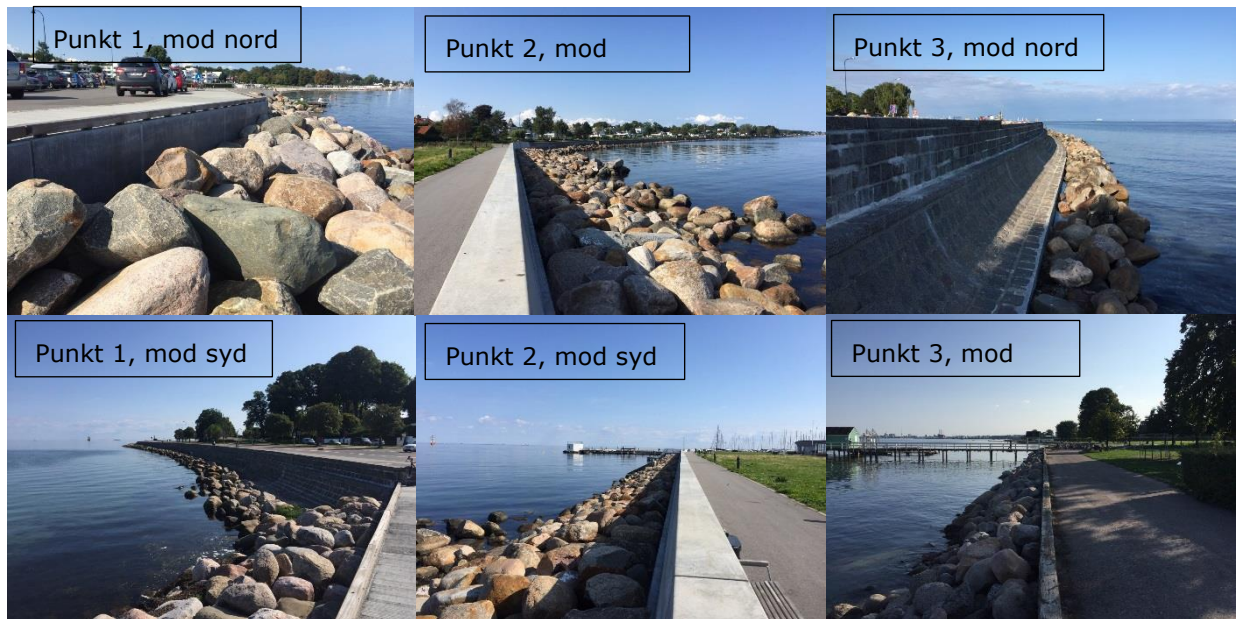


Figur 9-1 Illustration af de arealer der er mest udsat for oversvømmelser og skitsering af mulige sikringstyper for Gentofte. Gul stiptet: sikring af enkeltejendomme, rød: gennemgående sikring, sort: gennemgående sikring i vandet. (SCALGOlive).

En sikring af enkeltejendomme vil være en fortsættelse af nuværende praksis, mens en gennemgående sikring ude i vandet vil være et omfattende projekt, der kan realiseres i mange forskellige udformninger og forløb. I dette projekt arbejdes videre med den kystnære sikring som en gennemgående sikringslinje.



Figur 9-2 Oversigtskort med illustration af mulig sikringslinje langs kysten. Ved havnene er skitseret både en indvendig og udvendig sikring. Nr. på kortet referer til nedenstående fotos.



Figur 9-3 Kystlinjen i den nordlige del af Gentofte ved Charlottenlund. Der er primært tale om hårde konstruktioner.



Figur 9-4 Kystlinjen i den sydlige del af Gentofte (Hellerup). Der er primært tale om hårde individuelle konstruktioner.

9.1.1 Optimalt sikringsniveau

I Gentofte Kommunen kan sikringen langs kysten ske ved en forhøjelse af den eksisterende sikring. Den består i dag af brudstykker af privat sikring i kombination med terræn.

De fleste steder foreslås det at etablere sikringen som en støttemur. Dette er skyldes i de begrænsede pladsforhold, som illustreres af billederne taget langs kysten. På nogle delstrækninger vil der kunne etableres jorddiger, der lettere kan indpasses i landskabet.

Andre steder kan der arbejdes med lokalt tilpassede løsninger, der måske kan kombinere sikring med bevarelse af udsigten. Dette kan f.eks. være i form af automatiske porte eller flexible løsninger bygget op af standard aluminiums elementer, hvor der kræves en beredskabsindsats for at etablere sikringen ved varsel om stormflod.



Figur 9-5 Eksempler på flexible løsninger og porte (fotos fra www.siolit.com)

For at opnå en sikring til stormflodskote 2,0 + bølgetillæg, samlet til kote 3,0 m skal sikringen generelt være 0,5 m og op til godt 1 m på de laveste områder. Dette kan f.eks. udføres som en ca. 2000 m støttemur fra Hellerup Havn til Charlottenlund Fort.

For at opnå en sikring til stormflodskote 2,5 m + bølgetillæg, samlet til kote 3,5 m skal sikringen generelt være 1 m høj, og op til godt 1,5 m på de laveste områder.

Anlægsoverslag for sikring

Til brug for vurdering af omkostningseffektiviteten anvendes overslag 1 inkl. korrektionstillæg. Dette begrundes med beregning af skadesomkostningerne ligledes er baseret på en gennemsnitlig betragtning og både kan være lavere og højere.

Tabel 9-2 Anlægsoverslag, mio. kr.

	Sikring til Kote 2,0	Sikring til kote 2,5
Overslag inkl. Korrektionstillæg	26,7	44,0

