Til
Realdania

Dokumenttype
Rapport

Dato
Juni 2015

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
RAPPORT

RAMBØLL

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
RAPPORT

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

INDHOLD

FORORD 1
LÆSEVEJLEDNING 2

DEL 1 - OMFANG AF STORMFLODER OG SKADER
DEL 2 – RAMMEVILKÅR
DEL 3 – FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU
DEL 4 – TEKNISKE LØSNINGER
DEL 5 - ANBEFALINGER

FORORD

Målet med denne udredning er at kortlægge behov, udviklingspotentialer og barrierer for klimatilpasningen af de danske byer til fremtidens forventede havvandsstigninger og stormfloder. Udredningen er udarbejdet af Rambøll på opdrag af Realdania og skal udgøre en del af vidensgrundlaget for Realdanias fortsatte indsats på området med klimatilpasning.

I de seneste år har Realdania gennem initiativet *Klimatilpasning i byerne* været en aktiv spiller inden for regnvandshåndtering og sikring mod oversvømmelser fra skybryd. Vi har skabt en række videns- og demonstrationsprojekter og har sat fokus på værdien af kombinerede løsninger, der både gør byerne robuste over for regnvandsudfordringen, men som samtidig også skaber nye og bedre byrum og bylivsaktiviteter.

Vi ønsker nu at sætte et tilsvarende fokus på kystsikring og beskyttelse af byerne mod de oversvømmelser, der er et resultat af havvandsstigninger og stormfloder. Vi tror, at der også, når det gælder kystsikring, er et stort potentiale for at skabe merværdi ved at kombinere klimatilpasnings- og byudviklingsprojekter.

Vi håber, at rapporten også kan give andre aktører inspiration og viden til at arbejde med klimatilpasning med merværdi.

God læselyst!

Anne-Mette Gjeraa
Projektchef, Realdania

LÆSEVEJLEDNING

Udredningen om tilpasning til havvandsstigninger er opbygget i 5 dele, der hver kan læses som selvstændige rapporter. De 5 dele er samlet i nærværende rapport:

- Del 1 - Omfang af stormfloder og skader
- Del 2 - Rammevilkår
- Del 3 - Fastlæggelse af sikringsniveau
- Del 4 - Tekniske løsninger
- Del 5 - Anbefalinger

Forsiden på hver delrapport er trykt i karton som adskillelse mellem rapporterne.

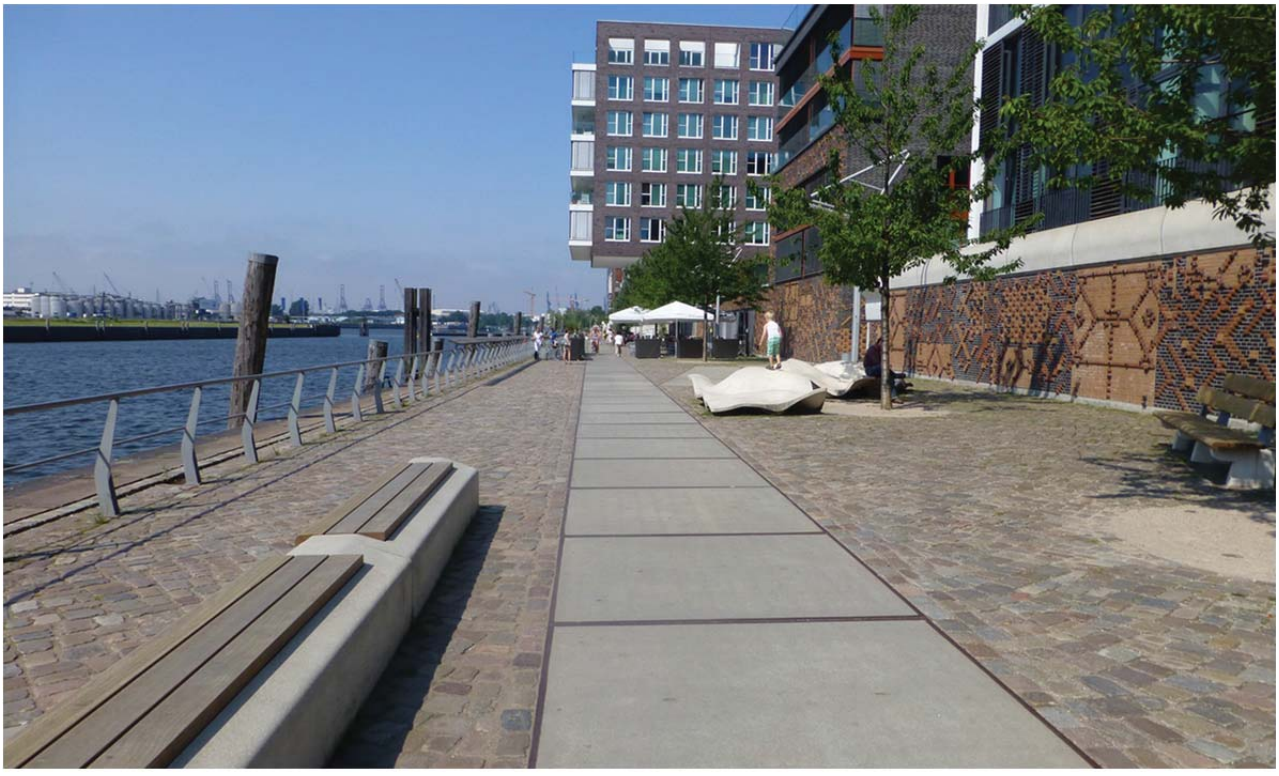
Ud over delrapporterne er der i en selvstændig rapport udarbejdet en pixibog, der indeholder en introduktion til udredningen og en sammenfatning af delrapporterne. Pixibogen giver dermed et overblik over hele udredningen om tilpasning til havvandsstigninger.

Til
Realdania

Dokumenttype
Rapport

Dato
Juni 2015

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 1 – OMFANG AF STORMFLODER OG SKADER



RAMBØLL

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 1 – OMFANG AF STORMFLODER OG SKADER

Revision	**1**
Dato	**2015-06-30**
Udarbejdet af	**Henning Smith Nielsen, Jesper Aarosiin Hansen**
Kontrolleret af	**Marianne B. Marcher Juhl**
Godkendt af	**Marianne B. Marcher Juhl**

Ref. 1100014321

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

INDHOLD

1.	**INDLEDNING**	**1**
2.	**OBSERVEREDE KONSEKVENSER AF STORMFLODER OG HAVVANDSSTIGNINGER**	**2**
2.1	Stormflod og højvande i Danmark	2
2.1.1	Vandstande	3
2.1.2	Oversvømmelser og kystsikring	4
2.2	Historiske stormflodsberetninger	6
2.2.1	Stormflod oktober 1634 – Anden store manddrukning	7
2.2.2	Stormflod december 1717	8
2.2.3	Stormflod februar 1825	8
2.2.4	Stormflod november/december 1825	9
2.2.5	Stormflod november 1872	9
2.2.6	Stormflod december 1904	10
2.2.7	Stormflod november 1911	11
2.2.8	Stormflod november 1981	11
2.2.9	Stormflod december 1999	12
2.2.10	Stormflod november 2006	12
2.2.11	Stormflod december 2013	13
2.3	Skadesomfang	14
2.4	Lovgivning i historisk perspektiv	16
3.	**FREMTIDENS HAVNIVEAUSTIGNINGER OG STORMFLODER**	**18**
3.1	Udviklingen i havniveauet	20
3.1.1	Historisk udvikling af havniveauet	20
3.1.2	Fremtidig udvikling af havniveauet på global plan	21
3.1.3	Fremtidig udvikling af havniveauet i en dansk kontekst	23
3.1.4	Havniveauet efter 2100	23
3.2	Fremtidens stormfloder	24
3.2.1	Konsekvenser af havniveauet	24
3.2.2	Landbevægelser	24
3.3	Andre påvirkninger	25
3.3.1	Nedbør	25
3.3.2	Grundvand	26
3.3.3	Kysterosion	26
3.4	Eksempler af på konsekvenser af fremtidige stormfloder.	26
3.4.1	Frederiksværk	27
3.4.2	Kerteminde	28
3.4.3	Sønderborg	29
3.4.4	Gentofte	30
3.4.5	Esbjerg	31
3.4.6	Randers	32
4.	**REFERENCER**	**33**

1. INDLEDNING

Med de seneste års storme (fx ”Bodil” og ”Egon”) er der kommet større fokus på klimatilpasningen af kysterne og de kystnære byer i forhold til oversvømmelser fra havet. Selv om stigningerne i havvandsstanden og en forøgelse af stormfloderne sker gradvist og først forventes at blive et problem om 20-30 år, er der allerede nu behov for at tænke kystbeskyttelse og tilpasning til havvandsstigninger ind i planlægningen.

I dette udredningsprojekt er der fokus på udfordringerne med oversvømmelser af byer fra stigende havvandsstande og øgede stormfloder. En anden følgevirkning af stigende havvandsstande og øgede stormfloder er en øget erosion af kysterne, og der vil også fremover være behov for at beskytte og sikre disse kyststrækninger. Miljøministeriet har igangsat en analyse for at afklare, om det er nødvendigt at ændre den nuværende lovgivning for kystbeskyttelse. Erosion af kyster indgår i Miljøministeriets analyse, der beskæftiger sig med samtlige typer kyststrækninger i Danmark.

Udredningen om tilpasning til havvandsstigninger er opbygget i følgende 6 dele, der hver kan læses som selvstændige rapporter:

- Pixibog - Udredning om tilpasning til havvandsstigninger
- **Del 1 - Omfang af stormfloder og skader (nærværende rapport)**
- Del 2 - Rammevilkår
- Del 3 – Fastlæggelse af sikringsniveau
- Del 4 – Tekniske løsninger
- Del 5 – Anbefalinger

Pixibogen indeholder en introduktion til udredningen og en sammenfatning af de øvrige delrapporter, og den giver dermed et overblik over hele udredningen.

Nærværende rapport: Del 1 – Omfang af stormfloder og skader indeholder en beskrivelse af skadesomfang for de historiske stormfloder, der har fundet sted i Danmark siden registreringen begyndte. Endvidere redegøres for den nyeste viden om klimaændringernes betydning for den stigende havvandstand og øgede stormflodsrisiko i havene omkring Danmark, herunder en beskrivelse af de usikkerheder, der er på prognoserne.

Rapporten er opbygget med følgende indhold:

I kapitel 2 foretages en gennemgang af historiske stormflodshændelser og disses omkostninger. Disse hændelser er sat i relation til væsentlige lovgivningsmæssige og administrative tiltag til at forhindre eller afbøde virkningerne af efterfølgende stormfloder.

I kapitel 3 beskrives den nyeste viden om klimaændringernes betydning for den stigende havvandsstand og øgede stormflodsrisiko i havene omkring Danmark med udgangspunkt i en periode fra den nuværende situation til det forventede klima om 100 år.

2. OBSERVEREDE KONSEKVENSER AF STORMFLODER OG HAVVANDSSTIGNINGER

2.1 Stormflod og højvande i Danmark

Stormflod er en kombination af tidevand, lufttryk og vindstuvning, der opstår i forbindelse med passage af et stormlavtryk. De højeste vandstande fås, når alle tre faktorer når sit maksimum samtidigt, men der kan være stor forskel på betydningen af de enkelte faktorer hen over landet.

Tidevandet er et resultat af solens og månens tiltrækning og har ved den jyske vestkyst, særligt i Vadehavet, stor betydning for vandstanden. Tidevandsamplituden er på 1 meter ved Højer faldene nordpå til ca. 0,25 meter ved Thyborøn. I de indre danske farvande har tidevandet derimod mindre betydning med en amplitude på under 10 centimeter som det maksimale og i Østersøen forsvindende. Tidevandet har både en halvdaglig og en 14 dages cyklus. Generelt giver tidevandet højvande to gange i døgnet. Hver fjortende dag, når solen og månen står på linje med jorden (ved nymåne og fuldmåne), og så at sige trækker i samme akse, giver dette sig udslag i en særlig stor tidevandsamplitude. Dette betegnes springtid. Omvendt når solens og månens tiltrækning virker vinkelret på hinanden, ved niptid, er tidevandsamplituden lille. Højvandet vil derfor være noget højere ved springflod end ved nipflod.

I forbindelse med en storm bidrager lavtryk og vindstuvning til, at vandstanden kan stige til et niveau væsentligt over det normale højvande, der skyldes tidevandet. Dels vil et fald i lufttrykket i sig selv få havvandstanden til at stige, og dels vil vindens pres på vandoverfladen skabe en vindstuvning særligt i lavvandede områder. Lufttrykket vil typisk under en storm falde fra gennemsnitstrykket på 1013 hPa til mellem 970-980 hPa. Da vandstanden stiger med 1 cm for hver 1 hPa lufttrykket stiger giver dette alene 30-40 cm vandstandsstigning. Dertil kan vindstuvningen i eksponerede områder være af betydelig størrelse og kan eksempelvis i Thorsminde komme op på ca. 3 meter.

De kraftigste og hyppigste storme i Nordsøen kommer fra vestlig til nordlig retning, og dette kan give stormflod særligt i Vadehavet og på vestkysten i Nordsøens sydøstlige hjørne, på grund af det lange frie stræk i denne retning, over hvilken vandet kan stuve op. I de indre danske farvande har vindforholdene både over Nordsøen og Østersøen indflydelse på vandstanden sammen med de lokale vindforhold. En langvarig vestenstorm over Nordsøen vil presse vand ind i Kattegat og videre ind gennem bælterne. Tilsvarende vil storm fra øst eller nordøst presse vand fra Østersøen ud gennem bælterne fra syd. Da Bælthavet med mange snævre og lavvandede passager virker som en barriere for gennemstrømningen, kan vandet stuve op både fra nord og fra syd med en stor vandstandsgradient over bælterne. Særligt kritisk for de indre farvande er, hvis vandet samtidigt kommer fra Kattegat og Østersøen mod bælterne. Dette var tilfældet i november 2006, hvor flere lavtrykssystemer skabte nordenvind både over Kattegat og Østersøen, så vandet fra syd og nord skabte en form for forstoppelse i Bælthavet med meget høje vandstande til følge. Dette fænomen kan også give stormflod i Bælthavet uden, at der er vindstyrker af stormstyrker i området.

Ved København er der det særlige, at Drogdentærsklen sammen med den snævre åbning mellem Sjælland og Amager gør, at der i højvandssituationer kan være en særdeles stor vandstandsgradient mellem Køge Bugt og Øresund. Ved stormflod fra nord vil der således være risiko for oversvømmelser langs de østvendte kyster og den indre del af byen, mens der ved stormflod fra syd er risiko for oversvømmelser ved Amager, Kalveboderne og Køge Bugt kysten.

De vestlige og nordlige storme udgør ca. 90 % af alle storme, mens østenstorme udgør de sidste 10 %. Storme fra syd forekommer stort set aldrig /3/. Den udsatte beliggenhed i forhold til vind fra vest og nordvest gør, at stormfloder på vestkysten og i Vadehavet forekommer med jævne mellemrum, mens der er længere mellem stormfloderne i de indre danske farvande. Men selv om

frekvensen er mindre, rammer også stormfloder med kritiske vandstande de indre danske farvande.

2.1.1 Vandstande

Igennem tiderne har de danske kystområder med mellemrum været udsat for ekstreme højvande, som skyldes stormflod. Kilderne til historiske stormflodssituationer er dog ofte behæftet med betydelig usikkerhed, både hvad angår vandstande og især hvad angår tab af menneskeliv /2/. Siden slutningen af 1800-tallet er vandstandene ved de danske kyster blevet registreret af målestationer placeret på nøglepunkter langs kyststrækningen. Enkelte målestationer har en lang tidsserie af data bag sig, mens der også er en del nyere stationer med kun korte tidsserier af data. Kystdirektoratet har udgivet højvandsstatistikker for en lang række målestationer /1/, hvor højvandshændelser med forskellig sandsynlighed fremgår. I Figur 2-1 er 50 års middeltidshændelser fra Højvandsstatistikker 2012 vist, dvs. højvande der i middel optræder én gang hvert 50. år /1/.

Figur 2-1: 50 års middeltidshændelser fra Højvandsstatistikker 2012 /1/. 50-årsvandstanden er angivet med rødt. Mørkeblåt mærke angiver gode statistikker, og lyseblåt mærke angiver mindre gode statistikker baseret på korte tidsserier (typisk < 15 år) og/eller serier med lav datakvalitet.

Af figuren ses, at de højeste vandstande forekommer i Vadehavsområdet med 50-års vandstande på mere end 4 m over DVR90, mens det kun er få steder i de indre danske farvande, at 50-års vandstanden er over 1,5 m. Enkelthændelser med noget højere vandstand end de viste 50-

årsvandstande er registreret både i perioden, hvor man systematisk har målt vandstande, men også før dette, hvor oplysningerne om vandstand har været noget mere sparsomme. Disse hændelser forekommer dog blot sjældnere end med 50 års mellemrum.

De højeste målte vandstande fra de stationer, der har mere end 100 års måledata, er vist i Tabel 2.1.

Tabel 2.1: Højeste registrerede vandstande fra målestationer med mere end 100 års data

Målestation	Højeste registrerede vandstand (m DVR90)	Dato	Målinger siden
Esbjerg Havn	4,22	24. november 1981	1. januar 1874
Frederikshavn Havn	1,54	23. december 1894	1. januar 1894
Randers Havn	1,76	9. november 1945	30. december 1909
Århus Havn	1,62	7. november 1985	1. januar 1888
Fredericia Havn	1,62	november 2006	1. juli 1889
Slipshavn	1,77	november 2006	januar 1890
Korsør Havn	1,62	november 2006	januar 1890
Hornbæk Havn	1,95	december 2013	januar 1891
Københavns Havn	1,68	december 2013	1. juli 1888
Gedser Havn	1,85	30. december 1913	1. december 1892

Selvom de ovenfor viste vandstandsstationer dækker en lang tidsperiode, er der både betydende stormflodshændelser og geografiske områder, de ikke dækker, hvilket uddybes i afsnit 2.2.

Stormfloderne, der rammer Danmark, rammer typisk ikke hele landet, men dele af landet ud fra vindretning, lavtrykkets bane mv. Ud fra de historiske stormfloder kan hændelserne inddeles i geografiske områder som følger /4/:

- Vadehavet
- Den centrale del af den jyske vestkyst
- Skagerakkysten og de nordlige Kattegatkyster
- Limfjorden
- Det sydlige Kattegat og nordlige Bælthav
- Det sydlige Bælthav og den vestlige Østersø
- Bornholm

2.1.2 Oversvømmelser og kystsikring

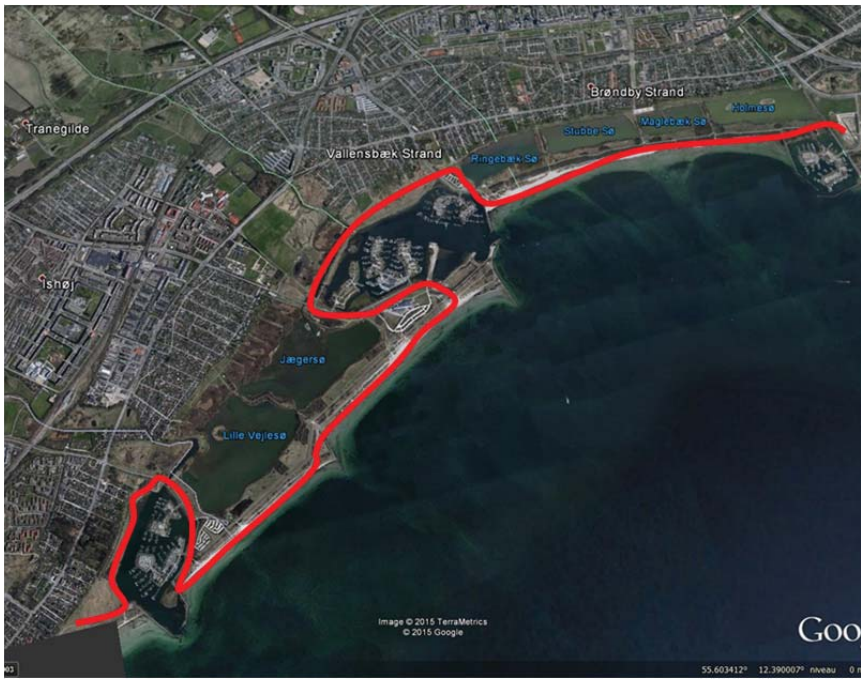
De høje vandstande og baglandets lave beliggenhed mange steder har gjort, at Vadehavsområdet historisk set har været særligt udsat for oversvømmelser i forbindelse med stormflod. På grund heraf, har man i en lang årrække sikret kysten ved anlæggelse af diger, så vandet ikke kan komme ind i baglandet. Dette gælder også længere op ad den jyske vestkyst, hvor forskellig former for højvandssikring beskytter baglandet. De første diger langs den danske vadehavskyst er anlagt helt tilbage i 1500-tallet, men efter stormfloden i oktober 1634 (se afsnit 2.2.1) begyndte man at bygge større diger langs marsken. Fremfor kun at have sommerdiger, der kun beskyttede afgrøderne, gav stormfloden anledning til, at man begyndte at bygge egentlige havdiger, hvis formål også var at beskytte menneskene, der boede langs med vadehavet. De ældste diger finder man i Tøndermarsken, Tyskland og Holland, hvor bosætning på værfter i marsken har været udbredt. I den smalle marsk mod nord har bosætningen primært fundet sted på geestranden, og her er digerne blot 100-150 år gamle. Ribediget stod færdig i 1912 efter et omfattende digebyggeri, der efterfulgte stormfloderne i 1909 og 1911, hvor Ribe by blev oversvømmet. Senere efter Sønderjylland igen blev en del af det danske rige, blev der også udført digearbejder længere mod syd. Rejsbydiget syd for Ribe blev færdiggjort i 1923, så hele den danske del af Vadehavskysten var beskyttet af diger. Inden diget stod færdigt, ramte en stormflod i 1923 kysten, hvor 18 af digearbejderne omkom. Dette var sidste gang, der har været dødsofre

direkte forårsaget af stormflod i Danmark. Digerne langs Vadehavet er af flere omgange efterfølgende blevet forstærket og forhøjet.

Figur 2-2 Kort over digerne ved Vadehavet.

I andre dele af landet, hvor oversvømmelser sjældnere har ramt, har der ikke været samme fokus og behov for sikring mod havet, og man har endda mange steder bygget tæt på havet på grund af herlighedsværdierne i dette. Ved enkelte særligt udsatte områder langs kysterne i de indre farvande har man dog i større stil etableret forskellig form for beskyttelse mod stormflod. Dette er tilfældet på Lollands sydkyst, som er beskyttet af et 63 km langt og 4 meter højt dige, der blev opført efter den meget kraftige stormflod i november 1872.

Et andet eksempel er ved udbygningen af København i den såkaldte Køge-finger, hvor Køge Bugt Strandpark blev etableret som kombineret rekreativt område og højvandssikring for de relativt lavtliggende strandområder, der blev udbygget med villabebyggelse. Højvandsikringen er her dog skjult som fremskudte klitter, der er etableret ved indpumpning af sand til den allerede eksisterende revledannelse i bugten, forbundet med hævede vejpartier. I de bagvedliggende indsøer er vandstanden og vandskiftet reguleret af sluseværker, og søerne fungerer samtidigt som forsinkelsesbassin for åerne i området i forbindelse med lukning af sluserne.



Figur 2-3 Kystsikring ved Køge Bugt Strandpark. Den røde streg markerer højvandssikringen.

Generelt er der dog i de indre farvande tale om mindre og spredte områder, hvor der er etableret højvandssikring, og måske særligt i forbindelse med land der er egentlig indvundet fra havet og derfor kræver diger også ved mere normale vandstande.

Sammenfattende er Vadehavet og vestkysten generelt beskyttet af diger og klitter, der kan klare relativt store stormflodshændelser. I områder langs de indre danske farvande, f.eks. i Storebælt og i Roskilde Fjord, har man mange steder opført kystnær bebyggelse, hvor der flere gange i det seneste årti er observeret problematiske oversvømmelser. Dette giver sig udslag i, at de registrerede stormflodsskader både i antal og samlet størrelse har været værst på en række strækninger langs de indre danske farvande i perioden fra 1992 og frem (se afsnit 2.3).

2.2 Historiske stormflodsberetninger

En kortlægning af det historiske materiale omkring stormfloder i Danmark og en klassificering både af størrelsen af stormfloden samt rigtigheden af begivenheden er foretaget i /2/. I /4/ er der derudover udført en screening, hvor der er fundet 127 dokumenterede stormflodshændelser siden starten af 1500-tallet, som indgår i en vurdering af skadesomfang, udbredelse af oversvømmelser, vandstandshøjder og meteorologi/vejrforhold. De 60 mest betydende stormfloder er dernæst rangordnet efter de fire ovennævnte forhold i rækkefølge. De fem værste stormflodshændelser fundet i denne analyse er vist i nedenstående tabel.

Tabel 2.2: De værste stormflodshændelser i danmarkshistorien siden 1500-tallet vurderet på baggrund af skadesomfang, oversvømmelser, vandstandshøjder og meteorologi/vejrforhold, /4/.

Rang	Dato	Ramte områder	Vindretning
1	11.-12. oktober 1634	Vadehavet	SW til NW
2	12.-13. november 1872	Bornholm, den vestlige Østersø og Bælthavet	ØNØ
3	24.-25. november 1981	Vadehavet, den jyske vestkyst, Skagerakkysten og Nordlige Kattegat samt Limfjorden	SW til NW
4	1.-.2 november 2006	Den vestlige Østersø, Bælthavet samt sydlige Kattegat	NW til N
5	27. nov. – 1. december 1825	Vadehavet, den jyske vestkyst, sydlige Kattegat, Bælthavet samt den vestlige Østersø	-

Disse, samt andre betydende stormfloder, er beskrevet kort i kronologisk rækkefølge i det nedenstående, primært på baggrund af /2/ og /4/.

2.2.1 Stormflod oktober 1634 – Anden store manddrukning

Den 11.-12. oktober 1634 rammer en frygtelig SW-storm, der senere går over i NW, den jyske vestkyst. Der er beretninger om stormflod langs hele Slesvig-Holstens vestkyst fra Elben til Ribe, og det er en af de værste katastrofer, der har ramt området. Stormfloden skulle antageligt have krævet 10.000 – 15.000 dødsofre og givet alvorlige skader efter, at de beskyttende diger blev gennembrudt af havet. Øen Nordstrand blev delt i 4 øer, og meget af dens areal gik tabt. En stor del af de omkomne fra katastrofen er fra Nordstrand, idet 2/3 af øens ca. 9.000 indbyggere omkom. Stormfloden bliver efterfølgende benævnt ”anden store manddrukning”, og der er derfor også en tidligere katastrofe, der har dræbt mange mennesker. ”Første store manddrukning” skete i 1362 i forbindelse med en voldsom storm fra NW. Nogle kilder siger, at 200.000 mennesker blev dræbt, men dette menes at være en stærk overdrivelse, idet historikere vurderer, at tallet er under 10.000 mennesker. Der er ikke nogen angivelser omkring vandstanden i den første store manddrukning, men det er der efter stormfloden i 1634. Vandstanden er markeret i 1,7 m højde over gulvet i Ribe Domkirke, hvilket er godt 6 m over DVR90. Dette er også markeret som det højeste mærke på stormflodssøjlen i Ribe, der blev rejst i 1920, og vurderes at være den højeste stormflod, der har ramt området.

Figur 2-4: Stormflodssøjlen i Ribe markerer en række stormflodshændelser, hvoraf hændelsen i 1634 er den mest ekstreme.

2.2.2 Stormflod december 1717

Danmarks, Slesvig-Holstens, Tysklands og Nederlandenes kyster rammes af en stærk NW-storm i juledagene 24.-25./12 1717, der giver en omfattende stormflod. "Julestormfloden" i 1717 er en af de værste katastrofer på Nordsøkysterne. Mere end 11.500 mennesker og 100.000 stykker kvæg meldes omkommet og 5.000 bygninger ødelagt. I alt bliver omkring 6.000 kvadratkilometer oversvømmet i de ramte områder med en vandstand i Tönningen i Slesvig på 4,61 m over Tysk Normal Nul. Julestormen er den første i en række store stormfloder, der rammer Jyllands og Slesvig-Holstens kyster i det 18. århundrede i forbindelse med storme fra W eller NW. Allerede i februar 1718 og senere i december 1720 rammes vestkysten igen af omfattende oversvømmelser. Den sidste i forbindelse med en kortvarigere storm, men med en endnu højere vandstand end i 1717. I denne forbindelse blev Helgoland skilt fra Düne, og Harboøre var fuldstændigt oversvømmet, dog uden at havet brød igennem til Limfjorden.

