

Vordingborg Kommune

Anmodning om at opstarte § 1 a proces for Ulvshale-Fællesskov området

Bestyrelsen for Ulvshale-Fællesskov Digelag anmoder hermed Vordingborg Kommune om, at der i henhold til kystbeskyttelseslovens § 1 a bliver igangsat en proces vedrørende kystbeskyttelse i vores område

Anmodningen er en konsekvens af Miljø- og Fødevareklagenævnets afgørelse den 31. marts 2025 om hjemvisning af kommunens tilladelse den 24. oktober 2024 vedrørende opførelse af fem bølgebrydere.

Vi foreslår, at der arbejdes videre med den nuværende skitse (bilag 2) til helhedsplan for området – herunder at der snarest bliver givet fornyet tilladelse til at opføre de fem bølgebrydere i det mest kritiske område, hvor stormen Babet i 2023 medførte, at 80 procent af diget ved Fællesskov Strand blev ødelagt og hele området evakueret.

Det var en meget stor forskrækkelse og påmindelse for vores cirka 850 medlemmer. Det er nødvendigt, at en helhedsplan sikrer hele vores lavtliggende område samt den infrastruktur, hvor især Ulvshalevej giver adgang til boliger, kulturelle områder, naturnationalpark og Nyord. Vores område er kendetegnet ved, at vi stort alle er udsatte, hvis der er gennembrud på digerne ”et eller andet sted”.

I forsommeren 2023 aftalte vi med rådgivningsfirmaet COWI, at de skulle udarbejde en forundersøgelsesrapport. Den udkom lige efter stormen i oktober 2023, og den pegede på en plan for hele området opdelt i faser. Planen er senest revideret i marts måned 2025 (bilag 1).

Anbefalede foranstaltninger (bilag 2):

Fase 1: Opførelse af fem bølgebrydere ved Fællesskov Strand (projektbeskrivelse bilag 3).

Status: Ansøgning skal justeres i henhold til afgørelse. Ansøgning – herunder projektbeskrivelse – og tilladelse, aftale med entreprenører samt finansiering var på plads inden afgørelse fra ankenævnet. Tilbagebetaling er sat i gang. Anslået udgift for Fase 1: 16 mio. kr.

Fase 2: Opførelse af stenrev ved Ulvshale Strand. Status: COWI arbejder med et projekt, der gavner biodiversiteten i et habitatområde, og de udtrykker forventning om hel eller delvis finansiering – blandt andet fra Havnaturfonden. Stor opbakning fra generalforsamlingen til denne løsning. Anslået udgift uden anden finansiering/tilskud: 55-65 mio. kr.

Fase 2 består desuden af reetablering af cirka 300 meter klitter langs Ulvshalevej efter dige forstærkningens afslutning. Særskilt ansøgning er fremsendt, men sat i bero grundet ankenævnets afgørelse.

Ulvshale-Fællesskov Digelag

Svinget ved Ulvshalevej: Dette område skal også sikres – det har det stor betydning, selvom det ikke er beskrevet i digelagets vedtægter.

Fase 3: Består af to delfaser 3a og 3b.

3a: Sikring mod oversvømmelse varetages af grundejerforeningen (ULG) i tæt samarbejde med digelaget. Projekt endnu ikke afklaret. Grundejerforening og digelag har de samme rådgivende ingeniører.

3b: Forhøjelse af eksisterende diger til valgt sikringsniveau samt alternativ løsning vedrørende vestligt dige stykke. Skal afklares nærmere for at anslå udgift.

Fase 0: Genopbygning efter stormen. Arbejdet er udført, og udgiften på 4,3 mio. kr. er afholdt af digelagets katastrofefond.

Projektets ledelse:

Projektets ledelse forventes at blive varetaget af digelagets bestyrelse.

Digelaget er 150 år og veletableret og arbejder videre med helhedsplanen og de konkrete projekter. Det er tillige forventningen fra Vordingborg Kommune, der står for myndighedsbehandlingen.

Eventuelle undersøgelser, projektering og udbud:

Der foreligger adskillige faglige vurderinger fra COWI, der efter behov kan konkretiseres yderligere. Bestyrelsen har ligeledes gode erfaringer med et samarbejde med COWI i forhold til projektering og udbud.

Bidragsfordeling og finansiering af udgifter:

Bestyrelsen for digelaget og Vordingborg Kommune skal nærmere undersøge og vurdere, om den nuværende bidragsfordeling opfylder kravene til at realisere en helhedsplan ud fra et valgt sikringsniveau med vandhøjde og andet. Desuden skal det fastlægges, hvordan løbende udgifter til undersøgelse, projektering, udførelse og tilsyn skal finansieres – herunder økonomi til fase 1, da denne nødvendige sikring bør gennemføres snarest muligt. Det giver megen mening at opdele i ”naturlige” faser, når det drejer sig om en omfattende helhedsplan.

Som digelag har vi til formål ”at vedligeholde, styrke og bevare de i året 1875 opførte diger med sluser på Møns nordkyst imellem Klosterskovgård og Ulvshale skov og imellem Ulvshale Pilebugt og Hegnede gamle teglværk.”

Vi glæder os til det videre samarbejde, og vi hjælper meget gerne.

Vi ser frem til høre fra jer.

Med venlig hilsen

Bestyrelsen for Ulvshale-Fællesskov Digelag

NOVEMBER 2023
ULVSHALE-FÆLLESSKOV DIGELAG

FORUNDERSØGELSE AF KYSTBESKYTTELSEN VED ULVSHALE-FÆLLESSKOV

FORUNDERSØGELSE/IDÉOPLÆG

Løsningsforslag s. 41-43 er ikke længere gældende.

Se markering på de nævnte sider.

Tilføjet 14.03.2025

NOVEMBER 2023
ULVSHALE-FÆLLESSKOV DIGELAG

FORUNDERSØGELSE AF KYSTBESKYTTELSEN VED ULVSHALE-FÆLLESSKOV

FORUNDERSØGELSE/IDÉOPLÆG

PROJEKTNR.

A256285

DOKUMENTNR.

RP-002

VERSION

2.0

UDGIVELSESDATO

3-11-2023

BESKRIVELSE

Idéoplæg Ulvshale kyst

UDARBEJDET

KARH/JBUN/PFKL

KONTROLLERET

PFKL/JBUN

GODKENDT

JBUN

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Eksisterende forhold	8
2.1	Kystlinjen	8
2.2	Bølgebrydere	11
2.3	Diger	13
2.4	Geotekniske forhold	19
2.5	Terræn og havbund	20
2.6	Miljøforhold	21
3	Indledende projekteringsgrundlag	23
3.1	Vandstand	23
3.2	Bølger	27
3.3	Sikringshøjder	35
3.4	Nedbør	35
3.5	Samtidig af stormflod og længerevarende nedbør	35
4	Forundersøgelse af kystbeskyttelsen	37
4.1	Overordnede løsningsforslag	37
4.2	Erosionsbeskyttelse	37
4.3	Oversvømmelsesbeskyttelse	41
4.4	Samlet klimatilpasning	43
5	Anlægsoverslag	45
5.1	Bølgebrydere	45
5.2	Diger	47

1 Indledning

Efter aftale med Ulvshale-Fællesskov digelag har COWI udarbejdet denne forundersøgelse af kystbeskyttelsen langs digelagets diger. Forundersøgelsen vil primært omhandle etablering af bølgebrydere langs kysten mod nord, men vil også omhandle de udfordringer med vand som kommer dels havoversvømmelse fra nord via havdigerne bag bølgebryderne, fra nedbør og fra Stege Nor via engområderne mod sydvest.

På baggrund af denne forundersøgelse forventes det at digelaget vil have mulighed for at arbejde videre med det økonomiske perspektiv i at få anlagt bølgebrydere ved kysten, samt have mulighed for at beslutte de næste faser for denne del af projektet. Udfordringen med vand fra nord via havdigerne og digerne mod sydvest bliver også prissat. Her forventes det dog at der vil være flere faser frem mod anlæggelsen af digerne, da disse skal opføres indenfor et Natura 2000 område.

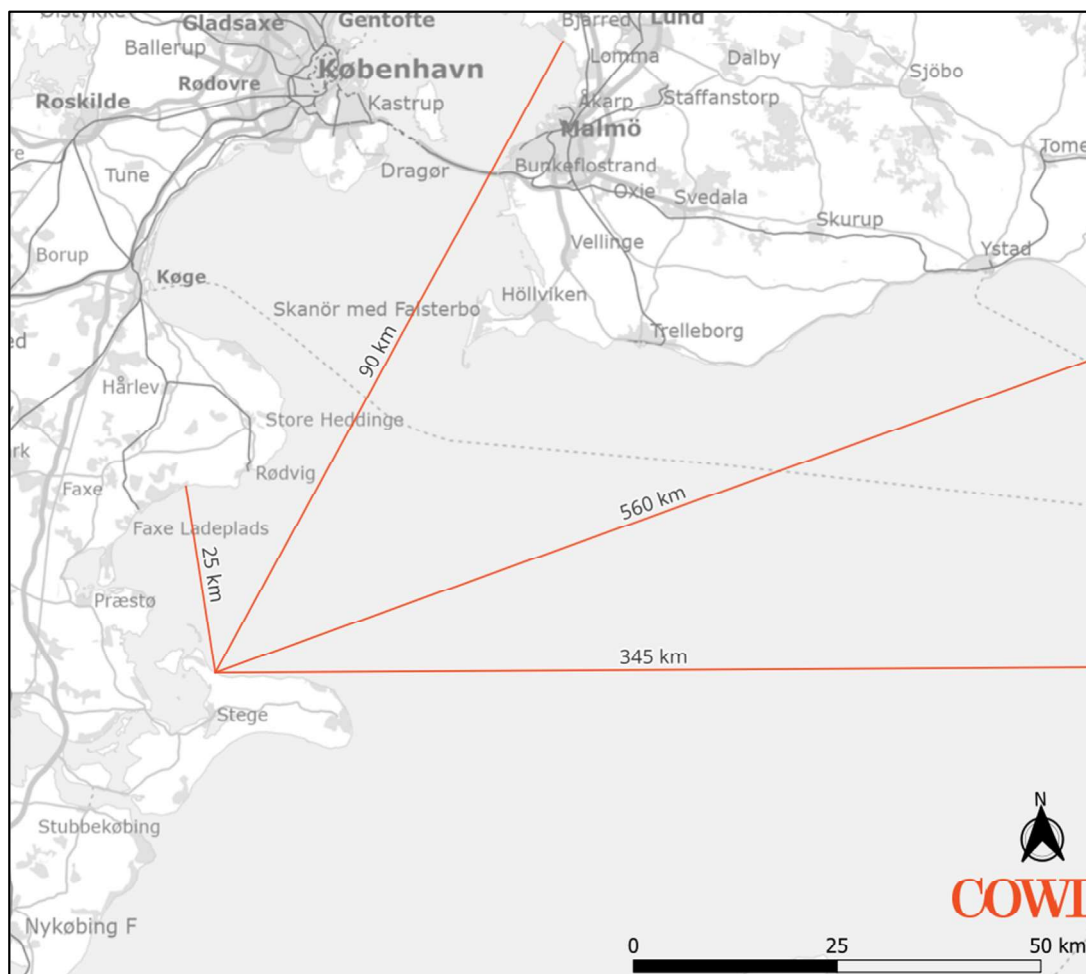
Foruden disse udfordringer er der desuden nuværende havdige mod øst, med evt. renoveringer af denne.

Målet med opdateringen af nuværende beskyttelses-anlæg er på lang sigt fuld optimering af den samlede klimatilpasning med håndtering af erosionsfaren fra bølger, havoversvømmelsesfaren fra nord, øst, sydvest og vest samt håndtering af al nedbør indenfor projektområdet.

Til planlægning og optimering af Ulvshale-projektområdet vil yderligere kommunikation med bl.a. myndighederne være nødvendigt for at tilpasse mulighederne for klimatilpasning på denne strækning i forhold til nuværende udpegning af naturbeskyttelse etc.

2 Eksisterende forhold

Ulvshale Kyst-området består primært af marine og æoliske sand- og grusaflejringer, med underliggende moræner. Den overordnede sandtransportør i området er bølgeenergien, der forårsager en netto langstransport af sediment fra øst fra Møns klint langs Møns nordkyst forbi Ulvshale og med naturligt aflejringsområde mod nordvest. Det frie stræk i området når op til 560 km, som illustreret i Figur 1. Dette medfører en potentiel meget stor bølgeenergi og dermed oversvømmelsesrisiko i området.



Figur 1 Frit stræk fra Ulvshale Strand

I området Ulvshale findes flere lavtliggende, kystnære boligområder, der er truet af risiko for både kysterosion og oversvømmelser. Området er delvist beskyttet af et etableret dige, samt bølgebrydere. Derudover skal der håndteres vand fra baglandet i form af vand på terræn som følge af episoder med kraftig nedbør.

2.1 Kystlinjen

Ulvshale strand er en del af Møns nordkyst. Kysten er en nedbrydningskyst med nettomaterialetransport i vestlig retning. Denne materialetransport har været holdt ved lige af sediment fra Møns klint og af nedbrud fra kridt- og lerskrænterne langs kysten og de mange rullestensstrande ved havet. For at give et

bedre overblik ved beskrivelse er kystlinjen opdelt i stationer, med nulpunktet ved den østlige grænse af områdets østlige matrikel. Stationsnumrene stiger herefter med meters afstand fra nulpunktet til den østlige ende af Ulvshales erosionsprægede boligområde. Punkterne er afsat ved vegetationsgrænsen og stiger medløbende sedimenttransportens retning, hvilket er fra øst mod nordvest. Punkterne er estimeret til at have samme lokation som stationeringen i tidligere rapporter af Ing. M. Sørensen. Det sidste punkt er 2400 og afgrænses cirka ved østligste matrikel. Dette kan ses på Figur 2, hvor stationsnummer samt bølgebrydernes numre er markeret.

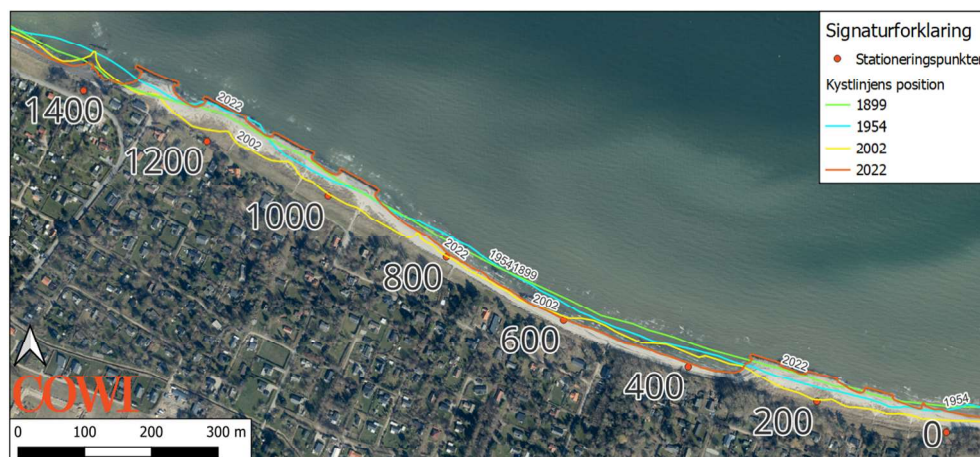


Figur 2 Stationeringsnumre per 200 m samt markering af bølgebrydernes numre

Ved sammenligning af høje målebordsblade fra 1899 med ortofotos af området, ses kyststrækningens udvikling over tid. Etablering af forskellige typer af kystbeskyttelse har været årsag til en forstyrrelse af kystens naturlige ligevægt. Dermed er dele af kysten rykket frem, mens andre er rykket landværts.

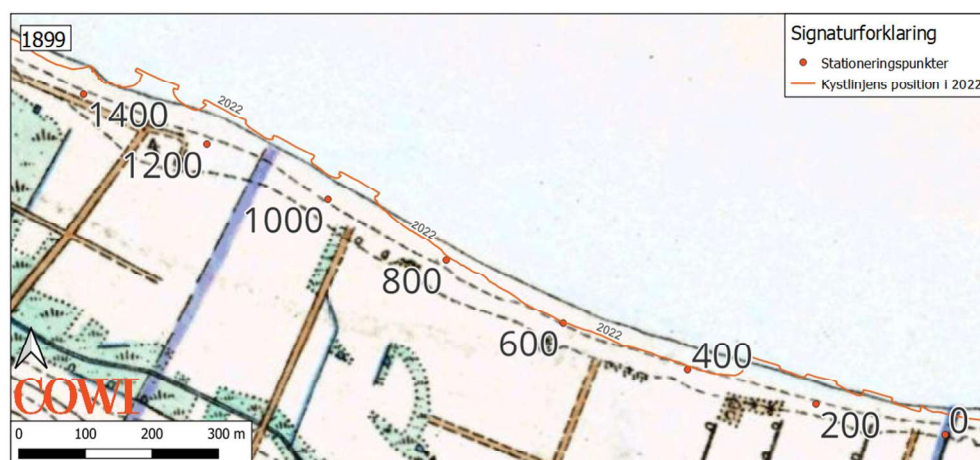
Fremrykningen er bl.a. sket mellem station 950 og 1500 efter etablering af fem bølgebrydere i efteråret 1995. De blev etableret med henblik på at beskytte digefoden, men fungerede ikke efter hensigten. De er derfor senere blevet forlænget. Dette skete i november 2002 for bølgebryder nr. 5, oktober 2004 for bølgebryder 3 og 4 og i 2013 for bølgebryder nr. 2. Derudover blev bølgebrydere 11, 12 og 13 anlagt i 2013, hvormed strækningen mellem st 0 og 450 også er fremrykket med ca. 40 m på ét år, som følge af den tilhørende sandfodring. Alle bølgebrydere undtagen nummer 1 er i dag landfaste, mens der sker en mindre tombolodannelse ved bølgebryder 1.

Figur 3 viser et ortofoto fra 2022, samt kystlinjen i 1899, 1945, 2002 og 2022.



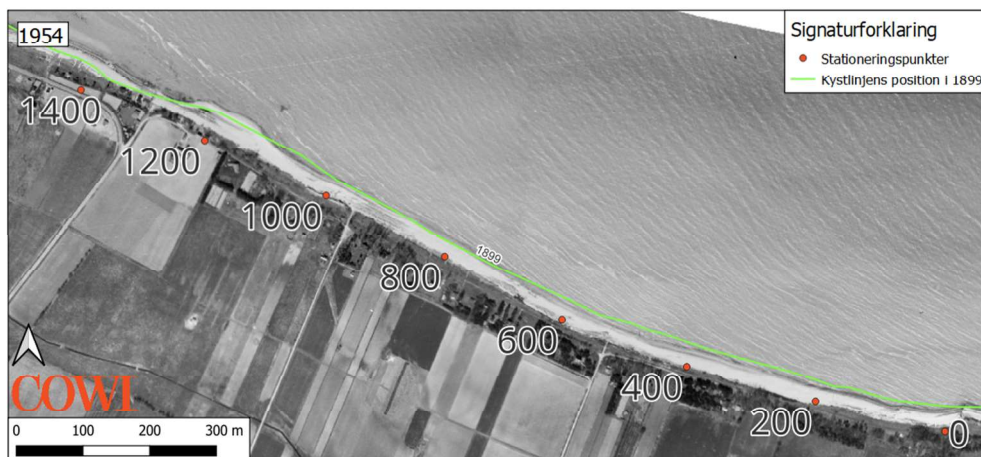
Figur 3 Ortofoto fra 2022 samt kystlinjernes position i området i 1899, 1954 og 2002

Som det fremgår af Figur 3 er strækningerne st. 900-1400 og st. 0-350 rykket frem, mens strækningen st. 350-900 (uden bølgebrydere) er rykket tilbage. Dette er sandsynligvis som følge af den uligevægt som de opførte bølgebrydere har skabt – og den manglende række bølgebrydere mellem Bølgebryder 5 og 11. Dette er især tydeligt ved sammenligningen af kystlinjen 1899 med 2022, hvilket kan ses på Figur 4.



Figur 4 Højde målebordsblade fra 1899 med markering af kystlinjen fra 2022.

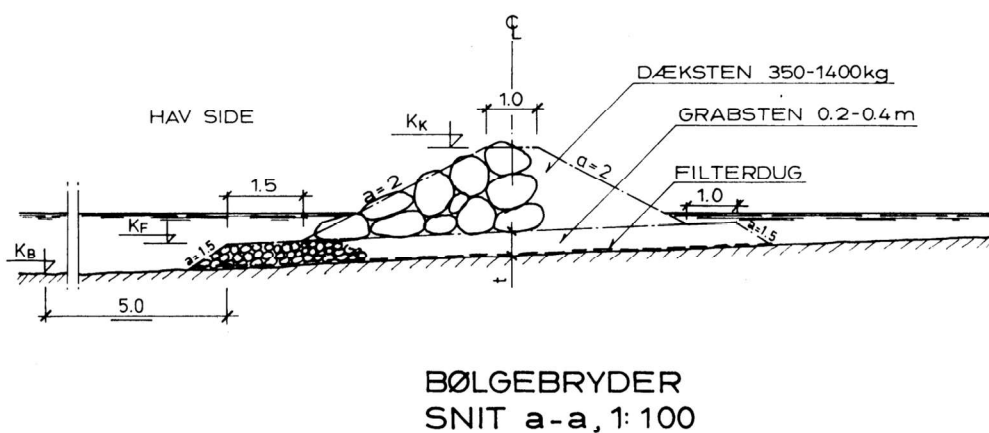
Mellem 1899 og 1954 er etableret en mindre høfde i forbindelse med et åudløb til havet ved station 0 samt små pælehøfder. Da der ikke har været tilgængelige data mellem 1899 og 1954, har det ikke været muligt at registrere mere præcist, hvornår denne høfde blev etableret. Dog kan det ses på Figur 5 nedenfor, at den har været i stand til at påvirke kystens balance, ved at mindske mængden af langtransport vest for station 0. Dermed er der skabt læsideerosion.



Figur 5 Ortofoto fra 1954 og kystlinje fra 1899.

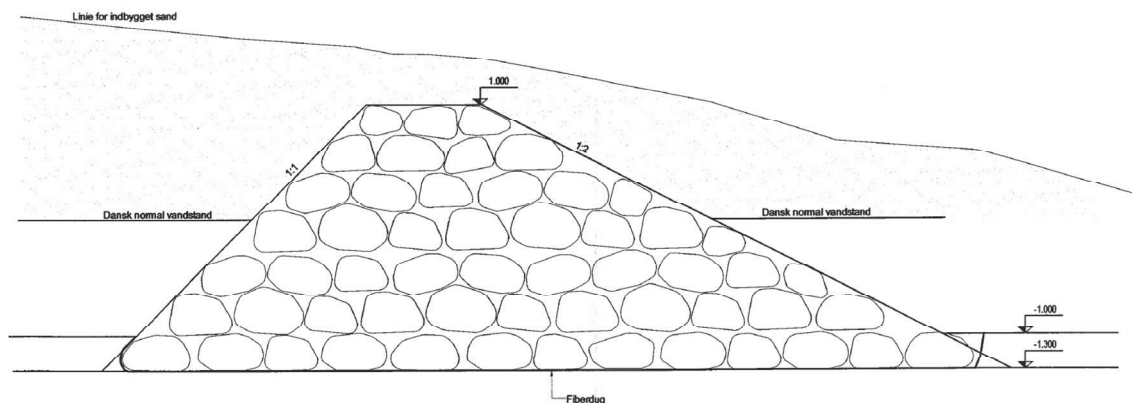
2.2 Bølgebrydere

Da de 5 første bølgebrydere blev etableret i 1995 havde de alle en længde på omkring 40 m og en højde på 1,25 m og en opbygning som illustreret i Figur 6 med kronebredde på 1 m og anlæg 1:2 på hav- og landværts side.



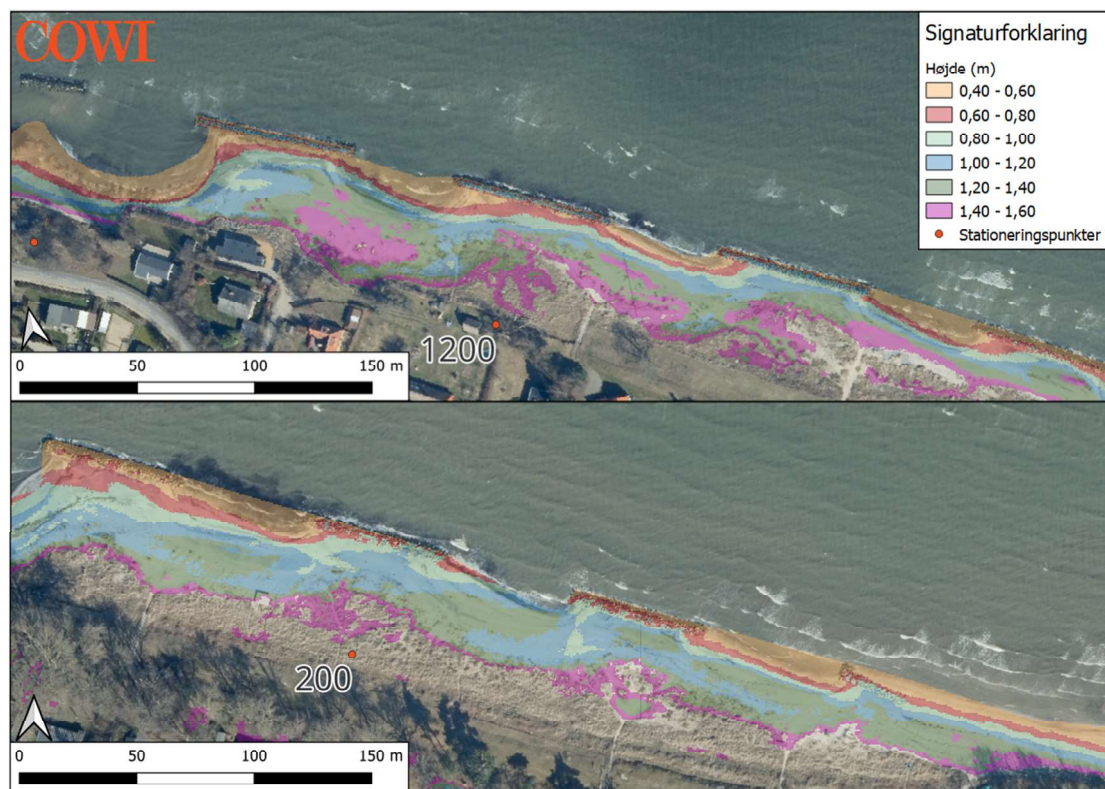
Figur 6 Tværsnit af bølgebryder fra 1995

I 2013 etableredes 3 stk. bølgebrydere. Dette blev gjort ved at først fodre med 30.000 m³ sand og bygge sandet op til kote -1,00. Herefter blev bølgebryderne anlagt med sten i størrelsen 0,4-0,8 m, og de føres ned til kote ca. -1,30 og opbygges til kote +1,00, som illustreret på Figur 7.



Figur 7 Opbygning af bølgebrydere 11, 12 og 13 i 2013.

Det er dog kun enkelte steder, bølgebryderne har holdt samme kote som ved deres anlæggelse. Som illustreret på Figur 8 er der kun enkelte steder, hvor bølgebryderne 11-13 (nederste ortofoto) når en kote +1,00 eller højere. Bølgebryderne 2-4 (øverste ortofoto) ligger alle med højder over kote +1,00, mens bølgebryder 1 og 5 ligger lavere.



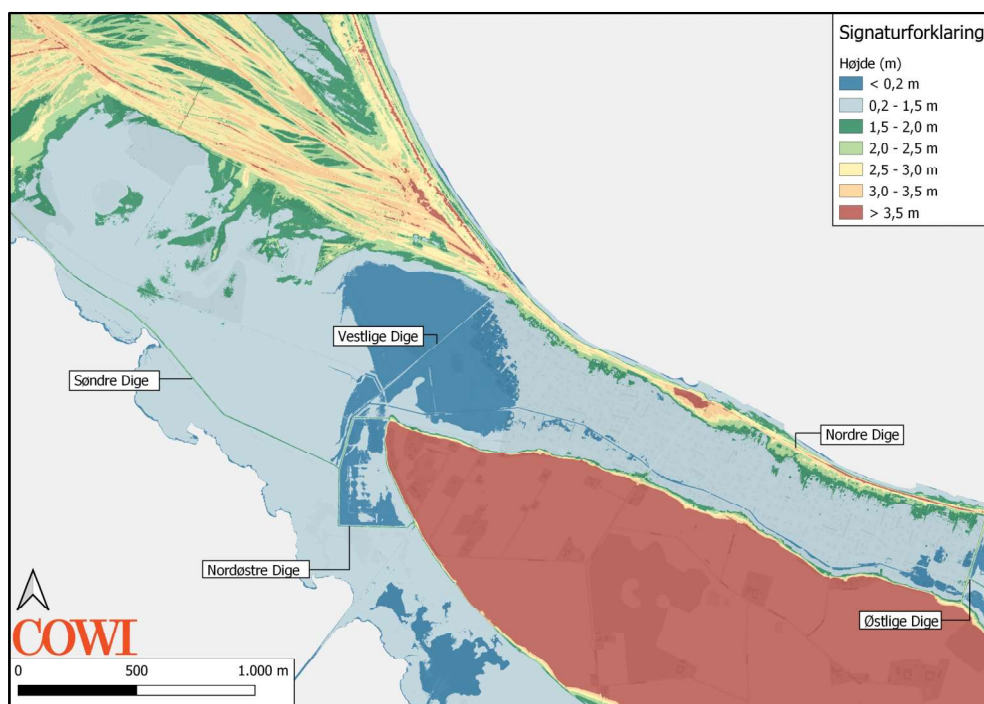
Figur 8 Højden af bølgebryderne - højdemodel fra 2019. Øverste foto viser (fra venstre) bølgebryder 1, 2, 3, 4 og 5. Nederste foto viser (fra venstre) bølgebryder 11, 12, 13 og den østligste landfaste 14

Øst for bølgebryder 13 er den ca. 25 meter lange bølgebryder, der har østligste ende på land og derved minimere erosion bag bølgebryder 11, 12 og 13.

Mellem de to sæt af bølgebrydere findes en række af gamle pæletræ-høfder. Disse er så nedbrudt at de ikke længere kan antages at have en effekt på kystbeskyttelsen.

2.3 Diger

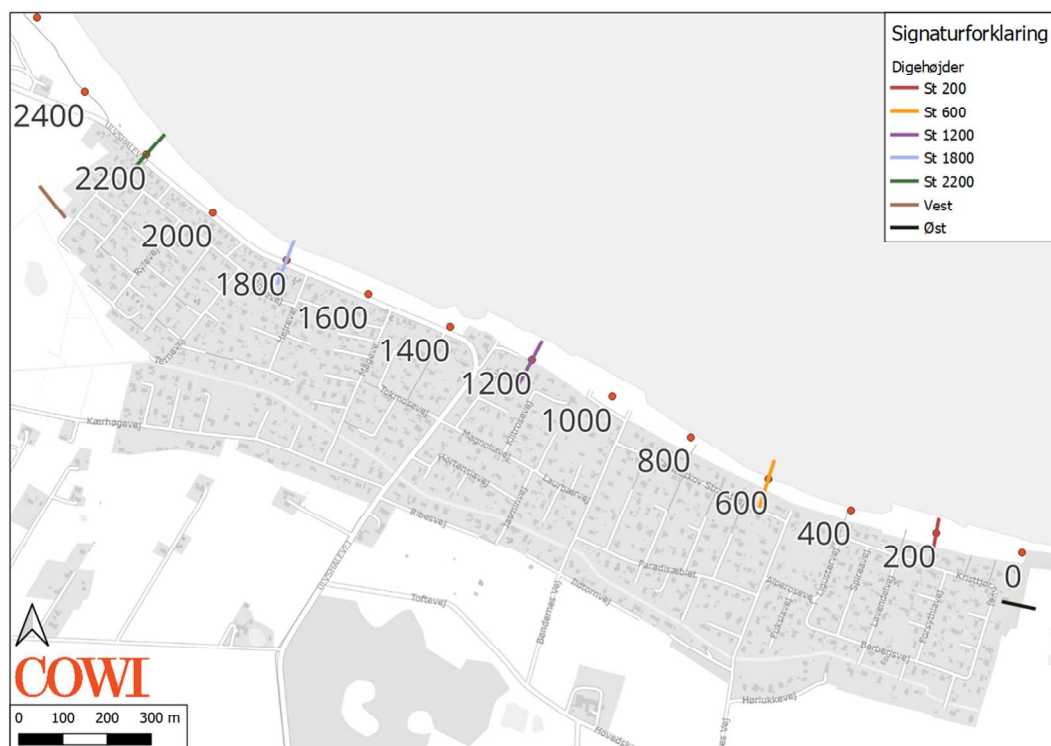
Ulvshale omkranses overordnet af fire diger. Disse er først og fremmest et havdige, kaldet det Nordre dige, der løber langs nordkysten havværts boligerne og landværts bølgebryderne. Derudover findes et østligt og et vestligt dige, der beskytter boligerne fra vand fra hhv. øst og vest. Sidst findes det Søndre samt det Nordøstre Dige, der beskytter mod vandindtrængen fra Stege Nor. Digerne lokation kan ses markeret på en højdemodel for området i Figur 9.



Figur 9 Landskabshøjden i området. Digerne lokation ses ud fra højden.

