



Grenå Næse for vand

Rapport om teknisk grundlag for klimasikring

Norrdjurs Kommune

Dato: 31. marts 2023

Rev.nr.	Dato	Beskrivelse	Udarbejdet af	Kontrolleret af	Godkendt af
1	31-03-2023	Rapport om teknisk grundlag for klimasikring – Grenå Næse for vand	JMAK, KLBU	KLBU	KLBU

Indhold

1.	Indledning.....	5
2.	Trusselsbillede	6
2.1.	Vandstand	6
2.1.1.	Global havspejlsstigning.....	6
2.1.2.	Isostatisk landhævning	6
2.1.3.	Klimaatlas	7
2.1.4.	Højvandsstatistikker	8
2.1.5.	Højvandssikringskote.....	10
2.2.	Oversvømmelse.....	11
2.3.	Bølger	13
2.4.	Oversvømmelsesskade	14
3.	Oversigt.....	16
3.1.	Prioritering	17
4.	Strategi.....	17
4.1.	Klimatilpasning	17
4.1.1.	Etape 1.....	17
4.1.1.1.	Højvandslukke.....	17
4.1.1.2.	Ringvejen + Kattegatvej.....	21
4.1.1.3.	Lokal sikring v. Sydhavn	25
4.1.1.4.	Kontraklap på ledninger.....	25
4.1.2.	Etape 2	26
4.1.2.1.	Mole – Ralstrand	26
4.1.3.	Etape 3.....	28
4.1.3.1.	Lokal sikring ved Grenaa Marina	28
4.1.4.	Etape 4.....	29
4.1.4.1.	Bølgebrydere	29
4.1.4.2.	Kattegatcentret	31
4.2.	Byudvikling	34
4.2.1.	Kanaler m. bro	34
4.2.2.	Grenå Marina – Gangbro.....	39

5.	Øverslag og finansiering.....	41
6.	Beredskabsplan	43
6.1.	Løsningen	43
6.2.	Varsling af stormflod.....	43
6.3.	Iværksættelse af beredskabsløsning.....	43
7.	References.....	45

1. Indledning

NIRAS fungerer som underrådgiver for LYTT Architecture A/S, som står for udarbejdelse af "Strategisk udviklingsplan til fremtidssikring af Grenaa" for Norddjurs Kommune. NIRAS er blevet bedt om input til udviklingsplanen, herunder klimamæssige forhold, vandtekniske forhold, trafikale forhold og overslag.

NIRAS præsenterer de klimatiske forhold, der gør sig gældende for Grenå ift. stormhændelse nu og i fremtiden. Dette bruges til vurdering af nødvendig sikringskote af diverse konstruktioner, som skal bygges/tilpasses i Grenå by. Gældende for alle konstruktioner benyttes der en sikringskote på +2,5 m DVR90, som vurderes at kunne sikre udvalgte områder godt ud i fremtiden.

NIRAS udarbejder et prisoverslag, der viser de umiddelbare omkostninger, der er ved hver konstruktion. Der udarbejdes ikke teknisk design, hvorfor de præcise mængder og størrelser til prissætning er ukendte. Dermed er der store usikkerheder ved priserne, om end giver overslaget en indikation på hvad løsningerne vil komme til at koste.

NIRAS har tegnet enkelte tværsnitsprofiler af konstruktionerne, tegningerne er ikke målsatte med målestok, men indeholder dimensionerne på anlæggene, og viser den umiddelbare tekniske udseende af dem. Yderligere har NIRAS udarbejdet oversigtskort til at vise den umiddelbare placering af fodaftryk af konstruktionerne.

2. Trusselsbillede

2.1. Vandstand

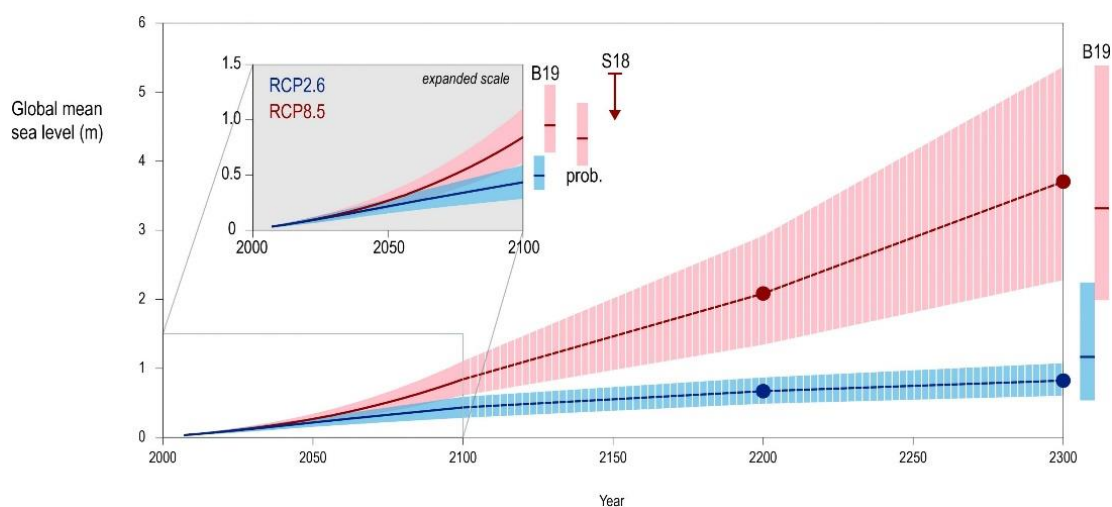
Det astronomiske tidevand ved Grenå er omkring 30 cm, hvilket vil sige, at vandstanden varierer +/- 15 cm omkring middelvandstanden. De daglige tidevandsvariationer vurderes at være uden væsentlig betydning for Grenå Havneby (Geodatastyrelsen, 2022).

2.1.1. Global havspejlsstigning

Vandstanden i verdenshavene forventes at stige i fremtiden, som følge af global opvarmning. Gennem de seneste 100 år er middelvandstanden i farvandene omkring Danmark steget ca. 2 mm/år i gennemsnit (DMI, 2018). Grundet effekten af klimaforandringerne forventes denne tendens at tiltage i fremtiden.

FN's klimapanel IPCCs seneste bud på de fremtidige globale havspejlsstigninger er vist i Figur 2.1. De to forskellige RCP¹-scenarier refererer til forskellige forudsætninger vedrørende den fremtidige udledning af CO₂ og temperaturstigninger – alt efter menneskehedens adfærd fremadrettet. RCP8.5 er scenariet, hvis jordens befolkning ikke formår at ændre deres udledninger radikalt. RCP 2.6 er, hvis Paris-aftalen er fuldt gennemført globalt inden for de næste 10-20 år og udledningerne er radikalt ændrede, hvorved jordens middeltemperatur kun er steget 1,5 °C i slutningen af dette århundrede.

Ved etablering af kystbeskyttelses anlæg med levetider, der strækker sig længere frem end til år 2050 anbefaler DMI, at man anvender klimascenarie RCP8.5.



Figur 2.1: IPCC's bud på de globale havspejlsstigninger frem til år 2300 for to klimascenarier - RCP8,5 rød og RCP2,6 blå. Mid-delværdien i prognoserne er vist med stiplede linjer og usikkerhedsintervallet er vist med de farvede områder, (IPCC, 2019). Bemærk den langsigtede havniveauøstigning ved RCP8,5 med omkring 4 m stigning på 280 år.

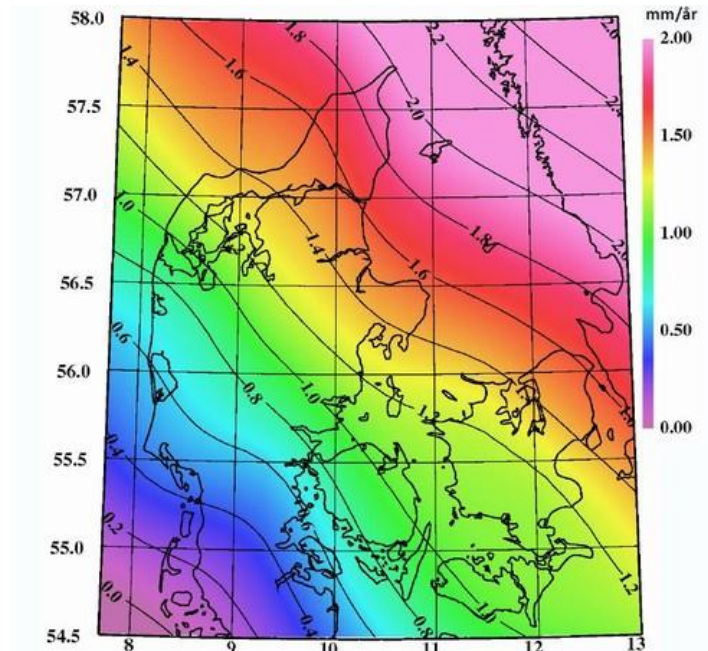
2.1.2. Isostatisk landhævning

Den fremtidige havspejlsstigning lokalt i Danmark er påvirket af landhævning. Ved seneste istid blev landmas-serne trykket ned grundet tyngden fra ismasserne. Efter isens afsmeltning begyndte en landhævning af

¹ RCP = representative concentration pathway

landmasserne, hvilket stadig pågår. Raten af landhævning er størst i de nordøstlige dele af Danmark og lavest i Sønderjylland.

For Grenå pågår en landhævning på ca. 1,55 mm/år, se Figur 2.2.



Figur 2.2: Absolutte landhævninger for Danmark angivet i mm/år. Kilde: (Kystdirektoratet, 2018)

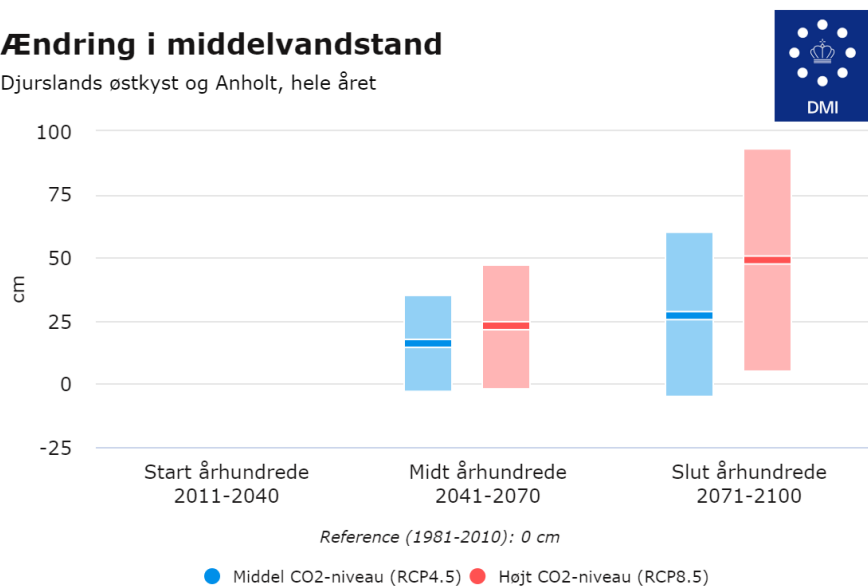
2.1.3. Klimaatlas

DMI har udarbejdet et Klimaatlas hvori den lokale forventede havspejlstigning ved de danske kyststrækninger er beregnet baseret på IPCC's RCP-scenarier samt landhævningen (DMI, 2023).

I midten af århundredet (år 2041-2070) vurderes havspejlsstigningen ved Grenå til at være 23 cm for RCP8.5-klimascenariet. RCP8.5 er et pessimistisk klimascenarie, hvor udledningen af drivhusgasser fortsætter som i dag med en forventet temperaturstigning på fire grader celsius i år 2100. I slutningen af århundredet (år 2071-2100) vurderes havspejlsstigningen ved Grenå til at være 49 cm for RCP8.5-klimascenariet (Figur 2.3).

Ændring i middelvandstand

Djurslands østkyst og Anholt, hele året



v2021a 27/2/2023 10:00

Figur 2.3: Ændring i middelvandstand frem til år 2100 nær Grenå (DMI, 2023).

2.1.4. Højvandsstatistikker

Både Kystdirektoratet og Realdania/Cowi har udarbejdet en højvandsstatistik for lokaliteter i hele Danmark. Der findes statistikker for Grenå ved begge statistikker.

Kystdirektoratets højvandsstatistik baseres udelukkende på målte vandstandsdata og deres seneste statistik for Grenå Havn er vist i Figur 2.4.

Grenå Havn

33
Datablad

Hændelse [år]	20	50	100
Vandstand [cm]	160	167	171

Stationsnummer: DMI 22121
Måleperiode: 01.01.1976 - 01.03.2017
Datalængden: 39,7 år

Datagrundlag for ekstremanalyse

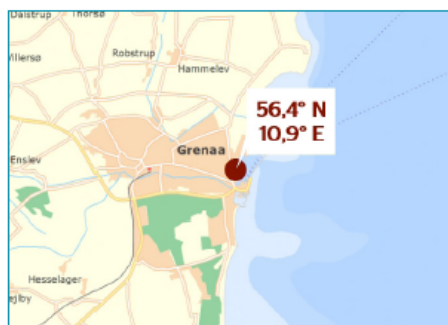
Afskæringsniveau [cm]: 116
Detrending faktor ift. middelvandstand i 2017 [cm]: 4,32

Bemærkninger

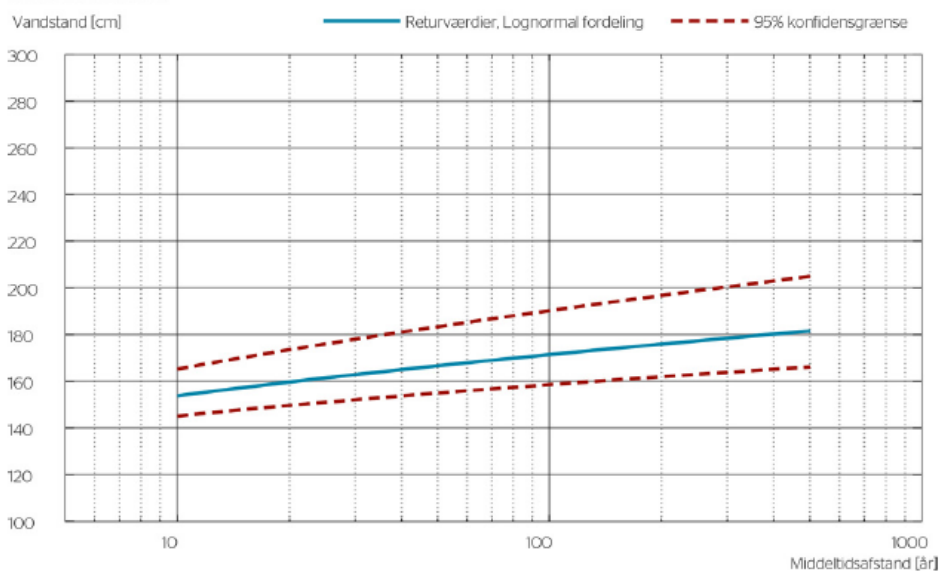
Manglende data: 29.09.1992 til 08.03.1993, 27.05.2001 til 19.01.2002 samt mindre huller.

