

OKTOBER 2023
VALLENSBÆK-, GREVE-, ISHØJ-, BRØNDBY KOMMUNE OG STRANDPARKEN I/S

KLIMATILPASNING AF KØGE BUGT STRANDPARK

TEKNISK NOTAT



OKTOBER 2023
VALLENSBÆK-, GREVE-, ISHØJ-, BRØNDBY KOMMUNE OG STRANDPARKEN I/S

KLIMATILPASNING AF KØGE BUGT STRANDPARK

TEKNISK NOTAT

PROJEKTNR.

A257809

DOKUMENTNR.

1

VERSION

1

UDGIVELSESDATO

30. oktober 2023

BESKRIVELSE

Klimatilpasning af Køge Bugt
Strandpark

UDARBEJDET

PFKL, KARH,
MNRD, TOJB

KONTROLLERET

JIJ

GODKENDT

PFKL

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Rammer og temaer	8
3	Eksisterende forhold	9
3.1	Kystbeskyttelse	11
3.2	Vandhåndtering	21
3.3	Sluser og pumper	24
3.4	Miljøforhold	26
4	Dimensioneringer	29
4.1	Stormhændelser	29
4.2	Havspejlsstigning	30
4.3	Landhævning	31
4.4	Sikringsniveauer	32
4.5	Bølgebidrag	34
4.6	Sikringshøjder	35
4.7	Nedbør	36
4.8	Samtidigheder	37
5	Løsningsforslag	40
5.1	Forhøjelse af de indre diger	40
5.2	Forhøjelse af ydre diger	40
5.3	Sluser	41
5.4	Pumper til vandhåndtering	41
6	Anlægsoverslag	42
6.1	Anlægsoverslag ved 3,0 m sikringsniveau	42
6.2	Anlægsoverslag ved 3,2 m sikringsniveau	43
6.3	Anlægsoverslag ved 4,0 m sikringsniveau	44

7	Næste skridt	45
7.1	Valg af sikringsniveau	45
7.2	Procesfaser fremadrettet	45
7.3	Tidslige tilpasninger	46
8	Referencer	47
9	Bilag 1 – 3D løsnings illustrationer	48
10	Bilag 2 Dynamisk stormflodsudvikling	58

1 Indledning

Køge Bugt Strandpark har i over 40 år været et effektivt værn mod stormflod og højvande og et attraktivt, stort rekreativt element i den nordlige del af Køge Bugt og der er ikke umiddelbart tegn på svagheder i dens fremsynede design. Dog ser klimaet noget anderledes ud end for 40 år siden og de fremtidige forventede klimaudfordringer kalder på en klimatilpasning og teknisk optimering af Køge Bugt Strandpark, hvis det også skal fungere som stormflodsbeskyttelse fremover.

Derfor har de 4 kommuner, Greve-, Ishøj-, Vallensbæk- og Brøndby sammen med Strandparken I/S og Hvidovre på sidelinjen, igangsat en analyse af Køge Bugts Strandparks nuværende tilstand med fokus på kystbeskyttelsen og bagvandshåndtering.

De eksisterende forhold er gennemgået med vurdering af nuværende kystbeskyttelsesniveau, vandhåndtering mv. Disse indledende analyser peger særligt på sårbarheden ved at Køge Bugt Strandpark bruges så intenst til rekreative formål, at det sænker sikringsniveauet for oversvømmelsesbeskyttelsen af de ydre og indre diger. Derfor anbefales at øge sikringsniveauet samtidig med at hjælpe brugerne af Køge Bugt Strandpark til at passe bedre på Strandparken.

Den nuværende håndtering af regnvand fra baglandet, kaldt bagvandshåndtering, er tiltagende udfordret fra stigende havniveau og øget afstrømning, så fremtidens klimaudfordringer anbefales indbygget i vandhåndteringen allerede nu.

Til dimensionering af fremtidens Strandpark er der anbefalet valg mellem de tre sikringsniveauer – lavt, middel og højt, der har forskellige stormflodshændelser, levetider med forventet havspejlsstigning og derved også anlægsoverslag.

Da nuværende placering af digerne er bibeholdt, er kun sikringskoten, fodaftrykket og anlægsoverslaget udslagsgivende for sikringsvalget.

De kommende proces-skridt frem til drift af optimeret klimatilpasset Køge Bugt Strandpark er beskrevet og der peges på at vigtigste aktør til tidlig tilpasning herefter er fremtidens voksende havniveau.

2 Rammer og temaer

Køge Bugt Strandpark har i over 40 år været juvelen i dansk kystteknik og klimahåndtering, da anlægget beskytter de mange bagvedliggende borgere mod både stormflod op til omkring 1872-stormflodsniveau og håndtering af bagvand, grundvand, skybrudsvand og længerevarende nedbørshændelser.

Selvom anlægget er anlagt på tidligere havbund ved indpumpning af store mængder sand, har designet været så robust og fremsynet, at hverdagsfunktionerne i form af badestrande, havne, naturområder etc. helt overskygger det kysttekniske anlæg. Fra start er indtænkt naturforvaltning med vegetation, levesteder for flora og fauna. Lagunerne er aktivt styret med naturligt ilt- og salttilskud, så der har været nært optimale leveforhold for liv i over 40 år.

Nu skal Køge Bugt Strandpark klimatilpasses til nuværende og ikke mindst fremtidens forventede klima. Denne justering af Strandparken vil gribe ind i både de fysiske anlæg, af fremtidens drift og vedligeholdelse og muligvis af det nuværende strukturelle fundament.

Den fysiske ramme er som udgangspunkt Køge Bugt Strandpark med Greve -, Ishøj -, Vallensbæk – og Brøndby Kommune som primær afgrænsning samt Hvidovre Kommune som vigtigste nabokommune. Ved havoversvømmelser med maksimalvandstand over 3,2 m DVR90 kan havvand oversvømme Køge Bugt Strandpark fra Hvidovre Kommune, så tværdiger kan blive nødvendige ved den østlige afgrænsning.

Den nuværende strukturelle ramme er Strandparken I/S som er lodsejer og daglig ansvarlig for drift og vedligehold af Køge Bugt Strandpark. Kystbeskyttelsesloven giver mulighed for at kommunerne er processtyrer ved kystbeskyttelsesprojekter jf. Kap 1a. Notatet gennemgår umiddelbare fordele og ulemper ved de to strukturelle projekt-styreformer samt kombinationer af disse.

Notatet er opbygget med følgende temaer: **Eksisterende forhold**, herunder nuværende beskyttelsesniveau med identificerede svaghedszoner mv. Bud på fremtidens **sikringsniveauer**, som er fundamentet for, hvad Køge Bugt Strandpark skal anlægges til at kunne modstå i fremtiden. **Løsninger** med udgangspunkt i eksisterende anlæg og videreførelse af tankerne om naturbaseret kystbeskyttelselementer beskrives. Dertil kommer initiale **anlægsoverslag** for løsningerne. Notatet afsluttes med de strukturelle muligheder samt **næste skridt** i proces og tidsafhængige tilpasninger.

3 Eksisterende forhold

Køge Bugt Strandpark har eksisteret i sin nuværende form siden dens anlæggelse i perioden 1976-1980. Allerede i 1930'erne blev visionen frembragt om at skabe et kystnært rekreativt område, der samtidig beskyttede de bagvedliggende arealer mod oversvømmelse. Formålet var både at lokke borgere væk fra København, og at skabe grønne rekreative områder. Visionen blev genfremsat og videreudbygget med fingerplanen i 1947, hvor netop kysten indgik som en vigtig del af udviklingsplanen (I/S Køge Bugt Strandpark, 1986).

I løbet af 1960'erne nedsatte man et planlægningsudvalg for Køge Bugt området, som arbejdede med forbedring af den nye byfinger. Fra midten af 1960'erne arbejdede udvalget med planen om inddæmning langs Køge Bugt for at beskytte de eksisterende og fremtidige kystgrundejerne og samtidig udvikle de rekreative områder ved at skabe et attraktivt varieret kystlandskab ud i Køge Bugt. Projektet udformedes således som et grønt kystlandskab med søer, klitter og diger, og udviklede sig til hovedstadens nye fristed (I/S Køge Bugt Strandpark, 1986).

Før Strandparkens anlæggelse forekom der årligt oversvømmelsessituationer, hvor vandet trængte op i huse, kloakker og haver fra mindre havoversvømmelser og særligt ved kraftige regnskyl. Med inddæmningen sikredes de lavtliggende oversvømmelsestruede områder, hvor der skete en stor byudvikling (I/S Køge Bugt Strandpark, 1986).

Historisk er der forekommet flere store oversvømmelsessituationer af byområderne i Køge Bugt. Den mest veldokumenterede historiske stormflod er stormen i 1872, hvor vandstanden i Køge Bugt nåede op på 286 cm og skabte voldsomme oversvømmelser samtidig med, at det blæste med orkanstyrke fra sydøst. Øvrige historiske hændelser inkluderer blandt andre 1825 stormen målt i Køge og 1904 stormen målt i Køge med vandstande på hhv. 230 cm og 220 cm DVR90. Et udpluk af de højeste vandstande målt og historisk beskrevet i Køge Havn er vist i Tabel 3-1.

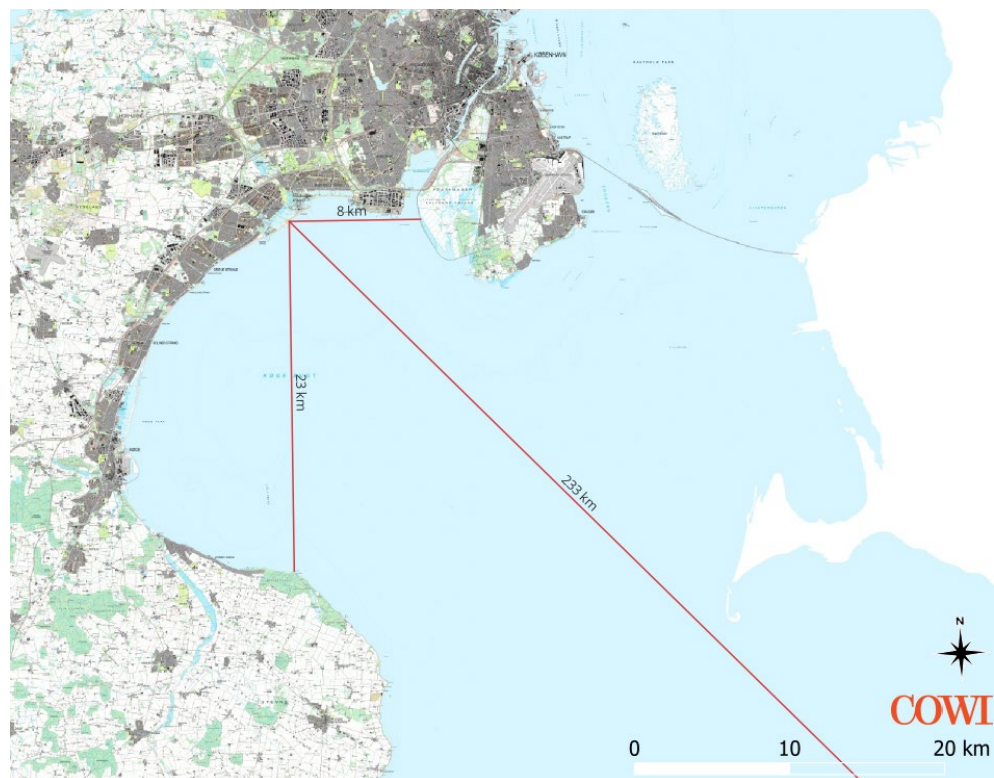
Tabel 3-1: *Oversigt over nogle af de største stormfloder i Køge Havn gennem de seneste 200 år. Data hentet fra (Kystdirektoratet, 2019) og (COWI, 2017)*

Stormhændelser	Stormflodshøjde DVR90,
21. oktober 2023 – målt i Hundige Havn (kl. 00:40)	168 cm
4. januar 2017 – målt i Køge Havn (KDI 2019)	157 cm
17. januar 1992 – målt i Køge Havn (KDI 2019)	151 cm
2. december 1986 – målt i Køge Havn (KDI 2019)	148 cm
12. december 1904 – historisk Køge Havn (COWI, 2017)	220 cm
12. november 1872 – historisk Køge Havn (COWI, 2017)	286 cm
3. januar 1825 – historisk Køge Havn (COWI, 2017)	230 cm

Strandparken blev anlagt som en tiltrængt højvandsbeskyttelse og nedbørsbeskyttelse samt for at forbedre badevandkvaliteten i de meget lavvandede kystnære områder og tiltrække besøgende med de mange rekreative oplevelser i Strandparken.

Strandparken er opbygget ved kystfodring af 1,5 mio. m³ sand som store sandbarriereøer ovenpå eksisterende undersøiske strandvoldsdannelser med sand fra Køge og Faxe Bugt. Derefter er der etableret strandklitter som blev beplantet med 2,6 mio. hjelm-planter fra den jyske vestkyst i klitterne og der er anlagt diger, spuns, sluser mv. Disse strandklitter vil fremover blive refereret til som ydre diger, mens havnedigerne bliver refereret til som indre diger.

Køge Bugt Strandpark er overordnet orienteret, så kysten er beskyttet mod storme med vinde fra nordlige og vestlige retninger og er dermed kendetegnet ved at have et relativt lavt bølgeenerginiveau. De længste frie stræk findes fra sydøstlige retninger (135°-165°N) med længder fra 130 km op til 233 km, som illustreret på Figur 3-1. Det er dermed kun bølger fra sydøstlige retninger, der har langt nok frit stræk til at skabe så store bølger, at de har reelt ødelæggende erosive effekter. Den dominerende vindretning i området er dog fra vest, så bølger fra det længste frie stræk vil oftest ikke være ledsaget af en forstærkende vindretning.



Figur 3-1: Frit stræk fra Køge Bugt Strandpark

Strandparken beskytter det landværts beliggende område mod både erosion og oversvømmelser. Erosionen håndteres af stranden, den ydre kystsikring og de lange havnemoler/høfder, mens oversvømmelser fra havet håndteres af både de

ydre og indre diger. Den samlede havoversvømmelsesbeskyttelse i form af ydre og indre diger er illustreret på Figur 3-2.



Figur 3-2: Placering af havoversvømmelsesbeskyttelse ved indre og ydre kystbeskyttelse i Køge Bugt Strandpark markeret af den røde linje. Kommunegrænserne er markeret med sort, og et ortofoto fra 2022 er brugt som baggrund.

3.1 Kystbeskyttelse

Kystbeskyttelse er fællesbetegnelsen for både erosionsbeskyttelse og oversvømmelsesbeskyttelse fra havet. Kystbeskyttelsesloven omhandler begge beskyttelsestyper, selvom de er meget forskellige i både skadesniveau og beskyttelseshåndtering.

Til brug for identifikation af de enkelte delstrækninger er kystlinjen opdelt i stationeringer efter deres lokation i området. Dermed er stationeringen for Olsbæk Strand (mørkeblå) OS0-OS590 i Greve, Hundige Havn (blå) HH0-HH1820, Hundige Strand (tyrkis) HS0-HS1520, Ishøj Strand (grøn) IS0-IS1800, Ishøj og Vallensbæk Havn (gul) IVH0-IVH320, Vallensbæk Strand (orange) VS0-VS340 og Brøndby Strand (mørkerød) BS0-BS2530.

Disse stationeringer løber således fra vest mod øst og kan ses per 200 m i nedenstående Figur 3-3.



Figur 3-3: Stationering i Køge Bugt Strandpark. Kommunegrænserne er markeret med sort. Et ortofoto fra 2022 anvendes som baggrund.

3.1.1 Kysterrosion og -udvikling

I Figur 3-4 ses området kystlinje i 1954 før anlæggelse af strandparken samt et ortofoto fra 2022, og dermed kystlinjens nuværende position.



Figur 3-4: Kystlinjen for 1954 vist med pink. Ortofoto fra 2022.

Siden strandparken stod færdig i 1980 er der sket en udvikling af den kunstigt skabte kystlinje med tilbagerykning i nogle områder, mens der i andre er sket

en fremrykning. Området har derfor været i (lille) forandring de sidste 40 år, med største forskydning af masse fra øst mod vest i området ved Vallensbæk Strand og Brøndby Strand, se Figur 3-5.



Figur 3-5: Kystlinjen i 1980 (blå) og 2022 (rød) i området ved Vallensbæk Strand og Brøndby Strand. Den sorte streg markerer kommunegrænsen.

Her ses det, at den vestlige del af kysten (st VS50-BS350) er fremrykket siden anlæggelsen i 1980, den midterste del er forblevet nogenlunde stabil (st BS350-BS1020), mens den østlige del er rykket tilbage – denne kyststrækning er den mest vedligeholdelseskrevende, da der lejlighedsvis flyttes sand fra Vallensbæk strand (VS50-150) til Brøndby Strand (BS 850-1020).

For hele strandparken ses en generel ligevægt med enkelte fremrykkende kystlinjer og andre eroderende/tilbagetrukket. Kystlinjens generelle ligevægt er illustreret i Figur 3-6, hvor det ses, at der næsten ikke er sket ændringer i kystlinjens position siden 1995.



Figur 3-6: Kystlinjeudvikling ved Ishøj Strand st IS0-IS1000.

3.1.2 Havoversvømmelsesbeskyttelse

Den eksisterende havoversvømmelsesbeskyttelse er uændret siden anlægstidspunktet i 1976-1980, hvor topkoten blev fastsat politisk til 2,93 m DVR90 (3,0 DNN), hvilket sikrede udsigt fra tagterrasser samtidigt med et rimeligt højt sikringsniveau.

Digerne ved havnene blev anlagt i minimum 2,23 m DVR90 (2,3 DNN). Der er enkelte dele af de ydre diger, der nu når op over 4 m DVR90, men det sammenhængende dige har nuværende maksimalhøjde på 3,0 m DVR90. Forskellen i sikringsniveau for de ydre diger og de indre diger på 70 cm, skyldes at de ydre diger også er dimensioneret ift. bølgepåvirkning.

Det er vurderet, at sikringen, da den blev etableret i 1979, svarede til omkring en 200 års middeltidshændelse. I mellemtiden er havniveauet steget over 12 cm, hvorved sikringen nu er vurderet til under en statistisk 150 års middeltidshændelse ved brug af samme statistik.

