

AUGUST 2024  
VALLENSBÆK-, GREVE-, ISHØJ- OG BRØNDBY KOMMUNE SAMT STRANDPARKEN I/S

# KLIMATILPASNING AF KØGE BUGT STRANDPARK

TEKNISK PROJEKTBEKRIVELSE

PROJEKTNR.

A257809

DOKUMENTNR.

VERSION

2.0

UDGIVELSESDATO

8-08-2024

BESKRIVELSE

Teknisk Projektbeskrivelse

UDARBEJDET

TOJB, KARH, PFKL JPHE

KONTROLLERET

GODKENDT

PFKL



# INDHOLD

1	Indledning	5
2	Eksisterende forhold og områdebeskrivelse	7
2.1	Kystbeskyttelse	9
2.2	Oktober-stormen 2023 og januar-stormen 2024	19
2.3	Hældning af forstrand	22
2.4	Vandhåndtering af bagvand mv.	22
2.5	Sluser og pumper	26
2.6	Miljøforhold	28
3	Dimensioneringsgrundlag og design af kystbeskyttelse	32
3.1	Opbygning af højvandsbeskyttelse	32
3.2	Stormhændelser	33
3.3	Statistiske vandstande	34
3.4	Havspejlsstigning	35
3.5	Landhævning	36
3.6	Bølgebidrag	36
3.7	Sikringsniveau	39
4	Nedbør og bagvand	41
4.1	Samtidigheder	41
4.2	Bagvand	42
4.3	Klima og tilpasning	42
5	Udformning og placering	44
5.1	Indre diger	44
5.2	Ydre diger	46
5.3	Strandfodring	47
5.4	Behov for beskyttelse udenfor Strandparken	48

6	Anlægs- og vedligeholdelsesbeskrivelse	50
6.1	Anlægsbeskrivelse	50
6.2	Vedligeholdelsesbeskrivelse	51
7	Økonomisk overslag for kystbeskyttelses anlæg	52
7.1	Anlægsoverslag	52
8	Bilag 1 Tværsnit med kystudvikling og strandhældninger	53
9	Bilag 2 – 3D løsnings illustrationer	57
10	References	61

# 1 Indledning

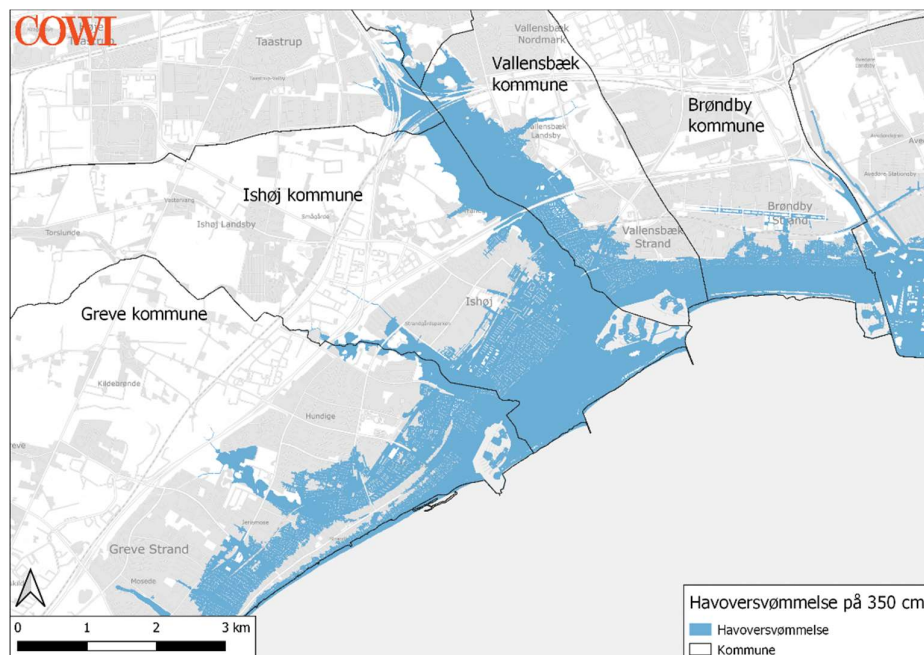
Køge Bugt Strandpark kommunerne, Brøndby, Vallensbæk, Ishøj og Greve har i fællesskab opstartet et kap. 1a projekt jf. kystbeskyttelsesloven for at opdatere og øge niveauet for klima- og kystbeskyttelsen i og omkring strandparken.

COWI har i den forbindelse tidligere udarbejdet et idéoplæg med tre løsningsforslag, svarende til tre forskellige sikringsniveauer (COWI, 2023).

Ud fra de foreslåede sikringsniveauer fra indledende rapport og på baggrund af kystdirektoratets §2 udtalelse har kommunerne valgt at få fremstillet et overordnet projektudkast på 3,5 m DVR90. Det svarer til et beskyttelsesniveau mod en 1872-storm fremskrevet til år 2075, om 50 år, hvor der forventes en væsentlig havvandsstigning. På en kort strækning i Greve Kommune arbejdes med en sikringshøjde 3,2 m DVR90 for at sikre en sammenhæng med landskabet mod syd samt en lokal beredskabsløsning, som kan træde i værk ved varsel om forhøjet vandstand over tærskelvandstanden.

Denne tekniske projektbeskrivelse med et nyt sikringsniveau på 3,5 m DVR90, skal forelægges til politisk beslutning (fremme) og bruges til at ansøge statens kystbeskyttelsespulje 2024. Niveauet er fastsat ud fra en kombination af COWI's idéoplæg til klimatilpasning af Køge Bugt Strandpark samt Kystdirektoratets §2 udtalelse i 2024, (KDI, 2024).

Arealer der oversvømmes ved en vandstand på 3,5 m DVR90 er vist på Figur 1-1.



Figur 1-1 Oversvømmelsesudbredelse ved farekort/højdekort der viser maksimalvandstand på 3,5 m DVR90 svarende til 1872-stormflod i år 2075.

Sikringsniveauet svarer til en stormflodsvandstand tilsvarende niveauet for højvandshændelsen i 1872 på 2,86 m DVR90. Dette er tillagt 60 cm havspejlsstigning frem til år 2075. Havspejlsstigningen er baseret på klimafremskrivningen for IPCC's udledningsscenarie SSP3-7.0 83%. Dette svarer til et middel til høj drivhusgasudledning fremadrettet og er anvendt af DMI og Kystdirektoratet i deres seneste rapport om sikringsniveauer for stormflodssikring af København (KDI-DMI, 2024).

I rapporten beskrives højvandsbeskyttelsen rundt om Køge Bugt Strandpark som indre diger og ydre diger. De indre diger er opbygget som klassiske jorddiger jf. Kystdirektoratets dige-beskrivelse, med en kerne af sand/digejord overlagt med en lermembran og muld med græsdekke. De indre diger ligger beskyttede mod bølger bag havnene med dækmoler og er derfor vurderet beskyttet mod kraftig bølgepåvirkning.

De ydre diger opbygges udelukkende af sand og disse sandklitter plantes til som grå/grønne klitter, med en blanding af hjemmehørende urtevegetation og marehalm eller strandhjelme. De ydre diger er således kystteknisk sandklitter, der ligger eksponeret for bølgepåvirkning, hvorfor de skal være tilstrækkeligt høje og brede samt have fladt skrånende hældning ned mod havet for at minimere risikoen for overskyl og klit-gennembrud ved vedvarende høj vandstand og bølgepåvirkning under fremtidens storme.

Indeværende tekniske projektbeskrivelse er en forløber til dispositionsprojektet, som planlægges udarbejdet i forlængelse heraf. Denne tekniske projektbeskrivelse danner rammen for at kommunerne kan ansøge statens kystpulje 2024.

## 2 Eksisterende forhold og områdebeskrivelse

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).

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.

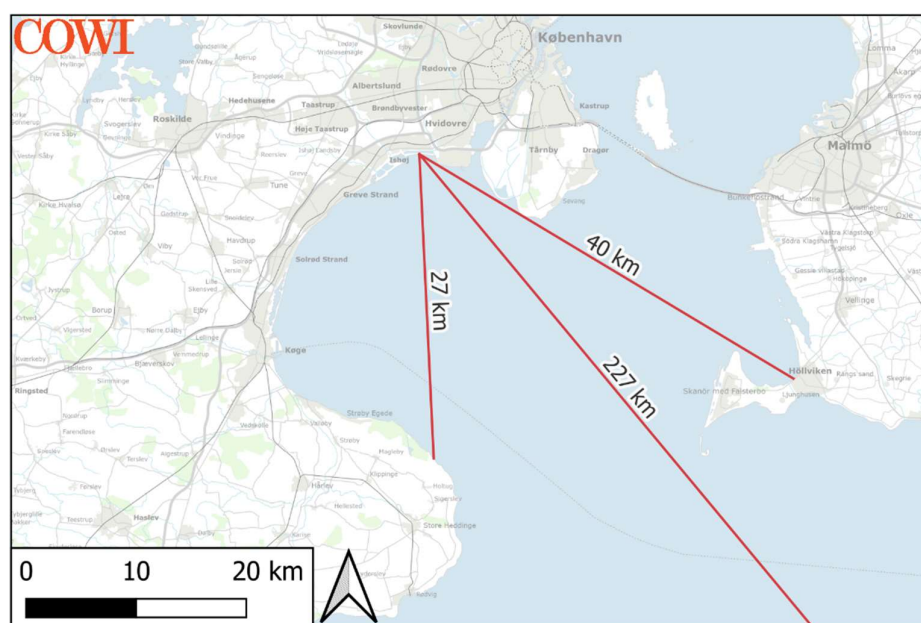
Strandparken er opbygget ved kystfodring af 1,5 mio. m<sup>3</sup> sand som store sandbarriereøer ovenpå eksisterende undersøiske strandvoldsdannelser med sand fra Køge og Faxe Bugt. Derefter er der etableret strandklitter som blev beplantet med 2,6 mio. hjelm-planter fra den jyske vestkyst i klitterne 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.

Den 20/21 oktober 2023 indtraf stormen "Babet", som forårsagede store oversvømmelser flere steder langs de danske Østersøkyster. I Køge Havn brød den ene af to vandstandsmålere sammen kort før maksimalvandstand, men den anden måler, målte en maksimal vandstand på 169 cm DVR90. I Hundige Havn blev vandstanden målt til 168 cm DVR90 (kl. 00:40). Det er derved den højeste målte vandstand i Køge Bugt siden Køge-måleren blev etableret i 1955.

Stormen var ledsaget af kraftig vind fra øst hvilket skabte stor bølgepåvirkning på østvendte kyststrækninger. Kombinationen af høj vandstand og bølgepåvirkning har flere steder medført kraftig erosion.

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 227 km, som illustreret på Figur 2-1. Det er dermed kun bølger fra sydøstlige og østlige retninger, der har langt nok frit stræk til at generere så store bølger, at de reelt har ødelæggende effekter i strandparken i form af erosion.

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. Men ved østlige storme som stormen i oktober 2023 vil både vind og bølger komme fra samme retning og kombinationen af store bølger og høj vandstand i denne type hændelser giver de største skader på kysten og kaldes for akut erosion.



Figur 2-1: Frit stræk fra Køge Bugt Strandpark

Strandparken beskytter kystområdet mod både erosion og oversvømmelser.

Stranden fungerer som en naturlig beskyttelse mod erosionsprocesser. Sandet absorberer og fordeler den indkomne energi fra bølgerne, hvilket hjælper med at mindske den direkte påvirkning af kysten og hermed risikoen for erosion. Noget af sandet i klitterne forventes omlejret under storm, men sandet bliver erfaringsmæssigt i området. Derudover er de lange havne-dækmoler, og de ydre diger (sandklitterne) også med til at forebygge erosion.

Havoversvømmelser i området håndteres af både de indre og ydre diger. Den samlede højvandsbeskyttelse i form af ydre og indre diger på den nuværende samlede kystbeskyttelse er illustreret på Figur 2-2.





Figur 2-2 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 benyttet som baggrund.

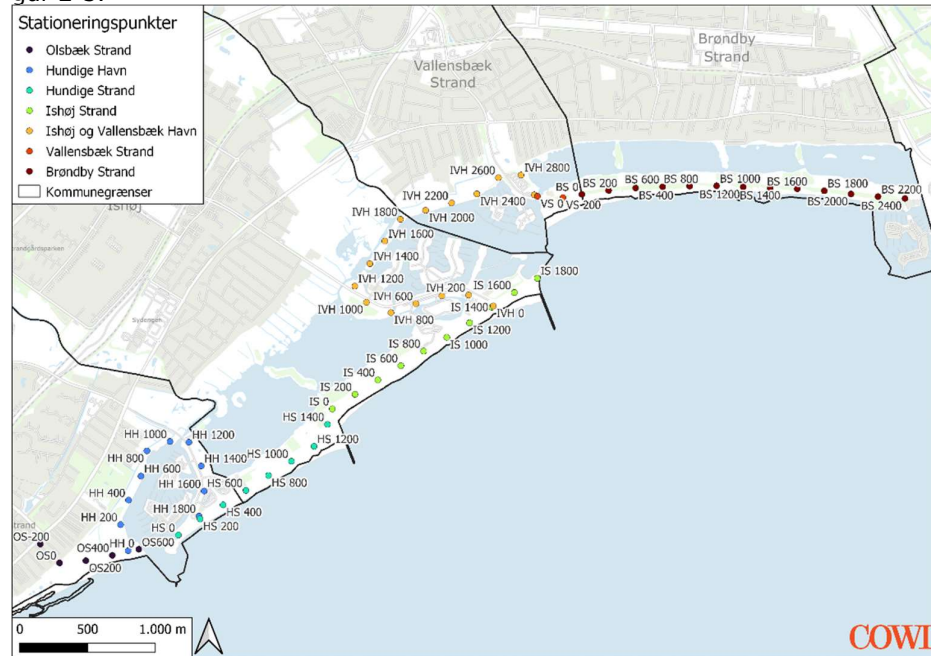
## 2.1 Kystbeskyttelse

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

Til brug for identifikation af de enkelte delstrækninger og deres kystbeskyttelse, er kystlinjen opdelt i stationeringer efter deres lokation i området. Dermed er stationeringen for Olsbæk Strand OS200-OS590 i Greve, Hundige Havn HH0-HH1820, Hundige Strand HS0-HS1520, Ishøj Strand ISO-IS1800, Ishøj og Vallensbæk Havn IVH0-IVH320, Vallensbæk Strand VS0-VS340 og Brøndby Strand BS0-BS2530.

Markeringerne følger den eksisterende kystbeskyttelse. I Greve er stationering udvidet til også at omfatte et planlagt tværdige langs Sælstien.

Stationeringerne løber fra vest mod øst og kan ses per 200 m i nedenstående Figur 2-3.



Figur 2-3: Stationering i Køge Bugt Strandpark, med punkter angiver hver 200 m.

### 2.1.1 Kysterosion og -udvikling

I Figur 2-4 ses områdets kystlinje i år 1954 før anlæggelse af strandparken samt et ortofoto fra 2022, og dermed kystlinjens nuværende position.



Figur 2-4: Kystlinjen for 1954 vist med pink. På figuren er angivet kommuneafgrænsninger. 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 – Strandparken har fundet sin ligevægts-orientering. Området har derfor oplevet en mindre forandring de sidste 44 år, med største naturlige forskydning af sand fra øst mod vest i området ved Vallensbæk Strand og Brøndby Strand, se Figur 2-5.



Figur 2-5: Kystlinjen i 1980 (blå) og 2022 (rød) i området ved Vallensbæk Strand og Brøndby Strand. Den sorte streg markerer kommunegrænsen, som følger den oprindelige kystlinje.

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

Optimeringen af kysten på denne strækning, så den fremadrettet bliver lige så vedligeholdelsesfri som resten af Køge Bugt Strandpark, er igangsat i et separat projekt.

For hele strandparken ses en meget velkonstrueret kyst-ligevægt med kun enkelte mindre variationer i kystlinjerne.

Et eksempel på kystlinjens generelle ligevægt er illustreret i Figur 2-6, hvor det ses, at der ved Ishøj Strand næsten ikke er sket ændringer i kystlinjens position siden 1995.



Figur 2-6: Kystlinjeudvikling ved Ishøj Strand st. ISO-IS1000.