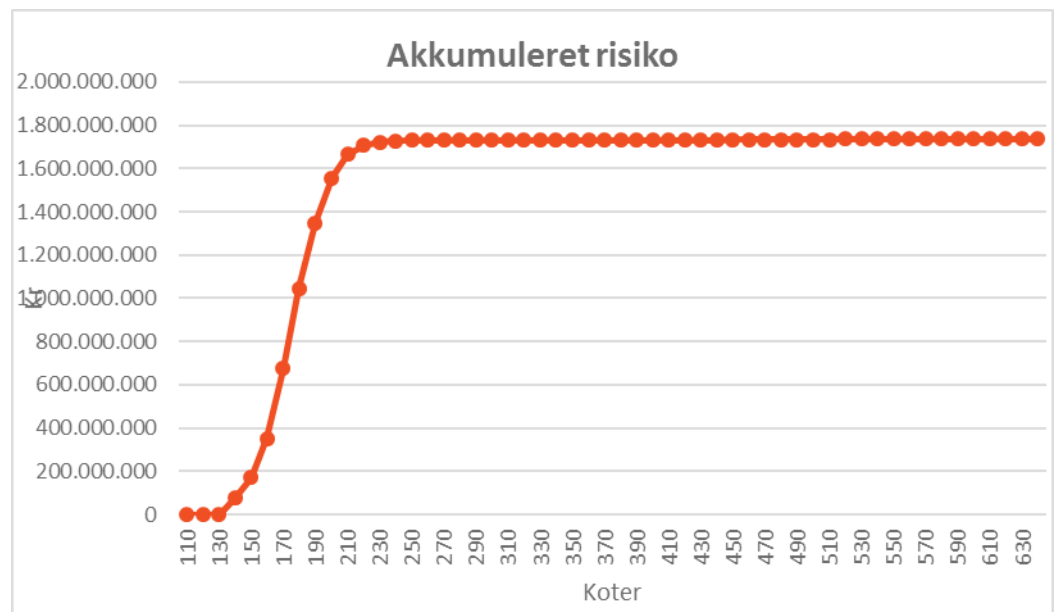
Anlægsoverslag er beregnet i bilag B.

Anlægsoverslaget er baseret på standardpriser. Det kan vise sig vanskeligt at etablere en simpel løsning langs hele kystlinjen, hvilket kan fordyre det samlede overslag.

Vurdering af omkostningseffektivitet

Det optimale sikringsniveau vurderes ved at sammenholde omkostninger til sikring med de forventede gevinster. Dette baseres på samfundsøkonomiske betragtninger.

I de samfundsøkonomiske beregninger er der i anlægsoverslaget justeret for nettoafgiftsfaktor, skatteforvridningsfaktor, og der er anvendt en udgift til drift og vedligehold på 1% årligt. Dette er nærmere beskrevet i bilag C.



Figur 9-6 Beregning af estimerede skader som funktion af koten for Gentofte Kommune.

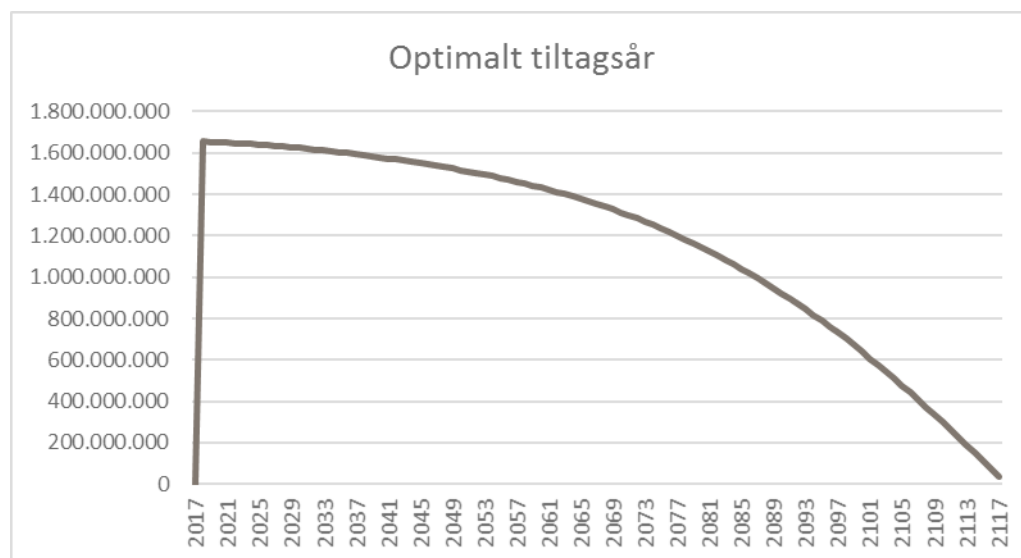
I nedenstående tabel er de forventede omkostninger og gevinster sammenholdt for de to konkrete løsningsforslag.

Tabel 9-3 Analyse af optimalt sikringsniveau og placering af sikring, mio. kr.

	Sikring til Kote 2,0	Sikring til kote 2,5
Overslag inkl. Korrektionstil-læg	26,7	44,0
Nettonutids-værdi af anlæg og drift, inkl. nettoaf-giftsfaktor og skatteforvrid-ning	46,2	79,1
Skader uden tiltag	1737	1737
Skader efter tiltag	190	10,7
Reduktion af skader i Kom-munen	1547	1726
Netto-gevinst	1500	1654

Det fremgår af beregningerne, at en sikring til kote 2,5 generelt er lidt mere attraktiv end en sikring til kote 2,0. Der er derfor udført en analyse af, hvornår det er mest optimalt at etablere sikringen.

Udviklingen i risikoen for Gentofte er beregnet i "Stormflod og havvandsstignin-ger, COWI for Regnvandsforum feb. 2018" til ca. 5 mio. i 2018, svagt stigende de kommende 10-20 år til 15 mio. herefter accelererer udviklingen i risikoen til ca. 800 mio. kr. årligt i 2117.



Figur 9-7 Vurdering af optimalt tiltagsår for indre sikring til kote 2,5

Den første flade del af kurven viser at selvom det mest optimale sikringsår er i år 2019, så er gevinsten nogenlunde den samme (ca. 1600 mio. kr.) frem til ca. 2035. I den periode vil udgifter til forrentning, drift og vedligehold modsvare de reducerede skader. Den store gevinst ligger i de efterfølgende år. Der bør således arbejdes med et etablere en forbedret sikring indenfor de kommende 10-20 år.

Figur 8-7 viser, at sikringen med fordel kan iværksættes indenfor de næste 10-20 år – og hvis sikringen etableres allerede nu, vil der med det samme opnås en nettogevinst, idet afskrivningen på anlægget vil være mindre end de forventede gennemsnitlige årlige skader.

På sigt kan der derfor være behov for at forhøje sikringen yderligere.

På grundlag af analysen kan det konkluderes at:

- > En sikring er omkostningseffektiv og giver et nettooverskud på ca. 1654 mio. kr. i nettonutidsværdi.
- > Løsningen er omkostningseffektiv, selv hvis anlægsoverslaget øges betydeligt.
- > En sikring til kote 2,5 giver en lidt større nettogevinst end en sikring til kote 2,0
- > For Gentofte isoleret set, kan sikringen med fordel iværksættes indenfor de kommende 10-20 år, og investeringen vil med det samme give en nettogevinst i form af sparede skadesomkostninger.
- > Nettogevinsten være lidt større end angivet, da overhøjden, der skal sikre mod bølgeoverskyl også vil reducere skaderne fra stormfloder, der overskrider sikringsniveauet, men er under topkoten for bølgetillægget. Skaderne ved hændelser større end sikringsniveauet, vil således være mindre end uden sikring.