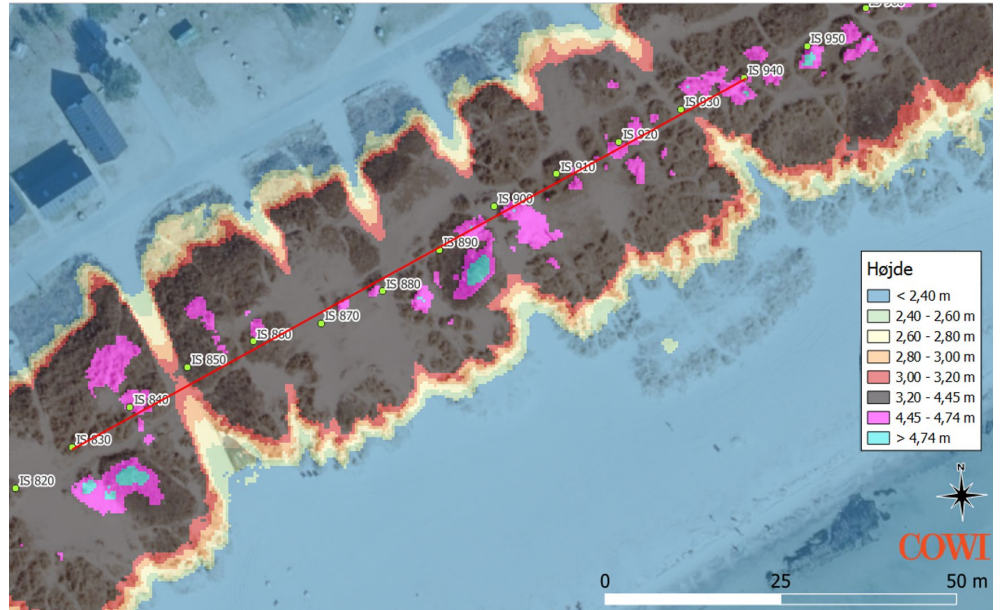
Når havspejlsstigningen for alvor bliver styrende for sikringsniveauer fra omkring næste århundrede, så falder sikringsniveauerne meget hurtigt – f.eks. fra 10.000 års middeltidshændelse til 100 års middeltidshændelse på kun 20 år.

I Strandparken er anlagt indre diger bag ved havnene, dels langs kanten af Greve Marina og langs kanten af Ishøj og Vallensbæk Havn samt ved Brøndby Havn. Disse diger varierer i bredden fra omkring 5 m op til omkring 15 m.

Strandparkens ydre diger ses langs den nordlige del af Olsbæk strand, Hundige Strand, Ishøj Strand, Vallensbæk Strand og Brøndby Strand og skal ses som sammenhængende kystbeskyttelse.

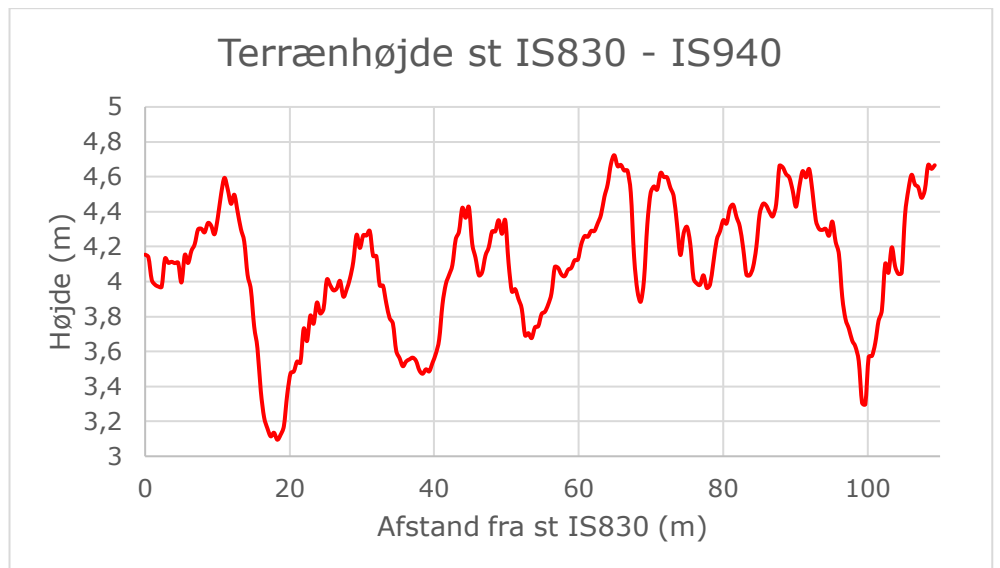
De ydre diger er mere end 20 meter brede og over 3 meter høje de fleste steder. Dog er det tydeligt, at mange af de ydre diger har været udsat for antropogen erosion, da der er mange tydelige stier, der fører mellem stranden og baglandet. Visse steder har denne nedslidning fra de besøgende på stierne medført en forskel i terrænhøjden på op til 75 cm.

Tydelige eksempler på dette ses ved parkeringspladsen ved Ishøj strand mellem station IS830 og IS940 som illustreret på Figur 3-7.



Figur 3-7: Terrænhøjde mellem station IS830 og IS940. Terrænhøjden langs den røde linje kan ses i Figur 3-8.

Som det fremgår af Figur 3-7 er der store forskelle i terrænhøjden for de ydre diger og mange lokale terrænlavninger. Det er tydeligt, at disse lavninger følger områderne, der bruges som stier. Terrænhøjden langs den røde linje, mellem station IS820 og IS960, kan ses i Figur 3-8.



Figur 3-8: Terrænhøjde af ydre dige langs den røde streg mellem st. IS830 – IS940

Som det fremgår af Figur 3-7 og Figur 3-8 er højdeforskellene langs de ydre diger meget store. Især ved st IS850 er det meget tydeligt, med en højdeforskel på 1,5 m mellem st IS841 og IS848. Denne lavning ses tydeligt på Figur 3-9.



Figur 3-9: Lavning ved st. IS850 set i retning mod sydøst

Ved havoversvømmelse vil disse lavninger være primærårsagen til hurtig gennembrudning af det ydre dige og tilsvarende hurtig oversvømmelse af baglandet.

3.1.3 Diger

Digerne (indre) langs de fire havne – og kommende tværdiger, er kendetegnet ved at de modvirker havoversvømmelse, men er ikke dimensioneret for bølgepåvirkning.

Derfor er de indre diger fra begyndelsen dimensioneret lavere end de ydre diger, som beskytter yderstrækningerne langs strandene og derved forventes at blive bølgepåvirket i stormflod med samtidig høj vandstand og pålandsvind og derved pålandsbølger.

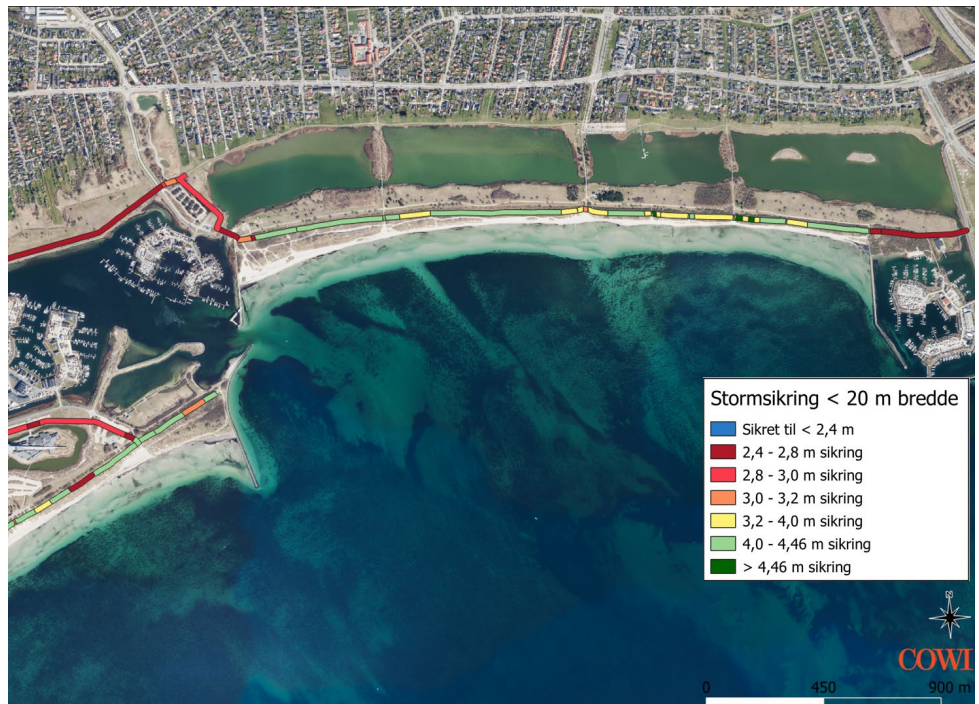
Den nuværende højde på den samlede oversvømmelses-beskyttelse, se Figur 3-2, giver et godt billede af, hvor der er kritisk lave svaghedszoner for gennembrud og derved de "lavest hængende frugter" for igangsætning af stormflodsvedligeholdelse. Da svaghedszonerne primært skyldes menneskelig påvirkning ved slitage, er disse zoner vigtige i designet af fremtidens mere robuste stormflodsbeskyttelser, med indbygning af nuværende viden om færdsel mv.

I følgende Figur 3-10 og Figur 3-11 ses de indre og ydre digers nuværende målte stormflodssikrings-højde. Denne sikringshøjde er defineret ud fra digets højeste punkter (i tværsnit) og med en bredde på mindst en meter.



Figur 3-10: Højder for oversvømmelsesbeskyttelsen med en bredde på minimum 1 m og under 20 m, der definerer de ydre digers styrke. Vestlige del af Køge Bugt Strandpark

Der er særligt fokus på de lavest beliggende områder, da de bliver hurtigst påvirket og overskredet under en stormflod.



Figur 3-11: Højder for oversvømmelsesbeskyttelsen med en bredde på minimum 1 m og under 20 m, der definerer de ydre digers styrke. Østlige del af Køge Bugt Strandpark

Erfaringsmæssigt er det disse lavest beliggende terrænsnit, der definerer oversvømmelsens begyndelse og med lavere beliggende bagland, vil vandet udbrede sig i alle kommunerne.

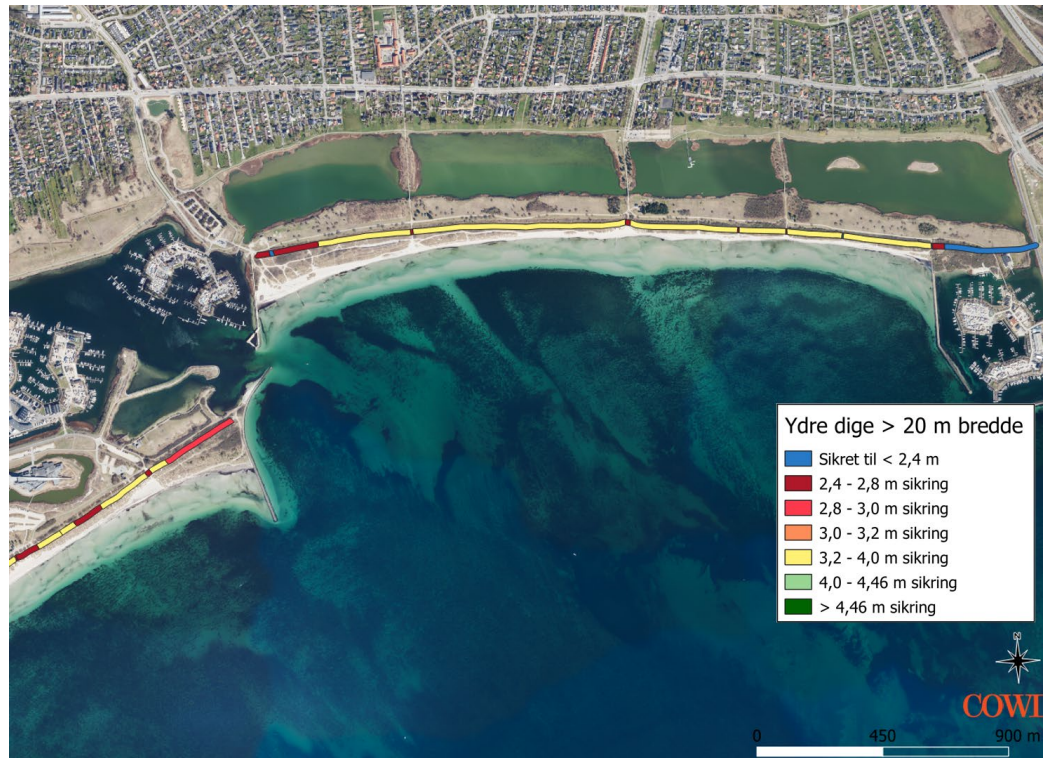
Det fremgår af Figur 3-10 og Figur 3-11, at der er flere lokaliteter, hvor højden og derved sikringskoten er under 2,4 m., (de blå markeringer). Umiddelbart drejer det sig om diget ved Sælstien for ende af Jens Frobergsvej i Greve og diget for enden af Digevej i Greve samt Hundige Havnedige ved Hundige Strand Familiecamping i Greve. Skovvejen ved kunstværket "Stadion" i Ishøj Havns havnedige og "kajak-slæbestedet" for enden af Sandvejen i Vallensbæk Havns havnedige.

Under Bodil stormen i 2013 oplevede dele af de danske kyster erosion af strandklitter med deraf tilbagerykning på op til 10 meter (f.eks. på Sjællands Nordkyst). For at opnå en stormflodssikring af de ydre diger, der beskytter mod 2 på hinanden følgende Bodil-lignende stormfloder samme år, kræves derfor en bredde på det lokale dige på mindst 20 meter.

Figur 3-12 og Figur 3-13 illustrerer det ydre diges sikringshøjde ved en minimumsbredde på af 20 m og derved svaghedszonerne langs de ydre diger i kystens nuværende tilstand.



Figur 3-12: Højde af kystbeskyttelsen på det ydre dige med en bredde på mindst 20 m, vestlige del af Køge Bugt Strandpark



Figur 3-13: Højde af kystbeskyttelsen på det ydre dige med en bredde på mindst 20 m, østlige del af Køge Bugt Strandpark

Umiddelbart er det ydre dige svagest ved de blå markeringer, svarende til en sikringshøjde under 2,4 m DVR90. I Greve er det den vestlige "tilhæftning" af det ydre dige ved Sælstien samt ved P-pladsen ved Hundige Havns østlige dækmole. I Ishøj er det ydre dige svagest for enden af Pilestien, der går via øen mellem Jægersø og Lille Vejlesø. Ved det ydre diges vestlige begyndelse i Valensbæk Strand, er stien gennem diget fra stranden til Haveje-spisestedet og toiletter svageste led med terrænlavningen. I den vestlige del af Brøndby Strand er der to stiovergange som sænker sikringsniveauet til under 2,4 m DVR90. Derudover er havnediget ved Brøndby Havn markeret som lavtliggende – her er diget dog lige omkring 2,6 m DVR90. Brøndby Havn, må dog forventes at have begrænset bølgepåvirkning, hvorfor sikringsniveauet her kan sammenlignes med de øvrige havne.

For en statistisk 1000 års middeltidshændelse med forventet 30 timers stormflod og med en maksimal vandspejlskote i 3,76 m DVR90, vil alle lavtliggende dele af baglandet blive oversvømmet., se f.eks. Bilag 2 – dynamisk stormflodsudvikling beregnet med MIKE 21 FM-modellering af stormflod samt Figur 3-14.



Figur 3-14 Initial oversvømmelse med modellering af vandets tidlige udbredelse og derved beredskabets forventede kritiske evakuerings-hastighed. De identificerede lavninger er markeret med røde ringe og vandet starter med at strømme ind i baglandet herfra. Maksimalvandstanden svarer til 1000 års hændelse i dag.

Som det fremgår af figurene, er der store forskelle på den indre og den ydre kystbeskyttelse i Køge Bugt Strandpark. Bredden på de indre diger langs havnene overstiger ikke 20 meter, udover et enkelt område ved station IVH 1770 til IVH 1850. Derfor er deres stormsikringsniveau < 2,4 m. Det ydre diges bredde overstiger dog de fleste steder 20 meter, men op til varierende højder som følger af de lokale lavninger.

Den samlede længde af strækningerne for kystbeskyttelsens højde ses i Tabel 3-2.

Tabel 3-2: Længde af kystbeskyttelsen i meter og i %

	< 2,4 m	2,4-2,8 m	2,8-3,0 m	3,0-3,2 m	3,2-4,0 m	4,0-4,46 m	> 4,46 m	SUM
Samlet længde af stormsikring < 20 m (m)	124,0	3962,0	2074,0	1357,0	3439,0	786,0	67,0	11809,0
Samlet længde af stormsikring i %	1,1%	33,6%	17,6%	11,5%	29,1%	6,7%	0,6%	100,0%
Samlet længde af ydre diger > 20 m (m)	840,9	2853,7	400,1	647,3	2027,4	0,0	8,8	6778,2
Samlet længde af ydre diger i %	12,4%	42,1%	5,9%	9,5%	29,9%	0,0%	0,1%	100,0%

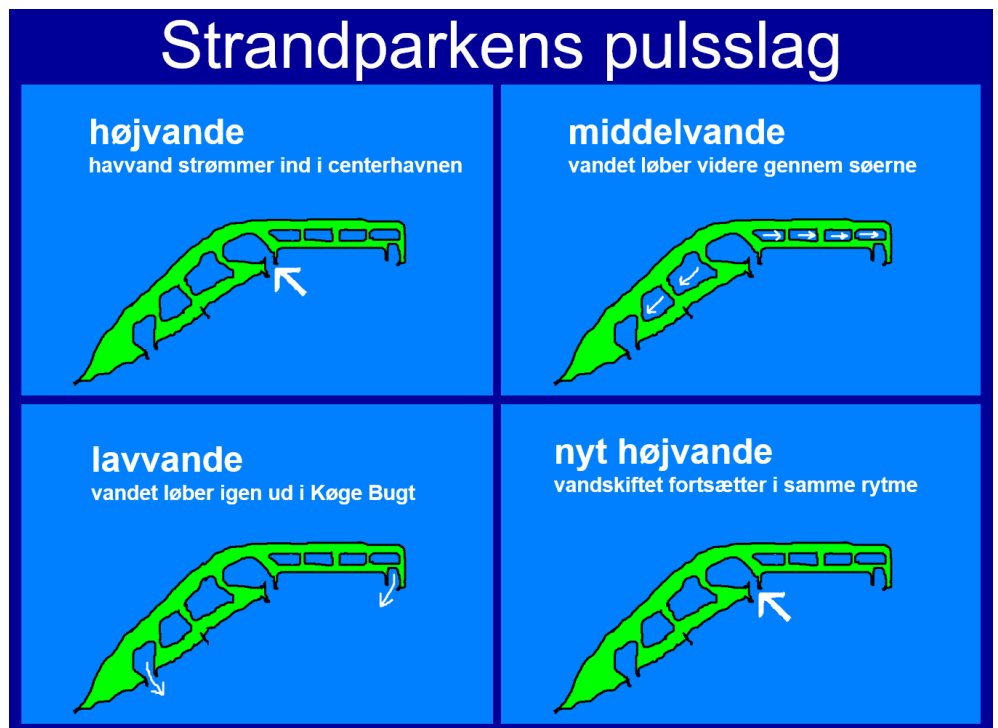
3.2 Vandhåndtering

Lagunerne/søerne i Strandparken er opdelt i et vestligt og et østligt system med Ishøj/Vallensbæk Havn imellem. Det vestlige system ud for Ishøj og Greve kommuner består af søerne af Lille Vejlesø og Jægersø. Det østlige system ud for Brøndby og Vallensbæk Kommuner består af Ringeby Sø, Stubbe Sø, Maglebæk Sø og Holmesø.