Modelparametre

Lognormal fordeling, μ : 4,874 σ : 0,106



Middeltidshændelser



Højeste registrerede vandstande [cm] i DVR90

6. november 1985	170	2. marts 2008	151	12. januar 2007	140	30. november 2015	127
10. januar 1995	168	1. november 2006	147	26. februar 2016	135	10. januar 2015	126
6. december 2013	165	27. februar 1990	146	2. april 2016	133	9. januar 2005	124
14. februar 1989	161	10. december 2011	142	27. december 2016	130	4. december 1999	124
25. november 1981	156	9. november 2007	142	11. april 2016	129	30. januar 2000	123

Figur 2.4: Kystdirektoratets højvandsstatistik for Grenå Havn (Kystdirektoratet, 2018b).

Realdanias/Cowis højvandsstatistik for Grenå baseres på historisk data, jf. Figur 2.5.

By	Hændelser	2015	2065	2090	2020
Grenå	10	155	189	210	242
	20	164	198	219	251
	50	172	206	227	259
	100	177	211	232	264
	250	182	216	237	269
	500	186	220	241	273
	1000	190	224	245	277
	2000	193	227	248	280

Figur 2.5: Realdanias/Cowis højvandsstatistik for Grenå. Kilde: (COWI, 2017)

Kystdirektoratet og Realdanias/Cowis højvandsstatistikker varierer en smule, se Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Sammenligning af Realdanias/Cowis og Kystdirektoratets højvandsstatistikker i Grenå for højvandshændelser i dag (i cm).

Hændelse	20års	50års	100års	250års
KDI (2017)	160	167	171	
Realdania/Cowi (2015)	164	172	177	182

Grundet der er en del usikkerhed bundet til højvandsstatistikker, benyttes data for Realdania fremfor Kystdirektoratet, idet Realdania har beregnet en højere havspejlsstigning i fremtiden.

2.1.5. Højvandssikringskote

Stigningen i middelvandstanden skal tillægges højvandstatistikken i den dimensionsgivende vandstand. Den dimensionsgivende vandstand på dybt vand er summen af den forventede havvandspejlsstigning inden for konstruktionen levetid og vandstanden svarende til den valgte middeltidshændelse.

Hændelser beregnes fra år 2020, hvor grundet den store usikkerhed i statistikkerne, antages værdier for 2015 at være gældende i år 2020. Yderligere er effekten af isostasi ikke medregnet i Tabel 2.2 men er inkluderet i Tabel 2.3.

Tabel 2.2: Realdania/Cowis Højvandsstatistik tillagt globale havspejlsstigning og uden effekt af landhævning.

År	Havspejlsstigning [meter]		Hændelse [år]				
			5	10	20	50	100
2020	0.00	1.51	1.55	1.64	1.72	1.77	1.82
2050	0.18	1.69	1.73	1.82	1.90	1.95	2.00
2070	0.35	1.86	1.90	1.99	2.07	2.12	2.17
2100	0.70	2.22	2.25	2.34	2.42	2.47	2.52
2200	1.98	3.49	3.53	3.62	3.70	3.75	3.80
2300	3.60	5.11	5.15	5.24	5.32	5.37	5.42

Tabel 2.3: Realdania/Cowis Højvandsstatistik tillagt globale havspejlsstigning og inklusive effekt af landhævning.

År	Landhævning [meter]	Hændelse [år]					
		5	10	20	50	100	250
År		5	10	20	50	100	250
2020	0.00	1.51	1.55	1.64	1.72	1.77	1.82
2050	0.05	1.65	1.68	1.77	1.85	1.90	1.95
2070	0.08	1.79	1.82	1.91	1.99	2.04	2.09
2100	0.12	2.09	2.13	2.22	2.30	2.35	2.40
2200	0.28	3.21	3.25	3.34	3.42	3.47	3.52
2300	0.43	4.68	4.72	4.81	4.89	4.94	4.99

For Grenå Havneby er der dimensioneret i forhold til en sikringskote på +2,5m DVR90.

Valg af sikringskote er en vurderingssag ift. valg af løsning (adaptiv/ ikke adaptiv), hvad der ønskes sikret og til hvilken hændelse. Yderligere varierer sikringskoten fra kommune til kommune, afhængig af risiko, pris, mm.

Ved en sikringskote +2,5m DVR90, er man derved sikret mod en 100års hændelse i år 2100 (ekskl. Bølgebidrag og effekten af isostasi). Inkluderer man effekten af isostasi, er Grenå by sikret mod en 250års hændelse i år 2100.

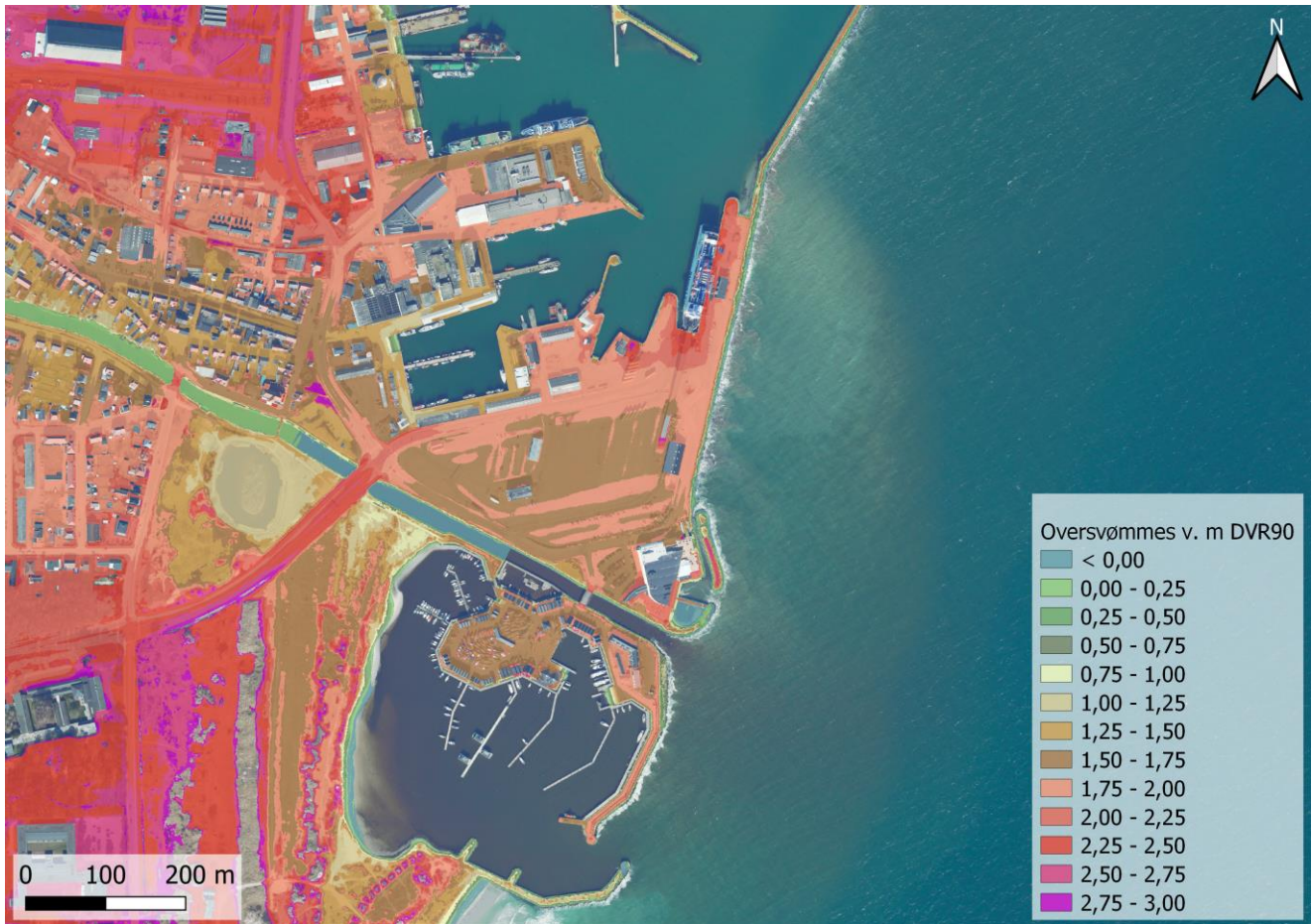
Typisk sikrer man til en 50/100 års hændelse i år 2070/2100. Derved ved en sikringskote på +2,5m DVR90 er Grenå sikret godt ud i fremtiden.

En 100års hændelse om 50 år svarer til en kote på +2,04m DVR90 (jf. Tabel 2.2), hvilket giver et rum for et bølgebidrag på 0,46m op til sikringskoten på +2,5m DVR90. Det reelle nødvendige bølgebidrag under en højvands hændelser er ikke beregnet.

2.2. Oversvømmelse

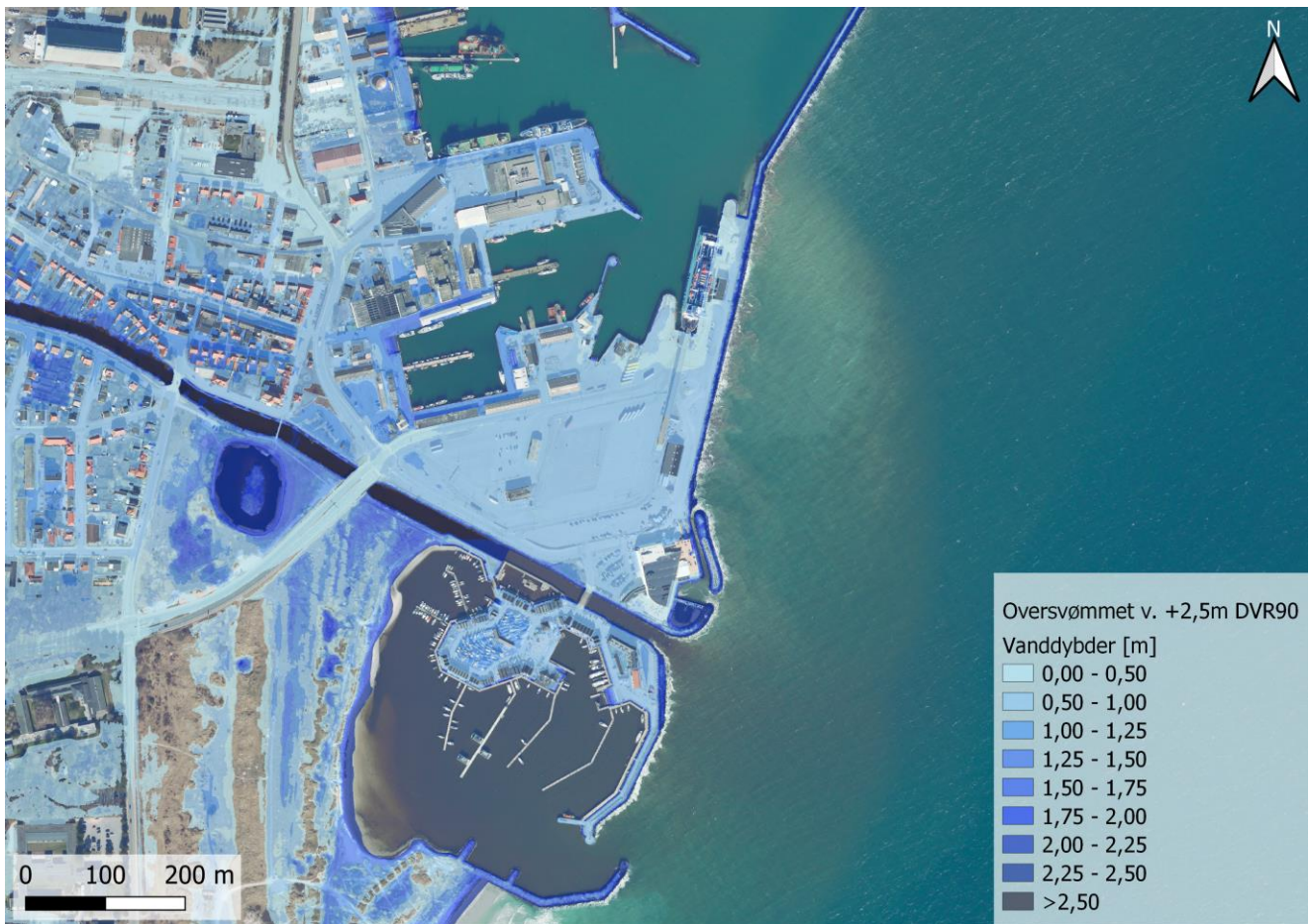
Ved brug af Scalgo værktøjet for havspejlsstigning er Figur 2.6 konstrueret med visende under hvilken kote de forskellige områder forventes oversvømmet under nuværende konstruktionsforhold.

Figuren viser, at store dele af Grenå Havneby allerede oversvømmes ved en kote på +1,25m DVR90. Hvilket svarer til under en 5års hændelse i dag. Hvorfor det er essentielt at der findes og udføres en løsning relativt hurtigt.



Figur 2.6: Områder der oversvømmes ved forskellige koter. Kilde: Scalgo.

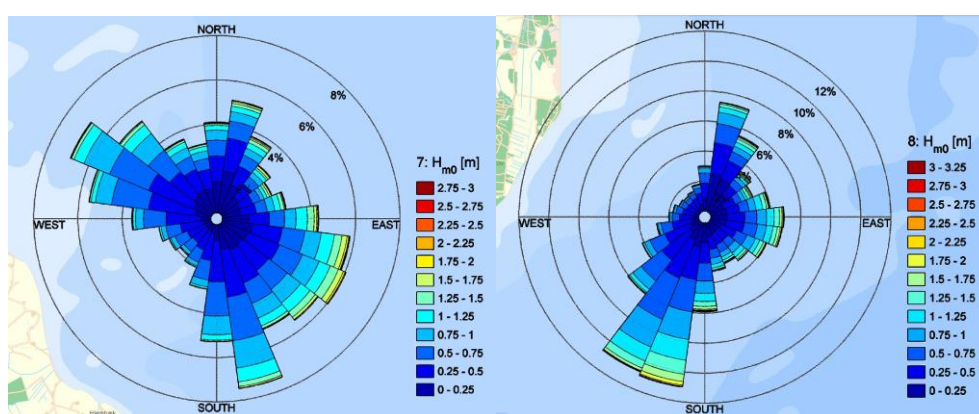
Ved brug af samme værktøj viser Figur 2.7, vises vanddybderne ved en oversvømmelse på kote +2,5m DVR90.