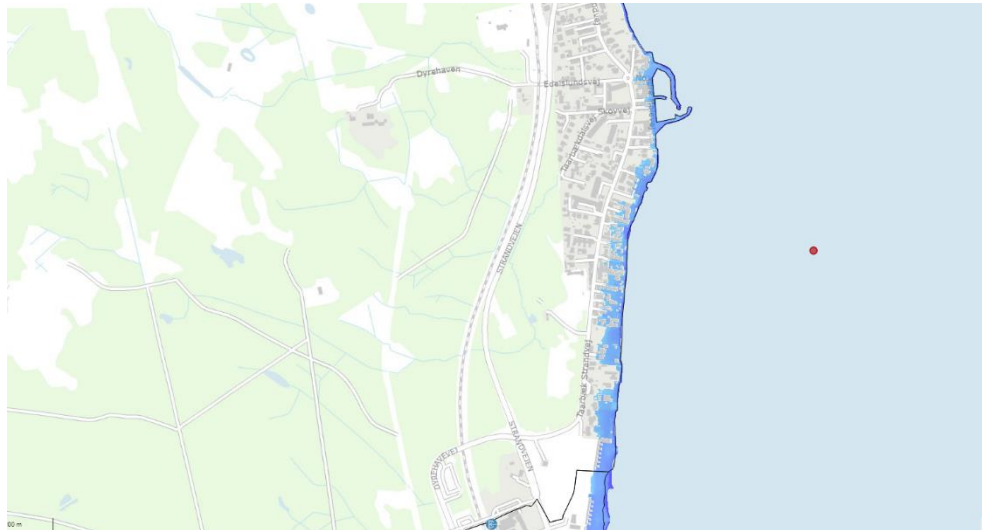
Der er en række ikke værdisatte konsekvenser, der bør medtages i den samlede vurdering:

Tabel 9-4 Ikke værdisatte konsekvenser

Konsekvenser ved en højere sikring	Konsekvenser ved en lavere sikring
Tryghed	Usikkerhed, stresspåvirkninger
Reduceret eller tab af havudsigt	Bevaret udsigt, mindre reduktion
Adgang og anvendelse af havnearealer kan besværliggøres	Adgang og anvendelse af havnearealer påvirkes i mindre grad.

9.2 Lyngby-Taarbæk Kommune

Sikring af Lyngby-Taarbæk Kommune, sker lettest og mest oplagt ved lokale tiltag langs kystlinjen for de udsatte kyststrækninger.



Figur 9-8 Den mest udsatte kyststrækning i Lyngby-Taarbæk Kommune går fra kommunegrænsen i Gentofte til Taarbæk Havn (SCALGOlive).

Strækningen fra kommunegrænsen mod Gentofte til Taarbæk Havn er ca. 900 m. Den kan evt. fortsættes lidt nord for Taarbæk Havn, hvorved den samlede længde bliver 1300 m. Ved kommunegrænsen ved Bellevue Strand yder terrænet og de etablerede faciliteter sikring, så øget sikring kan derfor begynde her og fortsætte mod nord.

En række ejendomme er ikke er udsatte i dag, men bare ved en begrænset vandspejlstigning stiger risikoen betydeligt.



Figur 9-9 Oversigtskort med fotolokaliteter



Figur 9-10 Fotos langs kystlinjen

9.2.1 Optimalt sikringsniveau

I Lyngby kan sikringen langs kysten ske ved en forhøjelse af den eksisterende sikring. Den består i dag af brudstykker af privat sikring.

De fleste steder foreslås at etablere sikringen som en støttemur. Dette er skyldes de begrænsede pladsforhold. På enkelte delstrækninger vil der kunne etableres jorddiger, der lettere kan indpasses i landskabet.

Andre steder kan der arbejdes med lokalt tilpassede løsninger der måske kan kombinere sikring med bevarelse af udsigten. Dette kan f.eks. være i form af automatiske porte eller flexible løsninger bygget op af standard aluminiumselementer, hvor der kræves en beredskabsindsats for at etablere sikringen ved varsel om stormflod.



Figur 9-11 Eksempler på flexible løsninger og porte (fotos fra www.siolit.com)

For at opnå en sikring til stormflodskote 2,0 + bølgetillæg, samlet til kote 3,0 skal sikringen generelt være 0,5 m og op til 1 m på de laveste områder. Det kan etableres som en 1300 m lang støttemur fra kommunegrænsen til Gentofte til lidt nord for Taarbæk Havn.

For at opnå en sikring til stormflodskote 2,5 m + bølgetillæg, samlet til kote 3,5 m, skal sikringen generelt skal være 1 m høj, og op til 1,5 m på de laveste områder. Det kan etableres som en 1300 m lang støttemur.

Anlægsoverslag for sikring

Til brug for vurdering af omkostningseffektiviteten anvendes overslag 1 inkl. korrektionstillæg. Dette begrundes med beregning af skadesomkostningerne ligeledes er baseret på en gennemsnitlig betragtning og både kan være lavere og højere.

Tabel 9-5 Anlægsoverslag, mio. kr.

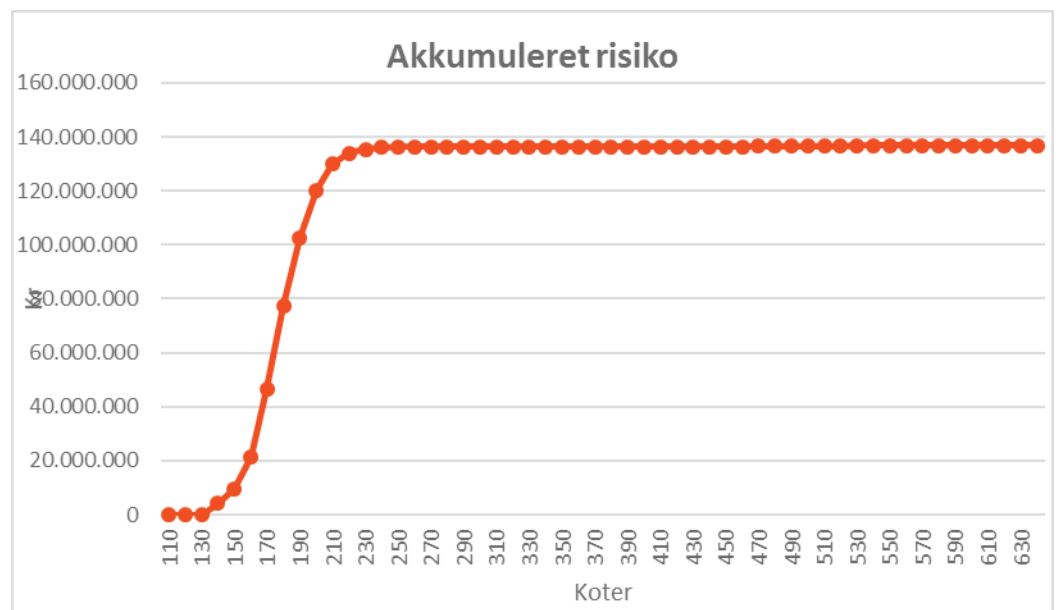
	Sikring til Kote 2,0	Sikring til kote 2,5
Overslag inkl. korrektionstillæg	17,3	28,3

Anlægsoverslag er beregnet i bilag B.