3.2.1 Laguner

Vandkvaliteten i søerne opretholdes ved en tidevandsreguleret vandudskiftning, hvor vandet løber ind i søerne ved Vallensbæk/Ishøj Havn og ud ved hhv. Brøndby og Hundige Havn. Da det astronomiske tidevand i Køge Bugt er meget lille i forhold til de vindgenererede vandstandsforskelle – er vindretning og -styrke den drivende kraft i vandudvekslingen af lagunerne, se Figur 3-15.

Der er højvandslukker ved udløbene fra St.- og Lille Vejleå og der er etableret overløbs-muligheder fra åerne til strandparkslagunerne, hvis vandstanden i åen stiger ved ydre højvande, hvor højvandslukken mod havet er lukket.



Figur 3-15 Lagunerens "hjerter-puls" med indtrængende salt- og iltholdigt vand i Ishøj/Vallensbæk Havn og fordeling langs lagunerne og udløb i Hundige Havn og Brøndby Havn. Illustration fra Strandparkens 25-års jubilæum i 2005

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

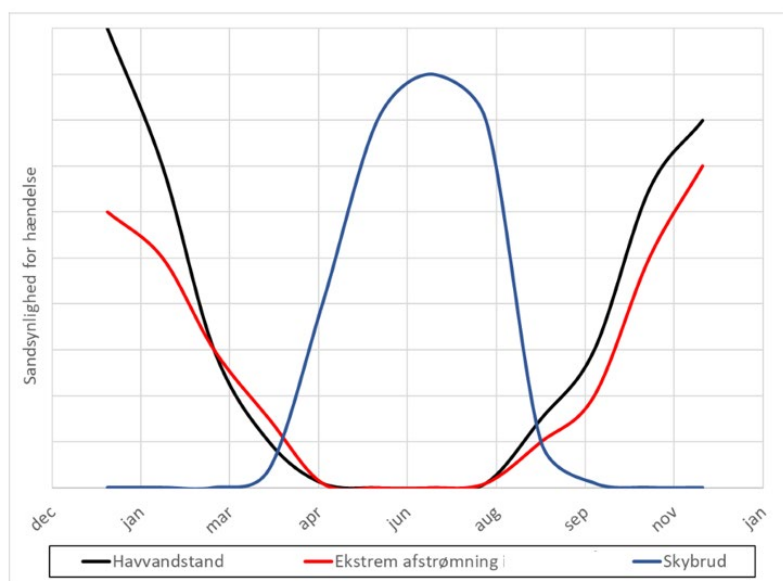
Det betyder samtidigt, at den logiske følge i forhold til udfordringen med den stigende havvandstand er en fortsat udbygning af sikringen, som Strandparken giver – samtidig med øget aktiv styring af vandhåndteringen.

3.2.2 Regnvand og afstrømning

Bagvand (regnvand og høj afstrømning) er typisk en udfordring i stormflodsprojekter, hvor formålet er at holde havets vand ude og opnå beskyttelse bag sikringen, når vandet stiger i havet.

Imidlertid kan sikringen i sig selv skabe udfordringer med vandhåndteringen, hvis områdets naturlige vandveje ikke respekteres og der ikke er dimensioneret tilstrækkelig plads til vandparkering i tilfælde af samtidig af høj ydre vandstand og høj afstrømning ved langvarig nedbør.

Udfordringen er visualiseret ved Figur 3-16, som illustrerer den typiske sammenhæng og sammenfald i forhold til de ekstreme hændelser stormflod, ekstrem afstrømning og skybrud.



Figur 3-16 Sandsynlighed for hændelser over året for forhøjet vandstand/stormflod, Ekstrem afstrømning i vandløbene og skybrud. Det ses af figuren, at hændelserne er årstids-specifikke, og at der ikke er statistisk sammenfald mellem kraftigt skybrud og stormflod eller kraftigt skybrud og ekstrem afstrømning. Dog er der sammenfald mellem ekstrem afstrømning og stormflod som statistisk set forekommer i samme periode af året.

Som det ses af Figur 3-16, så er der typisk sammenfald mellem sandsynligheden for stormflod og for ekstrem afstrømning i vandløbene, da disse hændelser opstår i vinterhalvåret. Skybrud forekommer statistisk set ikke i kombination med de andre hændelser, da det er et sommerfænomen. De senere år, er der dog flere eksempler på senere skybrudshændelser (helt ind i oktober), hvilket også kan forventes i fremtiden.

Selvom der er sammenfald mellem årstiden for stormflod og høj afstrømning skal dette stadig ses i lyset af at den koblede sandsynlighed for sammenfald med f.eks. 100 års stormflodshændelse og en 100 års ekstrem afstrømning er meget lille. Sandsynligheden for sammenfald stiger, når hyppigheden for de hændelser, der kombineres, øges.

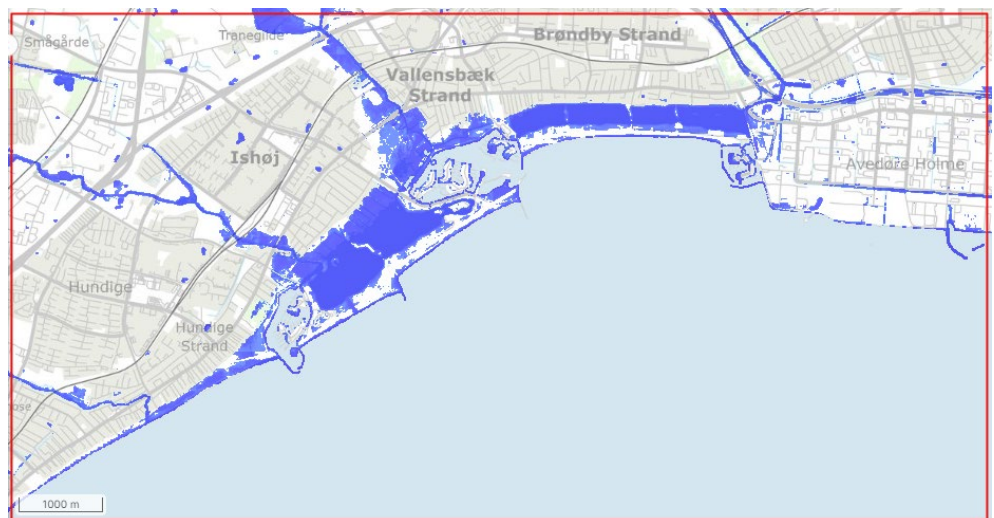
Det skal således i projektet sikres at skybrud kan håndteres igennem sikringen i sommerhalvåret (hvor risikoen for stormflod er lille), og at der er mulighed for at kraftig vandføring i vandløbene enten magasineres i oplandet og i lagunerne eller pumpes ud i vinterhalvåret i kombination med stormflod.

I den forbindelse er der i 2019 opført en pumpestation på udløbet af St. Vejle Å i Ishøj Havn, som netop skal håndtere bagvand i kombinerede situationer med høJVande og afstrømning. Tilsvarende er der ligeledes skabt områder længere oppe i vandløbssystemet som kan tilbageholde/magasinere vand fra St. Vejle Å.

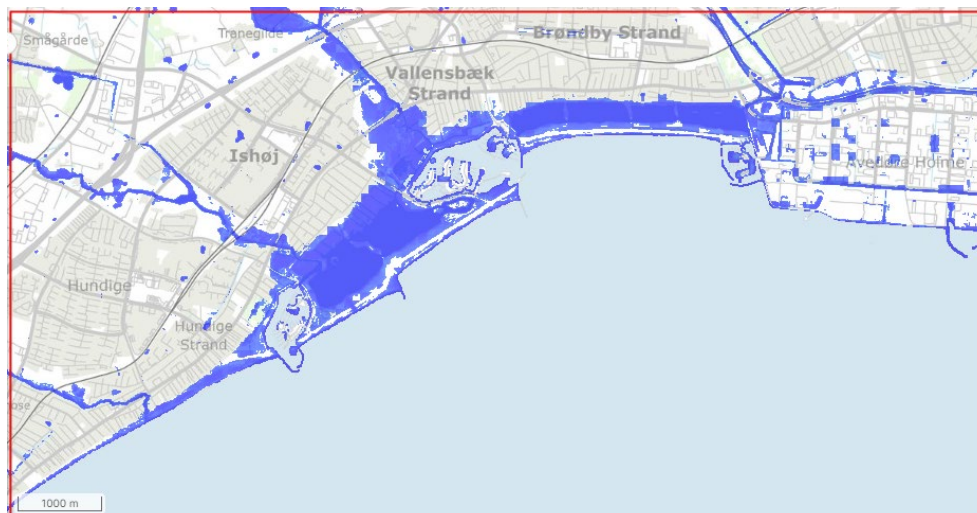
3.2.3 Grundvand

De eksisterende grundvandsforhold er karakteriseret ved et terrænnært grundvandspejl, der står lige under terræn, dvs. ofte mindre end 50 cm, da der er tale om et kystnært område.

Figur 3-17 viser de områder, hvor det terrænnære grundvand står tættere end 50 cm på terræn i en sommersituation. Det tilsvarende billede for en vintersituation ses på Figur 3-18.



Figur 3-17 Eksisterende grundvandspejl tættere end 50 cm på terræn i en sommersituation. Kilde: Scalgo Live.



Figur 3-18 Eksisterende grundvandsspejl tættere end 50 cm på terræn i en vintersituation. Kilde: Scalgo Live.

Dybden til det terrænnære grundvand på Figur 3-17 og Figur 3-18 er beregnet af GEUS med en hydrologisk model (DK-model HIP) for perioden 1990-2020. Modelberegningen er udført i et beregnings-grid på 100 x 100 m, men er efterfølgende nedskaleret til et 10 m grid via maskinlæring. Resultaterne er stillet til rådighed i Scalgo Live.

Da området ved Køge Bugt Strandpark i sigens natur er beliggende tæt ved kysten, er der ikke den store forskel på grundvandsspejlet i en sommer- og vintersituation, men i større grad af vandspejlet i Køge Bugt.

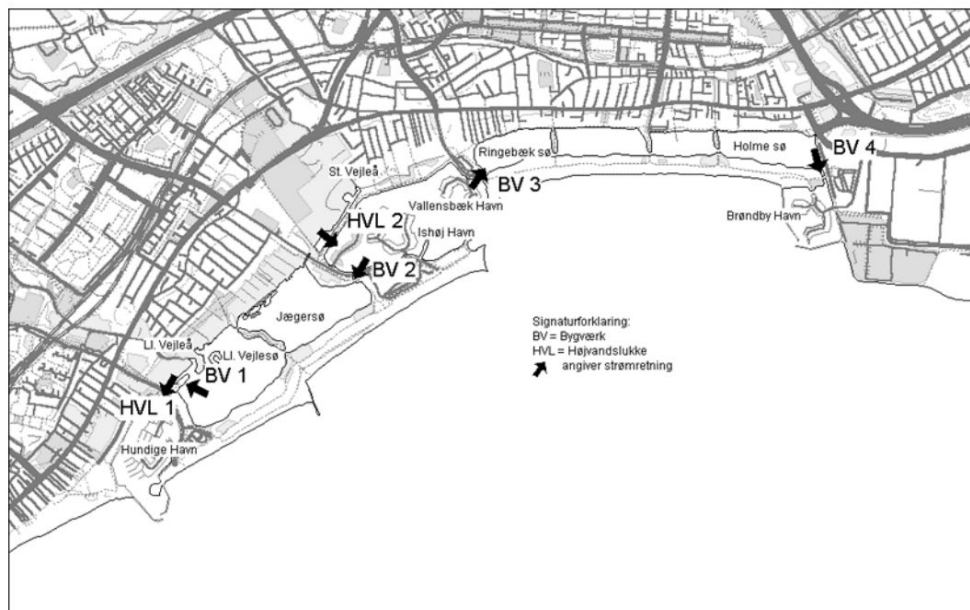
Lokalt vil grundvandsspejlet desuden været styret af dræning, f.eks. fra mindre grøfter, drænledninger samt af kloaksystemet. Kloaksystemet kan virke drænnende, hvis der er utætheder i systemet og hvis ledningerne ligger under grundvandsspejlet, hvilket de typisk vil gøre tæt på kysten.

Ved en stormflodshændelse må det forventes, at der også vil ske en stigning af grundvandsspejlet, som forplanter sig ind i landet. Dette kan give en opdrift på konstruktioner og ledninger under grundvandsspejlet.

Der vil dog ske en vis dæmpning og forsinkelse af stigningen i grundvandsspejlet ift. stormflodshændelsen, hvilket kan undersøges med en hydrologisk model.

3.3 Sluser og pumper

Siden anlægsbyggeriet har sluser og pumper udgjort hjørnestenene i vandhåndteringen af Køge Bugt Strandpark og trods øget klimabetinget voldsomt vejr og havspejlsstigning, er det grundlæggende system endnu intakt, se Figur 3-19.



Figur 3-19 Højvandslukker (HVL) og bygværker (BV) i Køge Bugt Strandpark. De 6 slusebygværker leder dels bagvand fra Li. Vejle Å ud via HVL 1 og fra St. Vejleå ud via HVL 2 samt bagvand fra fæstningskanalen/Vestvolden ud via BV 4. Resten håndterer lagunerens vandudskiftning, se også Figur 3-15.

Overordnet skal bagvandet fra Li. Vejle Å, St. Vejle Å og Fæstningskanalen/Vestvolden ud i havet – det håndteres af hhv. HVL 1, HVL 2 og BV 4, se Figur 3-19.

I hverdagen, når vandspejlet i åerne er højere end i havet, står sluserne åbne, så bagvandet løber ud i havet og lukkes igen hvis ydre vandstand falder til under 0 m for ikke at suge for meget havvand ind.

Tabel 3-3: Oversigt over HøjVandsLukker og Bygværk i Køge Bugt Strandpark

	HVL 1	HVL 2	BV 1	BV 2
Funktion	Udløb af Lille Vejle Å til Hundige Havn	Udløb af Store Vejle Å til Ishøj Havn	Udløb fra Lille Vejle Sø til Lille Vejle Å	Indløb fra Ishøj Havn til Jægersø
Åbent	Når vandstand i Køge Bugt er $< +0,3$ m DNN eller vandstand i å er $>$ i havn	Når vandstand i Køge Bugt er $< +0,3$ m DNN eller vandstand i å er $>$ i havn	Når vandstand i sø er $>$ i å	Når vandstand i Køge Bugt er $< +0,25$ m DNN eller vandstand i sø er $<$ i havn
Lukket	Når vandstand i Køge Bugt er $> +0,3$ m DNN eller vandstand i å er $<$ i havn	Når vandstand i Køge Bugt er $> +0,3$ m DNN eller vandstand i å er $<$ i havn	Når vandstand i sø er $<$ i å	Når vandstand i Køge Bugt er $> +0,25$ m DNN eller vandstand i sø er $>$ i havn

Ved høj ydre vandstand lukker sluserne og bagvandet ledes ind i lagunerne til midlertidig "parkering". Når ydre vandstand falder igen, strømmer det parkerede vand ud i havet. Derudover iltes lagunerne med vandstands-variationen, se Figur 3-15, Figur 3-19 og Tabel 3-3.

I forbindelse med st. Vejle Å er der som beskrevet tidligere opført en pumpestation, der kan afvande åen, når højvandsslusen HVL 2 er lukket og vandstanden er kritisk opstrøms slusen.

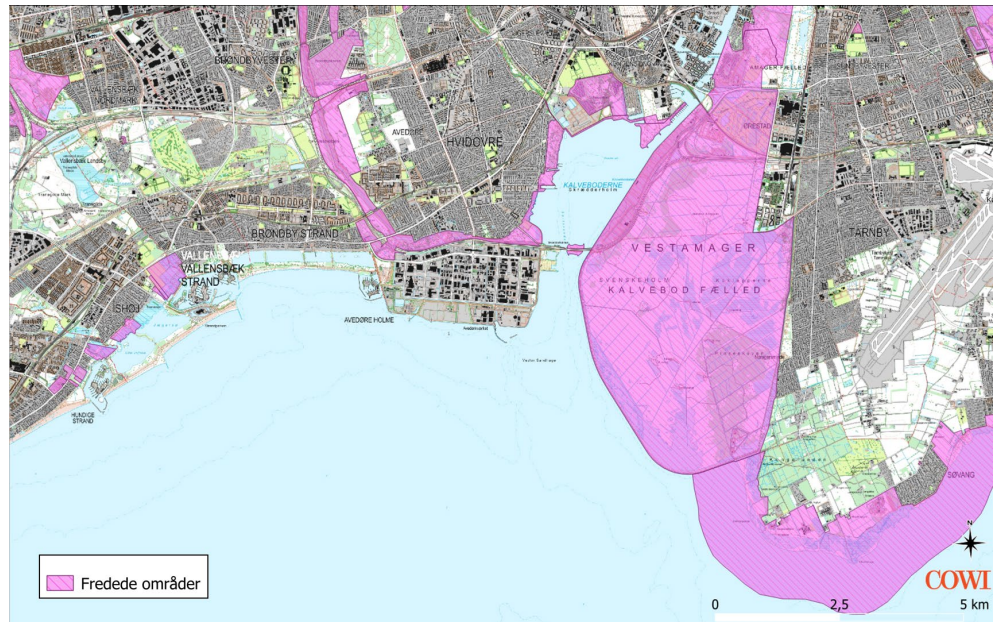
3.4 Miljøforhold

Flere områder i Køge Bugt Strandpark er blevet udpeget som beskyttede naturtyper af § 3 natur. Dette er områder med eng, hede, mose, overdrev, strandeng, samt sø. Disse er spredt over hele området som illustreret i Figur 3-20.