2.2.3 Stormflod februar 1825

Den anden højeste vandstand, der er registreret i Ribe, er fra stormfloden 3.-4. februar 1825. Natten mellem den 3. og 4. februar 1825 opstod der en storm fra SW. Den drejede efterfølgende om i N, og resultatet blev en meget stor stormflod. Stormflodsskader er rapporteret fra Vadehavet, hele vejen op langs den jyske vestkyst til Skagen og videre ned i Kattegat med oversvømmelser i store dele af Århus, Bogense, Middelfart og Helsingør, m.fl.. Vandstanden i Ribe nåede helt op i 5,21 m over DVR90 (5,33 m DNN) og gav store oversvømmelser og betydelige skader i byen. Der kom brud på diget ved Højer, overskyl af digerne flere steder og store skader på hele diget ned til Rudbøl med massive oversvømmelser ved Højer og omkringliggende områder til følge. Stormfloden gik dog værst ud over øen Føhr og værfterne ved Hallig Hooge, der dengang var danske, med 74 omkomne til følge. Ved Limfjorden overskyllede havet tangen ved Agger, og det skabte efterfølgende Agger Kanal, der i årene efter udgjorde åbningen mellem Limfjorden og Nordsøen.

Figur 2-5 Tegning, illustrerende stormfloden i 1825.

2.2.4 Stormflod november/december 1825

Allerede igen i perioden d. 27. november til 1. december rammes landet af en meget omfattende og tilsyneladende langvarig stormflod i forbindelse med en eller flere på hinanden følgende storme. Der er ingen oplysninger om selve stormen og vindretningerne, men der er beretninger om meget høje vandstande og oversvømmelser flere steder i landet. Den 27. november steg vandstanden i Ribe med oversvømmelser og omfattende ødelæggelser til følge. Endnu d. 29. stod engene under vand. Tangen ved Agger blev atter overskyllet af havet, som i februar, og Nordre Lyngøres beboere måtte forlade byen.

Den 29. november om aftenen steg vandet så i Nakskov Fjord på Lolland, og flere huse og jordstykker blev oversvømmet. Samtidigt var der beretninger om oversvømmelse i Randers med en vandstand på 1,75 m over sædvanlig vandstand. Den 30. november gjorde højvandet endvidere stor skade på bolværkerne i Århus. Den 1. december steg vandet yderligere i Rødby med omfattende oversvømmelser på hele Sydlolland og østpå mod Nysted til følge. Vandstanden i Rødby var ca. 2,5 m over sædvanligt flodmål, og nordpå i Bandholm sås en vandstand på 3,8 m over sædvanligt flodmål, dog tilsyneladende uden større skade der.

2.2.5 Stormflod november 1872

I november 1872 ramte den værste stormflod nogensinde de sydlige dele af Danmark. Stormfloden opstod i forbindelse med en meget kraftig og langvarig ØNØ-storm d. 12. – 13. november 1872, som kulminerede med orkan. Stormfloden bevirkede en ekstrem høj vandstand på Bornholm og hele Østersøkysten fra København ned omkring Lolland-Falster og i det sydfynske øhav samt Sønderjyllands østkyst. Hele den sydlige del af Lolland og Falster stod under vand, ligesom også Køge by gjorde. Stormfloden medførte omfattende ødelæggelser og krævede mange ofre både i Danmark og Tyskland. Alene på Lolland og Falster omkom 80 mennesker. Det totale antal omkomne er vurderet at være i nærheden af 270. Der er desuden rapporteret om 1.000 druknede husdyr og ikke færre end 50 skibe, der strandede på Sjællands østkyst. Vandstanden nåede flere steder op over 3 meter, og dette er vandstande, der ikke tilnærmelsesvist er blevet registreret efterfølgende i området. Stormfloden i 1872 er særdeles veldokumenteret med vandstandsregistreringer fra en lang række byer og områder. I nedenstående tabel er vist vandstande fra en række byer i det stormflodsramte område.

Tabel 2.3: Vurderede og registrerede vandstande under stormfloden i 1872, /4/.

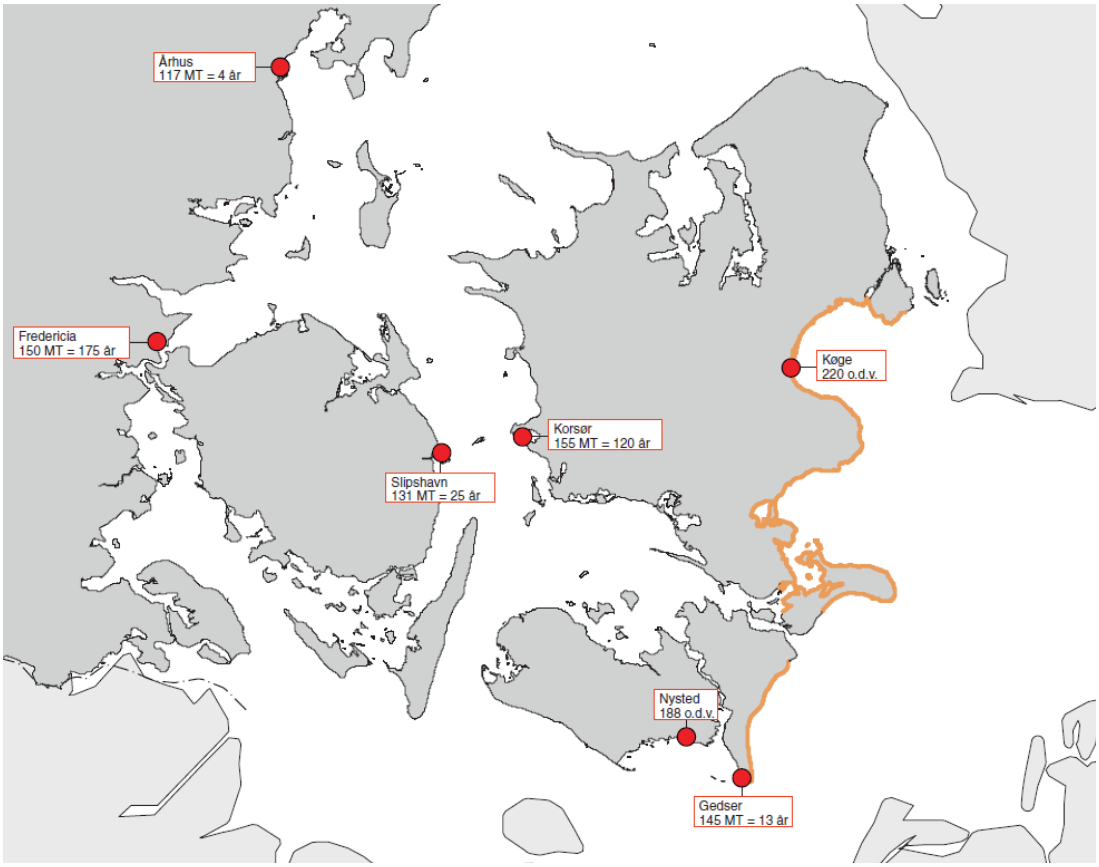
Lokalitet	Vandstand (m DVR90)
Aabenraa	3,34
Sønderborg	3,19
Kolding	3,10
Fredericia	2,15
Assens	3,01
Ærøskøbing	3,48
Fåborg	2,86
Svenborg	2,46
Bagenkop	2,84
Køge	2,86
Kalvebod Strand	2,70
Fredsholm, Nakskov	2,38
Nysted	2,78
Kramnitse Gab, Rødby	3,02
Stege	2,62
Gedserodde fyr	2,54
Rønne	2,07
Gudhjem	2,00
Neksø Havn	1,92

2.2.6 Stormflod december 1904

De østvendte kyster blev igen i 1904 ramt af endnu en stormflod, som er vurderet at have udrettet stor skade. Stormfloden ramte d. 30. – 31. december 1904 efter en storm fra øst og nordøst, der efterfølger en storm fra vest. Der var oversvømmelser i en lang række byer i området fra Dragør på Amager, ned langs den sjællandske østkyst, Lolland-Falster, Storebælt, det Fynske øhav, Sønderjyllands østkyst og den sydlige del af Lillebælt. Stormfloden 1904 er ikke så veldokumenteret som den i 1872, men der er registreret vandstande på forskellige lokaliteter, som vist i Tabel 2.4 og på Figur 2-6.

Tabel 2.4: Vurderede og registrerede vandstande under stormfloden i 1904, /4/.

Lokalitet	Vandstand
Århus	1,17 m DVR90
Fredericia	1,50 m DVR90
Slipshavn	1,31 m DVR90
Gedser	1,45 m DVR90
Nysted	1,88 m over dagligt vande
Køge	2,20 m over dagligt vande
Flensborg	2,33 over middelvandstand



Figur 2-6 Vurderede og registrerede vandstande under stormfloden i 1904.

2.2.7 Stormflod november 1911

Den 5.-6. november ramte den stormflod, der gav de sidste store oversvømmelser af Ribe by. Efter denne hændelse blev Ribediget færdiggjort. Uden Ribediget ville byen have været oversvømmet adskillige gange efterfølgende i det 20. århundrede. Vandstanden i Ribe var i 1911 den 3. højeste af de Stormfloder, der har nået Ribe efter stormfloderne i 1634 og feb. 1825. Tages efterfølgende stormfloder med, er 1911-stormfloden den 9. højeste. I Tabel 2.5 er de registrerede vandstande fra Ribe, Esbjerg og Frederikshavn vist.

Tabel 2.5: Registrerede vandstande under stormfloden i 1911, /2/ og /3/.

Lokalitet	Vandstand (m DVR 90)
Ribe	**4,29**
Esbjerg	**3,37**
Frederikshavn	**1,32**

2.2.8 Stormflod november 1981

En meget stærk WSW storm ramte landet d. 24. – 25. november 1981, som både var langvarig og havde århundredets hidtil kraftigste vindstyrker. Stormen gav anledning til stormflod langs vestkysten, Vadehavet og i Limfjorden og med omfattende skader til følge. I Esbjerg nåede måleren op på den højeste vandstandsregistrering siden 1874, og ved den lejligheden blev Esbjerg Havn totalt oversvømmet. I Nordby på Fanø stod der 1,5 m vand i gaderne og i husene, og på Mandø stod kun enkelte huse oven vande. Langs vestkysten var der klitbrud og oversvømmelser særligt i Hvide Sande, Thorsminde, Vrist, Thyborøn og Agger. Endvidere oversvømmelser i flere Limfjordsbyer. Der blev flere steder foretaget evakueringer af beboerne. Registrerede vandstande under stormfloden er vist i Tabel 2.6.

Tabel 2.6: Registrerede vandstande under stormfloden i 1981, /4/

Lokalitet	Vandstand (m DVR90)
Skagen	1,24
Frederikshavn	1,50
Hals	1,47
Hirtshals	1,39
Hanstholm	1,73
Thyborøn	1,86
Lemvig	1,74
Løgstør	1,91
Nibe-Sebbersund	1,50
Nørresundby	1,44
Thorsminde Havn	3,11
Hvide Sande Havn	2,98
Esbjerg	4,22
Ribe	4,89
Ballum	4,62
Havneby	4,37
Højer	4,60

Skadesomkostningerne er i /4/ angivet til mellem 0,5 -1 mia. kr. Størstedelen heraf er dog stormskader og ikke skader efter oversvømmelser.

2.2.9 Stormflod december 1999

Et lille, men meget intens lavtryk med vinde af orkanstyrke, gav den 3. december 1999 stormflod i Vadehavet med meget høje vandstande til følge. Stormen var den kraftigste orkan i det 20. århundrede, /4/. Som vist i Tabel 2.7, nåede vandstanden i Esbjerg op på næsten 4 m og på næsten 5 m ved Ribe Kammersluse, inden måleren gik ud af drift. Begge steder er i top 5 siden målingernes start (højeste registrerede ved Ribe Kammersluse siden 1919, og den når sandsynligvis højere op efter målerens sammenbrud). Stormen var kortvarig, og vandstanden toppede ved et lykketræf samtidigt med tide-lavvande. Hvis stormen havde kulmineret samtidigt med tide-højvande, ville vandstanden have været 1-1,5 m højere og ville dermed have overgået vandstandshøjden under stormfloden i 1634 med over 0,5 m. Vandet stod under den aktuelle stormflod blot 30 cm under digekronen, når bølgepåvirkning tages med. Ved sammenfald med tide-højvande havde Ribediget været overskyllet, og store arealer og byområder havde været under vand.

Tabel 2.7: Registrerede vandstande under stormfloden i 1999, /5/.

Lokalitet	Vandstand (m DVR90)
Esbjerg	3,81
Ribe	5,00
Ballum	4,24
Havneby	3,67
Højer	4,42

2.2.10 Stormflod november 2006

De indre danske farvande rammes af den værste stormflod i nyere tid d. 1.-2. november 2006 i forbindelse med en langvarig nordenstorm over et stort område som resultat af et meget langstrakt lavtrykssystem over Østersøområdet. Stormen startede med nordenvind over den østlige del af Nordsøen og bevægede sig så østpå over Kattegat og senere over den centrale Østersø. Stormen aftog til kulingstyrke mod øst, men med nordenvind over en meget bred akse fra Kattegat og over Østersøen. Denne ret sjældne kombination af nordenvind over både Kattegat og den

centrale Østersø samtidigt medførte, at vandmasserne både fra Østersøen og Kattegat blev presset mod de danske bælter og bevirkede, at der blev registreret rekord høje vandstande i det sydlige Kattegat og Bælthavet. Langs store dele af kyststrækningerne i Bælthavet og det sydlige Kattegat oplevedes oversvømmelser. Stormfloden gav anledning til udbetaling fra Stormrådet på ca. 375 mio. kr. fordelt på knap 4.000 anmeldelser af skader, se yderligere i afsnit 2.3. Vandstande registreret under stormfloden er vist i Tabel 2.8.

Tabel 2.8: Registrerede vandstande under stormfloden i 2006, /4/ og /1/.

Lokalitet	Vandstand (m DVR90)
Hadsund	1,45
Randers	1,76
Århus	1,72
Vejle	1,70
Åbenrå	1,70
Fynshav	1,71
Bogense	1,72
Assens	1,58
Odense	1,72
Kerteminde	1,70
Slipshavn	1,771
Svenborg	1,85
Kalundborg	1,61
Korsør	1,621
Bandholm	1,80
Nakskov	1,80
Rødbyhavn	1,62
Gedser	1,37

2.2.11 Stormflod december 2013

Den 5. - 6. december 2013 blev Danmark ramt af en meget langvarig storm med vindstød af orkanstyrke, som fik navnet ”Bodil”. Stormens varighed over de indre farvande og vindretningen i nordvest skabte stormflod særligt i den sydøstlige del af Kattegat. På Sjællands nordkyst og i Roskilde- og Isefjord betød stormfloden rekord høje vandstande på omkring 2 m DVR90 og de værste stormflodsskader i nyere tid. Af Tabel 2.9 ses de registrerede vandstande under stormfloden for en række målestationer i det kritiske område. Stormfloden gav anledning til store oversvømmelser i fjordbyer som Jyllinge, Frederikssund og Frederiksværk. I Roskilde Havn betød den høje vandstand, at der var overhængende fare for, at Vikingeskibsmuseet ville blive oversvømmet. Langs Sjællands nordkyst var der ligeledes mange skader på bygninger, veje der blev bort-eroderet og havneområder, som Gilleleje Havn, der blev raseret af den forhøjede vandstand og bølgepåvirkning.

Tabel 2.9: Registrerede vandstande under stormfloden i 2013, /6/.

Lokalitet	Vandstand (m DVR90)
Kalundborg	1,48
Sjællands Odde	1,60 (inden måleren brød sammen)
Holbæk	1,94
Roskilde	2,06
Hornbæk	1,95
Vedbæk	1,59
København	1,68
Bogense	1,57
Aarhus	1,57
Grenå	1,65

2.3 Skadesomfang

Storm- og stormflodsskader har siden 1991 været behandlet af Stormrådet. Stormrådet har til formål at udbetale erstatning til grundejere, der har fået storm- og/eller stormflodsskader på deres ejendom. Erstatningerne udbetalt af Stormrådet er finansieret af et stormtillæg, der indkræves i forbindelse med den almindelige lovpligtige ejendomsforsikring, og er et tillæg der indkræves for alle forsikringer uanset ejendommens beliggenhed.

Figur 2-7: Situation fra stormflod (Foto: Kystdirektoratet)

Både opkrævning og den individuelle behandling af erstatningssager i forbindelse med stormflod ligger hos de enkelte forsikringsselskaber. Erstatningerne dækkes så af Stormrådet, hvis der er tale om en dækningsberettiget skade. I forbindelse med stormflod er det Stormrådets opgave at fastsætte, om der er tale om stormflod, og hvilke områder stormfloden omfatter. Kun skader som følge af oversvømmelse i stormflodsramte områder er omfattet af ordningen.

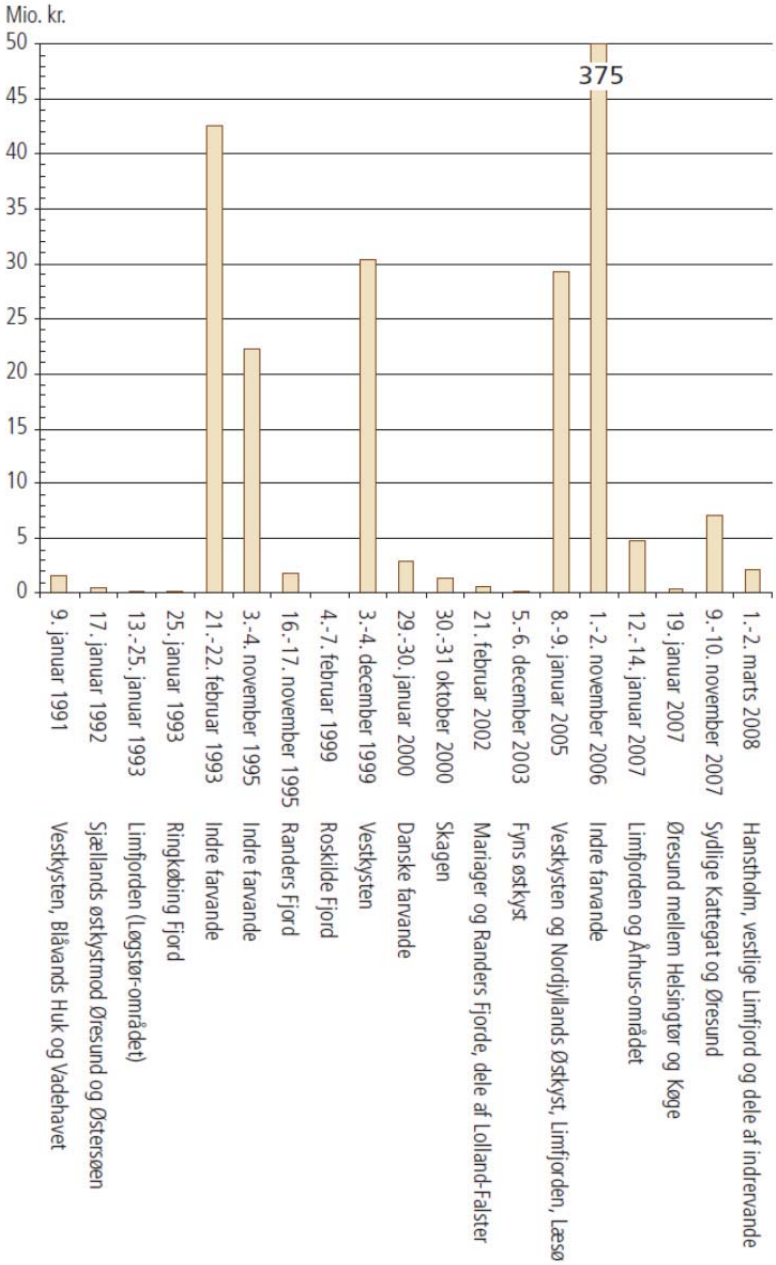
I 2009 udgav Stormrådet en skadesstatistik på baggrund af alle stormflodsskader siden stormrådets oprettelse i 1991, /5/. Af denne kan man få et overblik over antallet og størrelsen af stormflodsskader i perioden fra 1992-2008.

I skadesstatistikken er det opgjort, hvor mange stormflodsskader, der i perioden er anmeldt pr. kommune. Som det ses af tabellen, er toppen præget af kommuner med kyststrækninger langs de indre danske farvande.

Tabel 2.10: Antal anmeldte stormflodsskader pr. kommune i perioden 1992-2008

Kommune	Antal anmeldte skader
Slagelse	915
Kerteminde	615
Kalundborg	387
Lolland	320
Nordfyns	315
Guldborgsund	306
Vesthimmerlands	299
Svendborg	292
Nyborg	284
Hedensted	212
Næstved	180
Esbjerg	171
Langeland	165
Vejle	165
Vordingborg	146
Randers	116
Tønder	113
Haderslev	110
Horsens	108

Endvidere er de udbetalte erstatninger for de enkelte stormflodshændelser opgjort. I Figur 2-8 er en oversigt over udbetalingerne vist. Det ses, at langt størstedelen af erstatningerne er udbetalt i forbindelse med stormen i november 2006. Dette afspejler sig selvfølgelig også i, at de kommuner, der har det største antal anmeldte skader vist i Tabel 2.10, ligger i det område, hvor stormfloden i 2006 ramte hårdest.



Figur 2-8: Udbetalte stormflodserstatninger i perioden 1991-2008, fra /4/

2.4 Lovgivning i historisk perspektiv

Grundprincippet for den danske lovgivning omkring højvandssikring er både nu og historisk, at ethvert anlæg skal betales af dem, som har gavn af anlægget. Den første egentlige lov om kystsikring er Digeloven fra 1874. Loven blev vedtaget efter de store konsekvenser, som stormfloden i november 1872 afstedkom. Loven blev revideret i 1922, efter at en række stormfloder ramte landet i 1921.

Loven fra 1922 betyder, at "den, der formente at værker, som han agter at opføre til beskyttelse for sin ejendom mod angreb af havet eller fjordene, også vil komme andre ejendomme til gode, og derfor anser det for rimeligt, at disse ejere også bør deltage i udgifterne ved værkernes opførelse og vedligeholdelse m.v. I mangel af mindelig overenskomst indbringes spørgsmålet herom for en Landvæsenskommission (LVK)".

Landvæsenskommissionens rolle er således at tage stilling til, om et kystsikringsanlæg yder beskyttelse til de ejendomme, som rekvirenten anmelder, og i givet fald at pålægge disse ejendomme at deltage i udgifterne til anlæg og vedligehold.

Dette princip er videreført i kystbeskyttelsesloven fra 1988, og til den nu gældende lov om kystbeskyttelse af 5. april 1994 med ændringer i 2007. I perioden 1988 – 2007 var amterne procesmyndighed i stedet for Landvæsenskommissionen, mens det efter kommunalreformen i 2007 er overgået til kommunerne. I den nuværende lovgivning vil sager efter § 1a, hvor en række grundejere således bliver pålagt at deltage i udgifterne til kystsikring, blive behandlet efter en særskilt proces med kommunen som procesmyndighed. Andre sager, hvor de berørte grundejere er enige om etableringen af kystsikringsanlægget, bliver ikke behandlet i kommunen.

Den overordnede godkendende myndighed af kystsikringsanlæg er Kystdirektoratet.

I finansieringen af kystsikringsanlæg deltager kommunen og for den sags skyld staten på samme vis og i samme omfang som private grundejere.

3. FREMTIDENS HAVNIVEAUSTIGNINGER OG STORMFLODER

Stormflodshændelser og højvandstande er som beskrevet i ovenstående kapitel genereret af vejr og tidevand, der får vandstanden til at afvige fra middelvandspejlet på det pågældende tidspunkt. I fremtidens klima kan højvandstandene påvirkes både af, at udgangspunktet ændrer sig, dvs, at middelvandspejlet er ændret, men også af, at selve stormpåvirkningen (forceringen) ændrer sig. Dette kapitel beskriver både havniveaustigninger og stormflodsændringer som følge af klimaforandringerne. Stigninger i havniveauet er en ændring af vandspejlsniveauet, som havet befinder sig i, når det er i hvile. Stormflod er derimod en hændelse med ekstraordinært højvande typisk forårsaget af storm.

Den fremtidige udvikling af hhv. havniveauet og stormflod behandles derfor hver for sig i de to efterfølgende afsnit.

Formålet med nærværende udredning er at sammenstille IPCC's hovedkonklusioner i deres 5. vurderingsrapport (AR5) vedrørende udviklingen af hhv. havniveauet og stormflod på global og regional plan, /9/, /11/.

De globale havspejlsstigninger og i særdeleshed storme har dog en betydelig global og regional variation, og udviklingen ses derfor også i en dansk kontekst primært baseret på DMI's studier, /6/.

I forbindelse med IPCC's femte hovedrapport er der defineret en række nye klima-scenarier. Det er RCP-scenarierne (Representative Concentration Pathways), som med tiden vil erstatte de hidtidige SRES (Special Report on Emissions Scenarios) standardscenarier. Hvor SRES-scenarierne er karakteriseret ud fra en forventning til bl.a. den økonomisk udvikling og udbredelsen af ny teknologi til energifremstilling og reduktion af CO_2-udslip, tager RCP-scenarierne udgangspunkt direkte i den tidslige udvikling i atmosfærens indhold af CO_2. Desuden er flere RCP scenarier specifikt formuleret som stabiliseringsscenarier, der alene er baseret på, at udviklingen af drivhusgassernes koncentration i atmosfæren topper.

De nye RCP-scenarier imødekommer bedre beslutningstageres behov for at kunne vurdere konsekvenserne af de forventede klimaforandringer under forskellige tiltag til reduktion af udslip af drivhusgasser.

RCP-scenarierne betegnes RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 og RCP8.5, hvor tallene, 2.6, 4.5, 6.0 og 8.5 angiver strålingspåvirkningen i watt per kvadratmeter ved slutningen af århundredet. RCP-tallene er således et mål for, hvor meget klimaet påvirkes af en øget koncentration af drivhusgasser i atmosfæren, det vil sige den menneskeskabte globale opvarmning.

Eksempelvis angiver scenariet RCP8.5 en udvikling i udledning af drivhusgasser, som svarer til øget strålingspåvirkning på 8,5 watt per kvadratmeter i år 2100. Koncentrationen af drivhusgasser (CO2-ækvivalenter) vil i dette scenarie være over 1.370 ppm (parts per million) i år 2100 (jævnfør tabellen nedenfor). De fire RCP scenariers strålingsforcering og drivhusgaskoncentration, samt betydning for opvarmning i år 2100 og udvikling i forhold til år 2005 er vist i Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Resume af ICPP's RCP scenarier, /7/.

Scenarie	Strålings-forcering	Drivhusgaskoncentration	Opvarmning i 2100 relativ til 1980-1999	Udvikling i forhold til 2005
RCP8.5	Over 8,5 W/m^2 i 2100	Over 1370 ppm CO2-ækvivalent i 2100	Ca. 4,5 °C	Stigende
RCP6.0	Ca. 6 W/m^2 ved stabilisering efter 2100	Ca. 850 ppm CO2-ækvivalent ved stabilise-ring efter 2100	Ca. 2,6 °C	Stabilisering
RCP4.5	Ca. 4,5 W/m^2 ved stabilisering efter 2100	Ca. 650 ppm CO2-ækvivalent ved stabilise-ring efter 2100	Ca. 1,7 °C	Stabilisering
RCP2.6 / RCP3-PD	Topper ved ca. 3 W/m^2 før 2100 og aftager derefter	Topper ved ca. 490 ppm CO2-ækvivalent før 2100 og aftager derefter	Ca. 0,8 °C	Topper og aftager derefter
SRES A1B (AR4)	Ca. 4,0 W/m^2, /6/			Økonomisk vækst, hurtig implemente-ring af ny teknologi

For korrekt anvendelse af disse scenarier er der tre ting at bemærke.