Vurdering af omkostningseffektivitet

Det optimale sikringsniveau vurderes ved at sammenholde omkostninger til sikring med de forventede gevinster. Dette baseres på samfundsøkonomiske betragtninger.

I de samfundsøkonomiske beregninger er der i anlægsoverslaget justeret for nettoafgiftsfaktor, skatteforvridningsfaktor, og der er anvendt en udgift til drift og vedligehold på 1% årligt. Dette er nærmere beskrevet i bilag C.



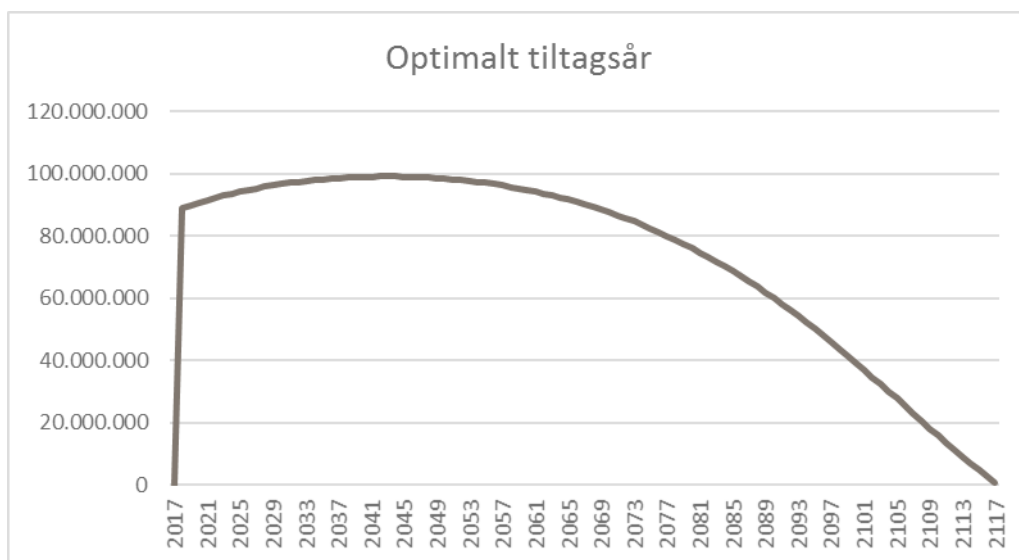
Figur 9-12 Beregning af estimerede skader som funktion af koten for Lyngby-Taarbæk Kommune

I nedenstående tabel er de forventede omkostninger og gevinster sammenholdt for de 4 konkrete løsningsforslag.

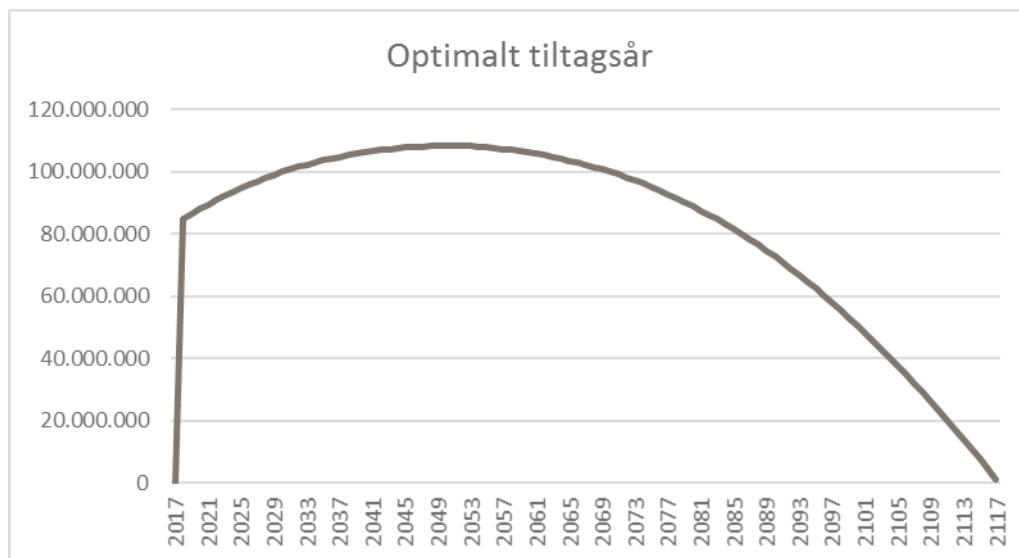
Tabel 9-6 Analyse af optimalt sikringsniveau og placering af sikring, mio. kr.

	Sikring til Kote 2,0	Sikring til kote 2,5
Overslag inkl. Korrektionstil-læg	17,3	28,5
Nettonutids-værdi af anlæg og drift, inkl. nettoaf-giftsfaktor og skatteforvrid-ning	29,8	49,2
Skader uden tiltag	136,7	136,7
Skader efter tiltag	17,0	0,8
Reduktion af skader i Kom-munen	119,7	135,9
Netto-gevinst	89,8	86,4

Det fremgår af beregningerne, at de to løsninger er økonomisk sammenlignelige. Dog er en sikring til kote 2,0 er lidt mere attraktiv end en sikring til kote 2,5. Der er derfor udført en analyse af hvornår det er mest optimalt at etablere sikringen.



Figur 9-13 Vurdering af optimalt tiltagsår for indre sikring til kote 2,0



Figur 9-14 Vurdering af optimalt tiltagsår for indre sikring til kote 2,5

Beregningen af optimum viser, at en sikring til kote 2,5 på sigt giver en større gevinst i nettonutidsværdi.