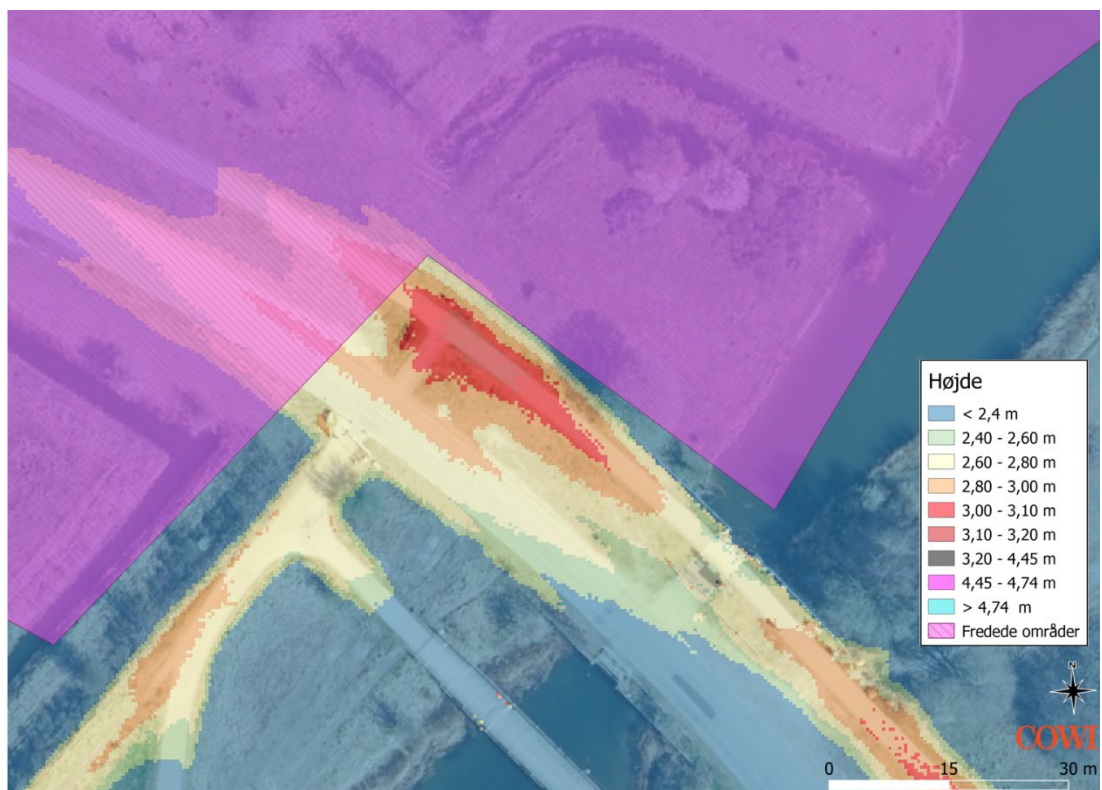
Figur 3-20: Beskyttede naturtyper (§ 3 natur) i Køge Bugt Strandpark

Derudover er større dele af selve strandparken samt bagvedliggende arealer fredede, som illustreret i Figur 3-21.



Figur 3-21: Fredede områder i og nær ved Køge Bugt Strandpark

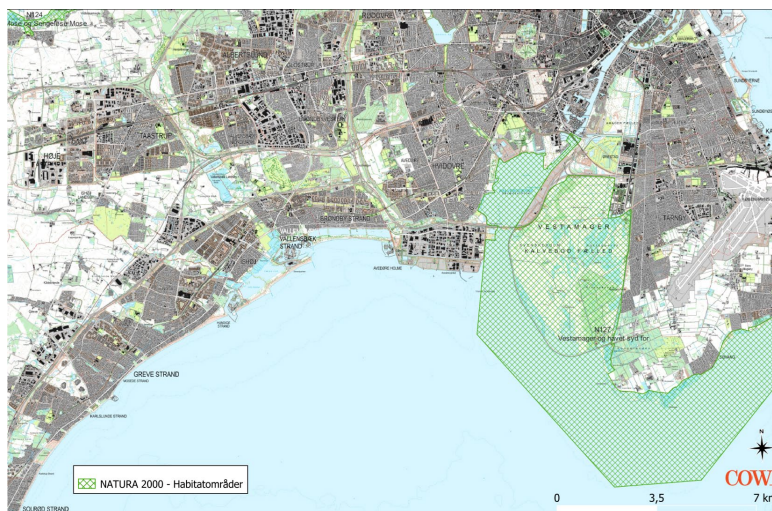
Der er ikke overlap mellem diget og de fredede områder. Ved st. HH 1100 grænser de to dog op til hinanden, og en udvidelse af diget hér vil derfor muligvis resultere i et lille overlap.



Figur 3-22: Området ved st HH1000-HH1200. Højden på diget samt udbredelsen af det fredede område er illustreret.

Derudover er et overlap mellem diget og strandengsnatur ved st OS0-HS150, overdrevsnatur ved st HS660-IS750, strandengsnatur ved st IS1450-IS1800, engnatur ved st IVH2250 til IVH3020 og overdrevsnatur ved st VS55 til VS340.

I selve Strandparken findes ingen Natura 2000 område, men et større område grænser op til østlige del af Avedøre Holme, som illustreret i Figur 3-23.



Figur 3-23: NATURA 2000 habitatområder nær Køge Bugt Strandpark.

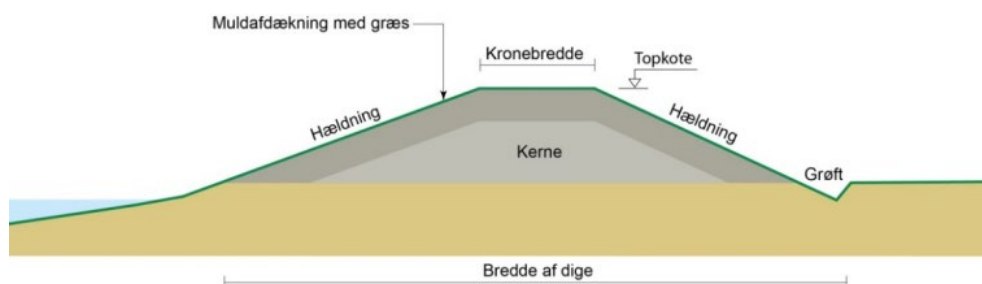
4 Dimensioneringer

Dimensioneringsgrundlaget for fastsættelse af digekronekoten beregnes fra:

Sikringsniveau: Vandstanden (vandstand svarende til en valgt returhændelse/middeltidshændelse) + klimabetinget havspejlsændring inden for digets levetid – landhævning.

Hertil skal der tillægges en beregnet højde på bølgeopløb for bølgepåvirkede strækninger, hvis der er samtidighed mellem bølgepåvirkning og forhøjet vandstand. Denne beregnes ud fra det foranliggende terræn, da bølgehøjden er dybdebegrænset. Kronekoten tilpasses ved at finde et acceptabelt niveau for bølgeopskyl og overskyl og justeres således ift. vindstuvning og opskylshøjde. Sikringsniveauet medtaget bølgepåvirkningen definerer sikringshøjden og derved kystbeskyttelsens anlægshøjde, se f.eks. digets kronekote på Figur 4-1.

Højden af kronekoten kan desuden justeres ved at ændre hældningen på højvandsbeskyttelsens forside, hvorved bølgeenergien forsvinder over et større område og derved nedsætter opskylshøjden. Det har dog den konsekvens at digets fodaftryk forøges.



Figur 4-1: Principtegning af et kystdige (Kystdirektoratet, 2018)

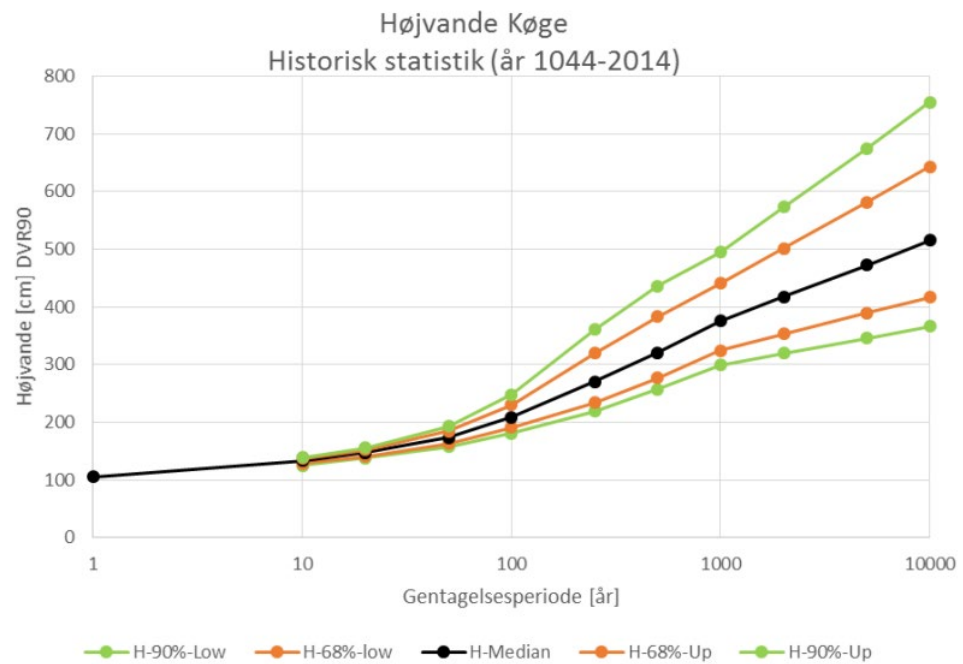
4.1 Stormhændelser

Havspejlet stiger som følge af de globale klimaforandringer, og hastigheden for ændringen i middelvandstand er accelererende, også langt ude i fremtiden. Returperioden for en given stormvandstand falder i takt med at middel-havspejlsniveauet stiger. Det betyder, at stormfloder i fremtiden vil indtræffe både hyppigere og være voldsommere. Derfor er det vigtigt at sikre, at den forventede havspejlsstigning inden for kystbeskyttelsens planlagte levetid, lægges til den dimensionsgivende vandstand, så sikringshøjden lever op til den valgte returperiode. Den nuværende højvandsstatistik der inkluderer både målte og historiske maksimalvandstande som følge af stormhændelser kan ses i Tabel 4-1.

Tabel 4-1: Frekvens af stormfloder samt tilhørende vandstandskoter (COWI, 2019).

Gentagelsesperiode (år)	10	20	50	100	250	500	1000	2000	5000	10000
Vandstand (cm)	133	147	174	209	270	321	376	418	473	515

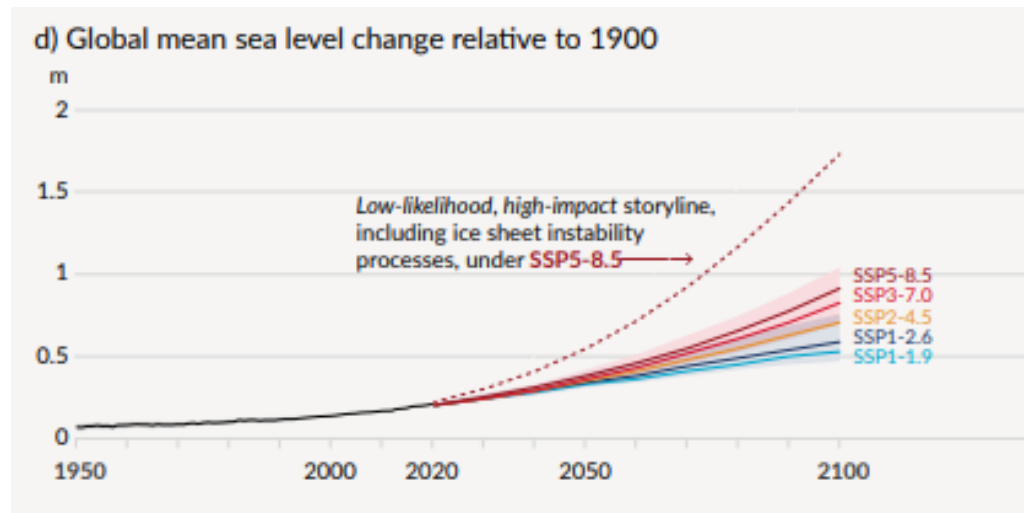
Gentagelsesperioden skal anses som en sandsynlighed. Der er således 1% sandsynlighed for, at vandstanden for en 100 år hændelse overskrides i et givent år. Denne sandsynlighed vil dog som nævnt øges fremover. Dette, samt det tilhørende konfidensinterval for hhv. 68% og 90%, er yderligere illustreret i Figur 4-2.



Figur 4-2: Højvandsstatistik for ekstreme vandstandsværdier, uden klimaforandringer, baseret på historiske og målte hændelser. Medianen er sort, 68% konfidensintervallet er orange, mens 90% konfidensintervallet er grønt (COWI, 2019).

4.2 Havspejlsstigning

De globale havspejlsstigninger som følge af global opvarmning vil ifølge FNs Klimapanel, IPCC følge tendenserne i Figur 4-3. Der vil dermed forårsages en højere maksimalvandstand.



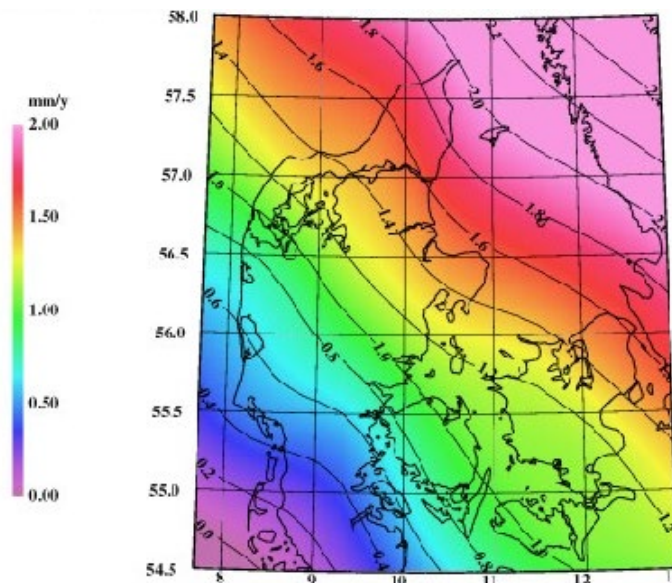
Figur 4-3: IPCC's seneste fremskrivning for global havspejlsstigning for forskellige scenarier for drivhusgasudledning. Nulpunktet er vandstanden i år 1900. Grafernes buffer illustrerer usikkerheden for hvert scenarie.

Ved scenariet SSP5-8.5, som anbefales af DMI til sikringsniveau beregning efter år 2050, vil der forekomme en havniveauanstigning på 0,23 m i år 2050 og 0,77 m i år 2100, beregnet fra år 1990. Dette scenarie går ud fra "Business-as-usual" og er altså det scenarie med den højeste mængde drivhusgasudledning.

Dette scenarie er dog forbundet med forholdsvist meget usikkerhed, hvilket også er illustreret i Figur 4-3 med bufferne omkring graferne. Jo længere frem i tiden man ser på fremskrivningen, jo større er usikkerheden dermed.

4.3 Landhævning

Landhævningen i Danmark siden sidste istid er med til delvist at modvirke de negative effekter af de globale havniveauanstigninger. Figur 4-4 illustrerer landhævningen i Danmark i mm per år, og hvorledes de forskellige områder af landet hæver sig med forskellig hastighed.



Figur 4-4: Landhævning i Danmark målt i mm per år. Køge Bugt strandpark oplever landhævning på ca. 1,4 mm per år.

Køge Bugt Strandpark oplever landhævninger på 1,4 mm per år, hvilket svarer til en stigning på 3,8 cm i år 2050 og 10,8 cm i år 2100 i forhold til år 2023. Dette er ikke meget i forhold til de potentielle havspejlsstigninger, men påvirker trods alt effekten en smule.

4.4 Sikringsniveauer

Den maksimale vandstand til dimensionering bestemmes som oftest ved at udvælge en statistisk middeltidshændelse, som diget skal kunne beskytte imod. Kystdirektoratet (KDI) udgiver hvert 5. år højvandsstatistikker for udvalgte vandstandsmålere i hele landet. Den seneste højvandsstatistik blev udgivet i 2017 (ed. 2019).

KDI's statistik inkluderer udelukkende målte vandstande, og historiske højvands-hændelser er således ikke inkluderet i deres fremskrivninger, se Figur 4-5 for Køge Havn med 56 års målinger.

I områder, som Køge Bugt, hvor der er evidens for at flere ekstremhændelser har indtruffet før måleinstrumenter, blev opsat, underestimerer KDI's statistik de statistiske stormvandstande. COWI har for Køge Bugt udarbejdet egen statistik (COWI, 2019), som tager højde for historiske data, se Tabel 4-1 og derfor er mere retvisende ift. de statistiske middeltidshændelser.

60

Datablad

Køge Havn

Hændelse [år]	20	50	100
Vandstand [cm]	146	154	159

Stationsnummer: DMI 30478/30479; NST
 Måleperiode: 01.04.1955 - 01.03.2017
 Data længden: 56,5 år

Datagrundlag for ekstremanalyse

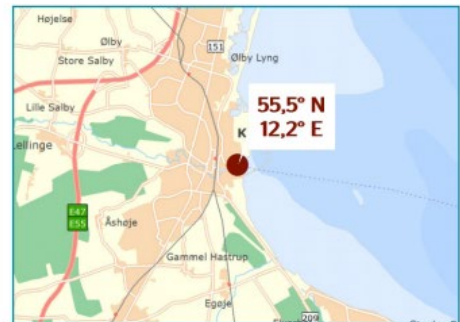
Afskæringsniveau [cm]: 111
 Detrending faktor ift. middelvandstand i 2017 [cm]: 5,13

Bemærkninger

Manglende data: 09.11.2006 til 22.12.2011. NST måler nedlagt i 2007. DMI måler opsat ultimo 2011.

Modelparametre

Weibull fordeling, α : 130,798 β : 11,127



Figur 4-5: Kystdirektoratets højvandsstatistik for Køge Havn (Kystdirektoratet, 2019)

Sikringsniveauet for Køge Bugt Strandpark bestemmes for fremtidig havoversvømmelse. Dette gøres ved at anvende COWIs højvandsstatistik sammenlagt med forventet havspejlsstigning i fremtiden, fratrukket landhævningen i området. Resultaterne af dette ses i Tabel 4-2. Havniveauet i 2075 antages at være 0,46 m ifølge IPCC's AR6 for SSP5-8.5 scenariet.

Tabel 4-2: Sikringsniveau for Køge Bugt Strandpark ved forskellige middeltidshændelser i år 2050 og 2100.

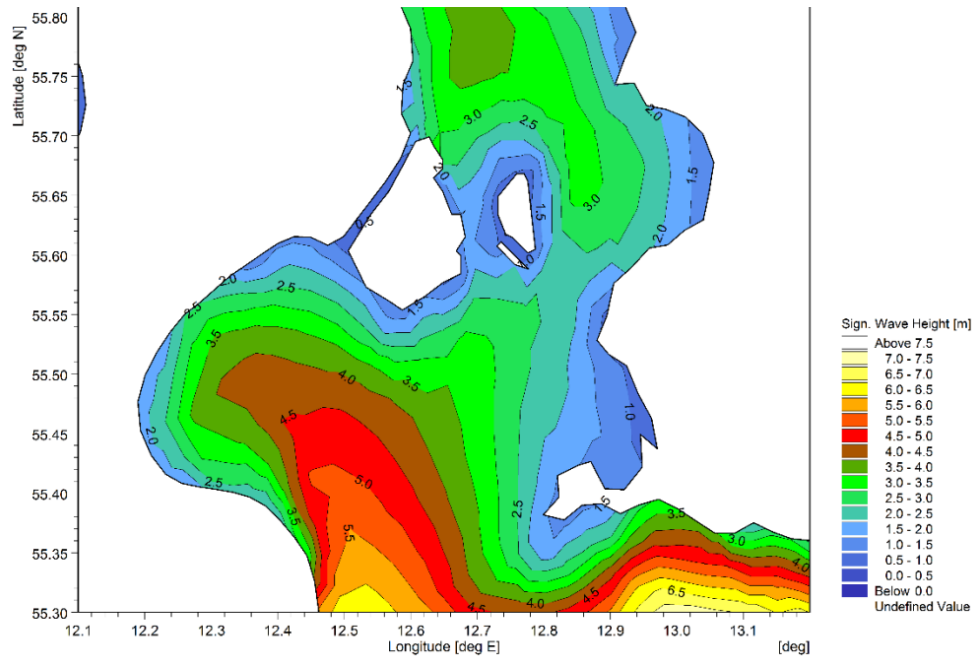
Sikringsniveauer:	År 2050	År 2075	År 2100
Vandstand ved 20 års MT (m)	1,66	1,86	2,13
Vandstand ved 50 års MT (m)	1,93	2,13	2,40
Vandstand ved 100 års MT (m)	2,28	2,48	2,75
Vandstand ved 250 års MT (m)	2,89	3,09	3,36
Vandstand ved 270 års MT (m)	2,99	3,19	3,46
Vandstand ved 1000 års MT (m)	3,99	4,15	4,42

Som det fremgår af Tabel 4-2 skal der altså ved en 1872-storm (270 års middeltidshændelse i år 2023) sikres til en højde på 3,46 meter i år 2100, uden at tage hensyn til bølgehøjden.