### 2.1.2 Havoversvømmelsesbeskyttelse

Den eksisterende havoversvømmelsesbeskyttelse er uændret siden anlægstidspunktet i 1976-1980, hvor topkoten for de ydre diger blev fastsat politisk til 2,93 m DVR90 (3,0 DNN), hvilket sikrede udsigt fra tagterrasser i huse i baglandet samtidigt med en sikringskote, der håndterede 1872-lignende storme med bølger. De indre diger ved havnene blev anlagt i minimum 2,23 m DVR90 (2,3 DNN – som man dengang mente svarede til 1872-stormen). Klitvegetationen har fanget sand og derved er klitdigerne i enkelte dele af de ydre diger nu er vokset op over 4 m DVR90, men det sammenhængende ydre dige har nuværende sikringsniveau på 3,0 m DVR90. Forskellen i sikringsniveau for de ydre diger og de indre diger er 70 cm skyldes, at de ydre diger er dimensioneret med bølgebidrag, til at modstå bølgepåvirkning ved storm.

Da Køge Bugt Strandpark blev etableret i 1980, blev det konstrueret med et sikringsniveau mod 1872-lignende storme. I mellemtiden er havniveauet steget over 12 cm, hvorved sikringen nu er faldet tilsvarende i niveau. For Kystdirektoratets højvandsstatistik for Køge Havn i 2024 svarer 12 cm til at gå fra en statistisk 100 års middeltidshændelse (164 cm DVR90) til en 20 års middeltidshændelse (153 cm DVR90) (Kystdirektoratet, 2024).

Når havspejlsstigningen for alvor accelererer og bliver styrende for devalueringen af sikringsniveauer fra omkring år 2100 og frem, så falder de statistiske sikringsniveauer meget hurtigt – f.eks. fra 10.000 års middeltidshændelse i år 2115 til 100 års middeltidshændelse i 2135 på kun 20 år.

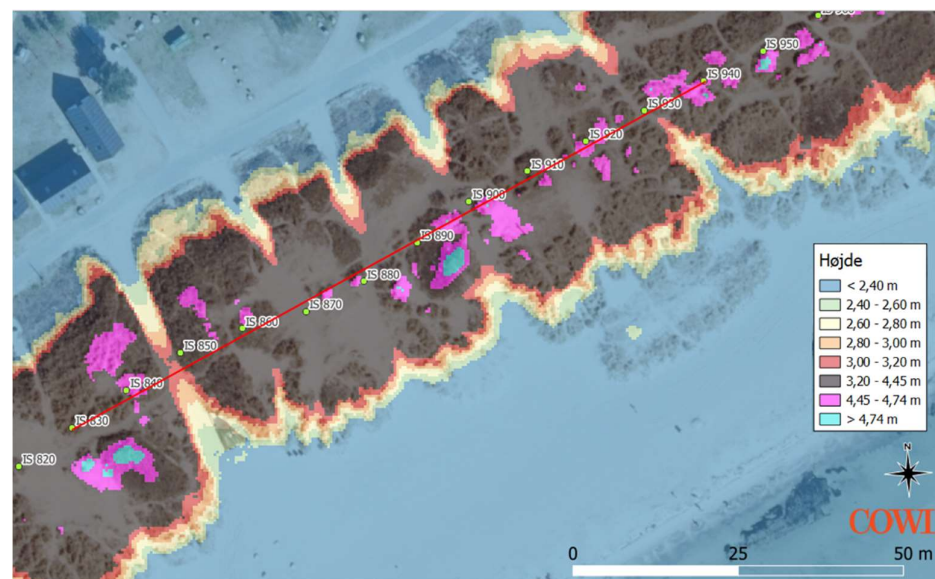
I strandparken udgør de indre og ydre diger en sammenhængende kystbeskyttelse mod havoversvømmelse. De indre (jord-)diger er anlagt bag Greve Marina, havnene i Ishøj og Vallensbæk samt bag Brøndby Havn. Bredden på disse digers krone varierer mellem 5 m og 15 m.

Strandparkens ydre diger ligger langs Olsbæk Strand, Hundige Strand, Ishøj Strand, Vallensbæk Strand og Brøndby Strand. De ydre (klit-)diger er mere end 20 meter brede.

Mange steder har de ydre diger været udsat for antropogen erosion, i form af stier, hvor mennesker har slidt erosions-furer mellem strand og bagland. Visse steder har nedslidning på stierne medført en forskel i terrænhøjden på over 1,5 meter.

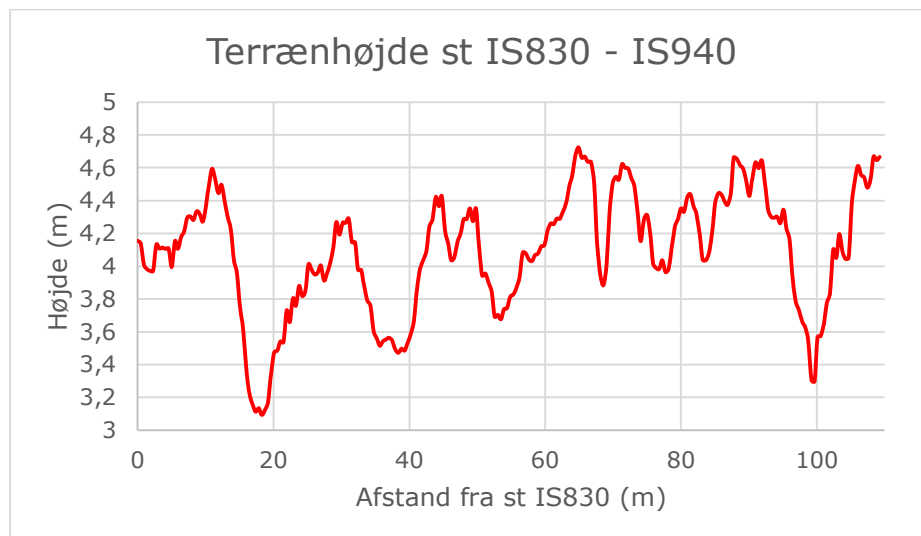
Disse erosions-furer lader havvand og bølger komme meget hurtigere ind i baglandet og vurderes at udgøre den største fare for at klitter gennembrydes af havet og oversvømme baglandet langt tidligere og med større skadesomkostninger end hvis disse erosions-furer alle var vedligeholdt ved at fylde dem op med sand inden hver stormflodssæson starter.

Tydelige eksempler på disse erosions-furer ses ved parkeringspladsen ved Ishøj strand mellem st. IS830 og IS940 som illustreret på Figur 2-7.



Figur 2-7: Terrænhøjde mellem station IS830 og IS940. Terrænhøjden langs den røde linje kan ses i Figur 2-8.

Som det fremgår af Figur 2-7 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 st. IS820 og IS960, kan ses i Figur 2-8.



Figur 2-8: Terrænhøjde af ydre dige langs den røde streg mellem st. IS830 – IS940

Som det fremgår af Figur 2-7 og Figur 2-8 er højdeforskellene langs de ydre dige store. Især ved st. IS850 er der tydelig erosions-fure, med en højdeforskel på 1,5 m mellem st. IS841 og IS848. Denne lavning ses tydeligt på Figur 2-9.



Figur 2-9: Lavning ved st. IS850 set i retning mod sydøst

Ved havoversvømmelse vurderes disse lavninger til at være primær-årsagen til hurtig gennembrydning af det ydre dige og tilsvarende hurtig oversvømmelse af baglandet og bør derfor have særlig bevågenhed.

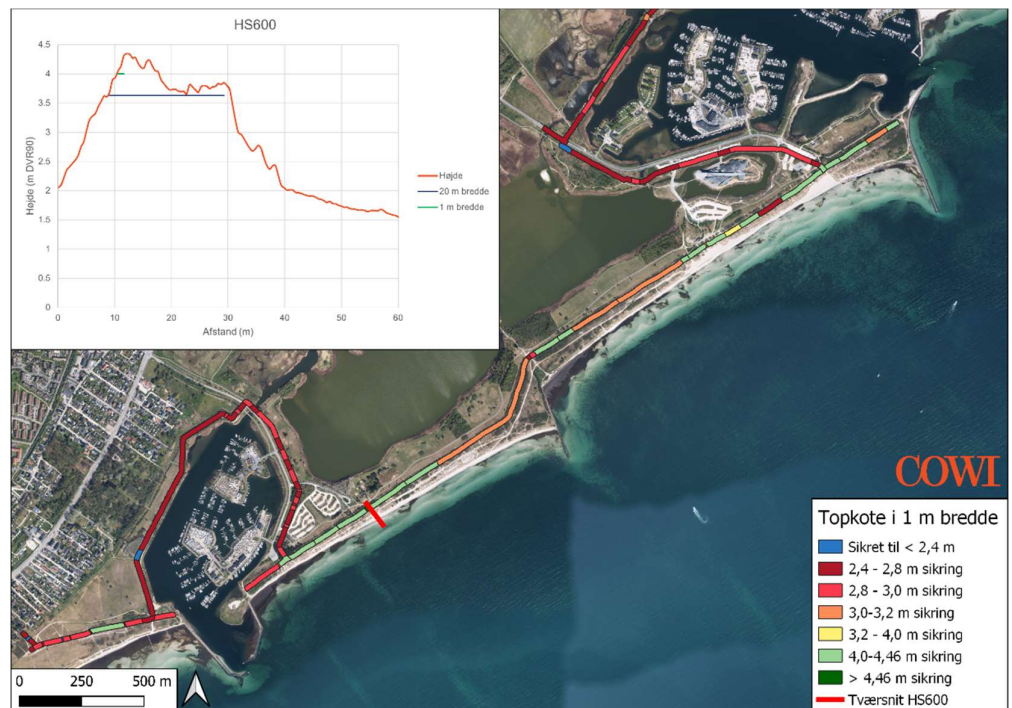
### 2.1.3 Indre og ydre diger

De indre diger langs de tre havne og kommende tværdiger er kendetegnet ved, at de kun modvirker havoversvømmelse, men de er ikke dimensioneret til bølgepåvirkning, der er meget begrænset i havnene, hvor indsejlingerne er beskyttet af dækmole-arme.

Derfor er de indre diger dimensioneret lavere end de ydre diger, som beskytter strækningerne langs strandene og som derfor skal kunne modstå høj vandstand, vind og pålandsbølger på samme tid. Som det fremgår af Figur 1-1 kan man se at store dele af nuværende kystbeskyttelse er lavere end den nye sikringshøjde på de 350 cm. Her ses også de store boligområder som forventes at blive oversvømmet ved en sådan hændelse.

Da svaghedszonerne primært skyldes menneskelig erosion ved slitage, er disse zoner vigtige i designet af fremtidens mere robuste stormflodsbeskyttelser, med indbygning af nuværende viden om færdsel mv. Mange af lavningerne er allerede nu blevet fyldt op af Strandparken som konsekvens af den øgede opmærksomhed på problematikken og inden oktoberstormen i 2023 "Babet" ramte sydlige Danmark.

I følgende Figur 2-10 og Figur 2-11 ses de indre og ydre digers målte stormflodssikrings-højde. Denne sikringshøjde er defineret ud fra digets tværsnitstop og med en bredde på mindst en meter.



Figur 2-10 Højder for oversvømmelsesbeskyttelsen med en bredde på minimum 1 m for indre og minimum 20 m for ydre digers styrke. Vestlige del af Køge Bugt Strandpark. Højdedata fra DTM2019 (og derved muligvis forældet). Derudover ses et eksempel på et højdetværsnit ved HS600. Her illustreres det, hvordan området er klassificeret havende et stormflodssikringsniveau

på 3,6 m, da klitrækken har en højde på 3,6 m i mindst 20 m bredde. På tværsnittet kan desuden ses at topkoten i m bredde, som er over 4,2 m. Dermed vil området klassificeres forskelligt, om man ser på stormflodssikringen eller topkoten.

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



Figur 2-11: Højder for oversvømmelsesbeskyttelsen med en bredde på minimum 1 m for indre og minimum 20 m for ydre digers styrke. Østlige del af Køge Bugt Strandpark. Højdedate fra DTM2019 (og derved muligvis forældet).

Erfaringsmæssigt er det disse lavest beliggende terræfnafsnit, der definerer oversvømmelsens begyndelse og med lavere beliggende bagland, vurderes vandet at udbrede sig til alle kommunerne.

Det fremgår af Figur 2-10 og Figur 2-11, 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.

Klitter i indre danske kystområder er analyseret for, hvor meget de eroderer under storme, for at vide hvor brede klitter man skal anlægge. Under den værste storm i Danmark i over 100 år, Bodilstormen i 2013, oplevede dele af de indre danske kyster erosion af strandklitter med en deraf tilknyttet tilbagerykning på op til 10 meter (f.eks. på Sjællands Nordkyst). For at opnå en stormflodssikring af de ydre diger, der er opbygget som strandklitter, der beskytter mod 2 på



hinanden følgende Bodil-lignende stormfloder samme år, kræves derfor en bredde på diget på mindst 20 meters.

I stormflodssæsonen 2023-2024 oplevede Køge Bugt Strandpark netop 2 storme som begge medførte erosion langs kysterne.

Figur 2-12 og Figur 2-13 illustrerer det ydre diges sikringshøjde ved en minimumsbredde på 20 m og derved svaghedszonerne langs de ydre diger i kystens nuværende tilstand.



Figur 2-12: Højde af kystbeskyttelsen på det ydre dige med en bredde på mindst 20 m, vestlige del af Køge Bugt Strandpark. Højdedate fra DTM2019 (og derved muligvis forældet).



Figur 2-13: Højde af kystbeskyttelsen på det ydre dige med en bredde på mindst 20 m, østlige del af Køge Bugt Strandpark. Højdedate fra DTM2019 (og derved muligvis forældet)

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 Greve Marinas 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 Tanghuse 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.

Som det fremgår af figurene, er der store forskelle på styrken af den indre og den ydre kystbeskyttelse i Køge Bugt Strandpark. Det ydre diges bredde overstiger de fleste steder 20 meter, men op til varierende højder som følge af de lokale lavninger.

Den samlede længde af strækningerne for kystbeskyttelsens højde ses i Tabel 2-1:

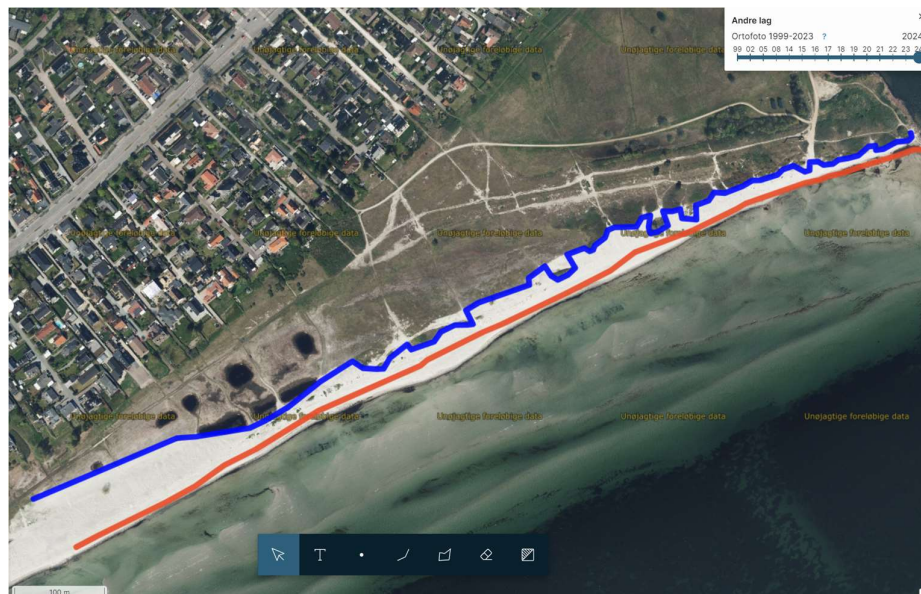
Tabel 2-1: Længde af kystbeskyttelsen i meter og i % (foreløbig)

## 2.2 Oktober-stormen 2023 og januar-stormen 2024

Oktoberstormen-"Babet" i 2023 og stormfloden d. 3. januar 2024 var begge højvandhændelser med stor bølgepåvirkning, som mobiliserede store mængder sediment på kysterne i Køge Bugt. Strandparken I/S forklarer, at de efter Oktoberstormen "Babet" identificerede, at der var aflejret meget sand på forstrandene, nogle steder op til 80 cm sand. I forbindelse med højvandshændelsen i januar 2024 blev der også omljret meget sand, hvor den storminducerede omljring var særdeles stort syd for Greve Marina. Her havde vegetationslinjen flere steder rykket sig op til ca. 10 meter tilbage – både som følge af fjernelse af vegetation og som følge af sandaflejring ovenpå vegetationen.