Figur 2.7: Vandybder ved en oversvømmelse på +2,5m DVR90. Kilde: Scalgo.

2.3. Bølger

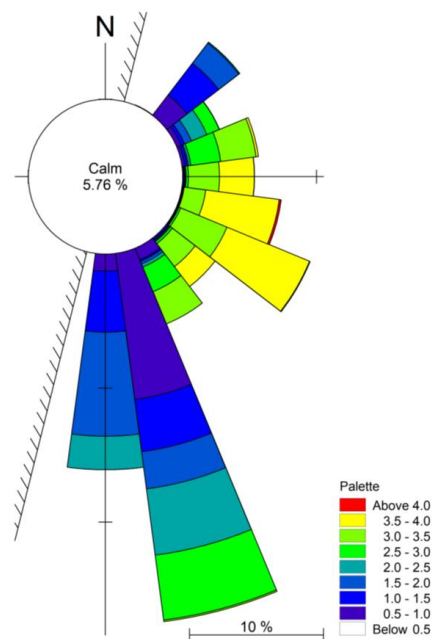
Kystdirektoratets Kystatlas viser bølgeroser ud for Danmarks kyster, bølgerosen er vist i Figur 2.8.



Figur 2.8: Bølgerose nord (venstre) og syd (højre) for Grenå (Kystdirektoratet, 2023)

Yderligere har NIRAS lavet en bølgerose for Grenå Havn, vist i Figur 2.9. Bølgeroserne viser, at størstedelen af bølgerne der rammer Grenå kommer fra sydøstlig retning, men at de højeste bølger kommer fra østlig retning, hvilket stemmer overens med, at der her er det største frie stræk. Bølgerne har en maksimal højde på 3,25 m på

dybt vand ifølge Kystdirektoratet, men over 4m ifølge NIRAS. Når bølgerne nærmer sig kysten, vil de pga. af ændringen i vanddybde dreje og ramme kysten mere vinkelret end bølgenes oprindelig orientering (kaldet refraktion). Bølgeenergien mindskes gående mod land, hvorved mindre bølgehøjder ses ved Grenå.

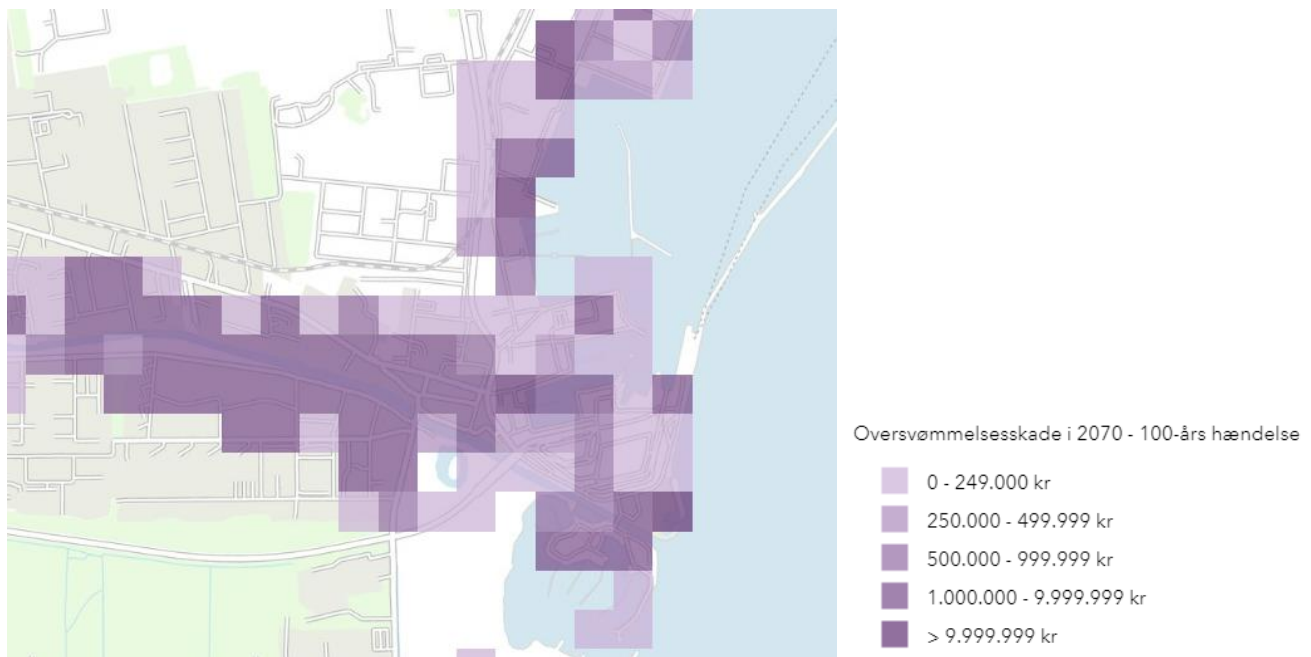


Figur 2.9: Bølgerose.

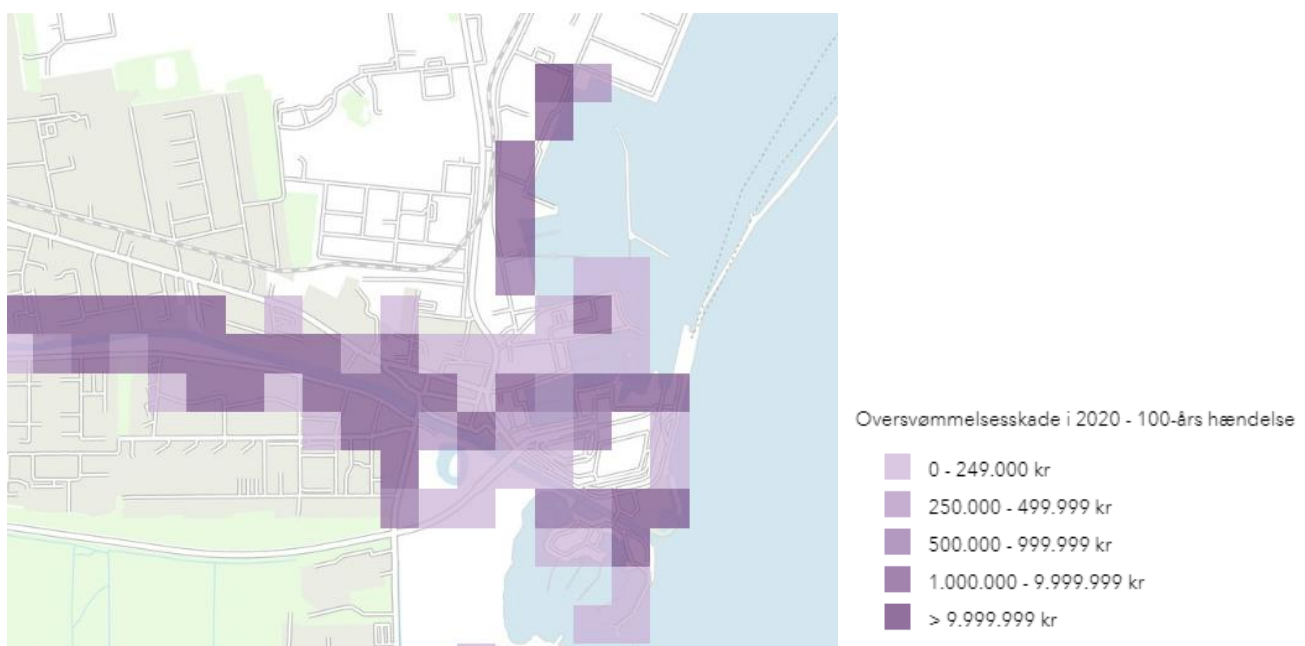
2.4. Oversvømmelseskade

Kystdirektoratet har udarbejdet et lag, hvor der fremgår oversvømmelseskade i form af en pris for oprydning af oversvømmet arealer. Der er ikke medregnet permanent skade, derimod kun en oprydningpris. Et eksempel for oversvømmelseskaden i Grenå By ved en 100års hændelse i år 2070 fremgår af Figur 2.10, og ved en 100års hændelse i år 2020 af Figur 2.11.

Figur 2.10 viser, der er store omkostninger forbundet til oversvømmelse af Grenå by. Store områder har en skade, der vil kræve mellem 1-10 mio. kr. at oprydde efter ifølge kystplanlægger, enkelte områder koster over 10 mio. at oprydde.



Figur 2.10: Oversvømmelsesskade ved en 100-års hændelse i 2070. Kilde: (Kystdirektoratet, Kystplanlægger, N/A)



Figur 2.11: Oversvømmelsesskade ved en 100-års hændelse i 2020. Kilde: (Kystdirektoratet, Kystplanlægger, N/A)

COWI har udarbejdet en skadeomkostning for Realdania i 2017, hvor de beregner hvad skaden vil koste i dag, som følge af de stormflod og havspejlsstigninger der kommer over en periode fra 2017-2117, såfremt man ikke beskytter nogle dele af byen. Skadeomkostningen for Grenå by blev her regnet til 6.509 mio. kr. (COWI, 2017).

3. Oversigt

NIRAS har i samarbejde Med LYTT Architecture A/S udarbejdet et løsningsforslag til højvandssikring af Grenå Havneby. En oversigt af løsningsforslaget fremgår af Figur 3.1.

Løsningen består både af klimatilpasning og byudvikling, hvor klimatilpasningsdelen er yderligere delt i etaper efter prioritering.

For klimatilpasning består der af en hhv. indre og ydre løsning. Den indre løsning består af at højvandssikre beboelseskvarterne vest for Grenå Havn, ved en kombination af dige, vejhævning og højvandsslukke. Dele af den ydre løsning er modsat ikke en direkte højvandssikring, men en løsning til at bryde bølgerne og derved mindske bølgehøjderne der rammer Grenå Havneområde.

Byudviklingsdelen er primært opførelse af to nye kanaler m. broer. Hvilket skaber en mere åben havnekultur end det nuværende.

Generelt for alle løsninger bygges der til en kote på +2,5m DVR90.



Figur 3.1: Oversigt af løsningsforslag.

3.1. Prioritering

Prioriteringen er sat efter hvilke tiltag der er mest kritiske for at klimasikre Grenå By. Kanalerne og broerne er ikke tiltag til klimasikring men byudvikling, hvorfor de sættes nederst på listen. Baglandet vest for Kattegatvej er i størst risiko for oversvømmelse, hvorfor prioriteringen er som følgende:

Etape 1 – Højvandslukke+ Ringvejen (Dige + vejhævning) + Kattegatvej (Mur + vejhævning) + Lokal sikring Sydhavn + kontraklapper

Etape 2 – Mole (Ralstrand)

Etape 3 – Lokal sikring Grenaa Marina

Etape 4 – Bølgebrydere + Kattegatcentret

Byudvikling (Etape 5) – Kanaler + broer

4. Strategi

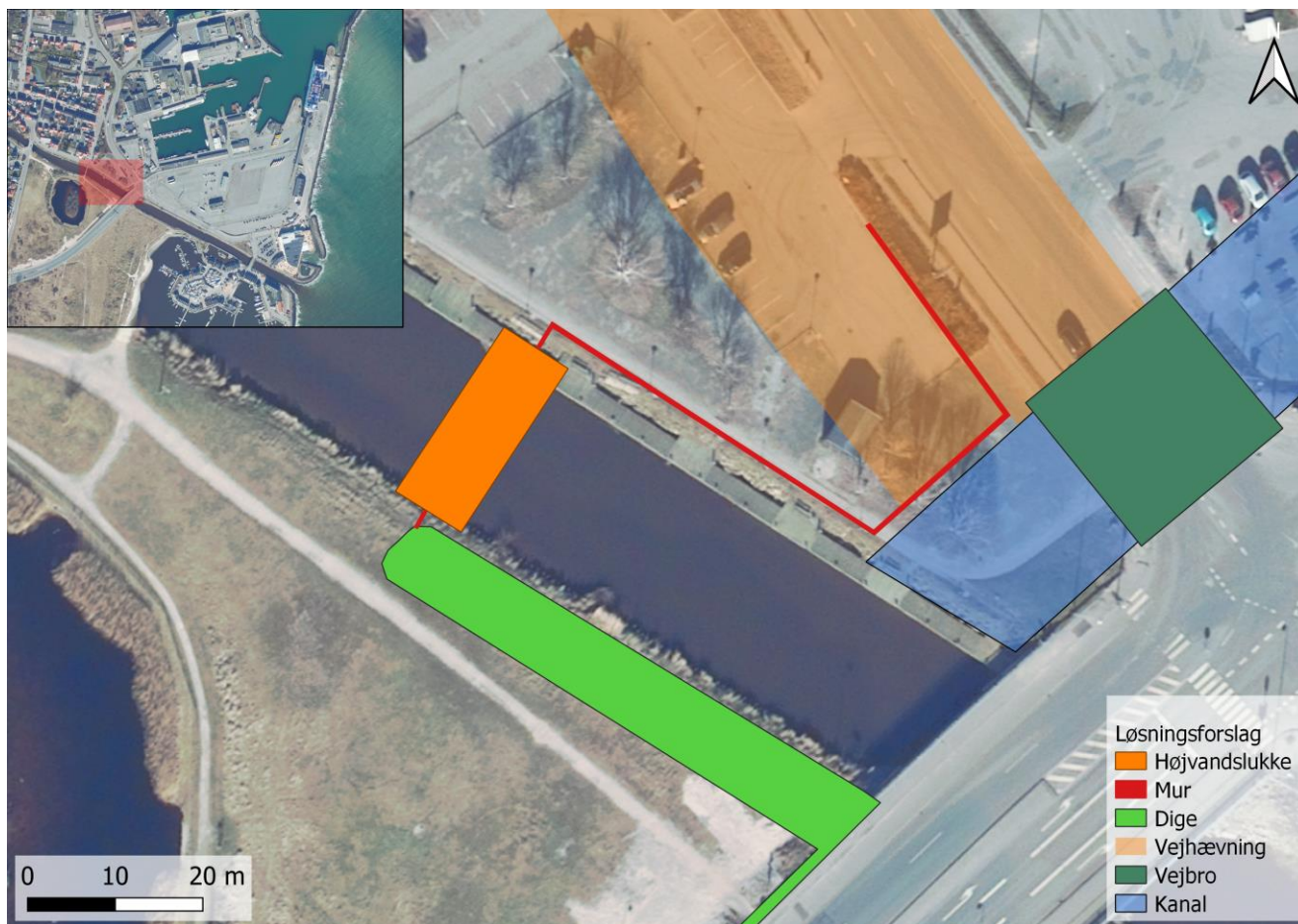
4.1. Klimatilpasning

4.1.1. Etape 1

4.1.1.1. Højvandslukke

Der etableres en højvandslukke ved Brogade i Grenåen. Store dele af oversvømmelserne i Grenå skyldes forbindelsen mellem åen og havet, hvorfor der ved stormhændelser skal lukkes for stormflodshændelsers påvirkning af vandstanden i åen. Højvandslukket lukker ved højvandshændelser fra havet. Højvandslukket skal kun lukke ved en specifik vandstand, som vurderes efter behov og risiko.