For det første anvendes der en formaliseret terminologi til beskrivelse af usikkerheder i AR5. Dette er baseret på en fælles forståelse blandt rapportens forfattere. For eksempel står 'Sandsynlig' for en risiko for 66-100 % og 'meget sandsynligt' for en sandsynlighed på 90-100 %. Ordet sandsynlighed anvendes således ikke i teknisk statistisk sammenhæng. Betydningen af disse er overladt til intuitionen af eksperter, der foretager vurderingen. De tilknyttede sandsynligheder i relation til havniveau er således ikke modelresultater, men ekspertvurderinger om resultaterne fra modellerne. En sådan ekspertvurdering afspejler det faktum, at pålideligheden af modelresultater er svær at vurdere.

For det andet er de refererede scenarier baseret på såkaldt proces-baserede modeller. Proces-baserede modeller er basseret på fysikkens love, kombineret med parametrisering af de processer, der ikke kan defineres detaljeret nok til at anvende de fysiske love direkte /9/. Kapitlet vedr. havstigning i AR5 vurderer også andre metoder, såsom semi-empiriske modeller. Disse resultater er dog ikke inkluderet i rapportens sammenfatning.

For det tredje er intervallerne for havniveaustigningerne bestemt for hvert klimascenarie på grundlag af såkaldte ensembler af proces-baserede modeller. Eksempelvis er der beregnet en vandstandsstigning i år 2100 i intervallet ved 0,45-0,81 for RCP8.5, se Tabel 3.4. Dette interval fremkommer ved fremskrivninger fra forskellige modeller som normalfordelinger og repræsenterer mangler ved de forskellige modeller og/eller stokastisk egenskaber af de underliggende antagelser/forudsætninger /9/. Komponenten, der repræsenterer den termiske udvidelse, er eksempelvis baseret på fremskrivninger af 21 offentligt tilgængelige klimamodeller (AOGCM) fra Intersammenligning Project Fase 5 (CMIP5) (Taylor et al., 2011). De Gaussiske 5- og 95-percentiler er beregnet som øvre og nedre grænse for intervallerne.

Konsekvensen af ovestående tre punkter kan eksemplificeres som følger. De 14 forfattere på vandstandsstigningskapitlet i AR5 vurderer, at der for et givet scenarie er 66-100 % sandsynlighed for, at en påvirkning indtræder. De bagvedliggende data viser dog, at havniveauet holder sig inden for 5-95 % intervallet af et normalfordelt sæt af tilgængelige proces-modeller. Så mens en enkelt modelberegning kan give en havspejlsstigning på for eksempel 0,63 m for RCP8.5 scenariet, og den statistiske sandsynlighed for at datasættet kan bestemmes til 90 % for området 0.45-0.81 m, så koges ekspertvurderingen ned til en sandsynlighed på 66-100% i samme interval.
I den nedestående beskrivelse anvendes terminologien fra AR5.

3.1 Udviklingen i havniveauet

3.1.1 Historisk udvikling af havniveauet

IPCCs 5. vurderingsrapport tager for alle parametre og dermed også havvandsniveauet udgangspunkt i den historiske udvikling, baseret på både observationer og paleodata.

Det er i AR5 angivet, at hastigheden af stigningen i havniveauet siden midten af det 19. århundrede har været større end den gennemsnitlige hastighed i de to foregående årtusinder (stor sikkerhed). I perioden 1901 - 2010 steg middelniveauet på globalt plan med 0,19 [0,17 til 0,21] m.

Data for havniveauet viser en overgang fra relativt lave gennemsnitlige stigningsrater gennem de forudgående to årtusinder til højere stigningsrater omkring århundredeskiftet mellem det 19. og 20. århundrede (stor sikkerhed). Det er sandsynligt, at stigningsraten for middelhavniveauet på globalt plan er øget vedvarende siden begyndelsen af 1900-tallet.

Det er meget sandsynligt, at den gennemsnitlige stigningsrate for det globale havniveau har været som angivet i Tabel 3.2. Data fra tidevandsmålere og fra satellitaltimetre er konsistente mht. den højere stigningsrate for den sidstnævnte periode. Det er sandsynligt, at der har været tilsvarende høje rater mellem 1920 og 1950.

Tabel 3.2. Udviklingen i stigningsraten i havniveauet over det forgangne århundrede, /9/.

Periode	Hastigheden af ændringer af havniveauet [mm/år]	Interval for hastigheden af ændringer [mm/år]
1901-2010	1,7	1,5-1,9
1971-2010	2,0	1,7-2,3
1993-2010	3,2	2,8 - 3,6

Siden begyndelsen af 1970'erne står gletsjermassetab og varmeudvidelse af havene tilsammen for ca. 75 % af den observerede stigning af det globale middelhavniveau (stor sikkerhed). I perioden 1993 - 2010 er stigningen af det globale middelhavniveau med stor sikkerhed konsistent med summen af de observerede bidrag fra termisk varmeudvidelse af havene som følge af opvarmningen, gletsjerændringer, iskapperne i Grønland og på Antarktis samt ændringer i ferskvandsreservoirer på land. Størrelsen af bidragene er angivet i Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Estimat for de enkelte faktorers bidrag til ændringer i havniveauet, /9/.

Bidrag	Ændring i havniveau [mm/år]	Interval [mm/år]
Termisk udvidelse på grund af opvarmning	1,1	0,8 - 1,4
Ændringer i gletschere	0,76	0,39 - 1,13
Grønland indlandsis	0,33	0,25 - 0,41
Antarktis iskappe	0,27	0,16 - 0,38
Magasinering på land (Søer, sne etc.)	0,38	0,26 - 0,49
Summen af disse bidrag er	2,8	2,3 - 3,4
Observeret 1993-2010	*3,2*	*2,8 - 3,6*

Der er meget stor sikkerhed for, at middelhavniveauet gennem adskillige tusinde år i den sidste mellemistid (for 129.000 til 116.000 år siden) var mindst 5 m højere end nu, og stor sikkerhed for, at det ikke nåede højere end 10 m over det nuværende niveau. I den sidste mellemistid bidrog Grønlands iskappe meget sandsynligt med mellem 1,4 og 4,3 m til det højere globale middelhavniveau, hvilket med middel sikkerhed indikerer et ekstra bidrag fra iskappen på Antarktis. Denne ændring af havniveauet skete på et tidspunkt, hvor påvirkningen fra Jordens banepara-

metre var anderledes, og hvor overfladetemperaturen på høje breddegrader midlet over flere tusinde år, var mindst 2 °C varmere end nu (stor sikkerhed).

3.1.2 Fremtidig udvikling af havniveauet på global plan

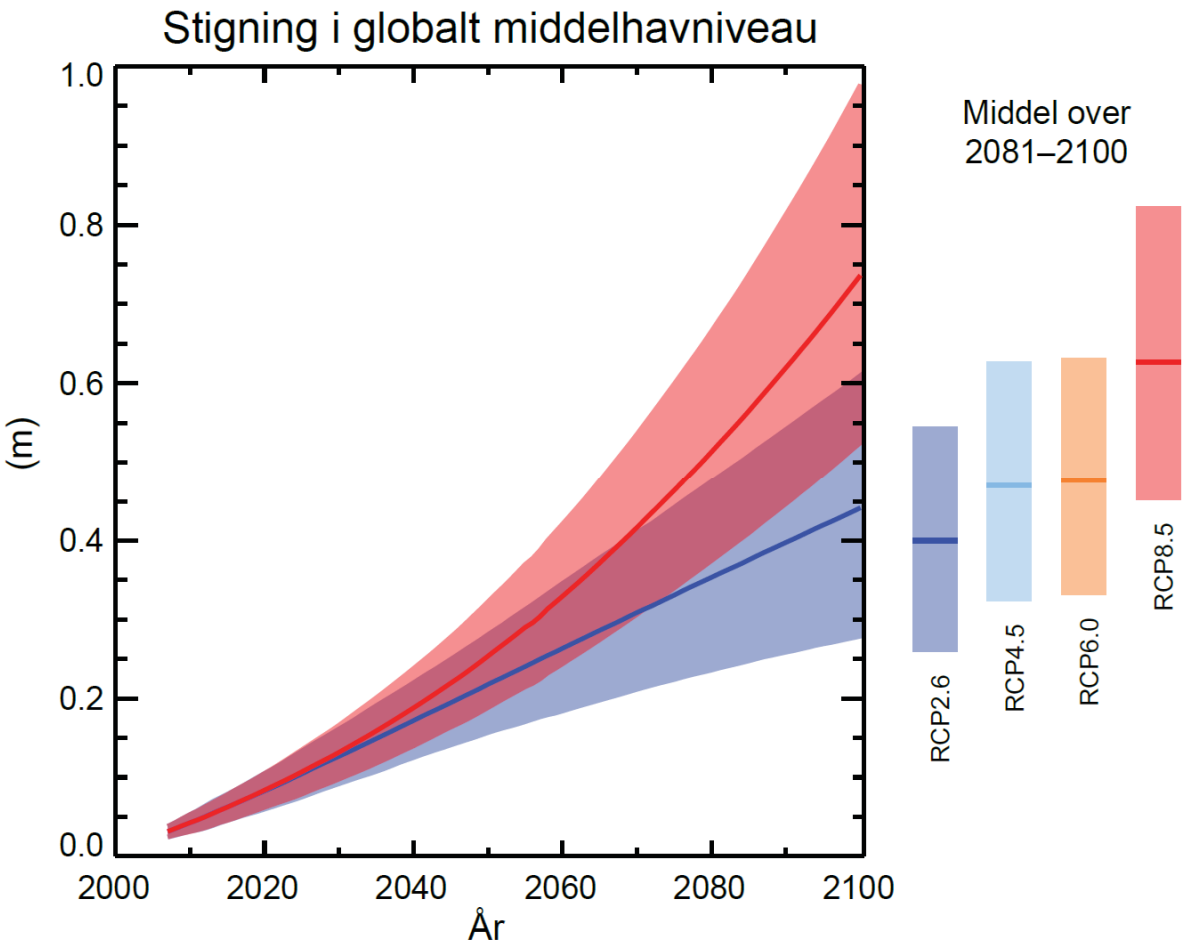
Det gennemsnitlige globale havniveau vil fortsætte med at stige i løbet af det 21. århundrede (se Figur 3-1). Ifølge alle RCP-scenarier er det meget sandsynligt, at stigningshastigheden for havniveauet vil blive større end den, der er observeret i perioden 1971 - 2010, på grund af øget opvarmning af havene og øget tab af masse fra gletsjere og iskapper.

Sikkerheden i forudsigelser om stigningen i det gennemsnitlige globale havniveau er øget siden IPCC's 4. vurderingsrapport (AR4), på grund af en bedre fysisk forståelse af bidragene til havniveauet, en bedre overensstemmelse mellem procesbaserede modeller og observationer samt inddragelsen af dynamiske forandringer i iskapper.

Den sandsynlige stigning i det globale middelhavniveau for 2081 - 2100 relativt til 1986 - 2005 er vist i Tabel 3.4. Disse intervaller er udledt på baggrund af CMIP5-klimamodelkørsler kombineret med procesbaserede modeller og en vurdering af bidraget fra gletsjere og iskapper ud fra litteraturen. Udviklingen over det 21 århundrede er også vist grafisk i Figur 3-1.

Tabel 3.4. Absolutte globale middelvandstandsstigninger fra 1986-2005 til 2081-2100.

IPCC klimascenarie	Global middel	Interval
RCP2.6	**0,40**	**0,26 – 0,54**
RCP4.5	**0,47**	**0,32 – 0,62**
RCP6.0	**0,47**	**0,33 – 0,62**
RCP8.5	**0,62**	**0,45 – 0,81**



Figur 3-1. Forudsigelser af stigningen i det globale middelhavniveau i det 21. århundrede relativt til 1986 - 2005 for RCP2.6 og RCP8.5. Det beregnede sandsynlige område vises som et skraveret bånd. De beregnede sandsynlige områder for gennemsnittet over perioden 2081 - 2100 for alle RCP-scenarier vises som lodrette farvede bjælker, mens den tilsvarende medianværdi vises som en vandret linje, /9/.

I RCP-fremskrivningerne står varmeudvidelse for 30 til 55 % af det 21. århundredes stigning i det globale middelhavniveau, og gletsjere står for 15 til 35 %. Stigningen i overfladesmeltning af den grønlandske iskappe vil overgå stigningen i snefald og medføre et positivt bidrag fra ændringer i overflademassebalancen til det fremtidige havniveau (stor sikkerhed). Alt imens overfladesmeltningen vil forblive lille, forventes en stigning i snefaldet over den antarktiske iskappe (middel sikkerhed), hvilket vil resultere i et negativt bidrag til det fremtidige havniveau som følge af ændringer i overflademassebalancen. Det er sandsynligt, at ændringer i afstrømningen fra begge iskapper tilsammen vil give et bidrag inden for intervallet fra 0,03 til 0,20 m i 2081 – 2100 (middel sikkerhed).

Ud fra den nuværende forståelse vil kun et eventuelt sammenbrud af marine gletsjere på Antarktis kunne få det globale middelhavniveau til at stige væsentligt over det sandsynlige interval i løbet af det 21. århundrede. Dog er der middel sikkerhed for, at dette ekstra bidrag ikke vil overstige adskillige decimeters stigning i havniveauet i løbet af det 21. århundrede.

Grundlaget for at forudsige større stigninger i det globale middelhavniveau i det 21. århundrede er blevet overvejet, og det konkluderes, at der i øjeblikket er et utilstrækkeligt vidensgrundlag til at evaluere sandsynligheden for bestemte niveauer over det vurderede sandsynlige interval. Mange semiempiriske modelfremskrivninger af stigningen i det globale middelhavniveau er større end procesbaserede modelfremskrivninger (op til ca. dobbelt så store), men der er ikke videnskabelig konsensus om deres pålidelighed, og der er således lav sikkerhed for disse fremskrivninger.

Stigningen i havniveauet vil ikke være ensartet. Mod slutningen af det 21. århundrede er det meget sandsynligt, at havniveauet vil stige på mere end 95 % af havenes areal. Ca. 70 % af kystlinjerne verden over forventes at opleve en ændring i havniveau, der ligger inden for 20 % af ændringen i det globale middelhavniveau.

3.1.3 Fremtidig udvikling af havniveauet i en dansk kontekst

Ændringer i havniveauerne har en betydelig global geografisk variation. DMI har gennemført beregninger for de fremtidige klimaforandringer i Danmark /6/.

De hidtil observerede vandstande ved de danske kyster undtagen i Nordjylland er stigende, og stigningerne forventes at blive kraftigere i de næste 100 år på grund af klimaforandringer. Når Nordjylland skiller sig ud, skyldes det landhævninger, der er størst i det nordlige og østlige Danmark, mens landhævningen er mindst i det sydvestlige Danmark (Vadehavet). Når der er korrigeret for landhævninger, viser alle danske målestationer med lange tidsserier, at vandstanden er steget i gennemsnit 1,7-2,2 (± 0,3) mm/år omkring Danmark gennem det 20. århundrede. Det er meget tæt på det globale gennemsnit.

De forventede fremtidige havniveaustigninger for Danmark er præsenteret i Tabel 3.5. Disse er sammenholdt med de globale havniveaustigninger. DMI deltager i et forskningsprojekt BACC2 for det baltiske område, hvor der gennemføres dedikerede beregninger for middelscenariet A1B. Resultater herfra er medtaget i Tabel 3.5 til sammenligning.

Tabel 3.5. Absolut middelvandstandsstigning globalt og for Danmark, 1986-2005 til 2081-2100, /6/.

Klimascenarie	Globalt		Danmark	
	Middel	Interval	Middel	Interval
RCP2.6	0,40	0,26 – 0,54	0,34	0,1 – 0,6
RCP4.5	0,47	0,32 – 0,62	0,43	0,2 – 0,7
RCP6.0	0,47	0,33 – 0,62	0,44	0,2 – 0,7
RCP8.5	0,62	0,45 – 0,81	0,61	0,3 – 0,9
A1B	0,52	0,36 – 0,69	0,64	0,2 - 1,1

3.1.4 Havniveauet efter 2100

IPCC AR4 omfattede også en vurdering af proces-baserede fremskrivninger af havniveauerne frem til år 2500 ved hjælp af de såkaldte udvidede koncentrationsveje. (Klimascenarier forlænget til at dække perioden efter år 2100). På grund af de få tilgængelige modelresultater, der samtidigt spænder over forskellige antagelser, er simuleringer blevet inddelt i tre grupper efter deres koncentrationer af drivhusgasser i det 22. århundrede (Tabel 3.6). Intervallerne i tabellen repræsenterer spredning, og bør ikke fortolkes som usikkerhed men snarere en variation i forudsætningerne. Usikkerheden på resultaterne efter år 2100 kan ikke bestemmes på grund af det lille antal af tilgængelige modelkørsler og lav tillid til, at iskappemodellerne kan beskrive isdynamikken korrekt ved Grønland og Antarktis.

Tabel 3.6. Fremskrivninger af stigningen af den globale middelvandstand indtil år 2500 baseret på procesmodeller.

Scenario	2100	2200	2300	2500
Low: < 500 ppm CO2eq	0.3-0.5	0.4–0.7	0.4–0.9	0.5–1.0
Medium: 500 to 700 ppm CO2eq	0.2-0.7	0.3–1.1	0.3–1.5	0.2–2.3
High: > 700 ppm CO2eq	0.2-0.8	0.6–2.0	0.9–3.6	1.5–6.6

3.2 Fremtidens stormfloder

En stormflod er et ekstraordinært højvande, der forekommer i forbindelse med "storm" eller stærk blæst i øvrigt. Stormfloder i de lavvandede områder i Vadehavet skyldes, at de kraftigste storme kommer fra nordvest og vest og presser store mængder vand ind mod kysten. I de indre danske farvande skyldes stormflod ikke blot den lokale vind, men også vindforholdene over Nordsøen eller Østersøen fjernt fra det truede sted. Stormflod kan forværres, hvis det forekommer i kombination med højvande. Tidevandet topper ca. to gange i døgnet med et højvande på ca. 1 m i Vadehavet og aftager ind igennem de indre danske farvande til næsten nul i Østersøen. Vinden kan, som det ses i kapitel 2, bidrage med adskillige meter og er således den væsentlige faktor i forbindelse med stormflod.

Ændringerne i middelvandstand vil sammen med ændrede vindmønstre føre til øgede stormflods-højder, særligt i Vadehavet. Ændringerne af middelvandstanden er beskrevet i foregående afsnit. Her beskrives derfor vindens bidrag på stormfloder.

Historisk set har vindmønstrene i Danmark været varierende, men set over en periode fra 1890 og frem kan der dog ikke umiddelbart udledes nogen klar tendens. DMI har dog konkluderet, at der efter 1965 er registreret hyppigere forekomst af orkaner og orkanagtige storme end tidligere /6/.

Den globale opvarmning ændrer på de typiske vindmønstre, som vi kender dem i dag. Fremtidige ændringer af vindmønstre er sværere at kortlægge, end det for eksempel er tilfældet for klima-parametre som temperatur og nedbør. Vurderinger af fremtidens vindforhold i Danmark er derfor mindre sikre. Vurderinger viser dog en svagt tiltagende middelvind både om sommeren og vinteren /6/. Den dominerende vindretning vil sandsynligvis i højere grad komme direkte fra vest. Desuden tiltager styrken i storme og orkaner. En mere vestlig vindretning og øget stormstyrke påvirker sammen med det stigende havniveau stormflodshøjden, særligt i Vadehavet og langs vestkysten.

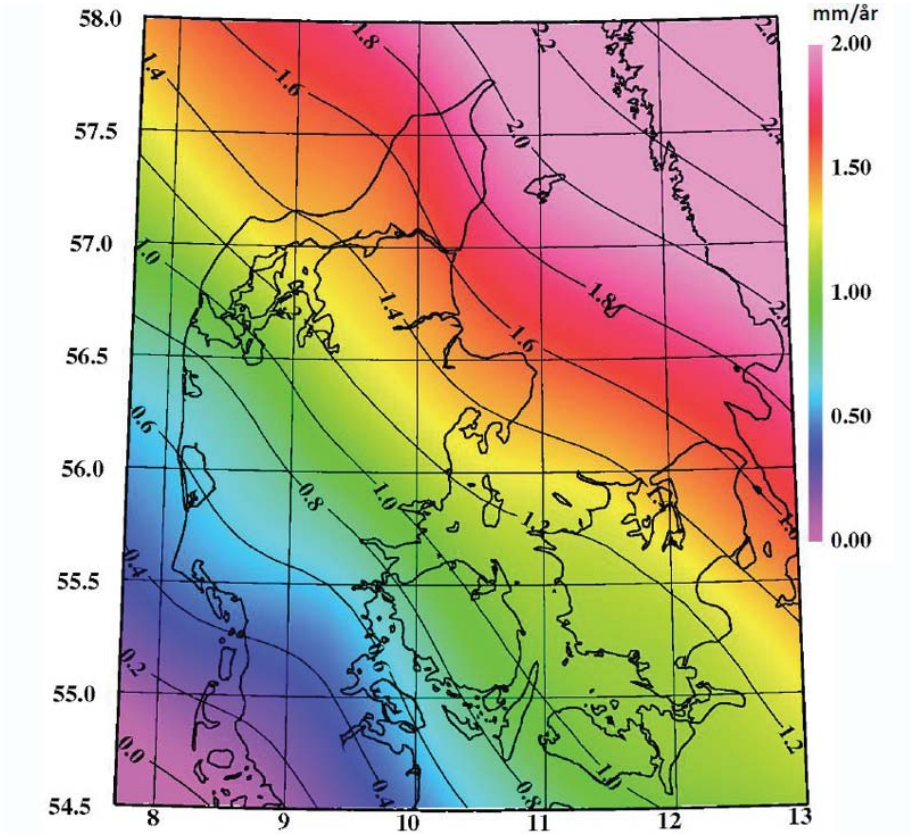
Det er estimeret, at stormflodshøjden langs den jyske vestkyst kan øges med op til 0,3 m frem mod år 2100 på grund af ændrede vindmønstre, mens der ikke forventes øget amplitude i de indre danske farvande (AR4), /12/.

3.2.1 Konsekvenser af havniveauet

Den øgede vandstand har stor betydning for, hvor ofte en given tærskelværdi vil blive overskredet. Ved København er en 100 års hændelse i dag på 1,5 meter. Det vil sige en hændelse, der er så ekstrem, at den statistisk kun viser sig med 100 års mellemrum. Hvis middelvandstanden stiger 0,5 meter, vil niveauet blive nået hvert andet år.

3.2.2 Landbevægelser

Danmark oplever en generel landhævning. Den mindste landhævning ses i det sydvestligste Danmark og er på ca. 0,3 mm/år. Landhævningen øges mod nord og øst og er i det nordligste Jylland på omkring 2 mm/år, svarende til 0,2 m på 100 år. Landhævningerne er illustreret på Figur 3-2. Som det fremgår af Tabel 3.5 er den forventede havspejlsstigning over det kommende århundrede i størrelsesorden 0,4 m for et middelscenarie. Heraf kan op mod halvdelen altså kompenseres i den nordlige del af Danmark.



Figur 3-2. Den forventede absolutte landhævning i Danmark, angivet i mm pr. år, /8/.

Udover generel landhævning sker der mange steder yderligere regionalt og lokalt hævninger og især sætninger. Sætninger kan have oprindelse i den underliggende geologi, f.eks. i forbindelse med konsolidering af sedimenter, eller være af geoteknisk karakter, f.eks. et dige eller en anden konstruktion, der sætter sig. Lokalt kan disse lokale forhold være i størrelsesorden +/-2 cm om året. Lokale sætninger vil da mange steder være en vigtig parameter i forhold til oversvømmelsesbeskyttelse og klimatilpasning.

3.3 Andre påvirkninger

3.3.1 Nedbør

I Danmark stiger middeltemperaturen omtrent som den globale temperatur. En af konsekvenserne er, at Danmark fremover vil få ændrede nedbørsmønstre, med mere nedbør om vinteren og mindre om sommeren. Ekstrem nedbør vil blive hyppigere og mere intens i det fremtidige varmere klima med øget risiko for oversvømmelser i byer til følge. Kombinationen af ekstrem nedbør med højere havniveau fører til øgede oversvømmelsesrisici især i havnebyer og kystområder /7/.

Hidtil er stormflod blevet betragtet som et vinterfænomen, mens skybrud er blevet betragtet som et sommerfænomen. Derfor har der ikke været tradition for at betragte stormflod i kombination med ekstrem regn. I takt med øget nedbør om vinteren øges risikoen også for stormflod i kombination med ekstrem regn.

Fremtidig højvandssikring skal altså ikke alene sikre mod trusler fra havet, men skal altså også forberedes på samtidigt at kunne håndtere afstrømning af store mængder nedbør, der skal ledes ud til kysten fra det bagvedliggende land.

3.3.2 Grundvand

De danske vandløb er grundvandsdominerede, og næsten al vandindvinding i Danmark foregår fra grundvand. Klimaændringers indflydelse på grundvandsforhold er derfor af speciel betydning for danske grundvandsforhold. Øget vinternedbør og mere tørre somre vil påvirke grundvandsdannelsen i hver sin retning. Landsdækkende beregninger baseret på klimaprojektioner fra flere klimamodeller har vist, at det er usikkert, om grundvandsdannelsen bliver øget eller reduceret i det fremtidige klima /7/.

En forøget havvandstand vil dog forplante sig i grundvandsstanden i en vis afstand fra kysten og ind i land. Grundvandsspejlet kan derfor i lavtliggende områder stige op til terræn (eller op i kældre) /7/. Effekten vil aftage med afstanden fra kysten og vil derfor primært have betydning for kystbyer.

Fremtidige tiltag skal altså ikke alene tage højde for indtrængende vand fra havet, men skal altså også tage hensyn til opstigende grundvand.

3.3.3 Kysterosion

Forøget havvandstand omkring Danmark vil medføre en forøget erosion af kysterne. Kystdirektoratet har ud fra A2 scenariet beregnet den forøgede erosion af de danske kyster frem til år 2050 udtrykt som den samlede klimainducerede kysttilbagerykning over hele perioden. Resultaterne viser, at erosion som følge af klimaændringer vil medføre en forøget kysttilbagerykning på 5-7 m langs hovedparten af vestkysten (udtaget Vadehavet), mens den for De Indre Danske Farvande vil være 1-3 m undtaget dele af Limfjorden, hvor den vil være mindre end 1 m.

Den klimainducerede kysttilbagerykning på vestkysten svarer til 0,1-0,2 m/år som gennemsnit over hele perioden. Den klimainducerede kysttilbagerykning vil gradvist forøges med stigende vandstand /13/. Det er beregnet, at kysttilbagerykningen vil stige til 0,7 m/år frem mod år 2100 (ikke-publiceret resultat fra COADAPT).

Ovenstående årlige kysttilbagerykninger skal ses i forhold til, at den observerede kysttilbagerykning langs den jyske vestkyst er +/-2 m/år (1996-2008). Det er beregnet, at tilbagerykningen uden kystfodring stedvis ville være op til 8 m/år (mellem Thorsminde og Fjaltring) /14/.

Det er således er vurderet, at den forøgede kysttilbagerykning kan neutraliseres ved at forøge kystfodring op gennem det 21. århundrede, samt forstærkning af eksisterende kystbeskyttelse. Disse tiltag kan desuden kombineres med planlægning, der tager hensyn til, at kystlinjen kan ændres over tid (ikke-publiceret resultat fra COADAPT).

3.4 Eksempler af på konsekvenser af fremtidige stormfloder.

I de foregående afsnit er det beskrevet, hvordan havvandstanden forventes at stige i fremtiden. Effekten af, hvorledes de fremtidige havvandstandsstigninger manifesterer sig, varierer meget fra lokalitet til lokalitet.