I de efterfølgende afsnit er sikringsniveauerne afrundet til nærmeste decimeter, da fremskrivningerne og statistikkerne er forbundet med en vis usikkerhed.

4.5 Bølgebidrag

For kommunerne Greve, Ishøj, Vallensbæk og Brøndby er det tilsvarende som for Hvidovre stormfloder fra syd som giver oversvømmelser samtidig med bølger forårsaget af (syd-)østenvinde, som kan påvirke konstruktioner langs kysten og give anledning til overskyl.



Figur 4-6: Bølgesimulering for Øresund for en vind på 30 m/s fra øst med normal vandstand. Simuleringen angiver bølgehøjden på dybt vand. (COWI, 2019)

Den primære kysttype langs kommunernes kyster består af strand, der er også enkelte havneanlæg, som ligger bag ydre dækmoler. Hvorvidt disse dækmoler er påvirket af lokale bølger under en given stormflod, bør undersøges yderligere og mere detaljeret.

Ifølge modellering af signifikant bølgehøjde på dybt vand under storme, kan stormflodskoten ved stormflod fra syd varierer ca. 10 cm langs kyststrækningen, se Figur 4-6. Hvis en 1872-storm svarende til nuværende 270 års middeltidshændelse varierer fra 2,8 m i syd ved Ishøj til 2,7 i nord ved grænsen til Hvidovre. Der er dog store muligheder for lokale variationer, se Figur 4-6.

Bølgebidraget er afhængigt af den eksisterende terrænkote langs kysten. De beregnede bølgebidrag og konstruktionskoter for indre- og ydre diger i Køge Bugt Strandpark er listet i Figur 4-7 for 1872-stormfloden klimafremskrevet til 2050 (sikringsniveau 3,0 m) og for en 1000-års middeltidshændelse i 2050 (sikringsniveau 4,0 m). Læg mærke til at konstruktionskoten på de ydre diger inkluderer bølgetillæg (sikringshøjden), mens havnedigernes sikringsniveau alene bestemmes fra vandstanden.

Hændelse	Ter-rænkote, VDN [m]	Indre diger topkote				Ydre diger topkote		
		Storm-flodskote, WL R [m]	Vand-dybde, VD = WL - VDN	Bølger dybt vand - Hs [m]	Bølger lokalt - Hs [m]	Koeffi-cient alpha	Konstruktionskote - KK = WL	Højde af konstruktion fra terræn [m]
1872 (2050)	0,0	3,0	3,0	1,5	1,5	1,4	5,0	5,0
1872 (2050)	0,5	3,0	2,5	1,5	1,3	1,4	4,7	4,2
1872 (2050)	1,0	3,0	2,0	1,5	1,0	1,4	4,4	3,4
1872 (2050)	1,5	3,0	1,5	1,5	0,8	1,4	4,0	2,5
1872 (2050)	2,0	3,0	1,0	1,5	0,5	1,4	3,7	1,7
1872 (2050)	2,5	3,0	0,5	1,5	0,3	1,4	3,3	0,8
1872 (2075)	0,0	3,2	3,2	1,5	1,6	1,4	5,4	5,4
1872 (2075)	0,5	3,2	2,7	1,5	1,4	1,4	5,0	4,5
1872 (2075)	1,0	3,2	2,2	1,5	1,1	1,4	4,7	3,7
1872 (2075)	1,5	3,2	1,7	1,5	0,9	1,4	4,3	2,8
1872 (2075)	2,0	3,2	1,2	1,5	0,6	1,4	4,0	2,0
1872 (2075)	2,5	3,2	0,7	1,5	0,4	1,4	3,7	1,2
1000MT (2050)	0,0	4,0	4,0	1,8	2,0	1,4	6,7	6,7
1000MT (2050)	0,5	4,0	3,5	1,8	1,8	1,4	6,4	5,9
1000MT (2050)	1,0	4,0	3,0	1,8	1,5	1,4	6,0	5,0
1000MT (2050)	1,5	4,0	2,5	1,8	1,3	1,4	5,7	4,2
1000MT (2050)	2,0	4,0	2,0	1,8	1,0	1,4	5,4	3,4
1000MT (2050)	2,5	4,0	1,5	1,8	0,8	1,4	5,0	2,5

Figur 4-7: Konstruktionskote/sikringshøjden for diger langs kysten i Greve, Brøndby, Vallensbæk og Ishøj Kommune for indre diger (ikke bølgepåvirkede) og ydre diger (bølgepåvirkede). Bølgebidragene er afhængige af terrænhøjden foran diget.

Bølgerne har den største effekt på konstruktionen jo tættere den ligger på kysten, da vandstanden er højere. Hvis man trækker konstruktionen tilbage i landet, hvor det eksisterende terræn er højere, mindskes bølgernes påvirkning. 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. I kommunerne som er beskyttet af de ydre diger, kan accepteres noget bølgeoverskyl, da der er et stort volumen til rådighed i Strandparksøerne – og strandenes højde kan hæves.

4.6 Sikringshøjder

I Tabel 4-3 er konstruktionskoten/sikringshøjden for de bølgepåvirkede strækninger beregnet for de ydre diger i kystbeskyttelses anlæggene. Sammenholdes sikringsniveauerne (stormvandstanden i kolonne 3) for de forskellige dige-levetider ses det hurtigt, at denne ikke stiger voldsomt over tid, men ændringen i

middelvandstand påvirker den lokale bølgehøjde, og digets topkote skal tilpasses tilsvarende for at gøre diget modstandsdygtigt og begrænse overskyl.

Tabel 4-3: Dimensionsgivende digekoter for bølgepåvirkede strækninger, beregnet for en terrænkote på 1,5 m DVR90 ved digefoden. Fede digekoter medtaget.

Levetid (år)	Stormhændelse	Sikringsniveau, (m) for indre diger	Bølgehøjde, dybt vand, H_s (m)	Lokal bølgehøjde, H_s (m)	Konstruktionskote DVR90 (m) for ydre diger
2050 (25 år)	100 års MT	2,28	1,8	0,39	2,8
	1872 (270 års MT)	3,00	1,8	0,75	4,0
	1000 års MT	4,00	1,8	1,23	5,7
2075 (50 år)	100 års MT	2,48	1,8	0,49	3,1
	1872 (270 års MT)	3,20	1,8	0,85	4,3
	1000 års MT	4,15	1,8	1,33	5,9
2100 (75 år)	100 års MT	2,75	1,8	0,68	3,6
	1872 (270 års MT)	3,46	1,8	0,98	4,8
	1000 års MT	4,42	1,8	1,46	6,4

Der arbejdes derved videre med tre scenarier:

- > Lav: 1872-storm i år 2050: Indre diger 3,0 m; Ydre diger 4,0 m DVR90
- > Middel: 1872-storm i år 2075: Indre diger 3,2 m; Ydre diger 4,3 m DVR90
- > Høj: 1000 MT i år 2050: Indre diger 4,0 m; ydre diger 5,7 m DVR90

4.7 Nedbør

Den varmere atmosfære i et fremtidigt klima kan indeholde mere vanddamp og derved forventeligt mere nedbør. I fremtiden forventes særligt vinternedbøren at øges med omkring 40% og vil kun falde meget sjældent som sne.

Om sommeren i fremtiden forventes nedbøren at falde primært som skybrud efterfulgt af tørke-perioder. Allerede nu oplever vi at der kommer samme mængde nedbør om sommeren – dog kun ved 2-3 skybrud om måneden og ellers tørke-perioder. Denne tendens forventes at fortsætte og eskalere i fremtiden.

4.8 Samtidigheder

Der er mange slags samtidigheder – den mest kritiske samtidighed er normalt ved samtidighed af stormflod/høj ydre vandstand og voldsom længerevarende nedbør. Her skal bagvandet parkeres eller pumpes ud i havet, da sluserne er lukkede. De forskellige samtidigheder gennemgås her.

4.8.1 Nedbør og stormfloder

Nedbør om sommeren i form af skybrud har ikke sammenfald med stormflod.

Derfor fokuseres kun på vinterne nedbør som har stort forventet sammenfald med stormflod eller høj ydre vandstand, se Figur 3-16.

De senere år har flere områder af Danmark oplevet episoder med ualmindelig høj vinterne nedbør – f.eks. 176 mm i februar 2021 i Haderslev samtidig med at der var længerevarende østenvind og derved lokal høj vandstuvning i området.

I fremtiden forventes det at vinterne nedbøren tiltager med omkring 40%, og når havniveauet samtidig stiger og stormfloderne forventes at blive hyppigere og kraftigere – så forventes sandsynligheden for samtidighed af vinterne nedbør og høj vandstand eller stormflod at stige!

4.8.2 Havspejlsstigning og grundvand

Med den forventede stigning i havvandspejlet vil der ske en tilsvarende stigning i det terrænnære grundvand tæt på kysten. Dette vil give en øget opdrift på kystnære bygninger og andre konstruktioner.

Drænede områder vil dog ikke umiddelbart opleve en 1:1 stigning i grundvandspejlet ift. havvandstanden, men disse områder vil til gengæld opleve en øget mængde drænvand, der skal bortledes. Tilsvarende vil kloaksystemet opleve en øget indtrængning af grundvand i ledningsnettet, hvis ledningerne ikke er tætte. Der vil i begge tilfælde være behov for en øget bortpumpning af grundvand, hvis det ikke kan accepteres, at grundvandspejlet i området stiger.

4.8.3 Klima og tilpasning

Klimafremskrivningerne tvinger os til at udvikle langsigtede fremtidssikrede klimatilpasningsløsninger. Prognoserne for havspejlsstigningerne er forbundet med en vis usikkerhed, og derfor er det vigtigt at skabe et overblik over de forskellige løsningsmuligheder, der er både på kort og på langt sigt. Herved kan man arbejde hen imod at skabe adaptive løsninger, der hurtigt kan tilpasses et foranderligt risikobillede. Herved sikres det, at der ikke investeres unødvendigt i klimatilpasningsløsninger, der f.eks. er overdimensionerede ift. det nuværende risikobillede.

Til dette formål kan DAPP-metoden være en stor hjælp for kystkommunerne, da det hjælper til at skabe overblik over mulige klimatilpasningsløsninger og konsekvenserne heraf.

I Køge Bugt Strandpark kan eksempler på adaptiv planlægning inkludere at anlægge digerne således, at de senere kan forhøjes. Det gøres ved at sørge for at digets base anlægges så den er tilstrækkeligt bred til, at der i fremtiden kan bygges ovenpå.

I tillæg til ændringen i middel-havspejlsniveau vil klimaforandringerne medvirke til, at vi kommer til at opleve flere storme, og at de bliver kraftigere.

Forøgelsen i vandstand har direkte indflydelse på bølgeenergien oplevet i kystzonen. Desto dybere vandstanden er i kystzonen, desto større og længere kan bølgerne komme tæt på land før de bryder. Det har direkte indflydelse på den potentielle stormerosion (akut erosion) af kystbeskyttelsen.

Den akutte erosion af kystbeskyttelsen kan begrænses ved at udbygge kystprofilen ved at tilføre sand til stranden og altså hæve terrænet op til og ved kystbeskyttelsens fod. Det betyder, at bølgerne mister mere energi inden de når foden af kystbeskyttelsen og den maksimale bølgehøjde ved kystbeskyttelsen mindskes.

Det vil både forlænge anlæggets levetid, da bølgepåvirkningen på anlægget nedbringes, og det vil betyde at højden på digets topkote kan begrænses, da den potentielle bølgehøjde foran kystbeskyttelsen nedbringes. Til dette formål er det vigtigt at bruge den rette sedimentstørrelses-sammensætning, så sedimentet fastholdes og så det ikke blæser ind i land eller forsvinder ud i havet.

4.8.4 Nabostrækningers sikringsniveauer

Strandparkens vestlige del befinder sig i Greve kommune. Da Greve Kommune er med i dette projekt, kan forhøjelse af Køge Bugt Strandparks kystbeskyttelse medfører øget opmærksomhed på behovet for andre dele af Greve, der ligger udenfor Strandparken, har behov for øget kystbeskyttelse.

Mod øst grænser strandparken direkte op til Avedøre Holme, hvilket hører under Hvidovre Kommune. Hvidovre Kommune er den vestligste del af stormflodsbeskyttelsen af København og derved forventes, at Hvidovre arbejder med et højere sikringsniveau end Køge Bugt Strandpark - alene fordi de potentielle skadesomkostninger ved store stormfloder er så store for København og lavtliggende nabostrækninger.

Over sikringsniveauer på 3-4 m er baglandets terrænniveau så relativt ensartet lavtliggende at en stormflod f.eks. fra vandudbredelse fra Hvidovre, kan skabe oversvømmelser langt ind i Greve og ramme alle kommunerne undervejs - den kan også komme den anden vej fra. Derfor er det vigtigt med et fælles sikringsniveau, da det laveste sikringsniveau definerer faren for oversvømmelse i stormfloder, se Figur 4-8.



Figur 4-8 Stormflod med maksimalvandstand på 4,0 m DVR90 med intakte diger, der alle har sikringsniveau på mindst 4,0 m DVR90 og derved er "vandtætte". Vand fra Greve og fra Hvidovre kan stadig oversvømme hele Køge Bugt Strandpark-området, hvis vandindtrængen fra baglandet og de lavtliggende nabostrækninger ikke håndteres. Kilde: Scalgo Live.

5 Løsningsforslag

Til at klimatilpasse Køge Bugt Strandpark, foreslås at benytte de samme naturbaserede kystbeskyttelses-elementer som Strandparken oprindeligt er opbygget af – ydre diger med strandklitter af sand og indre diger med jorddiger af morænejord, muld og sand.

Holdbarheden af disse anlægsmaterialer er i princippet uendelig og der kan bygges ovenpå uden de store problemer. Derfor er disse materialer fortsat vigtigste bestanddele i kystbeskyttelsen.

Til øget aktiv styring af bagvand og laguner, bliver sluser og pumper i højere grad dimensionerede for vandhåndteringen.

5.1 Forhøjelse af de indre diger

De eksisterende jorddiger i havnene og som tværdiger forhøjes ved at fjerne nuværende morænelag og tilføre sand og overliggende moræneler med muldtop og græs som vist på Figur 4-1.

Hvor der er behov for det, anlægges stier ovenpå digekronen, men erfaringen fra nuværende antropogene erosion viser at digerne ikke kan tåle trafik hen over digekronen, hvor det ikke er tilsigtet. Derfor skal der indbygges tiltag til at modvirke erosion ved at styre tilgængeligheden på digerne med sten eller beplantninger eller anlæggelse af befæstede arealer der hvor erfaring viser at diget allerede krydses i dag.

5.2 Forhøjelse af ydre diger

Dimensionerne på de ydre diger er medregnet bølgepåvirkning og derfor er de højere end de indre diger. Da alle ydre diger kun er opbygget af sand i form af strandklitter, vil forhøjelse af eksisterende ydre diger kunne iværksættes hurtigt ved at rydde og evt. gemme eksisterende klitplanter. Derefter tilføres den øgede klithøjde ved at køre sand ovenpå nuværende klitter.

Når det nye ydre dige er anlagt med korrekt klitbredde og -højde, tilplantes områderne igen. Da der har været store erosionskår, behøves en strategi for færdsel hen over de ydre diger med brug af forskellige "nudging"-tiltag som terrænmåtter, små afspærrings-stakitter mv.

Målet er at Strandparken ligner sig selv efter få år og det rekreative hverdagsliv ikke hindres af den øgede stormflodsbeskyttelse.

5.3 Sluser

De nuværende sluser har håndteret bagvandet fra Lille Vejle å, Store Vejle å og Fæstningskanalen/Vestvolden indtil nu. De har også vedligeholdt lagunernes funktion som levested ved at tilføre ilt og salt i det indtrængende vand fra havene.

Fremtiden fordrer klimatilpasning af sluse-systemet, da havspejlsstigningen mindsker mulighederne for åbne sluser til bagvandshåndtering – samtidig med at nedbørsmængderne forventes at tiltage. Derfor behøves et mere detaljeret studie med modelleringer for at optimeres sluserne til fremtidens drift. Det forventes igangsat ultimo 2023.

5.4 Pumper til vandhåndtering

Pumper har indtil nu kun været i brug som nødpumper, men de kommende analyser af fremtidens styring af den holistiske vandhåndtering i Køge Bugt Strandpark forventes at vise stigende behov for aktiv styring med øget antal pumper.

Arbejdsgang for analyse af behovet for pumper til håndtering af bagvand:

- > Der bør gennemføres en detaljeret analyse af afstrømningsforholdene for de to vandløbssystemer. En stor del af oplandet er befæstede arealer med separatkloakering. Det kan betyde at oplandet bidrager med hurtig afstrømning under kraftig regn.
- > Der gennemføres en analyse af målte data. Her udvælges design hændelser hvor der er observeret stor afstrømning i kombination med højvande. De udvalgte hændelser klimafremskrives med forudsigelser om fremtidens nedbør og øjede havniveau.
- > Kritiske koter for indvendige vandstande defineres. Hvad kan accepteres og ved hvilken gentagelsesperiode.
- > Volumenstudie - > Hvor stor kapacitet findes op til de kritiske koter. Implementeres i hydraulisk model.
- > Hydrodynamisk modellering. Model opstilles som en 3-vejs koblet model, med vandløb, overflade, afløbssystem. Konstruerede klimafremskrevne hændelser anvendes som input til model.
- > Strategi for styring af sluseporte indarbejdes i model

Resultater fra model benyttes til at forudsige om den almindelige "hjerterklapfunktion" kan opretholdes og behovet for pumpning vurderes.

6 Anlægsoverslag

Anlægsoverslaget er udarbejdet med den viden der er på projektet p.t. og alle anlægsudgifter er derfor tillagt forbehold i form af en procentsats indeholdende 10% anstilling og arbejdspladsdrift, 15% uforudsete udgifter, 10% rådgivere og 25% usikkerhed. Den gennemsnitlige samlede tillagte usikkerhed svarer derved i størrelsesorden til omkring 55-60% af forventede nettoydelse. Kommunernes og Strandparkens interne ressourceforbrug er ikke indeholdt i anlægsoverslagene.