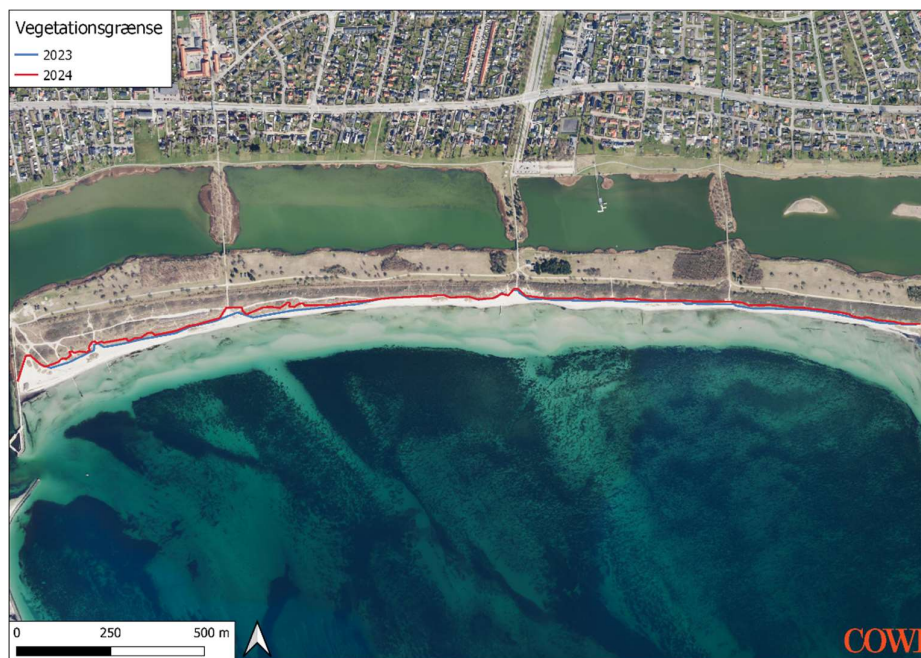
På de øvrige kyststrækninger i strandparken ses både strækninger, hvor kystlinjen er rykket lidt frem, og hvor den er rykket tilbage. Særligt Brøndby Strand, der ikke er i kystmorfologisk ligevægt og som hvert efterår/vinter er udsat for kronisk erosion, blev påvirket af stormfloden oktober 2023 og der var eroderet ca. 3 meter af det ydre dige i bredden over en strækning på ca. 200-300 meter. Ved den efterfølgende stormflod i januar 2024 blev kystlinjen på denne strækning også påvirket. I foråret 2024 flyttede Strandparken I/S ca. 11.000 m<sup>3</sup> sand fra den vestlige ende ved Vallensbæk Strand til den østlige ende ved Brøndby Strand, hvilket omtrentligt svarer til den mængde, der hvert år flyttes på strækningen, men ud over at flytte sandet, har Strandparken I/S i foråret 2024 desuden reetableret forstranden og diget på strækningen ved Brøndby Strand.

Ved sammenligning af flyfotos fra 2023 og 2024 fremgår det tydeligt, at stormene i stormsæsonen 2023-2024 har medført større morfologiske ændringer på de bølgeeksponerede kyster i Køge Bugt Strandpark. Vegetationsgrænsen er brugt til at identificere grænsen for bølgepåvirkning. Efter perioder med stille vejr vil vegetationsgrænsen naturligt rykke sig frem, og efter højvandshændelser med bølgepåvirkning vil vegetationsgrænsen rykke sig tilbage – eller blive sanddækket og derved også være påvirket. Vegetationsgrænsen kan være meget stabil over lange perioder. Kortlægning af udviklingen via ortofotos er præ-senteret i Figur 2-14.



Figur 2-14 Metode til optegning af tilbagerykning af vegetationsgrænsen for kysterne i projektområdet med SCALGO CANVAS. På figuren er vist det nyeste ortofoto fra 2024 sammen med optegning af vegetationsgrænsen for 2024 (blå) og 2023 (rød). Ortofotoet er ikke endeligt kvalitetssikret og derfor fremgår skriften "unøjagtige foreløbige data", men til formålet vurderes nøjagtigheden tilstrækkelig.

Tilbagerykningen af vegetationsgrænsen og/eller tildækning af vegetation, er illustreret på Figur 2-15, Figur 2-16 og Figur 2-17.



Figur 2-15: Vegetationsgrænse i 2023 (blå) og 2024 (rød) ved Vallensbæk og Brøndby Strand. Ortofoto 2024.



Figur 2-16: Vegetationsgrænse i 2023 (blå) og 2024 (rød) ved Ishøj Strand. Ortofoto 2024.



Figur 2-17: Vegetationsgrænse i 2023 (blå) og 2024 (rød) ved Olsbæk og Hundige Strand. Ortofoto 2024.

Som det fremgår af figurerne, er tilbagerykningen/tildækning af vegetationsgrænsen varierende over hele projektstrækningen. På nogle strækninger kan der ikke identificeres en tilbagerykning, mens vegetations-tilbagerykningen andre steder overstiger 30 meter. På store del af de eksponerede kyststrækninger er

der en tilbagerykning af vegetationsgrænsen på 10 - 25 meter. Ingen steder er vegetationsgrænsen identificeret til at have rykket frem.

## 2.3 Hældning af forstrand

Den naturlige hældning af den nederste del af stranden og forklitterne, der er de naturligt dannede klitter mellem kystlinjen og de store ydre diger, bruges til at finde den naturlige bølge-/terræn-relation på ligevægtskysten og er beregnet for udvalgte profiler med QuickDHM 2023. Beregningerne viser at hældningen overordnet er ca. 1:10 m pr m, svarende til 10%. Nogle steder står det lidt stejlere og andre steder er hældningen fladere (se bilag 1). De nuværende forekommende hældninger vurderes at være udtryk for en stabil stablingsvinkel, da figurerne tydeligt viser, at hældningen af forstranden er meget ens på tværs af årene, hvor der er lavet overflyvninger. Derfor vælges det at benytte denne hældning til at fastsætte den havværts hældning på de ydre diger, ved dimensioneringen af dem.

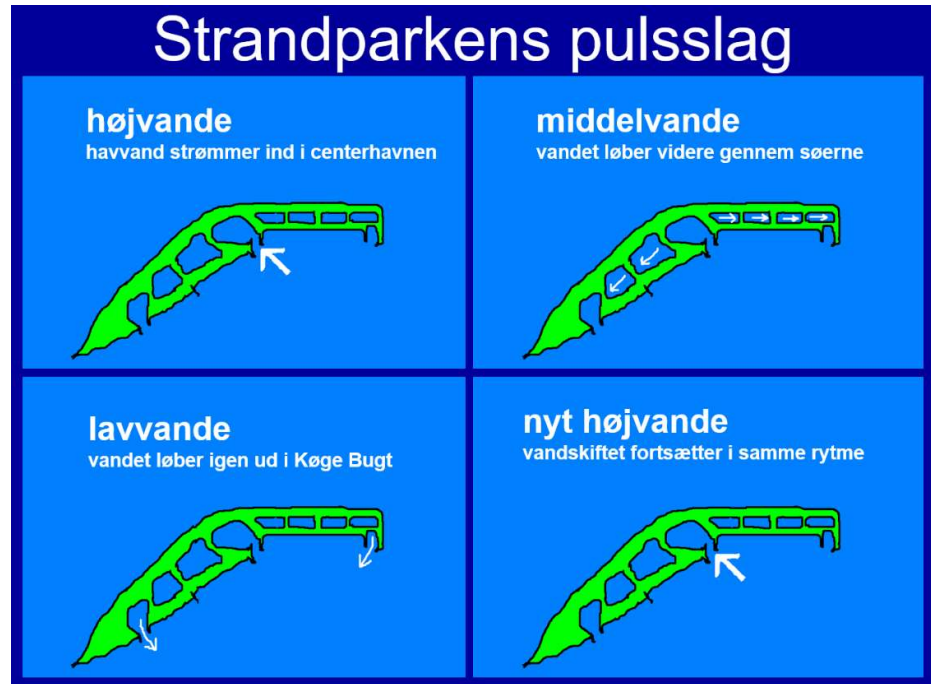
## 2.4 Vandhåndtering af bagvand mv.

Køge Bugt Strandpark har fra start haft fokus på håndtering af al slags vand. Både havvand, nedbør, bagvand fra åer, grundvand og samtidig af høj ydre vandstand i kombination med nedbør er håndteret med lagunerne som "buffer"-vandparkeringsplads. 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 Ringebæk sø, Stubbe sø, Maglebæk sø og Holmesø.

### 2.4.1 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 2-18.

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 2-18 Lagunernes "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.

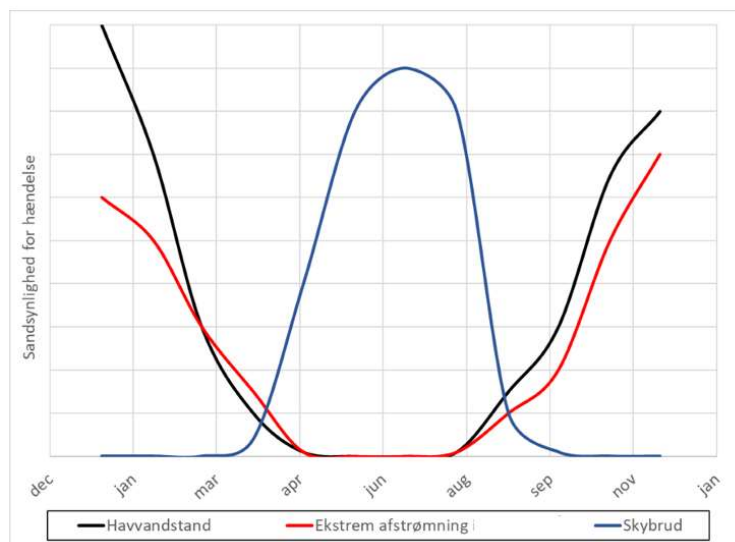
Det betyder samtidigt, at den logiske følge i forhold til udfordringen med den stigende havvandstand er en fortsat udbygning af sikringen, som Strandparken giver – samtidig med øget aktiv styring af vandhåndteringen.

## 2.4.2 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 2-19, som illustrerer den typiske sammenhæng og sammenfald i forhold til de ekstreme hændelser stormflod, ekstrem afstrømning og skybrud.



Figur 2-19 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 2-19, 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.



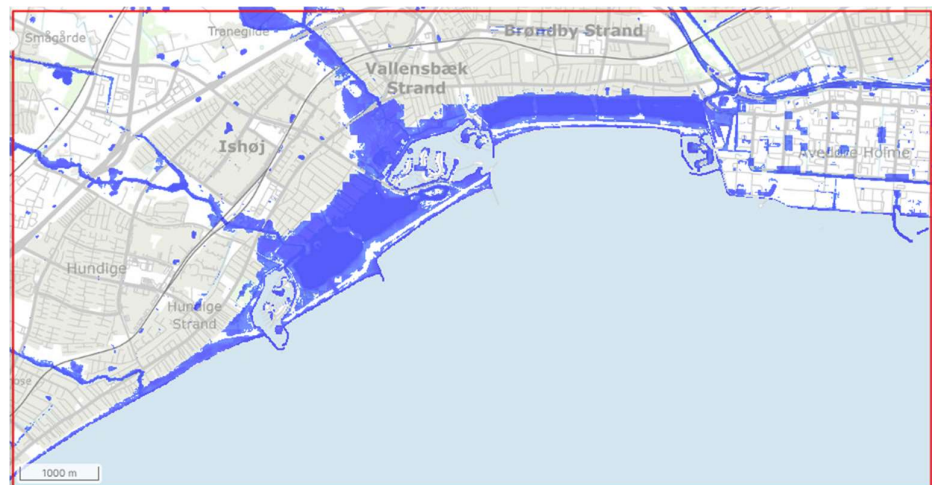
### 2.4.3 Grundvand

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 2-20 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 2-21.



Figur 2-20 Eksisterende grundvandspejl tættere end 50 cm på terræn i en sommersituation. Kilde: Scalgo Live.



Figur 2-21 Eksisterende grundvandspejl tættere end 50 cm på terræn i en vintersituation. Kilde: Scalgo Live.

Dybden til det terrænnære grundvand på Figur 2-20 og Figur 2-21 er beregnet af GEUS med en hydrologisk model (DK-model HIP) for perioden 1990-2020. Modelberegningen er udført i et beregningsgrid 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 drærende, 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.

## 2.5 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 2-22.



Figur 2-22 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 lagunernes vandudskiftning, se også Figur 2-18.

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 2-22.

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.

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.

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.

Derudover iltes lagunerne med vandstands-variationen, se Figur 2-18, Figur 2-22 og Tabel 2-2.

Tabel 2-2: Oversigt over Højvandslukker og bygværker i Køge Bugt Strandpark

Type	Funktion	Åbent	Lukket
HVL1, Sluse	Udløb af Lille Vejle Å til Hundige Havn	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
HVL2, Sluse	Udløb af Store Vejle Å til Ishøj Havn	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
BV1, Sluse	Udløb fra Lille Vejle Sø til Lille Vejle Å	Når vandstand i sø er $>$ i å	Når vandstand i sø er $<$ i å
BV2, Sluse	Indløb fra Ishøj Havn til Jægersø	Når vandstand i Køge Bugt er $< +0,25$ m DNN eller vandstand i sø er $<$ i havn	Når vandstand i Køge Bugt er $> +0,25$ m DNN eller vandstand i sø er $>$ i havn
BV3, Sluse	Indløb fra Vallensbæk Havn til Ringebæk Sø	Når vandstand i Køge Bugt er $<$ end i sø	Når vandstand i Køge Bugt er $>$ end i sø
BV4, Sluse	Udløb fra Holme Sø til Brøndby Havn	Når vandstand i Køge Bugt er $<$ end i sø	Når vandstand i Køge Bugt er $>$ end i sø
Nødpumpe	Håndtere bagvand fra St. Vejleå ved ekstrem nedbør. Vandet pumpes fra bassin ved udløbet og ud i Køge Bugt fremfor at løbe til Jægersø. Samlet pumpekapacitet på $4 \text{ m}^3$ i sekundet.	Pumpen starter automatisk når vandstanden i bassinet stiger til $+50$ cm over normalt niveau.	Pumpen er lukket når vandstanden i bassinet er under $+50$ cm over normalt niveau.
Overløbsbygværk	Placeret ved Ll. Vejleå og St. Vejleå. Sørger for at vandet kan løbe over i søerne Jægersø og Lille Vejlesø i de tilfælde hvor udløbene via sluserne til Køge Bugt er lukket ifm. højvande.		
Forsinkelsesbassin	Opsamler nedbør i bassin, hvorfra det ledes ud til Ringebæk Sø, i rørlagt system.		

Alle disse konstruktioner skal gentænkes ved øget sikringsniveau for både anlægshøjder, funktioner og konstruktions-levetid/-robusthed, da Køge Bugt Strandpark er afhængig af at alle enkeltdele fungerer under storme nu og i fremtiden, hvor netop disse konstruktioner udfordres.

## 2.6 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.

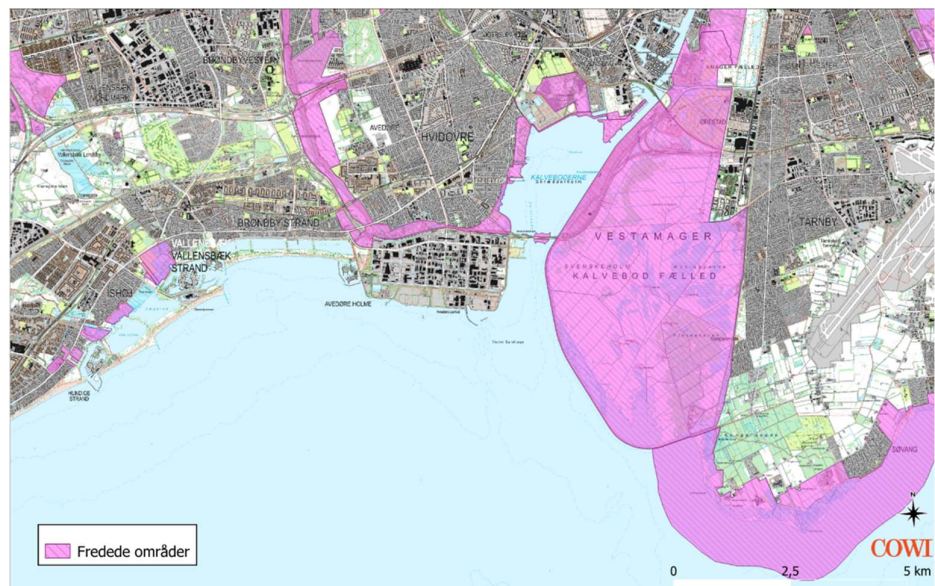
Den nuværende § 3-udpegning er spredt over hele området – primært som strandeng og sø rundt om lagunerne som illustreret i Figur 2-23.