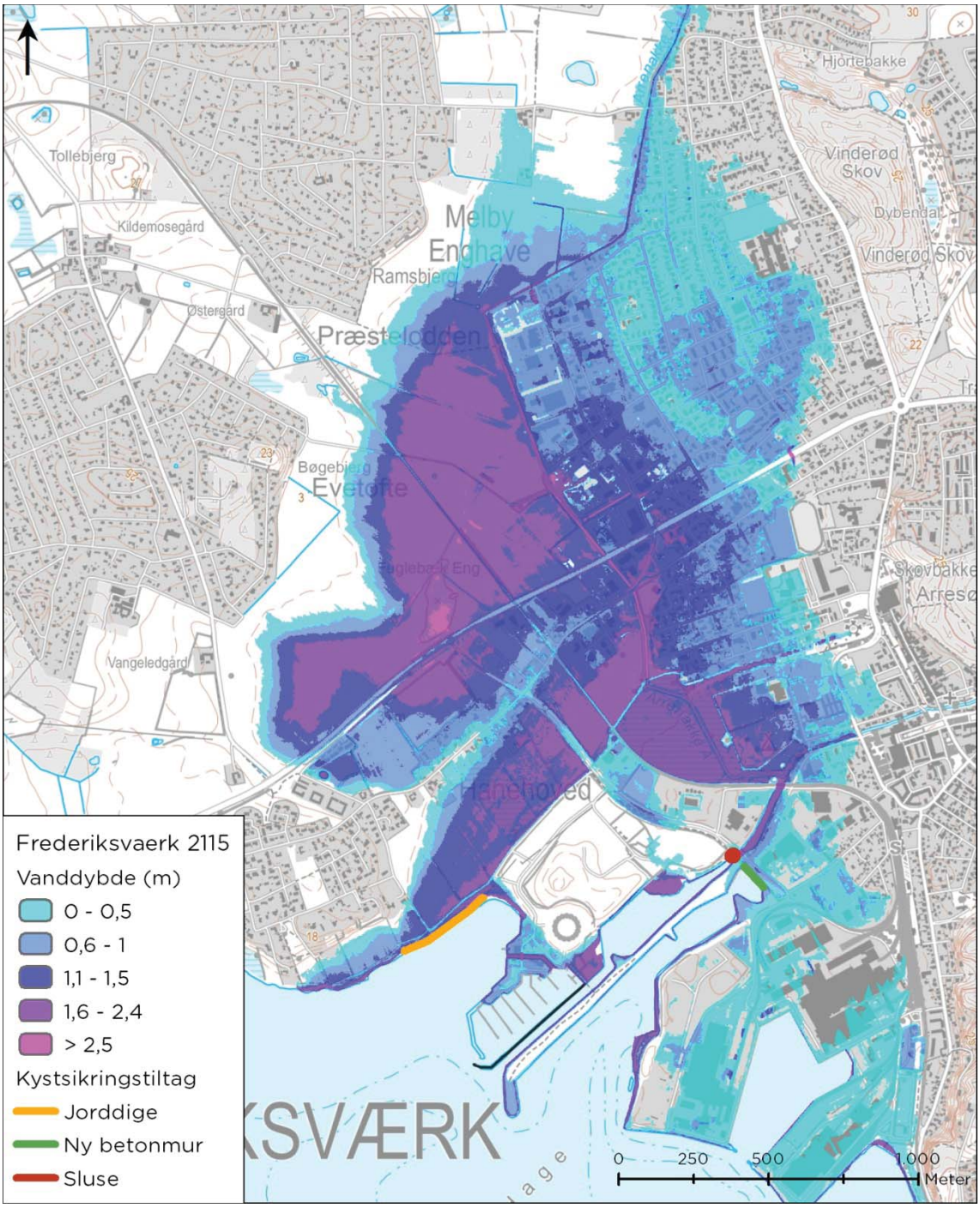
Der er derfor gennemført beregninger for, hvordan en forventet stormflodshændelse med en returperiode på 100 år vil ramme et givent område i år 2115, under forudsætning af, at der ikke foretages yderligere sikringstiltag i forhold til i dag. Beregningerne er foretaget til dette udredningsprojekt med den tilgængelige højdemodel. Der er ikke foretaget rettelser i højdemodellen evt. som følge af fejlkoter. De viste kommuner kan derfor godt have udarbejdet mere detaljerede oversvømmelseskort i forbindelse med deres klimatilpasningsplan, der viser lidt andre udbredelser af oversvømmelserne.

Der er foretaget beregninger for følgende byer:

- Frederiksværk
- Kerteminde
- Sønderborg
- Gentofte
- Esbjerg
- Randers

3.4.1 Frederiksværk

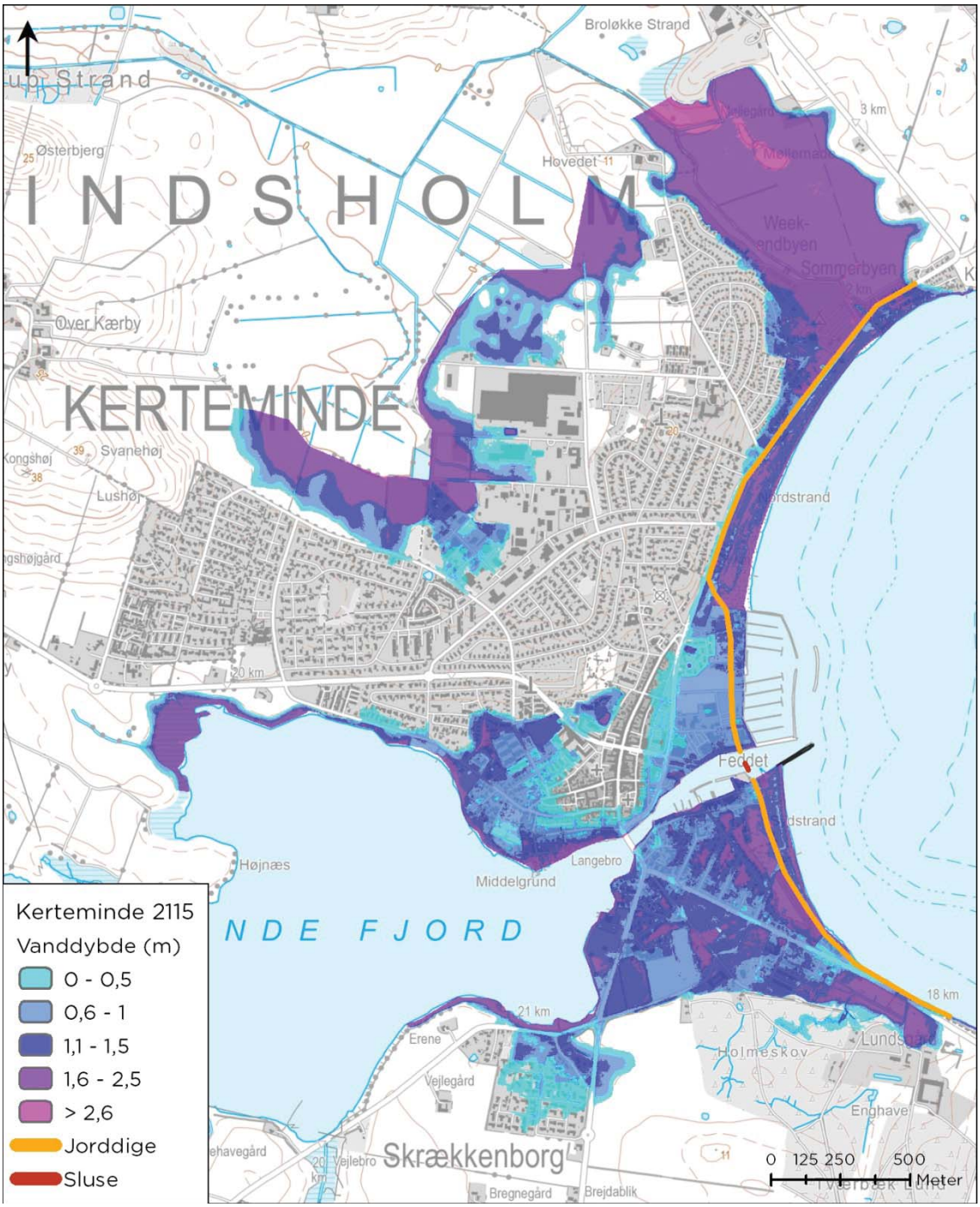
Af Figur 3-3 nedenfor fremgår, at det i særdeleshed er havneområdet i Frederiksværk, som oversvømmes, og arealer i umiddelbar nærhed af kanaler og åer i området, som har udløb i fjorden.



Figur 3-3. Vanddybder ved 100-årshændelsen i Frederiksværk i år 2115, svarende til en havvandstand på 2,30 m.

3.4.2 Kerteminde

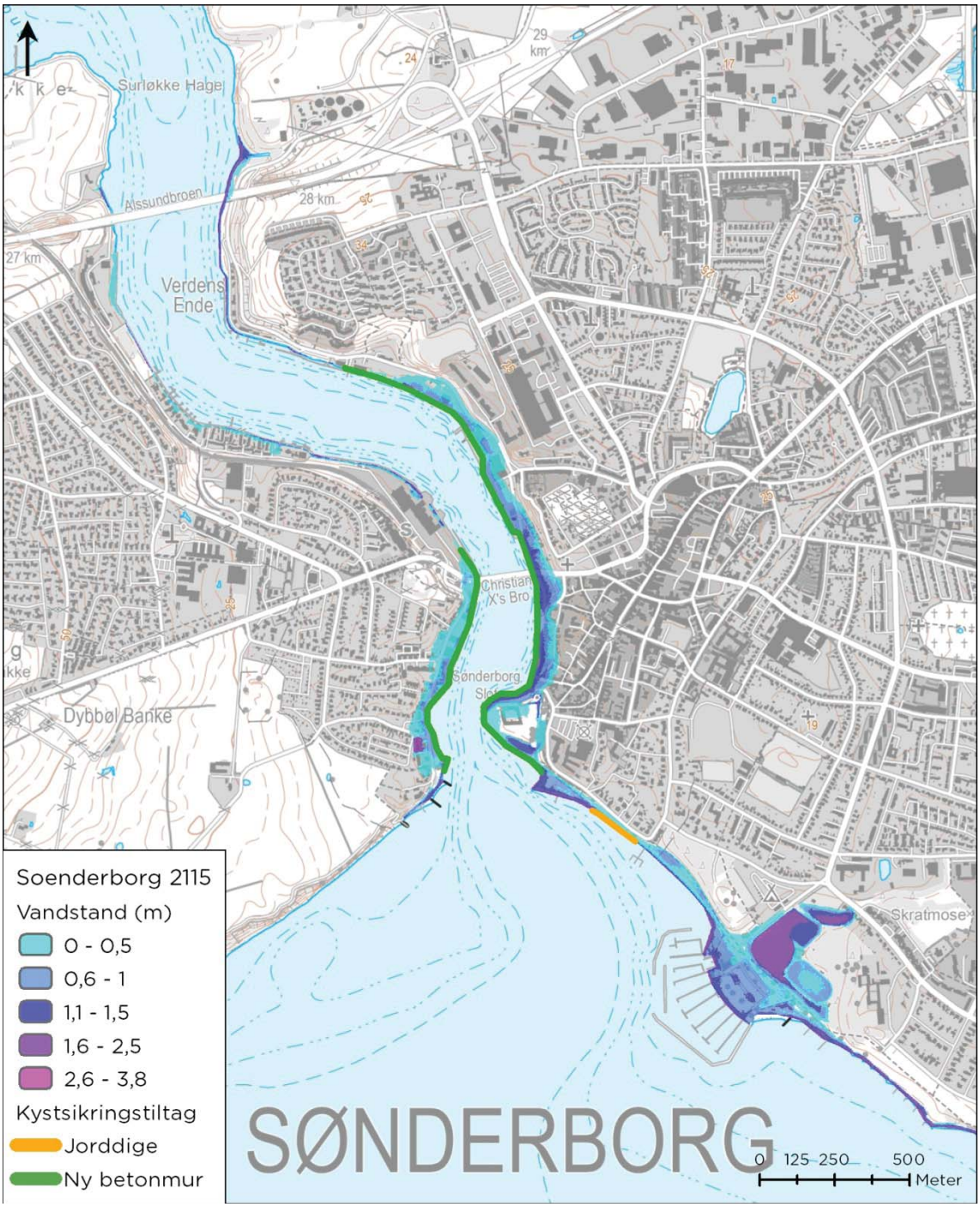
Figur 3-4 nedenfor viser vanddybderne ved en 100-årshændelse i år 2115, svarende til en havvandstand på 2,5 m. Der ses både oversvømmelser direkte fra havet og fra kanalerne i området.



Figur 3-4. Vanddybder ved 100-årshændelsen i Kerteminde i år 2115, svarende til en havvandstand på 2,50 m.

3.4.3 Sønderborg

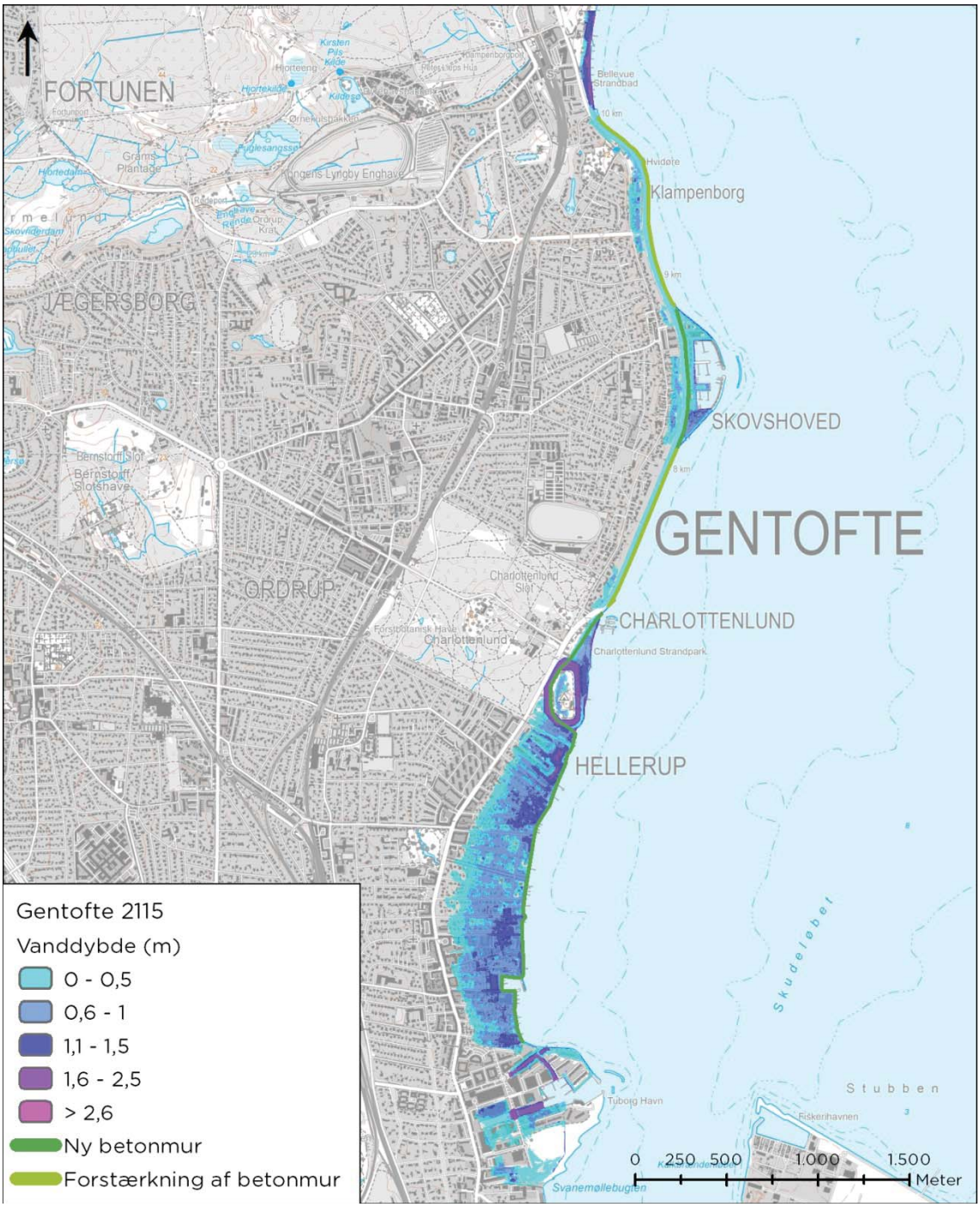
Det fremgår af Figur 3-5 nedenfor, at det særligt er de kystnære områder i Sønderborg By, som oversvømmes.



Figur 3-5. Vanddybder ved 100-årshændelsen i Sønderborg i år 2115, svarende til en havvandstand på 2,42 m.

3.4.4 Gentofte

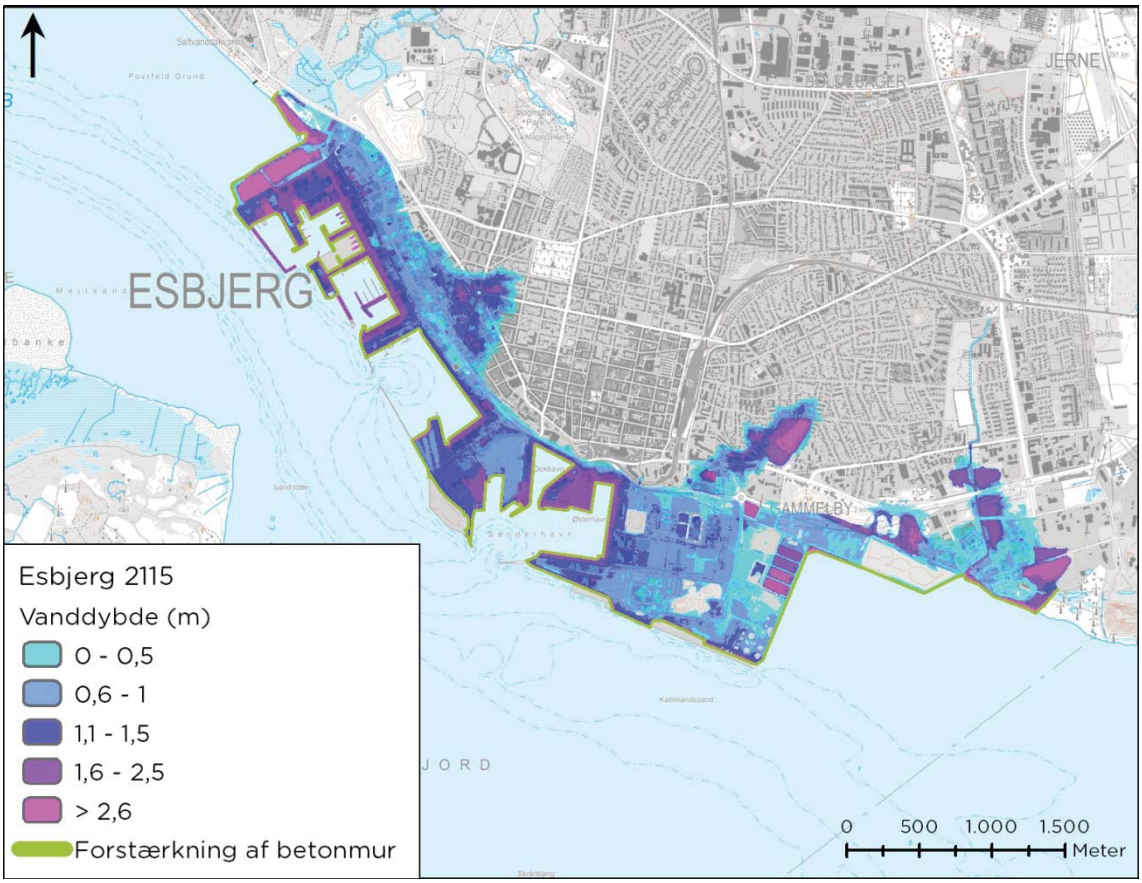
Af Figur 3-6 fremgår, at hele kyststrækningen i Gentofte forventes at vil opleve oversvømmelse 100-250 m ind i landet i 2115.



Figur 3-6. Vanddybder ved 100-årshændelsen i Gentofte i år 2115, svarende til en vandstand på 2,20 m.

3.4.5 Esbjerg

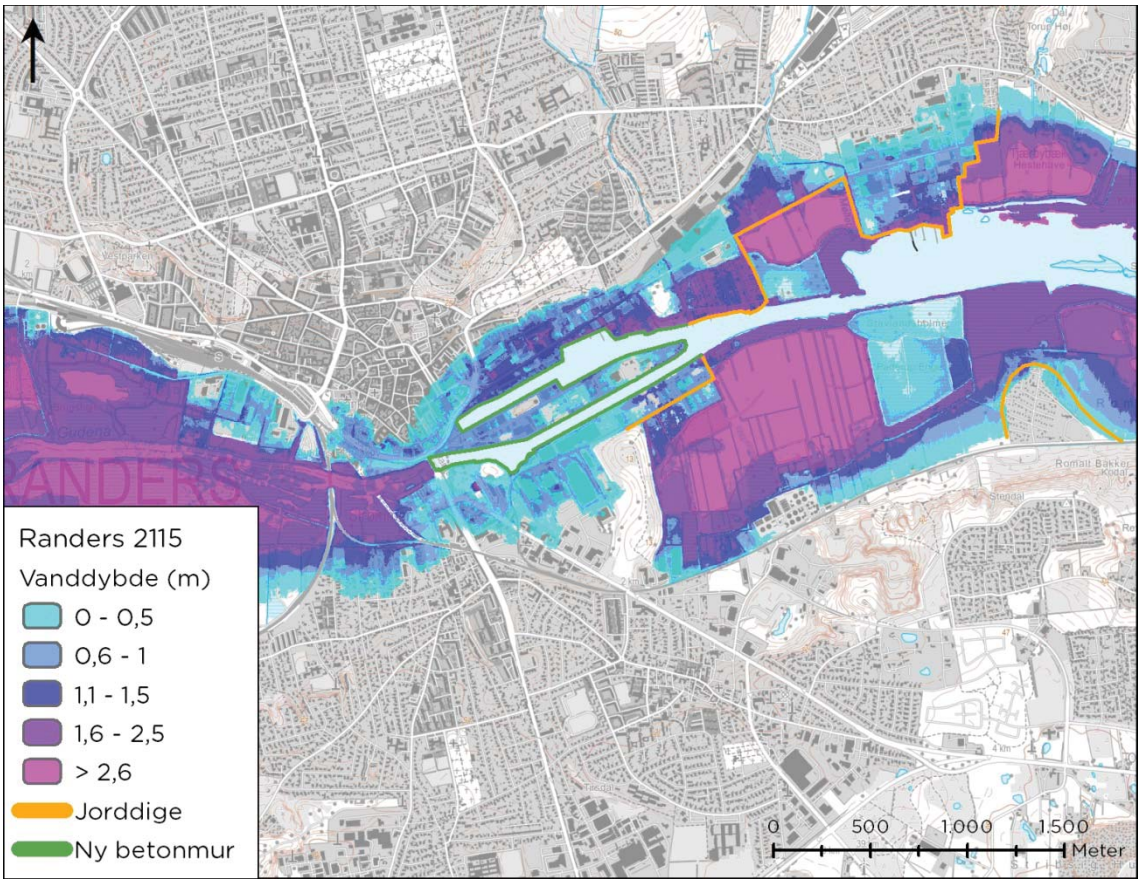
Figur 3-7 viser, at store dele af Esbjergs havneområde oversvømmes i 2115, også langs kanaler og åer i området.



Figur 3-7. Vanddybder ved 100-årshændelsen i Esbjerg i år 2115, svarende til en havvandstand på 4,75 m.

3.4.6 Randers

Store dele af områderne, som umiddelbart støder op til Gudenåen og op til 1 km ind i landet, er lavtliggende områder, som oversvømmes i 2115.



Figur 3-8. Vanddybder ved 100-årshændelsen i Randers i år 2115, svarende til en vandstand på 2,45 m.

Som det fremgår af ovenstående eksempler, er der en ganske stor variation i effekterne af havvandstandsstigninger. Således ses der for eksempel kun oversvømmelse af begrænset udbredelse i Sønderborg, mens der tilsvarende ses oversvømmelse af betydelige byområder i Frederiksværk.

Det fremgår ligeledes af eksemplerne, at en 100-års vandstand i 2115 er meget forskellig for de forskellige byer. I Esbjerg svarer en 100-års hændelse i 2115 således til en vandstand på 4,75 meter, mens en 100-års hændelse i 2115 i Gentofte svarer til en vandstand på 2,20 meter.

4. REFERENCER

/1/ Kystdirektoratet, Højvandsstatistikker 2012

/2/ Gram-Jensen, I., 1991. Stormfloder. DMI, Scientific Report 91-1.

/3/ Danmarks Meteorologiske Institut, www.dmi.dk

/4/ Kystdirektoratet, Forslag til udpegning af risikoområder på baggrund af en foreløbig vurdering af oversvømmelsesrisikoen fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet, Teknisk baggrundsrapport, April 2011

/5/ Stormrådet. Stormflods skadestatistik – maj 2009.

/6/ Martin Olesen, Kristine Skovgaard Madsen, Carsten Ankjær Ludwigsen, Fredrik Boberg, Tina Christensen, John Cappelen, Ole Bøssing Christensen, Katrine Krogh Andersen, Jens Hesselbjerg Christensen. (2014): Fremtidige klimaforandringer i Danmark. DMI-publikation; Danmarks Klimacenterrapport 14-06. 01.10.2014.

/7/ Hesselbjerg, JC et al. (2014). Analyse af IPCC delrapport 2 – Effekter, klimatilpasning og sårbarhed. Miljøministeriet, Naturstyrelsen.

/8/ Karsten Vognsen, Ian B. Sonne, Niels H. Broge (Geodatastyrelsen), Carlo S. Sørensen (Kystdirektoratet), Per Knudsen (DTU-Space) (2013). Metode til fremskrivning af oversvømmelsesomfang ved stormflod, Danish Geodata Agency, Technical Report Series Volume 16, ISBN 978-78-92107-42-8

/9/ IPCC (2013): Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

/10/ IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1132 pp.

/11/ IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Barros, V.R., C.B. Field, D.J. Dokken, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 688.

/12/ Klimatilpasningsportal, Ændringer i havniveau, (2015-03-06).
http://www.klimatilpasning.dk/viden-om/klima/klimaaendringeridanmark/aendringer-i-havniveau.aspx

/13/ Klimatilpasningsportal, Havet eroderer kyster og flytter sand og sten, (2015-03-06).
http://www.klimatilpasning.dk/sektorer/kyst/erosion.aspx

/14/ Kystdirektoratet, Vestkysten 2008, August 2008.

Til
Realdania

Dokumenttype
Rapport

Dato
Juni 2015

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 2 - RAMMEVILKÅR

RAMBØLL

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 2 - RAMMEVILKÅR

Revision	**1**
Dato	**2015-06-30**
Udarbejdet af	**Lisbeth Hjortborg Jensen, Eric Schellenkens, David Ballard, Jelmer Cleveringa**
Kontrolleret af	**Marianne Marcher Juhl**
Godkendt af	**Marianne Marcher Juhl**

Ref. 1100014321

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

INDHOLD

1.	**INDLEDNING**	**1**
2.	**RAMMEVILKÅR FOR KYSTSIKRINGSPROJEKTER I DANMARK**	**3**
2.1	Historisk perspektiv	3
2.2	Nuværende lovgivning	3
2.2.1	Kystdirektoratets rolle	5
2.2.2	Kommunernes rolle	6
2.2.3	Planlægning af kystbeskyttelse	9
2.2.4	Organisering af kystbeskyttelse	10
2.2.5	Etablering og drift af kystbeskyttelse	11
2.3	Finansiering	11
2.4	Forsikring	12
2.5	Øvrige rammevilkår	13
3.	**ERFARINGER FRA ANDRE LANDE**	**16**
3.1	USA	16
3.1.1	Klimaudfordringen	16
3.1.2	Rammevilkår	16
3.1.3	Relation til den danske tilpasning til havstigninger	18
3.2	Holland	19
3.3	Holland – inden for diger og klitter	20
3.3.1	Klimaudfordringen	20
3.3.2	Rammevilkår	21
3.3.3	Relation til den danske tilpasning til havvandsstigning	23
3.4	Holland – uden for diger og klitter	24
3.4.1	Klimaudfordring	26
3.4.2	Rammevilkår	26
3.4.3	Relation til den danske tilpasning til havvandsstigning	26
3.5	England	27
3.5.1	Klimaudfordring	27
3.5.2	Rammevilkår	27
3.5.3	London og Themsen	28
3.5.4	Relation til den danske havvandsstigning	29
4.	**UDFORDRINGER VED KYSTSIKRING I DANMARK**	**30**
4.1	Fordelsvurderingen	30
4.2	Privat ansvar og finansiering	30
4.3	Kystdirektoratets kystbeskyttelsesstrategi og ny teknologi.	31
4.4	Faglighed og beskyttelsesniveau	31
4.5	Anden planlægning	31
4.6	Koordinerede og tværkommunale projekter	32
4.7	Kompleks lovgivning	32
5.	**KAPACITET TIL HÅNDTERING AF KLIMATILPASNING OG KYSTSIKRING**	**33**
5.1	Definitioner	33

5.1.1	Definition af kapacitet	34
5.1.2	Definition af rammevilkår	35
5.1.3	Sammenhæng mellem kapacitet og rammevilkår	36
5.2	Vurdering af kapacitet	37
5.2.1	En simpel metode til at vurdere kapacitet	37
5.2.2	Hvornår er der brug for høj eller lav kapacitet?	39
5.3	Kapaciteten blandt kystnære danske beslutningstagere	39
5.3.1	Metode	39
5.3.2	Resultater af undersøgelsen	41
3.2.7	Svar på åbne spørgsmål	44
5.3.3	Opsummering af resultaterne fra undersøgelsen	45
5.4	Hvordan rammevilkårene kan hjælpe med at øge kapaciteten	46
5.5	Anbefalinger	48
5.5.1	Krav fra rammebetingelserne	48
5.5.2	Prioriteringer under gennemførelsen	50
5.5.3	En mulig vej til implementering	50
6.	**STRATEGISK PLANLÆGNING**	**53**
6.1	Strategisk planlægning i byområder	53
6.2	Triggerplanlægning	59
7.	**ANBEFALINGER TIL ÆNDRINGER I RAMMEVILKÅRENE**	**62**
7.1	Lovgivning	62
7.1.1	Forslag til ændringer	62
7.2	Finansiering	63
7.2.1	Forslag til ændringer	63
7.3	Forsikring	64
7.3.1	Forslag til ændringer	64
7.4	Planlægning	64

BILAG

Bilag 1
Proces for kystbeskyttelsesprojekter

1. INDLEDNING

Med de seneste års storme (fx ”Bodil” og ”Egon”) er der kommet større fokus på klimatilpasningen af kysterne og de kystnære byer i forhold til oversvømmelser fra havet. Selv om stigningerne i havvandsstanden og en forøgelse af stormfloderne sker gradvist og først forventes at blive et problem om 20-30 år, er der allerede nu behov for at tænke kystbeskyttelse og tilpasning til havvandsstigninger ind i planlægningen.