Alle terrænfølsomme udgifter er med de forbehold som LIDAR-opmålingsfejl og senere terræændringer normalt foreskriver, men SDFI DTM2019 benyttes af hele Danmark og vedligeholdes af den danske stat, så der forventes ikke fejl som udgangspunkt. Da behovet for ændring og tilpasning af sluser og pumper endnu ikke er analyseret, vil estimater for disse anlægselementer ikke fremgå af anlægsoverslagene.

6.1 Anlægsoverslag ved 3,0 m sikringsniveau

Anlægsøkonomisk overslag, sikringsniveau 3,0 m	Projektbudget [Kr. ekskl. moms]
Greve: Tværdige ved Sælstien	350.000
Greve: Ydre dige Vest (sikringshøjde 4,0 m)	5.330.000
Greve: Hundige Havn, indre dige med delvis stianlæg	2.470.000
Greve: Ydre dige Øst (sikringshøjde 4,0 m)	2.650.000
<i>Greve i alt:</i>	<i>10.800.000</i>
Ishøj: Ydre dige (sikringshøjde 4,0 m)	14.070.000
Ishøj: Ishøj havn, indre dige med delvis stianlæg	2.710.000
<i>Ishøj i alt:</i>	<i>16.780.000</i>
Vallensbæk: Vallensbæk havn, indre dige med delvis stianlæg	2.460.000
Vallensbæk: Ydre dige (sikringshøjde 4,0 m)	1.810.000
<i>Vallensbæk i alt:</i>	<i>4.270.000</i>
Brøndby: Ydre dige (sikringshøjde 4,0 m)	8.620.000
Brøndby Havn, indre dige med delvis stianlæg	510.000
<i>Brøndby i alt:</i>	<i>9.130.000</i>
Samlet anlægsoverslag [kr. ekskl. moms]	40.980.000

6.2 Anlægsoverslag ved 3,2 m sikringsniveau

Anlægsøkonomisk overslag, sikringsniveau 3,2 m	Projektbudget [Kr. ekskl. moms]
Greve: Tværdige ved Sælstien	460.000
Greve: Ydre dige Vest (sikringshøjde 4,3 m)	6.550.000
Greve: Hundige Havn, indre dige med delvis stianlæg	4.640.000
Greve: Ydre dige Øst (sikringshøjde 4,3 m)	3.620.000
<i>Greve i alt:</i>	<i>15.270.000</i>
Ishøj: Ydre dige (sikringshøjde 4,3 m)	19.240.000
Ishøj: Ishøj havn, indre dige med delvis stianlæg	4.670.000
<i>Ishøj i alt:</i>	<i>23.910.000</i>
Vallensbæk: Vallensbæk havn, indre dige med delvis stianlæg	3.260.000
Vallensbæk: Ydre dige (sikringshøjde 4,3 m)	2.400.000
<i>Vallensbæk i alt:</i>	<i>5.660.000</i>
Brøndby: Ydre dige (sikringshøjde 4,3 m)	13.190.000
Brøndby Havn, indre dige med delvis stianlæg	850.000
<i>Brøndby i alt:</i>	<i>14.040.000</i>
Samlet anlægsoverslag [kr. ekskl. moms]	58.830.000

6.3 Anlægsoverslag ved 4,0 m sikringsniveau

Anlægsøkonomisk overslag, sikringsniveau 4,0 m	Projektbudget [kr. ekskl. moms]
Greve: Tværdige ved Sælstien	990.000
Greve: Ydre dige Vest (sikringshøjde 5,7 m)	9.610.000
Greve: Hundige Havn, indre dige med delvis stianlæg	9.380.000
Greve: Ydre dige Øst (sikringshøjde 5,7 m)	7.750.000
<i>Greve i alt:</i>	<i>27.730.000</i>
Ishøj: Ydre dige (sikringshøjde 5,7 m)	42.330.000
Ishøj: Ishøj havn, indre dige med delvis stianlæg	9.530.000
<i>Ishøj i alt:</i>	<i>51.860.000</i>
Vallensbæk: Vallensbæk havn, indre dige med delvis stianlæg	6.670.000
Vallensbæk: Ydre dige (sikringshøjde 5,7 m)	4.320.000
<i>Vallensbæk i alt:</i>	<i>10.990.000</i>
Brøndby: Ydre dige (sikringshøjde 5,7 m)	33.280.000
Brøndby Havn, indre dige med delvis stianlæg	1.880.000
<i>Brøndby i alt:</i>	<i>35.160.000</i>
Hvidovre Tværdige, indre dige til Gl. Køge Landevej	1.380.000
<i>Hvidovre i alt:</i>	<i>1.380.000</i>
Samlet anlægsoverslag [kr. ekskl. moms]	127.120.000

Opgørelsen af anlægsoverslaget på kommuner, skal ikke forstås således, at det bliver den enkelte kommunes udgift til kystbeskyttelse. **Opgørelsen betyder, at den enkelte kommune (som kystbeskyttelsesmyndighed) beslutter, hvordan kystbeskyttelsen inden for egen kommunegrænse skal finansieres.** Det kan fx være efter en bidragsmodel, hvor grundejerne, som bliver beskyttet, skal betale, uanset hvilken kommune de bor i. En kommune kan også beslutte, at kommunen selv skal finansiere kystbeskyttelsen. Bidragsfordeling for finansiering af kystbeskyttelse kan fastsættes på mange måder, men altid ud fra et nytteprincip, dvs. en vurdering af, hvem der drager nytte af beskyttelsen.

7 Næste skridt

7.1 Valg af sikringsniveau

Køge Bugt Strandparks ejere, Kommunerne, skal nu sammen finde det ønskede sikringsniveau som der skal arbejdes videre med.

Der skal dermed besluttes om der ønskes et lavt, middel eller højt sikringsniveau:

- > Lav: 1872-storm i år 2050: Indre diger 3,0 m; Ydre diger 4,0 m DVR90
- > Middel: 1872-storm i år 2075: Indre diger 3,2 m; Ydre diger 4,3 m DVR90
- > Høj: 1000 MT i år 2050: Indre diger 4,0 m; ydre diger 5,7 m DVR90

Oversvømmelsesteknisk kan det klart anbefales at det er samme sikringsniveau, der bliver valgt i de forskellige kommuner, da alle kommunerne bør være sikret til samme højde, da laveste sikringsniveau definerer, hvor havoversvømmelsen forventes at starte – og udbrede sig til de andre kommuner.

7.2 Procesfaser fremadrettet

Hvis denne tekniske rapport sidestilles med et idéoplæg med flere løsninger og initiale anlægsoverslag, så kan Kystdirektoratet få mulighed for at udtale sig i henhold til Kystbeskyttelseslovens §2 – deraf en såkaldt §2-udtalelse.

Kystdirektoratets udtalelse kan benyttes til at kvalitetssikre de overordnede løsninger og ofte vil Kystdirektoratet anbefale én løsning frem for andre. Kystdirektoratets udtalelse og rådgivning er vejledende og uden ansvar. Det er dog ofte en god rettesnor for proportionaliteten i kystbeskyttelsens effekt i forhold til anlægsoverslag og levetid.

Den nuværende strukturelle konstellation med kommunerne som ejere af Køge Bugt Strandpark og Strandparken I/S som grundejer og driftsansvarlig, muliggør at Kommunerne hver igangsætter en Kap1a-proces (i Kystbeskyttelsesloven) med henblik på optimering af kystbeskyttelsen og klimasikring i Køge Bugt Strandpark, se Figur 7-1.

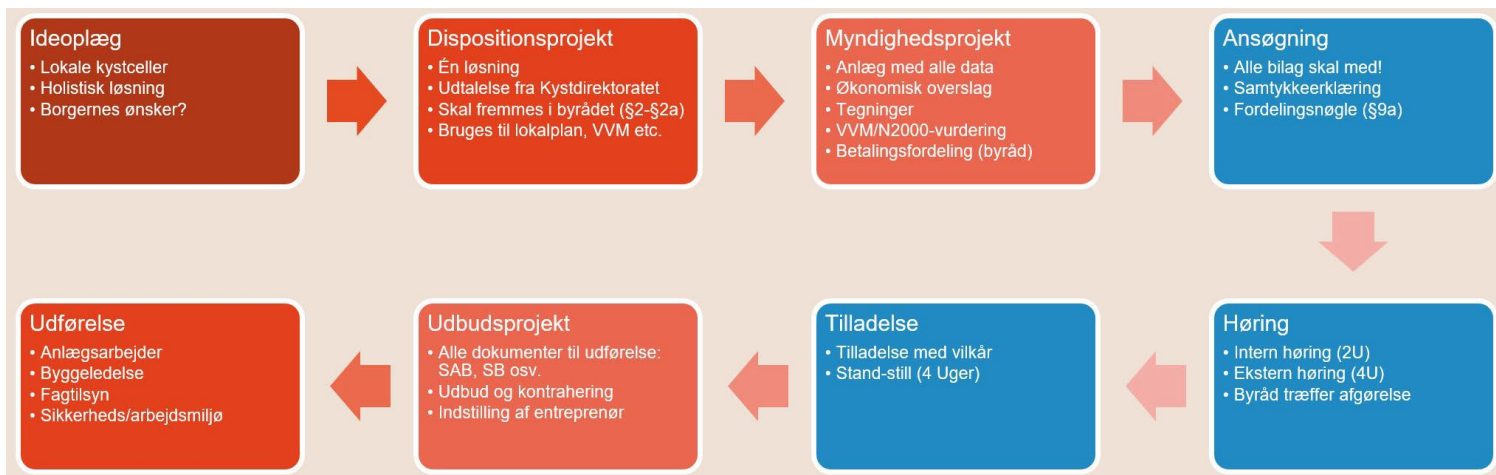
Når der er valgt sikringsniveau og diverse analyser er tilendebragt, vil næste naturlige skridt være et dispositionsforslag som beskriver én løsning med mere nøjagtigt anlægsoverslag. Dette dispositionsforslag kan fremmes af byrådet i de enkelte kommuner, jf. Kystbeskyttelseslovens §2a stk. 1.

Når dispositionsforslaget er fremmet, kan der udarbejdes nye lokalplaner med den optimerede klimatilpasning for Køge Bugt Strandpark, og der kan igangsættes analyser af forventede miljøpåvirkninger i anlægsfase og driftsfase.

Byrådet i de enkelte kommuner skal kunne anvise en økonomisk fordelingsnøgle for anlæg og drift – og direkte berørte boligejere der har "primær" nytte af kystbeskyttelsen, kan få mulighed for at hjælpe med af afdrage anlægs- og driftsbyrden over 20-30 år jf. Kystbeskyttelseslovens §9a. stk. 1 samt Kommunekredit.

Derefter kan der udarbejdes en kystbeskyttelsesansøg i et myndighedsprojekt, hvor alle løsningsdetaljer medtages og tegnes med plan og snit. Kystbeskyttelsesansøgningen indsendes til kystmyndigheden i Kommunerne (der ikke har deltaget i processen op til dette tidspunkt) med fordelingsnøgle, Væsentlighedsvurdering og VVM-ansøgning.

Efter tilladelse med vilkår kan udbudsprocessen til valg af entreprenør igangsættes og efter endt licitation, kan anlægsfasen opstartes. Efter endt anlægsfase med optimeret kystbeskyttelse igangsætter driftsfasen.



Figur 7-1 Procesfaser i kystbeskyttelsesprojekter ved Kap1a i Kystbeskyttelsesloven og ABR18. Herværende rapport sidestilles med *Idéoplæg – dog uden at medtage borgerne i processen indtil videre.*

7.3 Tidslige tilpasninger

Som det fremgår af IPCC’s forudsigelser for havspejlsstigning, se Figur 4-3, bliver havspejlsstigningen en voksende udfordring i fremtiden, så den reelle havspejlsstigning vil være afgørende for, hvornår næste tidslige tilpasning skal foregå.

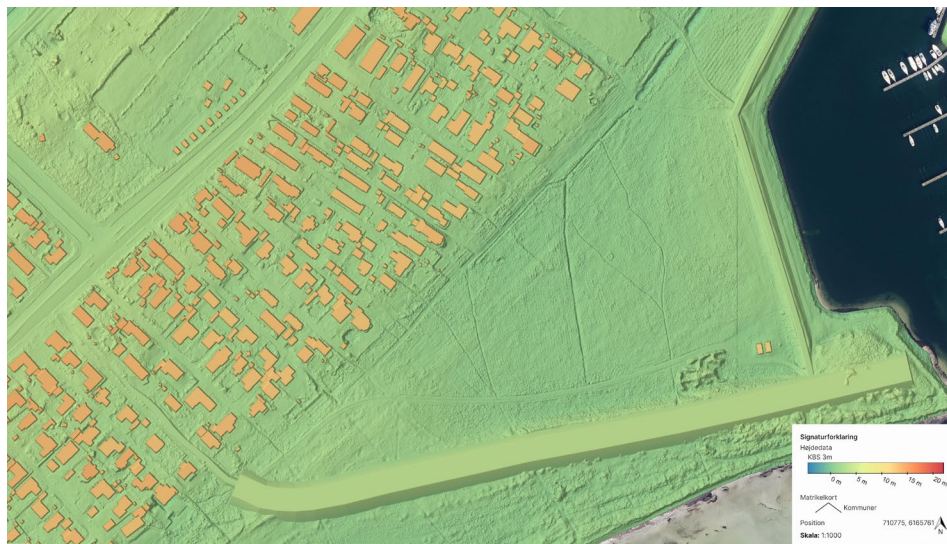
Som det fremgår af kombination af sikringsniveauer og anlægsoverslag, så er fremtidens forventede udgifter til opdatering af Køge Bugt Strandpark stigende over tid. Derfor er det meget vigtigt at vedligeholde de rekreative værdier i Strandparken, så den fremadrettet opretholder en uvurderlig hverdagsfunktion.

8 Referencer

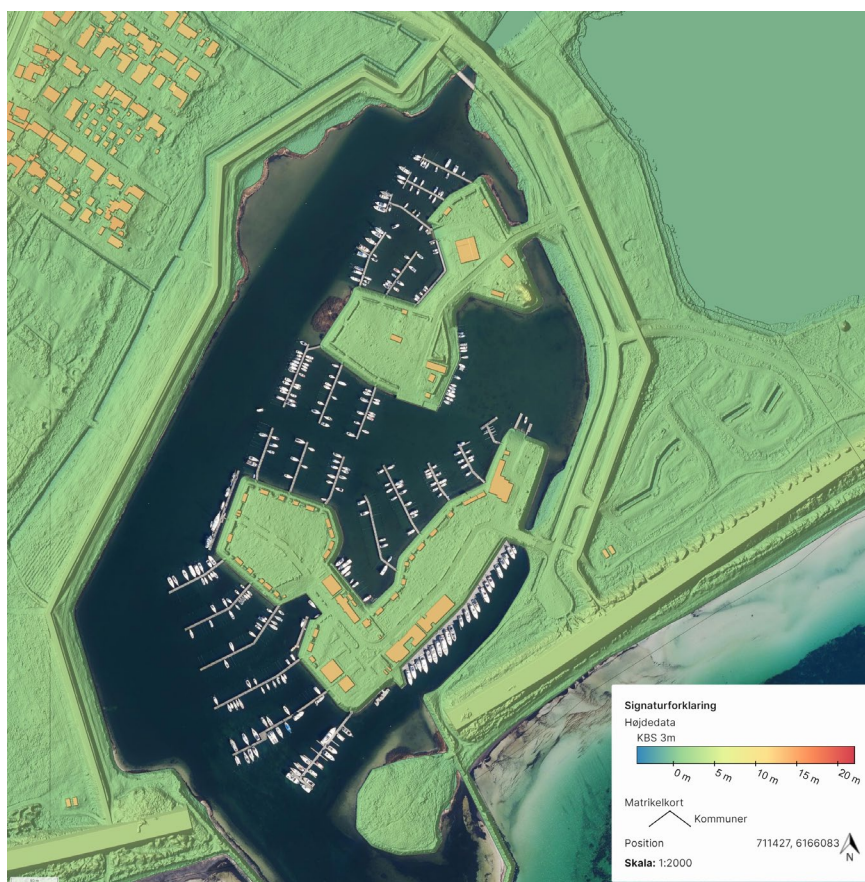
- COWI. (2017). *Byernes udfordringer med havvandsstigning og stormflod - Realdania*. Kgs. Lyngby: COWI.
- COWI. (2019). *Udredning om stormflod og havvandsstigning i regi af regnvandsforum - stormflodssikring*. Kongens Lyngby: COWI.
- I/S Køge Bugt Strandpark. (1986). *Køge Bugt Strandpark*. Denmark: I/S Køge Bugt Strandpark.
- Kystdirektoratet. (2018). *Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder*. Lemvig: Miljø og Fødevareministeriet.
- Kystdirektoratet. (2019). *Højvandsstatistikker 2017*. Lemvig: Miljø- og Fødevareministeriet.

9 Bilag 1 – 3D løsnings illustrationer

Bilaget indeholder 3D illustrationer af løsningsforslagene. Først præsenteres løsningen med sikringsniveau på 300 cm DVR90, dernæst sikringsniveau 320 cm DVR90 og sidst sikringsniveau 400 cm DVR90.