Figur 2-23: Beskyttede naturtyper (§ 3 natur) i Køge Bugt Strandpark

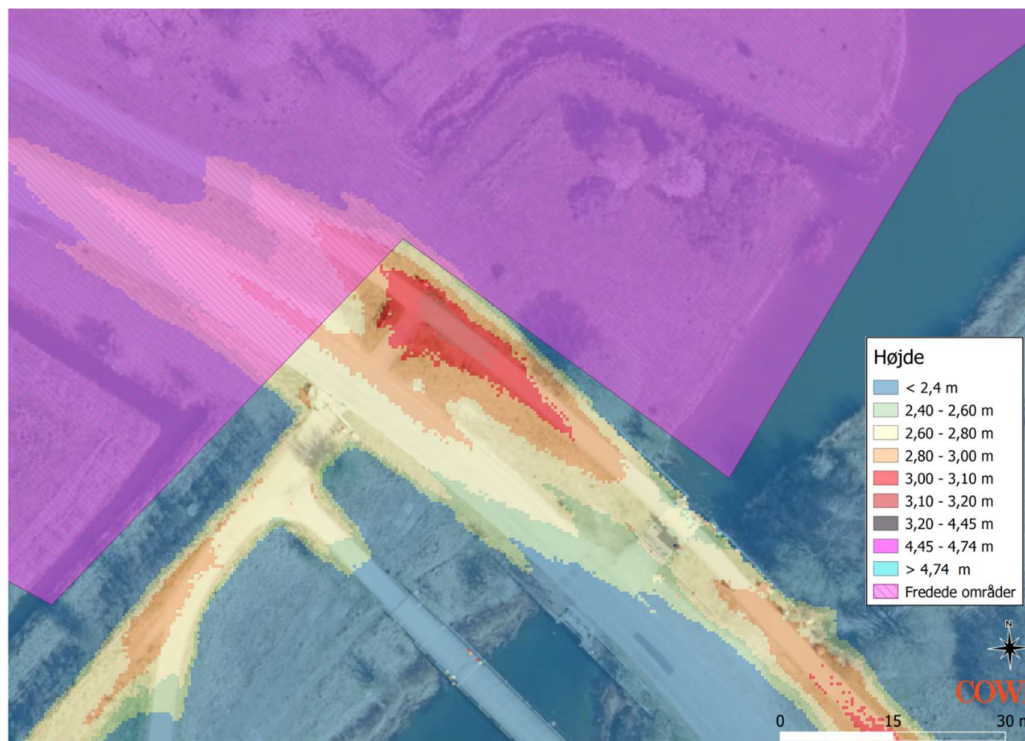
Enkelte naturarealer bag lagunesøerne er omfattet af fredninger, der har til formål at sikre udsigten og naturen mod bebyggelse og andre ændringer. Der er ikke fredning på de kystnære arealer, og hvor der er etableret kystbeskyttelse.

Se placering af lokale bagvedliggende fredede arealer i Køge Bugt Strandpark, som illustreret i Figur 2-24. Her ses også det store fredede område ved Vestamager og rundt om Dragør.



Figur 2-24: Fredede områder i og nær ved Køge Bugt Strandpark

Der er ikke overlap mellem det samlede dige og de fredede områder. Ved st. HH 1100 grænser de to dog op til hinanden, og en udvidelse af diget her vil muligvis resultere i et lille overlap, som kan kræve fredningsnævnets godkendelse.



Figur 2-25: Området ved st HH1000-HH1200. Højden på diget samt udbredelsen af det fredede område er illustreret.

Derudover er et overlap mellem diget og beskyttede naturtyper (NBL § 3) følgende steder:

Strandeng ved st OS0-HS150

Overdrev ved st HS660-IS750

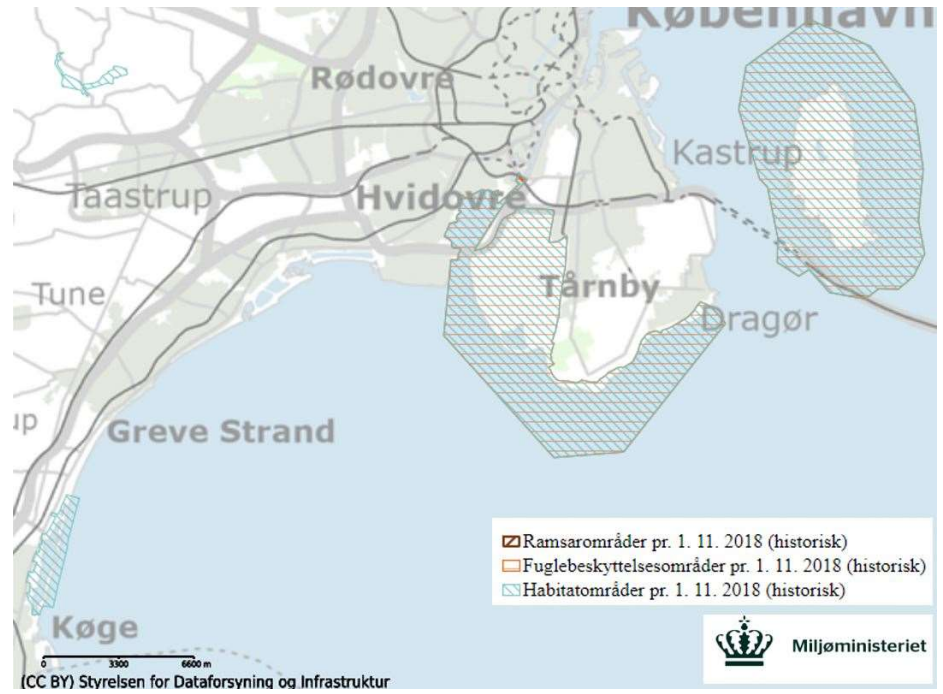
Strandeng ved st IS1450-IS1800

Eng ved st IVH2250 til IVH3020

Overdrev ved st VS55 til VS340

I 2024 gennemfører kommunerne en opdateret registrering af beskyttede naturtyper i Strandparken. Naturen er dynamisk, og nogle arealer kan være vokset ud af eller ind i beskyttelsesstatus. Der sker desuden en registrering af invasive plantearter, herunder rynket rose, som vokser mange steder på digerne.

I selve Strandparken findes ingen Natura 2000 områder. Ca. 3,5 km øst for Strandparken ligger Natura 2000-område nr. 143 *Vestamager og havet syd for*. Natura 2000-område nr. 147 *Ølsømagle Strand og Staunings Ø* ligger ca. 8 km syd for Strandparken, se Figur 2-26.



Figur 2-26: NATURA 2000 habitatområder nær Køge Bugt Strandpark.

## 3 Dimensioneringsgrundlag og design af kystbeskyttelse

Som følge af de globale klimaforandringer, vil stormfloder forventeligt i fremtiden indtræffe hyppigere, og vi kan risikere, at de vil være voldsommere. Derfor er det vigtigt at sikre, at den forventede havspejlsstigning, der vil forekomme indenfor kystbeskyttelsens planlagte levetid lægges til den dimensionsgivende vandstand. Dermed vil sikringshøjden leve op til den valgte returperiode.

Til de politiske beslutninger om fremme af kystbeskyttelsesprojektet, ønsker Køge Bugt-Kommunerne at arbejde videre med et overordnet projektudkast med et sikringsniveau, der svarer til en 1872-hændelse om 50 år plus bølgetillæg. Dvs. en sikringshøjde på 3,5 m DVR90 plus bølgetillæg. På en kort strækning i Greve Kommune arbejdes med en sikringshøjde 3,2 m DVR90, for at sikre en sammenhæng med landskabet mod syd.

Vandstanden under stormfloden i 1872 var på 2,86 m DVR90, og der skal tillægges en forventet havspejlsstigning frem til år 2075 på 60 cm, jf. SSP3-7.0 83-percentil. Dertil kommer et bølgetillæg for de ydre diger.

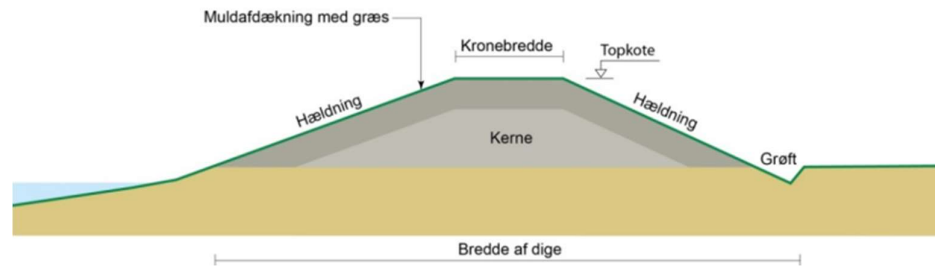
### 3.1 Opbygning af højvandsbeskyttelse

Diget (højvandsbeskyttelsen) har til formål at holde på vandet, så det ikke kan ramme baglandet og skal derfor dimensioneres til at kunne beskytte mod en vandstand svarende til det valgte sikringsniveau.

Højvandsbeskyttelsens kronekote bestemmes ud fra tre hovedbidrag:

- 1) Stormflodsvandstanden, typisk svarende til en statistisk middeltidshændelse, eller en observeret dateret hændelse – her 1872-hændelsen.
- 2) Den forventede klimatiske havspejlsstigning inden for højvandsbeskyttelsens levetid, fratrukket den lokale landhævning – her 60 cm relativ havspejlsstigning.
- 3) Tilsammen giver ovenstående to punkter en dimensionsgivende designvandstand som ofte benævnes "Sikringsniveau".
- 4) Bølgestuvning og -opskylshøjde, i tilfælde hvor højvandsbeskyttelsen ligger eksponeret, og der vurderes en samtidig høj vandstand og bølger. Ved at tilføje dette bølgetillæg til sikringsniveau, fås "sikringskoten" eller "kronekoten", der er den fysiske højde på toppen af diget.





Figur 3-1: Principtegning af et havdige af jord (Kystdirektoratet, 2018)

Ved anlæggelse af klitter, der har funktion af dige, er det nødvendigt at dimensionere bredden på klitten, så der er en tilstrækkeligt mængde sand til, at bølgerne kan erodere klitterne uden at de gennembrydes. Derudover kan man ved at hæve og udbygge forstranden øge klitternes modstandsdygtighed og dermed sikkerheden.

Dette skyldes, at bølgerne har en dybdebegrænsning. Dermed kan fremrykning af kystlinjen og dannelse af forklitter fungere som en beskyttende barriere mod erosion af klitdigerne. Ved at tillade dannelse af forklitter fungerer de som en bufferzone mod lokal stranderosion under normale storme. Ligeledes kan man ved at ændre hældningen af klitternes forside, tage mere energi ud af bølgerne, der rammer klitterne, og derved nedsætte erosionen.

### 3.2 Stormhændelser

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. 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), (Kystdirektoratet, 2024) og (COWI, 2017).

Stormhændelser	Stormflodshøjde
3. januar 2024 – målt i Køge Havn (DMI, 2024)	140 cm
21. oktober 2023 – målt i Køge Havn (KDI 2024)	169 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
<b>12. november 1872 – historisk Køge Havn (COWI, 2017)</b>	<b>286 cm</b>
3. januar 1825 – historisk Køge Havn (COWI, 2017)	230 cm

Som det fremgår af tabellen, er flere af de højeste målte vandstande indtruffet i nyere tid. Det drejer sig om den stille stormflod i 2017 og oktober-stormen "Barbet" i 2023. Ved stormen januar 2024 nåede vandstanden op på ca. 140 cm DVR90 i Køge Havn, jf. DMI målernr. 30479.

### 3.3 Statistiske vandstande

Den maksimale vandstand til dimensionering bestemmes som oftest ved at udvælge en statistisk middeltidshændelse, som diget skal kunne beskytte imod. Kystdirektoratet (KDI) udgiver ca. hvert 5. år højvandsstatistikker for udvalgte vandstandsmålere i hele landet. Den seneste højvandsstatistik blev udgivet i 2024, se Figur 3-2

## Køge Havn

**62**  
Datablad

#### Statistiske middeltidsvandstande

Gentagelsesperiode	Middeltidsvandstand	Fremskrevet 2024
20	147	153
50	154	160
100	158	164
200	161	167

#### Datagrundlag

Dataseriens længde: 63,35 år  
Målestationens levetid: 1955-04-01 til 2024-01-01.  
Stationsnr: 30478/30479

#### Ekstremværdiliste

Dato	Målt	Reference 90
2023-10-21	169	163
2017-01-04	157	152
1992-01-17	151	151
1986-12-02	148	148
2003-12-06	143	140
1989-11-28	138	138
1967-10-18	136	138
2001-11-16	140	138

Figur 3-2 Udklip fra Kystdirektoratets højvandsstatistik 2024 for Køge Havn, som er den nærmeste repræsentative måler, der er udarbejdet statistikker for. I figuren fremgår de statistiske middeltidsvandstande sammen med de højeste målte vandstande. (Kystdirektoratet, 2024).

Middelvandstanden for en statistisk 100-års hændelse i 2024 er i den nyeste statistik angivet til 164 cm DVR90.

KDI's statistik inkluderer udelukkende målte vandstande, og historiske højvands-hændelser er således ikke inkluderet i deres fremskrivninger. I områder, som Køge Bugt, hvor der er evidens for at flere ekstremhændelser har indtruffet før etableringen af måleinstrumenter, er der en vis sandsynlighed for at KDIs højvandsstatistik underestimerer de statistiske middeltidsvandstande.

KDI og DMI har i regi af forundersøgelsen til stormflodssikring af København udarbejdet en rapport vedrørende sikringsniveauer for Hovedstaden. Her har man beregnet højvandsstatistikker baseret på målte samt udvalgte verificerede

historiske hændelser. Af rapporten fremgår det, at en 50-, 100-, 500-, og 1000 års middeltidshændelse i 2023 hhv. 1,88 m, 2,08 m, 2,67 m og 3,00 m DVR90. En vandstand på ca. 2,86 m DVR90 svarende til 1872 stormfloden vil ca. have en gentagelsesperiode på mellem 600 og 700 år (KDI-DMI, 2024).

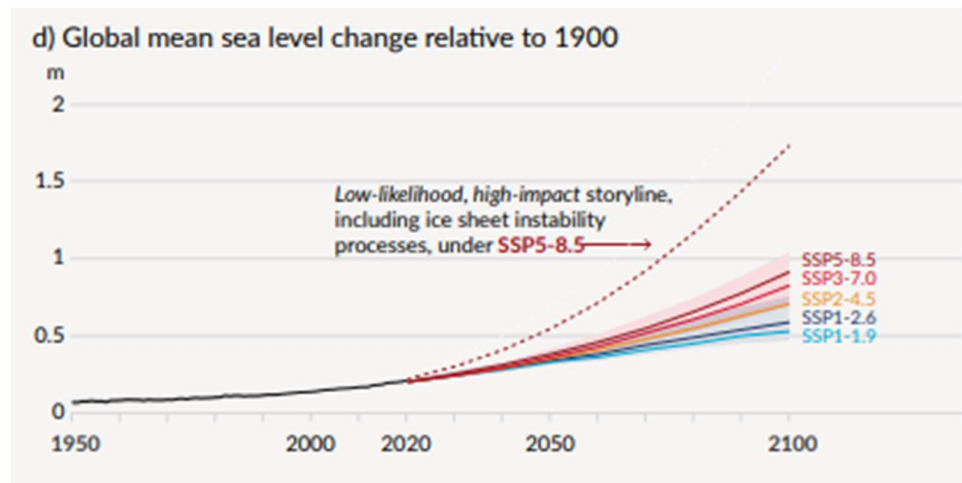
Til sammenligning viser COWIs højvandsstatistik, der ligeledes inkluderer både målte og historiske maksimalvandstande, en forventning om, at en højvands-hændelse svarende til 1872 stormfloden er ca. en 270 års middeltidshændelse, se Figur 3-3 (COWI, 2017).