For at sikre sikringslinjen, etableres en kort betonmur mellem højvandslukke og dige.



Figur 4.1: Højvandslukke ved Brogade.

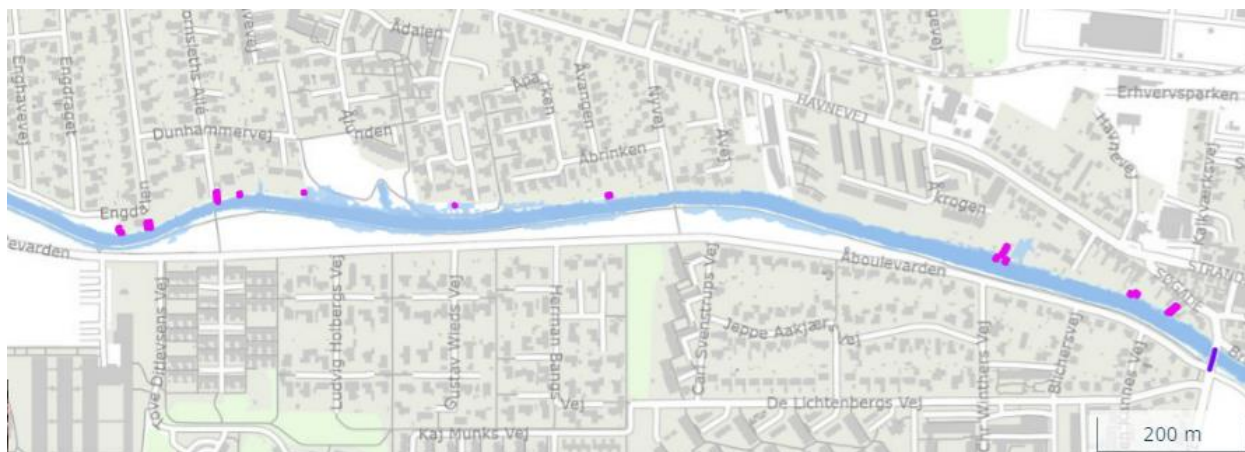
Et eksempel på en højvandslukke fra Esbjerg designet af NIRAS fremgår af Figur 4.2 (højre billede). Yderligere et billede af en højvandslukke fra Jyllinge ses i samme figur på venstre billede.



Figur 4.2: Højvandslukke, eksempel fra Jyllinge (venstre). (Ref: Wintec.dk). Eksempel fra Esbjerg (højre).

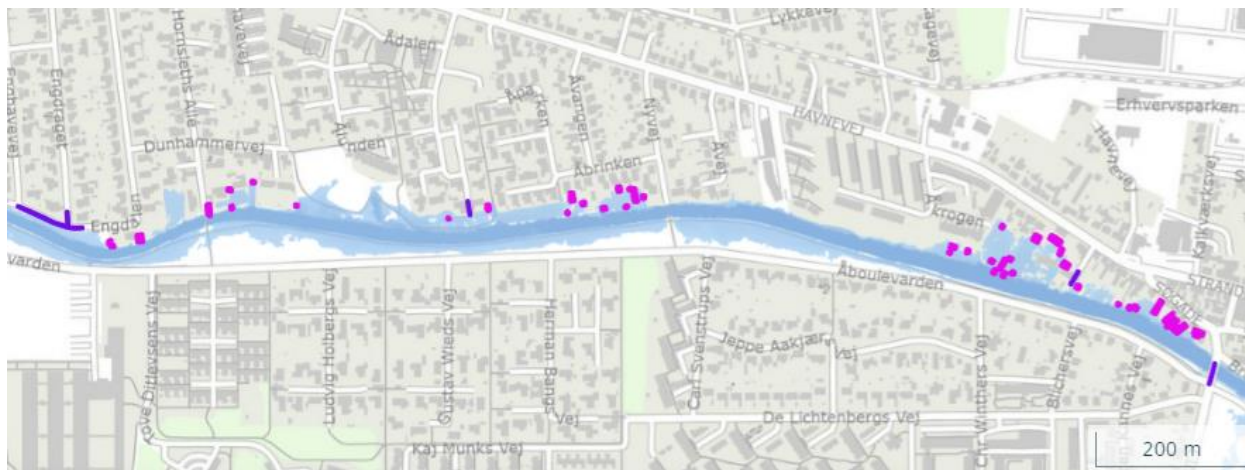
4.1.1.1.1. Antal lukningsdage

Enkelte huse begynder at oversvømmes ved en hændelse på +1,0m DVR90. Responstiden på at man vil lukke højvandslukke til den skal være lukket svarer til omkring 0,3m. Derved hvis man ønsker at lukke højvandslukke ved en hændelse på +1,0m, så skal der advares når vandet er ved en kote +0,7m DVR90. Figur 4.3 viser antal huse der potentielt påvirkes ved en hændelse på +1,0m DVR90 mellem Enghavevej og Søgade. Herimellem er der i alt 14 bygninger (uden kælder), som potentielt påvirkes.



Figur 4.3: Huse vandet når mellem Enghavevej og Søgade ved en hændelse på +1,0m DVR90. Kilde: (Miljøstyrelsen, N/A).

Figur 4.4 anviser antal huse der potentielt påvirkes ved en hændelse på +1,3m DVR90 mellem Enghavevej og Søgade. Herimellem er der i alt 47 bygninger (uden kælder) og 0,2km vej, som potentielt påvirkes. Skal der lukkes ved en hændelse på +1,3m DVR90, skal der advares når vandet når en kote på +1,0m DVR90.



Figur 4.4: Huse vandet når mellem Enghavevej og Søgade ved en hændelse på +1,3m DVR90. Kilde: (Miljøstyrelsen, N/A).

Hvornår der observeres kritiske oversvømmelser i Grenå By er ved en relativ lav kote, hvorfor hvor ofte at den kritiske kote opnås ikke kan beregnes ud fra kendte store hændelser såsom 10-års hændelsen. Derimod ses der på målt vandstandsdata fra Grenå i årene 2012-2023, hvor der beregnes hvor meget af tiden man oplever en vis kote. Procentsatserne udregnes for 2020, hvor der antages der intet klimatilæg skal liges, men for år 2050, 2070, 2100 tilføres den globale havspejlsstigning, men ikke effekten af isostatisk landhævning. Bemærk der er enkelte huller i dataen, hvor der mangler målinger, eller hvor målinger er forkert målt. Dermed er der en vis usikkerhed ved dataen, selvom den er rensset for fejl.

Tabel 4.1: Procentsatser (og antal dage per år) hvor vandstanden er over en vis kote i hhv. år 2020, 2050, 2070 og 2100. Kilde: (DMI, N/A).

	Kote 0,7	Kote 1,0	Kote 1,3
2020	0,61 % ≈ 2,2 dage på et år	0,09 % ≈ 0,3 dage på et år	0,02 % ≈ 0,1 dage på et år
2050	2,28 % ≈ 8,3 dage på et år	0,3 % ≈ 1,1 dage på et år	0,05% ≈ 0,2 dage på et år
2070	6,63 % ≈ 24,2 dage på et år	0,87 % ≈ 3,2 dage på et år	0,13 % ≈ 0,5 dage på et år
2100	49,61 % ≈ 181,1 dage på et år	9,13 % ≈ 33,3 dage på et år	1,31 % ≈ 4,8 dage på et år

Årsagen til at vandet ikke vil være i en kote 0,7m DVR90 i år 2100 hvor der er sket en havspejlstigning på 0,7m, skyldes at vandstanden varierer omkring middelvandsstanden.

Tabel 4.1 viser, at man i dag ser at vandstanden i 0,61% af tiden er over 0,7m DVR90. Ønsker man at sikre til en kote på 1 m DVR90, betyder det derfor at man advares 0,61% af året, grundet det groft antaget vil være steget 0,3m fra man advares til højvandslukke lukkes.

Økonomi

Materialeomkostningen for højvandslukke ses i Tabel 4.2.

Tabel 4.2: Materialeomkostninger for Højvandslukke

Anlæg	Materialeomkostning ekskl. Moms	Materialeomkostning inkl. Moms
Højvandslukke	20.680.000 kr.	25.850.000 kr.

Prisen for en højvandslukke er sat efter en pris for højvandslukken Niras designede i Esbjerg. Dertil er der medregnet for inflation og at højvandslukken i Grenå forventes at være noget mindre. Prisen er vejledende, og kan variere en del, hvorfor man skal medregne de +/- 40% usikkerheder, som gjort i afsnit 5.

Wintec vurderede en dobbelt sluse (højvandslukke), type AquaBlok 2x6m indvendigt mål, til at koste ca. 6.300.000 kr. Denne højvandslukke har derved et indvendigt tværsnit på 12m, men hele højvandslukke vil fylde ca. 15m.

Grenåen har en bredde på ca. 22m, derved groft antaget vil en højvandslukke der har et indvendigt tværsnit på hele åens bredde koste ca. 12.600.000 kr.

Oveni skal der medregnes pris for jordarbejder, spunsvægge og el. For prisen til jordarbejder, el og andet uforudsete, sættes en pris på omkring 7.000.000 kr.

Under installationen skal åen delvist tørlægges af to omgange, hvilket kræver spunsvægge af 2 gange ca. 30m (antaget spunsen ikke genbruges). Derved antages prisen på spunsvæggen er 18.000 kr. per løbende meter, vil spunsen koste 1.080.000 kr.

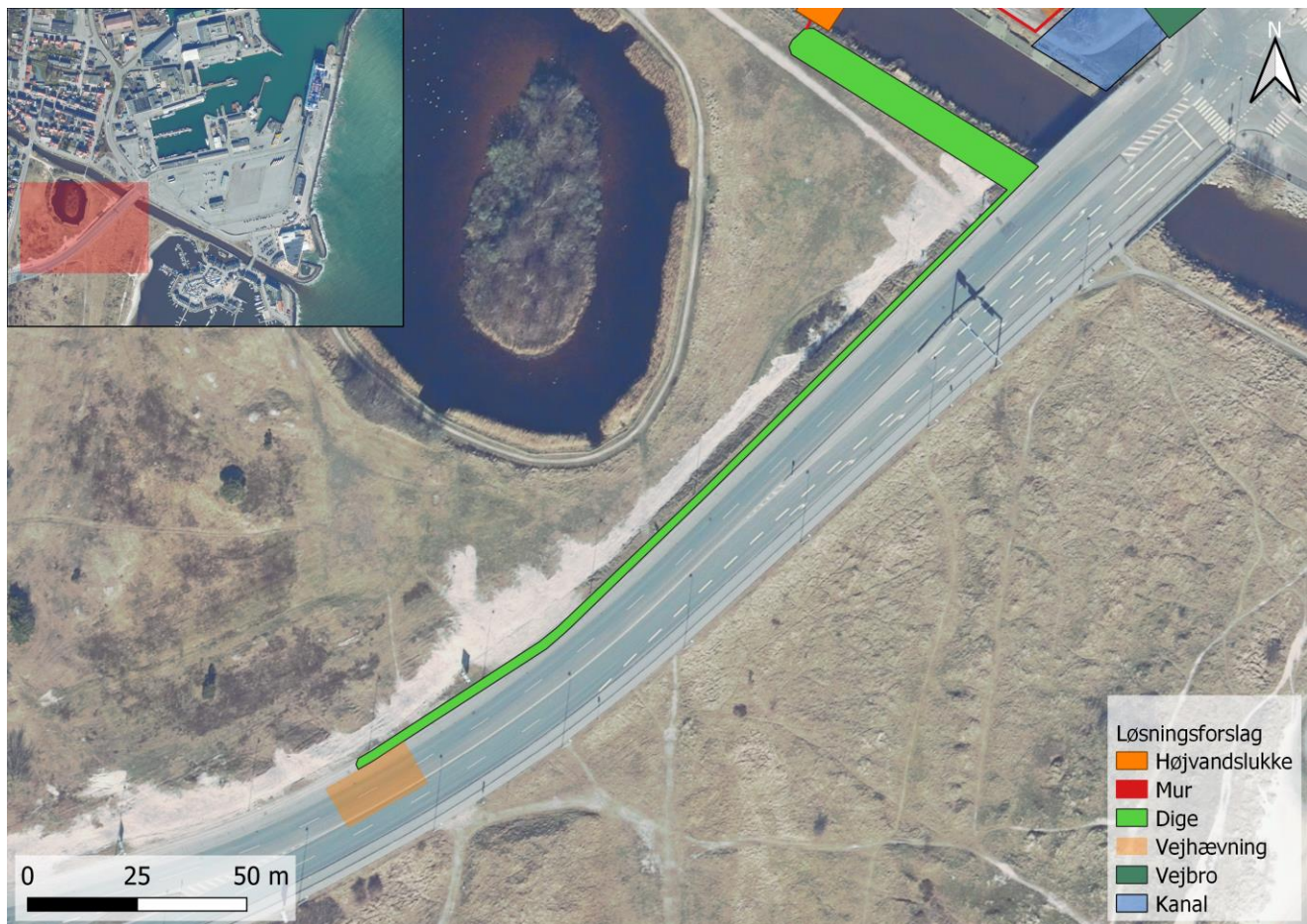
Sammenlagt disse priser giver en total pris på omkring de 21 mio. kr.

Prisen for højvandslukken er meget usikker, hvorved det er vigtigt at tage forbehold for usikkerhedsrammen.

4.1.1.2. Ringvejen + Kattegatvej

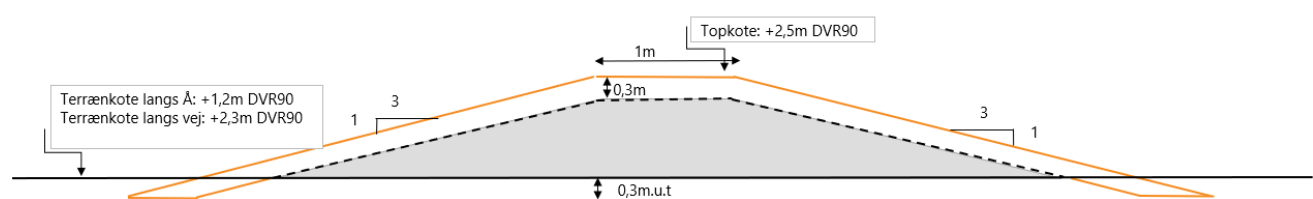
4.1.1.2.1. Ringvejen

Et dige etableres langs Ringvejen til højvandslukke til at have kote på +2,5m DVR90 (se Figur 4.5). Langs Ringvejen er det et relativt lavt dige på maks. 0,2m i højden, da dette dige placeres på eksisterende cykelsti/fortov. Langs Grenåen er terrænkoten betydeligt lavere, hvorfor diget har en højde på omkring 1,3m. Diget afsluttes ved højvandslukke med en betonmur, til at sikre sikringskoten.