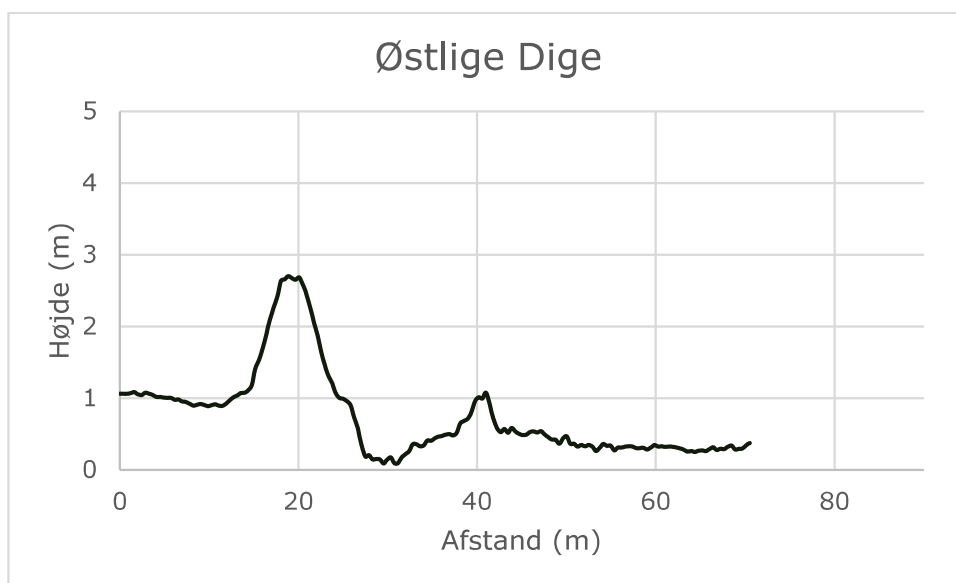
Det Nordre dige ses tydeligt i højden af landskabet. Det Østlige dige kan ses i den østlige del af området, mens det vestlige dige er særligt højt – kun maksimalt 1,5 m DVR90 ifølge denne højdemodel. Det Søndre og Nordøstre dige er langt og potentielt bølgepåvirkeligt samtidig med, at det burde være svært at holde fri for gnavere og ræve, da det er placeret meget isoleret fra boligområder etc.

Digehøjden varierer i højde fra op til 4,00 m ved st. 300 ved det nordlige dige til 0,60 m i den vestlige del af det vestlige dige. For at vurdere digets nuværende tilstand undersøges syv tværprofiler. Deres position er markeret på Figur 10.

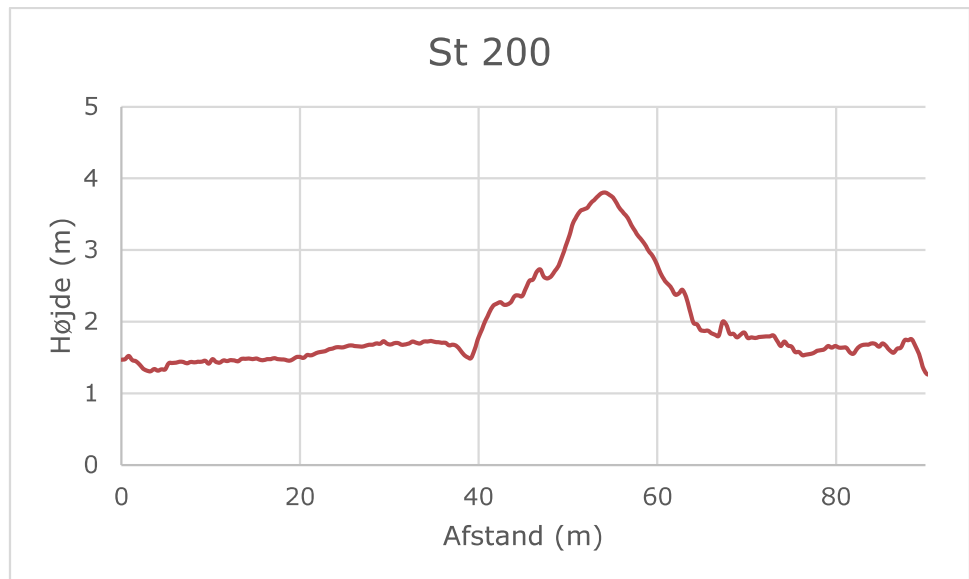


Figur 10 Position af tværsnittene

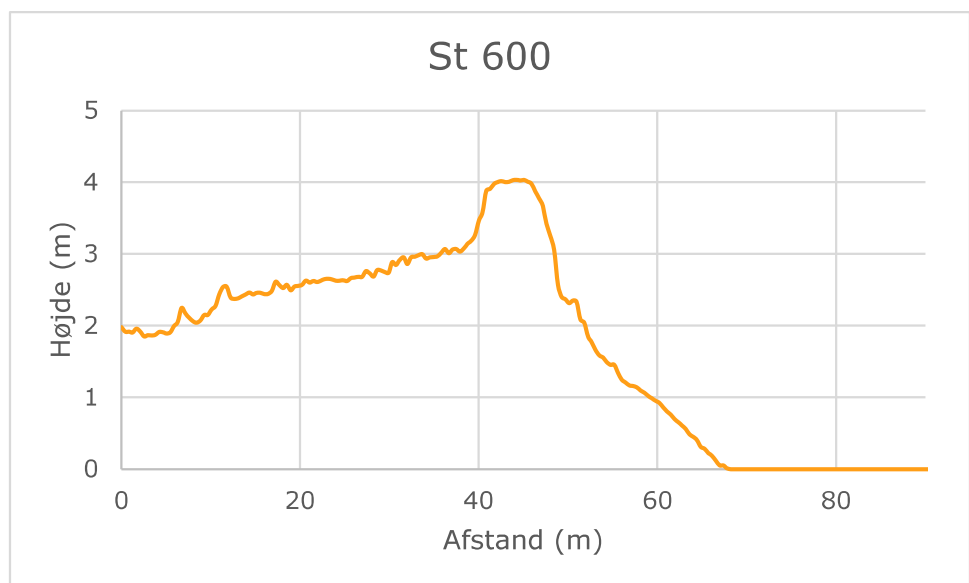
Tværsnittene er fordelt med fem profiler langs havdiget, som ligger vinkelret på kysten, foruden ét i den østlige og ét i den vestlige del. Disse tværsnit ses i følgende Figur 11 til Figur 17.



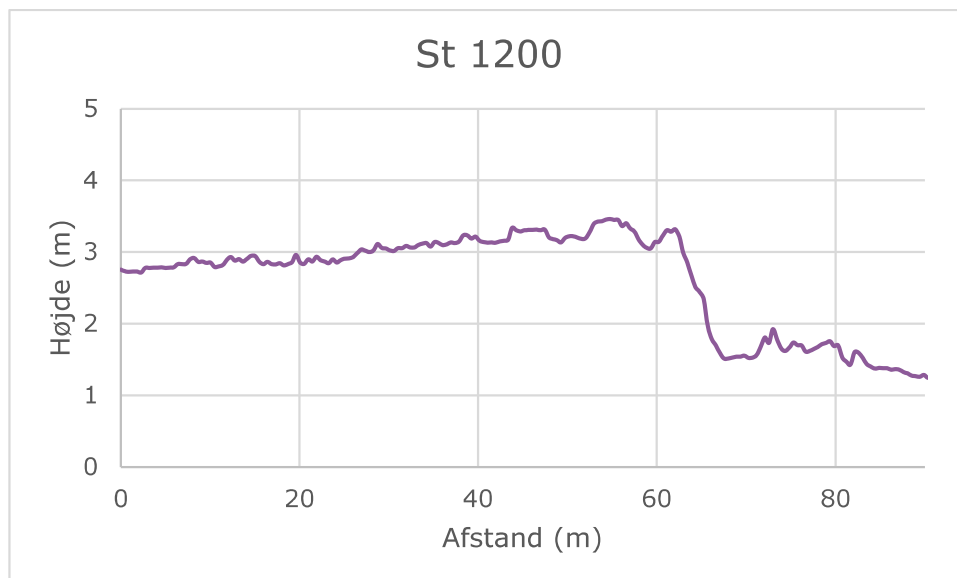
Figur 11 Digets østlige tværsnit



Figur 12 Tværsnit af diget St 200



Figur 13 Tværsnit af diget St 600



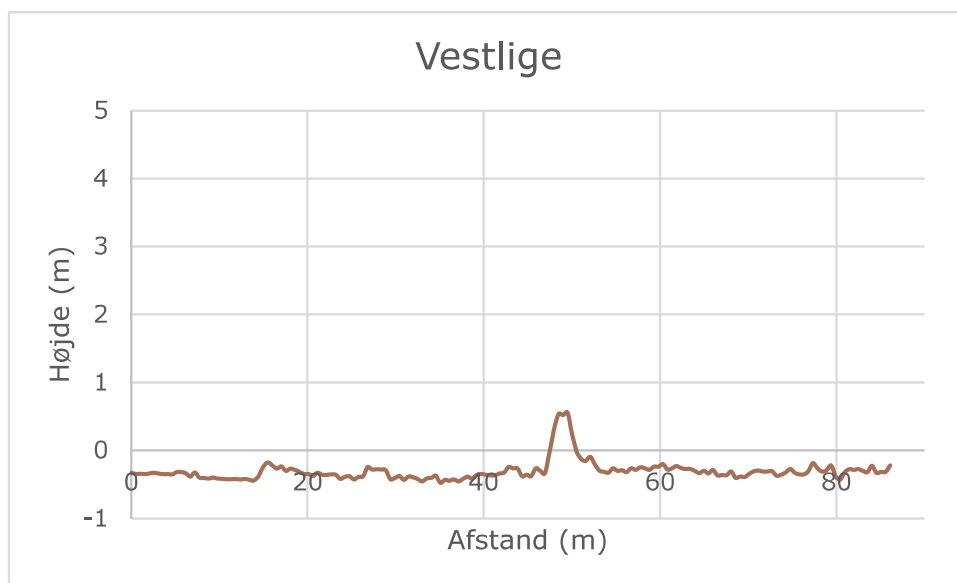
Figur 14 Tværsnit af diget St 1200



Figur 15 Tværsnit af diget St 1800



Figur 16 Tværsnit af diget St 2200



Figur 17 Vestlige diges vestlige tværsnit

Som det fremgår af Figur 11 til Figur 17 varierer højden af diget en del, hvilket bl.a. skyldes lokal erosion. Et eksempel på dette ses bl.a. ved st. 1740, hvor en lokal sti som følge af antropogen erosion ligger lavere end det omkringliggende terræn.



Figur 18 Diget ved st. 1800, set i retning mod sydøst med tydelig nedtrampet sti ved trappen

Foruden den lokale erosion, skyldes højdeforskellene også, at det Vestlige dige er opbygget lavere end det Nordre dige, da det ikke skal modstå bølgepåvirkning i samme grad.

Derudover er stedvist fundet huller i diget, gravet af dyr som f.eks. ræve eller mosegrise, som illustreret på Figur 19.



Figur 19 Gravet hul i diget ved st. 2130

Derudover ses flere steder, hvor den havværts del af Nordre dige har været tydeligt udsat for erosion. Eksempelvis ved st. 1360, hvor det er tydeligt, at den forreste del af diget er blevet eroderet og dermed er en mindre 'skrænt' formet. Dette vises på Figur 20.



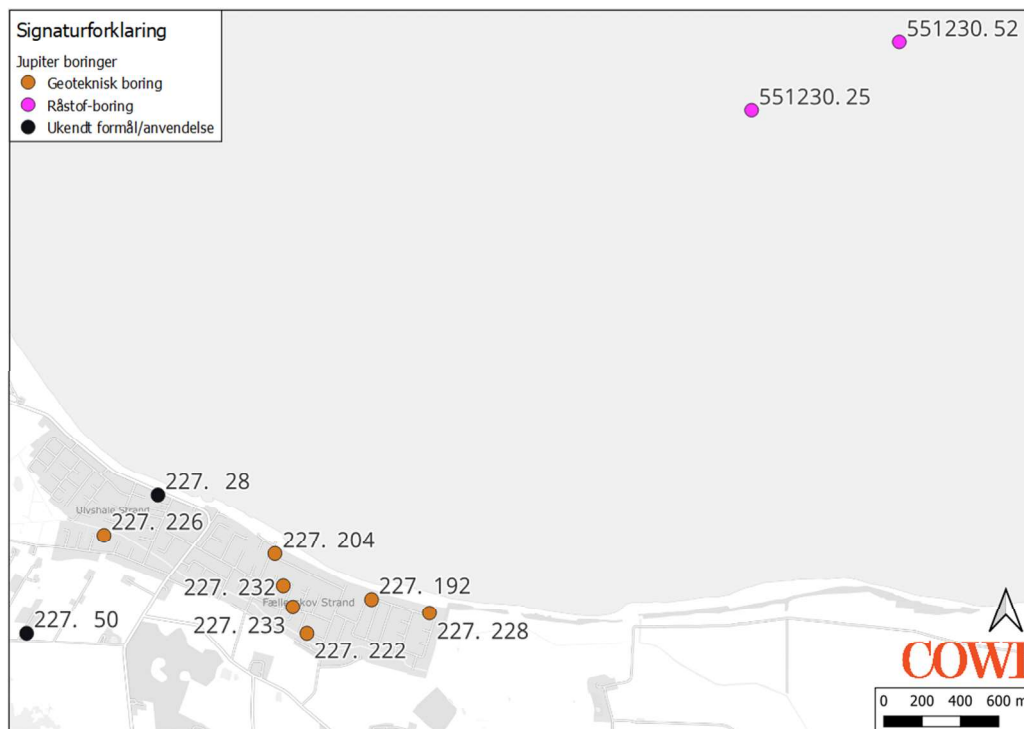
Figur 20 Digets tilstand ved st. 1360 set i retning mod vest

Figuren illustrerer derudover den høje vegetation, der findes på diget. De større planterødder, der følger med højere vegetation, er med til at øge digets ustabilitet.

Lokale lavninger, huller, skrænter, samt større planterødder er dermed alle med til at mindske digets sikkerhed og evne til at fungere som kystbeskyttelse.

2.4 Geotekniske forhold

Der er ikke foretaget nogle geotekniske Jupiter borer i selve diget, men de omkringliggende borer, som er illustreret på Figur 21 bruges til at få en idé om jordens opbygning i området. Der anvendes data fra boring 227.28, 227.204, 227.192 og 227.228.

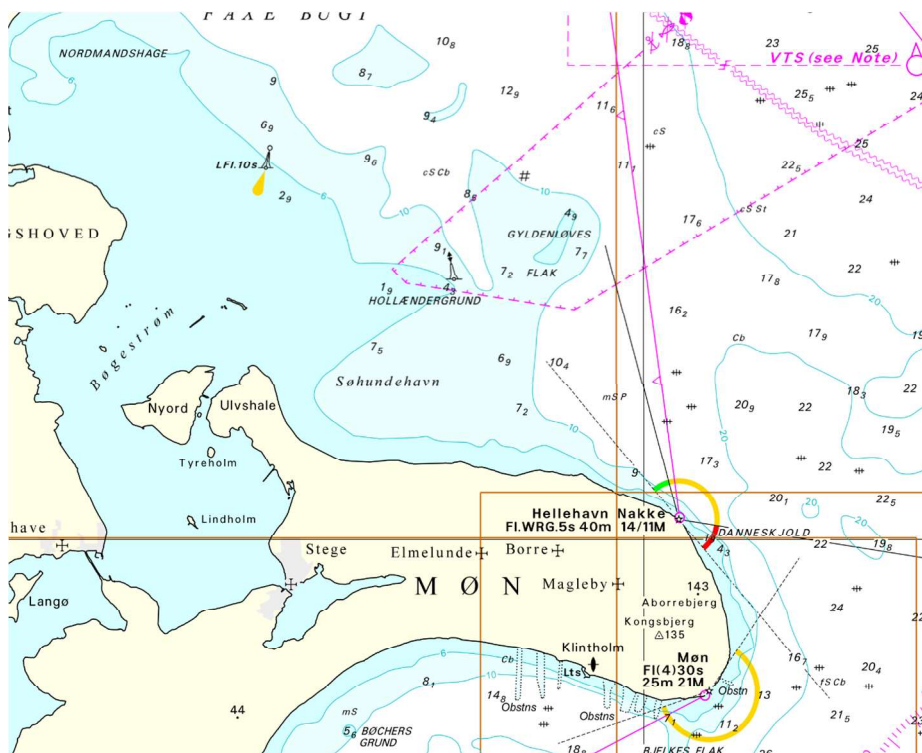


Figur 21 Lokation af de Jupiter boringer i området, der er nærmest diget samt de to havboringer, der er nærmest kysten

Der er en generel tendens i området til, at der findes sand indtil ca. 0,6 m.u.t. (meter under terræn). Dette er i boring 227.204, som er tættest på diget, blandet med rester af affald som f.eks. glasskår. Dette kan indikere, at selve diget også delvist er bygget op af affald blandet med forskellige jordarter. Herunder findes der ler, hvilket dog starter på forskellige dybder. Leret er flere steder kalkholdigt moræneler. Flere steder findes også vandførende sand under eller imellem lerlag.

2.5 Terræn og havbund

Der er foretaget to Jupiterboringer i bugten ud for Ulvshale boring 551230.52 (grab sample) og 551230.25 (vibercore). Lokationerne af disse boringer er illustreret på Figur 21. Ved sammenligning med Figur 22 ses det, at prøverne er taget på ca. 7 meters havdybde.



Figur 22 Søkort nord for Møn (© Geodatastyrelsen – 320-0003)

På begge lokationer består overfladen af havbunden af postglacialt saltvands-sand. I boring 551230.52 beskrives sandet som fint, gråbrugt og svagt kalkholdigt. Derudover indeholder det en smule gytje. I boring 55120.25 fandtes på 0,97 m.u.t. tørv og fra 1,19 m.u.t. og nedefter fandtes ler.

Fra kysten til 6m dybdekurven er ca. 1170m, svarende til en gennemsnitlig havbundshældning på 1:195 ved kysten.

2.6 Miljøforhold

Den vestlige del af Ulvshale (fra ca. st. 1300) hører under et Natura 2000 område, som illustreret i Figur 23.

Som markeret på Figur 23, ønskes en del af habitat-området reduceret, særligt nuværende boligområder, men EU har siden 2018 endnu ikke taget stilling til Danmarks ønske om reduktion. Derfor er området stadig Natura 2000 Habitat-område.



Figur 23 Natura 2000 samt reduktion af Ramsarområde ved Ulvshale med nyeste ortofoto fra forår 2022

Dele af kystbeskyttelsen ligger indenfor eller på grænsen til habitatområdet. Bølgebryder 1 ligger helt inde i Habitat-området, mens bølgebryder 2 er delvist dækket af det, som illustreret på Figur 24. Bølgebryder 2 blev i 2013 udvidet med 40 m inde i selve habitatnaturen.



Figur 24 Området mellem st. 1100 og 1550, med markering af Natura 2000 områdets grænse. Det ses at bølgebryder 1 og 2 (hhv. nr. 1 og 2 fra venstre) hører helt eller delvist under Natura 2000 området.

3 Indledende projekteringsgrundlag

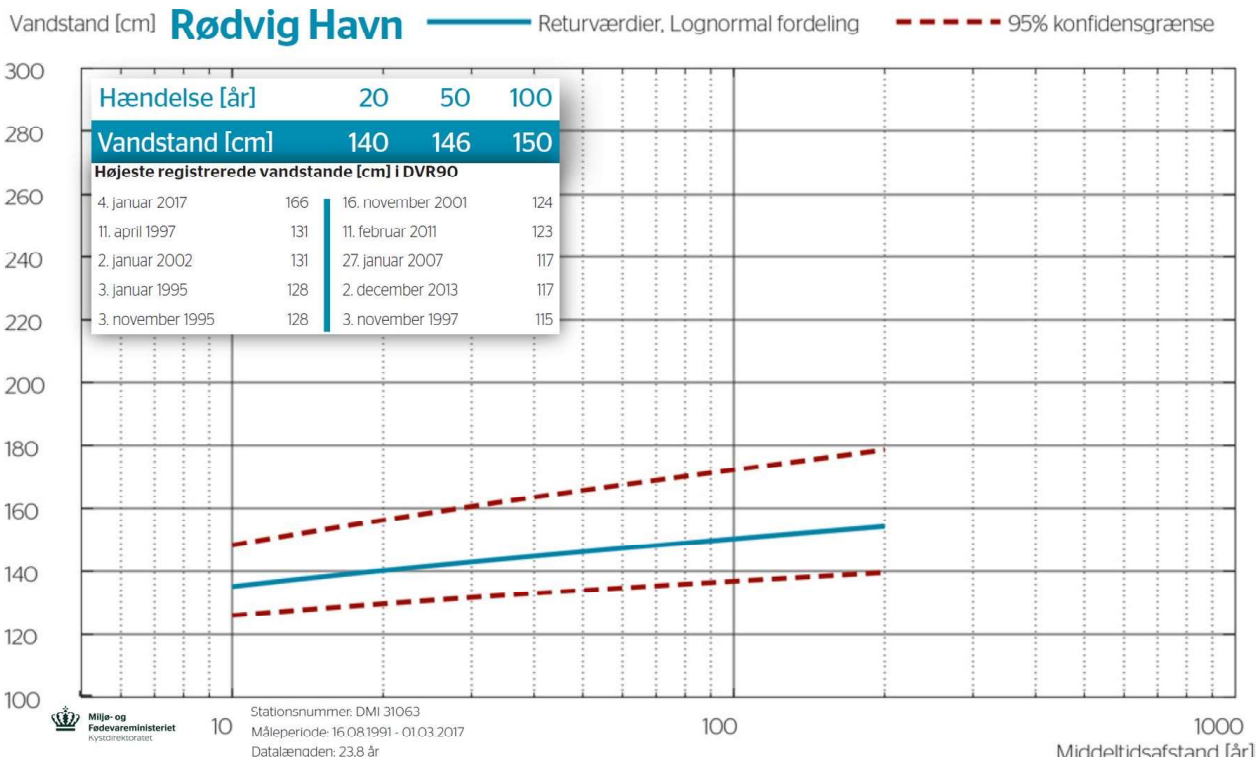
3.1 Vandstand

3.1.1 Stormhændelser

Stormfloden i 1872 nåede ved Nyord en vandstand svarende til omkring 3,17 m DVR90 i dag (Kystdirektoratet, 2011). Efter stormfloden i 1872 blev kystdiget ved Ulvshale anlagt til en minimumshøjde på 3,3 m DNN (Dansk Normal Nul => 3,3 m DNN -0,089 m på Møn) = 3,211 m DVR90. Under stormfloden 1. januar 1922 nåede vandstanden i Rødvig Havn ca. 149 cm DVR90.

Øvrige højvandshændelser i nyere tid inkluderer den stille stormflod den 4. januar 2017 med maksimalvandstand på 1,66 m DVR90 og stormfloden af 2. januar 2019, hvor vandstandene i Rødvig Havn blev målt til 1,33 m DVR90. Ved den nye højeste hændelse fra 20. oktober 2023 havde Rødvig Havn en målt maksimalvandstand på 1,69 m DVR90. De tre nye hændelser svarer statistisk til henholdsvis omkring en 1.000 års middeltidshændelse i 2017, omkring en 9 års hændelse i 2019 og omkring en 2.000 års hændelse i 2023 ifølge Kystdirektoratets højvandsstatistik fra 2017, se Figur 25. Det er altså to statistiske 1000-års hændelser, der er indtruffet med 6 års mellemrum i nyere tid i området.

Middeltidshændelser



Figur 25 Kystdirektoratets højvandsstatistik 2017 for Rødvig Havn uden historiske hændelser

I 2017 bad Realdania, COWI om en højvandsstatistik der medtager de mange gamle historiske storme, og på den baggrund er der udgivet en højvandsstatistik med historiske hændelser for Danmark, se Figur 26.

Byer	Hændelser	2014	2050	2100	2120
Køge	10	133	153	197	220
	20	147	167	211	234
	50	174	194	238	260
	100	209	229	273	295
	250	270	290	334	357
	500	321	341	385	407
	1000	376	396	440	463
	2000	418	438	482	505

Figur 26 COWI Højvandsstatistik for Køge inklusiv historiske hændelser og tillagt IPCC's bud på fremtidens havspejlsstigninger ved forskellige middeltids-hændelser, (COWI, 2017)

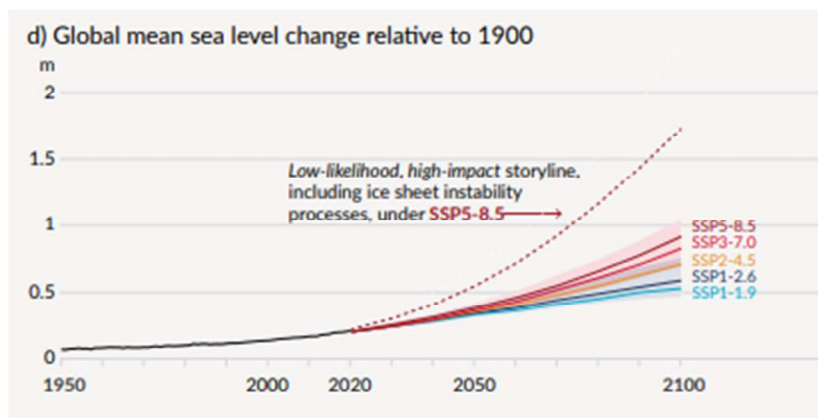
Ved at medtage de gamle historiske hændelser falder middeltidshændelserne for de seneste års høje vandstande i Kystdirektoratets højvandsstatistik fra en statistisk 1000+års middeltidshændelse til COWIs højvandsstatistik til omkring 2 x 30 års hændelser, se Figur 26.

Det er ikke til at forudsige, hvornår den næste ekstreme stormflod indtræffer, men der er risiko for, at de vil indtræffe hyppigere i fremtiden, da klimaforandringerne ikke alene medfører havvandstigning, men også forventet stigning i ekstreme vejrhændelser.

3.1.2 Havspejlsstigning

Ifølge FN's Klimapanel, IPCC, vil klimaforandringer medføre havspejlsstigninger og dermed permanent øget vandstands niveau i verdenshavene og derved også ved nordlige del af Møn i Østersøen. Derudover vil de samme stormfloder, der tidligere er blevet oplevet som sjældne og voldsomme, forekomme oftere og oftere – næsten årligt grunden den højere middelvandstand i fremtiden.

IPCCs nyeste fremskrivninger for forventede fremtidige havspejlsstigninger er fra marts 2023, se Figur 27. Det ses på grafernes spredningsvifter, at usikkerheden for fremskrivningen stiger med tiden.

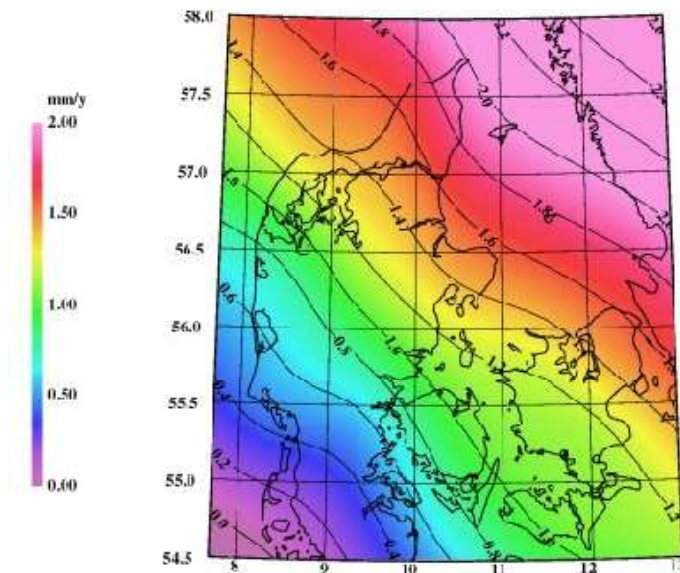


Figur 27 IPCCs seneste fremskrivning for global havspejlsstigning for forskellige emissionsscenarier for drivhusgasudledning. Nulpunktet er den globale havvandsstand i år 1900. Grafernes buffer illustrerer usikkerheden for hvert scenarie (IPCC, AR6 Synthesis Report - Climate Change , 2023).

Herfra medtages den mest konservative fremskrivning, SSP5-8.5, "Business-as-usual"-scenariet, med 'very high emissions'. Dette er scenariet, som DMI anbefaler til sikringsniveau-beregning efter år 2050. Havniveauet ved scenariet SSP5-8.5 i AR6 er beregnet fra IPCC til +29.2 cm i 2050 og +79.4 cm i 2100 for middelscenariet.

3.1.3 Landhævning

Eftersom landet hæver sig, og har gjort det siden seneste istid, modvirkes det stigende vandspejl en smule, se Figur 28.



Figur 28 Landhævningen i Danmark målt i mm/år

På Figur 28 ses landhævningen i Danmark målt i mm/år. Ved aflæsning fås, at nordlige Møn oplever en årlig landhævning på ca. 1,2 mm/år.

I modsætning til havspejlsstigningen, der øges år for år, så forventes landhævningen at være ens de næste mange årtier. Dermed bliver landhævningen mindre betydningsfuld fremover i forhold til havspejlsstigningen.

3.1.4 Dimensionsgivende vandstand

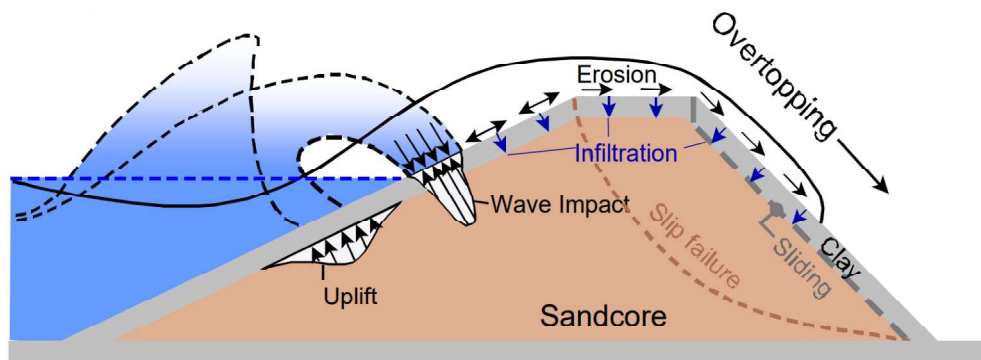
Den klimabetingede havspejlsstigning er beregnet fra IPCC's seneste rapport AR6 til 29,2 cm i 2050 og 79,4 cm i 2100 for middelværdien af SSP5-8.5 scenariet.

Det er valgt at bruge højvandsstatistik for Rødvig Havn, da denne station ligger relativt nær Ulvshale og må formodes at opleve vandstande i samme niveau da begge områder ligger eksponeret mod vinde fra øst. Sikringsniveauerne er således beregnet ud fra Kystdirektoratets beregnede middeltidshændelser for Rødvig Havn fra 2017 (Kystdirektoratet, 2019). Sikringsniveauerne er klimafremskrevet til 2050, 2075, 2100 og 2125 svarende til levetider på ca. 25, 50, 75 og 100 år ved anlægsstop 2025. Havspejlsændringerne er beregnet fra IPCC's klimafremskrivninger og modregnet for den oplevede landhævning siden 2017, hvor stormflodsstatistikken er fra. De i tabellen anførte sikringsniveauer tager ikke højde for bølgebidrag.

Tabel 1 Sikringsniveauer for forskellige årstal og middeltidshændelser (MT) målt i cm DVR90 (Kystdirektoratet, 2019), (COWI, 2017), (IPCC, AR6 Synthesis Report - Climate Change, 2023).

År	MT20 KDI 2019	MT50 KDI 2019	MT100 KDI 2019	MT100	1872 storm- flod
				COWI 2017	
2017	140	146	150	209	317
2050	165	171	175	234	342
2075	185	191	195	254	362
2100	209	215	219	278	386
2125	239	245	249	308	416

Bølger er dog ikke ubetydelige, eftersom de kan føre til digebrud pga. erosion på digets forside under bølgeslag, eller erosion på bagsiden som følge af bølgeoverskyl, se Figur 29.