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

Figur 3-3 Frekvens af stormfloder samt tilhørende vandstandskoter

### 3.4 Havspejlsstigning

De globale havspejlsstigninger som følge af global opvarmning vil ifølge FNs Klimapanel, IPCC følge tendenserne i Figur 3-4.



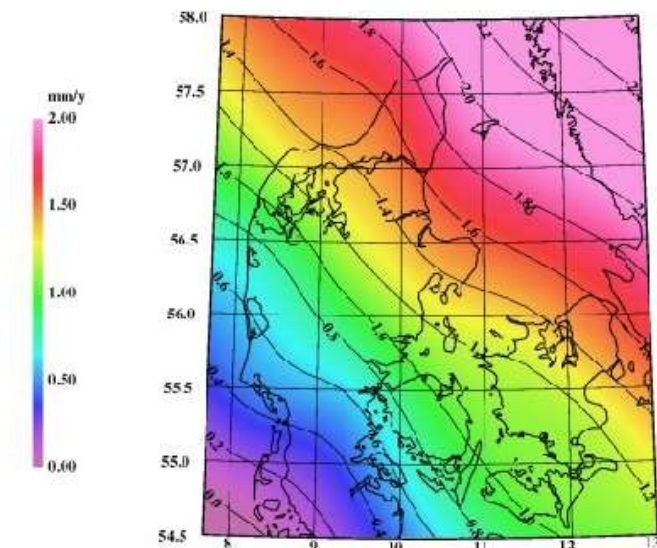
Figur 3-4: IPCC's seneste fremskrivning for global havspejlsstigning for forskellige scenarier for drivhusgasudledning. Nulpunktet er vandstanden i år 1900. Grafernes buffer illustrerer usikkerheden for hvert scenarie. Desto længere frem i tiden man ser på fremskrivningen, desto større er usikkerheden.

Ved scenariet SSP3-7.0 83-percentil, som anbefales af DMI til klimafremskrivning for København, vil der forekomme en havniveaustigning på 0,60 m i år 2075 beregnet fra basisår 1990 (KDI-DMI, 2024).

Dette scenarie er forbundet med forholdsvis meget usikkerhed, men anbefales af DMI pga. de store værdier, som beskyttes. I Køge Bugt Strandpark kommunerne beskyttes et enormt område med infrastruktur og helårsbeboelse og derfor vælges det også her at arbejde med SSP3-7.0 83-percentilen til fremskrivning af vandstanden.

### 3.5 Landhævning

Landhævningen i Danmark siden sidste istid er med til delvist at modvirke de negative effekter af de globale havniveaustigninger. Figur 3-5 illustrerer landhævningen i Danmark i mm per år, og hvorledes de forskellige områder af landet hæver sig med forskellig hastighed.



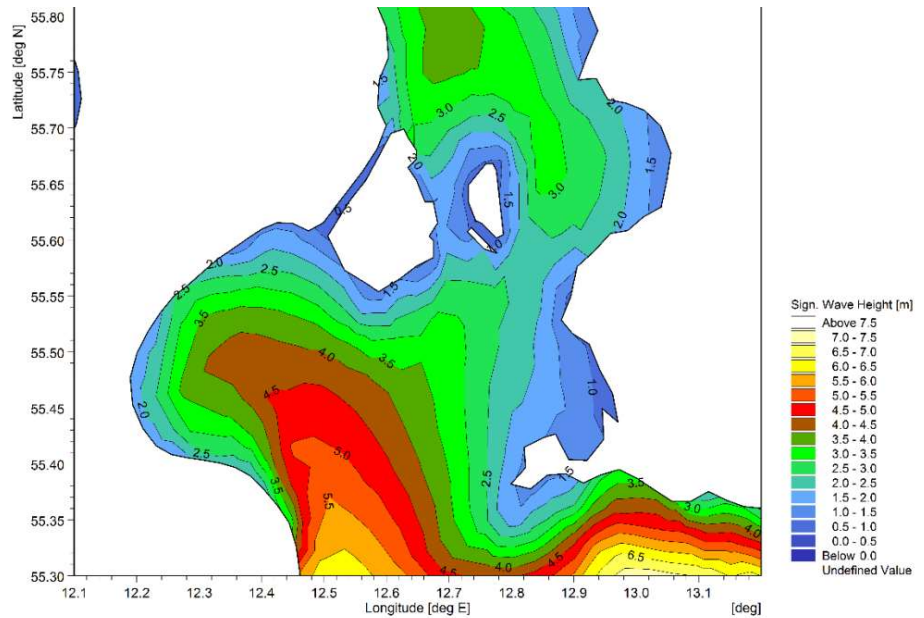
Figur 3-5: Landhævning i Danmark målt i mm per år. Køge Bugt strandpark oplever landhævning på ca. 1,4 mm per år.

Køge Bugt Strandpark oplever landhævninger i omegnen af 1,4 mm per år. Landhævningen er inkluderet i DMI's fremskrivning af den relative havspejlsstigning, som benyttes til dette projekt.

### 3.6 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.

Ifølge modellering af signifikant bølgehøjde på dybt vand under storme, kan stormflodskoten ved stormflod fra syd variere ca. 10 cm langs kyststrækningen. Det vil sige at en 1872-lignende stormflod kan have varierende maksimalvandstand fra 2,8 m i sydvest ved Ishøj til 2,7 m i nordøst ved grænsen til Hvidovre. Der er dog store muligheder for lokale variationer, se Figur 3-6.



Figur 3-6: Bølgesimulering for Øresund for en vind på 30 m/s fra øst med normal vandstand. Simuleringen angiver bølgehøjden på dybt vand. (COWI, 2019)

Bølgehøjden vil i Køge Bugt typisk være dybdebegrænset, når bølgerne bliver påvirket af den kystnære havbund. Det er generelt lavvandet med meget flad bundhældning ved Strandparken. Den bestemmende vanddybde for bølgehøjde vil således være forskellen på stormflodsvandstanden og den lokale bund eller terrænkote.

Højvandsbeskyttelse i bølgepåvirkede dele af kysten skal normalt anlægges højere, for at tage hensyn til overskyl og erosion ved samtidig af stor bølgepåvirkning og høj vandstand. Hvis man trækker kystbeskyttelsen tilbage i landet, hvor det eksisterende terræn er højere, mindskes bølgenes påvirkning. Desto længere tilbagetrukket diget kan være, desto lavere overhøjde skal der etableres for at sikre mod overskyl.




De høje vandstande i Køge Bugt vil formentlig indtræffe i tilfælde, hvor der først er længerevarende periode med kraftige vinde fra vestlige retninger som presser vand fra Nordsøen via Kattegat og ind i Østersøen, hvor det skaber høje vandstande i de østlige dele af Østersøen. Når vindfeltet drejer over i NØ skulper og presses vandet tilbage mod den danske del af Østersøen, hvor det ikke kan passere gennem bæltterne hurtigt nok. Det oplevede vi i den Stille stormflod i januar 2017.

Storme fra øst kan også medføre meget forhøjede vandstande ved de danske østersøkyster forårsaget af vedvarende og tiltagende ekstreme vindhastigheder fra Ø-retninger, der trækker i vandoverfladen. Denne type vinddrevne stormfloder oplevede vi i oktober 2023.

Ved stormfloden i 1872 var det formentlig kombinationen af dette, der skete og som medførte de højeste registrerede vandstande i Køge Bugt og i den

resterende danske og tyske del af Østersøen, da vindhastighederne oversteg orkanstyrke på 32 m/s og fortsatte med at blæse fra øst i meget lang tid.

Ved oktoberstormen i 2023 var det udelukkende kraftig østenvind, der skabte de høje vandstande på op til 1,69 m i Køge. Tabel 3-2 forklarer forskellige sammenstillinger af vindretninger og deres vurderede betydning for kombination af højvande og bølgepåvirkning.

Vindretning	Vandstand Køge Bugt	Bølgepåvirkning Køge Bugt Strandpark	Kombineret
	Maksimal vandstand (vindretningen fra 1872 stormen)	Begrænset	Den højeste målte vandstand i Køge Bugt indtraf under stormfloden i 1872, hvor vandstanden oversteg +2,8 m DVR90. De højeste vandstande i Køge Bugt vil kunne opstå som følge af kombinationen af først vedvarende vindretninger fra NV for at vandet kan skubbes fra Kattegat gennem Østersøen til den Botniske Bugt og derefter skifter vindretningen til NØ-ØNØ og presser vandet ud af den botniske bugt og ind i den danske del af Østersøen hvor vinden forbliver længe. Bølgehøjden i Strandparken vil være begrænset pga. længden på det frie stræk og bølgenes indfaldsvinkel relativt til kystorienteringen ved NØ vind. Det er denne type hændelse, der beskyttes imod.
	Høj vandstand (måske samme maksimale vandstand som i 1872)	Moderat til stor	Ved vedvarende vind fra stik øst, af samme styrke som ved 1872 stormen, vurderes vandstanden i Køge Bugt ikke at kunne nå samme niveau som ved 1872-stormfloden, fordi vindretningen ikke er tilsvarende med længderetningen på den østlige del af Østersøen. Til gengæld er der større potentiale for større bølger ved denne situation grundet det længere frie stræk. Bølgenes indfaldsvinkel på kysten vil ikke være retvinklet. Den værste kombination af vandstand og bølger forventes at kunne opstå i tilfælde hvor vindfeltet drejer fra NØ til ØSØ, ca. ved peak vandstand. Denne kombination er ikke undersøgt, ligesom der ikke er udført beregninger at andre ekstreme sammenfald.
	Lavere vandstand	Maksimal	Ved vedvarende vind fra sydøst, forventes vandstanden i Køge Bugt ikke at kunne samme høje niveau som ved 1872 stormfloden, pga. vindens retning relativt til længderetningen på den østlige del af Østersøen. Til gengæld forventes de største bølger at kunne indtræffe ved denne type hændelse, da der er det længste frie stræk og bølgenes indfaldsvinkel på kysten er forholdsvis vinkelret på strandparksysterne.

Tabel 3-2 I tabellen er beskrevet de forhold som vurderes at skal indtræffe for at generere de værste tænkelige kombinationer vandstande og bølger i projektområdet. De højeste vandstande forventes at indtræffe ved vinde fra NØ mens de største bølger forventes at kunne indtræffe ved vindretning fra SØ. Vandstandsangivelserne skal forstås i relation til "maksimal vandstand" som i projektet er svarende til niveauet for 1872 stormfloden.

Tabel 3-2 er vurderet på de klimatiske forhold, der skal til for at skabe de højeste vandstande og bølger i Køge Bugt Strandpark.

Af tabellen kan det ses, at bølgepåvirkningen i Strandparken vurderes at være begrænset i forbindelse med de forhold, der kan medføre en vandstand svarende til designvandstanden.

Det skyldes at den overordnede vindretning er fra NØ og derfor er det frie stræk begrænset, strandparken ligger delvist i læ af Avedøre Holme, og bølgeindfaldsvinklen relativt til kystorientering er skrå.

Bølger er dybdebegrænsede så ved at hæve forstranden og forskyde kystlinjen havværts kan en større del af energien tages ud af bølgerne inden de rammer digerne.

Ved at anlægge de ydre diger med en svagt skrånende forside, med en hældning på 1:10 eller mindre, kan en del af den indkomne bølgeenergi ligeledes tages ud af bølgerne og hjælpe med at nedbringe runup-højden og overskylsmængden.

Bredden af digerne hjælper til at nedsætte risikoen for erosion af digebagsiden ved at begrænse den potentielle strømningshastighed på tværs af diget. Der er samtidig et stort bagland, der kan tage imod et stort volumen overskyl, og derfor kan man godt tillade, at der passerer noget vand på tværs af digekronen.

Ud fra ovenstående afsnit er det vurderet, at de ydre klitdiger bør etableres med en overhøjde på minimum +0,5 m i bølgebidrag, men at dette niveau også bør revideres i fremtiden, f.eks. når middelvandstanden er steget til et vist niveau, når der kommer nye klimafremskrivninger eller hvis den generelle stormintensitet forøges som følge af klimaforandringer.

For denne type naturligt dige af sand, er det meningen, at diget skal kunne eroderes i forbindelse med storme, og derfor dimensioneres det med en kronebredde på minimum 20 meter, med udgangspunkt i den observerede klittilbage rykning på ca. 10 m flere steder langs Nordsjællands kyst.

Derved er der indlagt en buffer, i tilfælde af at erosionen er større, eller der kommer to på hinanden følgende storme, inden skaderne er blevet udbedret.

### 3.7 Sikringsniveau

Sikringsniveauet er af Køge Bugt Strandpark kommunerne foreslået med udgangspunkt i vandstanden for Køge Bugt under stormfloden i 1872 på ca. 2,86 m DVR90.

Hertil tillægges den forventede havspejlsstigning på 0,6 meter jf. SSP-scenarie 3-7.0 83%-percentilen, som DMI og KDI anbefaler for stormflodssikring af København, (KDI-DMI, 2024).

Designhændelse, m DVR90	Klimafremskrivning frem til år 2075, m	Sikringsniveau,
1872 stormflod (basisår 1990)	SSP3-7.0 83%-percentil (basisår 1990)	Designhændelse + klima- fremskrivning
2,86	+0,60	3,50 m DVR90 afrundet
<b>Kronekote (inkl. bølgebidrag), m DVR90</b>		
<b>Indre diger</b>	+0,0 (bølgebidrag)	3,5 m DVR90
<b>Ydre diger</b>	+0,50 (bølgebidrag)	4,0 m DVR90



## 4 Nedbør og bagvand

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% ca. 30 år frem stigende til ca. 250% om ca. 100 år og der vil kun meget sjældent falde sne.

Om sommeren i fremtiden forventes nedbøren at falde primært som skybrud efterfulgt af tørkeperioder (IPCC, 2023). Allerede nu kan opleves at der kommer samme mængde nedbør om sommeren – dog kun ved 2-3 skybrud om måneden og ellers tørkeperioder. Denne tendens forventes at fortsætte og eskalere i fremtiden.

### 4.1 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 inde på land, når naturlige vandparkeringspladser som lagunerne allerede er fyldt op eller pumpes ud i havet, da sluserne er lukkede. De forskellige samtidigheder gennemgås her.

#### 4.1.1 Nedbør og stormfloder

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

Derfor fokuseres kun på vinternedbør som har stort forventet sammenfald med stormflod eller høj ydre vandstand, se Figur 2-19.

De senere år har flere områder af Danmark oplevet episoder med ualmindelig høj vinternedbør – f.eks. 176 mm på 15 dage i februar 2021 i Haderslev samtidig med at der var længerevarende østenvind og derved lokal høj vandstuvning i området.

I fremtiden forventes det at vinternedbøren tiltager med omkring 40% inden 2070 (IPCC, 2023), og når havniveauet samtidig stiger og stormfloderne forventes at blive hyppigere og kraftigere – så forventes sandsynligheden for samtidighed af vinternedbør og høj vandstand eller stormflod at stige!

#### 4.1.2 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 grundvandsspejlet i området stiger.

## 4.2 Bagvand

Ved anlæggelse af højvandsbeskyttelse er det vigtigt at undersøge om bagvandet fortsat kan strømme ud i havet og dermed ikke forårsager, at middelhøjden i lagunerene i det højvandsbeskyttede område overstiger stigningen i havspejlet. Bagvandet omfatter vand fra baglandet, heriblandt nedbør der falder i området og som strømmer til området gennem åerne mv.

## 4.3 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 findes 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 for langt ud i fremtiden.

I Køge Bugt Strandpark kan eksempler på adaptiv planlægning inkludere at anlægge digerne således, at de senere kan forhøjes. Dette 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, at forventeligt kommer flere storme, og at de bliver kraftigere.

Forøgelsen i vandstand har direkte indflydelse på kystprofillets ligevægt og terrænhøjder. Stiger vandstanden vil kystprofilet over tid søge fysisk ligevægt og en evt. vandstandsstigning vil givetvis betyde lokal vedvarende erosion i de nedre dele af klitdiget til fordel for aflejring under havoverfladen i profilet. Det griber derved ind i budgettering for fremtidig sandfodring, monitoreringsprogrammer mv.