På grundlag af analysen kan det konkluderes at:

- > En sikring er omkostningseffektiv og giver et nettooverskud på ca. 90 mio. kr. i nettonutidsværdi
- > En sikring til kote 2,0 er optimal nu, men sikringen bør forberedes, så den kan øges i takt med, at vandstanden og risikoen stiger.
- > Det optimale tidspunkt for etablering af en sikring ligger lidt ude i fremtiden, men det er allerede nu en samfundsøkonomisk positiv businesscase.
- > Nettogevinsten være lidt større end angivet, da overhøjden på beskyttelsen også vil reducere skaderne fra stormfloder, der overskrider sikringsniveauet, men er under topkoten for bølgetillægget.

Der er en række ikke værdisatte konsekvenser, der bør medtages i den samlede vurdering:

Tabel 9-7 Ikke værdisatte konsekvenser

Konsekvenser ved en højere sikring	Konsekvenser ved en lavere sikring
Tryghed	Usikkerhed, stresspåvirkninger
Reduceret eller tab af havudsigt	Bevaret udsigt, mindre reduktion
Adgang og anvendelse af havnearealer kan besværliggøres	Adgang og anvendelse af havnearealer påvirkes i mindre grad.

10 Referencer

COWI 2017. *Opdateret overslag for sikring af København mod stormflod, v10*.
Kongens Lyngby: COWI A/S.

COWI 2018, *Stormflod og havvandsstigninger*, feb. 2018

COWI 2018b. *Stormflodsberegninger med planlagte ydre dige*. Kongens Lyngby:
COWI A/S.

Bilag A Grundlag for anlægsoverslag

Nedenfor i Tabel 10-1 er vist et overslag over volumen og prisoverslag for jorddiger for de tre forskellige vanddybder foran konstruktionen. Priserne er meget overslagsmæssige, da der kan være stor variation på enhedspriser for lerfyld, og der er andre omkostninger til bygning af konstruktioner i det urbane miljø, som ikke kan vurderes uden grundigere undersøgelser. Ler/jordfyld indbygget antages at koste 500 kr./m³, filtersten 750 kr./m³ og dæksten 1000 kr./m³ alt inklusive. Der er regnet med et lag geotekstil (55 kr./m²) mellem jordfyld og filtersten

Tabel 10-1 Prisoverslag for jorddiger, uden eller med sten.

Case	Forskel mellem terræn og vandniveau, WL [m]	Bølger Hs [m]	Kronekote Jorddige (m over WL) (1,25 HS)	Jord [m ³ /m]	Ral [m ³ /m]	Sten [m ³ /m]	Geotekstil [m ² /m]	Total pris [kr./m]
1	0,5	0,3	0,4	4,0	-	-	-	2.014
2	1,0	0,5	0,7	11,3	-	-	-	5.674
3	1,5	0,75	1	22,2	-	-	-	11.094
4	0,5	0,3	0,4	3,2	2,1	1,0	3,1	4.363
5	1,0	0,5	0,7	8,5	2,6	1,9	4,9	8.379
6	1,5	0,75	1	15,9	3,2	2,8	6,7	13.515

().

Det billigste er normalt et jorddige, enten i ren ler eller med stensætning på forsiden.

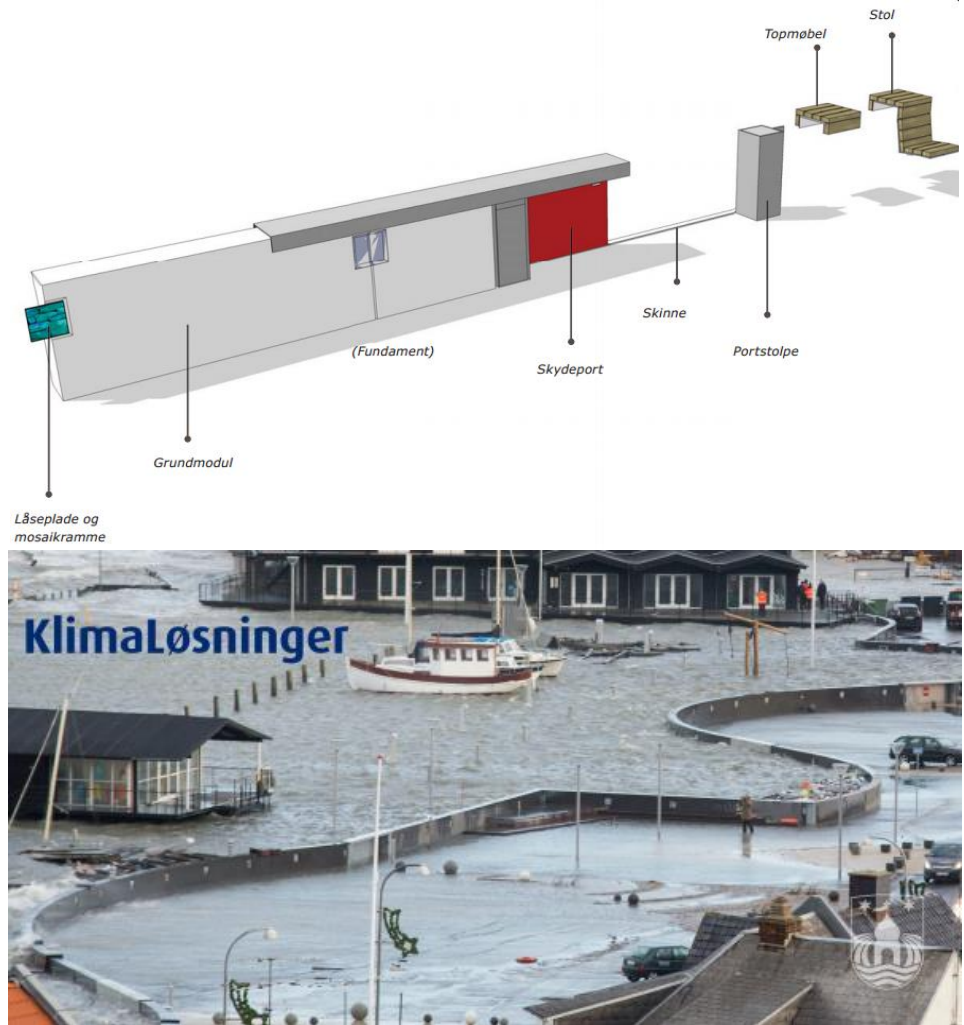
For stensætning er regnet med 30 cm ral og 50 cm sten i et lag tæt-pakket, i alt 80 cm.

Hvis der ikke er megen plads i bredden, kan en mur være en løsning. I Tabel 10-2 er vist betonvolumener og priser ved implementering af en betonmur. Betonprisen er antaget at være 4.000 kr./m³ alt inklusive. Hertil kommer antaget 10% ekstra til erosionssikring foran muren, i alt 4.400 kr./m. Der kan mange steder være ekstraomkostninger, hvis en sådan mur skal etableres i et bymæssigt område, da reetablering af belægninger mm. kan være omkostningstungt. Disse er ikke medregnet, men bør inkluderes, når der i en kommende projektfase udarbejdes et mere detaljeret projekt.