I dette udredningsprojekt er der fokus på udfordringerne med oversvømmelser af byer fra stigende havvandsstande og øgede stormfloder. En anden følgevirkning af stigende havvandsstande og øgede stormfloder er en øget erosion af kysterne, og der vil også fremover være behov for at beskytte og sikre disse kyststrækninger. Miljøministeriet har igangsat en analyse for at afklare, om det er nødvendigt at ændre den nuværende lovgivning for kystbeskyttelse. Erosion af kyster indgår i Miljøministeriets analyse, der beskæftiger sig med samtlige typer kyststrækninger i Danmark.

Udredningen er opbygget i følgende 6 dele, der hver kan læses som selvstændige rapporter:

- Pixibog - Udredning om tilpasning til havvandsstigninger
- Del 1 - Omfang af stormfloder og skader
- **Del 2 - Rammevilkår (nærværende rapport)**
- Del 3 – Fastlæggelse af sikringsniveau
- Del 4 – Tekniske løsninger
- Del 5 – Anbefalinger

Pixibogen indeholder en introduktion til udredningen og en sammenfatning af de øvrige delrapporter, og den giver dermed et overblik over hele udredningen.

Nærværende rapport om rammevilkår indeholder en beskrivelse af rammevilkårene for planlægning, organisering, finansiering, udførelse og drift af kystsikringsprojekter i Danmark. Endvidere beskrives de tilsvarende forhold i Holland, England og USA for at inddrage relevante erfaringer fra disse lande i forslag til en ændret lovgivning om kystsikring herhjemme. Rapporten er bygget op med følgende indhold:

I kaptitel 2 gives en beskrivelse af de eksisterende rammevilkår i Danmark, og hvilken rolle de aktuelle aktører som Kystdirektoratet, kommuner og de enkelte grundejere har, når der skal gennemføres kystbeskyttelse i Danmark.

Kapitel 3 indeholder en beskrivelse af rammevilkårene i Holland, USA og England med fokus på de områder, hvor der kan drages paralleller til de danske forhold, eller hvor erfaringerne fra de andre lande kan bruges som inspiration til ændrede rammevilkår for kystsikringsprojekter i Danmark.

På baggrund af kapitel 2 og 3 samt interviews med aktører inden for kystbeskyttelsen i Danmark redegøres der i kapitel 4 for de udfordringer, som kommuner og andre aktører oplever i forhold til at få planlagt og gennemført kystbeskyttelsesprojekter.

Kapitel 5 indeholder en beskrivelse af kapaciteten hos danske organisationer i forhold til at kunne træffe beslutninger om tilpasning til havvandsstigninger nu og i fremtiden. Kapaciteten er kortlagt ud fra en spørgeskemaundersøgelse til kystkommuner, regioner og styrelser, der har berøring med kysten og beskyttelsen af kystnære anlæg og værdier. Sidst i afsnittet gives forslag til, hvordan kapaciteten hos danske organisationer kan øges i fremtiden.

I kapitel 6 beskrives 2 forskellige værktøjer til strategisk planlægning i forhold til klimatilpasning over for havvandsstigninger. Langsigtet planlægning og planlægning, hvor andre aktører og finansieringsmuligheder inddrages i byudviklingen og kystbeskyttelsen, er vigtig for at skabe multifunktionelle løsninger, der er tilpasset i hele deres levetid.

Rapporten afsluttes med kapitel 7, hvor der gives konkrete anbefalinger til ændringer af de nuværende rammevilkår for kystbeskyttelse, så de bedre kan håndtere de fremtidige udfordringer med stigende havvandsstande og øgede stormfloder.

2. RAMMEVILKÅR FOR KYSTSIKRINGSPROJEKTER I DANMARK

2.1 Historisk perspektiv[1]

Den første egentlige lov om kystsikring, Digeloven, er fra 1874[2] og blev vedtaget efter de store konsekvenser, som stormfloden i november 1872 afstedkom.

Grundprincippet har siden den første danske lovgivning om kystsikring været, at det er grundejeren selv, der har ansvaret for at beskytte sin ejendom mod havet. Da Digeloven blev revideret i 1922 (ved lov om kystsikringsanlæg fra 1922[3]) efter, at en række stormfloder ramte landet i 1921, blev det uddybende indføjet, at

> *"den, der formente at værker, som han agter at opføre til beskyttelse for sin ejendom mod angreb af havet eller fjordene, også vil komme andre ejendomme til gode, og derfor anser det for rimeligt, at disse ejere også bør deltage i udgifterne ved værkernes opførelse og vedligeholdelse m.v. I mangel af mindelig overenskomst indbringes spørgsmålet herom for en Landvæsenskommission (LVK)".*

Dette princip er videreført i Kystbeskyttelsesloven fra 1988[4], som først og fremmest var en procedurelov. Kystbeskyttelsesloven samlede og udvidede bestemmelserne fra Digeloven og lov om kystsikringsanlæg om proceduren og forpligtelserne i forbindelse med udførelse af kystbeskyttelse med involvering af uenige grundejere.

Siden vedtagelsen af Kystbeskyttelsesloven fra 1988 har der været arbejdet med initiativer inden for kyster. Det har handlet om bl.a. kortlægning af kystbeskyttelser, forslag til løsninger og oprettelse af statslige tilskudsordninger mv.

Det stigende behov for kystbeskyttelse og intensiveringen af de mangeartede interesser på landets kyster gjorde det i stigende grad til en udfordring at administrere loven, da selve lovteksten ikke indeholdt retningslinjer for, om der skulle gives tilladelse.

I 2006 blev kystbeskyttelsesloven derfor ændret med bl.a. en formålsparagraf, der forholder sig til, i hvilke situationer kystbeskyttelse kan tillades, og hvilke aspekter der skal inddrages, før tilladelse til kystbeskyttelse kan gives. Denne formålsparagraf er stadig i dag rettesnoren for Kystdirektoratets vurdering af ansøgningssager.

2.2 Nuværende lovgivning[5]

Etablering af kystbeskyttelse er i dag reguleret i Lov nr. 267 af 11/03/2009 om kystbeskyttelse (Kystbeskyttelsesloven), der hører under Transportministeriets område.

Det bærende princip i Kystbeskyttelsesloven er fortsat, at der er grundejers eget ansvar at beskytte sin ejendom mod oversvømmelse eller erosion fra havet. Derfor er det grundejeren selv, der skal udføre kystbeskyttelsesforanstaltningerne og afholde udgifterne ved etablering, drift og vedligeholdelse. Selv om dette er gældende, har grundejeren dog ikke ingen ret til at udføre kystbeskyttelsesforanstaltninger.

---

[1] Hovedkilder:
- Kystbeskyttelsesstrategi, August 2011, Kystdirektoratet
- Kystdirektoratets hjemmeside www.kyst.dk.

[2] Lov nr. 53 af 10. april 1874 om diger til beskyttelse mod oversvømmelse fra havet.

[3] Lov nr. 235 af 12. juni 1922 om kystsikringsanlæg

[4] Lov nr. 108 af 05/03/1988 om kystbeskyttelse

[5] Hovedkilder:
- Kystbeskyttelsesstrategi, August 2011, Kystdirektoratet
- Kystdirektoratets hjemmeside www.kyst.dk.

Lovens formål om at beskytte mennesker og ejendom mod oversvømmelse fra havet er nemlig underlagt en afvejning over for en række andre hensyn, der skal indgå i en vurdering af, om der overhovedet bør iværksættes kystbeskyttelsesforanstaltninger.

Kompetencen til at varetage denne afvejning af hensyn er i medfør af lovens kapitel 3 tillagt Kystdirektoratet. Kystdirektoratet altid derfor skal søges om tilladelse, når der er tale om:

- etablering af ny kystbeskyttelse
- renovering af eksisterende kystbeskyttelse, hvor anlægget ændres mht. opbygning, dimensioner og/eller materialevalg
- genopretning af eksisterende kystbeskyttelse, hvor anlægget på grund af manglende vedligeholdelse ikke længere har kystbeskyttende virkning
- ændringer af terrænet, der kan have indflydelse på kystens udvikling, f.eks. udlægning af materiale eller gravning på stranden.

Formålet med denne afvejning af hensyn kommer også til udtryk ved, at en lang række andre love påvirker myndighedsbehandlingen og dermed planlægningen, organiseringen og driften af kystbeskyttelse. Dette påvirker således også en grundejers muligheder for at beskytte sin ejendom imod oversvømmelse eller erosion fra havet. I boksen nedenfor er vist anden relevant lovgivning samt relevante vejledninger.

Relevant lovgivning:

- Kystbeskyttelsesloven, Bekendtgørelse af lov nr. 267 af 11. marts 2009 om kystbeskyttelse
- Naturbeskyttelsesloven, Bekendtgørelse af lov nr. 951 af 3. marts 2013 om naturbeskyttelse
- Bekendtgørelse nr. 274 af 4. september 2008 om administration af internationale naturbeskyttelsesområder, samt beskyttelse af visse arter for så vidt angår anlæg og udvidelse af havne og kystbeskyttelsesforanstaltninger samt etablering og udvidelse af visse anlæg på søterritoriet.
- Bekendtgørelse nr. 1308 af 23. december 2011 om bygge- og beskyttelseslinjer
- Bekendtgørelse nr. 1172 af 20. november 2006 om beskyttet naturtyper
- Bekendtgørelse nr. 1510 af 15. december 2010 om vurdering af visse offentlige og private anlægs virkning på miljøet i medfør af lov om planlægning (VVM-bekendtgørelsen)
- Bekendtgørelse nr. 579 af 29. maj 2013 om miljømæssige vurdering af anlæg og foranstaltninger på søterritoriet (VVM)
- Bekendtgørelse nr. 121 af 2. februar 2010 om vurdering og risikostyring for oversvømmelser fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet

Relevante vejledninger:

- Vejledning om kystbeskyttelsesloven
- Vejledning om håndhævelse af naturbeskyttelsesloven, planloven og byggeloven
- Vejledning om naturbeskyttelsesloven § 3 beskyttede naturtyper
- Vejledning om inddæmning og opfyldning på søterritoriet
- Guidelines for klimatilpasning i kystområder

2.2.1 Kystdirektoratets rolle

Som anført ovenfor bemyndiges Kystdirektoratet i Kystbeskyttelseslovens kapitel 3 til at give tilladelse til at etablere kystsikringsanlæg, herunder anlæg til sikring mod oversvømmelse fra søterritoriet, ud fra en afvejning af hensynene beskrevet i lovens § 1:

§ 1 *Formålet med kystbeskyttelse er at beskytte mennesker mod oversvømmelser samt ejendom mod oversvømmelser og nedbrydning fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet. Dette formål varetages ved en afvejning af følgende hensyn:*

1) Behovet for kystbeskyttelse,
2) økonomiske hensyn,
3) kystbeskyttelsesforanstaltningens tekniske og miljømæssige kvalitet,
4) kystlandskabets bevarelse og genopretning,
5) naturens frie udfoldelse,
6) rekreativ udnyttelse af kysten,
7) sikring af den eksisterende adgang til kysten og
8) andre forhold af væsentlig betydning for kystbeskyttelse.

I Kystdirektoratets sagsbehandling afvejes således en række hensyn i forhold til formålet med kystbeskyttelse.

For det første skal der være et egentligt behov for kystbeskyttelse. Dette vil sige en utilstrækkelig sikkerhed mod oversvømmelse, og det, der ønskes beskyttet, skal have en ikke ubetydelig værdi i forhold til omkostningerne ved etableringen af beskyttelsen.

For det andet vurderes kystbeskyttelsens tekniske og miljømæssige kvalitet, herunder hvilken kystbeskyttelsesmetode der anvendes, og konstruktionens forventede påvirkning af nabostrækninger. Anlægget bør udformes, så eventuelle negative påvirkninger på omgivelserne minimeres.

For det tredje vil hensynet til kystlandskabets bevarelse og naturens frie udfoldelse også blive prioriteret, idet både de attraktive elementer i kystlandskabet og den naturlige udvikling og dynamik af kysten ikke må forstyrres unødigt af kystbeskyttelsen.

Endelig skal der tages hensyn til den rekreative udnyttelse af kystarealerne, og at den eksisterende adgang til og langs kysten bevares. Det skal således også sikres, at kystbeskyttelsen ikke forhindrer den frie færdselsret langs stranden eller andre forhold af væsentlig betydning for kystbeskyttelse.

Alle kystbeskyttelsesprojekter skal derfor sagsbehandles i Kystdirektoratet, der i forbindelse med sin sagsbehandling sender projektet i høring hos andre relevante myndigheder, inden de meddeler deres afgørelse. De berørte myndigheder varetager i den forbindelse en række af de forskellige hensyn.

Kystdirektoratet selv varetager tillige en række miljøhensyn efter reglerne om vurdering af visse anlægs og foranstaltningers indvirkning på miljøet (VVM) og reglerne om vurdering af, hvorvidt der er en miljøskade eller fare for en miljøskade på beskyttede arter eller internationale naturbeskyttelsesområder (Natura 2000).

Herudover koordinerer Kystdirektoratet i samarbejde med Miljøministeriet implementeringen af oversvømmelsesdirektivet om vurdering og styring af risikoen for ekstreme oversvømmelser.

Der er mange offentlige interesser langs Danmarks kyster, der skal varetages i forbindelse med myndighedsbehandlingen af kystbeskyttelsesforanstaltninger. Derfor kan myndighedernes sagsafvejning føre til, at kystbeskyttelse nægtes, selv om dette kan medføre tab af ejendom, idet hensyn til bevarelse af kystlandskabet vejer tungere.

Først når Kystdirektoratet har givet deres endelig tilladelse til at etablere kystsikringsanlægget, kan det egentlige anlægsarbejde igangsættes.

I skemaet nedenfor er beskrevet Statens, og dermed Kystdirektoratets, opgaver i forhold til kystbeskyttelse:

Statens opgaver i forhold til kystbeskyttelse:

- Tilsyns- og myndighedsopgaver herunder tilsyn med diger.
- Offentlig rådgivning om kystbeskyttelse.
- Administration af kystbeskyttelsesloven og statens højhedsret over søterritoriet vedrørende faste anlæg mv.
- Stormflodsvarsling og deltagelse i beredskab.
- Udviklingsprojekter vedrørende kystbeskyttelse.
- VVM-redegørelser (Vurdering af Virkning på Miljøet).
- Projektering, anlæggelse, vedligeholdelse og renovering af visse diger
- Kystbeskyttelse langs dele af den jyske vestkyst
- Udvikling af national kystbeskyttelsesstrategi

2.2.2 Kommunernes rolle

Udgangspunktet er, at en ansøgning om kystbeskyttelse skal sendes direkte til Kystdirektoratet, men kommunerne fungerer typisk som formidler af ansøgningen om kystbeskyttelse fra borgerne og står for proces, sagsformidling, høringer mv.

Kystbeskyttelseslovens kap. 1a tillægger nemlig kommunerne en række kompetencer i forbindelse med planlægning og organisering af kystbeskyttelsesprojekter. Bestemmelserne i kap. 1a finder således anvendelse i sager, hvor grundejerne ikke er enige om, hvorvidt og i hvilken udstrækning der bør etableres kystbeskyttelse på en given kyststrækning.

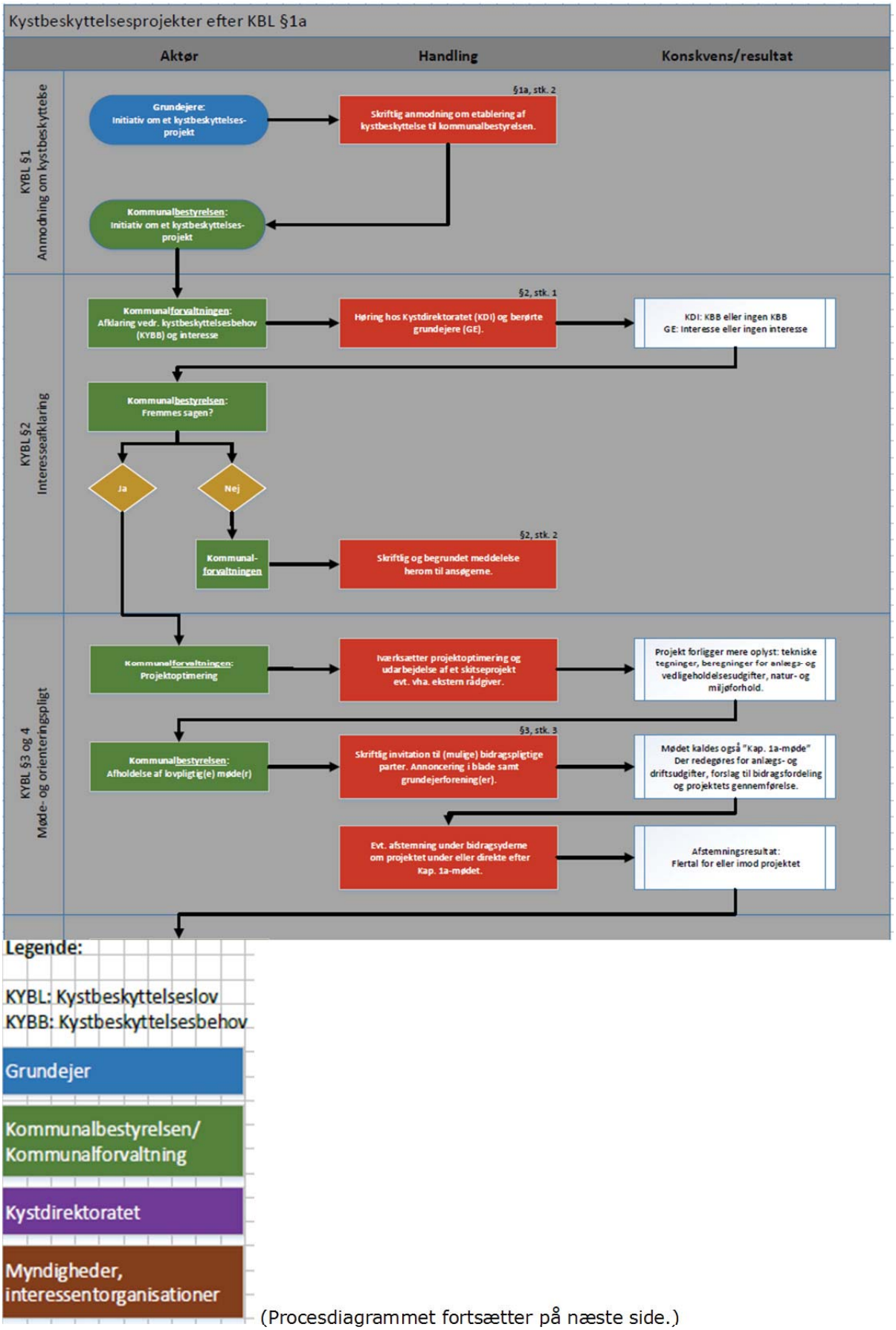
I disse tilfælde er det kommunalbestyrelsen, der kan bestemme, hvorvidt der bør fremmes en kystbeskyttelsessag i området. De grundejere, der gerne vil have etableret kystbeskyttelsen, kan derfor anmode kommunen om at igangsætte en sag efter § 1a i kystbeskyttelsesloven. Herefter beslutter kommunalbestyrelsen, om kystbeskyttelsesprojektet skal fremmes eller ej.

Efter at kommunen er blevet anmodet om at igangsætte en kystbeskyttelsessag, vil der være en længere proces, inden projektet kan sendes til endelig godkendelse i Kystdirektoratet. Selvom kommunalbestyrelsen har besluttet at fremme en given kystbeskyttelsessag, er det stadig Kystdirektoratet, der giver den endelige tilladelse til etablering af anlægget.

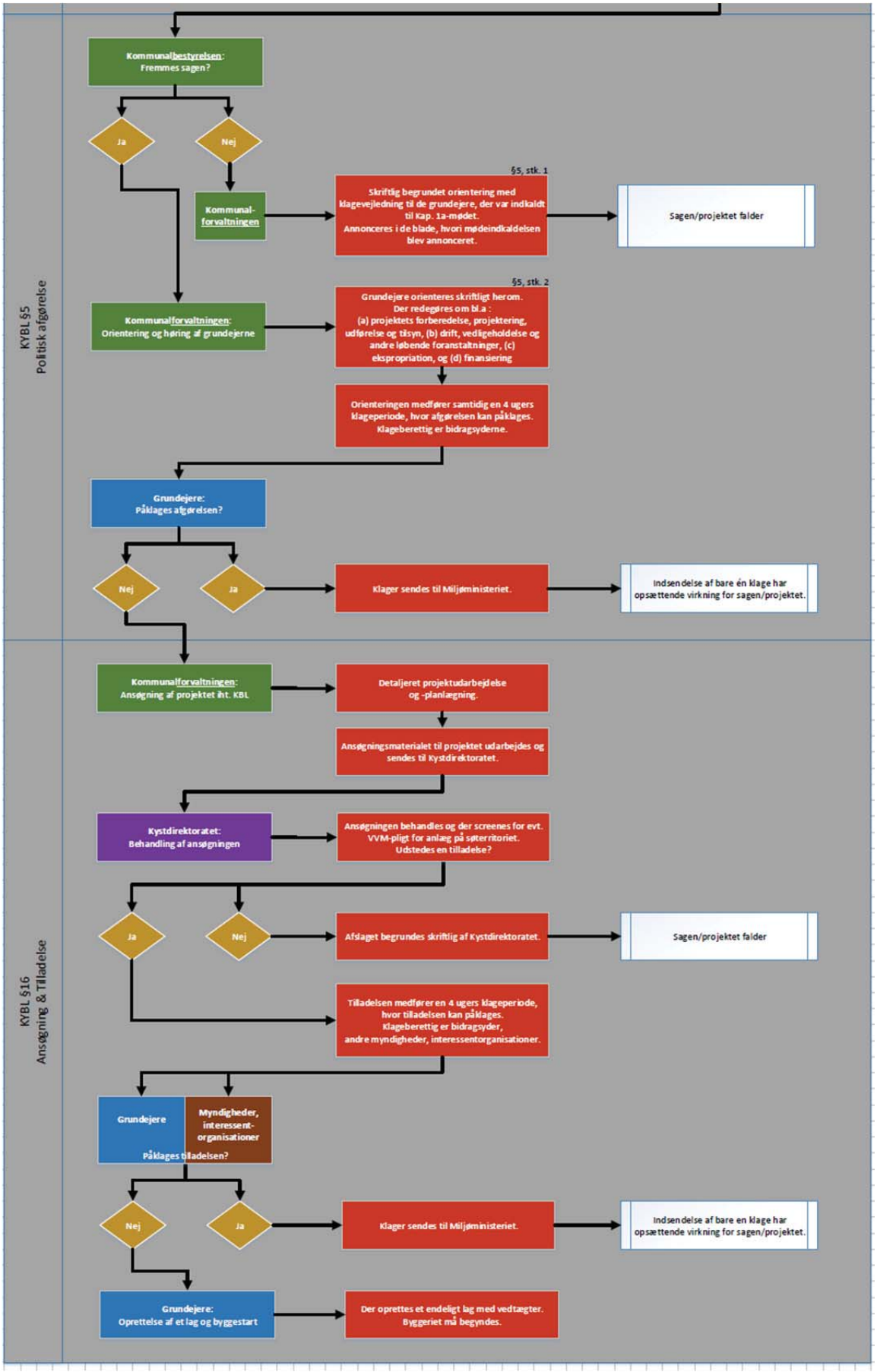
Processen i en § 1a sag har en række trin, som er beskrevet herunder:

- Kommunen foretager en indledende sondering ved indhentning af udtalelser fra grundejere og Kystdirektoratet.
- Kommunen beslutter, om sagen skal fremmes.
- Udarbejdelse af skitseprojekt som grundlag for den videre sagsbehandling.
- Møde med alle grundejere, der forventes at skulle bidrage samt evt. interesseorganisationer.
- Kommunen tager endelig beslutning, om projektet skal gennemføres, hvad der skal udføres, og hvordan det skal finansieres.
- Sagsbehandling i Kystdirektoratet.

I figur 2.1 er vist et procesdiagram for processen i en § 1a sag. Figuren er også vist i større format i bilag 1.



(Procesdiagrammet fortsætter på næste side.)



Figur 2.1 Procesdiagram for kystbeskyttelsessager efter kystbeskyttelseslovens § 1a.

Som grundlag for sagsbehandlingen kan kommunalbestyrelsen beslutte selv at iværksætte forundersøgelser og skitseprojektering eller pålægge ansøgeren at iværksætte dette. Endvidere har kommunalbestyrelsen mulighed for at vælge, om den foreløbigt selv vil afholde udgifter til forundersøgelser mv., eller den vil pålægge ansøgeren dette.

Når det besluttes, om en sag skal gennemføres eller ej, kan kommunalbestyrelsen kun afvise en sag hvis:

- Kystdirektoratet i sin foreløbige udtalelse vurderer, at der ikke er behov for kystbeskyttelse.
- Tilkendegivelserne fra de hørte grundejere helt klart viser, at der ikke vil være fornøden opbakning til projektets gennemførelse.
- Projektet findes uforeneligt med hensynet til naturen eller den kommunale planlægning for området.

Efter en godkendelse af Kystdirektoratet er grundejerne selv ansvarlige for selve gennemførelsen af projektet. Kommunalbestyrelsen vil, såfremt der ikke kan opnås enighed i området, tage stilling til, hvem der er, og i hvilken udstrækning de er, bidragspligtige til anlægget. Kommunen vil typisk kræve, at der oprettes et dige- eller kystlag, som alle bidragsydere skal være medlem af. Dige- eller kystlaget skal herefter også stå for drift og vedligehold af kystbeskyttelsen.

I skemaet nedenfor er beskrevet kommunernes opgaver i forhold til kystbeskyttelse:

Kommunens opgaver i forhold til kystbeskyttelse:

- **Indlede kapitel 1a sager**
- **Vurdere projektets forenelighed med hensynet til naturen eller den kommunale planlægning for området**
- **Pålægge bidragspligt**
- **Fastsætte bidragsstørrelsen for den enkelte grundejer/godkende bidragsfordelingen**
- **Ekspropriere til gennemførelse af beskyttelsesforanstaltninger**
- **Kræve oprettelse af lag fx digelag, hvor bidragsydere skal være medlem**
- **Opkræve bidrag fra grundejerne**

2.2.3 Planlægning af kystbeskyttelse

Det er typisk de berørte grundejere, der er initiativtagere til et kystbeskyttelsesprojekt, og som også står for den indledende planlægning af kystbeskyttelsesprojektet.

Planlægningen af kystbeskyttelsen hviler dog på en overordnet Kystbeskyttelsesstrategi[6] fastlagt af Kystdirektoratet.