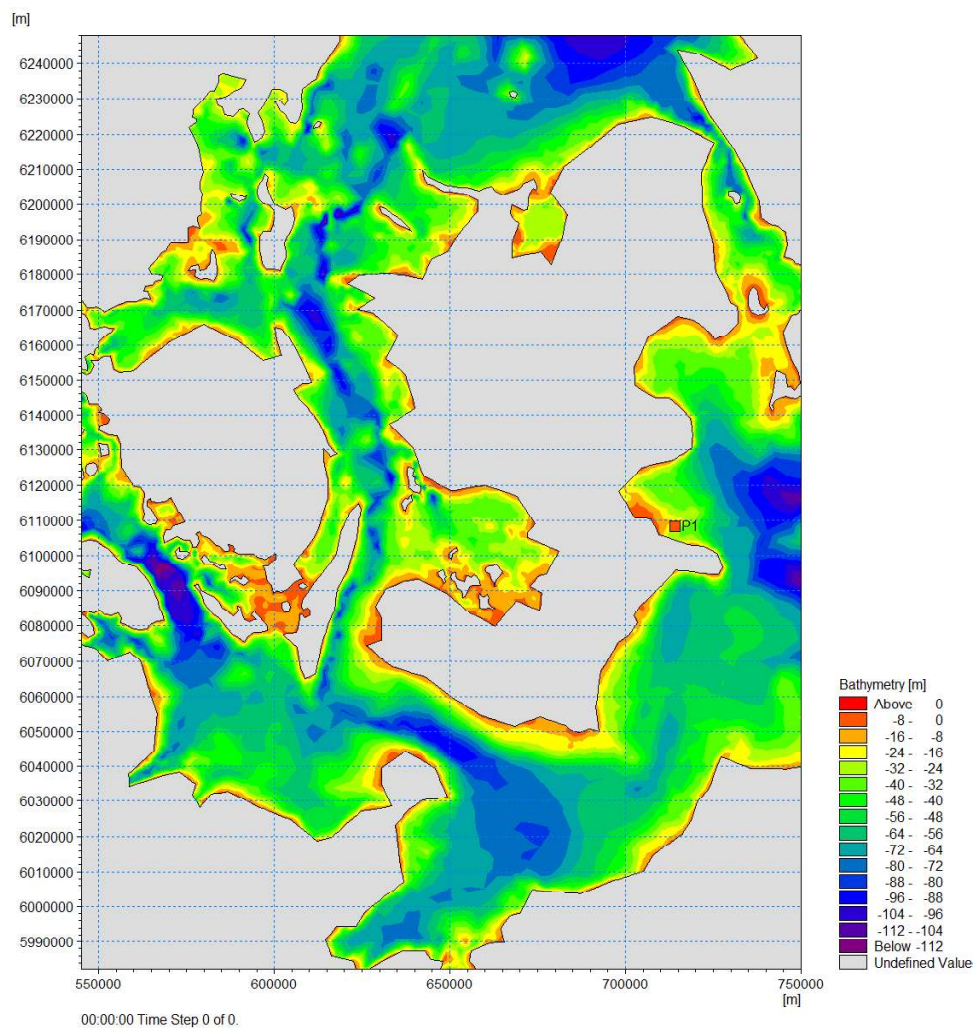
Figur 29 Illustration af overskyl og erosion af et dige

Bølgeoverskyl kan føre til at digekronen og bagsiden eroderer og lerlaget løsnes. Bølgeoverskyl i sig selv er normalt ikke af en størrelse, som kan give anledning til store oversvømmelser, men overskyllet kan føre til høje strømhastigheder på digets krone, og ned af dets bagside, som vist i Figur 29.

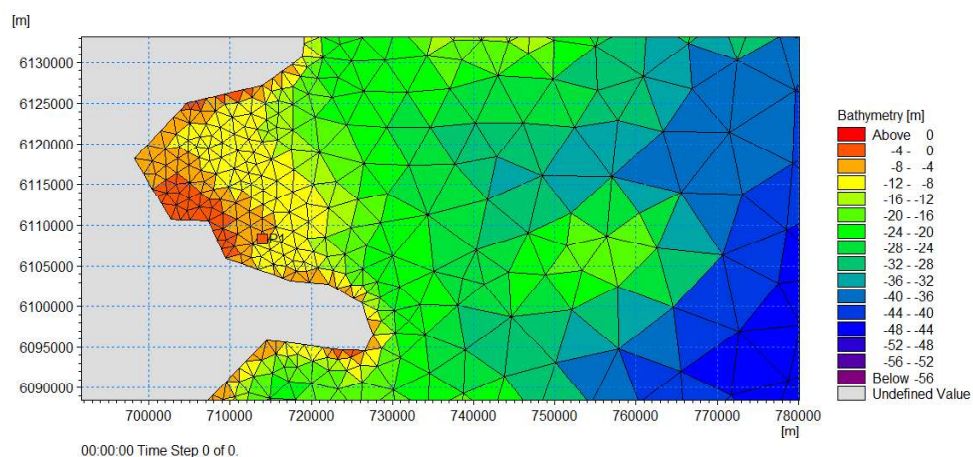
3.2 Bølger

Fra COWIs Østersø-model er udtrukket en bølge tidsserie fra et punkt ud for Møns nordkyst. Bølgetidsserien strækker sig fra 1995 til 2018. Modellen leverer en grov vurdering af bølgeforholdene i Østersøen. Østersøen er blevet inddelt i et grid, som ikke kan levere bølgerne præcist ved kysten da gridet ikke er tilstrækkeligt fint til dette.

Det fremgår f.eks. via Figur 30 og Figur 31, hvor Møn, Lolland og Falster går i ét med Sjælland. Bølgeforholdene som udtrækkes af denne Østersø-model kan derfor kun benyttes som et indledende studie i bølgeforholdene ud for Møn. En mere detaljeret bølgemodel er nødvendig når en senere projektering af kystbeskyttelsen ved Ulvshale-fællesskov skal færdiggøres.

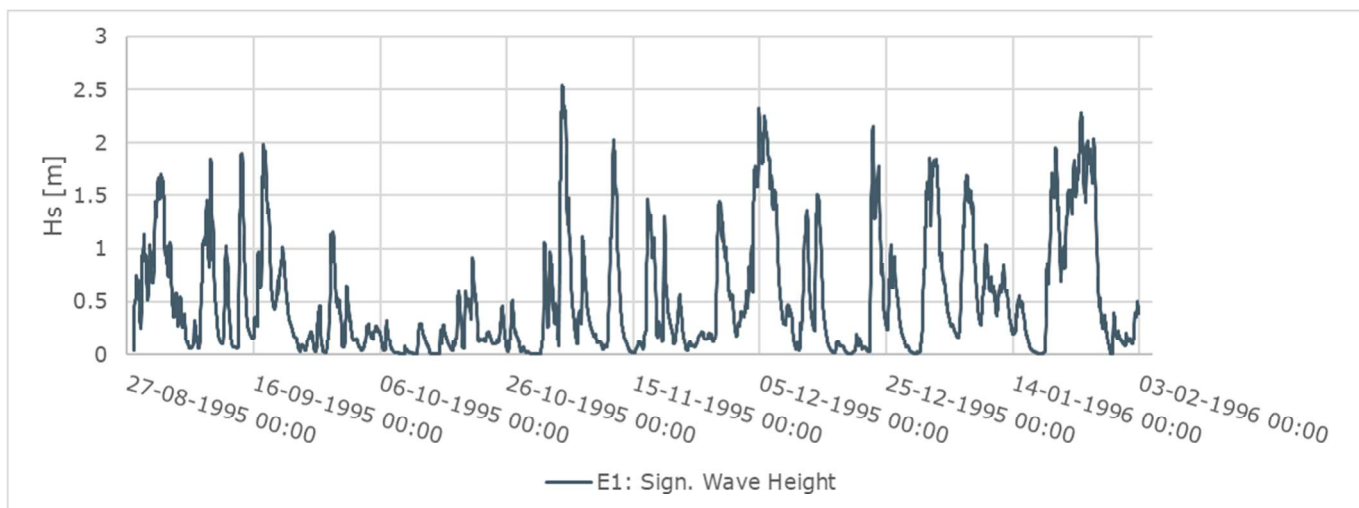


Figur 30 Batymetri i Østdanmark

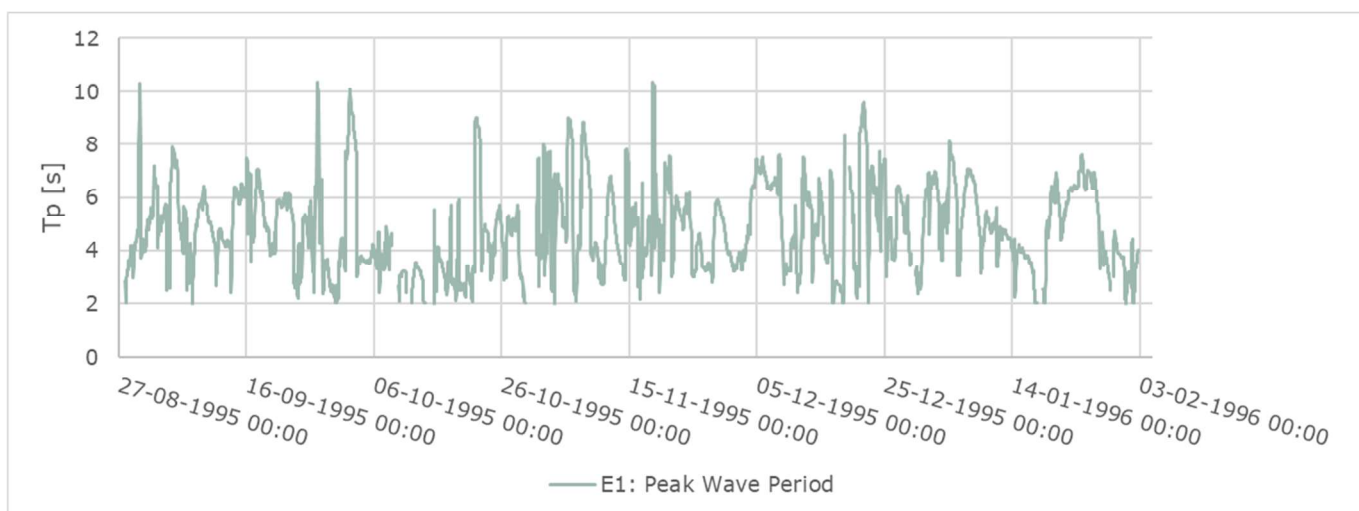


Figur 31 Batymetri i området ud for Ulvshale

På Figur 32 og Figur 33 er vist et udsnit af en tidsserie for den signifikante bølgehøjde (H_s), og bølge peak perioden (T_p). Den signifikante bølgehøjde er defineret som den højeste 1/3 af bølgerne over en måleperiode. Større bølgehøjder medfører højere bølgeenergi og det er denne energi som er med til at erodere kysten og potentielt kan ødelægge diget.



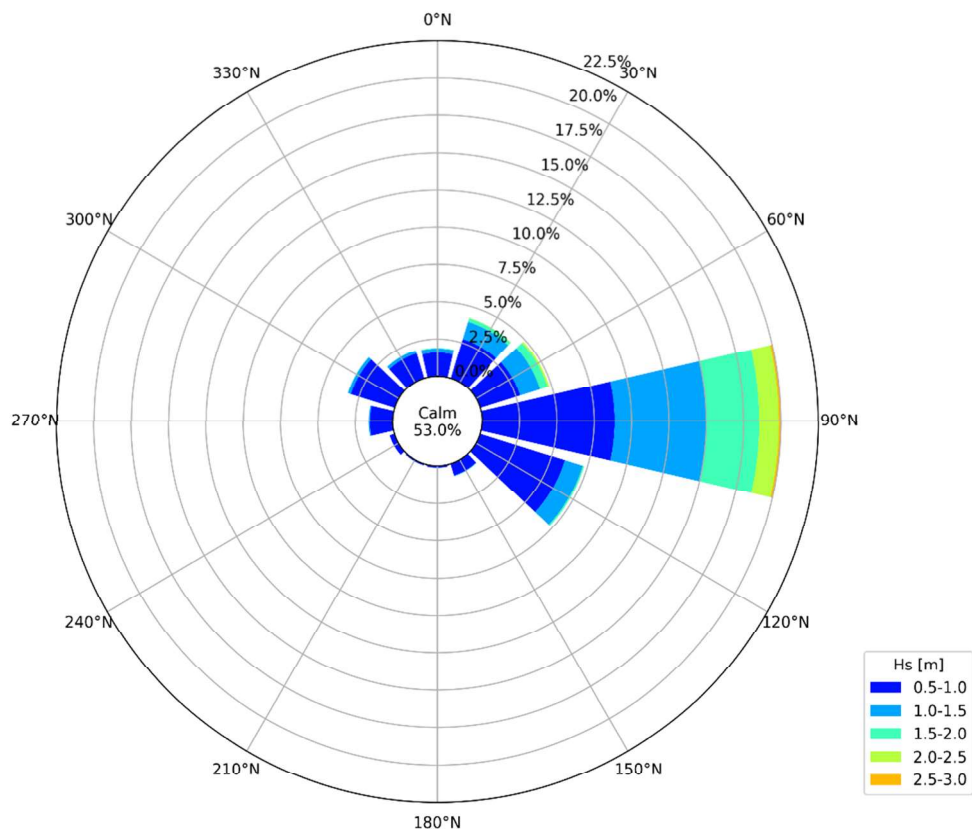
Figur 32 Udsnit af tidsserie for den signifikante bølgehøjde (H_s).



Figur 33 Udsnit af tidsserie for bølge peak perioden (T_p).

3.2.1 Bølgerose

Fra den udtrukne tidsserie er det muligt at lave en bølgerose som viser størrelsen og retningen for bølgerne ud for Ulvshale-fællesskov. Som det fremgår af Figur 34, så er der ca. halvdelen af tiden rolige bølgeforhold ($H_s < 0,5\text{m}$). De største bølger kommer fra nordøst til østlig retning, og der optræder oftest bølger fra østlig retning – de er den primære årsag til langstransport langs Møns nordkyst med materiale transporteret fra Møns Klint forbi Ulvshale til aflejring ved Nyord. På bølgerosen fremgår det også, at der kommer bølger fra landsiden, dette er de mindre bølger som kan opstå fra kysten og ud til udtrækspunktet i tilfælde af fralandsvind.

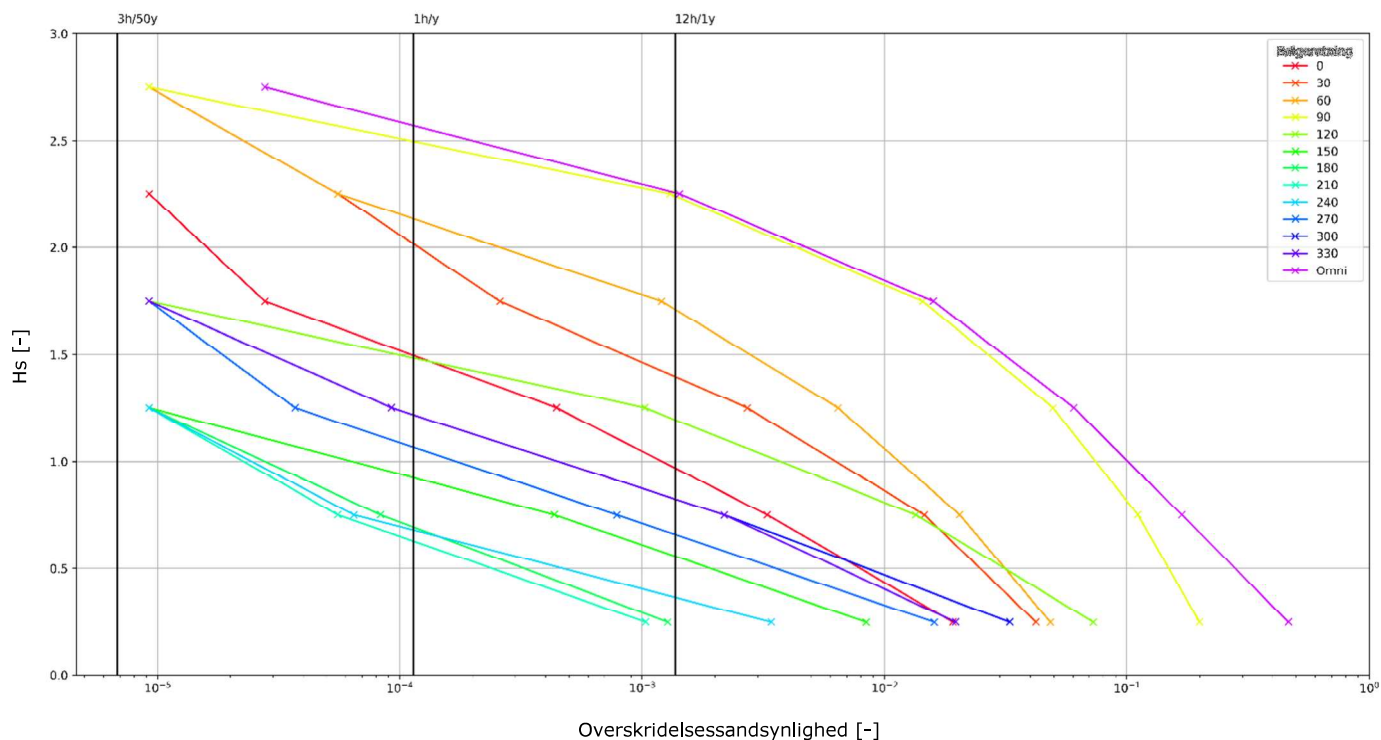


Figur 34 Bølgerose for Ulvshale

3.2.2 Dybvandsbølger

Bølgetidsserien kan benyttes til at lave en overskridelsesanalyse, hvor der undersøges, hvilke sandsynligheder der er for en given signifikant bølgehøjde. Dette sammenholdes med sandsynligheden for en given hændelse. På Figur 35, sammenlignes bølgenes overskridelsessandsynlighed med sandsynligheden for en stormhændelse, der forekommer 3 timer over en 50-årig periode, samt en 1 times hændelse over en 1-årig periode. Til sidst sammenlignes også med en 12 timers periode over et år, denne hændelse benyttes bl.a. til at vurdere den generelle bølgeeksponering af stranden ift. til kvaliteten af denne.

På baggrund af Figur 35, er der estimeret bølgehøjder for de 3 hændelser, og bølgehøjderne fremgår af Tabel 2.



Figur 35 Overskridelsessandsynlighed for H_s for forskellige bølgeretninger. "Omni" er alle retninger.

Tabel 2 Bølgehøjder for forskellige overskridelsessandsynligheder.

Bølgeretning [°N]	Signifikant bølgehøjde, H_s [m]		
	3 timer/50 år	1 time/år	12 timer/år
Omni	2,9	2,6	2,3
0	2,2	1,6	1,0
30	2,7	2,0	1,4
60	2,7	2,2	1,7
90	2,8	2,5	2,2

For at kunne vurdere bølgenes længde, er det nødvendigt at kende forholdet mellem bølgehøjde og bølgeperiode. På Figur 36, fremgår bølgehøjderne og perioderne fra tidserien. På figuren er lavet en estimeret relation mellem bølgehøjde og bølgeperiode:

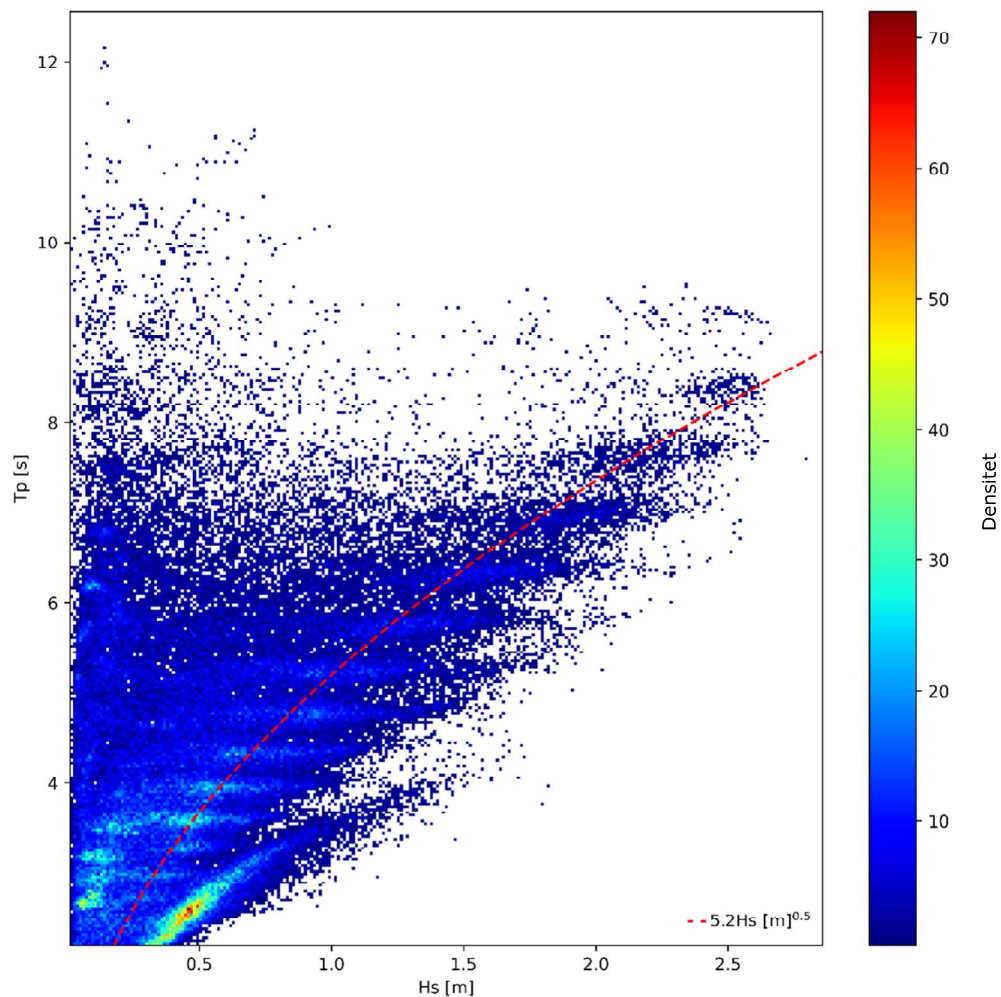
$$T_p = 5.2H_s^{0.5}$$

hvor:

T_p er bølgens peak periode

H_s er bølgens signifikante bølgehøjde

På baggrund af relationen mellem bølgehøjde og periode fås de i Tabel 3 angivne peak bølgeperioder.



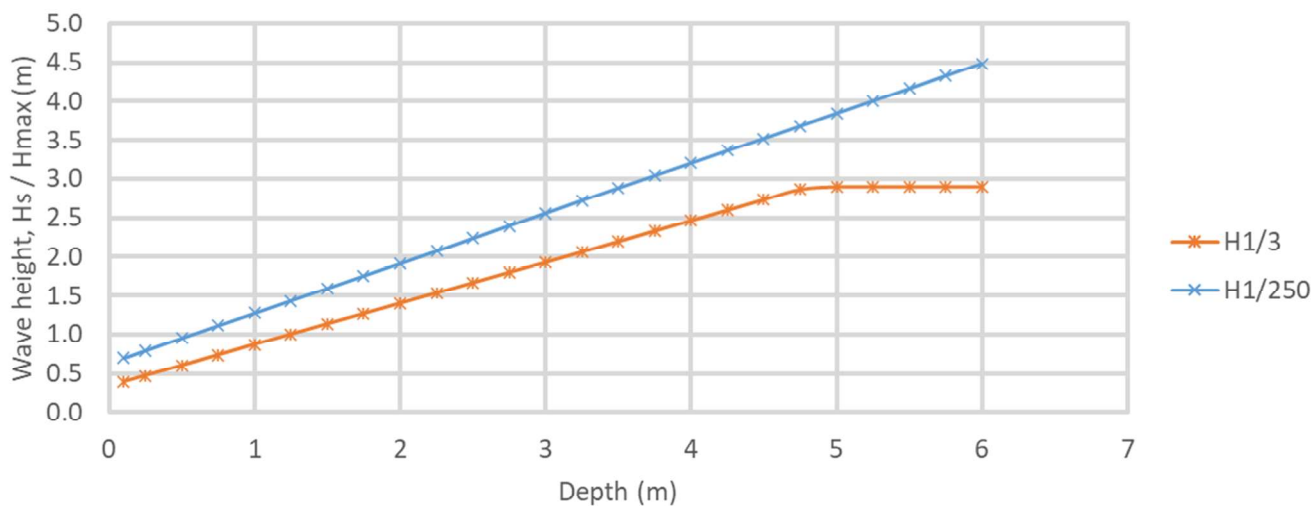
Figur 36 Scatter figur for H_s og T_p . Angivet på figuren er en relation mellem T_p og H_s .

Tabel 3 Tilhørende bølgeperioder for bølgerne i Tabel 2.

Bølgeretning [°N]	Peak bølgeperiode T_p [s]		
	3 timer/50 år	1 time/år	12 timer/år
Omni	8,9	8,4	7,9
0	7,7	6,6	5,2
30	8,5	7,4	6,2
60	8,5	7,7	6,8
90	8,7	8,2	7,7

3.2.3 Bølgetransformation fra dybt til lav vand

Når bølgerne bevæger sig fra dybere vanddybder til lav vanddybde, vil bølgerne begynde at bryde og reduceres i bølgehøjde. Figur 37 viser, hvordan bølgerne nedbrydes, når de nærmer sig kysten.



Figur 37 Bølgetransformation fra dybt til lavt vand for 50 års bølgen for alle retninger. H1/3 er den signifikante bølgehøjde og H1/250 betragtes som den maksimale bølgehøjde.

Når bølgerne bevæger sig mod kysten, er de med til at øge vandstanden lokalt ved kysten, såkaldt bølgestuvning. Bølgestuvningen svarer til ca. 20% af den signifikante dybvandsbølgehøjde. Dette vil for 50 årshændelsen betyde en bølgestuvning på ca. 0,6m.

3.2.4 Bølger til indledende projektering

På baggrund af Figur 37 er det muligt at vurdere de bølger som kystbeskyttelsen skal projekteres for. Når vanddybden skal vurderes til Figur 37, er det nødvendigt at medtage vandstandsforholdene, da den højere vandstand vil kunne lede til højere bølgehøjder.

Ved brug af vandstandene fra Tabel 1 er det muligt at bestemme den signifikante og maksimale bølgehøjde. De forskellige vandstandsniveauer giver de i Tabel 4 og Tabel 5 viste bølgehøjder for henholdsvis et havbunds niveau på -1m og -2m.

For bølge-parametrene til projektering af bølgebryderne medtages der ikke bølgestuvning, da stuvningen antages at forekomme mellem diget og bølgebryderne.

Tabel 4 Den signifikante bølgehøjde og maksimale bølgehøjde relateret til levetiden og middeltidshændelsesperioden. Bølgehøjderne er udregnet for et havbunds niveau på -1m, og ved brug af Figur 37.

MT - vand-stand	20 års MT		50 års MT		100 års MT	
År	H _s	H _{max}	H _s	H _{max}	H _s	H _{max}
2017	1.6	2.2	1.6	2.2	1.7	2.2
2050	1.7	2.3	1.8	2.4	1.8	2.4
2075	1.9	2.5	1.9	2.5	1.9	2.5
2100	2.0	2.6	2.0	2.7	2.0	2.7
2125	2.1	2.8	2.2	2.8	2.2	2.9

Tabel 5 Den signifikante bølgehøjde og maksimale bølgehøjde relateret til levetiden og middeltidshændelsesperioden. Bølgehøjderne er udregnet for et havbunds niveau på -2m, og ved brug af Figur 37.

MT - vand-stand	20 års MT		50 års MT		100 års MT	
År	H _s	H _{max}	H _s	H _{max}	H _s	H _{max}
2017	2.1	2.8	2.2	2.9	2.2	2.9
2050	2.3	3.0	2.3	3.0	2.3	3.0
2075	2.4	3.1	2.4	3.1	2.4	3.2
2100	2.5	3.3	2.5	3.3	2.6	3.3
2125	2.7	3.5	2.7	3.5	2.7	3.5

3.3 Sikringshøjder

Uden bølgepåvirkning er sikringsniveauet 1872 + havniveauet i år 2075 svarende til 3,62 m DVR90 for de indre diger.

De bølgepåvirkede del af Ulvshale har sikringshøjden 1872 + havniveauet år 2075 svarende til 3,62 m DVR90 tillagt bølgetillægget på 1,2 m = 4,80 m DVR90

3.4 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 tørkeperioder. Allerede nu oplever vi 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 eskalerer i fremtiden.

3.5 Samtidighed af stormflod og længerevarende nedbør

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

Derfor fokuseres kun på vinternedbør som har stort forventet sammenfald med stormflod eller høj ydre vandstand. De senere år har flere områder af Danmark oplevet episoder med ualmindelig høj vinternedbør – 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 vinternedbøren tiltager med omkring 40%, 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 Forundersøgelse af kystbeskyttelsen

Kystbeskyttelse er en paraplybetegnelse for både erosion, der er drevet af på-landsbølgers ødelæggende kræfter, og havoversvømmelse, der drives af vandstandshævningen under en stormflod.

Dertil skal tillægges "klimapåvirkningen" der dels er forventet stigning i både bølgehøjde og maksimalvandstand grundet havspejlsstigningen samt de andre afledte klimapåvirkninger som øget nedbør, højerestående grundvand og samtidigheds-fænomenerne.

4.1 Overordnede løsningsforslag

Den overordnede løsning er at frigøre Ulvshale boligområde fra "alle slags vand" – derved menes at Ulvshale boligområde lokalt populært skal opfattes som et stort badekar. Området får høj ensartet "badekars-kant" i form af diger, der skal håndtere de fremtidige stormfloder med høj vandstand kombineret med havspejlsstigning.

Til håndtering af de indfaldende bølger anlægges bølgedæmpende bølgebrydere med bagvedliggende højtliggende strand, der hvor de mangler i dag og der anlægges samme terrænhøjder mellem bølgebrydere og havdiger langs hele strækningen.

"Badekarret" skal forsynes med udløbspunkter til gravitationelt udløb samt pumper mod øst og vest for at sikre afstrømning både i hverdagen og at nedbørsvand kan fjernes effektivt fra området i tilfælde af både skybrud og længerevarende vinternedbør samtidig med høj ydre vandstand – samtidig skal der anlægges lavninger og mindre grøfter, der hurtigt får nedbørsvandet ned i den nuværende store øst-vest-gående grøft i stedet for ind i boliger.

4.2 Erosionsbeskyttelse

4.2.1 Bølgebrydere

For at bestemme den stenstørrelse som er nødvendig for at modstå de dimensionsgivende bølger benyttes Hudsons formel, til at udregne den nødvendige middelstenvægt:

$$W_{50} = \frac{\rho_r H_s^3}{K_D \Delta^3 \cot \alpha}$$

hvor:

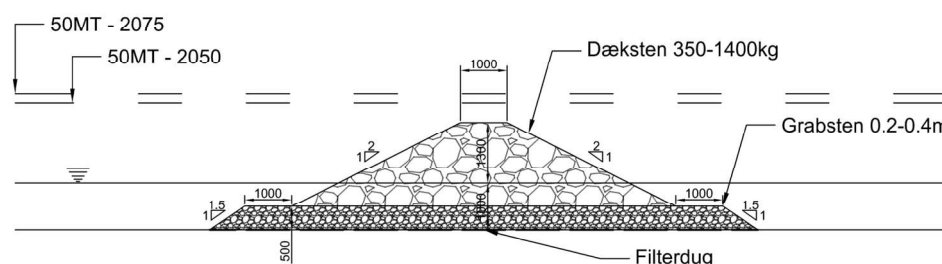
W_{50}	er middelstenvægten
ρ_r	er densiteten af sten (antages 2650kg/m ³)
H_s	er den signifikante bølgehøjde
K_D	er stabilitetskoefficient (antages til 2, svarende til begyndende skade)

Δ er den relative densitet mellem sten og vand (vands densitet antages til 1025kg/m³)
 $cot\alpha$ er hældningen på skråningen (sættes til 1:2)

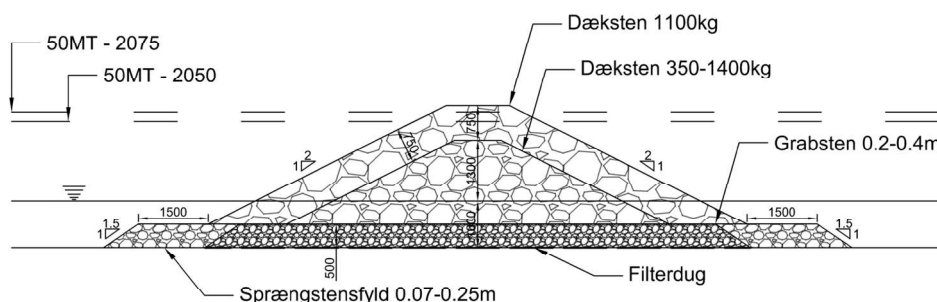
På baggrund af 50 års middeltidshændelsen om ca. 50 år (se Tabel 4 og Tabel 5), er det med Hudsons formel muligt at udregne at på 1m vanddybde skal der bruges dæksten med en middelvægt på ca. 1,1t, imens der for 2m vanddybde skal benyttes en middelvægt på ca. 2,35t.

De eksisterende bølgebrydere, vil under en 50 års middeltidshændelse om ca. 25 år og 50 år stå under vand, som vist på Figur 38. Det anbefales derfor at forstærke bølgebryderne, både for at sikre at krone koten (toppen af bølgebryderen) er højere end en 50 års middeltidshændelse i fremtiden, samt at der kan placeres større sten til at gøre bølgebryderen mere robust.

Figur 39 viser en forstærkning af de eksisterende bølgebrydere, hvor sten med en middelvægt på 1,1t benyttes. For at det nye lag dæksten kan placeres, skal tåen i bunden udbygges, så dækstenene kan placeres herpå, samt at der er tilstrækkelig beskyttelse mod lokal erosion ved bølgebryderen.



Figur 38 Tværsnit af eksisterende bølgebrydere, baseret på Figur 6. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.