Tabel 10-2 Detaljer af oversvømmelsesmur og prisoverslag (se tekst under tabel vedr. pris for mur med porte).

Case	Forskel mellem terræn og vandniveau, WL [m]	Bølger Hs [m]	Kronekote mur (m over WL) (1,5 HS)	Bredde af mur over terræn (dobbel bredde under terræn til -1,5 m)	Højde af mur over terræn [m]	Volumen af mur over terræn [m ³ /m]	Volumen af mur under terræn [m ³ /m]	Total-volumen [m ³ /m]	Anlægsoverslag: Mur i beton inklusiv porte [kr./m]
1	0,5	0,3	0,45	0,3	0,95	0,29	0,9	1,19	7.110
2	1,0	0,5	0,75	0,4	1,75	0,7	1,2	1,9	11.400
3	1,5	0,75	1,13	0,5	2,63	1,31	1,5	2,81	16.875

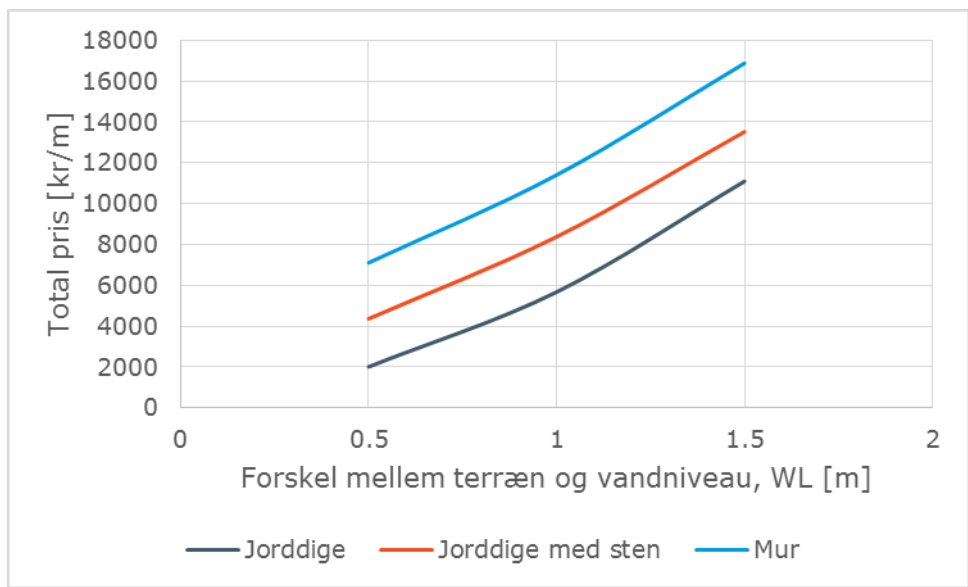
I tillæg til en mur er det nødvendigt, som vist ovenfor, at der indføres porte i muren til sikring af passage. Muren i Figur 10-1 er vist som en simpel betonmur. I praksis kan man forestille sig en løsning udarbejdet i samarbejde mellem arkitekter og ingeniører, således at sikringen bliver et attraktivt element i byrummet. Eksempelvis som en barriere med trapper eller hvis den beklædes med træ, så den får et udtryk, der passer bedre ind i det eksisterende miljø såsom eksisterende kajanlæg eller andre konstruktioner. En sådan konstruktion er f. eks. blevet udført på Lemvig Havn i Nordvestjylland efter design af COWI og i samarbejde med arkitekt. Her er der udført en række porte i muren, som normalt er åbne for at sikre passage. Portene kan så skydes for, så der er lukket i tilfælde af høj vandstand, som det ses på Figur 10-1 under den kraftige storm, Bodil.



Figur 10-1 Øverst: skitse af oversvømmelsesbeskyttelsesmuren i Lemvig. Nederst: oversvømmelsesbeskyttelsesmuren i Lemvig under stormen, Bodil efter COWI design (Lemvig Kommunes hjemmeside), og principper for muren (Ingeniøren).

Porte, tilsvarende Lemvig, koster ca. 40.000 kr./m, altså ca. 10 gange prisen for muren. Hvis det antages at 3-4 % af muren udgøres af porte, bliver gennemsnitsprisen således ca. 7.500 kr./m for den laveste mur, der er angivet ovenfor.

Både et dige og en mur kræver vedligeholdelse. På et græsdige skal græsset slås, og det kan efter kraftige storme blive nødvendigt med mindre reparationer, hvis der er sket beskadigelse af diget. En betonmur er tæt på at være vedligeholdelsesfri de første mange år. Et budget for vedligehold er svært at angive, men overslagsmæssigt vurderes til 2 % pr. år af anlægssummen som rimeligt, og højest for en mur med porte. Dette er eksklusiv omkostninger til græsslåning, da dette formentlig allerede sker på de arealer, hvor et jorddige kommer på tale.



Figur 10-2 Total pris for jorddige med eller uden sten, eller betonmur.

Bilag B Anlægsoverslag pr. delområde

B.1 Ishøj Kommune

Indre sikring til kote 3,0 m. Dette svarer til kote 4,5 m på den åbne kyststrækning og kote 3,5 m omkring havnearealerne.

Tabel 10-3 Overslag over omkostninger til indre sikring i Ishøj Kommune til et stormflodsniveau i kote 3,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 0,5 m i gennemsnit.	2.500 m	2.000 kr./m.	5 mio. kr.
Sikring omkring havnen med mur. 1,0 m høj.	1.800 m	7.500 kr./m	13,5 mio. kr.
Porte	4 stk.	50.000 kr./stk.	0,2 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			18,7 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		2,8 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			21,5 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		10,7 mio. kr.
Samlet overslag			32,2 mio. kr.

Tabel 10-4 Overslag over omkostninger til indre sikring i Ishøj Kommune til et stormflodsniveau i kote 4,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 1,5 m i gennemsnit. Uden sten	2500 m	7500 kr./m.	18,8 mio. kr.
Sikring omkring havnen med mur. 2 m høj.	1800 m	12.500 kr./m	22,5 mio. kr.
Porte	4 stk.	50.000 kr./stk.	0,2 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			41,5 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		6,2 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			47,7 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		23,8 mio. kr.
Samlet overslag			71,5 mio. kr.