Denne kystbeskyttelsesstrategi tager udgangspunkt i følgende:

- Den danske kystnatur er enestående.
- Kysterne skal også i fremtiden kunne rumme de mange og forskelligartede interesser.
- Sikre og fastholde de kystnære bebyggelser og menneskeskabte værdier på kysterne.
- Kystbeskyttelse, som er uvirksom eller overflødig, griber unødigt ind i naturens frie dynamik, og gør kysterne ufremkommelige, efterlader et uskønt indtryk.

[6] Kilder:

- Kystbeskyttelsesstrategi, August 2011, Kystdirektoratet
- http://www.byplanlab.dk/sites/default/files1/opl%C3%A6g_5__Munk-Nielsen.pdf

- De naturlige og uberørte kyster er under pres.
- Klimaændringerne vil øge udfordringen for den nuværende kystnære anvendelse og præge den fremtidige udvikling på kysterne

Den nationale kystbeskyttelsesstrategi er tænkt som et væsentligt bidrag til at skabe en mere koordineret udvikling på kysterne, som er nødvendig for at sikre en bæredygtig anvendelse af kysterne i fremtiden. Strategien er tænkt som et vigtigt middel til at få skabt smukkere kyster i Danmark ved fornuftig planlægning og vurdering af kystbeskyttelsesindsatsen.

Som led i den nationale kystbeskyttelsesstrategi har Kystdirektoratet sat sig følgende målsætninger:

" - *Kystbeskyttelse skal udføres som løsninger, som er helhedsorienterede, tager hensyn til de forskellige interesser, der måtte være på kysten, som er teknisk optimerede, og som tænker langsigtet.*

- *Bløde løsninger skal anvendes frem for hårde og vil gøre det lettere at udføre kystbeskyttelsen optimeret, langsigtet og give gode muligheder for en naturlig indpasning i landskabet.*

- *Det kan være for sent at kystbeskytte. Der skal ikke kunne kystbeskyttes for enhver pris – det kan være et så voldsomt indgreb i naturen, at det kommer ud af proportion med det omgivende landskab.*

- *Oprydning skal indgå som et væsentligt og i visse tilfælde afgørende element ved vurderingen af udførelse af ny eller forbedring af eksisterende kystbeskyttelse. Herved vil der ske en oprydning i uhensigtsmæssige kystbeskyttelser til gavn for beskyttelsen af menneskeskabte værdier, benyttelsen af kysterne og naturen."*

Dette er således de prioriteringshensyn, der indgår i myndighedernes vurdering af, om konkrete kystbeskyttelsesprojekter skal fremmes. Enkelte kommuner har i tillæg hertil formuleret en prioritering af hensynene som fx Slagelse Kommune, der på deres hjemmeside[7] angiver at;

"Myndighederne vurderer

- *Kystbeskyttelse skal være nødvendig, således at værdier er truede inden for 25 år*
- *Naturbeskyttelse, herunder hensynet til den fri kystdynamik, skal have høj prioritet*
- *Ingen kystbeskyttelse mod erosion af åbent land*
- *Unødvendige anlæg skal fjernes og - nødvendige anlæg skal tilpasses omgivelserne"*

Myndighedernes vurdering foretages herefter på baggrund af de undersøgelser og skitseprojekt, som enten ansøgerne eller kommunen har udarbejdet.

2.2.4 Organisering af kystbeskyttelse

Som ovenfor anført er det bærende princip i Kystbeskyttelsesloven, at der er grundejers eget ansvar at beskytte sin ejendom mod oversvømmelse eller erosion fra havet. Initiativet til at etablere kystbeskyttelse sker derfor også typisk på baggrund af en enkelt eller en gruppe af grundejere, der ønsker at igangsætte og gennemføre etablering af kystbeskyttelse på en given kyststrækning.

[7] Kilde: Slagelse kommunes hjemmeside: http://www.slagelse.dk/borger/natur,-park-og-strand/kystbeskyttelse/historisk-udvikling

Grundejerne vil enten selv eller efter pålæg fra kommunalbestyrelsen typisk oprette et dige- eller kystlag, som alle bidragsydere er medlem af, og som også skal stå for drift og vedligehold af kystbeskyttelsen.

Et sådan digelag fastlægger herefter det beskyttelsesniveau, som ønskes lagt til grund for beskyttelsen, og kommer med et forslag til partsfordeling af omkostningerne hertil, som kommunen derefter kan godkende.

Enkelte steder i landet bygger organiseringen af kystbeskyttelsen dog på fælles aftaler mellem Kystdirektoratet og de berørte kommuner. Som et af de nyeste eksempler kan fremhæves Fællesaftale om kystbeskyttelsen af strækningen Lodbjerg og Nymindegab for perioden 2014-18[8]. Her er kystbeskyttelsen organiseret i en økonomisk rammeaftale, hvor Kystdirektoratet i de årlige handlingsplaner har fastlagt indsatsen i detaljer, således at der i samarbejde med alle betalende kommuner foretages en årlig evaluering af kystbeskyttelsen.

2.2.5 Etablering og drift af kystbeskyttelse

Det bærende princip i Kystbeskyttelsesloven er, at det er grundejers eget ansvar at beskytte sin ejendom mod oversvømmelse eller erosion fra havet. Det er derfor som udgangspunkt også grundejeren selv, der skal udføre kystbeskyttelsesforanstaltningerne og afholde udgifterne ved etablering, drift og vedligeholdelse heraf.

Det kan være en stor økonomisk byrde. På Jyllands vestkyst, hvor kysten er særlig udsat for hårdt pres fra Vesterhavets bølger og vind og dermed udsat for en øget risiko for oversvømmelser og nedbrydning fra havet, spiller staten en mere aktiv rolle i forhold til at etablere, drive og vedligeholde kystbeskyttelsesforanstaltninger.

Som ovenfor anført er det seneste eksempel herpå, den femårige fællesaftale om kystbeskyttelse, som de fire kommuner på strækningen mellem Lodbjerg og Nymindegab og Kystdirektoratet indgik i 2013. Herved har staten påtaget sig hovedansvaret for etableringen og driften af kystbeskyttelsen, og betaler således ca. 90 % af udgifterne til planlægning og udførelse af kystbeskyttelse på strækningen i perioden 2014-2018.

2.3 Finansiering

Alle grundejere, der opnår fordel af kystbeskyttelsen, skal i princippet bidrage til finansieringen af projektet. Det er imidlertid ikke kun de direkte beskyttede ejendomme, der skal finansiere kystbeskyttelsesprojektet, men også ejere af bagvedliggende ejendomme, ejere af infrastruktur, forsyningsnet mv., såfremt disse opnår fordel ved kystbeskyttelsen.

Der er derfor behov for at kunne fordele udgifter ved gennemførelsen af kystbeskyttelsesforanstaltninger mellem såvel de direkte oversvømmelses- og erosionstruede ejendomme som de bagvedliggende ejendomme, der også nyder godt af projektet fx i form af forbedrede strandforhold eller et mere rekreativt miljø på havnefronten.

Der findes ikke nogen faste regler for, hvordan fordelingen af udgifterne skal være, og hvor stort et bidrag den enkelte grundejer skal betale. Dette baseres på en konkret vurdering i det enkelte projekt. Fordelingsprincipper kan være:

- Risikovurdering
- Ejendomsstørrelse
- Grundværdi
- Ejendommenes kote
- Ejendommenes bredde mod kysten

[8] Aftale mellem Staten v/Kystdirektoratet og de 4 medfinansierende kommuner, Lemvig Kommune, Holstebro Kommune, Ringkøbing-Skjern Kommune og Thisted Kommune.

- Ejendommens rekreative værdier
- Forøgelse af ejendommenes grundværdi

Typisk vil man lægge sig fast på et eller en kombination af disse principper til at opstille en fordelingsnøgle for fordelingen af udgifter. Et eksempel kunne være, at alle ejendomme med gulvniveau under en vis kote skal betale bidrag, der fastsættes ud fra den enkelte ejendomsværdi. Et andet eksempel kan være, at bidragene fordeles som en forholdsmæssig andel af den enkelte ejendoms areal i forhold til det samlede beskyttede areal.

Kommunen vil indgå i finansieringen som andre grundejere. Men loven er dog åben for, at kommunen inden for kommunalfuldmagtens rammer kan bidrage til finansieringen i dens egenskab af offentlig myndighed.

Hvis kystbeskyttelsen har et almennyttigt sigte, så det ikke kun er en afgrænset kreds af private grundejere, der har en økonomisk fordel af denne, har kommunen derfor mulighed for at bidrage til finansieringen med mere, end hvad den har pligt til som grundejer. Dette er dog ikke det typiske, idet langt hovedparten af de kystbeskyttelsesforanstaltninger, der bliver etableret, finansieres af grundejerne.

Tilsvarende vil staten kunne vælge at afsætte midler på finansloven til at gennemføre nationalt set vigtige kystbeskyttelsesprojekter. Historisk set er en sådan statslig finansiering af kystbeskyttelse sket langs den jyske vestkyst.

I skemaet herunder er vist en oversigt over, hvem der er eller kan være bidragspligtige til beskyttelse mod oversvømmelser fra havet.

Bidragspligtige:	Private	Kommuner	Forsyningsselskaber	Staten
Gavn af beskyttelse i kraft af:	Grundejer	Grundejer	Grundejer	Grundejer
		Almennyttigt sigte	Sikring af forsyningsnettet	Sikring af infrastruktur
		Rekreative forbedringer		Tilskudsberettiget
		Sikring af infrastruktur		
		Sikring af kyst- og naturområder		

2.4 Forsikring[9]

De almindelige husforsikringer dækker som udgangspunkt ikke ved oversvømmelse fra hav, fjord, søer eller vandløb. Stormrådet praktiserer imidlertid en katastrofeordning, som bygger på solidariske principper, og som dækker i tilfælde af en stormflod.

Alle betaler i dag til stormflodsordningen via en obligatorisk, solidarisk afgiftsfinansiering på 60 kr. årligt på brandforsikringen, uanset hvor i landet ejendommen er placeret.[10]

Ordningen medfører, at Stormrådet i tilfælde af skader som følge af en stormflod udbetaler en erstatning. Denne er beregnet ud fra, hvad det vil koste at reparere det skadede ud fra priserne

[9] Hovedkilder:

- http://www.klimatilpasning.dk/sektorer/forsikring/stormflod.aspx
- http://www.nft.nu/en/forsikringsselskaberne-i-centrum-i-den-nye-stormflodsordning

[10] Rapport om Revions af Sotrmflodsordningen 30.11.2009

umiddelbart før stormfloden med fradrag for værdiforringelse på grund af alder, slid og nedsat anvendelighed. Stormrådet erstatter desuden rimelige udgifter til oprydning, rengøring, genhusning, opmagasinering mv.

Stormrådet erstatter dog ikke skader på ting i kældre og i rum under terræn, indirekte tab som fx afledte driftstab i berørte virksomheder, og skader på jord. Endvidere skal de berørte altid selv betale en selvrisiko.

Der til kommer, at et af formålene med den nye stormflodsmodel, som trådte i kraft den 1. oktober 2012, var at indføre en ny erstatningsmodel, som sikrer incitamenter til en omkostningseffektiv klimatilpasning. Det kan være i form af skadesforebyggende adfærd og hensigtsmæssig lokalisering, i forbindelse med nybyggeri og gennem anlæg af forebyggende foranstaltninger.

Erstatningsmodellen er derfor indrettet som en trappemodel. Dette indebærer en aftrapning af erstatningen ved gentagne hændelser og øger incitamentet til beskyttelse og forebyggelse ved at forhøje selvrisikoen ved gentagne skader på samme ejendom.

2.5 Øvrige rammevilkår[11]

Aftalen om kommunernes økonomi for 2013 medførte, at kommunerne frem mod udgangen af 2013 skulle udarbejde klimatilpasningsplaner, der indeholder en kortlægning af risikoen for oversvømmelser og skaber overblik over samt prioriterer kommunens indsats.

Klimatilpasningsplanerne er en del af kommuneplanerne, og formålet hermed er bl.a. at sikre:

- Helhed og synergi i løsningerne, hvor planlægning af klimatilpasning f.eks. kan tænkes sammen med byudvikling, rekreation og natur og skabe flere værdier på én gang.
- Samspil med statens og regionernes planlægning som f.eks. vand- og naturplaner og regionale udviklingsplaner.
- Udnyttelse af planlovens virkemidler, herunder ved administration af sektorlovgivningen og ved brug af de nye muligheder for klimalokalplaner.

Med ændringen af Planloven i 2012 blev der givet nye muligheder for, at kommunerne i lokalplanerne kunne varetage hensyn til klimatilpasning jf. Planlovens § 15.

Klimatilpasning kan herefter indgå i den almindelige lokalplanlægning som ét blandt flere hensyn og være en del af en god helhedsløsning i et område. Klimatilpasning kan også indarbejdes i temalokalplaner, der sigter mod at varetage klimatilpasning i et større område, hvor der fx er et ønske om at begrænse byggeri og anlæg i oversvømmelsestruede områder, men hvor gældende lokalplaner enten ikke eller i utilstrækkelig grad regulerer klimatilpasning.

Implementeringen af EU´s Oversvømmelsesdirektiv ved reglerne i Bekendtgørelse nr. 121 af 2. februar 2010 om vurdering og risikostyring for oversvømmelser fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet supplerer klimatilpasningsplanerne.

I forbindelse med implementeringen af EU´s Oversvømmelsesdirektiv er der identificeret ti nationale risikoområder, hvor Kommunalbestyrelsen i de pågældende områder skal udarbejde en risikostyringsplan. Områderne er vist på figur 2.2.

[11] Hovedkilder:

- Naturstyrelsens vejledning i Klimatilpasningsplaner og klimalokalplaner, Vejledning 2013:2

Figur 2.2 Udpegede risikoområder for oversvømmelser fra havet, fjorde eller andre dele af søterritoriet.

Disse planer skal være endeligt vedtaget senest den 22. september 2015 og skal indeholde følgende:

De første risikostyringsplaner skal indeholde:

1. Konklusionerne af vurderingen af risikoen for oversvømmelse, i form af et oversigtskort for det udpegede område.

2. Kort over faren for oversvømmelse og kort over risikoen for oversvømmelse, og de konklusioner, der kan drages af kortene.

3. En beskrivelse af passende mål for oversvømmelsesrisikostyringen.

4. En oversigt over de foranstaltninger og prioriteringen heraf, der tager sigte på at nå de relevante mål for oversvømmelsesrisikostyringen og de oversvømmelsesrelaterede tiltag, der er truffet i henhold til gældende lovgivning, f.eks. planloven, lov om miljøvurdering af planer og programmer, og lov om kystbeskyttelse.

5. For grænseoverskridende vandløbsoplande eller deloplande, en beskrivelse, hvis en sådan foreligger, af enten DK eller Tysklands anvendte metode til cost-benefit analyse, der har været anvendt til vurdering af foranstaltninger med grænseoverskridende virkninger.

Endvidere skal planens gennemførelse beskrives:

1. En beskrivelse af prioriteringen og af, hvordan fremskridtene med hensyn til planens gennemførelse vil blive overvåget.

2. En oversigt over de foranstaltninger, der er truffet med henblik på offentlig oplysning og høring.

3. En fortegnelse over ansvarlige myndigheder, og hvis det er hensigtsmæssigt, en beskrivelse af samarbejdsforløbet vedrørende det internationale vanddistrikt og koordineringen med vandrammedirektivet (2000/60/EF).

Der er således de seneste år sat stor fokus på at skabe et planmæssigt grundlag, der bidrager til kunne træffe kvalificerede beslutninger i forhold til håndtering af de udfordringer, klimaændringerne medfører. Klimatilpasningsplanerne har dog indtil videre primært fokuseret på udfordringer fra og indsatser over for ekstrem regn, hvorfor det alene er risikostyringsplanerne, der forholder sig mere konkret til udfordringerne fra stormflod og havvandsstigninger.

3. ERFARINGER FRA ANDRE LANDE

Rammevilkår og kapacitet synes at have en stærk indvirkning på den måde, som regioner og lande oplever kystnære trusler for oversvømmelser på, og på karakteren af samfundet. De fysiske rammer i kombination med den rolle, som myndighederne og befolkningen har, har resulteret i en række rammevilkår i andre lande, som kan være nyttige eksempler for Danmark. Der er udvalgt eksempler fra følgende tre lande: USA, Holland og England.

På grund af sine fysiske omgivelser har Holland over århundreder udviklet sig til et land, hvor vandforvaltning og beskyttelse mod oversvømmelse er en væsentlig del af samfundet. De kystnære områder i USA har vist sig at være sårbare for oversvømmelser, og større hændelser presser beskyttelsesforanstaltningerne. England har en historie for beskyttelsesarbejde og har for nylig oplevet store oversvømmelser, hvilket har ført til klare retningslinjer, organisering og finansiering af foranstaltninger til beskyttelse mod oversvømmelser.

3.1 USA

På grund af USA's størrelse og organisering i føderale og statslige regeringer er det svært at sammenfatte rammevilkårene, kapacitet og organisation. Det overordnede billede præsenteres nedenfor, men der kan være regionale og lokale undtagelser.

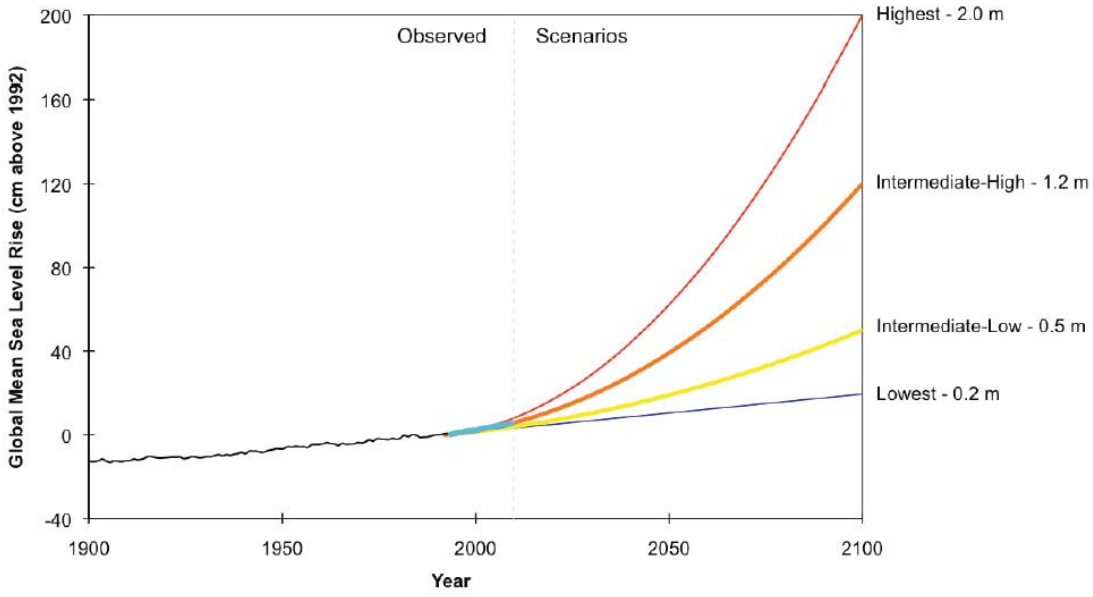
3.1.1 Klimaudfordringen

Klimaudfordringen er forskellig for de forskellige dele af USA's kystlinje. Afhængig af det regionale klima kan der ske oversvømmelser som følge af orkaner og stormhændelser. Orkaner og storme kan være forbundet med intens nedbør og ekstreme vindforhold, der kan øge omfanget af oversvømmelserne. Fremskrivninger af havvandsstigninger varierer ligeledes langs kystlinjen. På Mississippi-deltaet øger en regional nedsynkning af landet hastigheden af den relative vandstandsstigning. Den naturlige beskyttelse mod stormfloder og orkaner, som barriereøer og kystnære moser og sumpe, er derfor mange steder blevet formindsket.

3.1.2 Rammevilkår

Den nationale klimavurdering (The National Climate Assessment) udarbejdet af den føderale regering præsenterer forskellige scenarier for havstigninger og klimaforandringer for USA (Walsh, 2014). De regionale konsekvenser af klimaforandringerne er også inkluderet i den nationale klimavurdering. Havstigningsscenarierne fra vurderingen er vist i figur 3.1. Udover de scenarier, der præsenteres i vurderingen, kan de enkelte staters myndigheder have udarbejdet regionale scenarier for vandstandsstigninger og klimaforandringer.

Der er ikke tilgængelig viden om, hvordan disse scenarier implementeres i en analyse af risikoen for oversvømmelser og i udformningen af beskyttelsesforanstaltninger. For de regionale programmer, der er iværksat efter den føderale anerkendelse af store oversvømmelser (med oversvømmelser efter stormene "Katrina" og "Sandy" som de bedste eksempler), kan der være udviklet betingelser for design af kystbeskyttelsen baseret på scenarierne.



Figur 3.1. Havstigningsscenarie for USA (Parris et al., 2012)

Sikkerhedsniveau

I USA er der ikke defineret eller foreskrevet et præcist sikkerhedsniveau i hverken den føderale eller de enkelte staters lovgivning. Med hensyn til sikkerheden mod oversvømmelser er der lagt vægt på forberedelse, forudsigelse og evakuering. Individuelle husejere og virksomhedsejere opfordres til at træffe foranstaltninger for at minimere konsekvenserne af oversvømmelser. Den føderale organisation FEMA (Federal Emergency Management Agency) udarbejder oversvømmelseskort for hele USA. Oplysninger om oversvømmelsesrisikoen for et bestemt sted kan indhentes via et værktøj på internettet.

Lovgivning

En række føderale organisationer og organisationer i de enkelte stater er involveret i beskyttelsen mod oversvømmelser, vandforvaltning og lovgivning. På det føderale plan indgår US Army Corps of Engineers (USACE), FEMA, HUD (Housing and Urban Development) og Miljøstyrelsen i roller, der har deres oprindelse i forskellige love og bekendtgørelser. Lovgivningen i de enkelte stater varierer fra stat til stat.

Generelt er det den enkelte ejer af ejendommene, der har fokus på beskyttelsen mod oversvømmelser. Store oversvømmelser kan imidlertid sætte gang i nationale/regionale beskyttelsesprogrammer, der dækker større områder (for eksempel for at beskytte New Orleans efter orkanen "Katrina").

Finansiering

Føderal finansiering (tilskud) til kystsikringsordninger er en del af de programmer, der følger efter store katastrofer. Det kan fx være føderal finansiering til sandfordring gennem USACE. FEMAs Hazard Mitigation Assistance (HMA) tilskudsprogrammer yder støtte til afhjælpende aktiviteter, der reducerer tab under katastrofer og beskytter liv og ejendomme mod fremtidige skader efter katastrofer som oversvømmelser. Derudover finansierer de enkelte stater og lokalsamfund foranstaltninger til beskyttelse mod oversvømmelser.

Forsikring

Forsikring mod oversvømmelser er for de enkelte husejere og for erhverv en vigtig drivkraft for at skabe opmærksomhed om oversvømmelser. Forsikringer mod oversvømmelse udstedes af The National Flood Insurance Programme til de lokalsamfund, der deltager i programmet (et flertal af

lokalsamfund deltager). Oversvømmelsesforsikring er i mange tilfælde en forudsætning for at kunne få lån/pant i fast ejendom.

Organisation

Organiseringen af kystbeskyttelsen i USA er meget kompleks, da flere føderale kontorer samt organisationer i de enkelte stater er involveret. Et simpelt diagram, som viser, hvem der gør hvad i beskyttelsen mod kystoversvømmelser, findes ikke. Kompleksiteten er vist i nedenstående figur 3.2, som er udgivet af USACE.

Figur 3.2 Organisering af kystbeskyttelse i USA.

3.1.3 Relation til den danske tilpasning til havstigninger

På trods af størrelsesforholdet på de to lande er der en vis lighed imellem de fysiske forhold i Danmark og USA:

- Kystlinjernes forskelligartethed betyder, at der for hver delstrækning af kysten er forskellige typer af trusler. Det er derfor de regionale rammevilkår for kystbeskyttelse, der vil være gældende.

- Baglandet, hvor der er mindre eller ingen risiko for oversvømmelser, er generelt tæt på, hvilket giver rig mulighed for at evakuere personer under oversvømmelseshændelser.

Hovedvægten i at beskytte sig mod oversvømmelser ligger på de individuelle grundejere, som fx forsikringsordninger i USA. Dette understøttes af, at der findes mange tilgængelige oplysninger om risikoen for oversvømmelser, som fx i Danmark:

- Oplysninger om risikoen for oversvømmelser er tilgængelige for alle husstande via kommunernes klimatilpasningsplaner eller via internettet på www.klimatilpasning.dk.

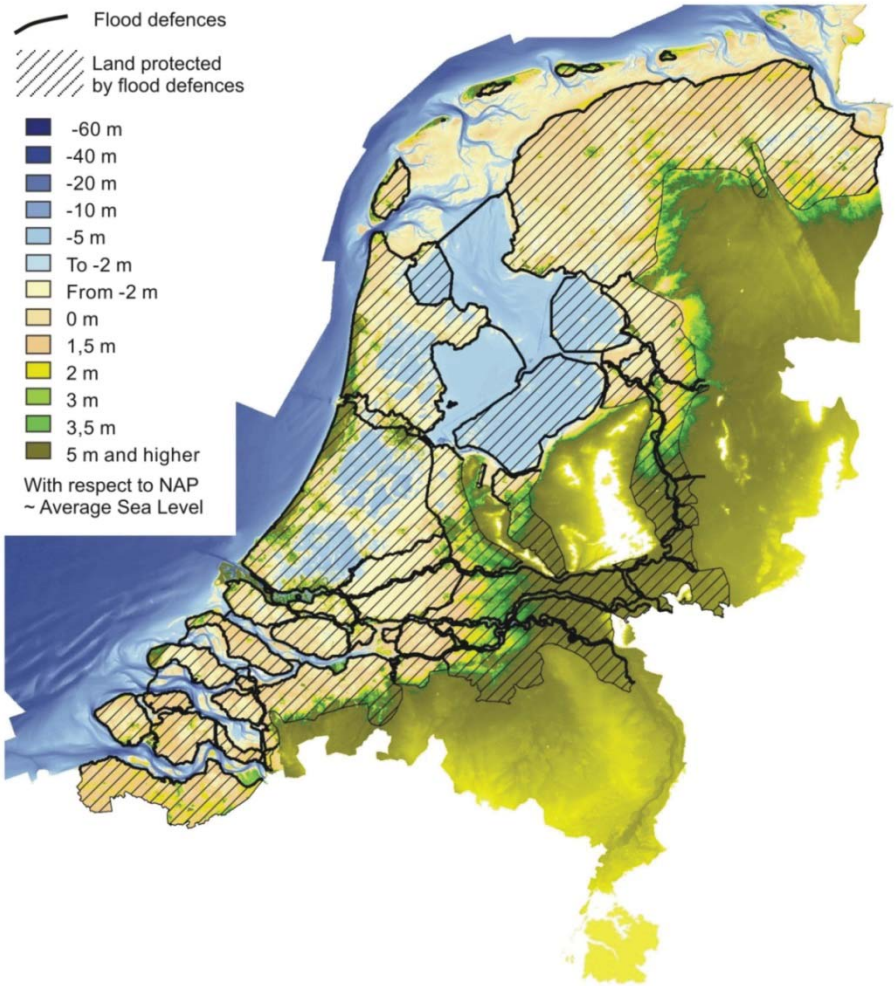
Denne individuelle beskyttelsesmåde kræver, at oplysninger om oversvømmelsesrisiko er opdateret, hvilket er en kompliceret, tidskrævende og dyr proces at gennemføre.

De større (føderale) finansielle programmer er drevet af hændelser (fx Katrina, Sandy i USA og Bodil i Danmark). Proaktive ordninger for kystbeskyttelse (især når disse overskrider grænserne mellem forskellige lokalsamfund eller kommuner) foregår sjældent og er sjældent finansieret.

3.2 Holland

Holland er internationalt kendt for sin vandforvaltning og beskyttelse mod oversvømmelser. Behovet for at beskytte mod oversvømmelse har udviklet sig gennem århundreder som følge af landets lave beliggenhed i forhold til hav- og flodniveauer og som følge af landvinding. Lovgivning, finansiering og organisering af vandforvaltningen og beskyttelse mod oversvømmelse har udviklet sig sideløbende med hinanden. En stor del af Holland ligger på udsatte steder med risiko for oversvømmelser fra havet, floder, søer eller indre vandveje, og hvor konsekvenserne af store oversvømmelser kunne være ødelæggende for samfundet.