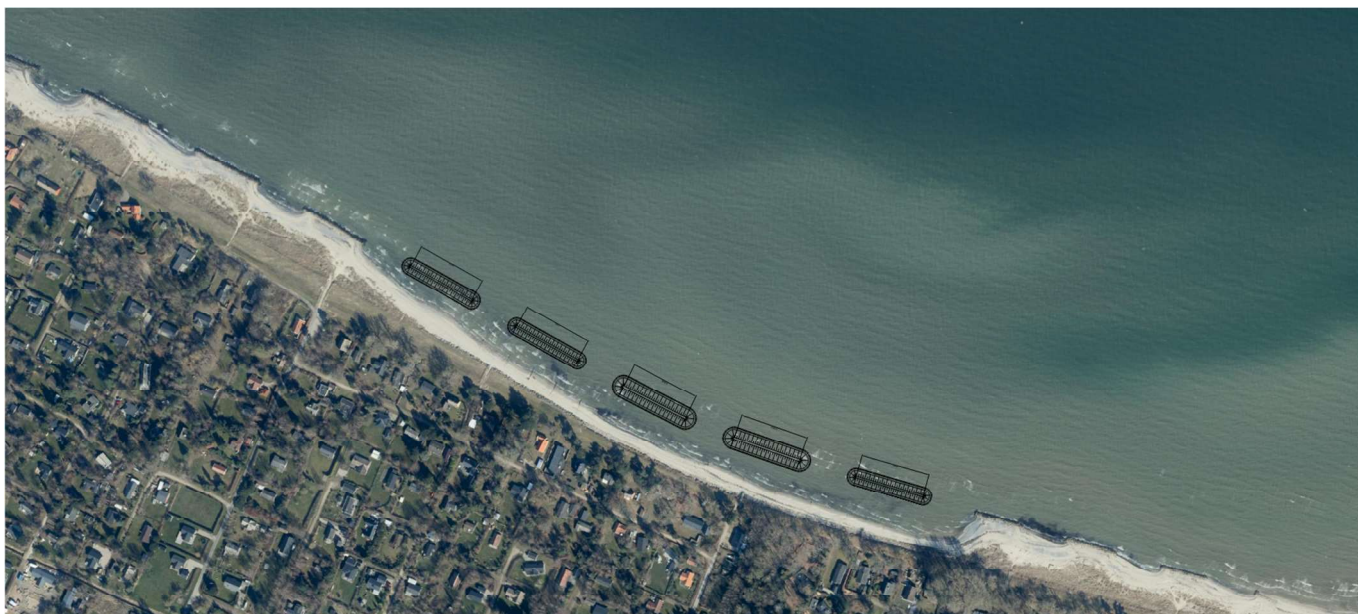
Figur 39 Oplæg til forstærkning af eksisterende bølgebrydere. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.

Oplægget til placering af de nye bølgebrydere er baseret på ingeniørmæssig erfaring, samt en vurdering af de omkringliggende bølgebrydere og deres effekt. Et oplæg til placering af de nye bølgebrydere er vist på Figur 40.

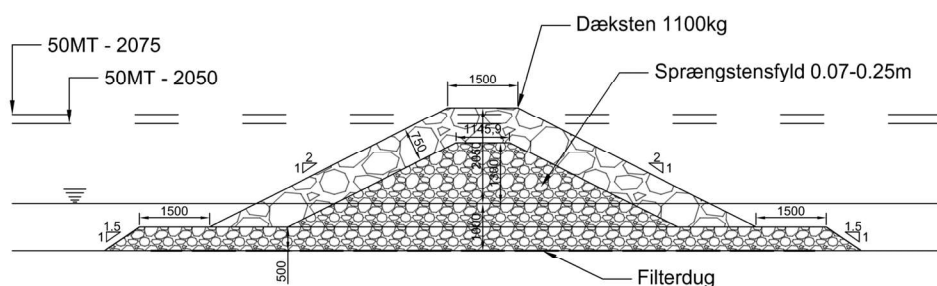
Figur 40 viser to versioner af en bølgebryder, en på 1m vanddybde og en på 2m vanddybde. Da havbunds niveauet er ukendt for de nye bølgebrydere på nuværende tidspunkt, er det antaget at 3 vil være placeret på 1m vanddybde, og 2 vil være placeret på 2m vanddybde.

Det anbefales at inden den næste fase af projekteringen udføres at der laves en havbundsopmåling, for at fastslå vanddybden på strækningen.

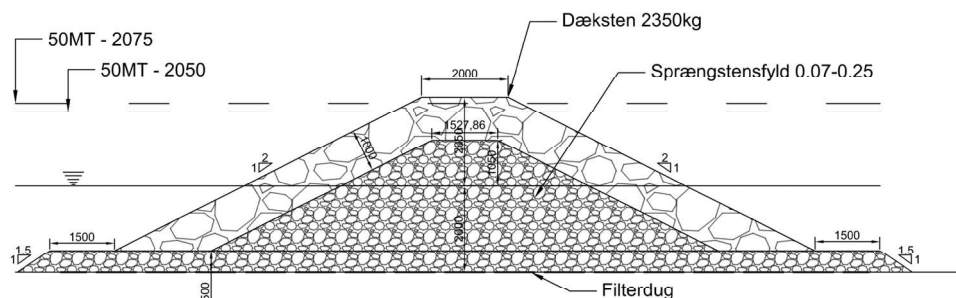
Tværsnittet for de 2 versioner af bølgebryderne er vist på Figur 41 og Figur 42.



Figur 40 Ideoplæg til placering af nye bølgebrydere. De 2 mest vestlig placerede bølgebrydere samt den østligste er placeret på 1m vanddybde. De resterende 2 er placeret på 2m vanddybde.



Figur 41 Skitse af ny bølgebryder på 1m vanddybde. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.



Figur 42 Skitse af bølgebryder på 2m vanddybde. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.

4.2.2 Sandfodring

For at få den fulde beskyttelse af diget, vil der skulle sandfodres mellem diget og bølgebryderne, så der kan dannes et forland, som det ses ved de andre bølgebrydere. På Figur 43 er angivet et område med areal på omkring 31.000 m² som bør sandfodres. Det antages for nu at der skal bruges sand med en 1m gennemsnitlig lagtykkelse til sandfodringen, svarende til 31.000 m³.



Figur 43 Sandfodringsareal. (Sattelitfoto: Google Earth)

Det vurderes ikke at opførelsen af bølgebryderne vil medføre en negativ påvirkning på sandtransporten i området, og at der ikke vil være negative konsekvenser for områderne vest for strækningen med nye bølgebrydere.

Det forventes derfor ikke at der behøves løbende vedligeholdelsesfodringer på strækningen, da det ikke har været tilfældet for nuværende strandfodringsområder. Dette er baseret på at de omkringliggende strækninger med bølgebrydere er stabile. Det kan dog ikke udelukkes at kommune/myndigheder vil stille krav om vedligeholdelsesfodringer for at tildele en tilladelse. På dette stadie vurderes det dog ikke at vedligeholdelsesfodringer behøves medtaget i projektet.

4.3 Oversvømmelsesbeskyttelse

4.3.1 Opdatering af eksisterende diger

De eksisterende nordvendte kystdiger er dimensioneret til at beskytte mod en stormflod af samme størrelsesorden som man oplevede det under 1872 stormen. Inspektion af digets tilstand i sommeren 2023 viser mange steder på strækningen, at diget er udsat for både antropogen erosion, erosionsskår fra bølgepåvirkning og der er identificeret gravehuller i diget fra ræve og gnavere. Det fremgår af profiloptegningerne at sikringsniveauet varierer meget over strækningen og det er derfor vigtigt at diget bliver vedligeholdt og at der samtidig etableres et ensartet sikringsniveau med ensartet robusthed langs strækningen.

Det eksisterende østlige dige er også meget uensartet i både kronekote – fra 1,7 til 3,1 m DVR90 og i strukturel tilstand med flere større træer direkte på diget og derved rodnet i diget – det bør også genopbygges kystteknisk korrekt med ensartet sikringsniveau og med lokalt bølgebidrag tæt på kysten.

4.3.2 Nye diger

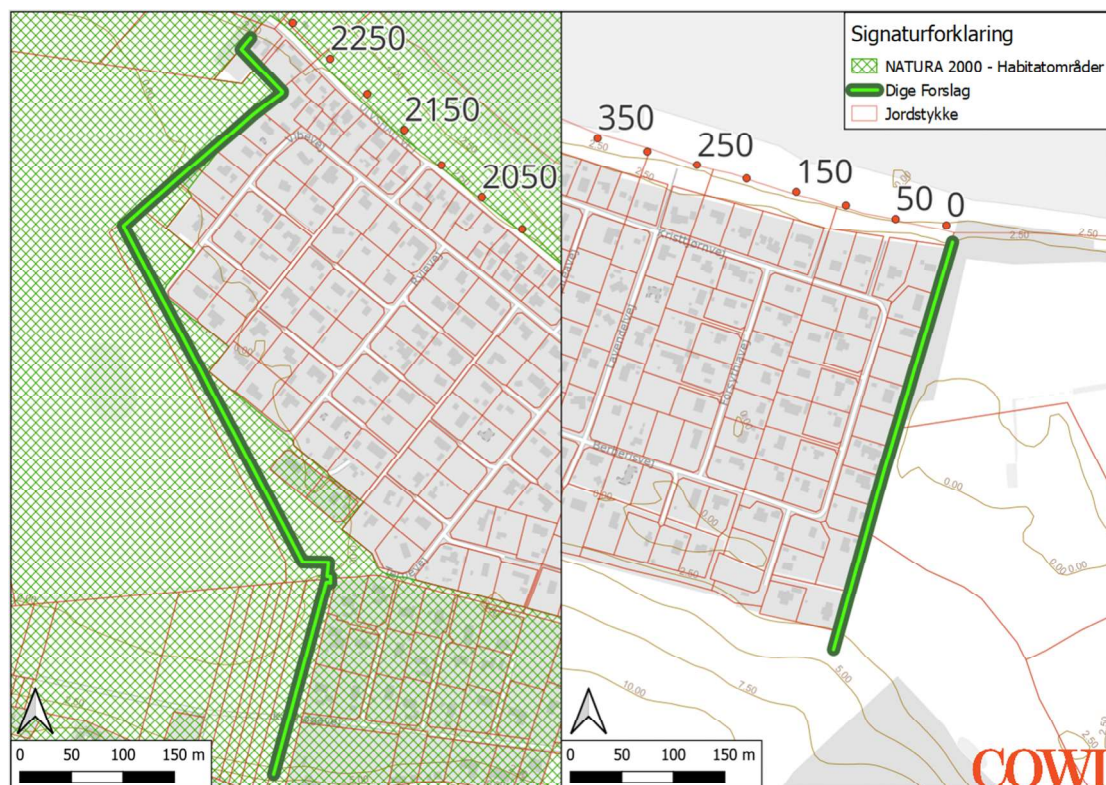
Der arbejdes med andre løsninger og dette forslag er ikke længere aktuelt.

Som det ser ud i dag, vurderes området særdeles oversvømmelsestruet fra højvandsændelser, eftersom der ikke er etableret tilstrækkelig robust ensartet højvandssikring ved det Søndre dige, Nordøstre dige og ved det vestlige dige – alle i vestlige del af projektområdet.

Her kan der med fordel anlægges et nyt vestlige dige, der er kystteknisk optimeret og overordnet følger sommerhusområdets afgrænsning indenfor det reducerede habitatnatur område, se Figur 23. Fordelen ved det tilbagetrukne vestlige dige er, at det kun i meget begrænset omfang vil risikere at være bølgepåvirket, og det er derfor ikke nødvendigt at dimensionere diget til at inkludere bølgeopløb. Herved bliver diget ikke så højt og derved ikke så bredt.

Som udgangspunkt anbefales det, at sikringsniveauet er ensartet over hele beskyttelsens længde. Dvs. at sikringsniveauet for det Nordre dige bør videreføres, både ind i land langs Østlige dige, og langs det foreslåede Vestlige dige – dog uden bølgebidrag.

Et løsningsforslag til forhøjelse og yderligere anlæggelse af landdigerne i den østlige og vestlige del af området er illustreret i Figur 44.



Figur 44 Forslag til anlæggelse af Vestlige dige (til venstre) inklusive markering af nuværende udbredelse af Natura 2000 område. Østlige dige (til højre) bibeholder nuværende placering og anlægges kystteknisk korrekt.

Terrænniveauet langs det foreslåede Vestlige dige er særdeles lavt, helt ned til ca. kote -0,7 m. Det betyder at landdiget, næsten uanset hvilket sikringsniveau, der vælges, bliver meget dominerende i landskabet og at det forventes at give udsigtsgener for sommerhusejerne. De samme sommerhusejere drager umiddelbart størst nytte af diget, da deres huse er beliggende så lavt som -0,4 m DVR90, og bliver derved først og kraftigst oversvømmet fra sydvestlige oversvømmelser.

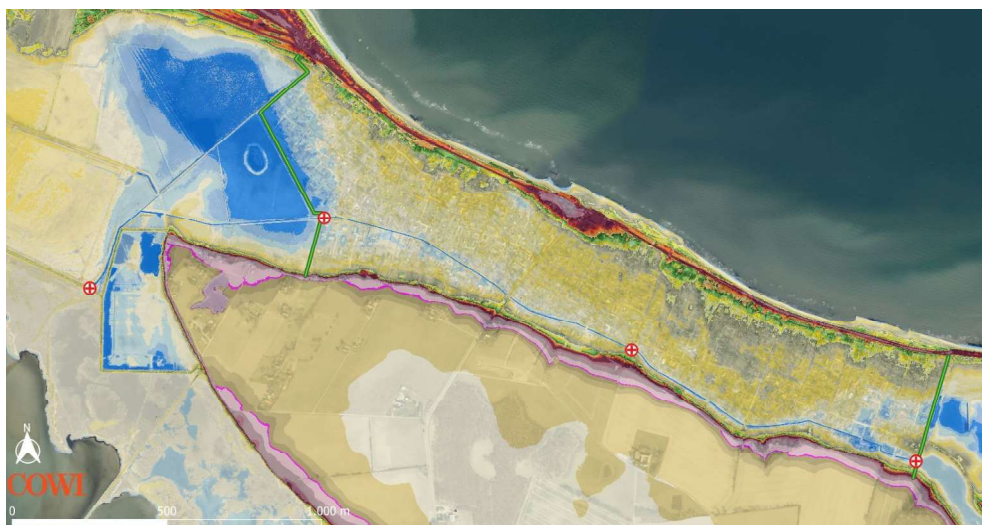
4.3.3 Pumper

Det nye vestlige dige og det opdaterede østlige dige samt det veludbyggede nordre dige, er "badekarrets" kanter etableret. Derved kommer der ikke vand udefra, men der kommer stadig vand fra nedbør som skal håndteres ved at skulle pumpes ud af projektområdet. Da projektområdet indenfor badekars-kanten er omkring 0,92 Km², så skal der tilstrækkelig pumpekraft til at kunne frigøre området fra nedbørs-vand relativt hurtigt.

Ved placering af pumper i hver ende af nuværende grøft samt i midten af grøften med udløb gennem havdiget, er tilløbstiden fra nedbøren falder på terræn til den er løbet til en af pumperne minimeret.

Det er ikke endeligt vedtaget, hvor store pumper der skal estimeres for, da det både er et klimarelateret og et økonomisk spørgsmål, men placeringen af

pumperne defineres af nuværende overflade-terræn, da den underliggende morænejord minimerer naturlige nedsivning af nedbør, se Figur 45.



Figur 45 Anbefalet placering af de tre pumper (røde kryds) indenfor projektområdet - samt opdatering af nuværende pumpe i Søndre dige.

4.4 Samlet klimatilpasning

Den samlede klimatilpasning af projektområdet er overordnet opdelt i faser for at kunne overskue de enkelte del-leverancer lettere.

Den samlede klimatilpasning er først fuldt funktionsdygtig, når de kritiske faser er etableret.

Fase 1 er etablering af de nye bølgebrydere mellem de eksisterende, der giver et samlet højt sikringsniveau mod kysterosion. Bag disse nye bølgebrydere sandfodres stranden op til samme høje niveau (+1,5 m DVR90) som de nuværende strande for at minimere bølgenes energi inden de rammer digelinjen med havdiget. Havdiget opbygges som traditionelt sanddige med morænelers-overlag og muldblandet græsblanding til den landværts beliggende havoversvømmelsesbeskyttelse mod havet.

Ved GF den 11. november 2024 er det besluttet at få tilladelse til etablering af bølgebrydere/stenrev langs Ulvshalevej

I den nordvestlige del af havdiget er Natura 2000-udpegningen en umiddelbar hindring for at kunne fortsætte bølgebryder-linjen. Derfor er eksisterende skråningsbeskyttelse og bagvedliggende højtliggende naturlige ler-plateau vigtigste erosionsbeskyttelse mod bølger og erosion.

Fase 2 er etablering af Vestlige dige og opdatering af Østlige dige med tilhørende pumper og udløbsbygværker, der samlet oversvømmelsesfrigør Ulvshale boligområder fra både for havoversvømmelse og fra oversvømmelsesmulighed i forbindelse med både længerevarende vinternedbør og sommer-relateret skybrud.

Fase 3 er opdatering af eksisterende pumpe i Søndre dige samt de tiltag som opretholder nuværende beskyttelse mod havoversvømmelse og som samtidig optimere levedmulighederne for flora og fauna i dette helt specielle naturområde.

5 Anlægsoverslag

5.1 Bølgebrydere

På baggrund af skitserne i afsnit 4.2, er der udregnet et anlægsoverslag for etableringen af bølgebrydere og sandfodring. Af Tabel 6 fremgår mængderne af materiale der skal benyttes til bølgebryderne. Tabel 7 viser de mængder af materiale der skal indkøbes foruden de sten som digelaget allerede har erhvervet sig. Tabel 8 angiver enhedspriserne for de enkelte materialer. Der er for dæksten tages højde for at der for de eksisterende bølgebrydere skal graves sand væk for at kunne placere stenene, samt at der på 2m vanddybde skal benyttes større sten end ved 1m vanddybde. Tabel 9 angiver prisen for de materialer som skal indkøbes til bølgebryderen.

Tabel 6 Materiale-mængde til bølgebrydere.

	Eksisterende	Ny - vanddybde 1m	Ny - vanddybde 2m
Antal	8	3	2
Dæksten [m ³]	4592	1743	2156
Sprængstensfyld/Ral [m ³]	1232	3423	3766
Geotekstil [m ²]	0	3087	2688

Tabel 7 Materiale mængde til bølgebrydere fratrasket stenmængde på lager.

Fratrasket lagersten	Eksisterende	Ny - vanddybde 1m	Ny - vanddybde 2m
Dæksten [m ³]	4239	1743	2097
Sprængstensfyld/Ral [m ³]	1232	3423	3766
Geotekstil [m ²]	0	3087	2688

Tabel 8 Enhedspriser på materialer, baseret på tidligere COWI projekter.

Priser	Eksisterende	Ny - vanddybde 1m	Ny - vanddybde 2m
Dæksten [kr./m ³]	650	600	700
Sprængstensfyld/Ral [kr./m ³]	500	500	500
Geotekstil [kr./m ²]	-	50	50

Tabel 9 Pris for materialer til bølgebrydere.

Priser	Eksisterende	Ny - vanddybde 1m	Ny - vanddybde 2m
Dæksten [kr.]	2755388	1045800	1468024
Sprængstensfyld/Ral [kr.]	616000	1711500	1883000
Geotekstil [kr.]	-	154350	134400

Summen af prisen for materialer i Tabel 9, samt de 70.000 kr. som fremgår af tilbudsdokumentet for de erhvervede sten, vil den samlede pris for bølgebryderne være ca.:

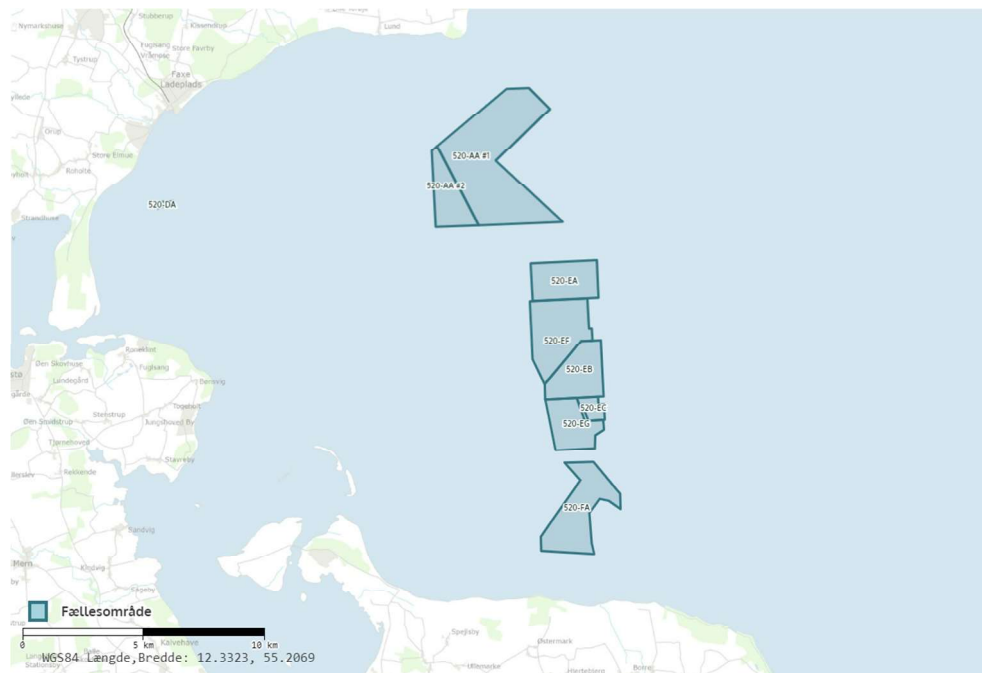
9.840.000 kr. ekskl. moms.

Prisen for sandfodring kan opdeles i to dele: Mobilisering af skib og mandskab, samt enhedsprisen for sand.

Der antages en mobiliseringspris på 500.000 kr., samt en enhedspris på 100 kr./m³ sand.

Der findes fælles indvindingsområder omkring 10 km fra stranden, se Figur 46, og det antages et af disse områder vil være egnet til sandfodringen.

Med en sandfodringsmængde på ca. 31.000 m³, vil prisen være ca. 3.600.000 kr. ekskl. moms.



Figur 46 Fællesområder til råstofindvinding. Kort: Miljøstyrelsen.

Priserne på materialer og indbygning af disse er medtaget i priserne ovenfor, dog er der ikke medregnet anstilling fra entreprenøren og andre udgifter ikke direkte relateret materialerne. Det anbefales derfor at tillægge prisen minimum 30% for at sikre disse udgifter er medtaget, samt at evt. uforudsigelige udgifter er med taget.

Den samlede pris vil derfor for forstrækning af eksisterende bølgebrydere, opførelse af nye bølgebrydere og sandfodring være ca.:

17.500.000 kr. ekskl. moms.

5.1.1 Overvejelser i forbindelse med prissætningen af bølgebryderne

Prisen på bølgebryderne er baseret på begrænset data, bl.a. er det ikke klart hvad den præcise vanddybde er i området hvor bølgebryderne skal anlægges.

Inden de næste faser for bølgebryderne igangsættes, anbefales det derfor at få foretaget en opmåling af kyststrækningen. En opmåling vil give information om havbunden som kan benyttes til at få et mere præcist billede af hvilke bølger der kan forekomme ved bølgebryderne, dette sammen med vanddybden ved bølgebryderne vil kunne være med til at optimere størrelsen af sten og mængderne. Dette vil have en indvirkning på hvilken prissætning der kan laves. En opmåling samt mere detaljeret projektering af bølgebryderne vil også kunne være med til at fjerne nogle af de usikkerheder der er på dette stadie. Dette vil medvirke til at risikoen for overraskelser under udførelsen minimeres.

5.2 Diger

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. Hvis der indhentes moræneler til billigere priser etc. bør denne enhedspris indarbejdes.

De fire diger er endog meget forskellige i anlægsoverslag, da de er på et meget uens funktionsniveau.

Nordre Dige er fuldt funktionsdygtigt med sikringskote på 3,62 m DVR90 og som skal tilføres 1,2 cm bølgebidrag for at være fuld funktionsparat til fremtidige stormfloder. Anlægsoverslaget for det opdaterede Nordre Dige på alle 3,27 Km er 9,73 Mio. kr. ekskl. moms.

Det nuværende østlige dige skal genopbygges fra bunden, da hele træer med rode skal fjernes fra diget og det skal opbygges kystteknisk korrekt med ensartet dige-sikringskote og bølgetillæg mod havet. Anlægsoverslaget for det opdaterede østlige dige på alle 0,41 Km er 9,73 Mio. kr. ekskl. moms.

Det fremtidige Vestlige Dige skal opbygges fra bunden på en relativt lavtliggende terrænoverflade relativt tæt på boliger nær Habitat-naturområde. Anlægsoverslaget for det nyanlagte Vestlige Dige på alle 0,9 Km er 12,97 Mio. kr. ekskl. moms.

Det Søndre Dige skal opdateres i kommunikation med Miljøministeriet om ønsker til den nuværende - og den fremtidige naturtilstand i Habitatnaturen. Hvis det skal opdateres til 3,62 m DVR90 i hele sin længde på 1,23 Km, så vurderes anlægsomkostningerne at være på 5,05 Mio. Kr. ekskl. moms.

Det samlede anlægsoverslag (med omkring 50-60% usikkerhed) for alle 4 diger er på 29,23 Mio. Kr. ekskl. moms. når alle materialer er tilkøbte og anlagt af dansk entreprenør baseret på lignende anlægsprojekter.

From: Pernille Sørensen
Sent: Tue, 10 Jun 2025 06:33:54 +0000
To: Kystbeskyttelse; Beth Søborg Lundholm
Subject: VS: Anmodning om at opstarte en §1 a proces fra Ulvshale-Fællesskov Digelag (bilag 2 og 3)
Attachments: Bilag 2 skitse helhedsplan.pdf, Bilag 3 Projektbeskrivelse bølgebrydere.pdf

Venlig hilsen

Pernille Sørensen
Teamleder

Mobil: [REDACTED]
perso@vordingborg.dk



Natur og Vand
Østergårdstræde 1A
4772 Langebæk
tekpost@vordingborg.dk



Vordingborg Kommune
Valdemarsgade 43
4760 Vordingborg

Fra: Bestyrelse - Ulvshale Digelag <bestyrelse@ulvshale-digelag.dk>

Sendt: 28. maj 2025 16:22

Til: Pernille Sørensen <perso@vordingborg.dk>

Emne: Anmodning om at opstarte en §1 a proces fra Ulvshale-Fællesskov Digelag (bilag 2 og 3)

Hej Pernille

Hermed bilag 2 og 3 til fremsendt anmodning.

Mvh Alex

KLIMASIKRING I ULVSHALE

Nuværende klimasikring

Sommerhusområdet i Ulvshale er i dag kendetegnet ved at det ligger så lavt, at de fleste huse allerede ved forhøjet vandstand på 1,50 m, alle vil blive enten oversvømmet eller utilgængelige pga. oversvømmede adgangsveje.

Digelaget har diger på 2 m (DVR90)* rundt om området for at modvirke oversvømmelse fra havet og kun langs den nordlige kyststrækning, er digerne højere end 3,0 m (DVR90)* for også at medtage opskyl fra bølgerne. Diger er opbygget af ler og sand og har til formål at holde vand ude, men de kan ikke tåle bølgenes erosive kræfter.

Derfor er der havværts digerne bygget forskellige former for erosionsbeskyttelse, herunder skråningsbeskyttelse, bølgebrydere og terrænhævninger som klitter, flade plateauer af ler etc. Deres formål er alle at beskytte digerne ved at tage bølgenes energi ud inden vandet rammer digerne.

I oktober 2023 indtraf den største stormflod for området siden 1904 og her var det tydeligt at de områder på den nordlige kyststrækning, hvor der ikke var noget eller kun svag erosionsbeskyttelse, havde bølgenes erosion fjernet op til ¾ dele af diget.

Umiddelbart efter stormen blev genopbygningen af digerne gennemført.

Genopbygning af klitterne langs Ulvshalevej fra station 1955 til 2340, altså 385 m, udestår stadig og afventer Vordingborg kommunes behandling af kap. 1a.

For at begrænse skaden fra evt. fremtidige storme inden fase 2 er gennemført, er der udarbejdet en plan for afværgeforanstaltninger som aktiveres hvis DMI udsteder varsel om forhøjet vandstand (over 1,2 m). Det kræver dog en godkendelse fra Vordingborg Kommune, som endnu ikke er modtaget.

DVR90 Note: Alle koter angivet i det danske højdesystem DVR90, som er "Dansk Vertikal Reference 1990"*

Fremtidig klimasikring

Helhedsplan (skitse) for Ulvshale-Fællesskov området

For at modstå kommende storme og klimaændringer er der sammen med COWI udarbejdet et oplæg til en samlet plan for kystbeskyttelse for sommerhusområdet i Ulvshale (helhedsplan).

Planen er faseopdelt for at sikre, at klimatilpasningen kan håndtere både akutte problemer og fremtidige udfordringer, samtidig med at implementeringen fordeles over tid for at lette finansiering og minimere påvirkningen af lokalområdet.

STATUS:

Fase 0, omhandler genopbygningen efter stormen i oktober 2023. Genopbygningen af digerne er gennemført.

Genopbygning af klitterne langs Ulvshalevej udestår stadig (fra station 1955 til 2340), da det kræver godkendelse af Vordingborg kommune. Ansøgning om tilladelse til genopbygning er indsendt til Vordingborg Kommune. Sagsbehandlingen i Vordingborg kommune er sat i bero i januar 2025. Genopbygningen af klitrækken vil indgå i kap. 1 a processen. Tidshorisont for en godkendelse er pt. ukendt.

Fase 1, omhandler etablering af de fem "manglende" bølgebrydere:

Digelaget har indsendt ansøgning om etablering og har modtaget en tilladelse fra Vordingborg Kommune i oktober 2024. Miljø- og Fødevareklagenævnet har modtaget 2 klager fra lodsejere i Ulvshale.

Afgørelse i forbindelse med de 2 klager er modtaget fra Miljø- og Fødevareklagenævnets den 31. marts 2025.

Tilladelsen fra Vordingborg kommune er annulleret.

Bestyrelsen er i dialog med Vordingborg Kommune i forhold til afklaring af det videre forløb. Tidshorisont er pt. ukendt.

Fase 2, omhandler etablering af erosionsbeskyttelse af diget og kysten langs Ulvshalevej: Løsningsmodellen bølgebrydere/stenrev er vedtaget på generalforsamling den 10. november 2024. COWI undersøger mulighed for tilskud og mulighederne for etablering af kystbeskyttelse i Natura 2000. Endelig løsning er endnu ikke defineret.

Fase 3, omhandler oversvømmelseshåndtering, både i forhold til regnvand og til havstigning. Planer i forhold til håndtering af regnvand pågår i grundejerforeningens regi. Omfang er endnu ikke defineret. Når Fase 3 er afsluttet, er klimasikringen komplet.

Beslutninger i forhold til fase 2 og 3 vil undervejs blive forelagt digelagets generalforsamling.

Link til de nævnte faser for yderligere information:

- **FASE 1 - Etablering af 5 nye bølgebrydere** - Ulvshale øst
- **FASE 2 - Kystbeskyttelsesprojekt langs Ulvshalevej**
- **FASE 3 - Oversvømmelseshåndtering**
- **FASE 0 - Genopbygning efter stormen i oktober 2023**

FASE 1 - Etablering af 5 nye bølgebrydere - Ulvshale Øst

Denne fase omfatter etablering af 5 nye bølgebrydere mellem de eksisterende bølgebrydere langs Fællesskov Strand for at lukke hullet mellem de eksisterende bølgebrydere. Denne strækning har under stormen i oktober 2023 vist sig at være særligt udsat.

Bag disse nye bølgebrydere sand-fodres stranden op til samme niveau som de nuværende strande for at minimere bølgenes energi inden de rammer diget.

De tidligere etablerede træhøfder vil blive fjernet samtidig med etablering af de fem bølgebrydere.

Tid: Tidspunkt for opstart af arbejdet er pt. ukendt, da der er truffet en afgørelse i forhold til 2 klager over Vordingborg kommunes tilladelse (afgørelse). Afgørelsen betyder at sagen er stoppet midlertidig.

Økonomi: Budget 16 mio. kr. inkl. moms, svarende til 18.000 kr. pr arealenhed. Grundet at sagen skal behandles på ny, jf. afgørelse fra Klagenævnet er budget dog pt. usikkert.



Placering af de 5 bølgebrydere



De tidligere etablerede træhøfder vil blive fjernet.

FASE 2 - Erosionsbeskyttelse langs Ulvshalevej

Etablering af 6-9 bølgebrydere/stenrev langs Ulvshalevej for at reducere bølgeenergi og dermed beskytte diget langs Ulvshalevej – som vi kender dem fra østlige del, hvad angår påvirkninger i hverdagen, badeforhold og kystbeskyttende effekt på diget.

Efterfølgende billeder er fra COWIs præsentation ved generalforsamlingen den 27. oktober 2024. Den endelige løsning vil ikke nødvendigvis se ud som skitseret nedenfor, da den skal tilpasses ift. fysikken, ønsker, placering og økonomi.





Valg af bølgebrydere eller stenrev afhænger af evt. krav fra myndigheder i forhold til beskyttelse af habitatområdet (Natura-2000). Begge løsninger undersøges i forhold til muligheden for at få en godkendelse. Løsningen med stenrev vurderes som mest sandsynlig, da disse, ud over kystbeskyttelse, samtidig styrker havets biodiversitet. Løsningen med bølgebrydere vurderes at være vanskeligt at få tilladelse til i Natura-2000-områder.

Bag bølgebrydere/stenrev sandfodres stranden op til samme niveau som de nuværende strande for at stabilisere kystlinjen og skabe forland og dermed minimere bølgenes energi inden de rammer diget.

Løsningsmodellen er vedtaget på generalforsamling den 10. november 2024.

Geotekniske undersøgelser: Havbundens og terrænets forhold kortlægges for afklaring af optimal placering og design af bølgebrydere/stenrev.

Miljøvurdering: Da området ligger i Natura 2000-områder ligger en større opgave i sikring af nødvendige tilladelser.

Tilskud: Muligheder for tilskud undersøges sideløbende med indhentning af nødvendige tilladelser. Såfremt der skal anlægges stenrev, forventes mulighed for diverse tilskud. I tilfælde af bølgebrydere kan der ikke forventes tilskud.

Tid: Ansøgning forventes indsendt 2025.

Tidspunkt for opstart af anlægsarbejderne afhænger af processen med myndighedsansøgning og -tilladelse.