Tabel 10-5 Overslag over omkostninger til indre sikring i Ishøj Kommune til et stormflodsniveau i kote 3,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 0,5 m i gennemsnit. Uden sten	2500 m	2000 kr./m.	5 mio. kr.
Sikring af Havnen med ydre port	0,5 stk.	60 mio.	30 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			35 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		5,3 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			40,3 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		20,1 mio. kr.
Samlet overslag			60,4 mio. kr.

Tabel 10-6 Overslag over omkostninger til ydre sikring i Ishøj Kommune til et stormflodsniveau i kote 4,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 1,5 m i gennemsnit. Uden sten	2500 m	7500 kr./m.	18,8 mio. kr.
Sikring af Havnen med ydre port	0,5 stk.	60 mio.	30 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			48,8 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		7,3 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			56,1 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		28,0 mio. kr.
Samlet overslag			84,1 mio. kr.

B.2 Vallensbæk Kommune

Indre sikring til kote 3,0 m. Dette svarer til kote 4,5 m på den åbne kyststrækning og kote 3,5 m omkring havnearealerne.

Tabel 10-7 Overslag over omkostninger til indre sikring i Vallensbæk Kommune til et stormflodsniveau i kote 3,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 0,5 m i gennemsnit.	300 m	2.000 kr./m.	0,6 mio. kr.
Sikring omkring havnen med mur. 1,0 m høj.	1.230 m	7.500 kr./m	9,2 mio. kr.
Porte	2 stk.	50.000 kr./stk.	0,1 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			9,9 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		1,5 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			11,4 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		5,7 mio. kr.
Samlet overslag			17,1 mio. kr.

Tabel 10-8 Overslag over omkostninger til indre sikring i Vallensbæk Kommune til et stormflodsniveau i kote 4,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 1,5 m i gennemsnit. Uden sten	300 m	7500 kr./m.	2.3 mio. kr.
Sikring omkring havnen med mur. 2 m høj.	1230 m	12.500 kr./m	15,4 mio. kr.
Porte	2 stk.	50.000 kr./stk.	0,2 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			17,7 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		2,7 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			20,4 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		10,2 mio. kr.
Samlet overslag			30,6 mio. kr.

Tabel 10-9 Overslag over omkostninger til ydre sikring i Vallensbæk Kommune til et stormflodsniveau i kote 3,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 0,5 m i gennemsnit. Uden sten	300 m	2000 kr./m.	0,6 mio. kr.
Sikring af Havnen med ydre port	0,5 stk.	60 mio.	30 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			30,6 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		4,6 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			35,2 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		17,6 mio. kr.
Samlet overslag			52,8 mio. kr.

Tabel 10-10 Overslag over omkostninger til ydre sikring i Vallensbæk Kommune til et stormflodsniveau i kote 4,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 1,5 m i gennemsnit. Uden sten	300 m	7500 kr./m.	2,3 mio. kr.
Sikring af Havnen med ydre port	0,5 stk.	60 mio.	30 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			32,3 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		4,8 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			37,1 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		18,5 mio. kr.
Samlet overslag			55,6 mio. kr.

B.3 Brøndby Kommune

Indre sikring til kote 3,0 m. Dette svarer til kote 4,5 m på den åbne kyststrækning og kote 3,5 m omkring havnearealerne.

Tabel 10-11 Overslag over omkostninger til indre sikring i Brøndby Kommune til et stormflodsniveau i kote 3,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 0,5 m i gennemsnit.	2500 m	2.000 kr./m.	5,0 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			5,0 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		0,8 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			5,8 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		2,9 mio. kr.
Samlet overslag			8,6 mio. kr.

Tabel 10-12 Overslag over omkostninger til indre sikring i Brøndby Kommune til et stormflodsniveau i kote 4,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 1,5 m i gennemsnit. Uden sten	2500 m	7500 kr./m.	18,8 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			18,8 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		2,8 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			21,6 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		10,8 mio. kr.
Samlet overslag			32,3 mio. kr.

Tabel 10-13 Overslag over omkostninger til ydre sikring i Brøndby Kommune til et stormflodsniveau i kote 3,0 m

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 0,5 m i gennemsnit. Uden sten	2150 m	2000 kr./m.	4,3 mio. kr.
Sikring af Havnen med ydre port	1 stk.	60 mio.	60 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			64,3 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		9,6 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			73,9 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		37,0 mio. kr.
Samlet overslag			110,9 mio. kr.

Tabel 10-14 Overslag over omkostninger til ydre sikring i Brøndby Kommune til et stormflodsniveau i kote 4,0 m

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af strandparksdige med 1,5 m i gennemsnit. Uden sten	2150 m	7500 kr./m.	16,1 mio. kr.
Sikring af Havnen med ydre port	1 stk.	60 mio.	60 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			76,1 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		11,4 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			87,5 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		43,8 mio. kr.
Samlet overslag			131,3 mio. kr.

B.4 Hvidovre og København Syd

Ydre sikring til kote 3,0 m plus bølgetillæg.

Tabel 10-15 Overslag over omkostninger til ydre sikring i Hvidovre og København syd til et stormflodsniveau i kote 3,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Etablering af sluse jf. overslag fra Københavns Kommunes stormflodsplan	1	400 mio. kr.	400 mio. kr.
Samlet overslag			400 mio. kr.

Ydre sikring til kote 4,0 plus bølgetillæg.

Tabel 10-16 Overslag over omkostninger til ydre sikring i Hvidovre og København syd til et stormflodsniveau i kote 4,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Forhøjelse af eksisterende dige omkring Avedøre Holme med 1,0 m.	5700 m	11.400 kr./m.	65 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			65 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		9,7 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			74,7 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		37,4 mio. kr.
Etablering af sluse jf. overslag fra Københavns Kommunes stormflodsplan	1	400 mio. kr.	400 mio. kr.
Samlet overslag			512 mio. kr.

B.5 Tårnby nord og København nord

Ydre sikring til kote 3,0 m plus bølgetillæg.

Tabel 10-17 Overslag over omkostninger til ydre sikring i Tårnby nord og København nord til et stormflodsniveau i kote 2,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Nyt dige langs Amager Strandvej	1600 m	7.500 kr./m.	12 mio. kr.
Porte	5	50.000 kr	0,3 mio. kr
Entreprenøromkostninger			12,3 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		1,8 mio. kr.
Overslag inkl. projektering			14,1 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		7 mio. kr.
Sikring af det nordlige København jf. overslag fra Københavns Kommunes stormflodsplan*	1	2900 mio. kr.	2900 mio. kr.
Samlet overslag			2921 mio. kr.

* skønnet ud fra overslag i stormflodsplanen

Ydre sikring til kote 4,0 plus bølgetillæg.