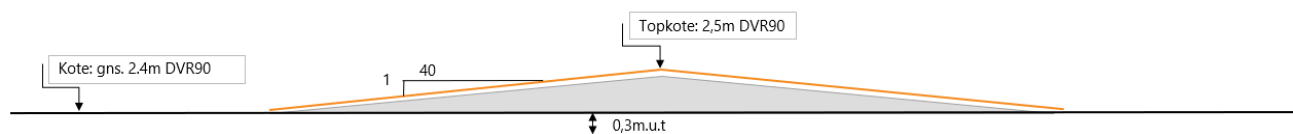
Figur 4.5: Dige og vejshævnning langs Ringvejen

Tværsnitprofilen af diget fremgår af Figur 4.6.



Figur 4.6: Tværsnit af dige ved Ringvejen. Tegningen er ikke målsat. (Gråt område; sand, Orange område; ler).

Løsningen kræver en mindre vejhævning af Ringvejen på ca. 0,1m, længdesnit (snit af vejhævningen langs vejen) ses på Figur 4.7.



Figur 4.7: Længdesnit af vejhævning af Ringvejen. Tegningen er ikke målsat. (Gråt område; kernemateriale, Orange område; asfalt).

Vejhævningen må ikke være stejlere end at særtransport med vindmøller kan komme uhindret over. Sættes hældningen til 1:40, vurderes der ikke at være problemer med at vognen vil støde på. Som eksempel hvis vognen har en frihøjde på 0,5m, og der er 20m mellem hjulene, så kræves det at hældningen er 1:20 eller fladere.

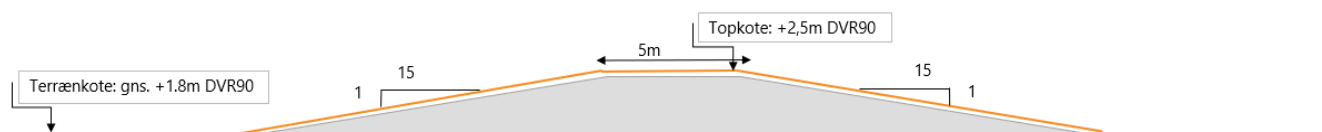
4.1.1.2.2. Kattegatvej

Kattegatvejen hæves til at have en kote på +2,5m DVR90 (se Figur 4.8), yderligere etableres to separate betonmure til at sikre sikringslinjen. Gennemsnitlig skal vejen hæves med ca. 0,7m, men varierer alt fra 0,5m til 0,9m. Betonmuren i den nordlige del af området har en gennemsnitlig højde over terræn på 0,5m, hvor den i det sydlige har en gennemsnitlig højde på 1m.



Figur 4.8: Mur og vejhævning ved Kattegatvej.

Tværsnitsprofilet af vejhævning fremgår af Figur 4.9. Vejen behøves ikke hæves ved hele det skraveret område i ovenstående figur, grundet varierende terrænkote. Områder med højere terrænkote kræver et mindre areal hvor vejen hæves, idet vejen langs hele området skal have en hældning på 1:15 tværs over vejen, Derimod lægges der stadig nyt asfalt, selvom terrænkoten ikke ændres.



Figur 4.9: Tværsnit af vejhævning ved Kattegatvej. Tegningen er ikke målsat. (Gråt område; kernemateriale (Stabil grus), Orange område; asfalt).

Mængderne for dige, mur og vejhævning fremgår af Tabel 4.3., Tabel 4.4 og Tabel 4.5.

Tabel 4.3: Dimensioneringsgrundlag - Dige

Ringvejen	
Ler	204 m ³
Sand	211 m ³
Areal (fodaftryk)	806 m ²
Længde	264 m

Tabel 4.4: Dimensioneringsgrundlag - Mur

	Kattegatvej S	Kattegatvej N
Beton (rumfang)	76 m ³	53 m ³
Længde	94 m	98 m
Rumfang under terræn	19 m ³	18 m ³

Tabel 4.5: Dimensioneringsgrundlag - Vejhævning

	Vejhævning S	Vejhævning N
Asfalt	156 m ²	4694 m ²
SGII (kernemateriale)	6 m ³	2055 m ³

Økonomi

Materialeomkostningen for dige, mur og vejhævning ses i Tabel 4.5. (Under materialeomkostning indgår der ikke kun prisen for et materiale, men også pris for specifikke opgaver der udføres).

Tabel 4.6: Materialeomkostninger for Dige + Vejhævning

Anlæg	Delelement	Materialeomkostning ekskl. Moms	Materialeomkostning inkl. Moms
Betonmur v. kattegatvej	Beton	1.639.374 kr.	2.049.218 kr.
	Afrømning, inkl. mellemdeponi, græs	23.241 kr.	29.051 kr.
Dige	Bortskaffelse af jord	26.138 kr.	32.672 kr.
	Afrømning, inkl. mellemdeponi, græs	7.320 kr.	9.150 kr.
	Afgravning af asfalt og bortskaffelse	92.259 kr.	115.324 kr.
	Levering og indbygning af kernematerialer	63.249 kr.	79.062 kr.
	Levering og indbygning af dæklag	91.749 kr.	114.686 kr.
Vejhævning Nord	Levering og indbygning af muld	24.165 kr.	30.206 kr.
	Såning og pleje græs	12.083 kr.	15.103 kr.
	Belægning (asfalt)	1.877.600 kr.	2.347.000 kr.

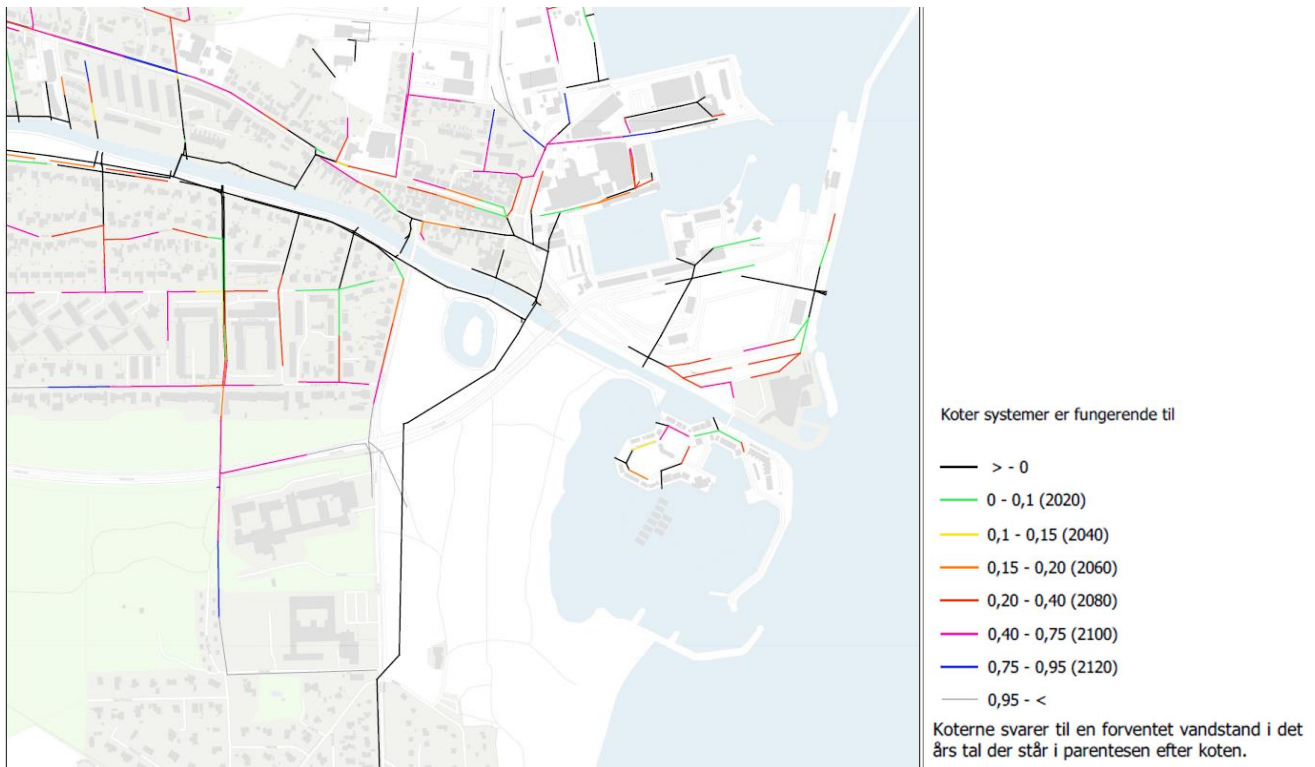
Anlæg	Delement	Materialeomkostning ekskl. Moms	Materialeomkostning inkl. Moms
	Afgravning af asfalt og bortskaffelse	1.910.400 kr.	2.388.000 kr.
	Stabilgrus SG II	822.058 kr.	1.027.572 kr.
	Afrømning, inkl. mellem- deponi, græs	10.560 kr.	13.200 kr.
	Levering og indbygning af dæklag	127.395 kr.	159.244 kr.
	Såning og pleje græs	42.465 kr.	53.081 kr.
	Levering og indbygning af muld	84.930 kr.	106.163 kr.
Vejhævning Syd	Belægning (asfalt)	62.558 kr.	78.198 kr.
	Afgravning af asfalt og bortskaffelse	46.919 kr.	58.649 kr.
	Stabilgrus SG II	2.558 kr.	3.198 kr.

4.1.1.3. Lokal sikring v. Sydhavn

Sydhavnen sikres ved lokal sikring. Lokal sikring består af, skots, griseplanker, sikring af individuelle bygninger mm.

4.1.1.4. Kontraklap på ledninger

Flere ledninger har et udløb ud til havet, hvorfor kontraklap hvor nødvendigt skal installeres. Figur 4.10 viser ved hvilke middelhavvandstande i fremtiden, at der ved forskellige led i afløbssystemet vil opstå problemer. Havværts/øst for sikringslinjen vil det kræve 10 kontraklap. Grundet type af port løsning i Grenåen, kan der ikke reguleres for globale havspejlsstigninger, hvorfor der yderligere skal tages forbehold for udløb ud til Åen set fremover.



Figur 4.10: Koter hvor udløb er fungerende til.

Økonomi

Materialeomkostningen for 10 kontraklap ses i Figur 4.5.

Tabel 4.7: Materialeomkostninger for 10 kontraklap

Anlæg	Delelement	Materialeomkostning ekskl. Moms	Materialeomkostning inkl. Moms
Kontraklap	Levering og montage kontraklap, beskyttelses- rør og beskyttelsesgitter.	500.000 kr.	625.000 kr.

4.1.2. Etape 2

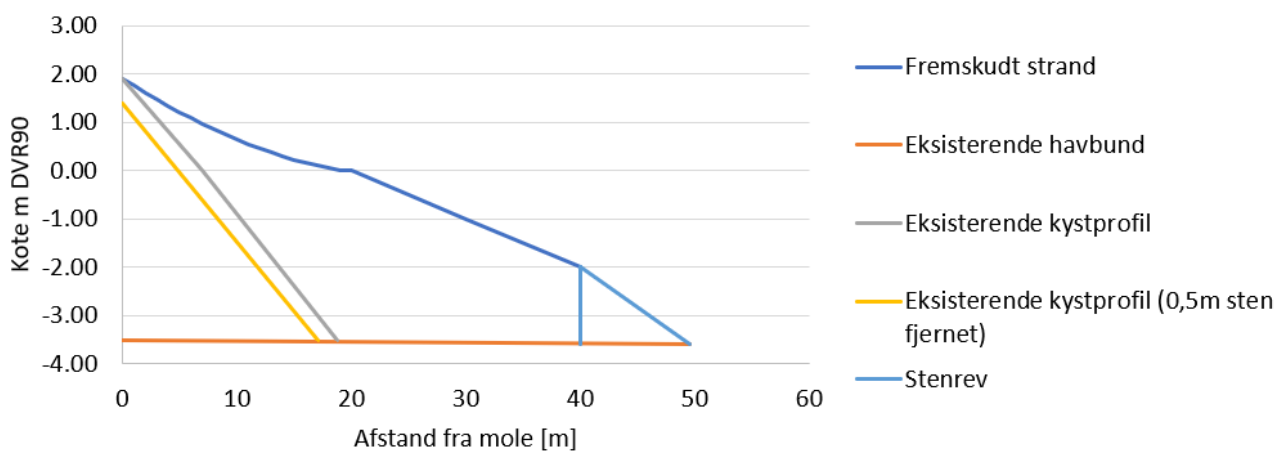
4.1.2.1. Mole – Ralstrand

Langs molen ved Færgevej udlægges en ralstrand til en kote på +1,9m DVR90 (som nuværende topkote af stensætningen) med et stenrev (se Figur 4.11). Molen er i dag beskyttet af en stensætning langs hele molen. Løsningen lyder dermed at ca. 0,5m af dækstenlaget fjernes og ligger for enden af den kommende Ralstrand. Ralstranden har en flad hældning på ca. 1:10, hvor at stenrevet har en stejlere hældning på 1:6. Ralstranden og stenrevet kan således sammen fungere som en bølgebryder.



Figur 4.11: Mole - Ralstrand

Tværsnitsprofilet af ralstranden fremgår af Figur 4.12.



Figur 4.12: Tværsnitsprofil af ralstrand m. stenrev. Tegningen er ikke målsat.

Da Ralstranden kun er i en kote på +1,9m DVR90 kræver det på sigt for at sikre til kote +2,5m DVR90 at der etableres en mindre højvandsmur bag stranden.

Mængden til ralstranden fremgår af Tabel 4.8.

Tabel 4.8: Dimensioneringsgrundlag - Ralstrand

Ralstrand	
Ral	35.390 m ³
Længde	371 m
Bredde	50 m
Stenrev	10 m ³ /lbn

Økonomi

Materialeomkostningen for ralstranden ved molen ses i Tabel 4.9. Prisen for den ekstra højvandsmur er ikke inkluderet.