Økonomi: Ved generalforsamlingen 27. oktober 2024 blev præsenteret et overslag som var behæftet med en meget stor usikkerhed, hvilket skyldes manglende afklaring af placering, antal og udformning. Når tilskudsmulighederne er afklaret og et mere detaljeret projekt, vil usikkerheden være reduceret. Budget er derfor endnu uafklaret.

Betaling af andel: Betalingsform og finansiering er uafklaret. Muligheder undersøges når tilskudsmulighederne er afklaret og der foreligger et overslag med mindre usikkerhed.

LINK:

COWIs præsentation ved generalforsamlingen den 27. oktober 2024 (pdf - 3,8 MB)

Beslutning på ekstraordinær generalforsamling 10. november 2024

Danmarks Naturfredningsforening om stenrev

Opsamling fra Dialogmødet lørdag den 17. august 2024 (pdf - 261 kb)

COWI præsentation på Dialogmøde lørdag den 17. august 2024 (pdf - 6,1 MB)

Natura 2000 Retningslinjer

FASE 3 - Oversvømmelseshåndtering

er opdelt i 2 delfaser, fase 3a og fase 3b.

Fase 3a: Regnvands-, bagvands- og havvandshåndtering.

I denne fase er der fokus på tiltag, som sikrer området mod alle former for oversvømmelse herunder oversvømmelser i forbindelse med både længerevarende vinternedbør og sommer-relateret sky-brud, bagvand og af havvand.

Sikring mod oversvømmelser kan løses på flere måder og der foreligger endnu ikke en endelig løsning. Afklaring vil ske i tæt samarbejde mellem Digelaget og ULG. Der overvejes alternativer til det vestlige dige, som er nævnt i COWI rapport fra november 2023.

Sikring mod oversvømmelse fra al slags nedbør varetages af grundejerforeningen (ULG). Det gøres med vandhåndtering inde i "badekarret" og omfatter bl.a. forbedring af grøfter samt opdatering af pumper og udløbsbygværk. Arbejdet pågår i ULG.

Tid: Løsningsforslag forventes ultimo 2025.

Økonomi: Overslag og budget afventer løsningsforslag

Fase 3b: Forhøjelse af digerne så de også modstår havstigning.

Efter gennemførelse af fase 1 og fase 2, vil digerne være beskyttet mod bølgeerosion og først når denne erosion-beskyttelse er på plads, giver det mening at opstarte Fase 3b – digeforhøjelsen/-udvidelsen.

I denne fase vil eksisterende dige blive forhøjet i nødvendigt omfang, med henblik på at kunne modstå de kommende storme inklusive fremtidens forventede havspejlstigninger frem til år 2075.

Når fase 2 er gennemført, vil digerne mod nord være sikret imod bølgepåvirkning og det vurderes derfor på nuværende tidspunkt, at det nordre dige derved allerede nu opfylder højdekravet for år 2075.

Den endelige digehøjde er dog endnu ikke endeligt defineret.

Tid og økonomi er ikke afklaret. Tidligste opstart vil være efter afslutning af fase 2.

APRIL 2024
ULVSHALE-FÆLLESSKOV DIGELAG

KYSTBESKYTTELSEN VED ULVSHALE-FÆLLESSKOV

TEKNISK PROJEKTBEKRIVELSE



ADRESSE COWI A/S
Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

APRIL 2024
ULVSHALE-FÆLLESSKOV DIGELAG

KYSTBESKYTTELSEN VED ULVSHALE-FÆLLESSKOV

TEKNISK PROJEKTBEKRIVELSE

PROJEKTNR.

A256285

DOKUMENTNR.

RP-002

VERSION

2.0
1.0

UDGIVELSESDATO

26-04-2024
22-03-2024

BESKRIVELSE

Teknisk projektbeskrivelse
Teknisk projektbeskrivelse

UDARBEJDET

JBUN
MLHU/KARH/PFKL/
TOBJ/JBUN

KONTROLLERET

JPHE
JBUN/PFKL/JPHE

GODKENDT

JBUN
JBUN

INDHOLD

1	Indledning	7
2	Eksisterende forhold	8
2.1	Kystlinjen	8
2.2	Bølgebrydere	11
2.3	Diger	13
2.4	Geotekniske forhold	14
2.5	Miljøforhold	16
3	Projekteringsgrundlag for kystbeskyttelsen	18
3.1	Projekteringshændelse og levetid	18
3.2	Bathymetri	21
3.3	Bølgeklima	23
3.4	Projekteringsforhold	33
4	Projektering af kystbeskyttelse	34
4.1	Bølgebrydere	35
4.2	Geotekniske overvejelser	41
4.3	Sandfodring bag ved bølgebrydere	41
5	Kystbeskyttelsens udformning og placering	45
5.1	Erosionsbeskyttelse	45
6	Anlægs- og vedligeholdelsesbeskrivelse	46
6.1	Anlægsbeskrivelse	46
6.2	Vedligehold af kystbeskyttelse	48
7	Projektets påvirkninger	50
7.1	Natur og Miljø	50

8	Berørte matrikler	51
9	Referencer	52

1 Indledning

Efter aftale med Ulvshale-Fællesskov digelag har COWI udarbejdet denne projektering af kystbeskyttelsen langs dele af digelagets nordlige ansvarsområde. Projekteringen vil primært omhandle muligheden for etablering af bølgebrydere langs kysten mod nord, på en strækning på ca. 600 m, mellem allerede etablerede strækninger med bølgebrydere. Etableringen og færdiggørelsen af kystbeskyttelsen på denne strækning er den første del af et større arbejde som Ulvshalve-Fællesskov digelag har igangsat for at beskytte området mod oversvømmelse.

Denne projektering er vigtigste bilag i ansøgningsmaterialet, som digelaget benytter til at ansøge kystmyndigheden om tilladelse til opførelse af kystbeskyttelsen, som skal virke som erosionsbeskyttelse og have en bølgedæmpende virkning under stormhændelser, således at diget bag er beskyttet mod bølgepåvirkning. Det bagvedliggende Nordre Dige bliver reetableret til terrænhøjden før stormen Babet i oktober 2023, dog således at kronehøjden ingen steder er under 3,3 m DVR90 som var den gamle kronehøjde. Derved opfyldes de lokale erosionsskår i diget, der er opstået efter den gamle tilladelse.

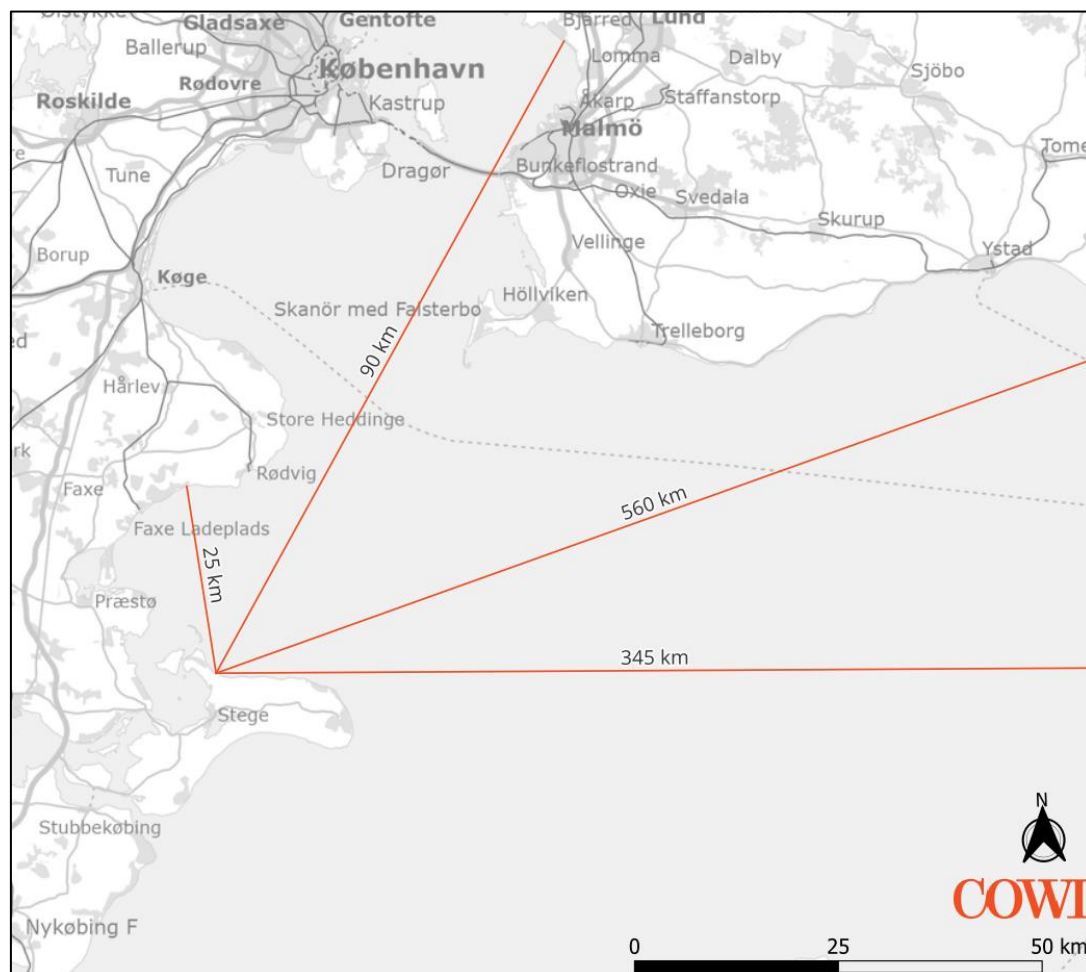
Afsnit 4 i rapporten beskriver i nærmere detaljer valget af løsningen for kystbeskyttelsen samt dimensioneringen af denne. Der er valgt en løsning med bølgebrydere, hvorved mellemrummet på ca. 600 m mellem de eksisterende bølgebrydere udfyldes med nye bølgebrydere.

Projekteringen skal ligeledes bruges i forbindelse med at der skal indhentes tilbud fra entreprenører i det tilfælde at digelaget opnår tilladelse til kystbeskyttelsen. Tegninger, arbejdsbeskrivelser, mv. vil blive brugt som grundlag for at indhente tilbud på anlæggelsen af kystbeskyttelsen.

Der er i projekteringen også medtaget en forstrækning af de eksisterende bølgebrydere omkring strækningen, således at den samlede strækningen efter etablering af de nye bølgebrydere vil have et ens beskyttelsesniveau. Enkelte af de allerede etablerede bølgebrydere er anlagt i Natura 2000 områder, og der er derfor i forbindelse med projekteringen foretaget en væsentlighedsvurdering (separat dokument) som vedlægges ansøgningen om kystbeskyttelse.

2 Eksisterende forhold

Ulvshale Kyst-området består primært af marine og æoliske sand- og grusaflejring, med underliggende moræner. Den overordnede sandtransport i området er drevet af bølgeenergien, der forårsager en netto langstransport af sediment fra øst fra Møns klint langs Møns nordkyst forbi Ulvshale og med naturligt aflejningsområde mod nordvest. Det frie stræk i området når op til 560 km, som illustreret i Figur 2-1. Dette medfører en potentiel meget stor bølgeenergi og dermed erosionsrisiko i området.



Figur 2-1 Frit stræk fra Ulvshale Strand

I området Ulvshale findes flere lavtliggende, kystnære boligområder, der er truet af risiko for både kysterosion og oversvømmelser. Området er delvist beskyttet af et etableret dige, samt bølgebrydere. Derudover skal der håndteres vand fra baglandet i form af vand på terræn som følge af episoder med kraftig nedbør.

2.1 Kystlinjen

Ulvshale strand er en del af Møns nordkyst. Kysten er en nedbrydningskyst med nettomaterialetransport i vestlig retning. Denne materialetransport har været holdt ved lige af sediment fra Møns klint og af nedbrud fra kridt- og lerskrænterne langs kysten og de mange rullestensstrande ved havet. For at give et

bedre overblik i forbindelse med beskrivelsen af kystlinjen er denne inddelt på baggrund af stationeringer fra nulpunktet ved den østlige grænse af områdets østlige matrikel. Stationeringsnumrene stiger herefter med meters afstand fra nulpunktet til den østlige ende af Ulvshales erosionsprægede boligområde. Punkterne er afsat ved vegetationsgrænsen og stiger i sedimenttransportretningen, hvilket er fra øst mod nordvest. Punkterne er estimeret til at have samme lokation som stationeringen i tidligere rapporter af Ing. M. Sørensen. Det sidste punkt er 2400 og afgrænses cirka ved østligste matrikel. Dette kan ses på Figur 2-2, hvor stationsnummer samt bølgebrydernetnummer matrikler er markeret.

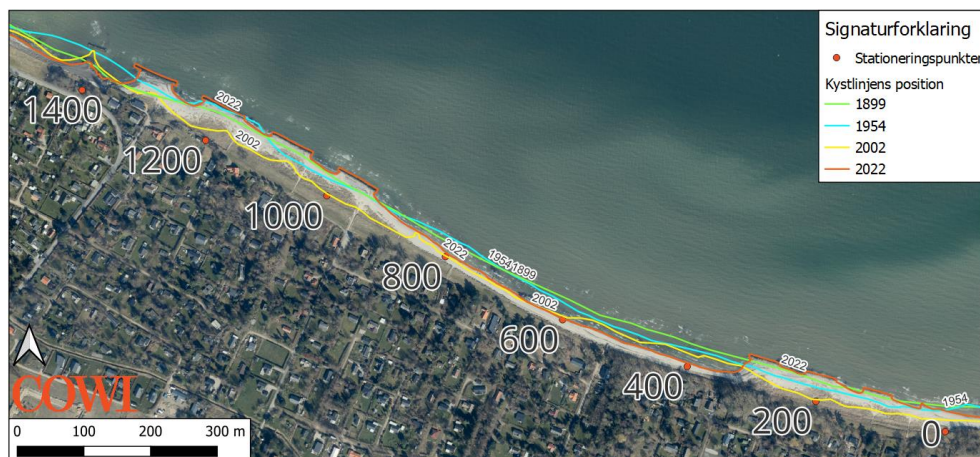


Figur 2-2 Stationeringsnumre per 200 m samt markering af bølgebrydernetnummer

Ved sammenligning af høje målebordsblade fra 1899 med ortofotos af området, ses kyststrækningens udvikling over tid. Etablering af forskellige typer af kystbeskyttelse har været årsag til en forstyrrelse af kystens naturlige ligevægt. Dermed er dele af kysten rykket frem, mens andre er rykket landværts.

Fremrykningen er bl.a. sket mellem station 950 og 1500 efter etablering af fem bølgebrydere i efteråret 1995. De blev etableret med henblik på at beskytte digefoden, men fungerede ikke efter hensigten. De er derfor senere blevet forlænget. Dette skete i november 2002 for bølgebryder nr. 5, oktober 2004 for bølgebryder 3 og 4 og i 2013 for bølgebryder nr. 2. Derudover blev bølgebrydere 11, 12 og 13 anlagt i 2013, hvormed strækningen mellem st 0 og 450 også er fremrykket med ca. 40 m på ét år, som følge af den tilhørende sandfodring. Alle bølgebrydere undtagen nummer 1 er i dag landfaste, mens der sker en mindre tombolodannelse ved bølgebryder 1.

Figur 2-3 viser et ortofoto fra 2022, samt kystlinjen i 1899, 1945, 2002 og 2022.



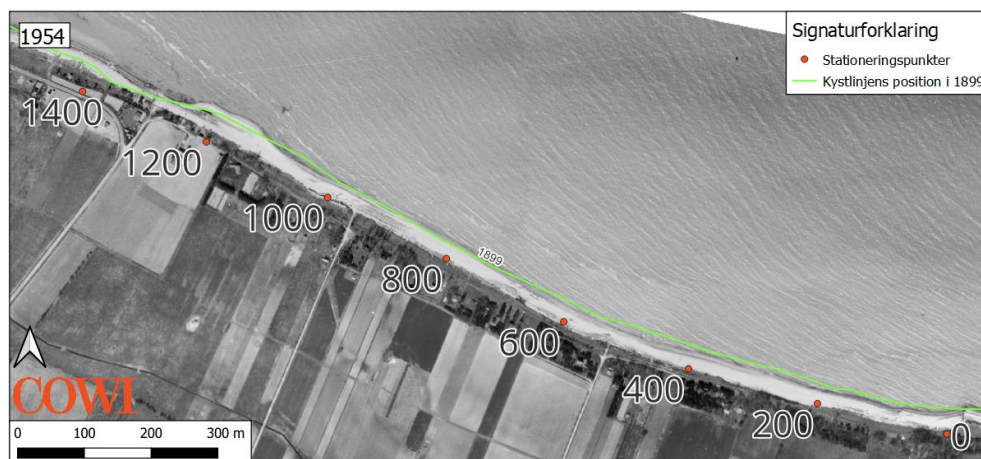
Figur 2-3 Ortofoto fra 2022 samt kystlinjernes position i området i 1899, 1954 og 2002

Som det fremgår af Figur 2-3 er strækningerne st. 900-1400 og st. 0-350 rykket frem, mens strækningen st. 350-900 (uden bølgebrydere) er rykket tilbage. Dette er sandsynligvis som følge af den uligevægt som de opførte bølgebrydere har skabt – og den manglende række bølgebrydere mellem Bølgebryder 5 og 11. Dette er især tydeligt ved sammenligningen af kystlinjen 1899 med 2022, hvilket kan ses på Figur 2-4.



Figur 2-4 Højde målebordsblade fra 1899 med markering af kystlinjen fra 2022.

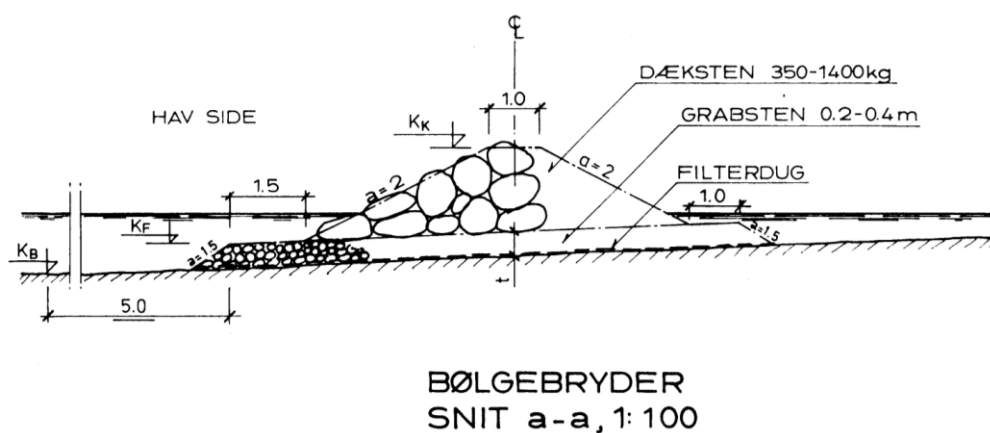
Mellem 1899 og 1954 er etableret en mindre høfde i forbindelse med et åudløb til havet ved station 0 samt små pælehøfder. Da der ikke har været tilgængelige data mellem 1899 og 1954, har det ikke været muligt at registrere mere præcist, hvornår denne høfde blev etableret. Dog kan det ses på Figur 2-5 nedenfor, at den har været i stand til at påvirke kystens balance, ved at mindske mængden af langstransport vest for station 0. Dermed er der skabt læsideerosion.



Figur 2-5 Ortofoto fra 1954 og kystlinje fra 1899.

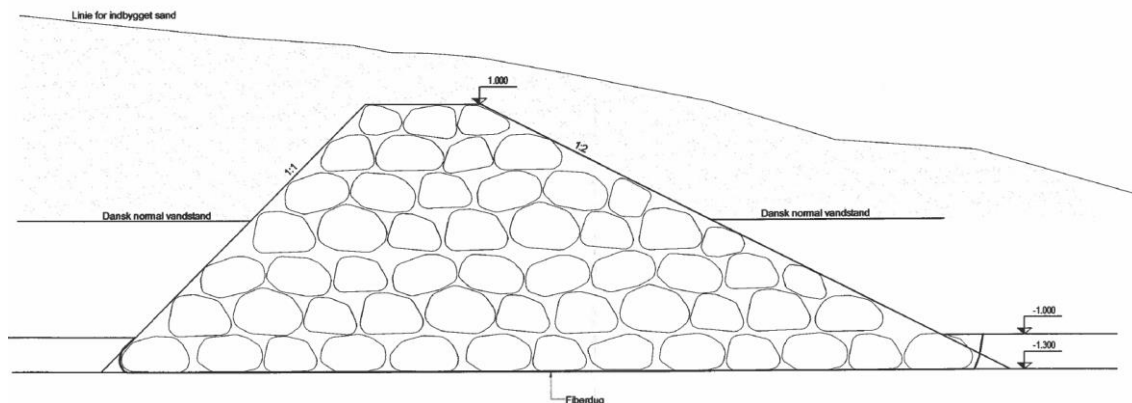
2.2 Bølgebrydere

Da de 5 første bølgebrydere blev etableret i 1995 havde de alle en længde på omkring 40 m og en højde på 1,25 m og en opbygning som illustreret i Figur 2-6 med kronebredde på 1 m og anlæg 1:2 på hav- og landværts side.



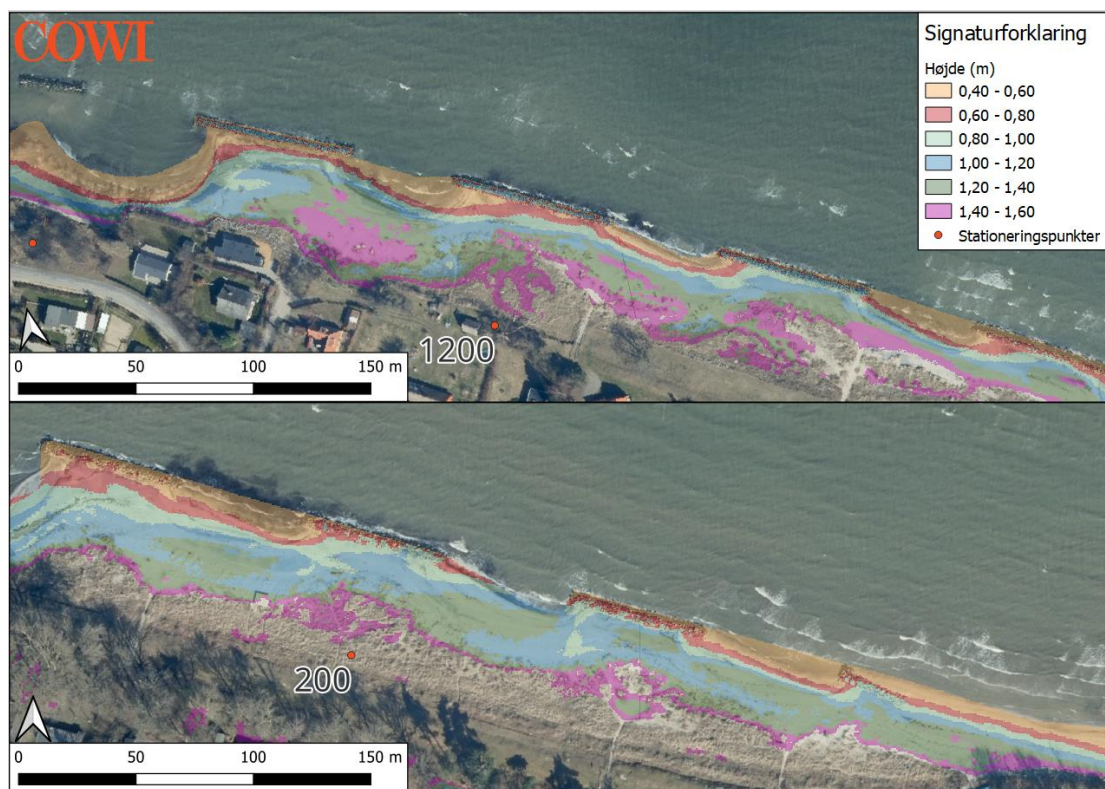
Figur 2-6 Tværsnit af bølgebryder fra 1995

I 2013 etableredes 3 stk. bølgebrydere. Dette blev gjort ved at først fodre med 30.000 m³ sand og bygge sandet op til kote -1,00. Herefter blev bølgebryderne anlagt med sten i størrelsen 0,4-0,8 m, og de føres ned til kote ca. -1,30 og opbygges til kote +1,00, som illustreret på Figur 2-7.



Figur 2-7 Opretsning af bølgebrydere 11, 12 og 13 i 2013.

Det er dog kun enkelte steder, at bølgebryderne har bibeholdt samme kote som ved deres anlæggelse. Som illustreret på Figur 2-8 er der kun enkelte steder, hvor bølgebryderne 11-13 (nederste ortofoto) når en kote +1,00 eller højere. Bølgebryderne 2-4 (øverste ortofoto) ligger alle med højder over kote +1,00, mens bølgebryder 1 og 5 ligger lavere.



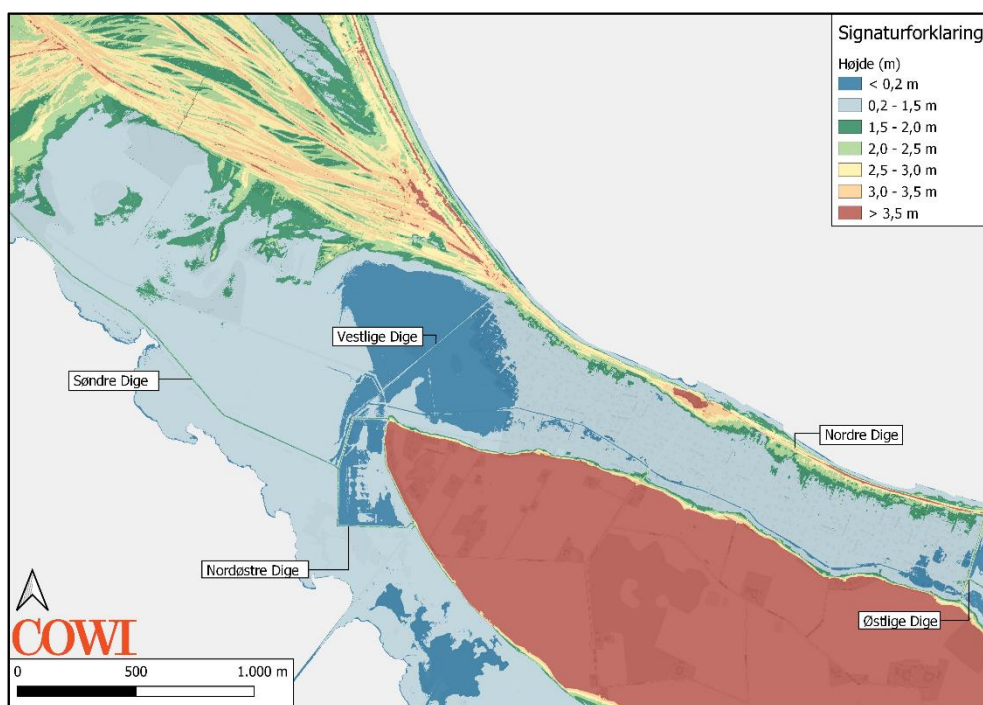
Figur 2-8 Højden af bølgebryderne - højdemodel fra 2019. Øverste foto viser (fra venstre) bølgebryder 1, 2, 3, 4 og 5. Nederste foto viser (fra venstre) bølgebryder 11, 12, 13 og den østligste landfaste 14

Øst for bølgebryder 13 er den ca. 25 meter lange bølgebryder, der har østligste ende på land og derved minimere erosion bag bølgebryder 11, 12 og 13.

Mellem de to sæt af bølgebrydere findes en række af gamle pæletræ-høfder. Disse er så nedbrudt at de ikke længere kan antages at have en effekt på kystbeskyttelsen.

2.3 Diger

Ulvshale omkranses overordnet af fem diger til beskyttelse mod havoversvømmelser. Mod Østersøen er havdiget, det **Nordre dige**, der løber langs Ulvshales nordkyst havværts boligerne og landværts bølgebryderne. Mod øst beskytter det **østlige dige** mod vandindtrængen fra lavtliggende marker og mod vest er placeret **vestlige dige** gennem det lavest beliggende sump-område. Det **søndre dige** løber fra skoven i vest til det **nordøstre dige**, der beskytter samlet mod vandindtrængen fra Stege Nor. Digerens lokationer er markeret på højdemodel fra 2019 for området i Figur 2-9.



Figur 2-9 Landskabshøjden i området. Digernes lokation ses ud fra højden.

Det nordre dige ses tydeligt i højden af landskabet, da der er tillagt bølgebidrag så digekronens højde nogle steder er over 4 m DVR90 og forventeligt mindst 3,3 m DVR90. Det Østlige dige i den østlige del af området er mindst 1,9 m DVR90, mens det vestlige dige ikke er særligt højt – kun maksimalt 1,5 m DVR90 ifølge denne højdemodel. Det Søndre og Nordøstre dige er langt og uensartet opbygget med ned til 1,6 m DVR90 i analyseret kronehøjde samtidig med, at det forventes at være svært at holde fri for gnavere og ræve, da det er placeret meget isoleret fra boligområder etc.

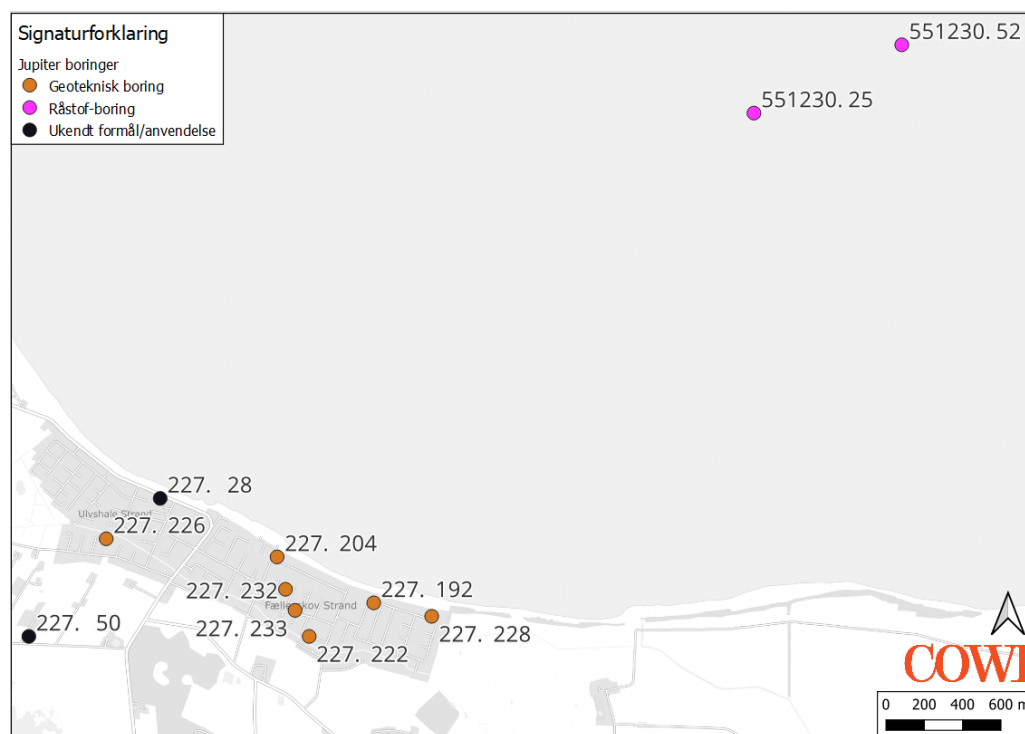
Digehøjden på det samlede digebeskyttelsestracée varierer i højde fra op til 4,00 m på Norde dige ved st. 300 til 0,60 m i den vestlige del af det vestlige dige. Disse variationer i digehøjden skyldes bl.a. lokal antropogen erosion.

Foruden den lokale erosion, skyldes højdeforskellene også, at det Vestlige dige er opbygget lavere end det Nordre dige, da det ikke skal modstå bølgepåvirkning i samme grad. Derudover er stedvist fundet huller i diget, gravet af dyr som f.eks. ræve eller mosegrise. Foruden findes en del høj vegetation på diget. De større planterødder, der følger med højere vegetation, er med til at øge digets ustabilitet.

Lokale lavninger, huller, skrænter, samt større planterødder er dermed alle med til at mindske digets sikkerhed og evne til at fungere som kystbeskyttelse.

2.4 Geotekniske forhold

De geotekniske og geologiske forhold er vurderet ud fra boringer, der er fundet ved en søgning i Jupiter databasen. Der er ikke fundet geotekniske boringer, i selve digets tracé, men der er identificeret en række boringer der ligger i området omkring diget. Boringer, der ligger i nærheden af diget er illustreret på Figur 2-10, og er brugt som grundlag for en vurdering af de generelle geologiske forhold i området. Der anvendes data fra boring 227.28, 227.204, 227.192 og 227.228.