Figur 9-1: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 300 cm DVR90 langs Olsbæk Strand i Greve Kommune



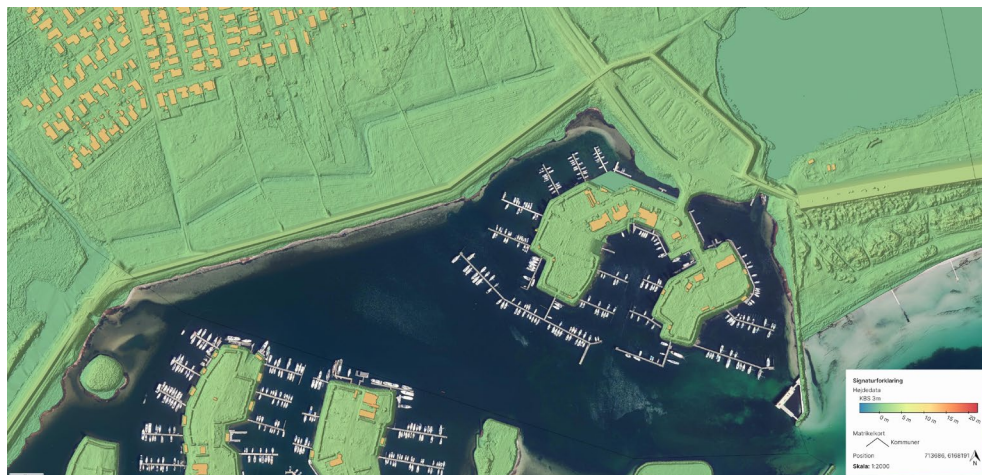
Figur 9-2: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 300 cm DVR90 langs Hundige Havn og Hundige strand i Greve Kommune



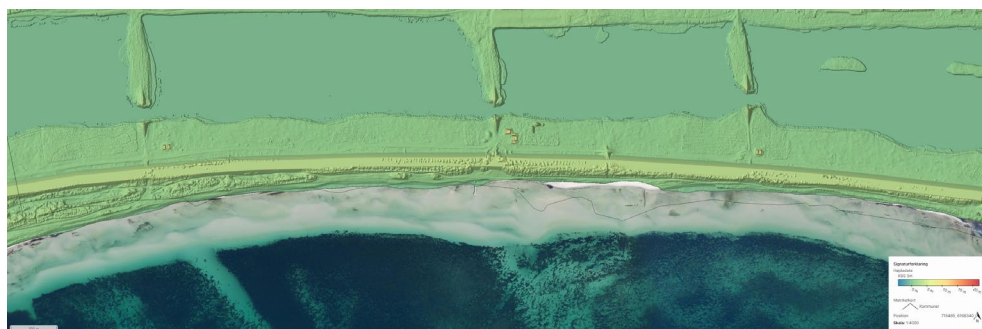
Figur 9-3: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 300 cm DVR90 langs Hundige Strand og Ishøj Strand i Ishøj Kommune



Figur 9-4: 3D præsentation af indre dige med sikringsniveau 300 cm DVR90 langs Ishøj Havn i Ishøj Kommune



Figur 9-5: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 300 cm DVR90 langs Vallensbæk Strand og Vallensbæk Havn i Vallensbæk Kommune

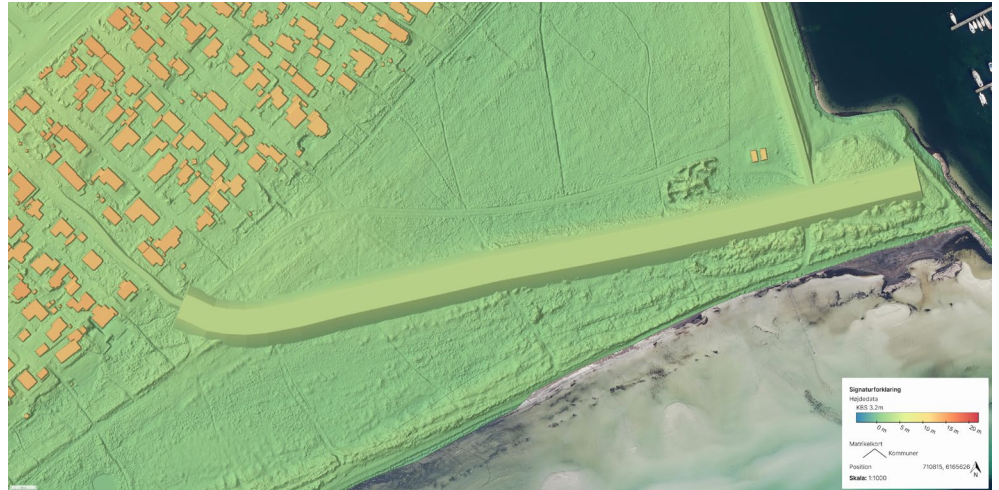


Figur 9-6: 3D præsentation af dige med sikringsniveau 300 cm DVR90 langs Brøndby Strand i Brøndby Kommune

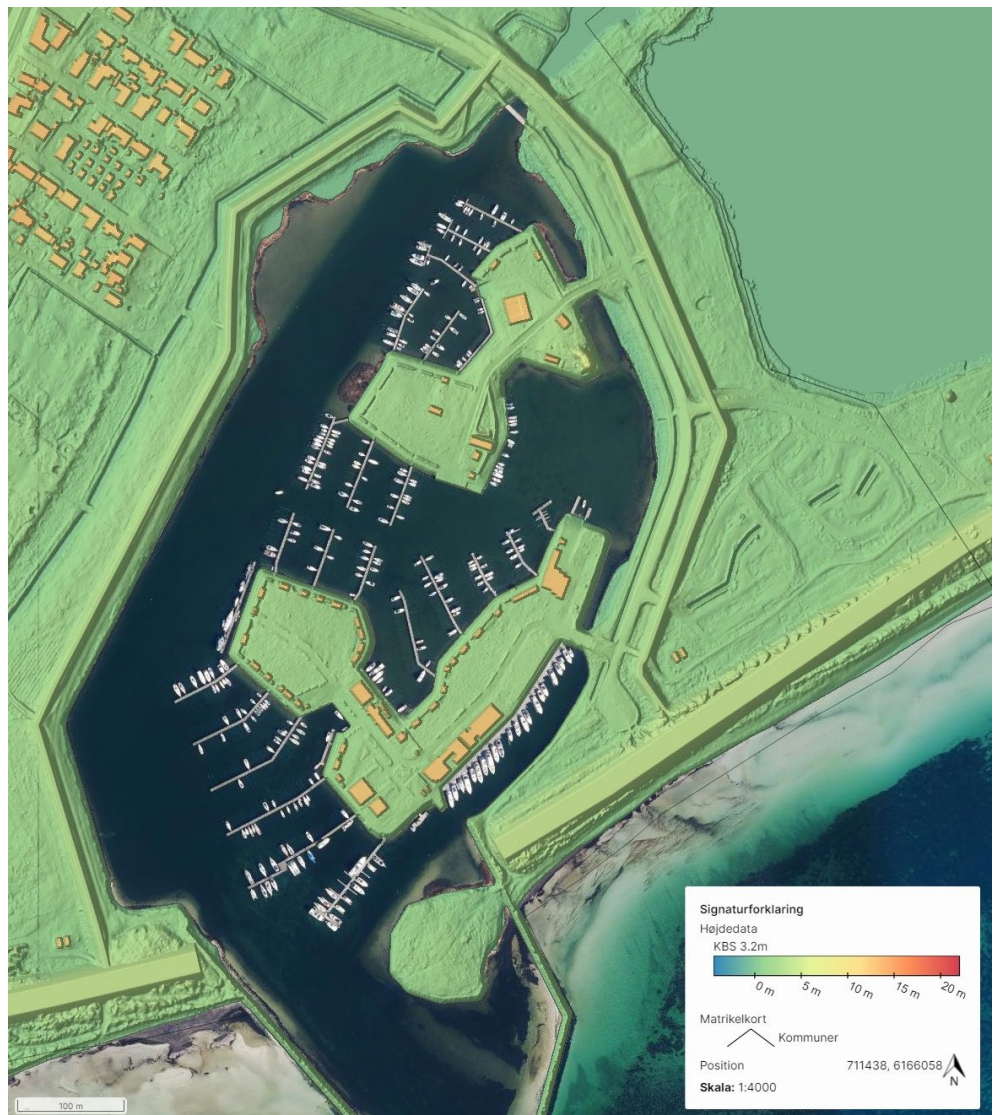


Figur 9-7: 3D præsentation af dige med sikringsniveau 300 cm DVR90 ved Avedøre Holme

Herefter vises sikringsniveau 320 cm



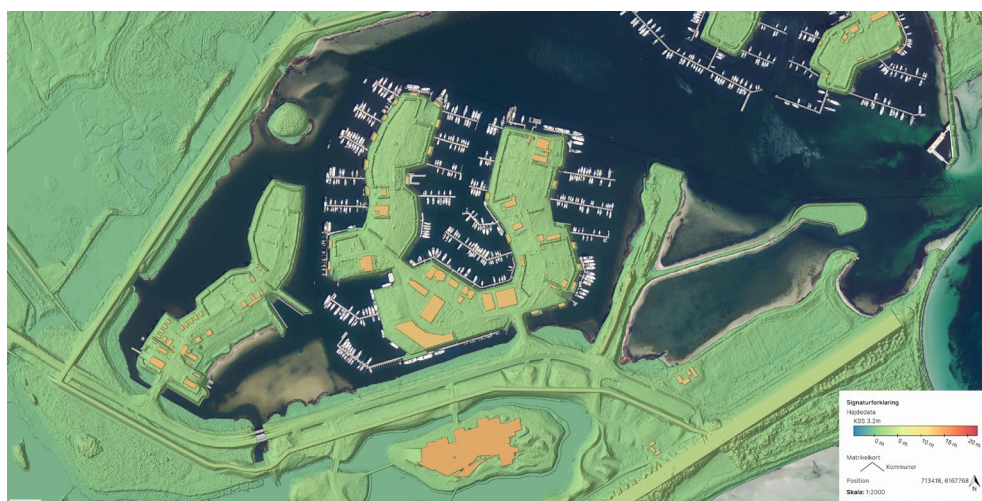
Figur 9-8: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 320 cm DVR90 langs Olsbæk Strand i Greve Kommune



Figur 9-9: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 320 cm DVR90 langs Hundige Havn og Hundige Strand i Greve Kommune



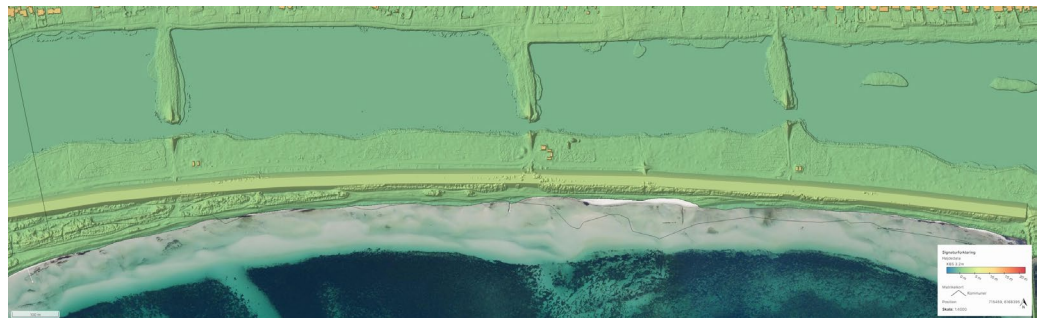
Figur 9-10: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 320 cm DVR90 langs Hundige Strand og Ishøj Strand i Ishøj Kommune



Figur 9-11: 3D præsentation af indre dige med sikringsniveau 320 cm DVR90 langs Ishøj Havn i Ishøj Kommune



Figur 9-12: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 320 cm DVR90 langs Vallensbæk Strand og Vallensbæk Havn i Vallensbæk Kommune

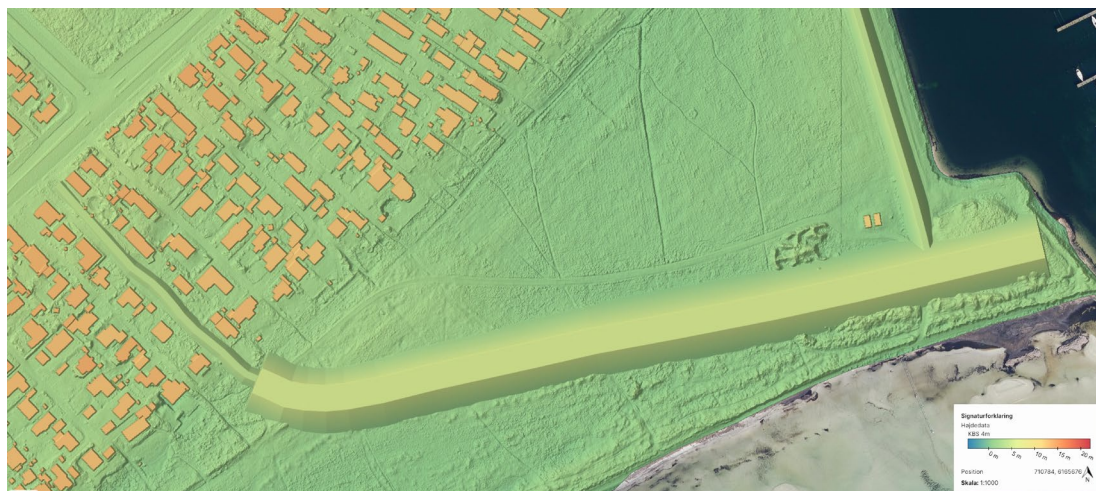


Figur 9-13: 3D præsentation af dige med sikringsniveau 320 cm DVR90 langs Brøndby Strand i Brøndby Kommune



Figur 9-14: 3D præsentation af dige med sikringsniveau 320 cm DVR90 ved Avedøre Holme

Herefter vises sikringsniveau 400 cm



Figur 9-15: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 400 cm DVR90 langs Olsbæk Strand i Greve Kommune



Figur 9-16: 3 D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 400 cm DVR90 langs Hundige Havn og Hundige Strand i Greve Kommune



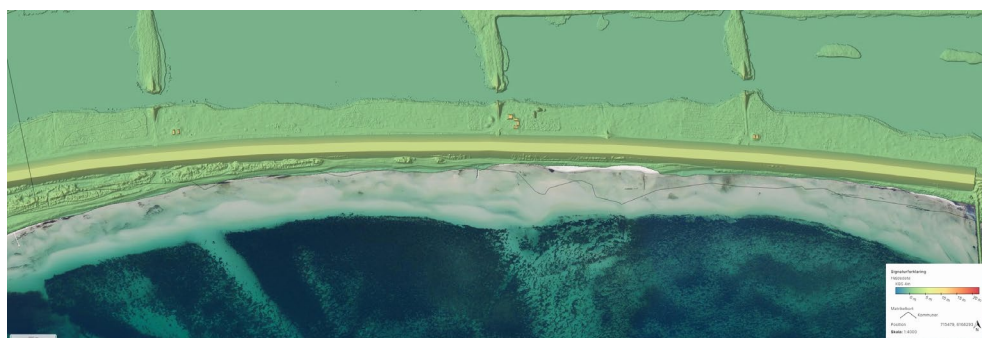
Figur 9-17: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 400 cm DVR90 langs Hundige Strand og Ishøj Strand i Ishøj Kommune



Figur 9-18: 3D præsentation af indre dige med sikringsniveau 400 cm DVR90 langs Ishøj Havn i Ishøj Kommune



Figur 9-19: 3D præsentation af indre og ydre dige med sikringsniveau 400 cm DVR90 langs Vallensbæk Strand og Vallensbæk Havn i Vallensbæk Kommune



Figur 9-20: 3D præsentation af dige med sikringsniveau 400 cm DVR90 langs Brøndby Strand i Brøndby Kommune



Figur 9-21: 3D præsentation af dige med sikringsniveau 320 cm DVR90 ved Avedøre Holme



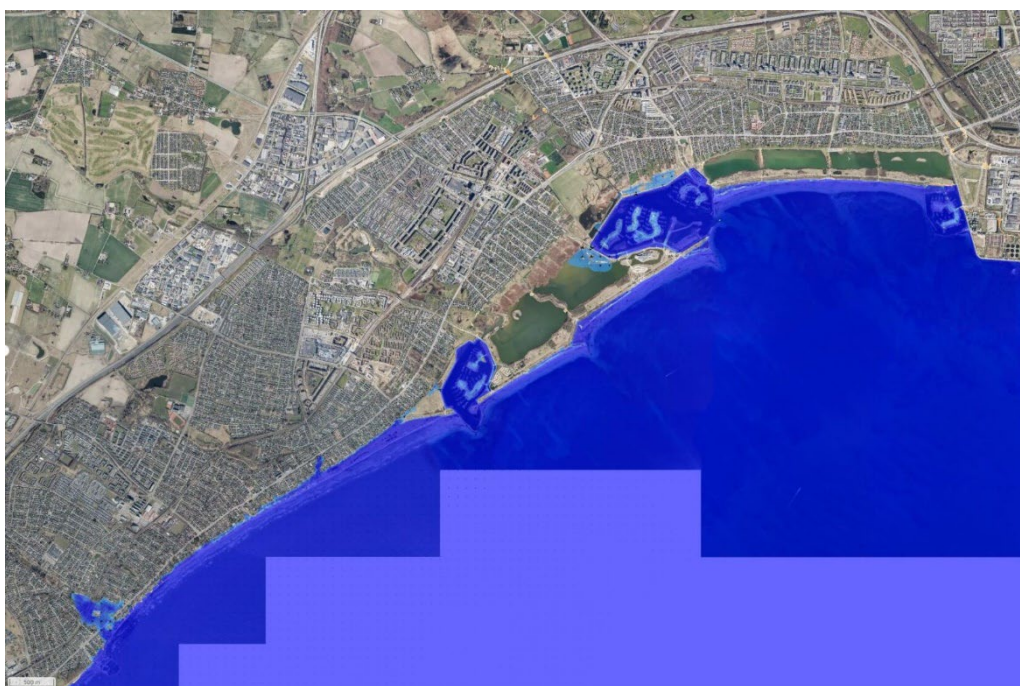
Figur 9-22: 3D præsentation af tværdige med sikringsniveau 400 cm DVR90 langs Avedøre Holme og ind i land i Hvidovre Kommune til den rammer Gl. Køge Landevej

10 Bilag 2 Dynamisk stormflodsudvikling

Figurerne viser den dynamiske stormflodsudvikling langs strandparken, og identificerer områder sårbare for overskyl. Modellen viser time for time oversvømmelsesudbredelsen og oversvømmelsesdybden for en 1000-års hændelse i dag med en maksimal vandstand på 376 cm. På figurerne er angivet strømningstretninger med pile, der skalerer i størrelse med strømningshastigheden.