Til sammenligning med den danske situation, skelnes der mellem de områder, der har en officiel status som beskyttet mod oversvømmelser og de områder, der ikke officielt har status som et beskyttet område, jf. figur 3.3. Den beskyttede status er en del af en national lov, kaldet »Waterwet«. Denne lov giver en oversigt over de områder, der er omkranset af oversvømmelsessikringer samt deres sikkerhedsniveau, der spænder fra en risiko på 1 gang hvert 10.000 år (1/10.000) til 1 gang hvert 250 år (1/250) for, at der sker overskylning af sikringsanlæggene mod oversvømmelser (fx overskyl af diger). Områderne, der ligger uden for de beskyttede områder, har ingen juridisk beskyttet status mod oversvømmelser. I det følgende skelnes mellem de to områdetyper, da det giver en indsigt i mulighederne for lovgivning og finansiering samt i udfordringerne for beslutningstagerne.



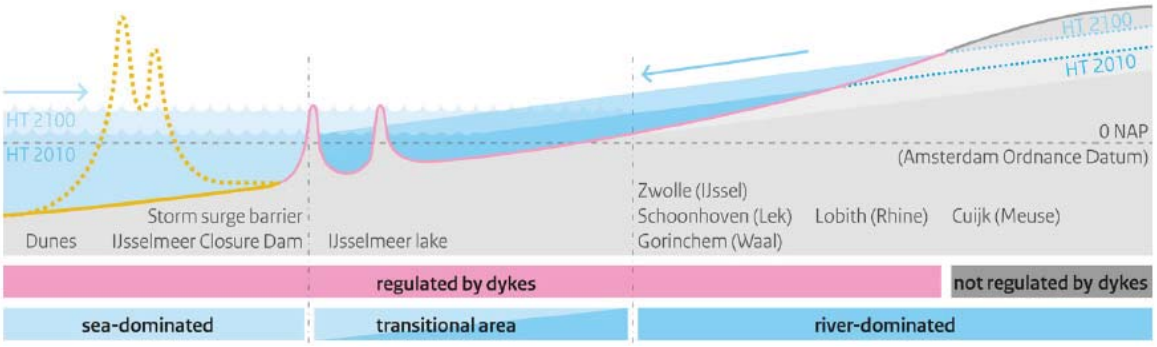
Figur 3.3. Terrænniveauer i forhold til det gennemsnitlige havniveau (NAP[12]) i Holland og den tilstødende Nordsø. Områder beskyttet mod oversvømmelser er vist som skraverede områder (datakilde: Rijkswaterstaat).

[12] NAP (Normal Amsterdam Level) svarer til det gennemsnitlige havniveau.

3.3 Holland – inden for diger og klitter

3.3.1 Klimaudfordringen

Klimaudfordringen i Holland består - som i de fleste lande og regioner - af en kombination af havvandstandsstigninger, øget flodafstrømning, ændringer i nedbør (en kombination af mere intens regn, skybrud og langvarige tørkeperioder), landsænkninger og en stigning i temperaturen. Systemet med vandveje, floder og søer er forbundet med Nordsøen og dets tidevandsbassiner, og disse er således også forbundet med klimaudfordringerne. Figur 3.4 fra Delta programmet 2015 viser en skematisk oversigt over områder i Holland, som oversvømmelsesmæssigt er domineret af havet eller floderne.

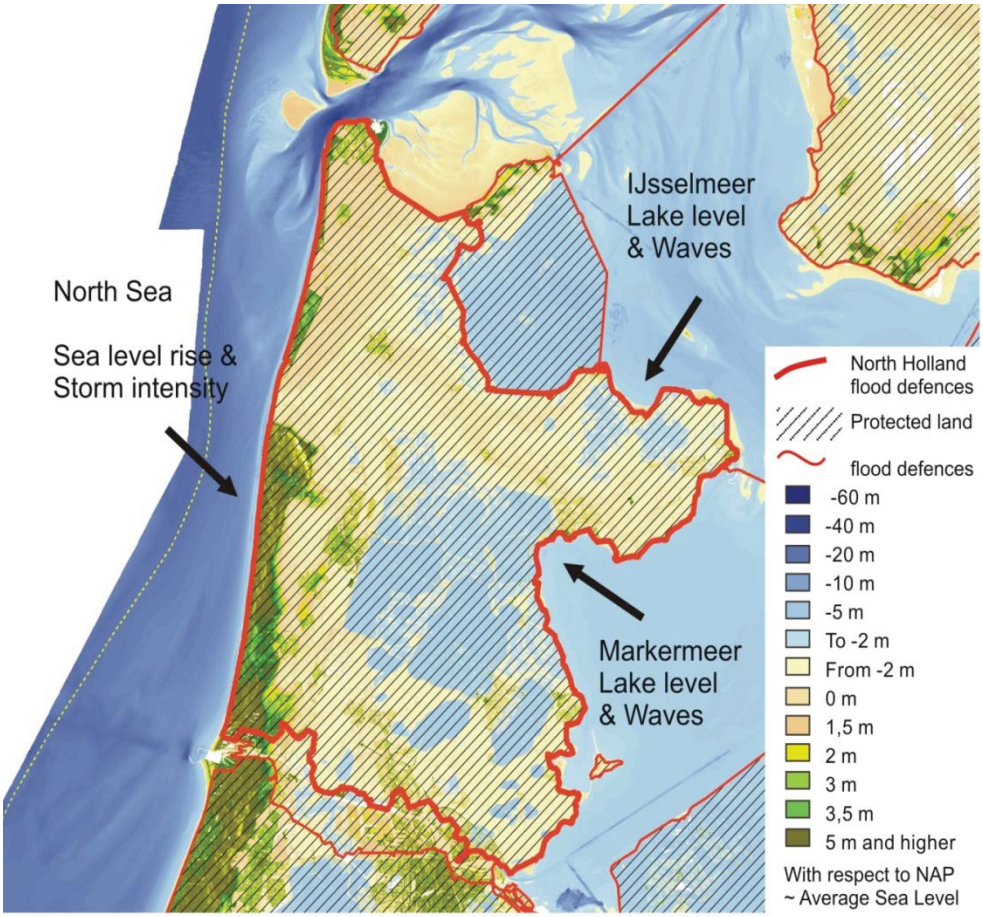


Figur 3.4 Principskitse af områder i Holland og hvor de er domineret af oversvømmelser fra havet eller fra floderne.

Kompleksiteten i klimaudfordringen illustreres med et eksempel, se figur 3.5. I provinsen Nordholland er der et stort område, som lovmæssigt er beskyttet mod oversvømmelser svarende til 1/10.000 år. Den vestlige side af området grænser op til Nordsøen og er påvirket af havvandsstigninger og muligvis også ændringer i intensiteten af storme. Den største del af beskyttelsen mod oversvømmelser på Nordsøkysten består af klitter. Det område, der grænser op til det indre søområde, IJsselmeer, bliver påvirket af bølger og forhøjet vandstand i søen.

Søen IJsselmeer forsynes med vand af en biflod til Rhinen (IJssel) og bruges til at opbevare overskydende vand fra de omkringliggende lavlandsområder. Derfor kan vandstanden i søen ændre sig som følge af øget flodafstrømning og stigninger i nedbøren. Udstrømningen fra Ijsselmeer til Vadehavet gennem sluser er underlagt tidevandsniveauer, og de vil ændre sig som følge af stigningen i havniveauet.

Det område, der grænser op til Markermeer, skal håndtere vandstand og bølger i søen, da området og vandstanden i søen stort set ikke er påvirket af flodafstrømning. Til slut er den sydlige side af det fredede område beskyttet af diger og sluser i andre beskyttede områder.



Figur 3.5 Eksempel på kompleksiteten ved beskyttelse af områder mod klimaændringer.

De oversvømmelsessikringer, der omgiver det beskyttede område, er alle etableret og udført til at kunne modstå en 1/10.000 års hændelse, men karakteren og højden af beskyttelsesanlæggene varierer fra område til område:

- Klitterne på Nordsøens kyst bliver udsat for høje vandstande (4,8 til 5,7 m over det gennemsnitlige havniveau) og store bølger (9,35 til 10,5 m), der kan forekomme under nordvestlige storme.
- Digerne på IJsselmeer bliver påvirket af vandstande op til NAP 1,1 m, hvilket svarer til en højde på 1,5 m over den normale (vinter) vandstand på NAP -0,4 m. Sådanne vandstande forekommer ved stærke sydøstlige vinde, især i kombination med allerede forhøjede vandstande i søen.
- Digerne på Markermeer bliver påvirket af vandniveauer på NAP 0,7 til 1,2 m afhængig af deres orientering. De højeste vandstande skyldes stærke vinde fra sydvest.

3.3.2 Rammevilkår

Politiske retningslinjer

Fire klimaændringsscenarier, som er udarbejdet af den nationale meteorologiske tjeneste (KNMI), anvendes til at udstikke de politiske retningslinjer. Disse scenarier opdateres løbende (blandt andet i 2009 og 2014) til også at omfatte de seneste udmeldinger i den globale udvikling. Scenarierne fra 2009 er blevet anvendt i den politiske beslutningsproces for det aktuelle Delta program.

Evaluering og udformning af oversvømmelsesbeskyttelse

Ifølge lovgivningen skal tilstanden af anlæg til beskyttelse mod oversvømmelser evalueres hvert 12. år. Betingelserne, som et anlæg til oversvømmelsessikring skal kunne modstå, ekstrapoleres

fra statistikkerne over observerede storme og høje flodafstrømninger. I nogle tilfælde understøttes den statistiske ekstrapolation af numeriske modeller.

Afhængig af anlægstypen (diger, klitter eller byggeri) og arten af trusler (stormfloder i Nordsøen, høj flodafstrømning, forhøjet vandstande i søer, bølgehøjde og bølgeperiode mv.) skal forskellige parametre fastlægges. Fastsættelsen af disse betingelser er en juridisk opgave for den nationale regering, hjulpet af en rådgivende bestyrelse. De nødvendige matematiske formler og numeriske modeller til at vurdere oversvømmelserne er også udarbejdet af den nationale regering. Vidensinstitutter, universiteter og virksomheder udfører anvendt forskning for at forbedre disse værktøjer og inkludere ny viden.

Anlæg til sikring mod oversvømmelser er designet til at modstå de forudsagte klimaændringer i en periode på 50 år, herunder virkningen af en accelereret havvandsstigning og mere kraftige bølgeforhold. Gældende standarder for design inkluderer en havstigning på 30 cm over en 50 års periode. Havvandsstigningen lægges oven i de forhold og betingelser, der anvendes i evalueringen af oversvømmelsessikringerne.

Rammebetingelserne for udstikning af retningslinjer og udformning af evalueringsmetoden af beskyttelsen mod oversvømmelser er kendte og opdateres regelmæssigt. Der eksisterer imidlertid uoverensstemmelser mellem den nyeste viden og de betingelser, der anvendes i evalueringen og design af kystbeskyttelsesanlæg, da det tager tid at implementere den nye viden. Desuden rækker rammebetingelserne for beskyttelse mod oversvømmelser ud over de klimaparametre, som er stillet til rådighed af den meteorologiske tjeneste, for eksempel med hensyn til flodafstrømning og vandstanden i søer.

Sikkerhedsniveau

Som tidligere nævnt er sikkerhedsniveauerne for de beskyttede områder i Holland en del af loven og spænder fra 1/10.000 til 1/250 år. Forskellene i sikkerhedsniveauet er baseret på forskelle i konsekvenserne af en oversvømmelse med hensyn til ofre og økonomisk skade. Disse forskelle daterer sig tilbage til 1960'erne, da det oprindelige Delta program blev udviklet i kølvandet på den katastrofale oversvømmelse i 1953.

I øjeblikket foregår der en fundamental ændring mod en risikobaseret tilgang i forbindelse med udarbejdelsen af det nye Delta program. Det er foreslået at indføre et garanteret beskyttelsesniveau på 1:100.000 for alle indbyggere bag diger og klitter i 2050. Denne beskyttelse betyder, at sandsynligheden for at dø som følge af en oversvømmelse ikke er højere end 1: 100.000 om året. Et højere beskyttelsesniveau indføres på steder, hvor der er risiko for store grupper af ofre og/eller alvorlige økonomiske skader og/eller alvorlige skader som følge af påvirkning af vital og sårbar infrastruktur af national betydning. Det ønskede beskyttelsesniveau er oversat til nye standardspecifikationer i en oversvømmelsessandsynlighed for hvert beskyttelsesområde.

Lovgivning

Flere love regulerer særlige aspekter af beskyttelsen mod oversvømmelser. "Waterwet" er en omfattende lov, der omfatter de beskyttede områder og deres sikkerhedsniveauer, vedligeholdelse af Nordsøens kystlinje, organisering (national, regional/provinser og amter samt vandbestyrelser), procedurer, tilladelser og de finansielle aspekter. ”Waterwet” er ikke begrænset til at sikre beskyttelsen mod oversvømmelser, da den også omfatter vandkvalitet og grundvand.

Specifikke aspekter af beskyttelsen mod oversvømmelse er inkluderet i andre love. Planlægningsaspekterne af beskyttelsen mod oversvømmelse er underlagt planloven. Fordi beskyttelse mod oversvømmelser er og har været af afgørende betydning for Holland, har det et stærkt retsgrundlag. Dette omfatter undtagelser indeholdt i andre love og procedurer til at håndtere oversvømmelser og reparation af diger og klitter.

Finasiering

Beskyttelsen mod oversvømmelser i Holland er generelt offentligt finansieret. Da forskellige statslige organer (Waterboards, Rijkswaterstaat) er ansvarlige for vedligeholdelse af og investeringer i anlæg til beskyttelse mod oversvømmelser, er det vanskeligt at få et samlet overblik over omkostningerne.

Finansieringen af vedligeholdelse og etablering af anlæg til beskyttelse mod oversvømmelser varetages på nationalt plan via Deltafonden (med et gennemsnitligt årligt budget på over 1 milliard euro, hvoraf en stor del er rettet mod beskyttelse mod oversvømmelser), og på regionalt plan gennem vandbestyrelser (Water Boards). Vandbestyrelserne opkræver skatter (et beløb på 2,6 milliarder euro i 2014), hvoraf i gennemsnit 1,3 milliarder euro investeres årligt. Af disse investeringer er 34 % rettet mod oversvømmelser og 32 % mod vandsystemer (og vandsystemer fungerer delvist som reduktion af oversvømmelser). Vedligeholdelse af kystlinjer finansieres af den nationale regering med en udgift på 42 mio. euro om året.

Forsikring

I øjeblikket er der én forsikringsudbyder, der tilbyder en "katastrofeforsikring", der omfatter påvirkningerne fra alvorlige oversvømmelser på grund af svigt i et at de større anlæg til sikring mod oversvømmelser. Præmien for denne forsikring afhænger af beliggenheden, da den er baseret på de lokale forhold (risiko for svigt af et forsvar mod oversvømmelser og det resulterende vandniveau ved oversvømmelser). Antallet af deltagere pr. region er begrænset, og for eksempel er en sådan forsikring på nuværende tidspunkt ikke mulig i nærheden af Amsterdam.

Mulighederne for, at forsikringspræmier kan bidrage/deltage i forvaltning af beskyttelsen mod oversvømmelser, er blevet udforsket og regelmæssigt undersøgt. I 2014 blev et initiativ fra forsikringsselskaberne for en obligatorisk kollektiv forsikring mod oversvømmelser stoppet, da Hollands Autoritet for Forbrugere og Marked besluttede, at det ikke var til fordel for forbrugerne. Hovedargumentet i diskussionerne om forsikring mod oversvømmelser i Holland er den massive økonomiske påvirkning, som en oversvømmelse vil have, da den altid vil påvirke et stort antal husstande.

Organisation

Organiseringen af beskyttelsen mod oversvømmelser er ret kompleks, fordi det involverer den nationale regering og de regionale vandbestyrelser.

På nationalt plan har Ministeriet for Infrastruktur og Miljø ansvaret for den politiske beslutningsproces, ledelsen, den nationale finansiering og inspektion. I ministeriet udarbejdes de politiske planer om beskyttelse mod oversvømmelse af Delta-programmet. Rijkswaterstaat er den udøvende afdeling af ministeriet, der udfører den daglige ledelse af de vitale dele af anlæggene til beskyttelse mod oversvømmelser. Dette omfatter den østlige Schelde stormflodsbarriere, Haringvliets stormflodsbarriere, Maeslants stormflodsbarriere og Afsluitdijk. Inspektionen kontrollerer, at kystbeskyttelsesanlæggene lever op til det fastlagte sikkerhedsniveau.

3.3.3 Relation til den danske tilpasning til havvandsstigning

I Holland er tilpasning til havvandsstigninger og andre aspekter af klimaændringerne, der er relevante for beskyttelse mod oversvømmelse og vandforvaltning, implementeret i design og evaluering/kontrol af diger og klitter. Sikkerhedsniveauerne er implementeret via en national lov, ligesom 12-års perioden for evalueringen af sikkerhedsniveauet. Betingelserne, som anlæggene til sikring mod oversvømmelser skal kunne modstå, er foreskrevet af den nationale regering. Rammebetingelserne er sammenlignelige for alle oversvømmelsessikringsanlæg.

Sådan en juridisk ordning er potentielt anvendelig i Danmark. Kompleksiteten af den tekniske gennemførelse er stor på grund af den enorme variation i de danske kyststrækninger. Udvikling og afprøvning vil formentlig tage et årti eller mere (baseret på de seneste erfaringer med det

hollandsk projekt -VNK- for at beregne oversvømmelsesrisici for alle beskyttede områder i Holland og tage hensyn til etablering af de oversvømmelses-risikobaserede anlæg inden for en tidshorisont frem til 2050).

De sikkerhedsniveauer, der er opnået gennem oversvømmelsessikringer, er høje i forhold til situationen i andre lande. Valget af de høje sikkerhedsniveauer er resultatet af de lavtliggende områder i de fleste beskyttede områder. I tværsnit kan mange af disse områder eller dele af dem betragtes som "badekar": bassiner omgivet af diger og klitter. Oversvømmelse af disse lavtliggende områder vil resultere i massiv ødelæggelse, økonomiske skader og mange tilskadekomne.

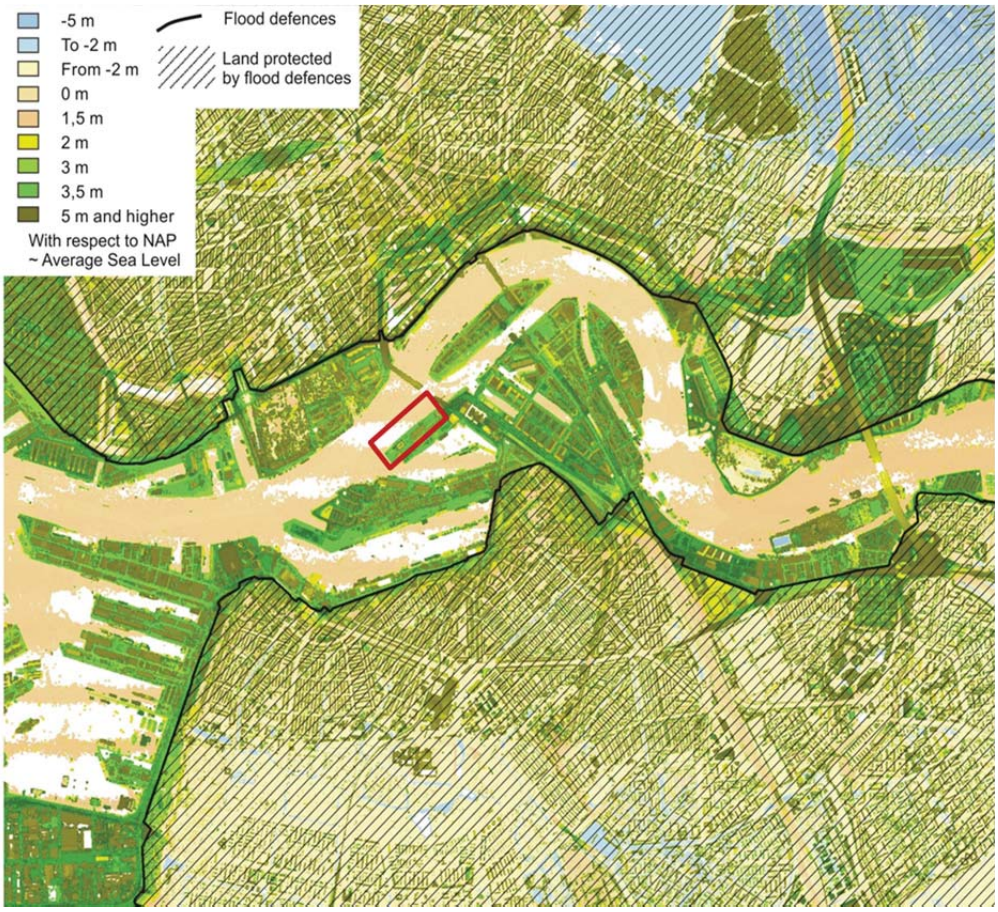
Økonomiske analyser, herunder cost-benefit-analyser og socioøkonomiske-cost-benefit-analyser har vist, at investeringer i og vedligeholdelse af anlæg til sikring mod oversvømmelser på disse sikkerhedsniveauer er rentabelt. Investeringer i og vedligeholdelse af anlæg til sikring mod oversvømmelser er fuldt finansieret med offentlige midler. Alternative metoder (forsikring, individuelle foranstaltninger) kan ikke konkurrere med solide diger og robuste klitter, når omkostninger og fordele ved den solidariske finansiering betragtes.

De fleste danske kystområder ligner ikke situationen i Holland, fordi de fleste oversvømmelsesudsatte områder ligger direkte ud til kysten. Antallet af mennesker, der skal beskyttes mod oversvømmelser og de økonomiske fordele ved en mere fælles kystbeskyttelse, er således mindre i Danmark.

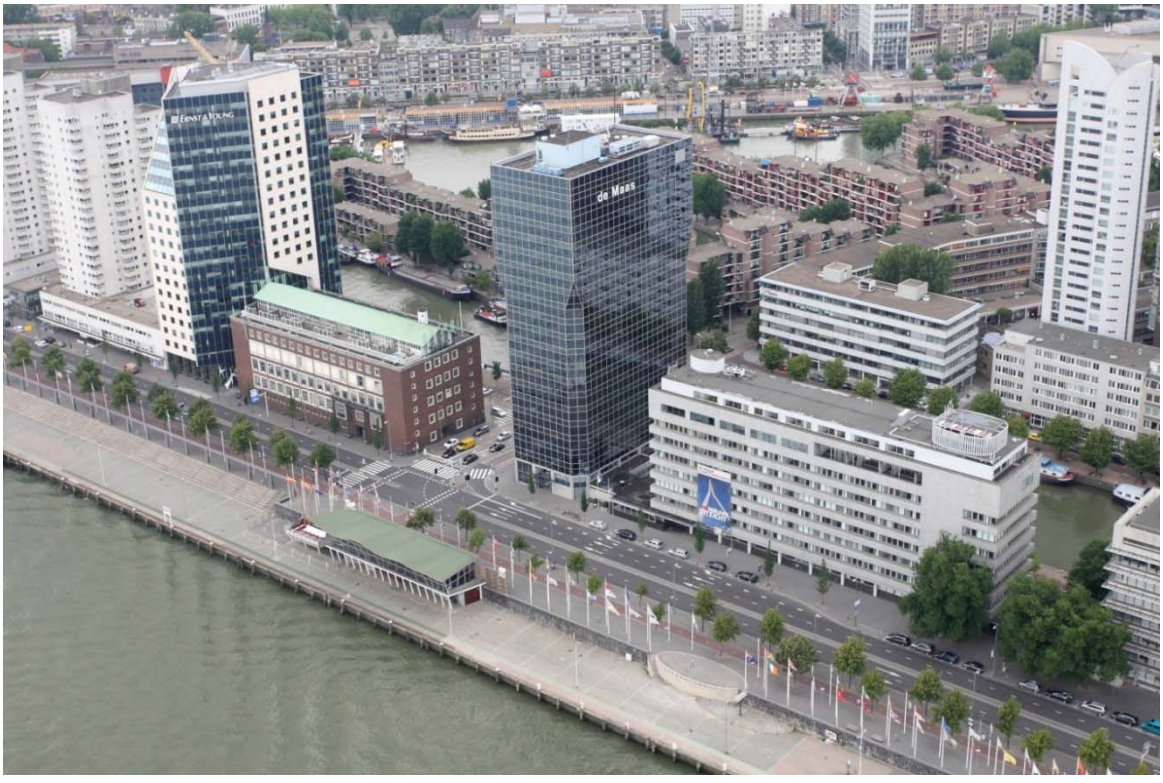
3.4 Holland – uden for diger og klitter

Det overordnede billede viser, at de fleste områder i Holland er beskyttet mod oversvømmelser, eller områderne ligger relativt højt i forhold til de lokale oversvømmelsesniveauer. Men der er dele i Holland, der ikke ligger bag diger og klitter, og som kan være sårbare over for oversvømmelser. Antallet af mennesker, der bor i disse områder, værdien af fast ejendom og industrier og det økonomiske bidrag fra disse områder er betydeligt. Især i Stor-Rotterdam området er der store områder uden for de inddigede områder, som vist i figur 3.6. Disse områder ligger langs bifloderne og kanalerne og ligger relativt højt sammenlignet med områderne bag digerne.

I andre dele af Holland er der områder uden for de beskyttede områder, for eksempel på toppen af digefronten og tæt på havnene, men omfanget og deres værdi er generelt meget mindre end i Stor-Rotterdam-området. Der vil derfor være fokus på Rotterdam-området.



Figur 3.6 Højden af terrænoverfladen i forhold til det normale havniveau (NAP) for den del af Rotterdam, der omgiver Nieuwe Maas-floden. Områder beskyttet mod oversvømmelser er vist med skravering (data-kilde Rijkswaterstaat). Området i det røde felt vises i figur 3.7.



Figur 3.7 Eksempel på et område i Rotterdam på Nieuwe Maas havnefronten, der ikke er beskyttet mod oversvømmelser (kilde: Rijkswaterstaat. For placering se figur 3.6).

3.4.1 Klimaudfordring

Klimaudfordringen for Stor-Rotterdam-området er en kombination af vandstandsstigninger og flodoversvømmelser. Stigningen i havniveauet betyder, at flodoversvømmelserne vil blive større. Stormflodsbarrieren (Maeslantkering) på havsiden af Rotterdam er effektiv til at reducere effekten af stormfloder fra Nordsøen, men har ingen effekt på den gradvise stigning i det gennemsnitlige havniveau.

3.4.2 Rammevilkår

Viden om rammevilkårene for beskyttelsen og højden af digerne, som beskytter områderne inden for digerne i området, er let tilgængelige. Disse rammevilkår er blevet brugt som input til beregninger af hyppigheden og omfanget af oversvømmelser af områderne uden for digerne.

Sikkerhedsniveau

I modsætning til områderne inden for digerne, har områderne uden for digerne i Holland ikke et officielt sikkerhedsniveau. En indikation af sikkerheden mod oversvømmelse kan fås fra undersøgelser af sandsynligheden for oversvømmelser. Det faktiske sikkerhedsniveau afhænger af den lokale terrænhøjde og højden af omgivende områder.

Lovgivning

Der er ingen lovgivning, der omfatter beskyttelse (eller mangel på beskyttelse) mod oversvømmelse i områderne uden for digerne. I områder, som ikke er påvirket af saltvand, vil der blive tildelt økonomiske midler i tilfælde af en oversvømmelse – dette er omfattet af lovgivningen. Arten af oversvømmelse (ferskvand eller saltvand) er således af betydning.

I Delta-programmet er der opmærksomhed på områderne uden for digerne i Stor-Rotterdam-området. For et af områderne vil der blive igangsat en officiel undersøgelse for at se, om en flerstrenget tilgang (forebyggelse, evakuering og genopretning) kan give yderligere sikkerhed. Denne procedure omfatter en multi-cost-benefit-analyse og sammenligning af alternative tilgange.

Finansiering

Der findes ingen finansiering på nationalt plan eller fra vandbestyrelsen, der kan bruges til beskyttelse mod oversvømmelse i disse områder.

Forsikring

I disse områder er det ikke en mulighed at forsikre sig mod oversvømmelser.

Organisation

Den nationale regering og de regionale parter, herunder vandbestyrelser, har ingen formel rolle i disse områder. Kommunen er som regel den part, der føler ansvar for situationen og for at beskytte området. For de sager, der indgår i Delta-programmet, udpeges en ledende part.