Figur 2-10 Lokation af de Jupiter boringer i området, der er nærmest diget samt de to havboringer, der er nærmest kysten

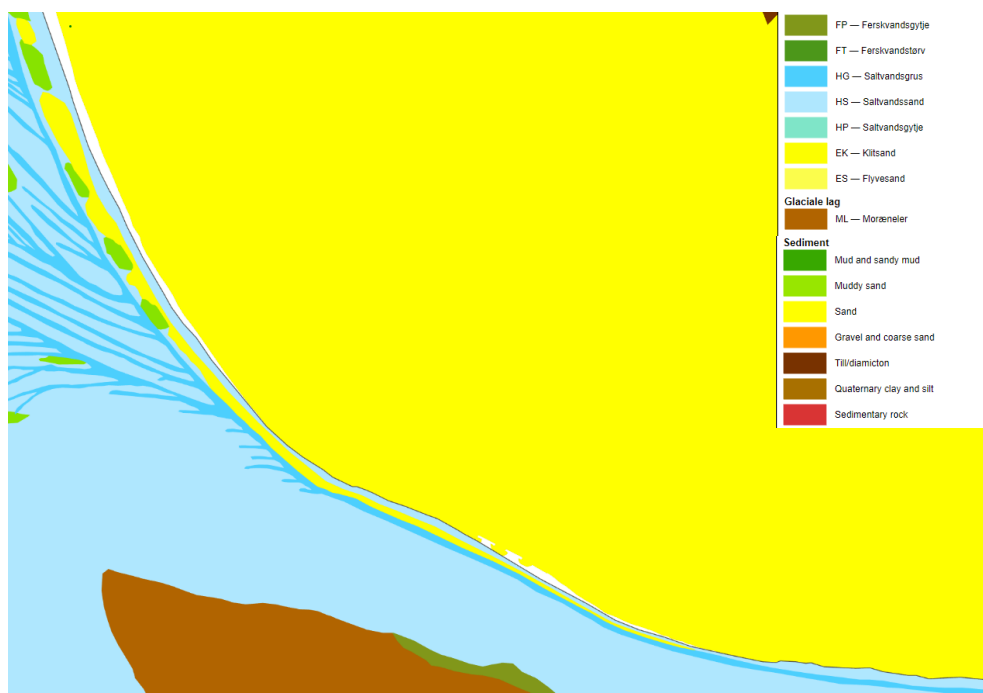
I hovedparten af de analyserede boreprofiler findes der sand indtil ca. 0,6 m.u.t. (meter under terræn). Det øvre sandlag er i boring 227.204, som er tættest på diget, blandet med rester af affald som f.eks. glasskår. Herunder findes der moræneler, hvilket dog starter på forskellige dybder. Flere steder indeholder moræneleret kalk. Flere steder findes også vandførende sand under eller imellem lerlag.

Der forefindes ikke geotekniske borer hvor bølgebryderne er opført. Jordartskortet i Figur 2-11 viser, at bundsedimentet i området, hvor bølgebryderne er opført, består af sand og grus. Figuren viser samtidig, at der er de samme forhold, som gør sig gældende på strækningen, hvor de nye bølgebrydere skal etableres.

Der er ikke foretaget geotekniske stabilitetsvurderinger i projekteringen, men der foretages i stedet en vurdering af de sætninger, som de eksisterende bølgebrydere har været udsat for siden disse blev opført. Tabel 2-1 viser et overblik over de eksisterende bølgebrydere og deres topkote ved hhv. ansøgning og den opmåling der er foretaget i januar 2024. Da der ikke foreligger opmålinger af bølgebryderne ved opførelse, er sætningerne antaget ud fra oplysninger som er tilgængelige fra ansøgningsmaterialet.

Tabel 2-1 viser at der både er positive og negative "sætninger" ud fra de tilgængelige data. Det kan derfor ikke entydigt konkluderes at der er foregået sætninger på bølgebryderne, da disse variationer kan skyldes usikkerheder i forhold til de opførte bølgebrydere, og med hvilken tolerance de er opført.

Sætningerne forventes derfor at være minimale, og skulle der forekomme sætninger, kan dette udbedres løbende.



Figur 2-11 Jordarts- og havbundssedimentkort fra GEUS. Den sorte linje på kortet angiver kystlinjen.

Tabel 2-1 *Oversigt over opførte bølgebrydere og deres formodede sætning i levetiden. Topkoterne for de første bølgebrydere er angivet i ansøgningerne i forhold til DNN, dette er korrigeret til DVR90. Sætningerne er antaget, der er ikke foreligger opmålinger efter opførelse.
Opmåling i januar 2024.

Bølge- bryder navn	Bølge- bryder nummer	Opførelsesår	Topkote ifølge ansøgning [m DVR90]	Nuværende top- kote* [m DVR90]	Antaget sætning [m]
A	-	Sandsynligvis også 2013, men er ikke angivet	-	0.9	0.1
B	13	2013	1	0.88	0.12
C	12	2013	1	1.16	-0.16
D	11	2013	1	1.18	-0.18
J	5	1995 (forlænget med 40 m i november 2002)	1.01	0.91	0.10
K	4	1995 (forlænget med 40 m i oktober 2004)	1.11	0.88	0.23
L	3	1995 (forlænget med 40 m i oktober 2004)	1.16	0.86	0.30
M	2	1995 (forlænget med 40 m i 2013)	1.21	1.09	0.12
N	1	1995	1.11	1.12	-

2.5 Miljøforhold

Den vestlige del af Ulvshale (fra ca. st. 1300) hører under et Natura 2000 område, som illustreret i Figur 2-12.

Som markeret på Figur 2-12, ønskes en del af habitat-området reduceret, særligt nuværende boligområder, men EU har siden 2018 endnu ikke taget stilling til Danmarks ønske om reduktion. Derfor er området stadig Natura 2000 Habitat-område.



Figur 2-12 Natura 2000 samt reduktion af Ramsarområde ved Ulvshale med nyeste ortofoto fra forår 2022

Dele af kystbeskyttelsen ligger indenfor eller på grænsen til habitatområdet. Bølgebryder 1 ligger helt inde i Habitat-området, mens bølgebryder 2 er delvist dækket af det, som illustreret på Figur 2-13. Bølgebryder 2 blev i 2013 udvidet med 40 m inde i selve habitatnaturen.



Figur 2-13 Området mellem st. 1100 og 1550, med markering af Natura 2000 områdets grænse. Det ses at bølgebryder 1 og 2 (hhv. nr. 1 og 2 fra venstre) hører helt eller delvist under Natura 2000 området.

3 Projekteringsgrundlag for kystbeskyttelsen

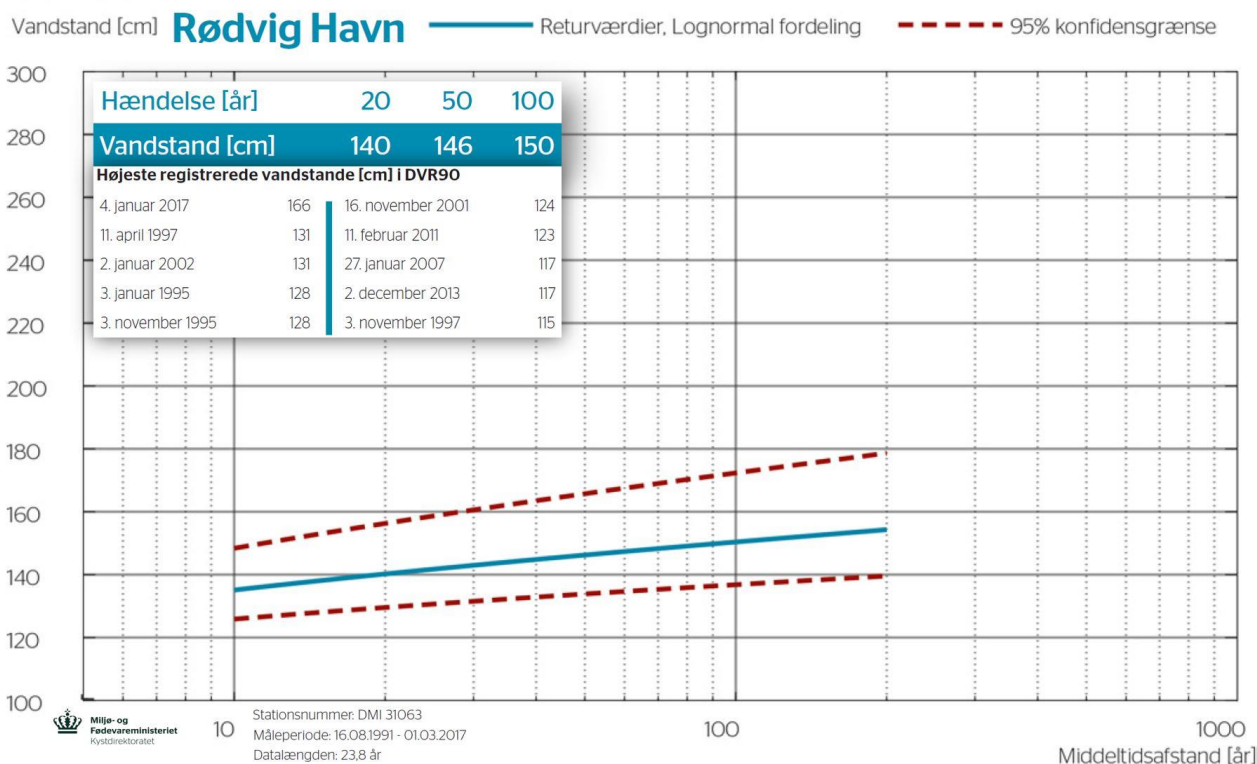
3.1 Projekteringshændelse og levetid

3.1.1 Stormhændelser og højvandsstatistik

Stormfloden i 1872 nåede ved Nyord en vandstand svarende til omkring 3,17 m DVR90 i dag [1]. Efter stormfloden i 1872 blev kystdiget ved Ulvshale anlagt til en minimumshøjde på 3,3 m DNN (Dansk Normal Nul => 3,3 m DNN -0,089 m på Møn) = 3,211 m DVR90. Under stormfloden 1. januar 1922 nåede vandstanden i Rødvig Havn ca. 149 cm DVR90.

Øvrige højvandshændelser i nyere tid inkluderer den stille stormflod den 4. januar 2017 med maksimalvandstand på 1,66 m DVR90 og stormfloden af 2. januar 2019, hvor vandstandene i Rødvig Havn blev målt til 1,33 m DVR90. Ved den nye højeste hændelse fra 20. oktober 2023 havde Rødvig Havn en målt maksimalvandstand på 1,69 m DVR90. De tre nye hændelser svarer statistisk til henholdsvis omkring en 1.000 års middeltidshændelse i 2017, omkring en 9 års hændelse i 2019 og omkring en 2.000 års hændelse i 2023 ifølge Kystdirektoratets højvandsstatistik fra 2017, se Figur 3-1. Det er altså to statistiske 1000-års hændelser, der er indtruffet med 6 års mellemrum i nyere tid i området.

Middeltidshændelser



Figur 3-1 Kystdirektoratets højvandsstatistik 2017 for Rødvig Havn uden historiske hændelser

I 2017 bad Realdania, COWI om en højvandsstatistik der medtager de mange gamle historiske storme, og på den baggrund er der udgivet en højvandsstatistik med historiske hændelser for Danmark, se Figur 3-2.

Byer	Hændelser	2014	2050	2100	2120
Køge	10	133	153	197	220
	20	147	167	211	234
	50	174	194	238	260
	100	209	229	273	295
	250	270	290	334	357
	500	321	341	385	407
	1000	376	396	440	463
	2000	418	438	482	505

Figur 3-2 COWI Højvandsstatistik for Køge inklusiv historiske hændelser og tillagt IPCC's bud på fremtidens havspejlsstigninger ved forskellige middeltids-hændelser, [2]

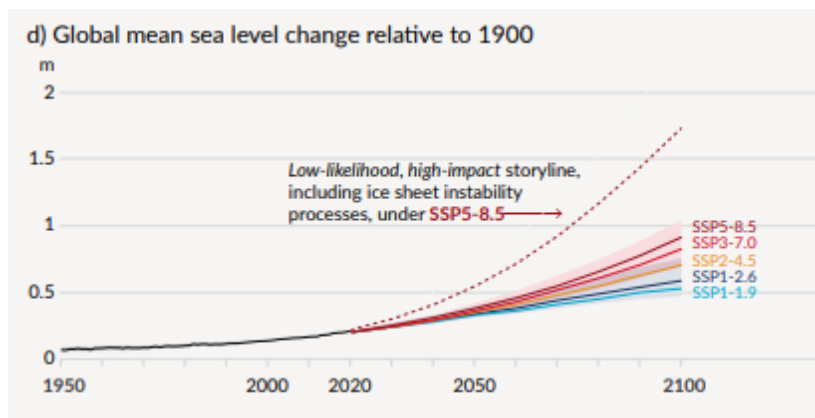
Ved at medtage de gamle historiske hændelser falder middeltidshændelserne for de seneste års høje vandstande i Kystdirektoratets højvandsstatistik fra en statistisk 1000+års middeltidshændelse til COWIs højvandsstatistik til omkring 2 x 30 års hændelser, se Figur 3-2.

Det er ikke til at forudsige, hvornår den næste ekstreme stormflod indtræffer, men der er risiko for, at de vil indtræffe hyppigere i fremtiden, da klimaforandringerne ikke alene medfører havvandstigning, men også forventet stigning i ekstreme vejrhændelser.

3.1.2 Global havspejlsstigning

Ifølge FN's Klimapanel, IPCC, vil klimaforandringer medføre havspejlsstigninger og dermed permanent øget vandstands niveau i verdenshavene og derved også ved nordlige del af Møn i Østersøen. Derudover vil de samme stormfloder, der tidligere er blevet oplevet som sjældne og voldsomme, forekomme oftere og oftere – næsten årligt grunden den højere middelvandstand i fremtiden.

IPCCs nyeste fremskrivninger for forventede fremtidige havspejlsstigninger er fra marts 2023, se Figur 3-3. Det ses på grafernes spredningsvifter, at usikkerheden for fremskrivningen stiger med tiden.

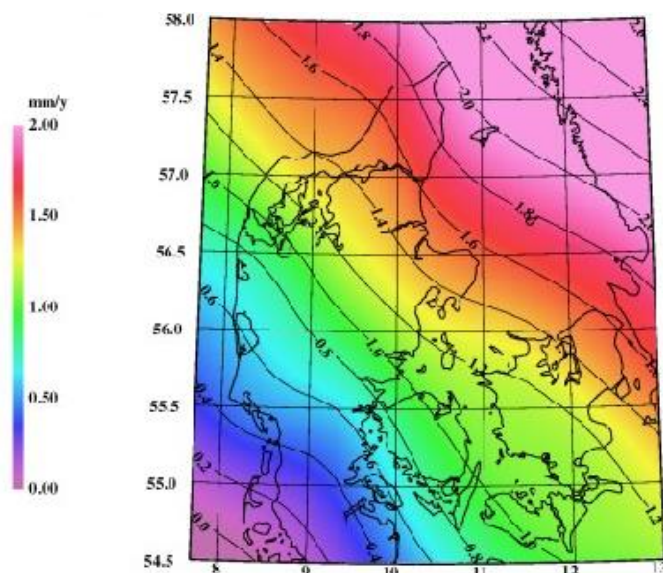


Figur 3-3 IPCCs seneste fremskrivning for global havspejlsstigning for forskellige emissionsscenarier for drivhusgasudledning. Nulpunktet er den globale havvandsstand i år 1900. Grafernes buffer illustrerer usikkerheden for hvert scenarie [3].

Herfra medtages den mest konservative fremskrivning, SSP5-8.5, "Business-as-usual"-scenariet, med 'very high emissions'. Dette er scenariet, som DMI anbefaler til sikringsniveau-beregning efter år 2050. Havniveauet ved scenariet SSP5-8.5 i AR6 er beregnet fra IPCC til +29.2 cm i 2050 og +79.4 cm i 2100 for middelscenariet.

3.1.3 Isostatisk landhævning

Eftersom landet hæver sig, og har gjort det siden seneste istid, modvirkes det stigende vandspejl en smule, se Figur 3-4.



Figur 3-4 Landhævningen i Danmark målt i mm/år

På Figur 3-4 ses landhævningen i Danmark målt i mm/år. Ved aflæsning fås, at nordlige Møn oplever en årlig landhævning på ca. 1,2 mm/år.

I modsætning til havspejlsstigningen, der øges år for år, så forventes landhævningen at være ens de næste mange årtier. Dermed bliver landhævningen mindre betydningsfuld fremover i forhold til havspejlsstigningen.

3.1.4 Dimensionsgivende vandstand

Den klimabetingede havspejlsstigning er beregnet fra IPCC's seneste rapport AR6 til 29,2 cm i 2050 og 79,4 cm i 2100 for middelværdien af SSP5-8.5 scenariet.

Det er valgt at bruge højvandsstatistik for Rødvig Havn, da denne station ligger relativt nær Ulvshale og må formodes at opleve vandstande i samme niveau da begge områder ligger eksponeret mod vinde fra øst. Sikringsniveauerne er således beregnet ud fra Kystdirektoratets beregnede middeltidshændelser for Rødvig Havn fra 2017 [4]. Sikringsniveauerne er klimafremskrevet til 2050, 2075, 2100 og 2125 svarende til levetider på ca. 25, 50, 75 og 100 år ved anlægsstop 2025. Havspejlsændringerne er beregnet fra IPCC's klimafremskrivninger og modregnet for den oplevede landhævning siden 2017, hvor stormflodsstatistikken er fra. De i tabellen anførte sikringsniveauer tager ikke højde for bølgebidrag.

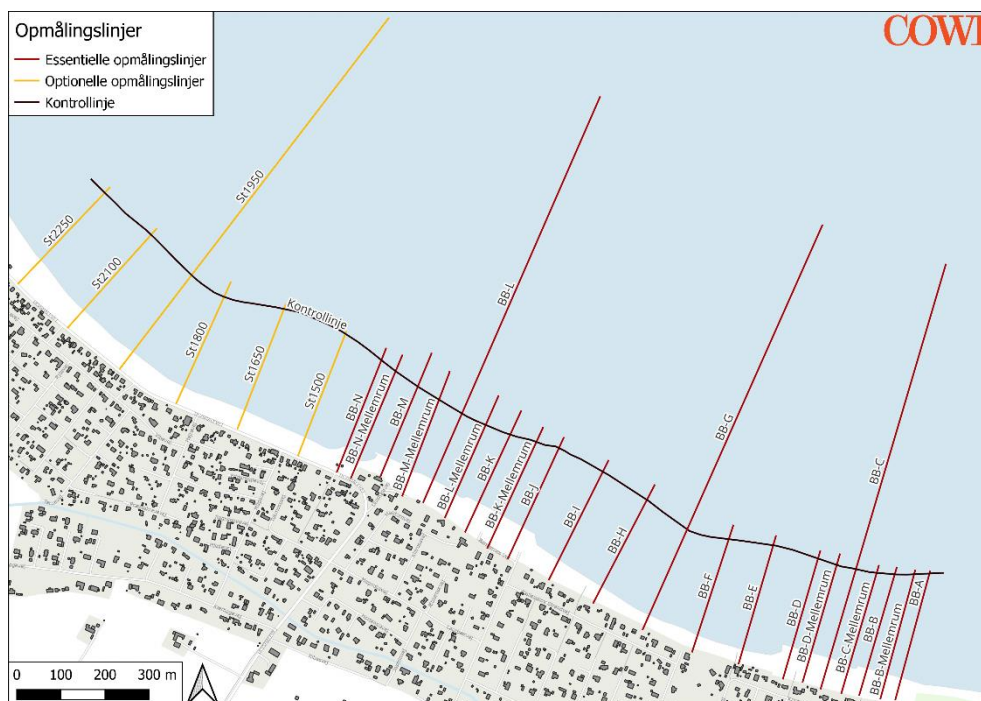
Tabel 3-1 Sikringsniveauer for forskellige årstal og middeltidshændelser (MT) målt i cm DVR90 [4], [2], [3].

År	MT20 KDI 2019	MT50 KDI 2019	MT100 KDI 2019	MT100	1872 storm- flod
				COWI 2017	
2017	140	146	150	209	317
2050	165	171	175	234	342
2075	185	191	195	254	362
2100	209	215	219	278	386
2125	239	245	249	308	416

Kystbeskyttelsen vil blive dimensioneret for en middeltidshændelse på 50 år (MT50), samt en levetid på 50 år. Det vil sige den dimensionsgivende vandstand er 191 cm DVR90.

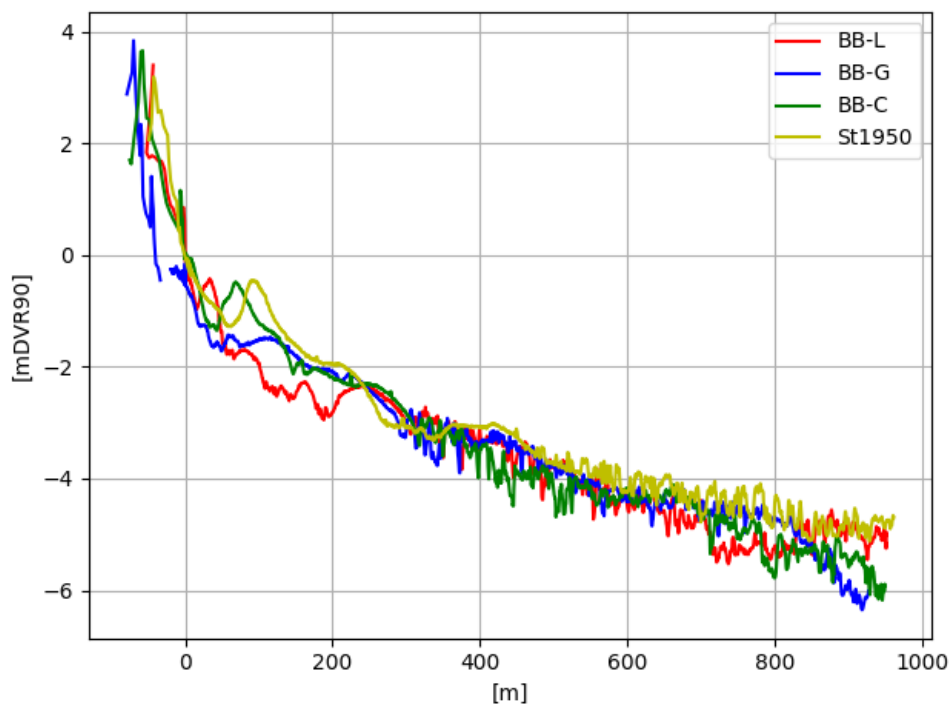
3.2 Bathymetri

Der er i januar 2024 foretaget havbundsmålinger af kysten ud fra projektområdet. Havbundsmålingen er foretaget langs linjer vinkelret på kysten, se Figur 3-5



Figur 3-5 Opmålingslinjer for havbundsmåling, foretaget januar 2024

De lange opmålingslinjer, BB-L, BB-G samt BB-C, er målt ud fra hhv. bølgebryder L, bølgebryder G og bølgebryder C, jf. Figur 2-2. De målte havbundsdybder for de angivne linjer er vist på Figur 3-6. Afstand "0 m" angiver opmålingspunktet, hvor bølgebryderne omtrentlig er placeret.



Figur 3-6 Havbundsmålinger langs opmålingslinje, BB-L, BB-G og BB-C, beliggende hhv. ved bølgebryder nr. L, G og C. X-aksen er afstanden fra kote 0 (vand-linjen), og y-aksen er koten relativ til DVR90.

Figur 3-6 viser ingen betydelige variationer i havbunden langs den del af kysten, hvor bølgebryderne er placeret. Samtidig observeres det, at hældningen af havbunden er næsten konstant fra bølgebryder og ud. Af de opmålte profiler kan man konstatere, at der ikke er markante ændringer i bathymetrien langs kysten i området. Desuden bemærkes det, at vanddybden er omkring -1,0 m cirka 50 meter ud fra bølgebryderne.

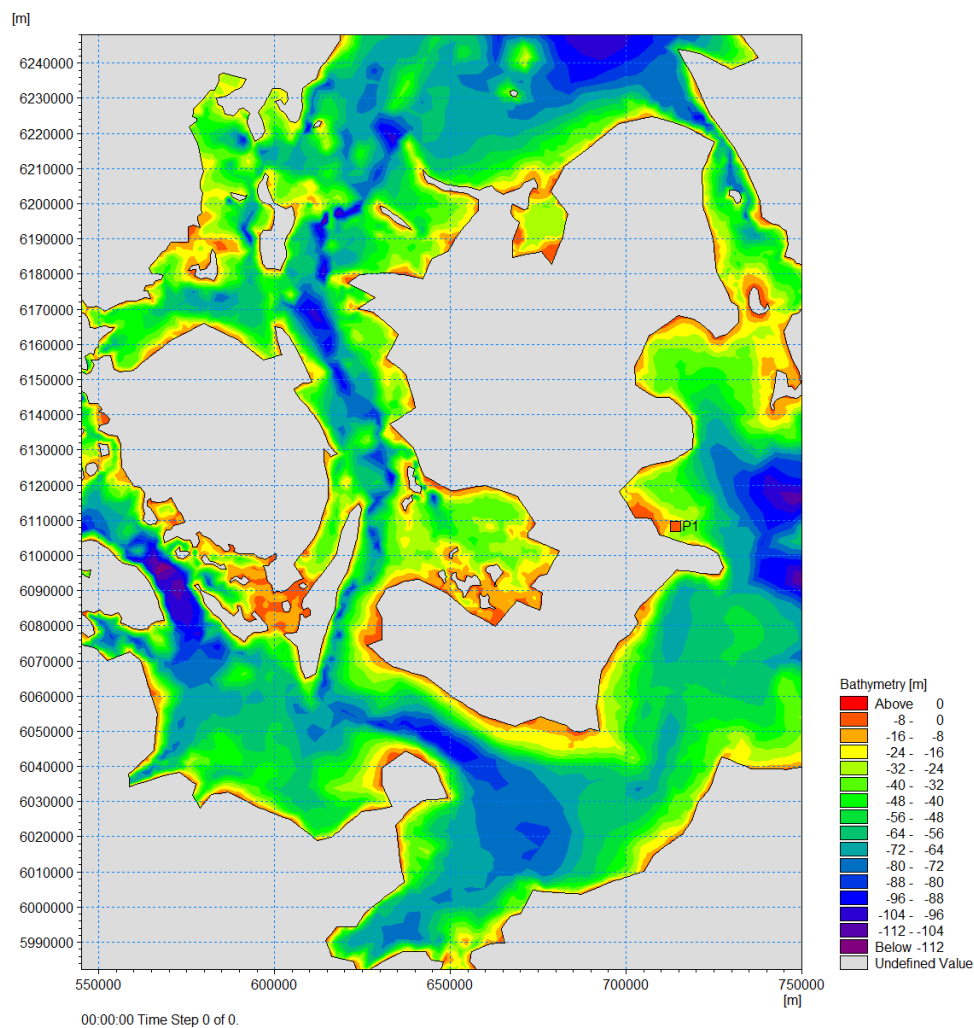
3.3 Bølgeklima

Fra COWIs Østersø-model er udtrukket en bølgetidsserie fra et punkt ud for Møns nordkyst. Bølgetidsserien strækker sig fra 1995 til 2018. Modellen beskriver primært bølgeforholdene på dybt vand, og har ikke tilstrækkelig detaljeringsgrad til at beskrive variationerne i bølgeforholdene i kystzonen. Både kystlinje og dybdeforhold er således beskrevet i en forholdsvis grov opløsning og modellen kan derfor bruges til at give en indledende vurdering af de generelle bølgeforhold i området, men ikke de detaljerede forhold nær kysten.

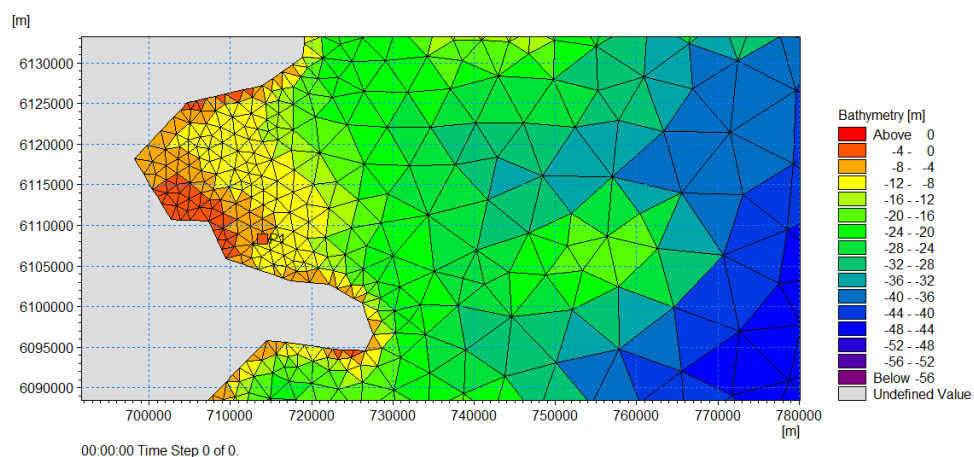
Dette fremgår f.eks. via Figur 3-7 og Figur 3-8, hvor kystlinjerne af Møn, Lolland og Falster går i ét med Sjælland. Bølgeforholdene, som udtrækkes af denne Østersø-model, kan derfor kun benyttes som dybvandsbølger, og bølgetransformationen videre ind mod kystlinjen må foretages med andre metoder.

Fra Østersø-modellen er der udtrukket en bølgetidsserie i udtrækspunktet P1, vist på Figur 3-7 og Figur 3-8, hvor vanddybden er 7,3 m. Punktet P1 er beliggende ud for kysten ved Ulvshale-Fællesskov.

De opmålte kystprofiler, der beskriver havbundens dybdeforhold ud til ca. 6 m dybde er anvendt til beregning af bølgetransformationen fra dybvandsbølger til bølgeforhold ved kysten. Bølgetransformationen foretages med lineær bølgeteori, jf. [5]. En nærmere beskrivelse er angivet i afsnit 3.3.2.

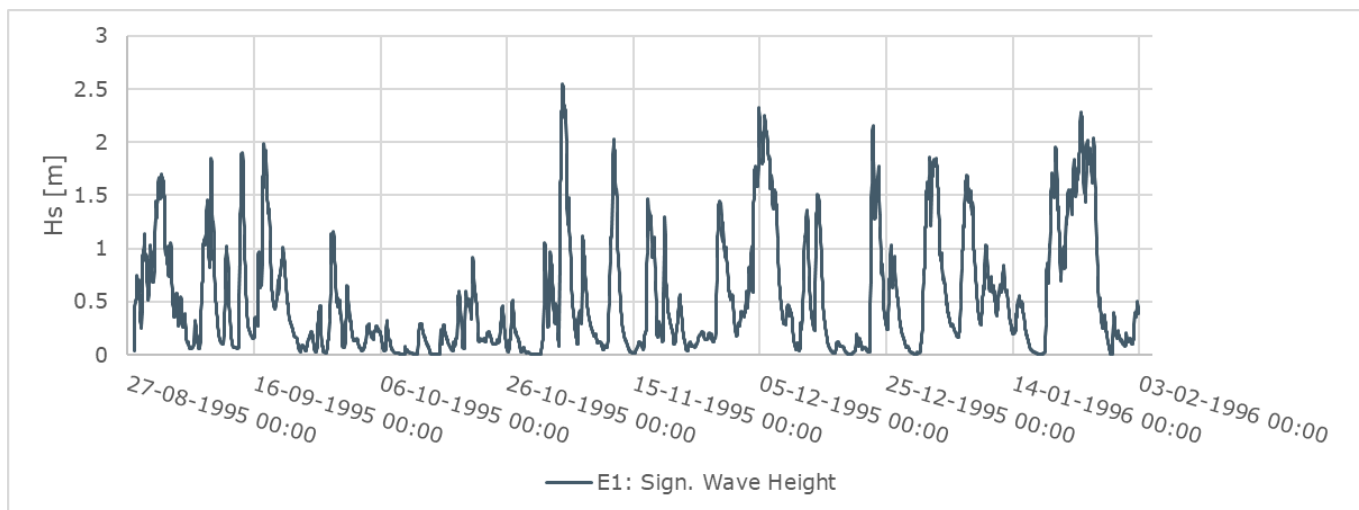


Figur 3-7 Bathymetri i Østdanmark

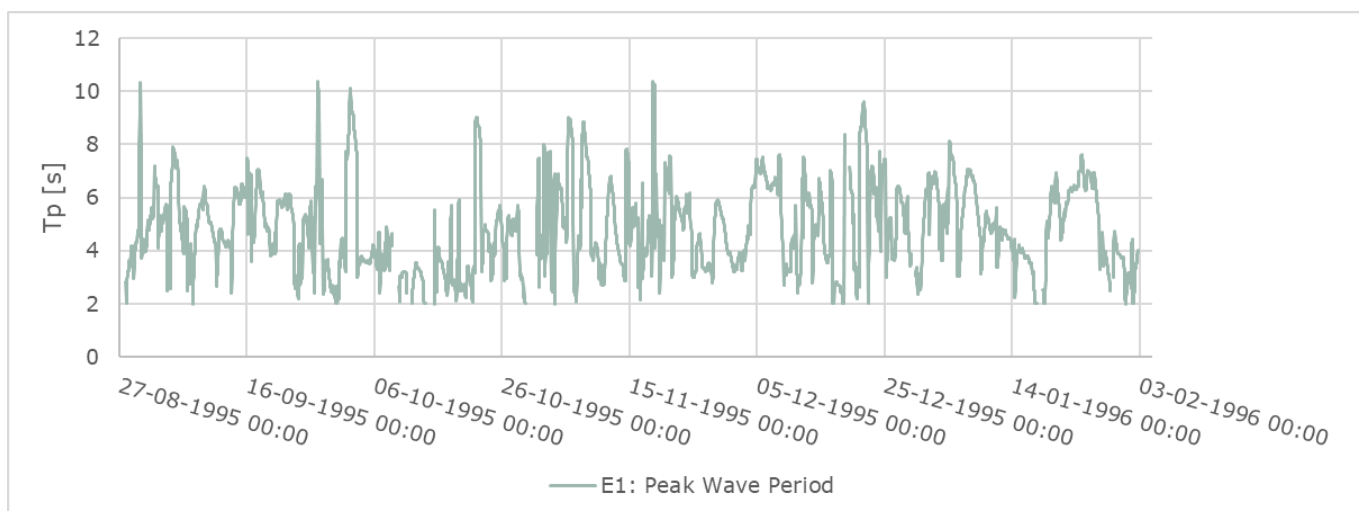


Figur 3-8 Bathymetri i området ud for Ulvshale

På Figur 3-9 og Figur 3-10 er vist et udsnit af tidsserierne af den signifikante bølgehøjde (H_s), og bølge peak perioden (T_p) for punktet P1. Den signifikante bølgehøjde er defineret som middelværdien af den højeste 1/3 af bølgenes energi i et bølgespektrum.