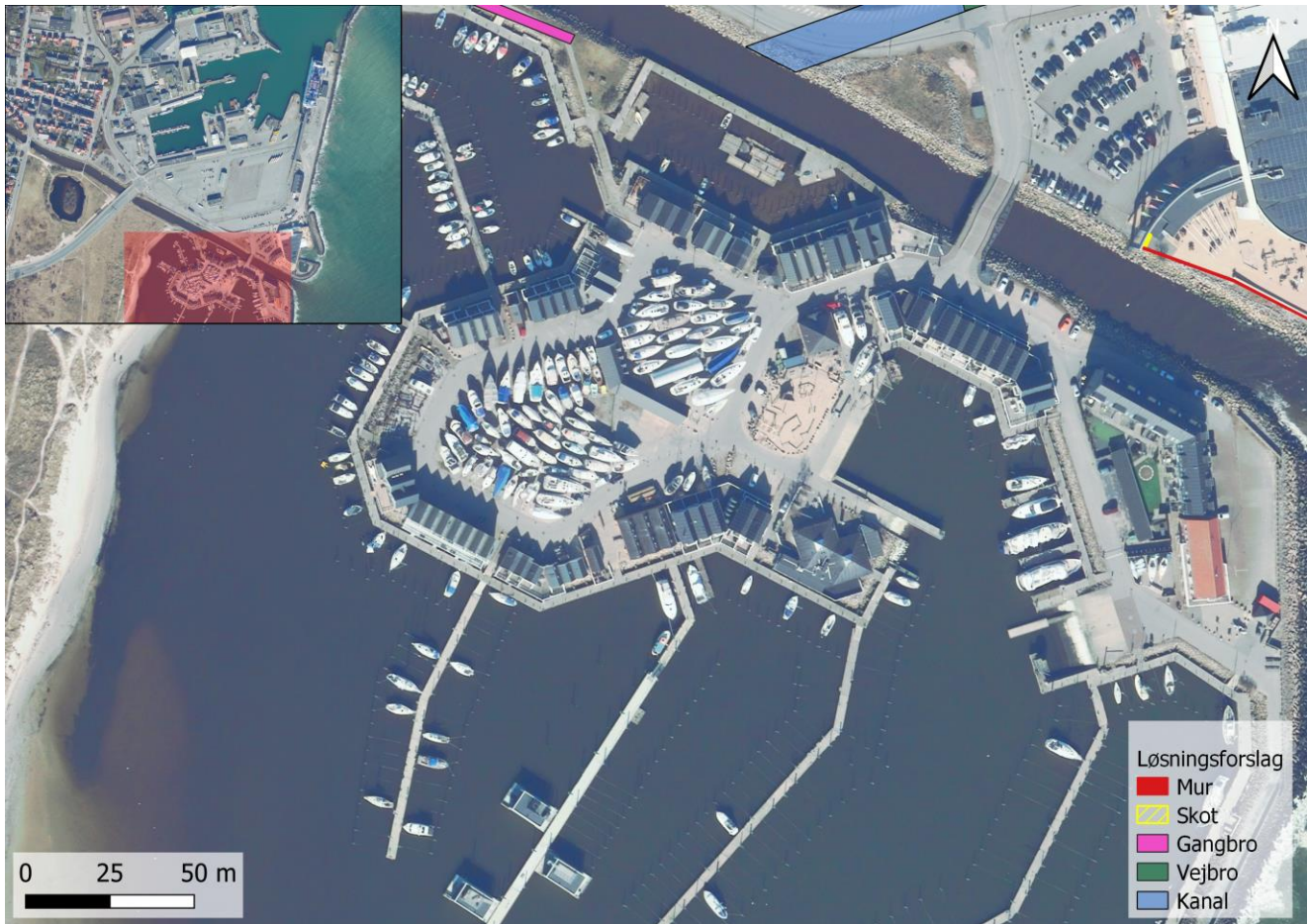
Tabel 4.9: Materialeomkostninger og pris for flyt af dæksten for Ralstranden

Anlæg	Delelement	Materialeomkostning ekskl. Moms	Materialeomkostning inkl. Moms
Mole - Ralstrand	Flytning af Dæksten	742.000 kr.	927.500 kr.
	Ral	11.678.575 kr.	14.598.219 kr.

4.1.3. Etape 3

4.1.3.1. Lokal sikring ved Grenaa Marina

Grenaa Marina sikres ved lokal sikring, hvor løsning hertil vil være at hæve bygninger. Dette er en større opgave, idet det er større blokke af rækkehuse fremfor enkelte parcelhuse (se Figur 4.13). Prisen for dette er ikke medregnet i prisoverslaget.



Figur 4.13: Grenaa Marina – hævn bygninger

4.1.4. Etape 4

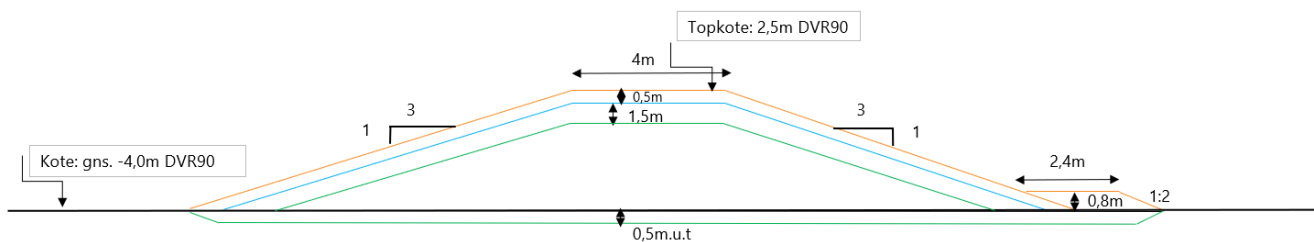
4.1.4.1. Bølgebrydere

To bølgebrydere placeres øst for Kattegatcentret, til at nedsætte en stor del af bølgeenergien (se Figur 4.14). Bølgebryderne er af samme størrelse og bygges til en topkote på +2,5m DVR90. Kronebredden er 4 gange bredere end ved et dige, da bølgebrydere skal modstå en langt større mængde energi.



Figur 4.14: Bølgebrydere

Tværsnitsprofilen af bølgebryder fremgår af Figur 4.15. Langs undersiden af bølgebryderen lægges der geotekstil, hvilket ikke fremgår af nedenstående figur.



Figur 4.15: Tværsnitsprofil af bølgebryder. Tegningen er ikke målsat. (Grøn linje; fyldlag, Blå linje; filterlag, Orange linje; dæksten).

De totale mængder til begge bølgebrydere fremgår af Tabel 4.10.

Tabel 4.10: Dimensionsgrundlag – Bølgebrydere

	Bølgebrydere
Fyldlag	17.183 m ³
Filterlag	2.763 m ³

Bølgebrydere	
Dæksten	10.144 m ³
Areal	7.719 m ²
Længde	85 m
Bredde	45 m
Højde af bølgebryder	6,5 m

Økonomi

Materialeomkostningen for bølgebryderne ses i Tabel 4.11.

Tabel 4.11: Materialeomkostninger for bølgebryder

Anlæg	Delelement	Materialeomkostning ekskl. Moms	Materialeomkostning inkl. Moms
Bølgebryder - Nord	Fyld	859.138 kr.	1.073.922 kr.
	Filterlag	897.813 kr.	1.122.266 kr.
	Dæksten	3.550.365 kr.	4.437.956 kr.
	Levering og indbygning geotekstil	193.481 kr.	241.852 kr.
Bølgebryder - Syd	Fyld	859.138 kr.	1.073.922 kr.
	Filterlag	897.813 kr.	1.122.266 kr.
	Dæksten	3.550.365 kr.	4.437.956 kr.
	Levering og indbygning geotekstil	193.481 kr.	241.852 kr.

4.1.4.2. Kattegatcentret

Løsningsforslaget for Kattegatcentret fremgår af Figur 4.16. Løsningen består af betonmure, skots, hegn og hæve koten af stensætningen. Kattegatcentret er af høj kulturværdi for Grenå by, hvorfor det skal sikres mod fremtidige stormflodshændelser.



Figur 4.16: Kattegatcentret.

Betonmur m. skot

Syd og nord for centret placeres en betonmur med en kote på +2,5m DVR90.

For at betonmuren står stabilt, skal den støbes minimum 0,9m under terræn. Hvis muren over terræn er over 0,9m, skal den stå det tilsvarende under terræn. Hvis muren over terræn er under 0,9m, skal den stå 0,9m under terræn.

Tabel 4.12: Dimensioneringsgrundlag – Mur

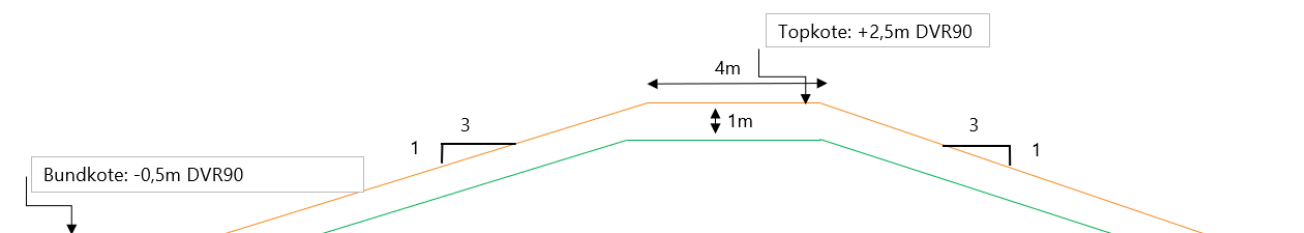
	Mur Nord	Mur Syd
Beton (Rumfang)	59m ³	59m ³
Rumfang under terræn	17m ³	15m ³
Længde af mur	94m	85m
Topkote	+2,5m DVR90	+2,5m DVR90
Murbredde	0,4m	0,4m

Ved betonmurene skal der være mulighed for passage, hvorfor to skots implementeres. De to skots skal være i en størrelsesorden, så der er plads til en lastbil kan passere.

For passage over muren ved træbroen, kan en løsning være en lav rampe, da muren er maks. 40cm der (pris ikke inkluderet i prisoverslag).

Stensætning + hegn

Koten for stensætningen ved det udendørs bassin skal hæves til +2,5m DVR90, for at dyr i bassinet ikke kan svømme over stensætningen ved stormhændelser. Koten på stensætningen er under nuværende forhold ca. +1,5m DVR90. Der til skal ligges 1m dæksten over den nuværende konstruktion (se tværsnitsprofil Figur 4.17), svarende til 1482m³, mængderne fremgår yderligere af Tabel 4.13.



Figur 4.17: Tværsnitsprofil af stensætning ved Kattegatcentrets udendørsbassin. Tegning er ikke måltst. (Grøn linje; nuværende stensætning, Orange linje; nye dæksten).

Tabel 4.13: Dimensioneringsgrundlag

	Ekstra stensætning	Eksisterende stensætning
Rumfang	1482m ³	1560m ³
Længde af stensætning der forlænges	78m	78m
Topkote	+2,5m DVR90	+1,5m DVR90
Bundkote	-0,5m DVR90	-0,5m DVR90
Stensætning fodaftryk (bredde)	22m	16m
	Hegn	
Panel hegn - længde	45m	

Langs trægangbroen anlægges der ikke en stensætning, men et panelhegn på 45m langs rækværket, så dyrene ikke kan svømme over broen ved en stormhændelse.

Lokal sikring

Bygningen indgår selv som en del af højvandssikringen. Derved skal der implementeres en facade løsning ved vinduerne, hvor nødvendigt. Dette drejer som om to områder markeret på Figur 4.16.

Økonomi

Materialeomkostninger fremgår af Tabel 4.14. Obs. Prisen for facade løsningen og passage over muren ved træbroen er ikke medregnet.

Tabel 4.14: Materialeomkostninger for løsning ved Kattegatcenteret

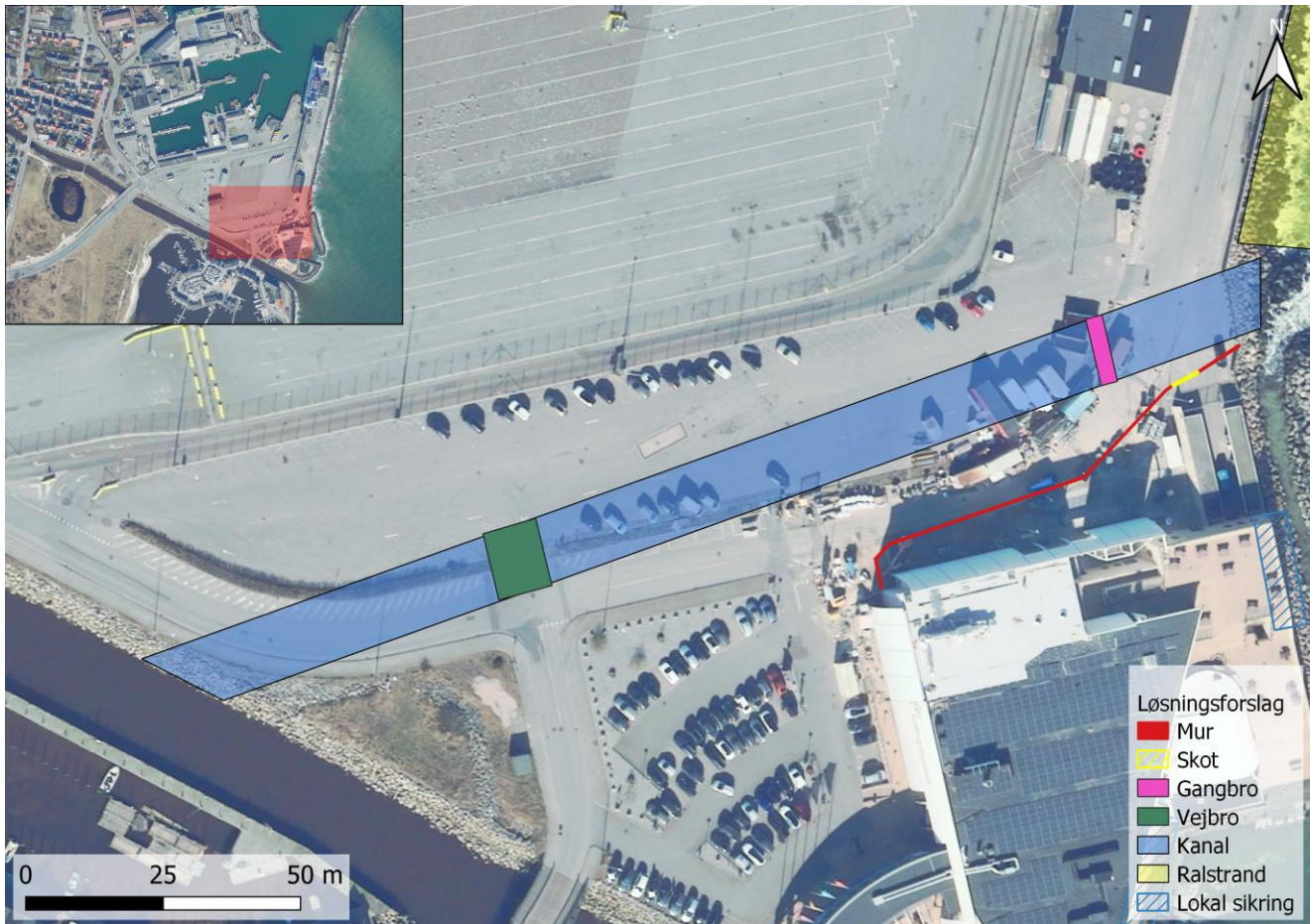
Område	Delelement	Materialeomkostninger ekskl. Moms	Materialeomkostninger Inkl. Moms
Kattegatcenter	Beton	1.469.931 kr.	1.837.414 kr.
	Afgravning af asfalt og bortskaffelse	21.536 kr.	26.920 kr.
	Bortskaffelse af jord	22.791 kr.	28.489 kr.
	Skot	400.000 kr.	500.000 kr.
	Dæksten	1.037.400 kr.	1.296.750 kr.
	Panelhegn	6.750 kr.	8.438 kr.