Forøgelsen i vandstand har også direkte indflydelse på bølgeenergien i kystzonen. Jo større vandstanden er i kystzonen, desto tættere kan bølgerne komme på land før de bryder og desto større er den mulige bølgehøjde i kystzonen. Det har direkte indflydelse på den potentielle stormerosion (akut erosion) af kystbeskyttelsen.

Den akutte erosion af kystbeskyttelsen kan begrænses ved at udbygge kystprofilet ved at tilføre sand til stranden og dermed 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.

### 4.3.1 Nabostrækningers sikringsniveauer

Strandparkens vestlige del befinder sig i Greve Kommune, og det eksisterende dige i Strandparken ender på strandengen ved Sælstien. Udbygning af det eksisterende dige/kystbeskyttelses anlæg skal afsluttes samme sted, og for at få en sammenhæng med landskabet, trappes digehøjden ned på strækningen fra strandengen til Sælstien. Et nyt kystbeskyttelses anlæg i forlængelse af det eksisterende dige vil kræve opstart af et nyt projekt jf. kystbeskyttelseslovens bestemmelser.

Forskelle i sikringsniveauer forventes uden problemer at kunne håndteres beredskabsmæssigt ved varsel om storme med maksimalvandstande i størrelsesordenen for laveste valgte sikringsniveau, se Kapitel 5.

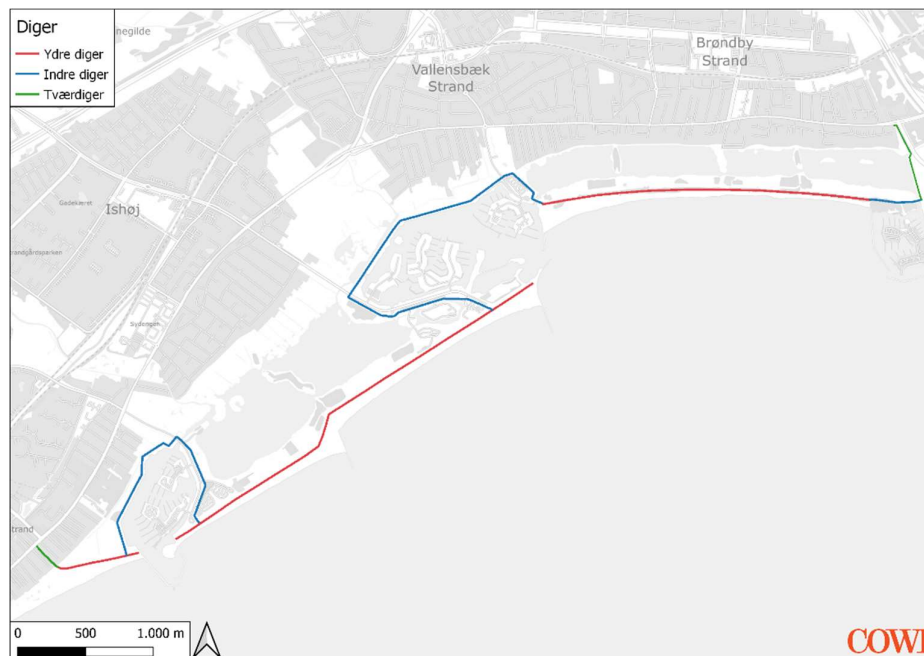
Mod øst grænser strandparken direkte op til Avedøre Holme, som hører under Hvidovre Kommune. Hvidovre Kommune er den vestligste del af stormflodsbeskyttelsen af København og derved forventes, at Hvidovre arbejder med et højere sikringsniveau end Køge Bugt Strandpark - alene fordi de potentielle skadesomkostninger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

Over sikringsniveauer på 3-4 m er baglandets terrænniveau så relativt ensartet lavtliggende at en 1872-lignende stormflod ved f.eks. Hvidovre kan skabe oversvømmelser langt ind i Greve og ramme alle kommunerne undervejs – den kan også komme vestfra.

Kystdirektoratet arbejder med en tidlig udbredelse over 60 timer i deres modelering af oversvømmelse af området i Oversvømmelsesdirektivet. Der forventes altså tid nok til at vandet kan finde vej inde i baglandet, hvis der er dige-gennembrud ét sted langs kystbeskyttelsen. Derfor er det vigtigt med et fælles sikringsniveau, da det laveste sikringsniveau definerer faren for oversvømmelse i stormfloder.

## 5 Udformning og placering

Det samlede kystbeskyttelses anlæg beskytter kommunerne Brøndby, Vallensbæk Ishøj og dele af Greve mod oversvømmelse fra havet. Oversvømmelsesbeskyttelsen består overordnet af en genopbygning/forhøjelse af den eksisterende højvandsbeskyttelse.

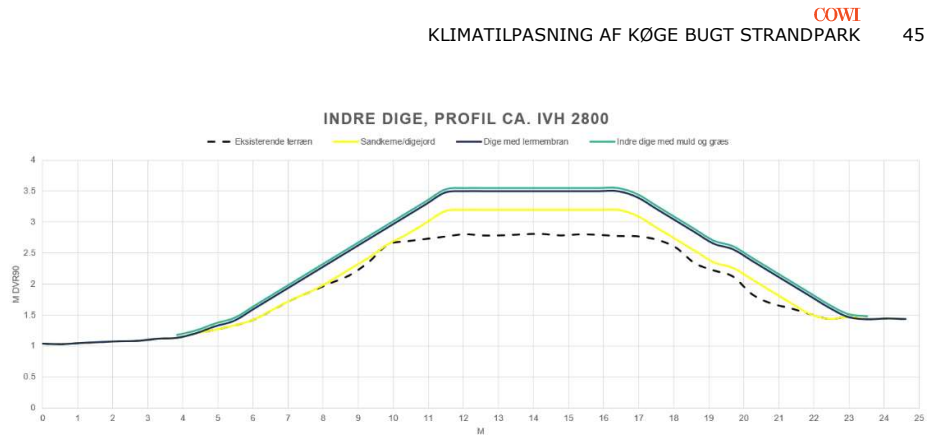


*Figur 5-1 Oversigtskort, der viser det samlede kystbeskyttelses anlæg. De ydre diger (rød) opbygges som sandklitter og de indre diger (blå) opbygges som jorddiger. Tværdiget (grøn) i Greve anlægges som højvandsmur. De indre diger ligger beskyttet mod kraftig bølgepåvirkning, mens de ydre diger ligger eksponeret.*

Højvandsbeskyttelsen er opdelt i et antal indre diger til kote 3,5 m DVR90 og ydre diger til kote 4,0 m DVR90 samt tværdiget langs Sælstien i kote 3,2 m DVR90 som vist på Figur 5-1.

### 5.1 Indre diger

De indre diger anlægges som en forstærkning af de allerede eksisterende på indersiden af havnene og opbygges som traditionelle jorddiger jf. Kystdirektoratets digebeskrivelse. De indre diger anlægges i samme tracé som de eksisterende diger, men opbygges med for- og bagsidehældning på mindst 1:3 og en kronebredde på mindst 5 meter. En kronebredde på 5 meter tillader, at digerne fortsat kan benyttes til cykelsti, som skal anlægges på toppen. De indre diger opbygges til kronekote 3,5 m DVR90 svarende til sikringsniveauet. Digerne anlægges i det samme tracé som de eksisterende diger, hvor de primært følger havnene rundt.



Figur 5-2: Tværnitsskitse af dige. Digets lermembran føres under terræn på hver side af diget, og der etableres cykelsti på toppen af diget.

De eksisterende diger slår nogle knæk i deres forløb omkring havnene, men dette er indadrettede knæk, der således ikke påvirker digestabilitet eller erosionsrisiko (der er ingen udsatte hjørner mod vand). Af hensyn til den landskabelige indpasning kan der evt. udglattes lidt, så det mere fremstår som rundinger. Digets styrke vil være særdeles høj grundet digets bredde, hældning og korrekte opbygning.

De eksisterende overgange og sti/cykelsystemer bevares så den fri færden på de indre diger ikke forringes.

### 5.1.1 Højvandsbeskyttelse i Greve

I Greve afsluttes kystbeskyttelsen i form af et tværdige. Tværdiget er endnu ikke endeligt fastlagt i hverken placering eller materialevalg. Én mulighed er at der anlægges en højvandsmur på vegetationsområdet mellem Sælstien og Jens Frobergsvej.

For at sikre beboerne langs sælstien adgang fra deres huse ud på Sælstien og videre til Jens Frobergsvej vil det være nødvendigt at have en til flere antal åbninger i højvandsmuren, som kan lukkes beredskabsmæssigt ved varsel om høj vandstand. Da terrænforholdene i Greve ikke tillader en ensartet højere sikringskote, er det med eksisterende linjeføring nødvendigt at afslutte beskyttelsen på sælstien i kote 3,2 m DVR90. De ydre diger vil derfor gradvist aftage fra 4,0m til 3,2m langs med Sælstien, hvor der ikke er bølgepåvirkning.

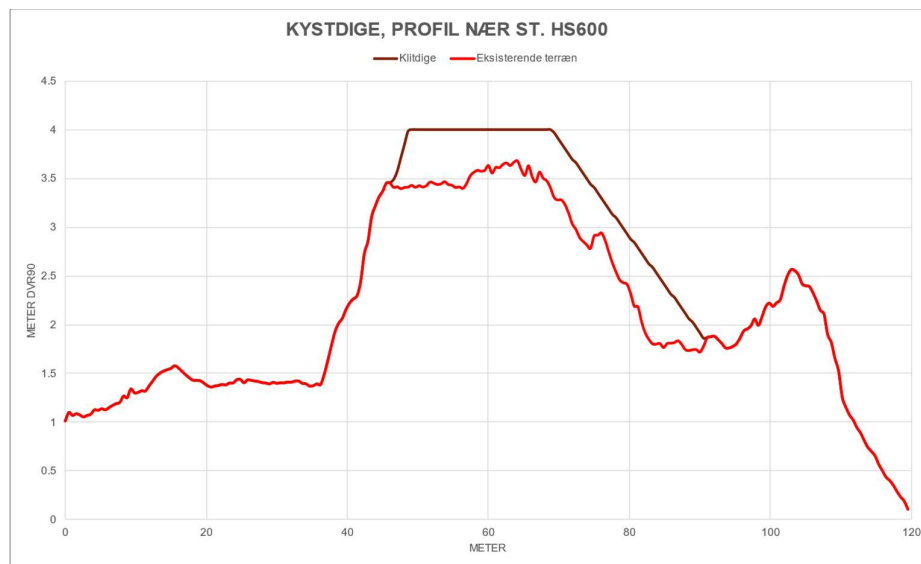
Muren skal derfor konstrueres, så den kan hæves 30 cm for at indgå i beredskabs-håndteringen i Greve, for at beskytte Køge Bugt Strandpark fra denne flanke indtil permanent sikringskote er etableret.

Da det samlede projekt etableres med levetid på 50 år, og den samlede forventede vandstandsstigning er på 0,6m, forventes der ved lineær fremskrivning at gå omkring 25 år før dimensioneringen på 3,2m er utilstrækkelig. Herefter kan der adapteres permanente løsninger. Dette giver tid for en adaptiv løsning på en sammenhængende beskyttelse i Greve kommune.

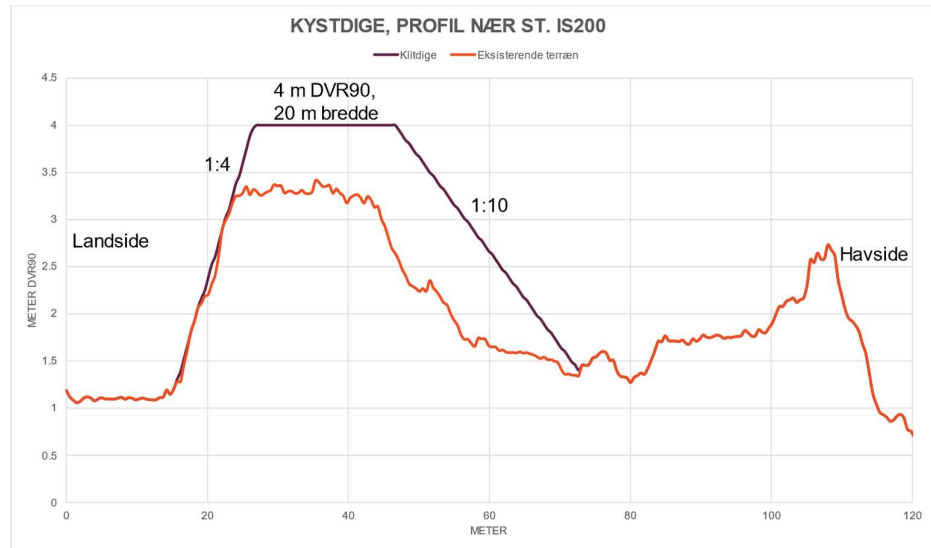
DMI udsender varslingsprognoser med +/- 30 cm usikkerhed. Ved varsel om vandstand over 2,9 m DVR90, der er 30 cm under 3,2 m DVR90, vil det være nødvendigt at iværksætte beredskabet. Denne løsning gennemgås mere i detalje senere i dette afsnit.

## 5.2 Ydre diger

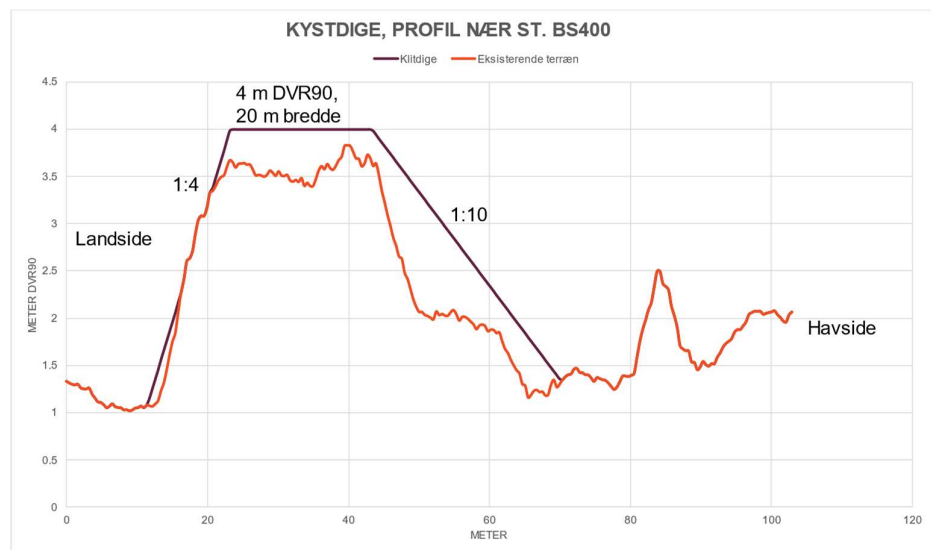
De ydre diger opbygges som sandklitter med samme kornstørrelse som de nuværende klitter. Klitterne opbygges til kote 4,0 m DVR90 svarende til sikringsniveauet 3,5 m plus 0,5 m i bølgetillæg. Klitterne anlægges med en kronebredde på 20 meter og havværts hældning, svarende til den nuværende naturlige hældning, på anlæg 1:10 og landværts anlæg 1:4. Klitterne plantes til som grå/grønne klitter, med en blanding af hjemmehørende urtevegetation og med marehalm og/eller strandhjelme. I Figur 5-3, Figur 5-4 og Figur 5-5 er præsenteret eksempler på tværsnitsprofiler for Hundige Strand, Ishøj Strand og Brøndby Strand.



Figur 5-3: Eksempel på opbygning af klittedige ift. eksisterende terræn. Hundige Strand.



Figur 5-4 Eksempel på opbygning af kliddige ift. eksisterende terræn. Ishøj Strand.



Figur 5-5 Eksempel på opbygning af kliddige ift. eksisterende terræn. Brøndby Strand.

Det skal fortsat være muligt for besøgende i Strandparken at passere de ydre diger nogle steder meget tæt på vandkanten, hvilket gør digerne mere sårbare over for erosion i forbindelse med bølgepåvirkning. På disse strækninger genstrandfodres der efter behov, så kystlinjen rykkes frem og der kan etableres forklitter, som er med til at beskytte de ydre diger mod erosion.