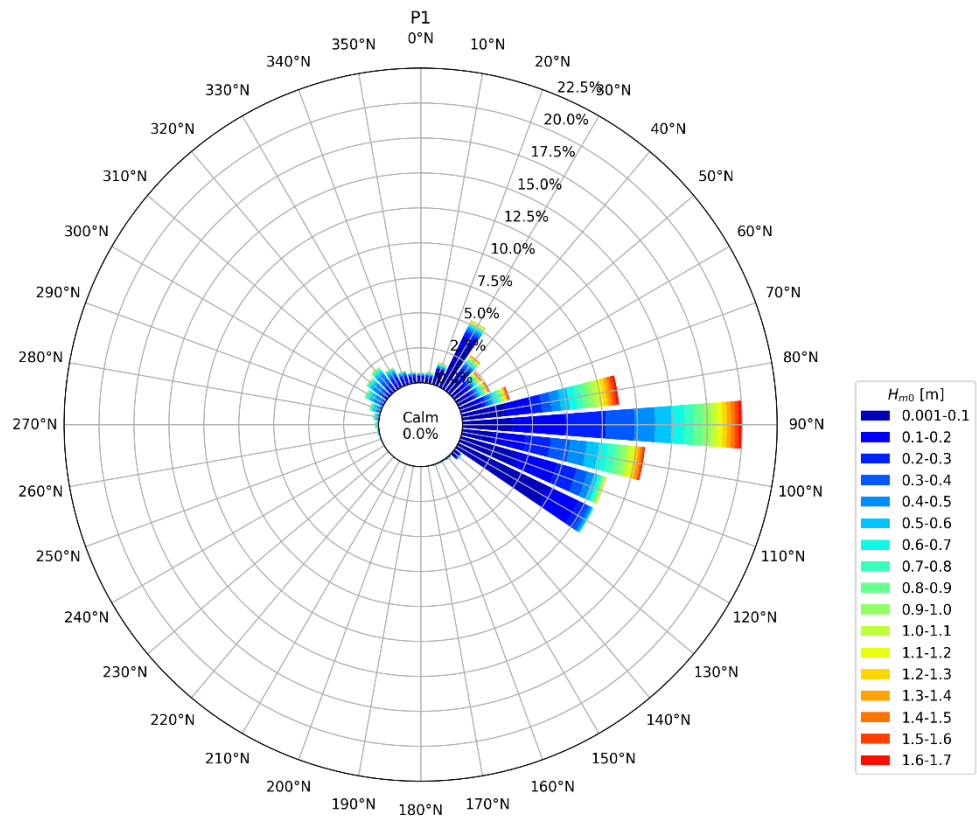
Figur 3-9 Udsnit af tidsserie for den signifikante bølgehøjde (H_s).



Figur 3-10 Udsnit af tidsserie for bølge peak perioden (T_p).

3.3.1 Dybvandsbølgeforhold

Fra den udtrukne tidsserie er det muligt at lave en bølgerose, som viser størrelsen og retningen af bølgerne ud for Ulvshale-fællesskov. De største bølger kommer fra den østlige retning - de er den primære årsag til langstransport langs Møns nordkyst med materiale transporteret fra Møns Klint forbi Ulvshale til aflejring ved Nyord. På bølgerosen fremgår det også, at der kommer bølger fra vestlig retning, dette er de mindre bølger som kan dannes i Faxe Bugt i tilfælde med vind fra vest til nordvest.



Figur 3-11 Bølgerose for Ulvshale, ved udtrækningspunkt P1

3.3.2 Bølgetransformation fra dybt til lav vand

Bølgeforholdene fra udtrækspunktet, P1, på 7,3 meters dybde er blevet transformeret til fire punkter (P2 – P5), langs en linje vinkelret på kysten, som vist i Figur 3-12. Bølgetransformationen fra P1 i 7,31 meters dybde til P2, P3, P4 og P5, som er beliggende på 5,88 m, 4,14 m, 2,24 m og 1,0 m dybde (DVR90), udføres baseret på lineær bølgetransformationsteori, hvor shoaling- og refraktionskoefficienterne (K_s og K_r) beregnes og multipliceres med bølgehøjden i punkt P1.

Bølgehøjden i nærheden af kysten er begrænset af bølgebrydning, som kan udløses af bølgestejlhed og dybdebegrænsning. Derfor må bølgehøjden ikke overstige de kriterier, der er foreslået af Kamphuis [6].

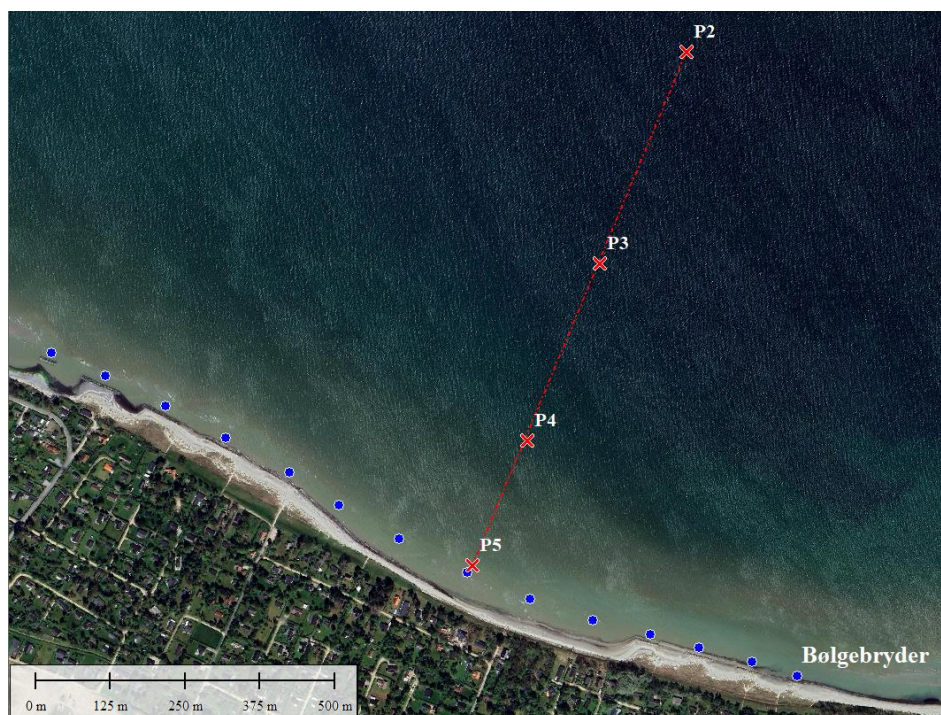
$$H \leq \left\{ \begin{array}{l} 0.095 e^{4.0m} L \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \\ 0.56d e^{3.5m} \end{array} \right\}$$

Hvor:

d er dybden nær kysten

L er bølgelængden nær kysten

m er hældning af havbunden



Figur 3-12 Placering af punkter, hvor de kystnære bølgeforhold etableres. De blå punkter indikeret bølgebrydere, samt forventet placering af nye bølgebrydere.

Beregningerne er udført for hvert tidsskridt i bølgetidsserien fra P1 (1 time) dækkende perioden 1995-2018, med følgende antagelser:

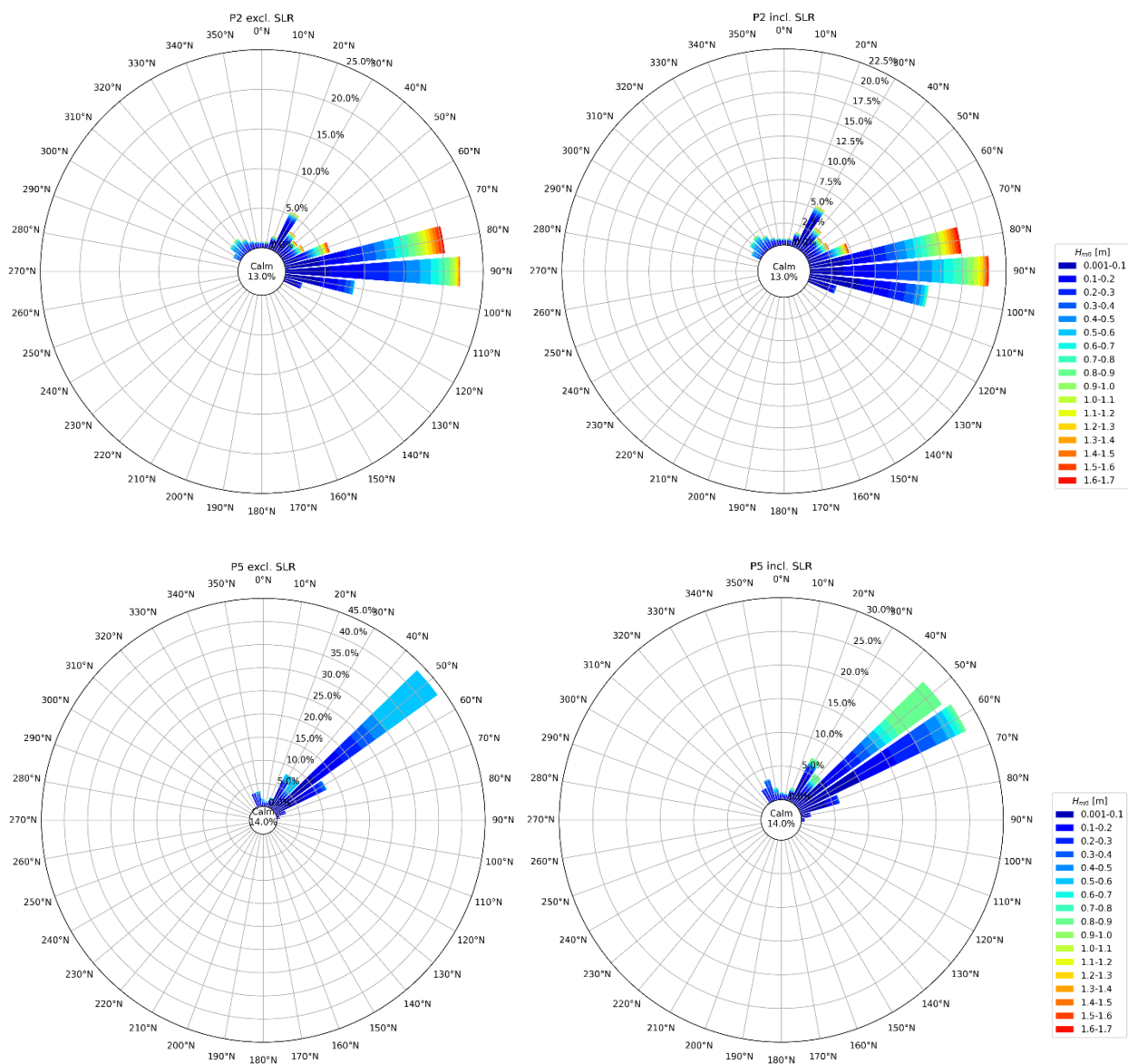
- > Stranden er orienteret 26°N , bestemt på baggrund af ortofoto
- > Hældning af havbund på 1:225 ($m=0,44\%$), bestemt på baggrund af opmålte profiler, se Figur 3-6
- > Der anvendes et konstant vandstandsniveau svarende til en 50-årshændelse på $+1,46\text{ m DVR90}$ med nuværende middelvandstand se. Tabel 3-1.
- > Til vandstanden tillægges et klimabidrag svarende til global vandstandsstigning fra dags dato til år 2075, $\text{SLR} = 1,91\text{ m} - 1,46\text{ m} = 0,45\text{ m MSL}$ (se Tabel 3-1.)

Resultaterne fra ovenstående er vist i Tabel 3-2.

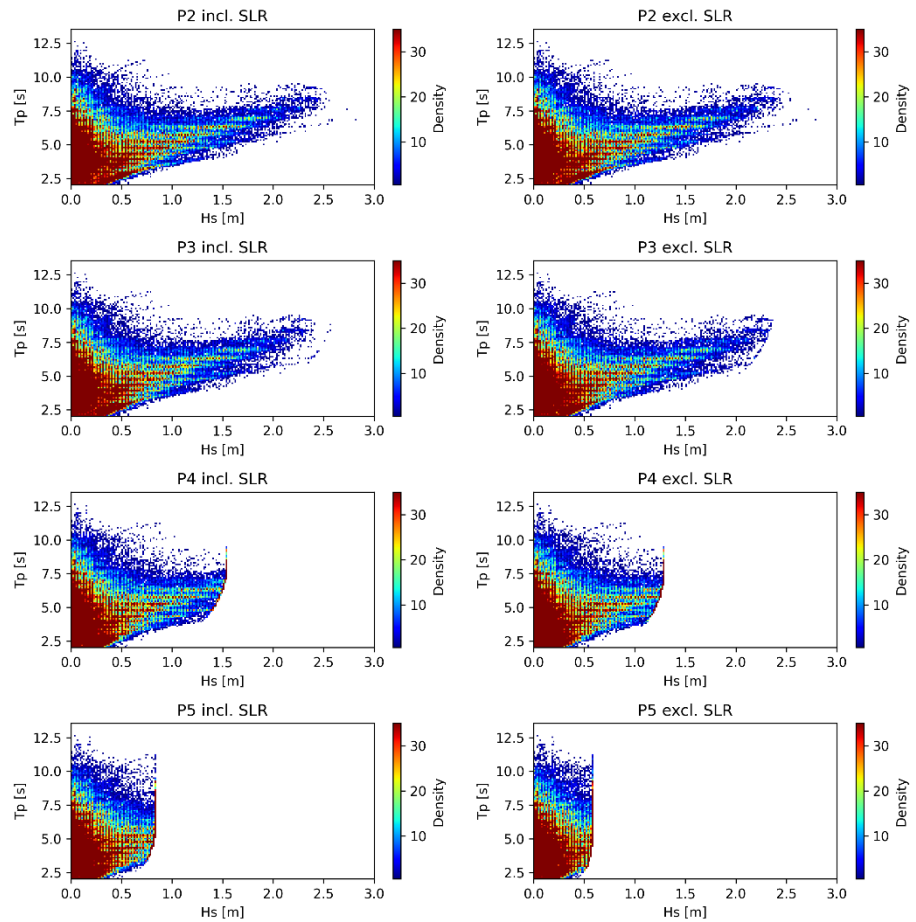
De kystnære bølgeforhold præsenteres i form af bølgeroser i Figur 3-13. Figur 3-14 viser scatterdiagrammer mellem bølgehøjder og bølgeperioder. Figur 3-15 og Tabel 3-2 viser de endelige overskridelsessandsynligheder for givne bølgehøjder for punkt P2-P5.

Bølgeroserne viser, at de største bølger på kommer fra en retningssektor på 80°N ved punkt P2, vanddybde 5,9m, hvorimod de største bølger på lavere vand, P5, 1 m vanddybde er retningssektoren 40°N for de største bølger. Dette indikerer, at refraktion, som forventet, har meget stor indflydelse på bølgeforholdene i de kystnære punkter.

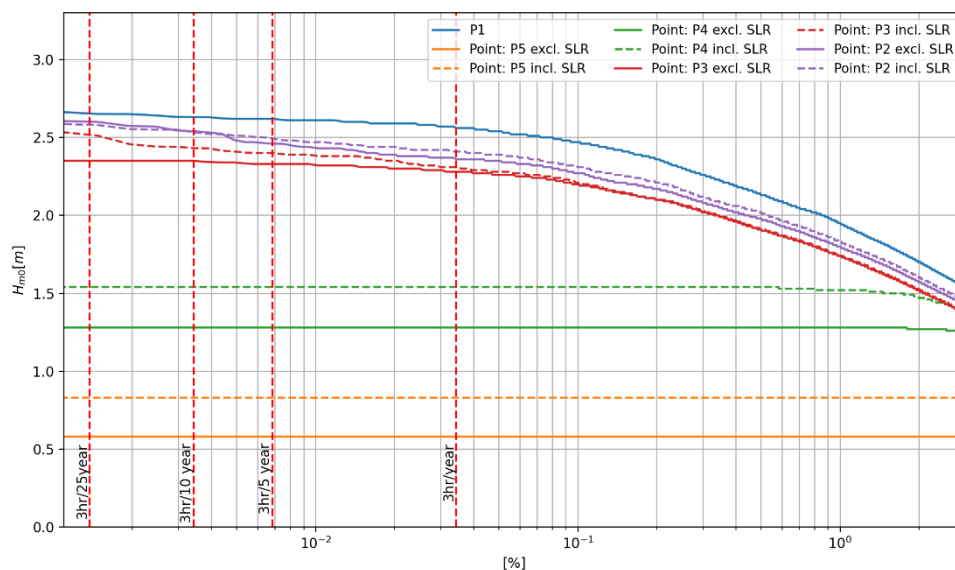
Den gule linje på Figur 3-15 samt Tabel 3-2 viser ligeledes, at for vanddybder under 1,5 meter, vil den signifikante bølgehøjde H_{m0} , ikke overstige 1 m, hvilket skyldes kriteriet af [6], altså at bølgerne nær bølgebryderne vil være dybdebe- grænsede.



Figur 3-13 Bølgerose ved punkt P2 (øverst), vanddybde 5,9 m og bølgerose ved punkt P5 (nederst). Begge punkter er vist med (højre) og uden (venstre) vands- tandsstigning på +0,45 m.



Figur 3-14 Scatterdiagrammer over den signifikante bølgehøjde H_s og peak bølgeperioden, T_p .



Figur 3-15 Endelige overskridelsessandsynligheder for bølgehøjder for forskellige vanddybder. "Inkl. SLR" er vandstanden inklusive vandstandsstigninger

Tabel 3-2 Bølgehøjder baseret på overskridelsessandsynlighed på de kystnære bølgeforhold ved punkt P2, P3, P4 samt P5.

Position	3 t/ år	3 t/ 5 år	3 t/ 10 år	3 t/ 25 år	3 t/ 50 år
P5 ekskl. SLR	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
P5 inkl. SLR	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
P4 ekskl. SLR	1,28	1,28	1,28	1,28	1,28
P4 inkl. SLR	1,54	1,54	1,54	1,54	1,54
P3 ekskl. SLR	2,21	2,28	2,30	2,32	2,34
P3 inkl. SLR	2,23	2,38	2,43	2,50	2,52
P2 ekskl. SLR	2,31	2,40	2,52	2,60	2,65
P2 inkl. SLR	2,36	2,45	2,53	2,58	2,66

3.3.3 Sensitivitets analyse

For punktet P5, der ligger på 1 m vanddybde ved foden af ny bølgebryder, er bølgehøjden dybdebegrænset, og designbølgehøjden er således ikke afhængig bølgehændelsernes returperiode, men udelukkende af den lokale vanddybde. For at opnå mere sikkerhed på den dimensionerende bølgehøjde er der i

nærværende projekt ligeledes foretaget en sensitivitetsanalyse på bølgehøjden, hvis man justerer vanddybden hhv. +0,5 m og +1,0 m. Resultatet er vist i Tabel 3-3.

Tabel 3-3 Sensitivitetsanalyse på bølgehøjden, ved ændringer af vanddybden foran bølgebryder

Vanddybde [m]	Bølgehøjde [m]	
	P5 Ekskl. SLR	P5 Inkl. SLR
0	0,58	0,83
+0,5	0,86	1,12
+1,0	1,15	1,40

Tabel 3-3 illustrerer, at en teoretisk ændring i vanddybden på 1 meter vil medføre en stigning fra 0,58 m til 1,15 m og 0,83 m til 1,40 m i bølgehøjden, svarende til hhv. cirka 70 og 100% stigning i den største bølgehøjde. Dette skyldes at brydningskriteriet bliver lempet på større vanddybder, og større bølgehøjder kan derfor forekomme.

3.3.4 Bølgeperiode

For at kunne vurdere bølgenes længde, er det nødvendigt at kende forholdet mellem bølgehøjde og bølgeperiode. På Figur 3-16, fremgår bølgehøjderne og perioderne fra den transformeret tidsserie. På figuren er lavet en estimeret relation mellem bølgehøjde og bølgeperiode:

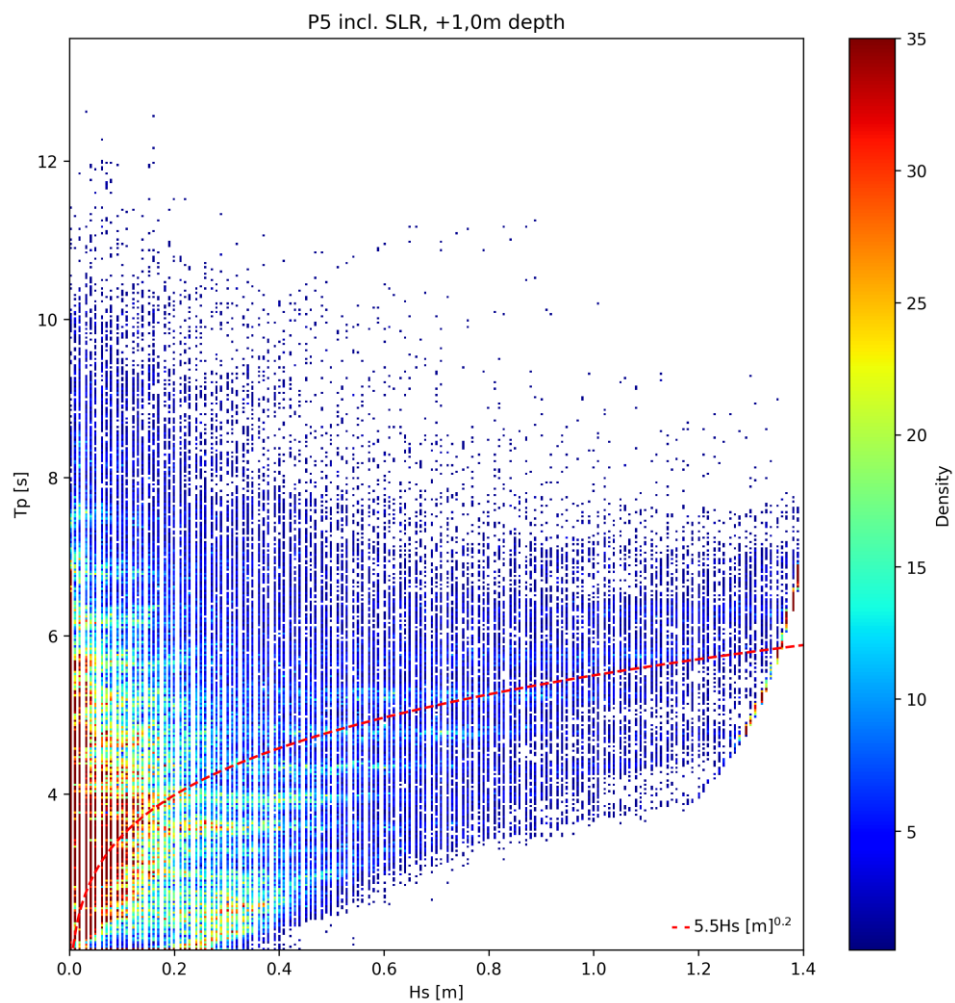
$$T_p = 5.5H_s^{0.2}$$

hvor:

T_p er bølgens peak periode

H_s er bølgens signifikante bølgehøjde

På baggrund af relationen mellem bølgehøjde og periode fås de i Tabel 3-4 angivne peak bølgeperioder.



Figur 3-16 Scatter figur for H_s og T_p , for punkt P5, hvis vanddybden bliver forøget med 1 meter. Angivet på figuren er en relation mellem T_p og H_s .

Tabel 3-4 Bølgeperioder for tilsvarende bølgehøjder, angivet i Tabel 3-3. Bølgeperioden er beregnet med formlen, angivet i Figur 3-16

Vanddybde differens [m]	Ekskl. SLR		Inkl. SLR	
	Bølgehøjde [m]	Bølgeperi- ode [s]	Bølgehøjde [m]	Bølgeperi- ode [s]
0	0,58	4,93	0,83	5,30
+0,5	0,86	5,34	1,12	5,63
+1,0	1,15	5,66	1,40	5,88

3.4 Projekteringsforhold

For at opnå en større robusthed i den endelige løsning, er den valgte dimensionsgivende bølge den, der opstår ved en vanddybde differens på 1 meter, inklusive vandstandsstigning. Derved tages der højde for eventuelle fremtidige erosionstillæg eller vandstandsstigninger, som er større end de forventede.

De betingelser, der anbefales for projektering af bølgebryder, præsenteres i Tabel 3-5.

Tabel 3-5 Projekteringsforhold for bølgebrydere.

Returperiode	Signifikant bølgehøjde, H_s [m]	Peak bølgeperiode, T_p [s]	Bundkote, h [m DVR90]	Vandstandsniveau [m DVR90]
50-år (2075)	1,40	5,88	-1,0	+1,46+0,45 = +1,91

For bølge-parametrene til projektering af bølgebryderne medtages der ikke bølgestuvning, da stuvningen antages at forekomme mellem diget og bølgebryderne.

4 Projektering af kystbeskyttelse

Kystbeskyttelse er en paraplybetegnelse for både erosion, der er drevet af på-landsbølgers ødelæggende kræfter, og havoversvømmelse, der drives af vands-tandshævningen under en stormflod.

Dertil skal tillægges "klimapåvirkningen" der dels er forventet stigning i både bølgehøjde og maksimalvandstand grundet havspejlsstigningen samt de andre afledte klimapåvirkninger som øget nedbør, højerestående grundvand og samti-digheds-fænomenerne.

Til håndtering af de indfaldene bølger anlægges bølgedæmpende bølgebrydere yderst mod havet med bagvedliggende højtliggende strand så bølgenes energi løber helt af, der hvor erosionsbeskyttelse mangler i dag og der anlægges ensar-tet terrænhøjder mellem bølgebrydere og havdiger langs hele strækningen.

Senest i oktober 2023 har effekten af bølgebrydere på kyststrækningen ved Ulvshale vist sig vigtig i beskyttelsen af diget. Dige ved Ulvshale-fællesskov blev ramt af stormen "Babet" d. 20-21 oktober 2023. Stormen medførte skader på en større strækningen af diget, et eksempel på dette er vist på Figur 4-1. Figur 4-2 og Figur 4-3 viser på samme strækningen et relativt uberørt dige. Diget på de uberørte strækninger har været beskyttet af en forstrand og bølgebrydere. Bølgebryderne har været med til at bibeholde stranden foran diget, og denne kombination af forebyggelse mod erosion af stranden før stormen, samt den bøl-gebrydende effekt under storm har bidraget til at diget kunne modstå vandstand og bølgepåvirkningen på kysten.

Projekteringen af kystbeskyttelsen for strækningen uden bølgebrydere tager derfor udgangspunkt i, at der skal etableres bølgebrydere på strækningen, såle-des at samme beskyttelsesniveau af diget opnås på hele strækningen. Dette så-ledes at kysten beskyttes mod erosion og diget beskyttes mod bølger under stormhændelser.



Figur 4-1 Skader på diget på strækning uden bølgebrydere. Foto fra Ulvshale-Fællesskov digelag efter stormen Babet.



Figur 4-2 Relativt uberørt dige, beskyttet bag forstrand og bølgebrydere, i den østlige ende af digets strækning. Skaderne nederst på billedet er hvor strækningen uden bølgebrydere begynder. Foto fra Ulvshale-Fællesskov digelag efter stormen Babet.



Figur 4-3 Relativt uberørt dige, beskyttet bag de vestligst placerede bølgebrydere og forstrand. Foto fra Ulvshale-Fællesskov digelag efter stormen Babet.

4.1 Bølgebrydere

Bølgebryderen projekteres iht. metoder og principper beskrevet i The Rock Manual [7]. Der anvendes $T_m \approx T_p/1,2$ og $T_{-1,0} \approx T_p/1,1$ samt stormvarighed på 3 timer. T_m er middel bølgeperiode, T_p er peak bølgeperiode og $T_{-1,0}$ er spektral bølgeperiode. Der anvendes en stendensitet på $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$ (granit) og vanddensitet på $\rho_w = 1025 \text{ kg/m}^3$ forudsat en salinitet på 25 PSU og en vandtemperatur på 10°C .

4.1.1 Skråningsstabilitet

Valg af dæksten eftervises ved van der Meers formel med et skadestål på $Sd=2$, svarende til begyndende skade (0-5% skade). Van der Meer's formel er anvendt til bestemmelse af stenstørrelserne af dæklaget, ref. [7]:

$$\frac{H_{des}}{\Delta D_{n50}} = \begin{cases} c_{pl} P^{0.18} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \xi_m^{-0.5} \xi_m < \left[\frac{c_{pl}}{c_s} P^{0.31} \sqrt{\tan \alpha}\right]^{\frac{1}{P+0.5}} \\ c_s P^{-0.13} \left(\frac{S_d}{\sqrt{N}}\right)^{0.2} \sqrt{\cot \alpha} \xi_m^P \xi_m > \left[\frac{c_{pl}}{c_s} P^{0.31} \sqrt{\tan \alpha}\right]^{\frac{1}{P+0.5}} \end{cases}$$

Hvor

- > D_{n50} er den nominelle sten diameter (m)
- > H_{des} er projekteringsbølgehøjden
- > Δ er den relative densitet, $\frac{\rho_s}{\rho_w} - 1$
- > $\cot(\alpha)$ er hældningen af dæklaget (1:1,5 til 1:2)
- > g er tyngdeaccelerationen
- > P er konstruktionens permeabilitet (0,2 - 0,3)
- > S_d er en dimensionsløs skadesniveau (2 svarende til 0 - 5% skade)
- > N er antal bølger i en projekteringsstorm (3000 – lavt vand)
- > ξ_m er en bølgestejlhedsparemetre (surf similarity)

c_{pl} og c_s er bølgeparametre (lavt vand: $c_{pl}=8.4$, $c_s=1.3$)

Beregningen af den mindste størrelse dæksten fremgår af Tabel 4-1.

Tabel 4-1 Beregning af hydraulisk stabilitet af stenkastning efter van der Meer og Hudson.

Parameter			Værdi
Densitet	ρ_s	kg/m ³	2650
Permeabilitet	P		0,10
Anlæg	$\cot \alpha$		2,0
	a	°	26,6
Antal lag			1
HAVBUND			
Hældning	$\cot \beta$		225
	b	°	0,25
Vanddybde	d	m	1,0
Vandstand	v	m	1,91
Total vand-dybde	h	m	2,91
Densitet	ρ_w	kg/m ³	1025

Relativ densitet	Δ		1,60
Signifikant bølgehøjde	H_s	m	1,40
			Lavt vand
Brydningsgrænse H_s/h forhold			0,6
	H_{seff}	m	1,40
Battjes & Groenendijk	H_{tr}		1,09
	H_{tr}/H_{rms}		1,014
	H_{rms}		1,08
Bølgehøjde på lavt vand	$H_{2\%}$	m	1,73
Peak bølgeperiode	T_p	s	5,88
Middelbølgeperiode	T_m	s	4,9
Spektral bølgeperiode	$T_{-1.0}$	s	5,3
Bølgelængde	γ		44,6
Surf similarity parameter	ε		2,8
Kritisk surf similarity parameter	ε_{cr}		3,8
Van der Meer parametre	C_{pl}		8,4
	C_s		1,3
Stormvarighed	t	h	3
Antal bølger	N		2204
Median sten-vægt	M_{50}	kg	650
Median sten-størrelse	D_{n50}	m	0,63
Dæklagstykkel		m	0,63
Hudson, skadestål	K_d		1,37
Van Der Meer, skadestål	S_d		1,86

4.1.2 Nye bølgebrydere

Placering af de nye bølgebrydere er baseret på ingeniørmæssig erfaring, samt en vurdering af de omkringliggende bølgebrydere og deres effekt. Placeringen af

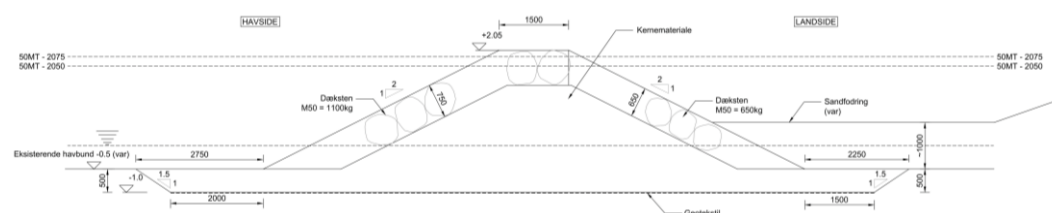
de nye bølgebrydere er vist på Figur 4-4. Tværsnittet for de nye bølgebrydere er vist på Figur 4-5.



Figur 4-4 Placering af nye bølgebrydere.

Bemærk på Figur 4-5 at der er anvendt dæksten på havsiden, med en median stenvægt på 1100 kg. Dette svarer til de dæksten, som digelaget allerede har indkøbt til den midlertidige beskyttelse af diget efter stormen Babet. Disse dæksten genanvendes i bølgebryderne, og er derfor angivet på tværsnittet. For at spare på materialet, er der anvendt mindste kravet til dæksten på landsiden af bølgebryderen.

Det forventes at bølgebryderen nedgraves med en halv meter, hvor kernematerialet vil blive placeret. Tåen af bølgebryderen er af samme materiale som kernen. Tåens udstrækning på landsiden skal ikke nødvendigvis være af samme størrelse som på havsiden, siden denne ikke er ligeså eksponeret for bølger.