4.2. Byudvikling

4.2.1. Kanaler m. bro

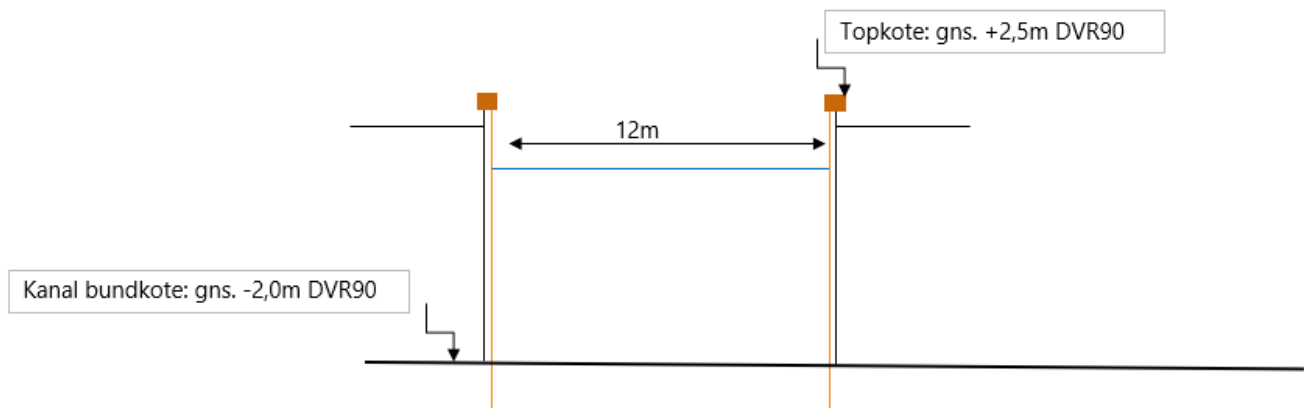
Ved færgevejen lige nord for Kattegatcentret udgraves en ny kanal, som en del af at byudvikle området (se Figur 4.18). Kanalen udgraves, så bunden er i en kote -2,0 m DVR90 og har en bredde på 12m, derved er passage muligt for bl.a. kanoer og mindre både. I forbindelse med udgravning af kanalen kræves det der bygges en ny vejbro, samt en gangbro hvor rør gående mod Kattegatcenteret skal placeres under.

Kanalen medvirker til klimasikring ift. mindskning af overskyl fra bølgerne, hvorfor denne kanal er vigtigst af de to. Yderligere betyder placeringen af kanalen at overfladevand ikke løber længere mod nord, og oversvømmer dermed ikke en stor del af havnen.



Figur 4.18: Kanal Øst

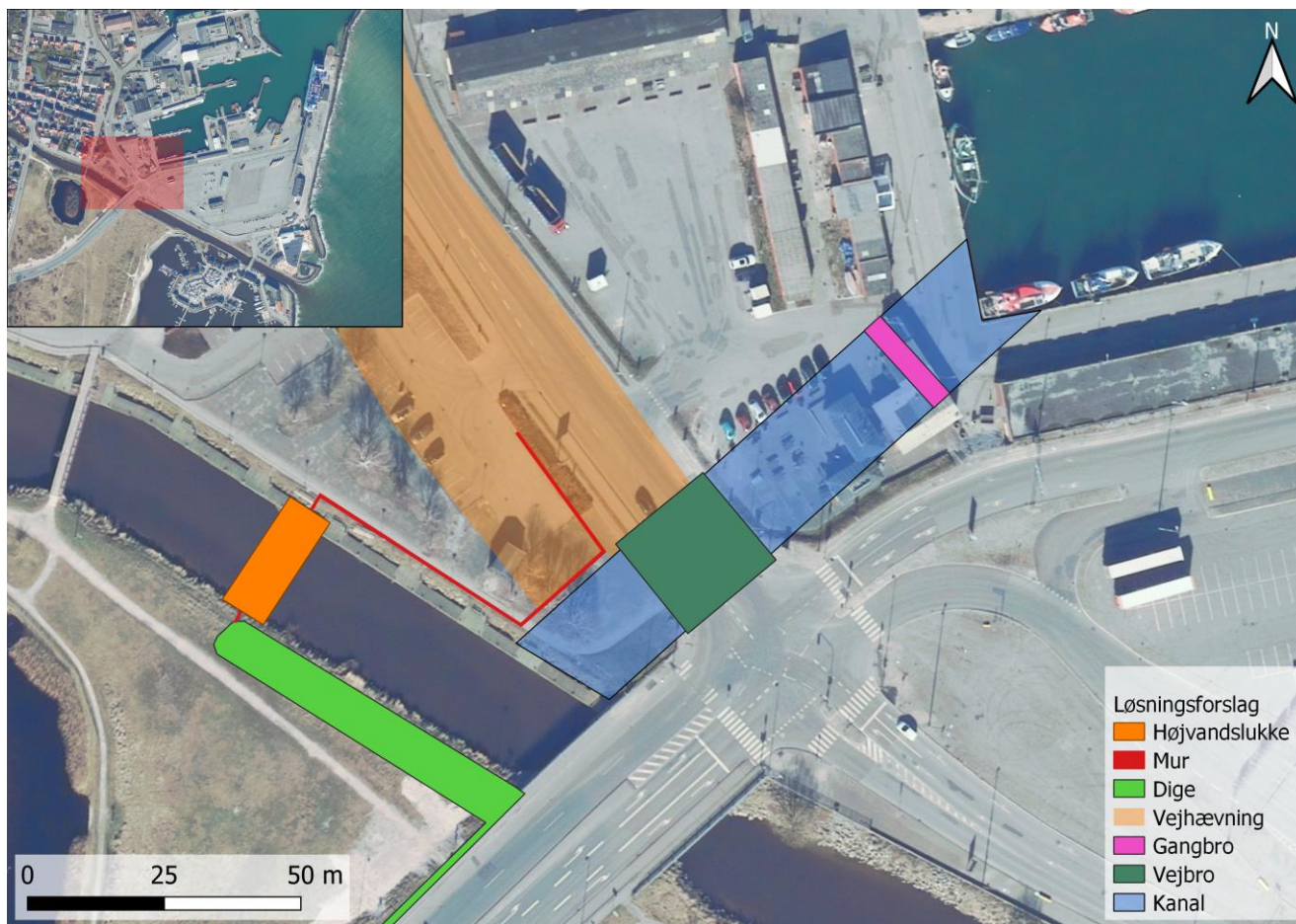
Tværsnitsprofil af kanalen ses på Figur 4.19. Kanten af kanalen støttes med spunsvægge, og på toppen af spunsen lægges der azobetræ.



Figur 4.19: Tværsnitsprofil af Kanal Øst. Tegningen er ikke målsat. (Orange firkant; azobetræ, Orange linje; spunsvæg).

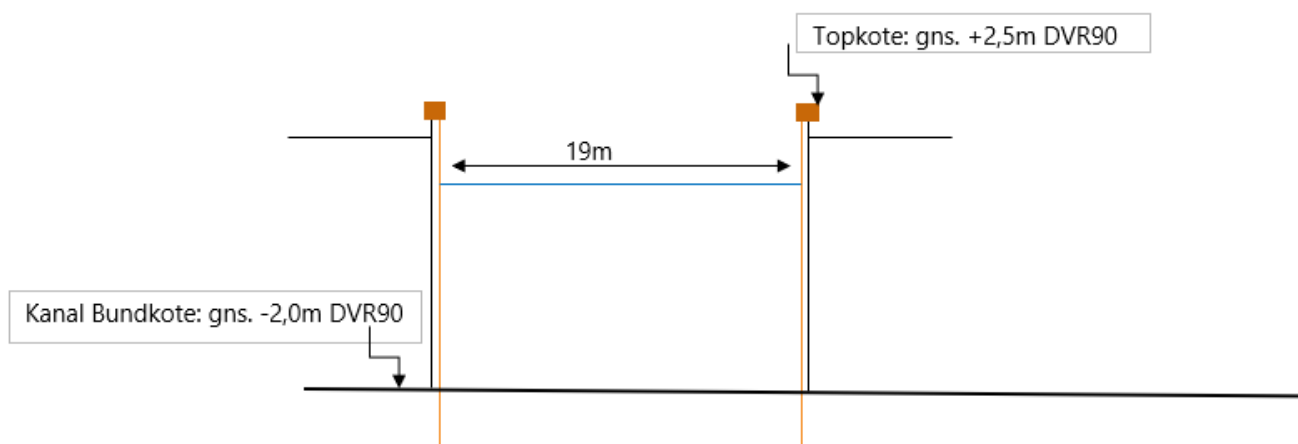
Der kan yderligere udgraves en kanal ved Kattegatvej, hvilket skaber en let passagemulighed fra Grenåen og

havnen. Kanalen udgraves, så bunden er i en kote -2,0 m DVR90 og har en bredde på 19m. Løsningen kræver der bygges en bilbro. Yderligere etableres en gangbro over kanalen.



Figur 4.20: Kanal Vest

Tværsnitsprofil af kanal vest ses i Figur 4.21.



Figur 4.21: Tværsnitsprofil af Kanal Vest. Tegningen er ikke målsat. (Orange firkant; azobetræ, Orange linje; spunsvæg).

Mængder og størrelse på kanalerne og broerne ses af Tabel 4.15 og Tabel 4.16.

Tabel 4.15: Dimensioneringsgrundlag - Kanaler

	Kanal Øst	Kanal Vest
Længde	202 m	103 m
Bredde	12 m	19 m
Udgravning/rumfang	9590 m ³	7045 m ³
Azobetræ	32 m ³	16 m ³
Bygninger ryddes	0	399 m ²

Tabel 4.16: Dimensioneringsgrundlag - Broer

	Bilbro – Kanal Øst	Gangbro – Kanal Vest	Bilbro – Kanal Vest	Gangbro – Kanal Vest
Længde	12 m	12 m	19 m	19 m
Bredde	10 m	3 m	21 m	4 m
Areal	120 m ²	36 m ²	399 m ²	76 m ²

Ved udgravning af to nye kanaler, kan der ske en ændring i flow og sediment aflejring i Grenåen. Hældningen på Grenåen er relativt flad, dermed løber vandet forholdsvis langsomt i åen. Dermed ses der generelt ikke at meget sediment hvirvles op i suspension, som kunne give en sedimentationsproblem, ved udgravningen af nye kanaler. Vandføringen i Grenåen er allerede relativt høj, hvorfor udgravningen af nye kanaler ikke forventes, at have kritiske effekter overfor sedimentaflejringen. Men der ligger fremadrettet et opfølgende teknisk arbejde til at beregne og vurdere effekten af disse ændringer.

Økonomi

Materialeomkostninger for kanalerne og broerne fremgår af Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Materialeomkostninger for kanaler og broerne

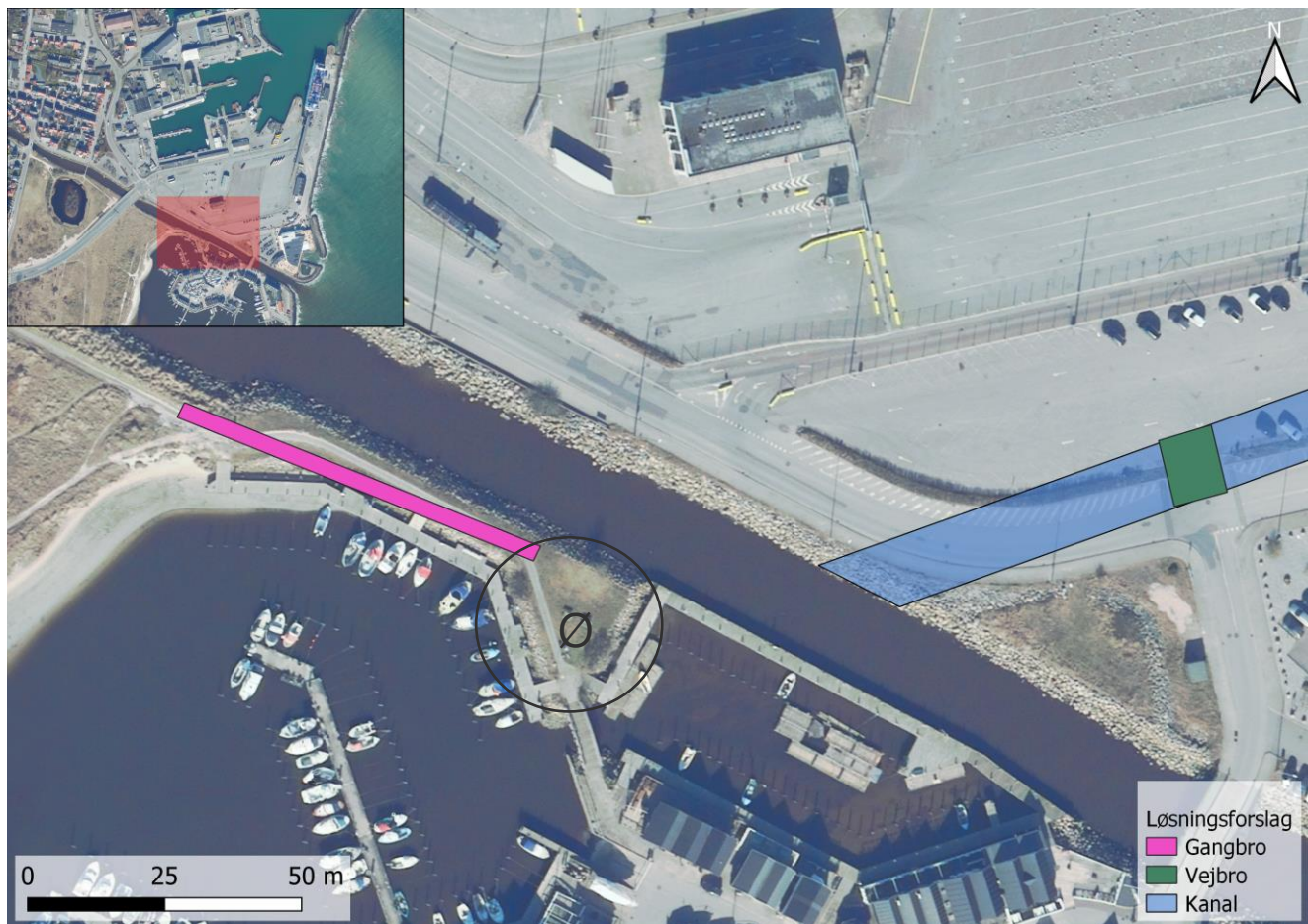
Område	Delelement	Materialeomkostning ekskl. Moms	Materialeomkostning inkl. Moms
Kanal Vest	Rydning af bygninger	399.500 kr.	499.375 kr.
	Afgravning af asfalt og bortskaffelse	627.000 kr.	783.750 kr.
	Udgravning til kanal	564.300 kr.	705.375 kr.
	Bortskaffelse af jord	5.266.800 kr.	6.583.500 kr.
	Azobetræ	352.000 kr.	440.000 kr.
Kanal Øst	Spuns væg og forankring (kanal d=2,0)	3.960.000 kr.	4.950.000 kr.
	Afgravning af asfalt og bortskaffelse	777.600 kr.	972.000 kr.
	Udgravning til kanal	719.280 kr.	899.100 kr.
	Bortskaffelse af jord	6.713.280 kr.	8.391.600 kr.
	Azobetræ	691.200 kr.	864.000 kr.