### 5.3 Strandfodring

Langs større stræk inden for projektstrækningen ligger de ydre diger nogle steder meget tæt på vandkanten, hvilket gør digerne mere sårbare over for erosion i forbindelse med bølgepåvirkning. På disse strækninger genstrandfodres der efter behov, så kystlinjen rykkes frem og der kan etableres forklitter, som er med til at beskytte de ydre diger mod erosion.

Som det fremgår af Figur 5-3, Figur 5-4 og Figur 5-5 er disse forklitter allerede naturligt dannet med højder over 2,5 m DVR90 og de sikrer allerede nu de større klitdiger mod bølger og vandstande under mindre storme.

## 5.4 Behov for beskyttelse udenfor Strandparken

Ved varsel om vandstande over 2,9 m DVR90 vil det være nødvendigt at ind-sætte beredskab til håndtering af oversvømmelsesrisikoen fra tværdiget i Greve. Tværdiget, der anlægges som en højvandsmur, beskytter til en vandstand på 3,2 m DVR90. Ved varsel om ekstrem vandstand over 2,9 m DVR90 skal der implementeres beredskabsløsninger for at sikre at Køge Bugt Kommunerne ikke oversvømmes fra vestlige flanke. Ved anlæggelse af højvandsmuren klargøres den til at kunne forhøjes i beredskabssituationer ved at montere svinerygsplanker på toppen eller anden løsning. Lokale borgere kan også trænes i installation og nedtagning af svinerygsplanker.

For at sikre, at vandet ikke løber rundt om højvandsmuren ved vandstande over 3,20 m DVR90 kan der beredskabsmæssigt udrulles Watertubes, se Figur 5-6.

Watertuben skal afslutte højt i terræn så vandet ikke kan løbe bagom sikringen. Watertuben kan udrulles fra højvandsmurens ende og følge Jens Frobergsvvej ud på Hundige Strandvej, som det vil være nødvendigt at blokere med Watertubes. Fra Hundige Strandvej føres watertuben op langs den vestlige side af Hundige Centervej og afsluttes ved banelegemet. Ved denne løsning undgås oversvømmelser af områder øst for beredskabsløsningen. Watertuben vil blokere færdsel på Hundige Strandvej som også vil være oversvømmet i denne situation. Det kan derfor udgøre en sikkerhedsrisiko ift. adgang for udrykningskøretøjer mv.

S-toget vil blive indstillet og der skal etableres en mobil højvandsbeskyttelse som svinerygsplanker hen over banelegemet lige sydvest for Hundige Station under Hundige Centervej, da havvandet ellers kan strømme denne vej ind i baglandet bag Køge Bugt Strandpark. Der er standarder for sådanne højvandsbeskyttelser på banelegemer, og der kræver midlertidig nedlukning af s-togs-nettet på strækningen, da underlaget skal gøres impermeabelt ved svinerygsplaceringen.





Figur 5-6 Markering af beredskabsløsning med WaterTubes, svinerysplanker mv.

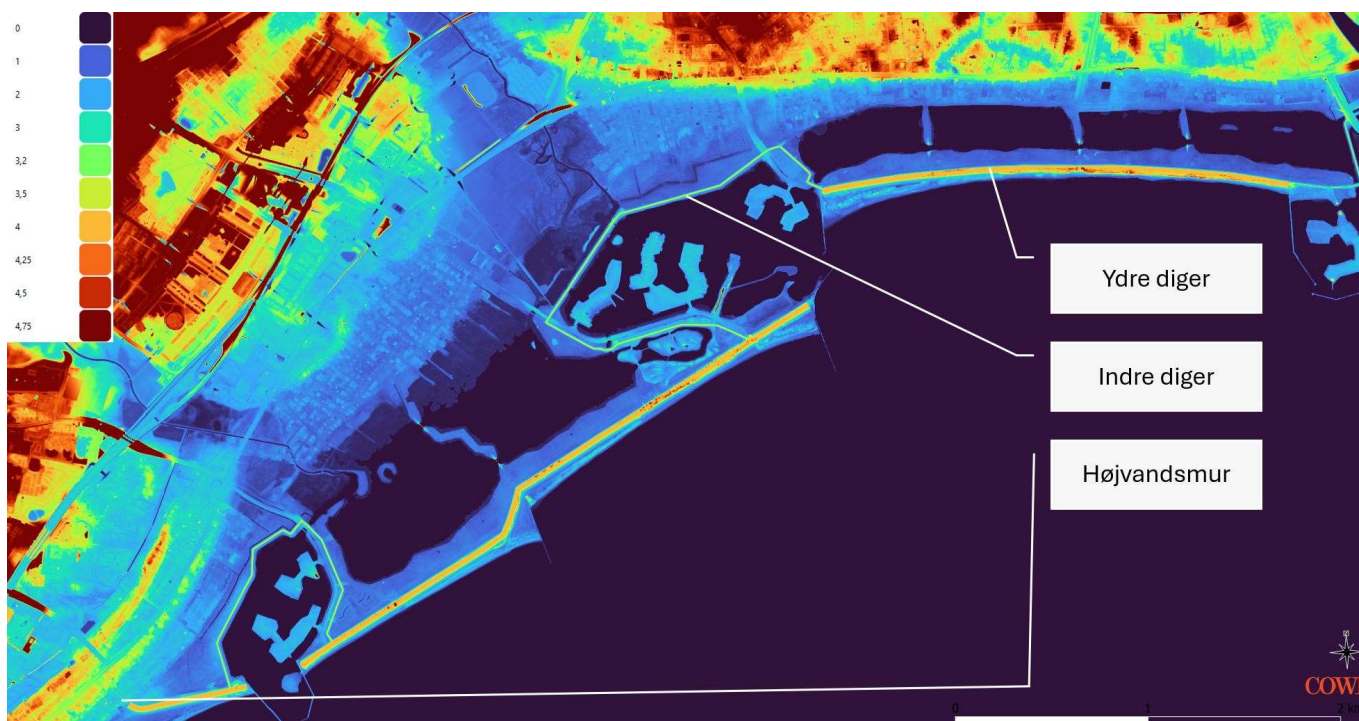
I den østlige ende, hvor projektområdet støder op til Hvidovre Kommune, er der ligeledes risiko for, at der kan forekomme oversvømmelser af Strandparks kommunerne ved at vandet kommer ind fra østlige flanke. Der holdes løbende øje med, og stræbes efter at skabe synergi med projektet der forventes etableret ift. beskyttelse af København og Hvidovre kommune mod oversvømmelser.

## 6 Anlægs- og vedligeholdelsesbeskrivelse

### 6.1 Anlægsbeskrivelse

Da der er tale om opdatering af eksisterende kystbeskyttelse de fleste steder i Køge Bugts Strandpark, bliver anlæggelsen af det højere sikringsniveau udarbejdet med den største mulige respekt og bevarelse af så mange lokale særpræg som muligt.

De ydre diger kan kun forhøjes ved at fjerne eksisterende vegetation på de lokaliteter hvor der skal tillægges mere sand. Sandet kommer sandsynligvis fra Faxe Bugt og pumpes ind på strande via store flyderør. Derefter fragtes det på plads med dumper og anbringes ovenpå eksisterende klitdiger med indlandsklit-terænoverflade for at få så naturligt overfladepræg som muligt, se Figur 5-3, Figur 5-4 og Figur 5-5 samt Figur 6-1. Herefter plantes vegetation i klitterne og adgange henover klitterne anlægges.



Figur 6-1 Højdekort med de opdaterede kystbeskyttelseselementer - nuværende klitdiger er nogle steder allerede højere end de nye kystbeskyttelses anlæg. DTM2019

De indre diger skal udbygges på samme placering som nuværende men jorddiggernes opbygning er vigtig for robustheden i funktionen. Derfor opbygges de kystteknisk korrekt, se Figur 5-2. Alle sluser, pumper, stemmeværker mv. skal også tilpasses den nye sikring, så det samlede anlæg kan klare de næste 50 år!

## 6.2 Vedligeholdelsesbeskrivelse

Kystbeskyttelsesanlæggene skal løbende vedligeholdes for at opretholde sikringsniveauet og levetiden på konstruktionerne.

Græsset på de indre diger skal slås 4 – 7 gange i vækstsæsonen for at græsset danner et tæt ensartet rodnet og for at minimere risikoen for, at skadedyr graver gange i diget, der kan skade lermembranen. Diget skal besigtiges årligt inden stormsæsonen og efter højvandshændelser. Eventuelle skader på diget skal udbedres hurtigst muligt og overholde de i tilladelsen angivne dimensioner.

Færdsel på digets sider og uden for de anlagte stier frarådes, da det vil slide på diget og græsdækket, hvorved diget kan blive mere sårbart over for erosion bl.a. i forbindelse med bølgeoverskyl. Derfor er det vigtigt, at græsdækket er velplejet og intakt.

De ydre diger vil i højere grad være præget af menneskeskabt erosion fra færdsel i klitterne. Derfor skal der opfordres til at færdslen hovedsageligt foregår på afmærkede stier til formålet. Forud for og efter stormsæsonen skal de ydre diger besigtiges med henblik på at identificere og udbedre områder hvor digedimensionerne ikke lever op til de i tilladelsen fastsatte dimensioner. Ligeledes skal højden og bredden af forstranden vedligeholdes til de fastsatte minimumsdimensioner.

Monitoreringsprogram. Kystprofilet bør opmåles for hver 200m. 1 gang om året. Hvis det er muligt at skaffe fladedækkende opmåling fra SDFI hvert 5 år (Måske hvert år hvis der måles ifm. oversvømmelsesdirektiv) indhentes disse til evaluering og analyse af volumen af klitter, sikkerhedsbredder, mv. Opmålingerne kan desuden anvendes i dokumentation af effekt, evaluering af sårbarheder og til informationskampagner til strandparkens brugere.

## 7 Økonomisk overslag for kystbeskyttelses anlæg

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 størrelsesordenen 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.

### 7.1 Anlægsoverslag

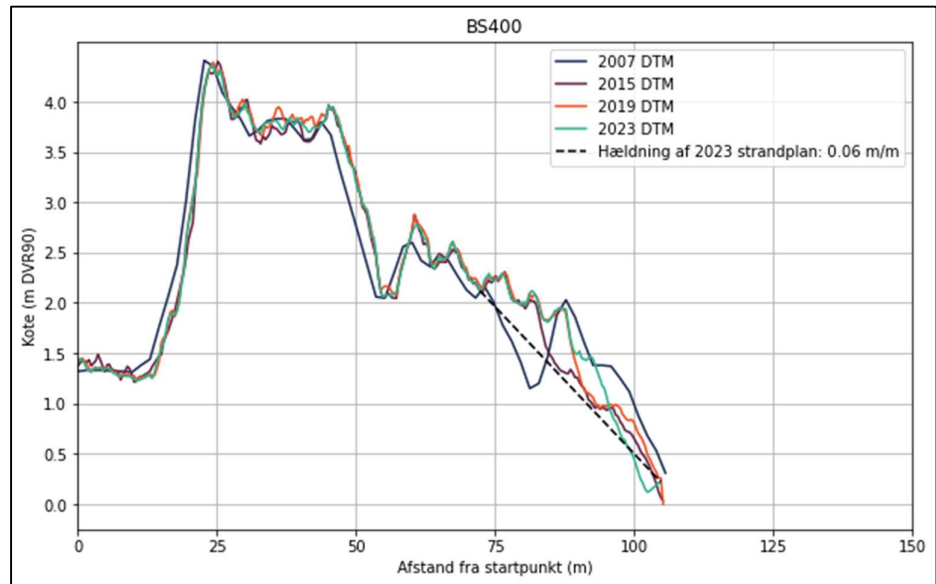
Anlægsøkonomisk overslag, sikringsniveau 3,5 m	Projektbudget [Kr. ekskl. moms]
Indre diger med sikringskote 3,5 m DVR90	20.210.000
Ydre diger med sikringskote 4,0 m DVR90	46.930.000
Højvandsmur (eller hævnings af vej) med sikringskote 3,2 m DVR90	890.000
<b>Samlet anlægsoverslag [kr. ekskl. moms]</b>	<b>68.030.000</b>

Tabel 7-1 Anlægsoverslag for kystbeskyttelsen.

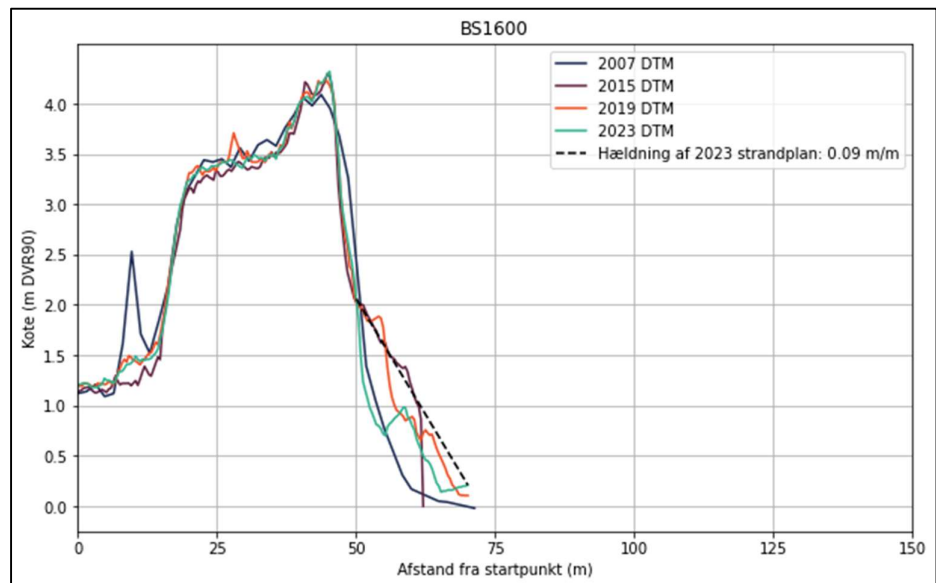
Dette overslag indeholder kun elementer til kystbeskyttelsen i form af 210.000 m<sup>3</sup> fodringssand og 20.000 m<sup>3</sup> ler samt vegetationsplantning og hævnings af stier. Dertil skal tillægges alle tilkomne anlæg som sluser, pumper, spuns, terrænmåtter mv. Hydrauliske anlæg i og bag digerne skal Strandparken I/S og kommunerne arbejde med i et sideløbende projekt, så det sikres, at disse anlæg også tilpasses det fremtidige klima.

Da Kystdirektoratets kystpulje kun accepterer kystbeskyttelseselementer i nettopriser uden usikkerheder, anstilling/arbejdsplads, samt rådgivere; skal usikkerhed og ikke-kystbeskyttelseselementer fratrækkes det samlede projektbudget, svarende til ca. 58% for at få retvisende budget til ansøgning om kystpuljen. Dette selvom usikkerheden netop håndterer de mange muligheder for økonomisk variation, som alle anlægsarbejder oplever i større eller mindre grad.