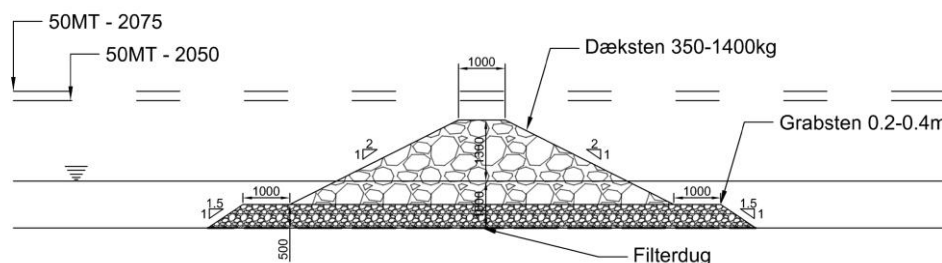


Figur 4-5 Ny bølgebryder på 0,5m vanddybde. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet.

4.1.3 Eksisterende bølgebrydere

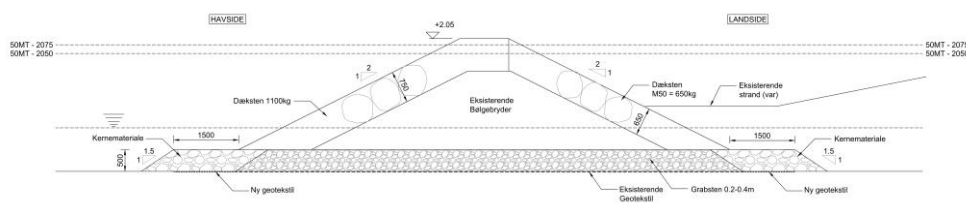
De eksisterende bølgebrydere, vil under en 50 års middeltidshændelse om ca. 25 år og 50 år stå under vand, som vist på Figur 4-6. Det anbefales derfor at forstærke bølgebryderne, både for at sikre at kronekoten (toppen af bølgebryderen) er højere end en 50 års middeltidshændelse i fremtiden, samt at der kan placeres større sten til at gøre bølgebryderen mere robust.

Figur 4-7 viser en forstærkning af de eksisterende bølgebrydere, hvor sten med en middelvægt på 1,1t benyttes. For at det nye lag dæksten kan placeres, skal tåen i bunden udbygges, så dækstenene kan placeres herpå, samt at der er tilstrækkelig beskyttelse mod lokal erosion ved bølgebryderen.



Figur 4-6 Tværsnit af eksisterende bølgebrydere, baseret på Figur 2-6. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.

Forstærkelsen af de eksisterende bølgebrydere tager udgangspunkt i samme materialer som anvendt til de nye. Dette indebærer dæksten på havsiden, tilsvarende de allerede indkøbte dæksten, samt det nye tå-materiale er tilsvarende kernematerialet på de nye bølgebrydere.



Figur 4-7 Oplæg til forstærkelse af eksisterende bølgebrydere. 50 års middeltidshændelsen i 2050 og 2075 er angivet på skitsen.

4.1.4 Dæksten

For både de nye bølgebrydere samt forstærkelsen af de eksisterende, skal der anvendes nye dæksten. De nye dæksten som skal benyttes til bølgebryderne, er vist på Figur 4-7 og Figur 4-5 og beregnet i Tabel 4-1. Det vil kun være nødvendigt at placere de største dæksten på havsiden af bølgebryderen, hvorved materiale kan spares på bagsiden.

Digelaget har allerede indkøbt dæksten af typen marksten, som skal benyttes til bølgebryderne. Disse marksten har en median stenstørrelse ($D_{n50, \text{mark}}$), tilsvarende største kravet i Tabel 4-1 (0,72 m). Resultaterne i Tabel 4-1, tager dog udgangspunkt i at de valgte dæksten er af sprængsten. Da enstensætning med sprængsten typisk vil have større stabilitet enstensætning med marksten af samme størrelse bør diameteren $D_{n50, \text{mark}}$ for marksten omregnes til en ækvivalent $D_{n50, \text{spræng}}$ svarende til sprængsten, Jf. [7] tabel 5.30.

De indkøbte marksten vurderes som semi-runde og derfor skal deres medianstørrelse, $D_{n50, \text{mark}}$ multipliceres med en faktor 0,95. Den tilsvarende medianstenstørrelse, $D_{n50, \text{spræng}}$, Jf. [7] bliver derfor;

Tabel 4-2 Tilsvarende median størrelse for indkøbte marksten

Diameter af indkøbte marksten $D_{n50,mark}$ [mm]	Faktor Jf. [7] [-]	Ækvivalent sprængstensdiameter $D_{n50,spræng}$ [mm]	Ækvivalent Median stenvægt, $M_{50,spræng}$ [kg]
720	0,95	680	833

4.1.5 Kernemateriale

Der anvendes filterkrav efter Terzaghi og Thompson & Shuttler. Disse fremgår af nedenstående. I de følgende beregninger, tages der udgangspunkt i de sten, som digelaget allerede har indkøbt. Der regnes med en stengradering på 530-1590 kg, for en median stenvægt på 1100 kg.

$$D_{15a}/d_{15f} < 15$$

$$D_{50a}/d_{50f} < 7$$

$$D_{15a}/d_{85f} < 4$$

Indeks indikerer gennemfaldsprocent på en kornkurve for materialet. Indeks "a" indikerer dæksten (armour) og "f" indikerer filtersten. De beregnede graderingernes mindste størrelser kan ses i Tabel 4-3. Resultaterne er angivet i Stenmasse (M)/Nominal diameter ($D_{n,mark}$).

Tabel 4-3 Mindste gradering for de angivne stengraderinger i Tabel 4-1

Gradering - $M/D_{n,mark}$	530-1590 kg [kg]/[mm]
15%	590/606
50%	1100/746
85%	2070/921

Mindste krav til filterstørrelser kan ses i Tabel 4-4.

Tabel 4-4 Mindste graderingskrav for filterstørrelserne

Gradering - M/D_n	[kg]/[mm]
15%	0,18/40
50%	3,21/107
85%	9,22 /152

4.1.6 Tåen

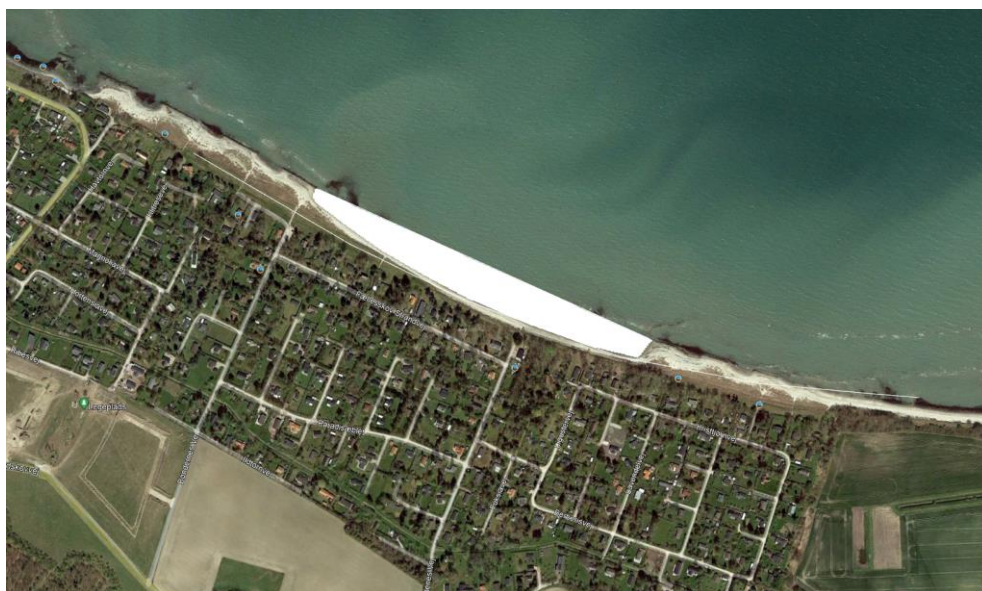
Det forventes at materiale til udformning af tåen til bølgebryderne vil være af samme materiale som kernen til de nye bølgebrydere. Disse materialekrav kan ses i Tabel 4-4.

4.2 Geotekniske overvejelser

Som angivet i afsnit 2.4 var der i stedet for geotekniske stabilitetsberegninger foretaget en vurdering af de eksisterende bølgebrydere og deres tilhørende sætninger, hvor resultat kan ses i Tabel 2-1. Det blev konkluderet at det ikke kan vurderes med sikkerhed om bølgebryderne har været udsat for sætninger. Derfor vil eventuelle fremtidige sætninger af bølgebryderne kunne imødekommes ved reparation af bølgebryderne.

4.3 Sandfodring bag ved bølgebrydere

For at få den fulde beskyttelse af diget, vil der skulle sandfodres mellem diget og bølgebryderne, så der kan dannes et forland, som det ses ved de andre bølgebrydere. På Figur 4-8 er angivet et område med areal på omkring 31.000 m² som bør sandfodres.



Figur 4-8 Sandfodringsareal. (Satellitfoto: Google Earth)

Lagtykkelsen af sandfodringen er undersøgt ved at sammenligne de nærliggende sandprofiler, bag de eksisterende bølgebrydere. De eksisterende sandprofiler hælder ned imod kysten. Den gennemsnitlige forskel imellem sandfodringsarealet set på Figur 4-8 og naboliggende profiler er ca. 1 m.

Det vurderes ikke at opførelsen af bølgebryderne vil medføre en negativ påvirkning på sandtransporten i området, og at der dermed heller ikke vil være nogen negative konsekvenser for områderne vest for strækningen med nye bølgebrydere.

Der forventes derfor ikke at være behov for løbende vedligeholdelsesfodringer på strækningen, da det ikke har været tilfældet for nuværende strandfodringsområder. Dette er baseret på at de omkringliggende strækninger med bølgebrydere er stabile.

4.3.1 Sedimenttransport

Sedimenttransportretningen langs kysten er gående fra øst mod vest, se Figur 4-10. Figur 4-9 viser hvordan der har været en lokal tilbagerykning af kystlinjen fra 1899 til 2002. Der er fra 1995 til 2013 anlagt bølgebrydere, som har haft en indflydelse på kystlinjens beliggenhed på strækningen, som er vist på Figur 4-9. På strækningen er det muligt at se, hvordan tilbagerykningen af kystlinjen har været reduceret fra 2019 til 2022 sammenlignet med 2014 til 2019. Da der blev anlagt nye bølgebrydere i 2013, er det forventeligt, at der skete en umiddelbar tilbagerykning af kystlinjen efter etableringen af det nye anlæg, og at tilbagerykningen efterfølgende er mindsket. Da tilbagerykningen af kystlinjen er begrænset, vil opførelsen af de 5 nye bølgebrydere på strækningen ikke påvirke den kroniske sedimenttransport betydeligt.

Ser man samtidig på, hvor materialerne fra den langsgående sedimenttransport aflejres, kan man på Figur 4-10 se at aflejringen sker mod vest. Nabostrækningen mod vest, fra punktet hvor de eksisterende bølgebrydere slutter og frem til aflejningsområdet, modtager derfor ikke materialer fra det område, hvor de nye bølgebrydere skal opføres.

Af Figur 4-10 fremgår det også, at der på denne strækning er udfordringer med kronisk erosion af kystlinjen. Digelaget som også ejer diget på denne del, har planer om at igangsætte undersøgelser for hvordan denne strækning kan beskyttes.

Etableringen af de 5 nye bølgebrydere betragtes som en færdiggørelse af første fase, hvor bølgebrydere benyttes til at beskytte en delstrækning af Nordre dige. Beskyttelsen mod erosion på nabostrækningen undersøges i en efterfølgende fase.



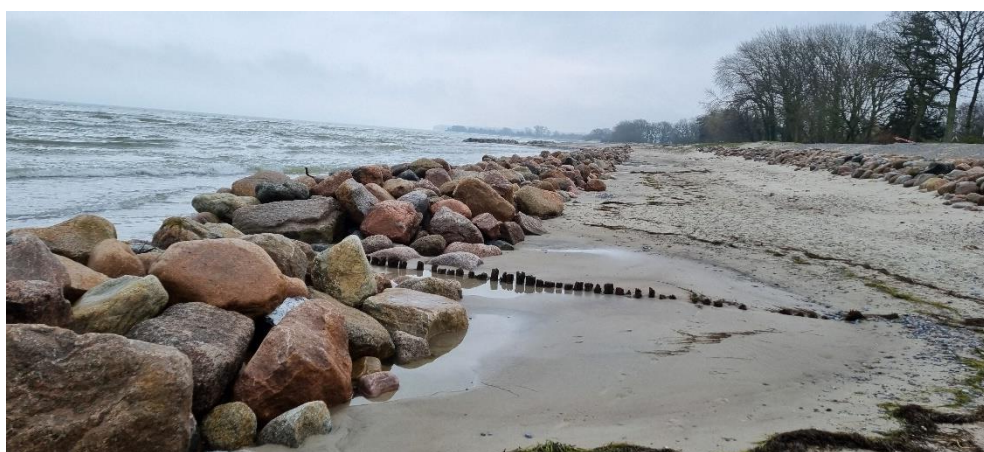
Figur 4-9 Kystlinje udvikling i perioden 1899 til 2022, på strækningen mellem de eksisterende bølgebrydere.



Figur 4-10 Kystlinjeudvikling i perioden 1899 til 2022 på strækningen ved Ulvshale-Fælleskov.

4.3.2 Fjernelse af ældre beskyttelses anlæg

Der er på strækningen, hvor bølgebryderne skal anlægget, tidligere etableret træ-høfder, se Figur 4-11. Da disse er nedbrudt over længere tid, har de ikke en effektiv beskyttende effekt på strækningen. Når de nye bølgebrydere etableres, bliver høfderne derfor fjernet. Dette gør også, at når personer bevæger sig på stækning vil de ikke kunne falde over høfderne, specielt da høfderne ville blive begravet i sand i forbindelse med sandfodringen.



Figur 4-11 Eksempel på eksisterende høfde på strækningen hvor de nye bølgebrydere skal etableres. På billedet ses derudover de sten som er udlagt som midlertidig beskyttelse efter stormskaderne på diget fra oktober 2023.

4.3.3 Beplantning af sandfodringsområde

Efter sandfodringen udplantes hjemmehørende klitvegetation. Udplantningen af planter sker for at fremme udbredelsen af disse, da planterne bidrager til at holde på sandet, og der undgås bl.a. stor sandfygning.

Der udplantes 5 planter per m², og der opsættes afspærringsbånd omkring de nyudplantede planter for at undgå disse beskadiges indtil de har etableret sig.

5 Kystbeskyttelsens udformning og placering

5.1 Erosionsbeskyttelse

Den nye erosionsbeskyttelse vil blive udformet ved at anlægge 5 nye bølgebrydere i området imellem de eksisterende. Placeringen af disse kan ses på Figur 4-4. Samtidigt vil erosionsbeskyttelsen ligeledes omfatte restaureringen af de eksisterende. Disse bølgebrydere er dimensioneret i afsnit 4.1, hvor tværsnittet for de nye bølgebrydere kan ses på Figur 4-5 og restaureringen af de gamle på Figur 4-7.

Tegning A256285-TG-001, -002 og -003 viser plan og typiske tværsnit for bølgebryderne.

6 Anlægs- og vedligeholdelsesbeskrivelse

6.1 Anlægsbeskrivelse

I de følgende afsnit beskrives hvordan arbejderne for kystbeskyttelsen påtænkes at skulle udføres.

6.1.1 Bølgebrydere

Der skal foretages to typer arbejder i forbindelse med bølgebryderne, anlæggelsen af nye bølgebrydere, samt forstrækning af de eksisterende bølgebrydere på strækningen. Herunder beskrives først etableringen af de nye bølgebrydere og efterfølgende forstrækningen af de eksisterende bølgebrydere.

Der er i januar 2024 foretaget en havbundsopmåling som viser at der hvor bølgebryderne skal opføres er en havbundsdybde på omkring 0,5m. Det forventes derfor at en entreprenør vil opføre bølgebryderne fra landsiden, hvorved maskinerne kan køre på havbunden når anlægget skal opføres. Det kan forekomme at udlægges en kørevej af sten for at hæve maskinerne ud af vandet. Materialerne fra denne kørevej vil bestå af materialer som skal indbygges i bølgebryderne eller sand som forbliver bag bølgebryderne.

For at sikre tilstrækkelig robusthed mod varierende havbund, skal bølgebryderne anlægges således at bundkoten er i -1m DVR90. Dette medfører at der hvor bølgebrydere opføres skal der afgraves et ca. 0,5m sandlag. Sandet herfra indbygges bag bølgebryderne i området som skal sandfødres.

Efter afgravningen af sand, udlægges en geotekstil hvorpå der placeres filterstenmateriale. Filterstenmaterialet udgør både kerne og tå-beskyttelsen af bølgebryderne. Når filterstenmaterialer er udlagt og afrettet indbygges dæksten på bølgebryderen. Bølgebryderne har to stengraderinger. På siden mod havet og på kronen af bølgebryderen indbygges den største dækstensgradering, hvor der på bagsiden benyttes den mindste dækstensgradering.

Begrundelsen for at benytte forskellige graderinger er at digelaget har eksisterende dæksten som kan indgå i bølgebryderne, og disse er tilstrækkelig store til at give ekstra robusthed ved at blive placeret på havværdssiden.

For enderne af bølgebryderne benyttes den store dækstensgradering rundt i rundingen, hvorfor den mindre dækstensgradering kun benyttes på langsiden mod land.

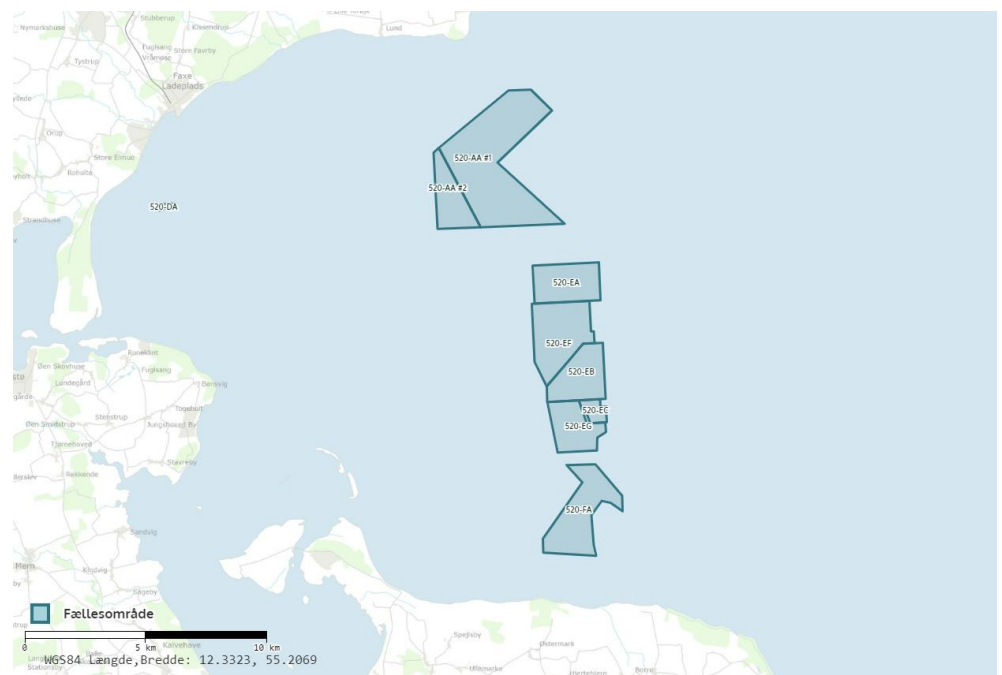
For de eksisterende bølgebrydere, er arbejderne sammenlignelige med den for de nye bølgebrydere, hvorfor det samme type materiel forventes af kunne benyttes til arbejdet.

De eksisterende bølgebrydere vil forblive i deres oprindelige opbygning. Det påtænkes at der omkring bølgebryderne afgraves ned til tåbeskyttelsen, og at området omkring bølgebryderne afgraves for sand således at tå-konstruktionen kan

udvides. Når der er afgravet tilstrækkelige sandmængder, vil der blive udlagt filterstenmateriale på udrullet geotekstil. Efterfølgende opbygges der et nyt lag dæksten ovenpå de eksisterende dæksten. Dækstenen placeres som ved etableringen af de nye bølgebrydere, med den største dækstensgradering på havværdssiden, og den mindre dækstensgradering ind mod kysten.

6.1.2 Initial strandfodring

Det forventes at der kan indhentes sand fra et af de fællesområder som ligger tæt på Ulvshale. Sandet kan herefter sejles til kysten hvorfra det kan pumpes via en flydeledning indtil kysten. Alternativt kan sandet sejles til en havn i nærheden hvorfra det kan køres til stranden.



Figur 6-1 Fællesområder til råstofindvinding. I bunden af kortet ses nordkysten på Møn. Kort: Miljøstyrelsen.

6.2 Vedligehold af kystbeskyttelse

6.2.1 Bølgebrydere

Vedligehold af bølgebryderne udføres efter skader på stenkonstruktionen. Hvis dæksten, kernesten eller geotekstil er skadet, vil skaden skulle udbedres. Under stormvejr kan fx. enkelte sten flyttes af bølger, disse flyttes tilbage efter stormen. I tilfælde af is på vandet, kan bølgebryderne blive påvirket, og påvirkninger fra is kan medføre at dele af konstruktionen skal opbygges igen.

6.2.2 Strandfodring

Der udføres en initial sandfodring på strækningen, efterfølgende forventes der ikke et behov for yderligere sandfodring. Erfaringer fra de allerede eksisterende bølgebrydere viser at der er begrænset variation i kystlinjen efter etablering af bølgebryderne. Der foregår en langsgående transport af sand fra øst mod vest, denne transport vil fortsætte efter etablering af bølgebryderne. Evt. i forbindelse med kronisk erosion, vil vanddybderne blive større foran bølgebryderne med tiden.

Efter den initiale sandfodring kan der forekomme ændringer til sandprofilerne, f.eks. i mellemrummet mellem bølgebryderne. Det er forventeligt at naturen vil påvirke sandets profil efter en sandfodring. Der kan evt. foretages opmålinger på områder for at følge udviklingen af sandfodringen, og om denne forbliver.

Skulle der med tiden vise sig at den initiale sandfodring helt eller delvis forsvinder, vil dette kunne modvirkes med yderligere sandfodring.

6.2.3 Beplantning

Efter sandfodringen udplantes hjemmehørende klitvegetation. Disse forventes med tiden at sprede sig i området. Det er dog vigtigt at planterne beskyttes mod gående og maskiner i området, umiddelbart efter udplantning. Planterne skal have tid til at fordele sig på området. Skulle større områder have beskadiget planter, bør disse erstattes med nye planter.

6.2.4 Dige

For at bevare digets kystbeskyttende funktion er det essentielt, at det vedligeholdes jævnlige. Dette gøres bl.a. ved at sikre, at de kohæssive kræfter, der skabes af græssets rodnet bevares. Græslandet, bør være tæt og velplejet uden bare områder og huller (kan være gravet af f.eks. mosegrise). Større planter som hybenroser, træer og buske bør fjernes. For at undgå disse større planter bør græsset slås ca. 3-7 gange i vækstsæsonen hvert år.

Det bør årligt vurderes, om højden af diget samt græslandet er intakt. COWIs projektleder vil én gang årligt deltage i en digevandring, hvor digernes samt den øvrige kystbeskyttelses tilstand vurderes.

For at bevare digets højde bør færdsel på diget, så vidt muligt undgås, da det medfører lokal erosion.

7 Projektets påvirkninger

7.1 Natur og Miljø

Projektet udføres tæt ved og i begrænset omfang inden for Natura 2000 områder. Af denne årsag er der udført en væsentlighedsvurdering (A256285-TN-002) som indsendes i forbindelse med myndighedsansøgningen.

Foruden væsentlighedsvurdering indsendes også det udfyldte skema for VVM-vurderingen (A256285-MA-003) i forbindelse med myndighedsansøgningen.

8 Berørte matrikler

De matrikler, hvorpå projektet anlægges kan ses i Figur 8-1 samt Tabel 8-1.

Bølgebryderne opføres så langt ude i vandet, at de ikke påvirker nogle matrikler. De påvirkede matrikler er derfor udelukkende påvirket af sandfodring.



Figur 8-1: Berørte matrikler

Tabel 8-1: Matrikler berørt af sandfodring

Matrikler berørt af sandfodring
63gb
63gh
63ø
63z
63fx
63gu
59s
63aa
63ad
63bz
63y
63gø
63x
63gq
63gv
63a

9 Referencer

- [1] Kystdirektoratet, »Forslag til udpegning af risikoområder på baggrund af en foreløbig vurdering af oversvømmelsesrisikoen fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet,« Transportministeriet, Lemvig, 2011.
- [2] COWI, »Byernes udfordringer med havvandsstigning og stormflod,« Realdata, København, 2017.
- [3] IPCC, »AR6 Synthesis Report - Climate Change,« IPCC, FN, 2023.
- [4] Kystdirektoratet, »Højvandsstatistikker 2017,« Kystdirektoratet, Lemvig, 2019.
- [5] Kamphuis, J.W., Introduction to Coastal Engineering and Management,, World Scientific, 2000.
- [6] J. W. Kamphuis, Introduction to Coastal Engineering and Management, 1, Red., World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2000.
- [7] CIRIA, CUR, CETMEF, The Rock Manual. The use of rock in hydraulic engineering (2nd edition), London: C683, CIRIA, 2007 (reprinted 2012).
- [8] IPCC, »AR6 Climate Change: Impacts, Adaptation and Vulnerability,« [ipcc.ch/report/ar6/wg2/](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/), Intergovernmental panel on Climate Change, 2022.

Bilag A Afstande til kystbeskyttelse



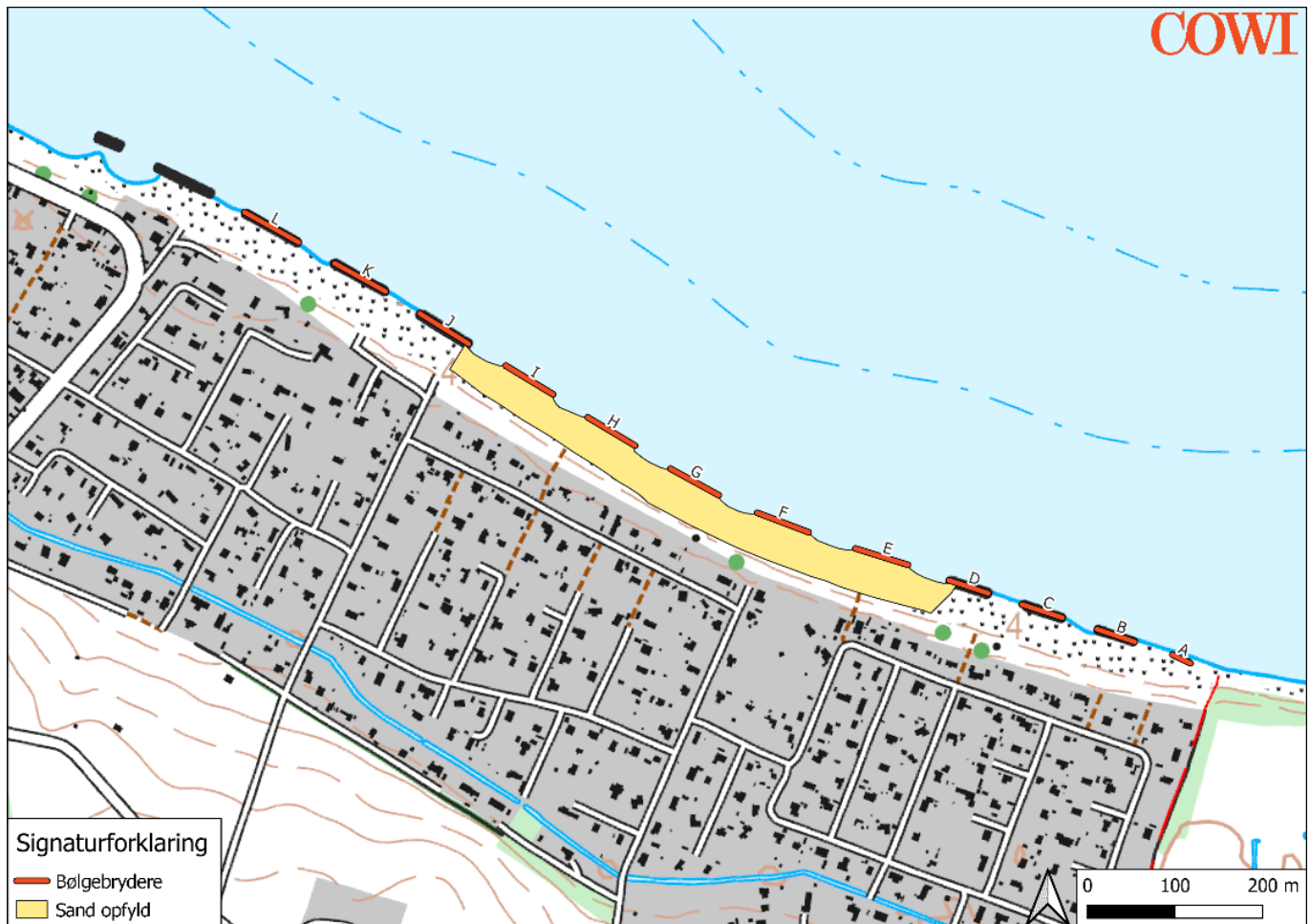
Figur 9-1 Skitse af placeret bølgebryder, med afstand til nærmeste hus og digefod.



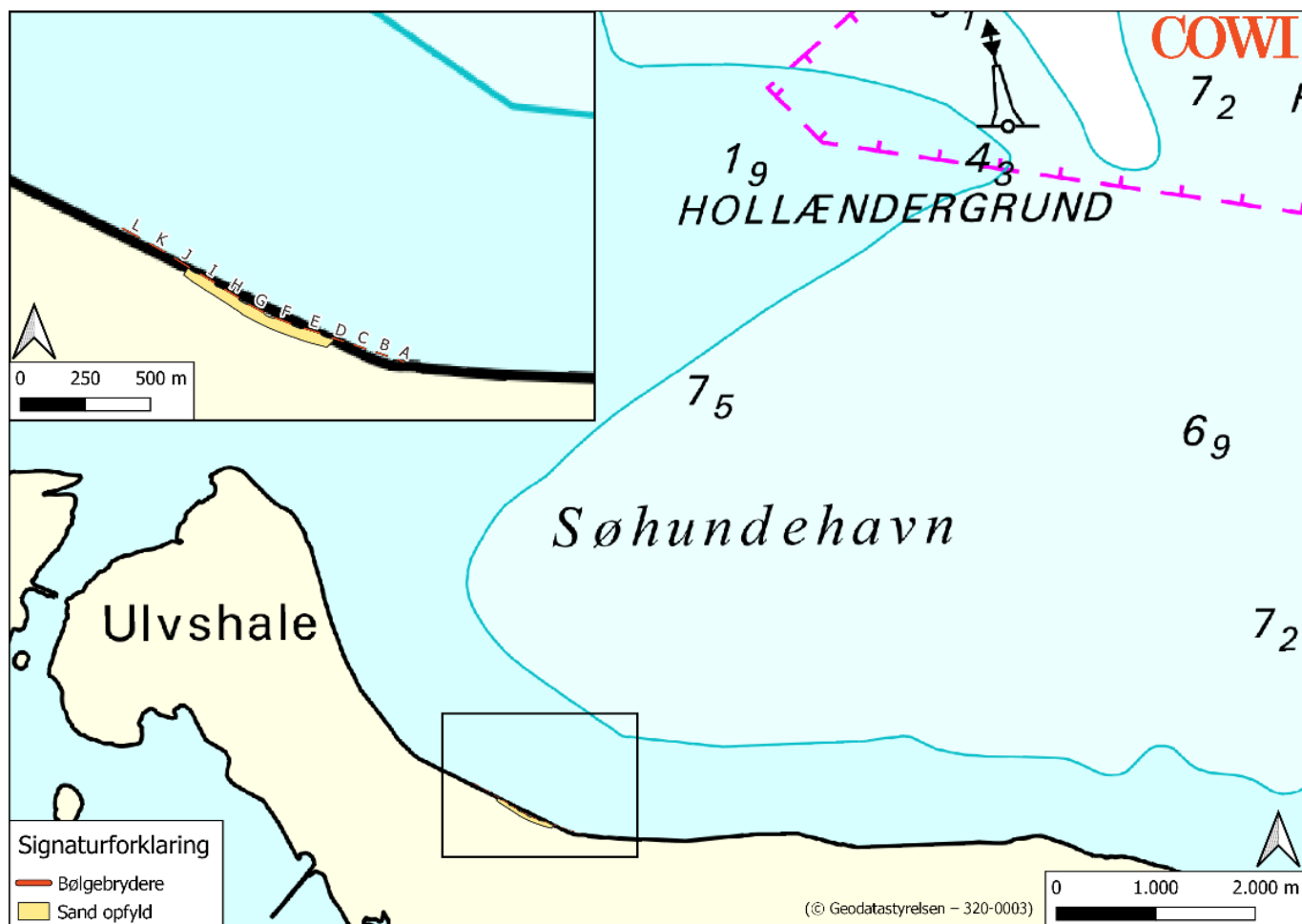
Figur 9-2 Skitse af placeret bølgebryder, med afstand til nærmeste hus og dige-fod.



Figur 9-3



Figur 9-4 Søkort med indtegnede elementer fra ansøgningen.



Figur 9-5 Søkort med indtegnede elementer fra ansøgningen.