Tabel 10-18 Overslag over omkostninger til ydre sikring i Tårnby nord og København nord til et stormflodsniveau i kote 2,6 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Nyt dige langs Amager Strandvej	1600 m	12.500 kr./m.	20 mio. kr.
Ports	5	75.000 kr	0,4 mio. kr
Entreprenøromkostninger			20,4 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		3 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			23,4 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		11,7 mio. kr.
Sikring af det nordlige København jf. overslag fra Københavns Kommunes stormflodsplan	1	3100 mio. kr.	3100 mio. kr.
Samlet overslag			3135 mio. kr.

B.6 Gentofte Kommune

Sikring til kote 2,0 m. Dette svarer til kote 3,0 m på den åbne strækning med tillæg til bølgepåvirkning.

Tabel 10-19 Overslag over omkostninger til sikring i Gentofte Kommune til et stormflodsniveau i kote 2,0 m

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Støttemur	2000 m	7.500 kr./m.	15 mio. kr.
Porte	10 stk.	50.000 kr./stk.	0,5 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			15,5 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		2,3 mio. kr.
Overslag inkl. projektering			17,8 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		8,9 mio. kr.
Samlet overslag			26,7 mio. kr.

Sikring til kote 2,5 m. Dette svarer til kote 3,5 m på den åbne strækning med tillæg til bølgepåvirkning.

Tabel 10-20 Overslag over omkostninger til sikring i Gentofte Kommune til et stormflodsniveau i kote 2,5 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Støttemur	1300 m	12.500 kr./m.	25 mio. kr.
Porte	10 stk.	50.000 kr./stk.	0,5 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			25,5 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		3,8 mio. kr.
Overslag inkl. projektering			29,3 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		14,7 mio. kr.
Samlet overslag			44 mio. kr.

B.7 Lyngby Taarbæk Kommune

Sikring til kote 2,0 m. Dette svarer til kote 3,0 m på den åbne strækning med tillæg til bølgepåvirkning.

Tabel 10-21 Overslag over omkostninger til sikring i Lyngby Taarbæk Kommune til et stormflodsniveau i kote 2,0 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Støttemur	1300 m	7.500 kr./m.	9,75 mio. kr.
Porte	5 stk.	50.000 kr./stk.	0,25 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			10 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		1,5 mio. kr.
Overslag inkl. projektering			11,5 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		5,8 mio. kr.
Samlet overslag			17,3 mio. kr.

Sikring til kote 2,5 m. Dette svarer til kote 3,5 m på den åbne strækning med tillæg til bølgepåvirkning.

Tabel 10-22 Overslag over omkostninger til sikring i Lyngby Taarbæk Kommune til et stormflodsniveau i kote 2,5 m.

Beskrivelse	Antal	Enhedspris	Overslag
Støttemur	1300 m	12.500 kr./m.	16,25 mio. kr.
Porte	5 stk.	50.000 kr./stk.	0,25 mio. kr.
Entreprenøromkostninger			16,5 mio. kr.
Administrationstillæg	15%		2,5 mio. kr.
Overslag inkl. projektering.			19 mio. kr.
Korrektionstillæg 1	50%		9,5 mio. kr.
Samlet overslag			28,5 mio. kr.

Bilag C Vejledninger, nøgletalskataloger og begreber

I dette bilag beskrives centrale vejledninger, man kan anvende ved udarbejdelse af cost-benefit-analyser samt centrale begreber inden for cost-benefit-analyser.

C.1 Vejledninger og nøgletalskataloger

Der findes en række vejledninger til, hvordan man skal udarbejde cost-benefit-analyser, hvor de mest relevante for klimatilpasningsprojekter er:

- > Finansministeriets vejledning for samfundsøkonomiske analyser
- > Samfundsøkonomisk vurdering af miljøprojekter

Udover vejledningerne er der også en række nøgletalskataloger, hvor man kan finde enhedspriser til at værdisætte skaderne. De mest relevante nøgletalskataloger for skybrudsprojekter er:

- > Transportøkonomiske Enhedspriser
- > Miljøministeriets nøgletalskatalog
- > Energistyrelsens beregningsforudsætninger
- > PLASK.

C.2 Centrale begreber

Der anvendes en række begreber i forbindelse med cost-benefit-analyser. Nedenfor er en række af de mest centrale begreber beskrevet.

Tidshorisont	De budget- og samfundsøkonomiske omkostninger ved skybrud regnes almindeligvis for en 100-årig periode.
Diskontering	Eftersom skader og tiltag ved skybrud almindeligvis opgøres for en periode på 100 år, er det nødvendigt at undersøge, hvad de samlede budget- og samfundsøkonomiske omkostninger over hele perioden svarer til på nuværende tidspunkt.
Diskonteringsrente	Til at tilbagediskontere fordele og ulemper anvendes Finansministeriets anbefalede samfundsøkonomiske diskonteringsrente. Denne diskonteringsrente aftrappes over tid, hvilket bl.a. betyder, at skaderne i dag tildes en højere værdi i nutidskroner end skader i fremtiden. Diskonteringsrenten er 4 % de første 35 år, derpå 3 % frem til år 70 og derefter 2 % resten af perioden.
Nutidsværdi	Værdien af fremtidige udgifter/indtægter tilbagediskonteret.
Nettoafgiftsfaktoren	Anvendes til at omregne faktorpriser til markedspriser. Nettoafgiftsfaktoren angiver, hvor stor en del af danskernes private forbrug der udgøres af indirekte skatter og afgifter. Finansministeriet anbefaler, at der indregnes en nettoafgiftsfaktor på 32,5 % i beregningen af skades- og tiltagsomkostningerne over hele perioden.

Skatteforvridning	Såfremt et tiltag er skattefinansieret, skal der i overensstemmelse med Finansministeriets anbefalinger medregnes et skatteforvridningstab for alle nettoomkostninger. Skatteforvridningstabet er sat til 10 %, jf. Finansministeriets vejledning.
Prisniveau	Priser for skader angives i faste priser i nyeste prisår, det vil sige, at der ikke tages højde for inflation, som generelt medfører, at priserne stiger over tid. Det er vigtigt, at alle inputpriser i modellen er i samme år.
Afskrivning	Afskrivning er en regnskabsmæssig post, hvor værdien af et anlægsaktiv formindskes over anlæggets levetid. I cost-benefit-analyser for skybrudssikring antager man som regel, at tiltag afskrives lineært over deres levetid.
Scrapværdi	Scrapværdien indregnes i sidste analyseår, såfremt levetiden på tiltaget er længere end analysehorisonten. Det vil dermed være den tilbageværende værdi af anlægget, som vil indgå med en positiv værdi i sidste analyseår.