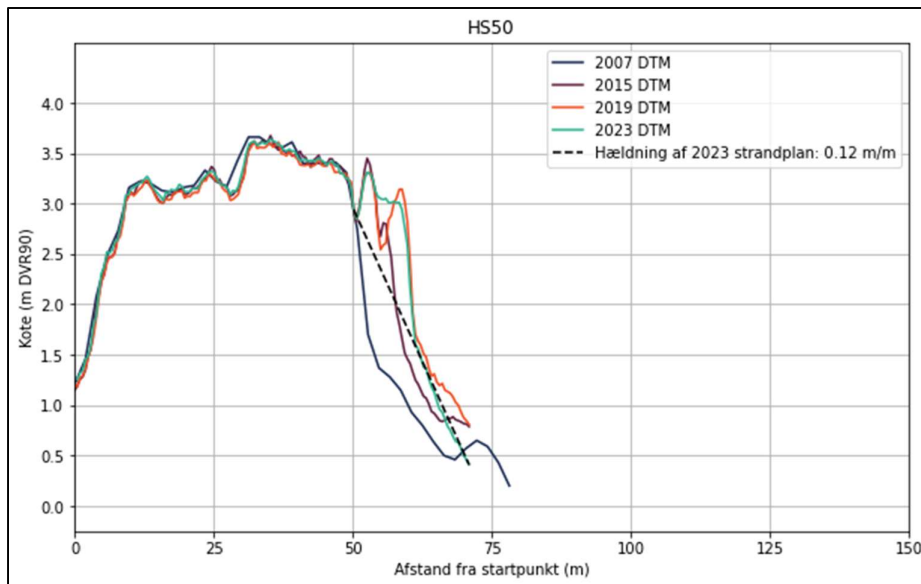
## 8 Bilag 1 Tværsnit med kystudvikling og strand-hældninger



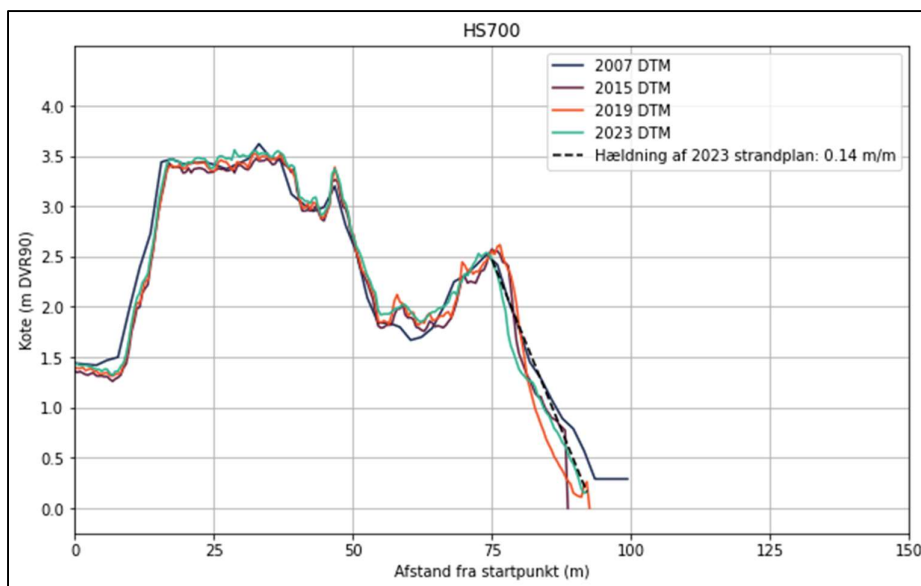
Figur 8-1: Tværprofiler af DTM for 2007, 2015, 2019 og 2024 for Brøndby Strand station 400. Derudover er hældningen af det aktive strandplan illustreret til 0.06 m/m.



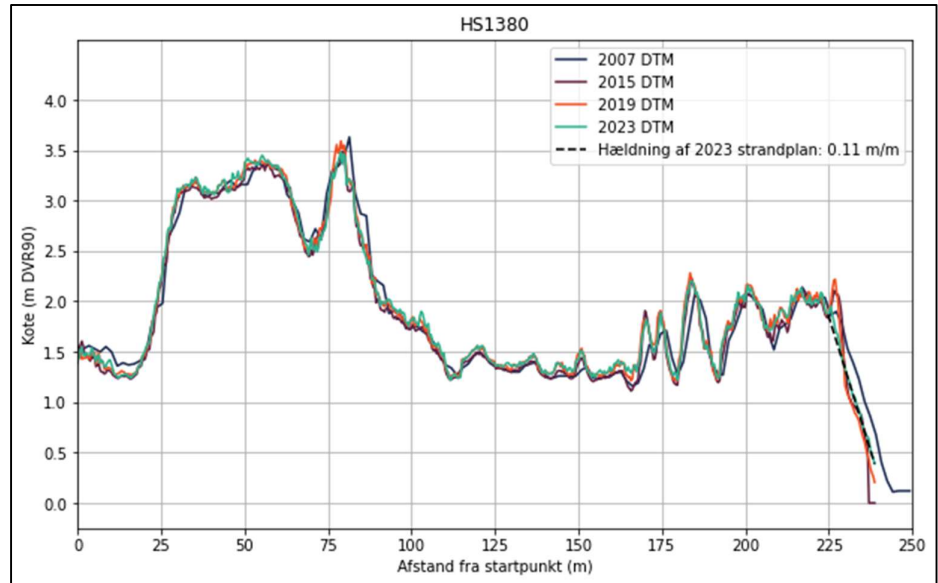
Figur 8-2: Tværprofiler af DTM for 2007, 2015, 2019 og 2024 for Brøndby Strand station 1600. Derudover er hældningen af det aktive strandplan illustreret til 0.09 m/m.



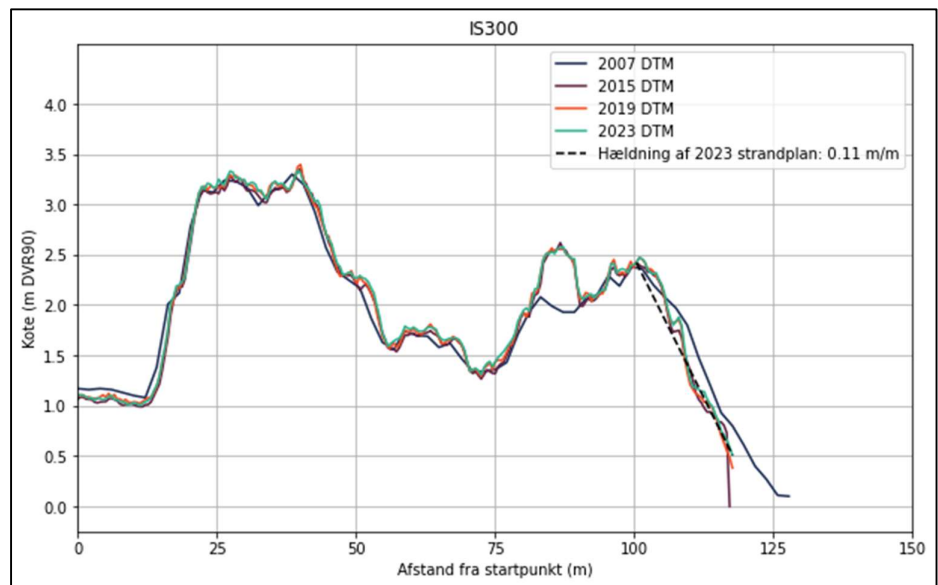
Figur 8-3: Tværprofiler af DTM for 2007, 2015, 2019 og 2024 for Hundige Strand station 50. Derudover er hældningen af det aktive strandplan illustreret til 0.12 m/m.



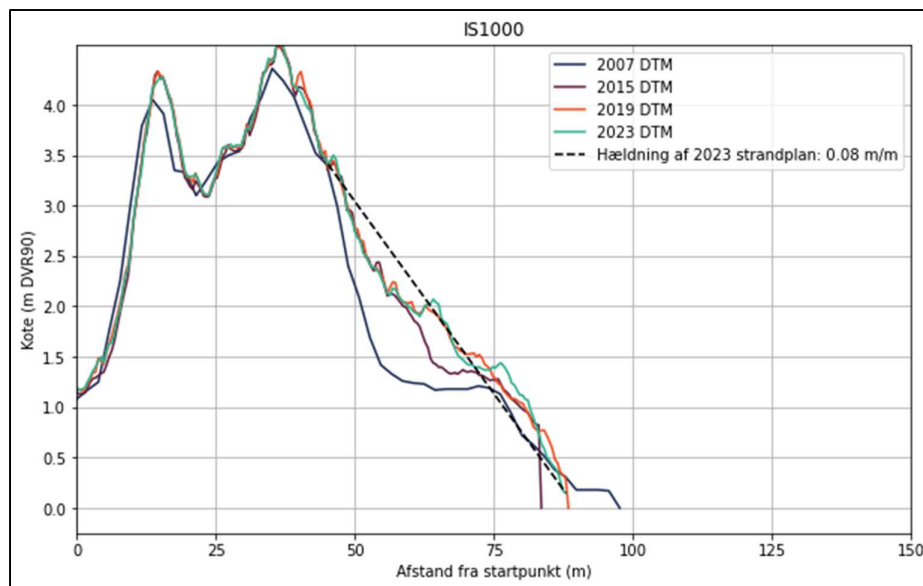
Figur 8-4: Tværprofiler af DTM for 2007, 2015, 2019 og 2024 for Hundige Strand station 700. Derudover er hældningen af det aktive strandplan illustreret til 0.14 m/m.



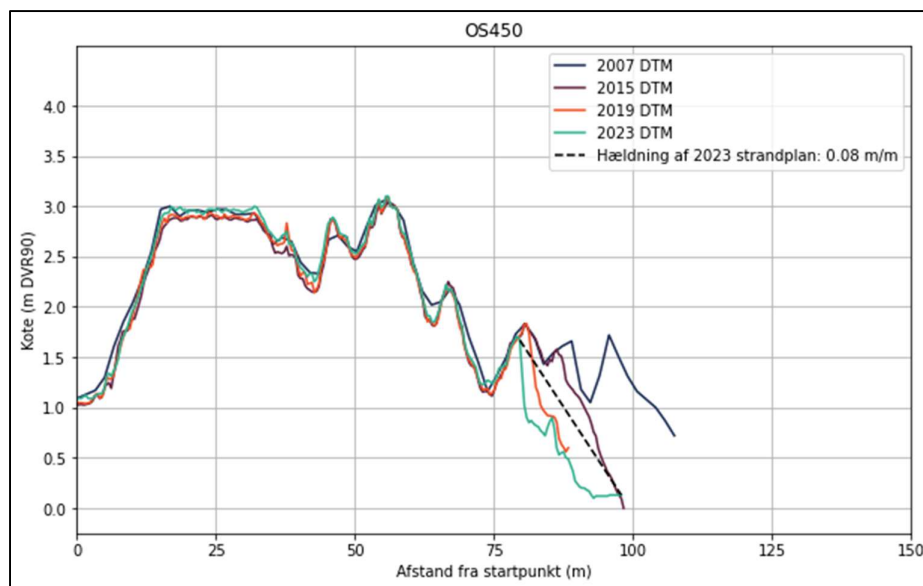
Figur 8-5: Tværprofiler af DTM for 2007, 2015, 2019 og 2024 for Hundige Strand station 1380. Derudover er hældningen af det aktive strandplan illustreret til 0.11 m/m. Bemærk at x-aksen på denne figur er 250 m lang.



Figur 8-6: Tværprofiler af DTM for 2007, 2015, 2019 og 2024 for Ishøj Strand station 300. Derudover er hældningen af det aktive strandplan illustreret til 0.11 m/m.



Figur 8-7: Tværprofiler af DTM for 2007, 2015, 2019 og 2024 for Ishøj Strand station 1000. Derudover er hældningen af det aktive strandplan illustreret til 0.08 m/m.



Figur 8-8: Tværprofiler af DTM for 2007, 2015, 2019 og 2024 for Olsbæk Strand station 450. Derudover er hældningen af det aktive strandplan illustreret til 0.08 m/m.



## 9 Bilag 2 – 3D løsnings illustrationer

Bilaget indeholder 3D illustrationer af løsningsforslagene med sikringsniveau på 350 cm DVR90, med digekronehøjde (sikringskote) på 3,5 m DVR90 for indre diger og 400 cm DVR90 for ydre diger grundet bølgebidraget.



Figur 9-1: 3D præsentation af højvandsbeskyttelse med sikringskote 320 cm DVR90 langs Sælstien i Greve Kommune og ydre diger med sikringskote 400 cm DVR90



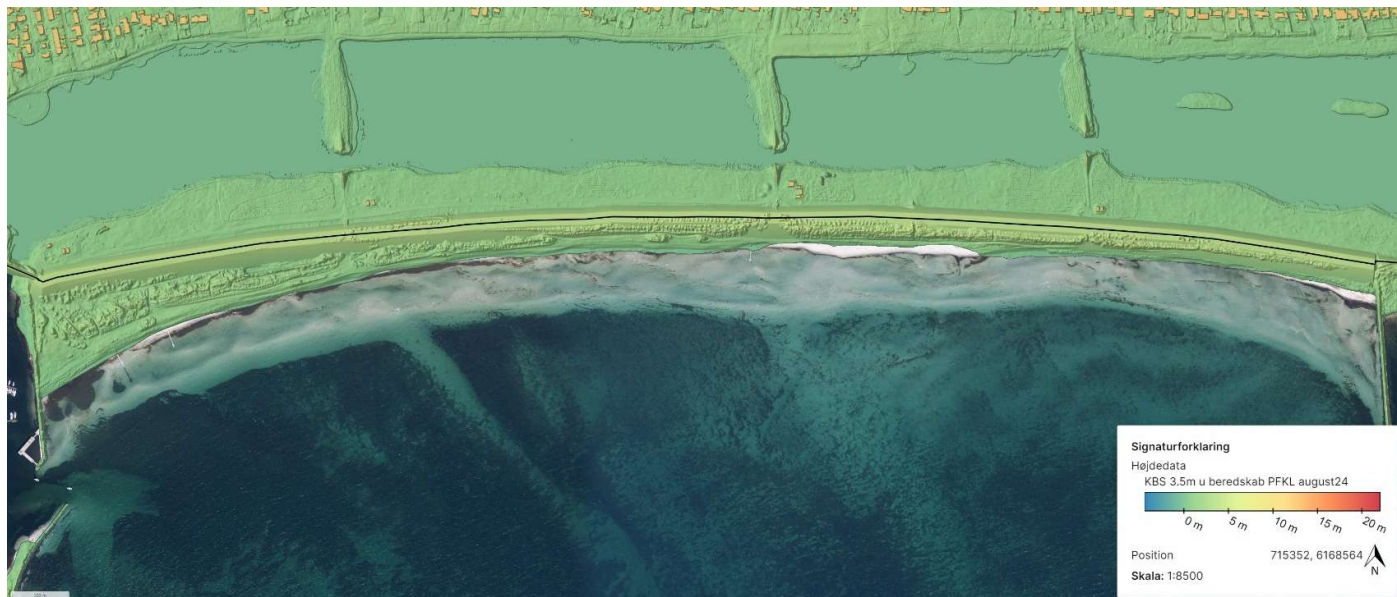
Figur 9-2: 3D præsentation af indre diger med sikringskote 350 cm DVR90 langs Hundige Havn og ydre diger med sikringskote 400 cm DVR90 langs Hundige strand i Greve Kommune



Figur 9-3: 3D præsentation af ydre dige med sikringskote 400 cm DVR90 langs Hun-dige Strand og Ishøj Strand i Ishøj Kommune



Figur 9-4: 3D præsentation af indre dige med sikringskote 350 cm DVR90 langs Ishøj Havn i Ishøj Kommune og Vallensbæk Havn i Vallensbæk Kommune



Figur 9-5: 3D præsentation af ydre dige med sikringskote 400 cm DVR90 langs Vallensbæk Strand i Vallensbæk Kommune og Brøndby Strand i Brøndby Kommune.



Figur 9-6: 3D præsentation af indre diger med sikringskote 350 cm DVR90 langs landværts del af Brøndby Havn i Brøndby Kommune og tilslutning med højvands sikring i Hvidovre Kommune.

## 10 References

- COWI. 2017.** *Byernes udfordringer med havvandsstigning og stormflod - Realdania*. Kgs. Lyngby : COWI, 2017.
- **2023.** *Klimatilpasning af Køge Bugt Strandpark - Idéoplæg Oktober*. Kgs. Lyngby : COWI, 2023.
- **2019.** *Udredning om stormflod og havvandsstigning i regi af regnvandsforum - stormflodssikring*. Kongens Lyngby : COWI, 2019.
- I/S Køge Bugt Strandpark. 1986.** *Køge Bugt Strandpark*. Denmark : I/S Køge Bugt Strandpark, 1986.
- IPCC. 2023.** *AR6 Synthesis Report - Climate Change*. FN : IPCC, 2023.
- KDI. 2024.** *Kystdirektoratets §2-udtalelse for Køge Bugt Strandpark J.nr. 23/09357-7*. Lemvig : Kystdirektoratet, 2024.
- KDI-DMI. 2024.** *Delundersøgelse af sikringsniveauer for stormflodssikring af København*. s.l. : Kystdirektoratet og Danmarks Meteorologiske Institut, 2024.
- Kystdirektoratet. 2017.** *Højvandsstatistikker 2017*. Lemvig : Miljø- og fødevareministeriet, Kystdirektoratet, 2017.
- **2019.** *Højvandsstatistikker 2017*. Lemvig : Miljø- og Fødevareministeriet, 2019.
- **2024.** *Højvandsstatistikker 2024*. s.l. : Kystdirektoratet, Miljøministeriet, 2024.
- **2018.** *Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder*. Lemvig : Miljø og Fødevareministeriet, 2018.