Område	Delelement	Materialeomkostning ekskl. Moms	Materialeomkostning inkl. Moms
	Spuns væg og forankring (kanal d=2,0)	7.776.000 kr.	9.720.000 kr.
Kanal Øst - Bro	Gangbro	720.000 kr.	900.000 kr.
	Omlægning Rør - under gang- bro	72.000 kr.	90.000 kr.
	Bilbro	3.000.000 kr.	3.750.000 kr.
Kanal Vest - Bro	Gangbro	1.520.000 kr.	1.900.000 kr.
	Bilbro	9.975.000 kr.	12.468.750 kr.

Prisen for nye rør der føres under broen er meget usikker, idet størrelse af rør der kræves er ukendt.

4.2.2. Grenå Marina – Gangbro

Ved Grenå Marina er en del af byudviklingen at fjerne noget af den eksisterende lystbåd havn, hvilket medfører en ny ø samt to nye gangbroer.



Figur 4.22: Grenå Marina – gangbro og ny Ø

Mængde til udgravning og størrelse på broerne ses af Tabel 4.18.

Tabel 4.18: Dimensioneringsgrundlang – Grenaa Marina - gangbro

Grenå Marina - Gangbro	
Udgravning	3811 m ³
Gangbroer	
Længde	70 m
Bredde	3 m
Total areal	210 m ²

Økonomi

Materialeomkostninger for gangbroen fremgår af Tabel 4.19.

Tabel 4.19: Materialeomkostninger for gangbro ved Grenaa Marina

Område	Delement	Materialeomkostning ekskl. Moms	Materialeomkostning inkl. Moms
Grenå Marina - Bro	Udgravning	285.855 kr.	357.319 kr.
	Bortskaffelse af jord	2.667.980 kr.	3.334.975 kr.
	Afgravning af træbro og bort- skaffelse	496.000 kr.	620.000 kr.
	Flytning af Dæksten	142.000 kr.	177.500 kr.
	Gangbro	4.200.000 kr.	5.250.000 kr.

5. Overslag og finansiering

I det endelige prisoverslag er der tilføjet procenttillæg ift. anstilling, tillægsarbejder, rådgiver, og usikkerheder. Materialeomkostninger er ligeledes summeret til færre dele. Moms er kun inklusive ved beregning af sum for hver kolonne. Tabel 5.1 viser, at alle konstruktioner kommer til at koste 181.550.000kr (+/- 40% usikkerhed) inklusive moms.

Tabel 5.1: Prisoverslag

	Materialeomkostninger	Anstilling	Tillægsarbejder	Entreprenør-budget	Rådgiver	Projektbudget	Usikkerhed (-40%)	Usikkerhed (+40%)
Højvandslukke	20.680.000 kr.	2.070.000 kr.	3.110.000 kr.	25.860.000 kr.	2.590.000 kr.	28.450.000 kr.	17.070.000 kr.	39.830.000 kr.
Betonnur - Kattegatvej	1.688.753 kr.	170.000 kr.	260.000 kr.	2.118.753 kr.	220.000 kr.	2.338.753 kr.	1.410.000 kr.	3.280.000 kr.
Dige - Ringvejen	300.000 kr.	30.000 kr.	50.000 kr.	380.000 kr.	40.000 kr.	420.000 kr.	260.000 kr.	590.000 kr.
Vejhævning	4.990.000 kr.	500.000 kr.	750.000 kr.	6.240.000 kr.	630.000 kr.	6.870.000 kr.	4.130.000 kr.	9.620.000 kr.
Kontraklap	500.000 kr.	50.000 kr.	80.000 kr.	630.000 kr.	70.000 kr.	700.000 kr.	420.000 kr.	980.000 kr.
Mole- ralstrand	12.430.000 kr.	1.250.000 kr.	1.870.000 kr.	15.550.000 kr.	1.560.000 kr.	17.110.000 kr.	10.270.000 kr.	23.960.000 kr.
Bølgebrydere	11.010.000 kr.	1.110.000 kr.	1.660.000 kr.	13.780.000 kr.	1.380.000 kr.	15.160.000 kr.	9.100.000 kr.	21.230.000 kr.
Kattegatcenter	2.960.000 kr.	300.000 kr.	450.000 kr.	3.710.000 kr.	380.000 kr.	4.090.000 kr.	2.460.000 kr.	5.730.000 kr.
Kanal Vest	11.170.000 kr.	1.120.000 kr.	1.680.000 kr.	13.970.000 kr.	1.400.000 kr.	15.370.000 kr.	9.230.000 kr.	21.520.000 kr.
Kanal Øst	16.680.000 kr.	1.670.000 kr.	2.510.000 kr.	20.860.000 kr.	2.090.000 kr.	22.950.000 kr.	13.770.000 kr.	32.130.000 kr.
Kanal Vest - Bro	11.500.000 kr.	1.150.000 kr.	1.730.000 kr.	14.380.000 kr.	1.440.000 kr.	15.820.000 kr.	9.500.000 kr.	22.150.000 kr.
Kanal Øst - Bro	3.800.000 kr.	380.000 kr.	570.000 kr.	4.750.000 kr.	480.000 kr.	5.230.000 kr.	3.140.000 kr.	7.330.000 kr.
Grenå Marina - Bro	7.800.000 kr.	780.000 kr.	1.170.000 kr.	9.750.000 kr.	980.000 kr.	10.730.000 kr.	6.440.000 kr.	15.030.000 kr.
Sum ekskl. Moms	105.508.753 kr.	10.580.000 kr.	15.890.000 kr.	131.978.753 kr.	13.260.000 kr.	145.238.753 kr.	87.200.000 kr.	203.380.000 kr.
Sum inkl. Moms	131.890.000 kr.	13.230.000 kr.	19.870.000 kr.	164.980.000 kr.	16.580.000 kr.	181.550.000 kr.	109.000.000 kr.	254.230.000 kr.

Obs.: Pris for lokale sikringer, omkloakering og ekstra kontraktlapper er ikke inkluderet i dette prisoverslag. Præcis pris for kontraktlapper og de lokale sikringer kræver en mere teknisk vurdering og designmæssig grundlag til at fastsætte en mere korrekt pris.

Der kan ikke tages præcis forehold for eventuelt inflation, hvorfor usikkerheds intervallet sættes til 40%.

Bemærk at i henhold til kystbeskyttelsesloven er det den enkelte grundejers pligt at beskytte sin egen ejendom. Men hvis der oprettes en kap 1a sag kan enhver som har fordel af et kystbeskyttelses anlæg pålægges bidragspligt. Dette gælder kun for selve kystbeskyttelsen.

Rekreative elementer og byudvikling skal finansieres af andre kilder.

Forslag til finansiering og yderligere undersøgelser der skal udføres fremgår af Tabel 5.2.

Tabel 5.2: Finansiering

Strategi			Prisoverslag (ekskl. Moms)	Finansie- ring + lov- givning	Forudsætninger og yderli- gere undersøgelser
Klimatilpasning	Etape 1	Højvandslukke	28.450.000 kr.	KBL	VVM-redegørelse Geotekniske undersøgelser Hydrologiske undersøgelser.
		Ringvejen + Kattegatvej	9.630.000 kr.	KBL	Geotekniske undersøgelser VVM-redegørelse
		Lokal sikring Sydhavn	Ukendt	KBL	VVM-redegørelse Geotekniske undersøgelser
		Kontraklap	700.000 kr.	Ekstern finansiering	
	Etape 2	Mole- ralstrand	17.110.000 kr.	Ekstern finansiering	VVM-redegørelse
	Etape 3	Lokal sikring Grenaa Marina	Ukendt	KBL	Geotekniske borer Bygningsmæssige undersøgelser
	Etape 4	Bølgebrydere	15.160.000 kr.	Ekstern finansiering	Geotekniske undersøgelser Hydrauliske undersøgelser
		Kattegatcenter	4.090.000 kr.	Ekstern finansiering	
Byudvikling		Kanal Vest + broer	31.190.000 kr.	Ekstern finansiering	Fauna og sedimentation Geotekniske undersøgelser Hydrologiske undersøgelser VVM-redegørelse
		Kanal Øst + broer	28.210.000 kr.	Ekstern finansiering	Fauna og sedimentation Geotekniske undersøgelser Hydrologiske undersøgelser VVM-redegørelse
		Grenå Marina - Gangbro	10.730.000 kr.	Ekstern finansiering	Fauna og sedimentation Geotekniske undersøgelser Hydrologiske undersøgelser VVM-redegørelse

6. Beredskabsplan

Følgende afsnit omhandler beredskabsplanen i Grenå by, såfremt Grenå oplever en højvandshændelse over en kritisk kote før udførelse af permanente løsninger.

Oversvømmelseskortet vist i tidligere afsnit fremviste, at der oversvømmes både fra langs kystlinjen og langs Grenåens breder. Der sker oversvømmelser af infrastruktur fra Nordhavnsvej til Skakkes Holm, hvorved der langs kajkanten her skal udlægges en mobil løsning. Yderligere oversvømmes Ringvejen (øst for Kystvej) fra flere sider, hvorfor løsninger skal udlægges på begge sider af vejen, såfremt den ønskes tørlagt.

Langs åens breder oversvømmes infrastruktur syd for Havnevej til Randersvej nord for åen og nord for Søndermølle Engvej til krydset mellem Kystvej og Ringvejen syd for åen. Langs åens breder enten foran den første række huse eller langs veje, skal der udlægges en mobil løsning.

6.1. Løsningen

Til beredskabsløsningen skal der indgå en eller flere mobile løsninger.

NIRAS anbefaler, at beredskabsløsningen skal primært bestå af watertubes², sandsække og lokale sikringer. Watertube består af to store slanger, der placeres på plant terræn. De fyldes med vand fra havet ved en højtrykspumpe, hvor vægten af vandet gør watertubes modstandsdygtige mod trykket fra vandstandsstigningen. Løsningen kan tilbageholde 80cm vand. Udlæggelsen af watertubes tager omkring 4 timer pr. 1000m for et uddannet mandskab på 4 mand.

Watertubes udlægges i 200-meter sektioner, hvorfor der kan være områder, det ikke giver mening af udlægge en watertube. Her benyttes der derimod sandsække eller andre lokale løsninger.

De mobile løsninger udlægges på og langs flere veje, hvorfor enkelte veje skal afspærres. Dertil skal trafikken omdirigeres til andre veje og/eller begrænses betydeligt på de berørte veje.

Beredskabsplanen forudsætter, at der ikke sker oversvømmelse i baglandet ved evt. udløb og lignende i en stormflodssituation. Såfremt det ikke er gældende, skal der placeres kontraklap i ledningerne.

6.2. Varsling af stormflod

DMI's vandstandsprognose skal løbende overvåges, til varsling af potentiel kritiske højvandshændelse. Aktuelle målinger af vandstanden og en vandstandsprognose set fem dage ude i fremtiden kan aflæses for Grenå via følgende link: <https://www.dmi.dk/vandstand/>.

6.3. Iværksættelse af beredskabsløsning

Vurdering om beredskabsløsningen skal iværksættes, vurderes 48 timer inden hændelsen forventes at indtræffe. Såfremt det kritiske niveau overskrides, iværksættes beredskabsplanen. Under iværksættelse af beredskabsløsning, skal der følges holdes øje med vandstandsprognosen for eventuelle ændringer.

Ved iværksættelse af beredskabsløsning skal kommunen følge nedenstående plan:

1. Aktiver relevant personale, se yderligere i Norddjurs beredskabsplan.
2. Udsend varsel til berørte områder/borgere, eksempelvis via sms.

² <https://www.nofloods.dk/nofloods-watertube-barriere>

3. Kontakt eventuel leverandør og påbegynd udlæggelse af mobile løsninger i prioriteret rækkefølge.

For øvrige forhold henvises der til Norddjurs beredskabsplan³, gældende fra 1. januar 2022.

Når der ikke længere er fare for kritisk forhøjet vandstand, fjernes og lagres de mobile løsninger efter anvisninger fra leverandør.

³ https://norddjurs.dk/Media/637991723927949598/beredskabsplan_randers-favrskov-norddjurs-og-syddjurs_040122.pdf

7. References

- COWI. (2017). *BYERNES UDFORDRINGER MED HAVVANDSSTIGNING OG STORMFLOD*. Realdania.
- DMI. (7. august 2018). *Fremtidens vandstand omkring Danmark*. Hentet fra DMI - Vejr, klima og hav: <http://www.dmi.dk/laer-om/temaer/hav/fremtidens-vandstand/>
- DMI. (2023). *Klimaatlas*. Hentet 27. 02 2023 fra Data i Klimaatlas: <https://www.dmi.dk/klimaatlas/>
- DMI. (N/A). *DMI's Frie Data - Vandstand*. Hentet 03 2023 fra <https://www.dmi.dk/frie-data/>
- Geodatastyrelsen. (19. 10 2022). *Den danske Havnelods*. Hentet 17. 09 2020 fra Nyborg Marina: www.danskehavnelods.dk
- IPCC. (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*.
- Kystdirektoratet. (2018). *Højvandsstatistikker 2017 Bilag*. Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet.
- Kystdirektoratet. (2018b). *Højvandsstatistikker 2017*. Kystdirektoratet, Miljø- og Fødevareministeriet.
- Kystdirektoratet. (2023). Hentet 03. 03 2023 fra Kystdirektoratets KystAtlas: <http://kms.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=8669133b3f4842b7a9a19fb24b08ffd5>
- Kystdirektoratet. (N/A). *Kystplanlægger*. Hentet 02 2023 fra <https://gis.nst.dk/portal/apps/webappviewer/index.html?id=7d399b34b9ef42d7895569d0ccc0046b>
- Miljøstyrelsen. (N/A). *KAMP - et klimatilpasning- og arealanvendelsesværktøj til miljø- og planmedarbejdere*. Hentet 02 2023 fra <https://kamp.klimatilpasning.dk/>