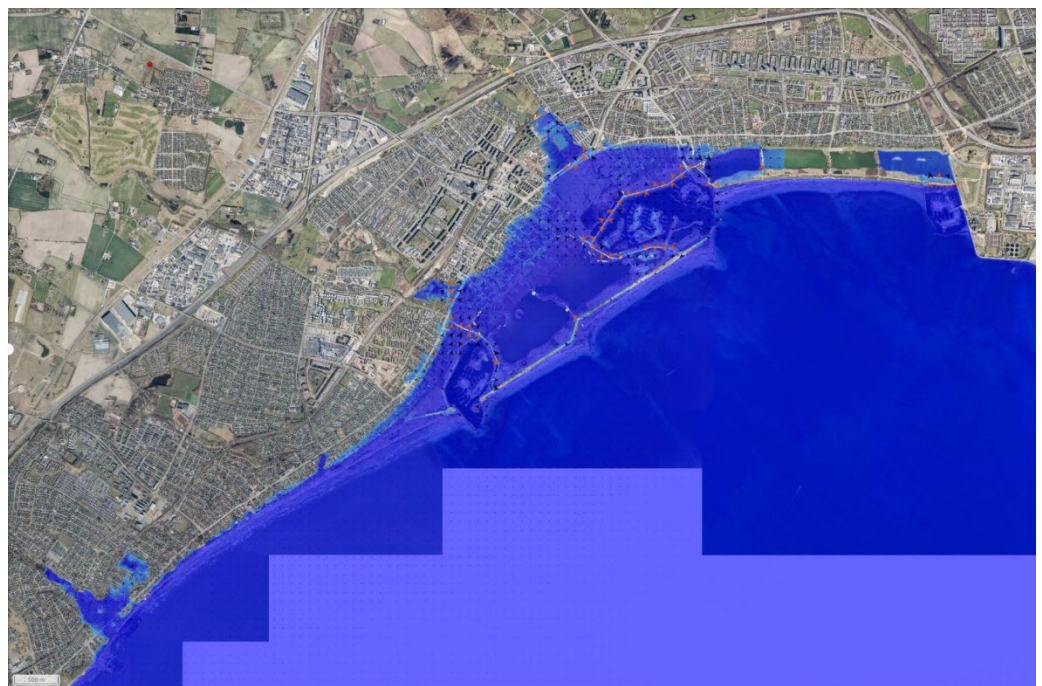
Figur 10-1: Timestep 0 - Initial vandstand



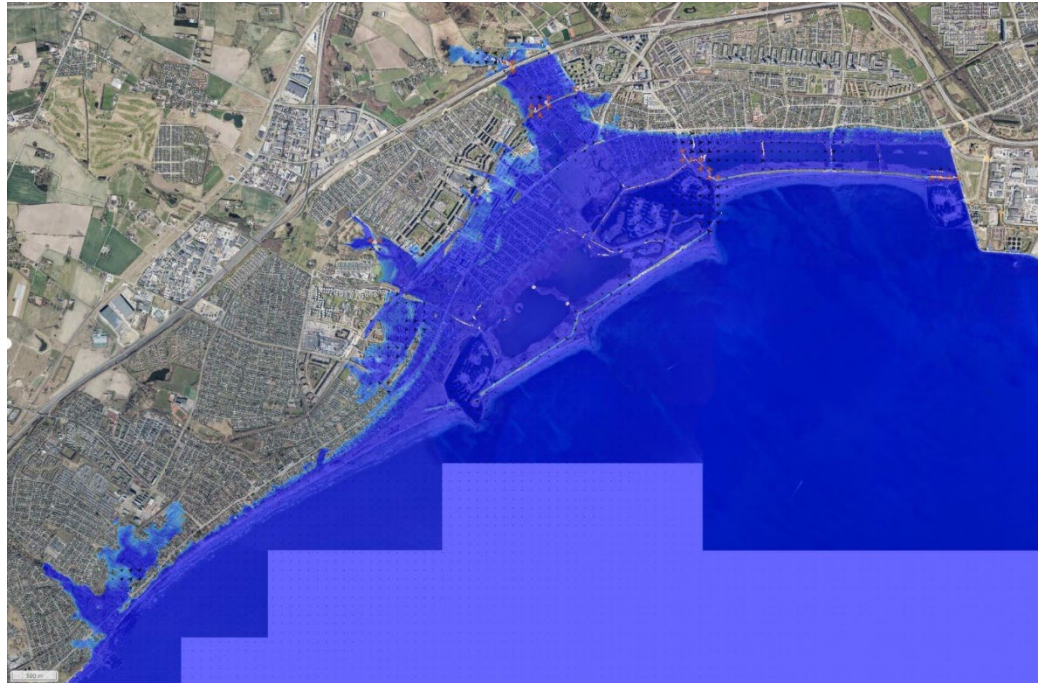
Figur 10-2: Timestep 1



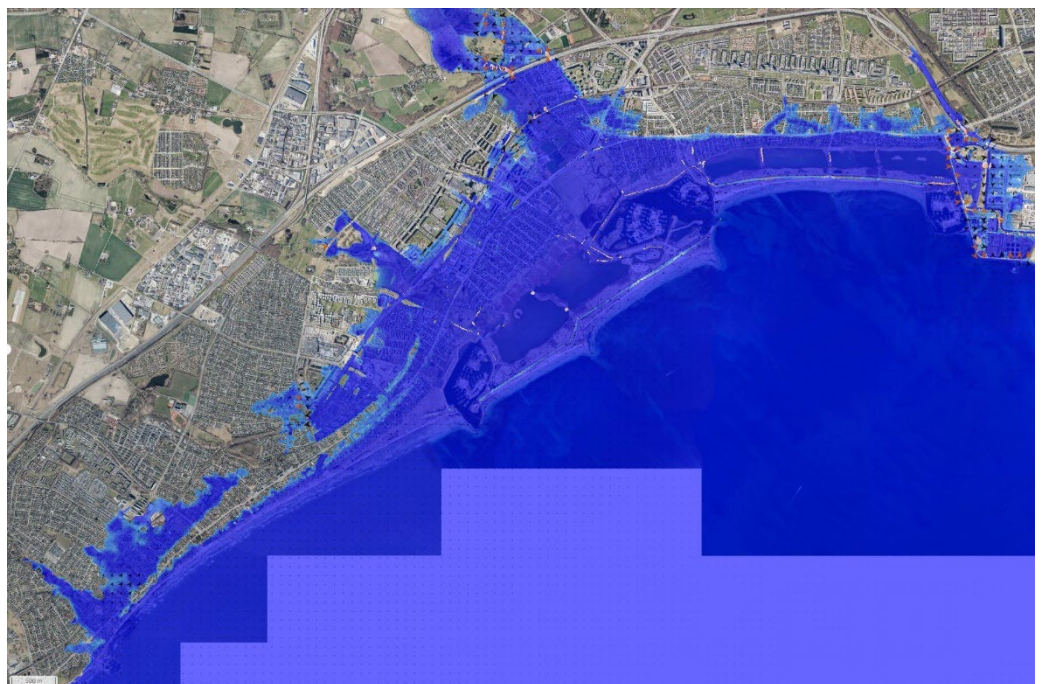
Figur 10-3: Timestep 2



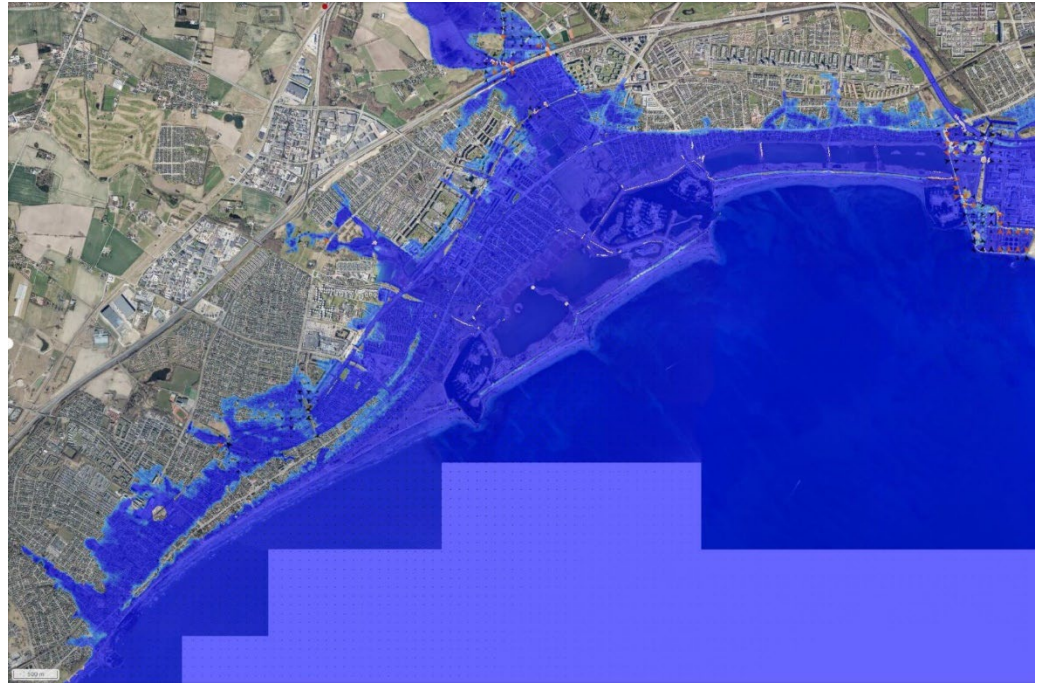
Figur 10-4: Timestep 3



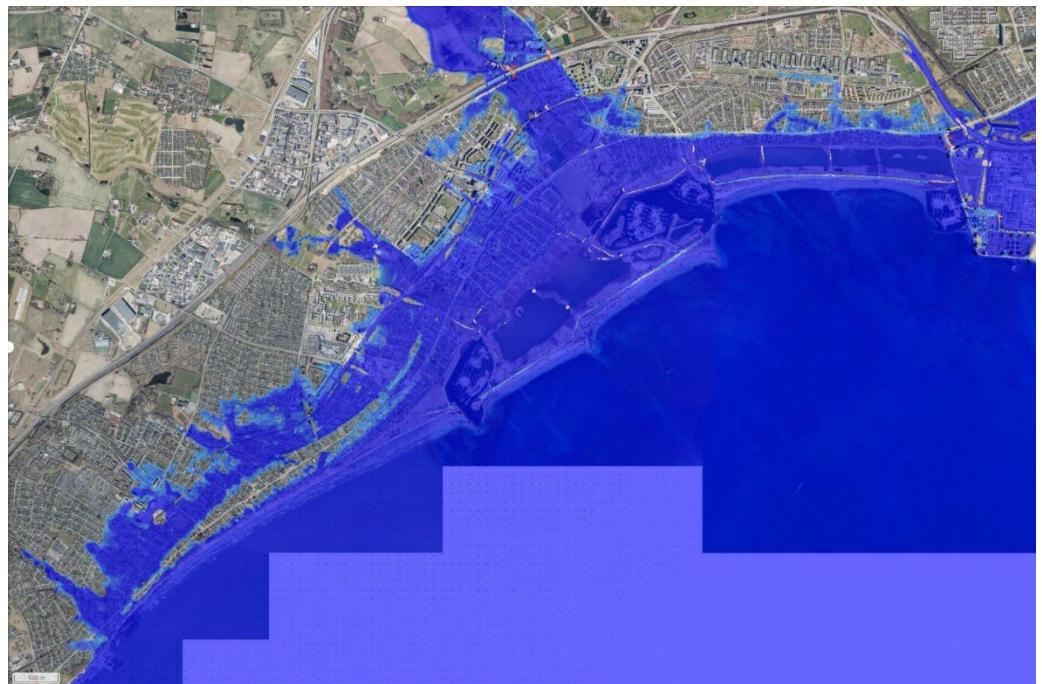
Figur 10-5: Timestep 4



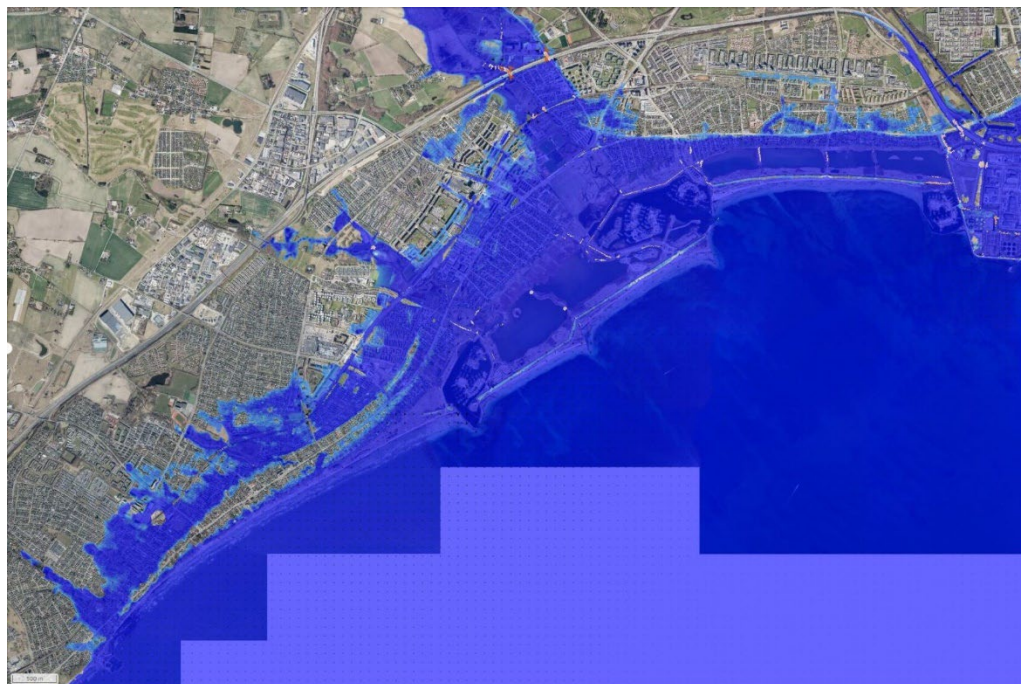
Figur 10-6: Timestep 5



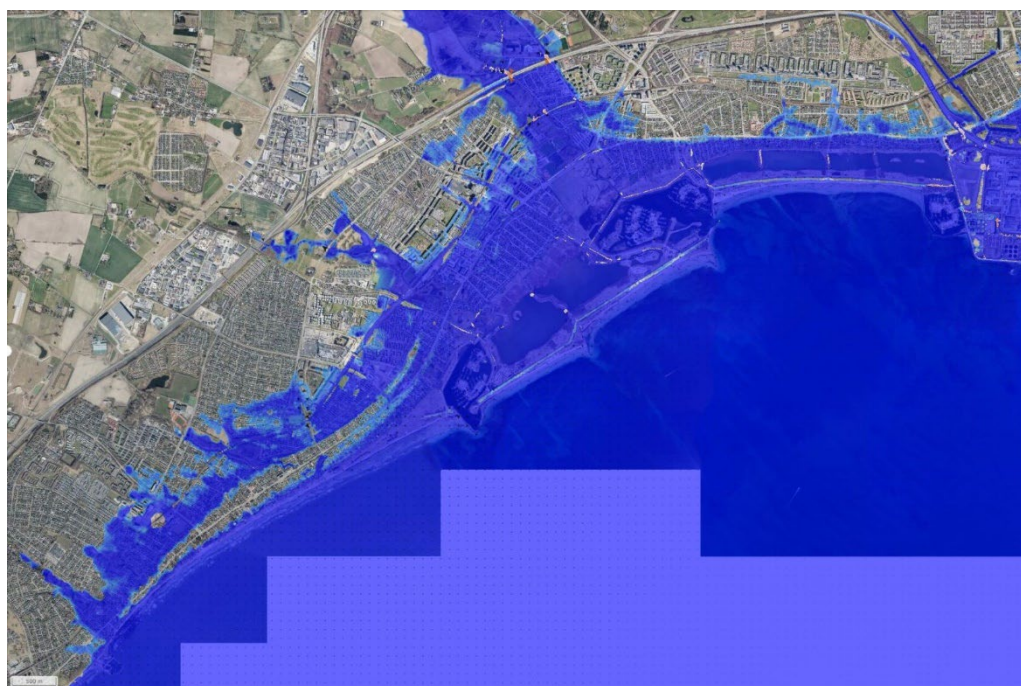
Figur 10-7: Timestep 6



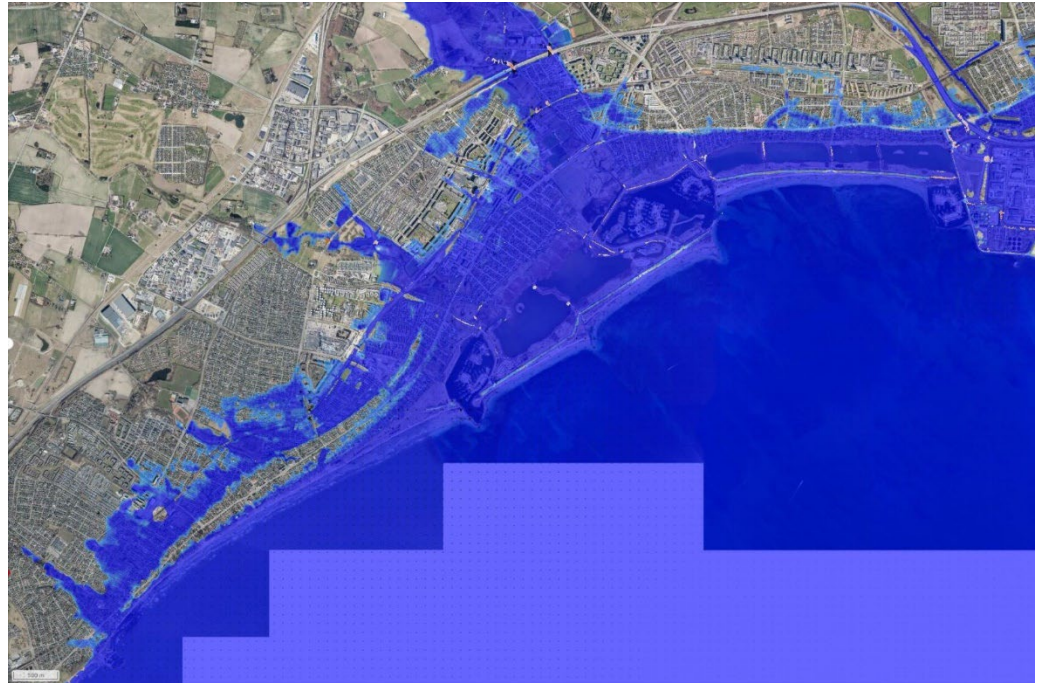
Figur 10-8: Timestep 7



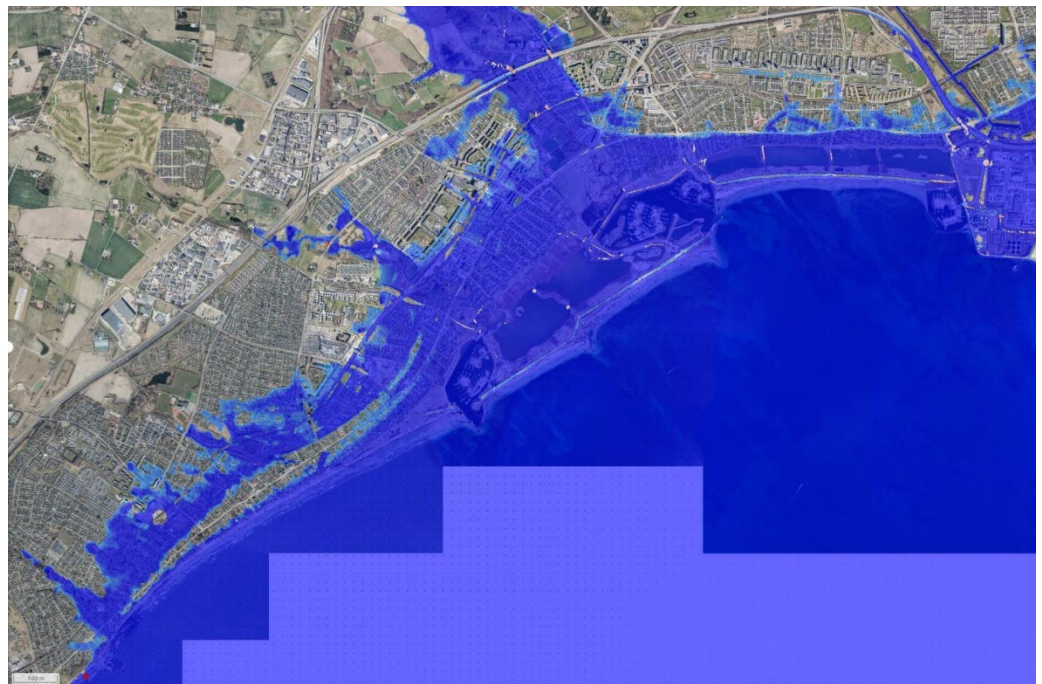
Figur 10-9: Timestep 8



Figur 10-10: Timestep 9



Figur 10-11: Timestep 10



Figur 10-12: Timestep 11 - 10 timer efter initialoversvømmelsen (timestep 1)