3.4.3 Relation til den danske tilpasning til havvandsstigning

I mange henseender kan situationen i områderne uden for digerne i Holland sammenlignes med den danske situation. Truslen om vandstandsstigning er ikke altid umiddelbart forestående, men i det lange løb vil truslen om oversvømmelser stige væsentligt. Påvirkningerne på menneskeliv og investeringer samt konsekvenserne for økonomien og samfundet er forskellige for hver placering, da de er afhængige af den lokale situation.

Socioøkonomiske cost-benefit-analyser er blevet udført for forskellige situationer, scenarier og foranstaltninger, og disse viser forskelle for de forskellige situationer. Nogle steder er fordelene ved fælles beskyttelsesforanstaltninger (diger, oversvømmelsesmurer) større end omkostningerne, mens det for andre situationer er beskyttelsesforanstaltninger på husstandsniveau (fugtisolering af stueniveau), der er mest gavnlige. For nogle situationer overstiger omkostningerne til beskyttelsesforanstaltningerne de fordele, der opnås ved beskyttelsen. Vurdering af risikoen for

oversvømmelser i disse områder i Holland drager fordel af betingelserne og vidensgrundlaget fra områderne med beskyttelse: oplysninger om oversvømmelsesniveauer, bølger og afstrømning ved forskellige gentagelsesintervaller er let tilgængelige.

Selv med tilgængelige oplysninger fra de socioøkonomiske cost-benefit-analyser har det vist sig at være vanskeligt at træffe beslutninger om lokale fremgangsmåder og beskyttelsesforanstaltninger for disse områder. Spørgsmål om de finansielle aspekter (hvem vil betale), og om ansvaret i tilfælde af en oversvømmelse synes at forhindre gennemførelsen af fornuftige beskyttelsesforanstaltninger. Der er et klart behov for lovgivning, organisation og finansielle ordninger.

Der er klart nogle erfaringer, der kan drages fra de ubeskyttede dele i Holland, men den vellykkede vej til en aktiv gennemførelse af beskyttelsen mod oversvømmelser er endnu ikke klar. Beskyttelsen af disse områder i Holland er under debat, og den politiske beslutningsproces vil tage mindst 15 år, og dertil vil aktiviteterne i Delta-programmet tage nogle flere år.

3.5 England

På nationalt niveau har England en oversvømmelses- og risikostyringsstrategi: Forstå risici, styrk og bemyndig fællesskaber til handling, opbyg modstandskraft og robusthed. Den nationale oversvømmelses- og kysterosions risikostyringsstrategi for England stammer fra 2011. De seneste oversvømmelser har fremskyndet planerne for beskyttelsesordninger.

3.5.1 Klimaudfordring

Fremskrivninger af havstigninger og scenarier er tilgængelige i England. Kystlinjen for Storbritannien er lang og vender ud mod Atlanterhavet, Den Engelske Kanal, Nordsøen og Det Irske Hav med meget forskellige vilkår i form af tidevand og bølger. Derudover resulterer udformningen af nogle flodmundinger i ekstreme tidevandsniveauer. I mange situationer stammer klimaudfordringerne fra fremtidige forhøjede vandstande i havet, der forhindrer afstrømning af flod- og regnvand. De regionale og endda lokale udfordringer i form af forhøjede vandstande kan afvige fra de nationale fremskrivninger. Om de forhøjede vandstande vil resultere i store tab på ejendomme og andre økonomiske skader afhænger af det lokale terrænniveau. Antallet af ejendomme, der er truet af kysterosion, er relativt begrænset (i størrelsesordnen et par hundrede ejendomme).

3.5.2 Rammevilkår

Rammebetingelser i form af havstigningsscenarier for hele England er veletablerede. Rammerne i en mere detaljeret form for de regionale eller lokale forhold er imidlertid mindre klare.

<u>Sikkerhedsniveau</u>

Der er ikke lovgivningsmæssigt fastlagt et sikkerhedsniveau for oversvømmelser.

<u>Lovgivning</u>

Under loven for oversvømmelse og vandforvaltning (2010) er det nationale ansvar for Englands håndtering af oversvømmelses- og kysterosions risikostyring lagt i DEFRAs (Department for Environment, food and rural affairs) hænder. Der er en omfattende lovgivning om oversvømmelser i Storbritannien, England samt i regionale og lokale skalaer.

Lovgivningen indarbejder en lang række spørgsmål, der omhandler beskyttelse mod oversvømmelse, herunder udpegning af beskyttelsesfunktioner. Dette gør det muligt at udpege strukturer eller fysiske eller menneskeskabte træk i miljøet, hvor en sådan struktur påvirker/mindsker risikoen for oversvømmelse eller risikoen for kysterosion. Når en sådan udpegning finder sted, må der ikke ske ændringer, fjernelse eller udskiftning af strukturen eller funktionen uden tilladelse fra den ansvarlige myndighed. Dette er et kraftfuldt middel for de myndigheder, der har ansvaret for beskyttelse mod oversvømmelse.

Finansiering

DEFRA yder finansiering til de myndigheder, der forvalter oversvømmelsesrisikoen gennem tilskud til Miljøstyrelsen og lokale myndigheder. Fordele og omkostninger ved styring af risici skal følge retningslinjer baseret på HM Treasury Green Book. Investeringerne og de økonomiske fordele ved projekterne offentliggøres.

Regeringens finansiering og ressourcer prioriteres for at opnå den største reduktion i risiko som muligt, enten som følge af direkte investeringer eller via støtte til bredere finansieringskilder. Der foregår pt. en overgang til et nyt system for tildeling af nationale økonomiske midler til risikostyringsprojekter (begyndte i april 2012). Det nye system skal få de samlede investeringer til at stige ud over det niveau, som er overkommeligt for regeringen alene. Fokus vil fremover blive på mere lokale løsninger og valg, og på at fremme innovative, omkostningseffektive løsningsmuligheder, der samtidig øger niveauet for sikkerhed og gennemskuelighed.

Forsikring

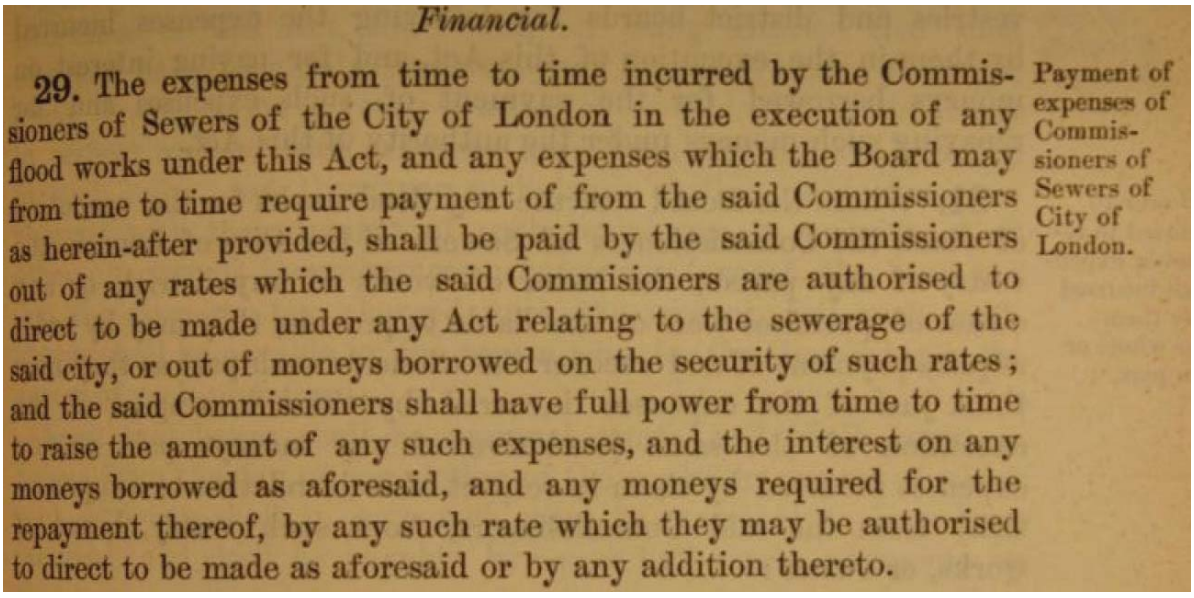
I England findes der hus- og ejendomsforsikringer, som dækker oversvømmelser. Men efter oversvømmelserne i de seneste år, hvor et stort antal husstande og ejendomme blev berørt, er der ved at blive udviklet en ny måde for oversvømmelsesforsikringer. En "ikke-for-profit-ordning" - Flood Re - er ved at blive udviklet for at muliggøre oversvømmelsesforsikringer, så forsikringsmuligheden forbliver overkommelig og tilgængelig for alle.

Organisation

Beskyttelse mod oversvømmelse og kysterosion er organiseret på nationalt plan og varetages af DEFRA og Miljøstyrelsen. Den rolle, som de lokale oversvømmelsesmyndigheder har, er også fastlagt i lovgivningen.

3.5.3 London og Themsen

En stor del af opmærksomheden for beskyttelse mod oversvømmelse i England er fokuseret på London, der ligger ved Themsens munding. Flere floder løber ud i flodmundingen. Resultatet er, at flere områder i Stor-London er i risiko for at blive oversvømmet fra flodmundingen og floderne. Spørgsmålet om håndtering af oversvømmelser og finansiering af oversvømmelsesbeskyttelse i London har en temmelig lang historie, for eksempel denne del fra Metropolis Management (Themsen Oversvømmelses Bekæmpelse) lovtilføjelse fra 1879:



Financial.

29. The expenses from time to time incurred by the Commissioners of Sewers of the City of London in the execution of any flood works under this Act, and any expenses which the Board may from time to time require payment of from the said Commissioners as herein-after provided, shall be paid by the said Commissioners out of any rates which the said Commisioners are authorised to direct to be made under any Act relating to the sewerage of the said city, or out of moneys borrowed on the security of such rates; and the said Commissioners shall have full power from time to time to raise the amount of any such expenses, and the interest on any moneys borrowed as aforesaid, and any moneys required for the repayment thereof, by any such rate which they may be authorised to direct to be made as aforesaid or by any addition thereto.

Payment of expenses of Commissioners of Sewers of City of London.

(fra Legislation.gov.uk)

London er beskyttet mod stormfloder ved Themsens barriere (en stormflodsbarriere). Fremtidige vandstandsstigninger og ændringer i nedbøren vil kræve opgraderinger af anlæggene til oversvømmelsesbeskyttelse, herunder renovering af Themsens barriere. En stor del af midlerne til oversvømmelsesbeskyttelse vil blive tildelt disse projekter for at klimasikre Stor-London. På grund af de store økonomiske værdier langs Themsen viser (socioøkonomiske) cost-benefit-analyser, at disse foranstaltninger klart er rentable.

3.5.4 Relation til den danske havvandsstigning

De fysiske rammer for den danske og den engelske kyst er på mange områder sammenlignelige (generelt, i forhold til tilgængelighed og med et oversvømmelsessikkert bagland). Lovgivningen om beskyttelse mod oversvømmelse er ret stringent. Den engelske fremgangsmåde kan anses som en »holistisk tilgang«, hvor der er nationale økonomiske midler til rådighed baseret på risikostyring til at dække alle typer af oversvømmelser og kysterosion. Prioritering af projekterne inkluderer fordele/goder ved projektet og muligheden for yderligere finansiering.

4. UDFORDRINGER VED KYSTSIKRING I DANMARK[13]

Den øgede risiko for stormfloder og de seneste års ekstreme hændelser har tydeliggjort, at de nuværende rammevilkår medfører en række udfordringer for en effektiv sikring af de danske kyststrækninger og beskyttelse af mennesker og samfundsværdier.

På baggrund af bl.a. gennemførte interviews, kommentarer fra det Rådgivende Udvalg og skrivebordsundersøgelser er der identificeret følgende væsentligste udfordringer i forhold til de nuværende rammevilkår for en effektiv kystbeskyttelse.

4.1 Fordelsvurderingen

I kystbeskyttelseslovens § 3 stk. 5 bestemmes, at finansieringen af kystbeskyttelsesforanstaltninger "kan pålægges grundejere, der opnår beskyttelse ved foranstaltningen, eller som i øvrigt opnår en fordel derved." Det fremgår dog ikke klart af loven, hvor grænsen går for, hvornår en grundejer " i øvrigt opnår en fordel ".

Ansvarsforholdene opleves derfor som uklare, og det er til stadighed en udfordring at fordele bidragspligten i projekter. Det er svært at definere, hvem der er beskyttet fx i byområder, eller hvor kystbeskyttelsesforanstaltninger på grund af de forventede klimaændringer dimensioneres til at beskytte længere ind i landet end de grundejere, der tidligere har været berørt af oversvømmelser.

Af forarbejderne fremgår det, at også bagvedliggende ejendomme, som ikke direkte opnår beskyttelse, men dog en økonomisk fordel, kan pålægges bidragspligt, ligesom det antages, at kommunen med hjemmel i kommunalfuldmagten kan bidrage økonomisk til et projekt, hvis der findes en form for begrundet interesse i projektet.

Kystbeskyttelsesloven sætter dog på ingen måde klare retningslinjer op for, hvornår en kommune har en begrundet interesse i et projekt, fordi det beror på en vurdering af "*at opnå en fordel*" og en interesseafvejning ud fra et overordnet princip, "*almennyttekriteriet*".

Kommunens interesse kunne for eksempel ligge i sikring af trafikale forhold mod oversvømmelse eller sikring af kystlandskab og øvrige naturskønne forhold, som ikke begunstiger konkrete private ejendomme. I sådanne tilfælde vil der typisk skulle ske en fordeling af projektomkostningerne mellem den begunstigede ejendom og kommunen som repræsentant for de almene interesser.

Det opleves som en udfordring at afgrænse, hvem der er bidragspligtig eller beskyttet, og dermed er det en udfordring, at denne "fordelsvurdering" ikke er nærmere reguleret.

4.2 Privat ansvar og finansiering

Som ovenfor anført påhviler ansvaret for finansiering og gennemførelse af kystbeskyttelse den enkelte grundejer. Dette kan være en uforholdsmæssig stor økonomisk byrde for den enkelte grundejer.

Det opleves som en stor udfordring at sikre den nødvending finansiering, og der er et udtalt ønske om, at kystbeskyttelsesopgaven i højere grad varetages og finansieres af det offentlige. Det fremhæves i den forbindelse som urimeligt, at den offentlige finansiering er begrænset til kyststrækninger langs den jyske vestkyst ved Vadehavet og det tidligere Ringkøbing Amt.

[13] Havvand på land – Forvaltning- Klimatilpasning i praksis, November 2014, Region Midtjylland og Rambøll.

4.3 Kystdirektoratets kystbeskyttelsesstrategi og ny teknologi.

Lovgivningen, som den er i dag, medfører, at ansvaret for kystbeskyttelse ligger hos den enkelte grundejer, men samtidig begrænser lovgivningen i vid udstrækning grundejerens muligheder for effektivt at beskytte sin ejendom, herunder frit at vælge beskyttelsesforanstaltning.

Det opleves af mange grundejere som en stor udfordring, at Kystdirektoratet typisk ikke tillader beskyttelse af erosionstruede ejendomme og ofte alene tillader beskyttelsesforanstaltninger i form af sandfordring, uanset at grundejere vurderer, at etablering af stenrev eller anden hård sikring vil være mere robust og økonomiske rentabel.

Det er i den sammenhæng blevet anført, at Kystdirektoratets strategirapport fra 2011 er en lovgivningsmæssige barriere mod hensigtsmæssige helhedsløsninger[14], og forhindrer en effektiv kystbeskyttelse ved netop at prioritere bløde løsninger.

4.4 Faglighed og beskyttelsesniveau

Der til kommer, at kommunerne og grundejerne har svært ved at forstå de komplicerede kystprocesser og finde ud af, hvad der er mest optimalt for at kystsikre netop det aktuelle område. Der findes derfor sjældent på kreative eller multifunktionelle løsninger.

Sikring af den rette faglighed og kapacitet i forhold til gennemførelse af kystbeskyttelsesprojekter påpeges som en anden væsentlig udfordring.

Der er rigtig mange interessenter, der skal høres undervejs i et projekt om kystbeskyttelse, og det opleves, at kravene og ønskerne til den måde, kystbeskyttelse skal udføres på, ikke er kendt lokalt.

Det anføres, at det ikke kan forventes, at alle kommuner har en ekspert siddende med den nødvendige viden og forståelse for kystprocesser, bølgebelastning, bølgebrydning mv., hvilket betyder, at projektet skal frem og tilbage mellem ansøger og myndigheder flere gange, inden der foreligger et projekt, som Kystdirektoratet kan godkende. Det giver en lang sagsbehandlingstid, og flere interessenter ønsker, at ansøgningsprocessen kan optimeres.

Hos nogle kommuner savnes der således en generel prioritering af området samt mere viden om praksis i Danmark, faglig viden om kystprocesser, og hvordan man fastsætter det niveau, der skal beskyttes til.

Denne mangel på prioritering og faglighed i kommunerne påpeges af nogle som en udfordring. Der henvises i den forbindelse til manglen på et nationalt beskyttelsesniveau, der forholder sig til, hvilke beskyttelsesniveauer de enkelte grundejere og kommuner skal ligge til grund ved deres planlægning af kystbeskyttelsesforanstaltninger eller udarbejdelse af klimatilpasningsplaner og risikostyringsplaner.

Andre efterspørger en mere overordnet prioritering af samt helhedsløsninger for samlede kyststrækninger[15] som et støtteredskab i forbindelse med kommunernes behandling af kystbeskyttelsessager.

4.5 Anden planlægning

Ved gennemførelse af nye projekter fx større anlægsprojekter i kystområder er det afgørende, at der tages højde for de risici, klimaændringerne på sigt vil medføre.

Det opleves, at tilpasningen ikke i tilstrækkelig grad tænkes ind i anden planlægning og andre

[14] http://ing.dk/artikel/kronik-ideologi-blokerer-kystsikring-171874
[15] http://ing.dk/artikel/kronik-ideologi-blokerer-kystsikring-171874

projekter, hvorfor man ofte afskærer sig fra de samfundsmæssigt mest hensigtsmæssige løsninger med dobbeltfunktioner og lignende, men i stedet ser en større tiltro til traditionelle projekter og processer.

4.6 Koordinerede og tværkommunale projekter

En konsekvens af, at ansvaret for kystbeskyttelse ligger hos den enkelte grundejer, er, at opgaven kan være meget svær at løfte, hvis ikke der er en fælles forståelse af problemets omfang blandt grundejerne i et givent område.

Om end Kystbeskyttelsesloven kap. 1a pålægger kommunerne en procesfacilliterende rolle, er der ikke i loven krav om at fremme koordinerede løsninger, eller krav om en proces for gennemførelse af kystbeskyttelsesprojekter, der går på tværs af de kommunale grænser.

Tværkommunale samarbejder har således vist sig som en udfordring, som vurderes at være særligt afgørende for kapacitet til effektivt at beskytte udsatte områder imod oversvømmelse fra havet.

4.7 Kompleks lovgivning

Endelig er der en lang række af forskellige love og bekendtgørelser, der skal iagttages og overholdes ved gennemførelsen af et kystbeskyttelsesprojekt.

Dette betyder, at sagsbehandlingen er kompleks og ressourcekrævende med udgifter til udarbejdelse af beregninger og vurderinger. Dette opleves i sig selv som en udfordring for en effektiv kystbeskyttelse.

5. KAPACITET TIL HÅNDTERING AF KLIMATILPASNING OG KYSTSIKRING

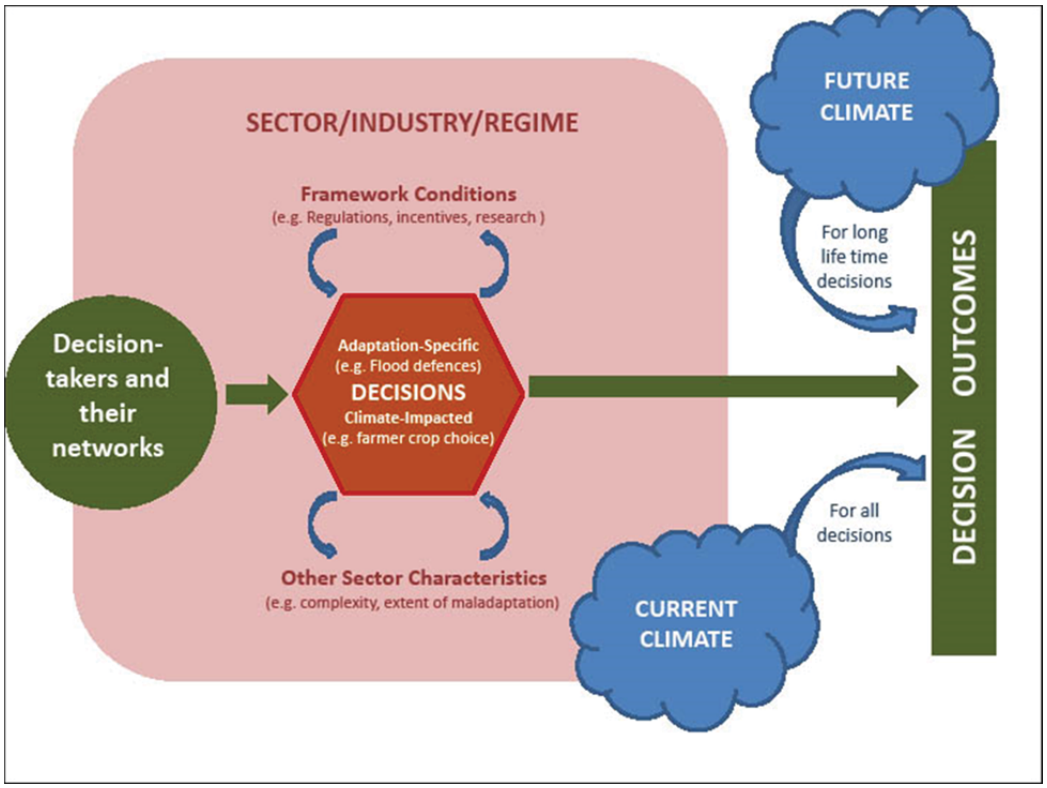
Forskellige projekter har vist, at de nødvendige rammebetingelser for at støtte uerfarne og måske lidt uvidende beslutningstagere i deres bestræbelser på at fremme robustheden over for klimabetingede havvandsstigninger, vil være meget forskellige fra de rammebetingelser, der kræves for at støtte mere erfarne og måske meget mere kompetente beslutningstagere. "One size" rammevilkår passer ikke alle: De skal finjusteres både til Danmarks geografi og klimaudfordringerne, men også til særlige behov for beslutningstagerne, både nu og i fremtiden. På grund af dette er der gennemført en undersøgelse af kapaciteten hos danske beslutningstagere i kystnære områder.

I dette afsnit:

- Defineres relevante termer.
- Diskuteres vigtige interaktioner mellem kapacitet og rammer.
- Opstilles en metode til at vurdere forskellige niveauer af kapacitet, og til at vurdere, hvor kapaciteten skal være størst, og hvor lavere kapacitet vil være tilstrækkelig.
- Gennemgås resultaterne af undersøgelsen omkring kapacitet blandt kystnære beslutningstagere i Danmark
- Identificeres huller og stærke områder.
- Opsummeres den støtte, der er nødvendig for hvert kapacitetsniveau.
- Anbefales mulige fremgangsmåder til at udfylde hullerne og øge styrkerne.

5.1 Definitioner

Tilpasning kan ses som at tage beslutninger, der skaber passende resultater (som regel bedre), og som er mere robuste over for nuværende og potentielle fremtidige klimapåvirkninger, end de ellers ville have været. Havvandsstigning er et eksempel på en sådan indvirkning, der skal træffes beslutninger om. Figur 5.1 viser de faktorer, der har indflydelse på at træffe stærke beslutninger.



Figur 5.1 Faktorer som har indflydelse på beslutningstagernes effektivitet (fra DEFRAs PREPARE projekt, 2013).

Det fremgår af figur 5.1, at det at træffe stærke beslutninger afhænger af:

- Kapaciteten hos beslutningstagerne til at identificere de relevante beslutninger og træffe dem godt[16].
- Støtten, beslutningstagerne får fra deres netværk.
- Karakteren af de nuværende og fremtidige klimapåvirkninger (og dermed niveauet af den udfordring, man står overfor).
- Tilstrækkeligheden af rammevilkårene, der påvirker beslutningen.
- Beslutningens andre karakteristika – fx kompleksiteten af interessenter, omfanget af tidligere dårlig tilpasning, osv.

En god tilpasning kræver derfor både gode kompetencer til at identificere gode beslutninger og gode rammebetingelser for at støtte disse foranstaltninger.

5.1.1 Definition af kapacitet

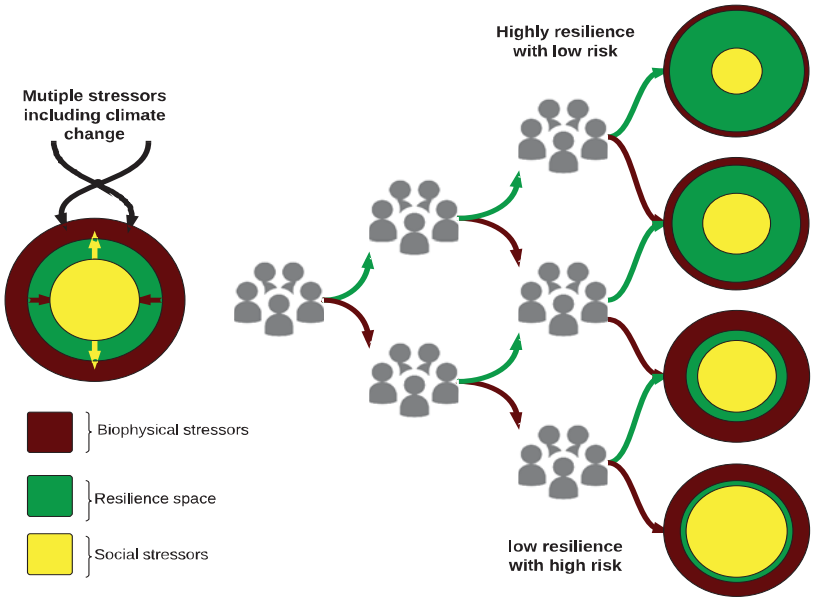
Set i en bredere kontekst i forhold til klimaændringer, defineres kapacitet som følgende:

> *Kapacitet defineres som et systems (fx en by, en nation, en vandmyndighed) evne til at designe og implementere tilpasningsstrategier for at tilpasse sig oplysninger om faktiske eller potentielle klimaændringer (herunder klimavariationer og ekstremer) til moderat potentielle skader, til at udnytte mulighederne, eller til at klare konsekvenserne.*

Dette er en mindre ændring af IPCCs definitionen af tilpasningskapacitet og svarer til den, der anvendes i den britiske Climate Change Risikovurdering, 2012. Den vigtigste ændring er, at ordene i rødt er blevet tilføjet til IPCC's definition. Dette skyldes, at mennesker er i stand til at bruge natur- og samfundsvidenskab til at foretage komplicerede forudsigelser om fremtidens klima, i modsætning til blot at reagere på ændringer, der har fundet sted i klimaet. Med andre ord, mennesker er i stand til at tilpasse sig til det, der endnu ikke er sket, men som kan forventes at ske.

Dette er en vigtig forskel. Mange menneskelige beslutninger varer mange årtier, selv århundreder. Det gælder især beslutninger, som påvirker infrastruktur eller bygninger – netop de steder, hvor mange tilpasningshandlinger skal fokuseres. Når en beslutning om at erstatte eller renovere et vigtigt socialt, økonomisk eller miljømæssigt anlæg - fx et nyt hospital eller kloaksystem - er truffet, er det muligt at foretage meget betydelige ændringer relativt let. Men den næste lejlighed, hvor det igen bliver muligt at foretage væsentlige ændringer, opstår sandsynligvis først igen om mange årtier. I mellemtiden kan der potentielt opstå alvorlige skader, hvis anlægget ikke kan modstå ændringer. Vigtigheden af at træffe sådanne beslutninger blev anerkendt af IPCC i deres rapport fra 2014, se figur 5.2.

[16] "Godt" betyder ikke nødvendigvis "korrekt". Det fremtidige klima er ikke sikkert, og derfor kan der forventes nogle fejl i et ambitiøst program



Figur 5.2: Vigtigheden af at træffe rigtige beslutninger for at skabe robusthed, IPCC 2014

Ovenstående diagram i figur 5.2 viser, hvordan dårlige beslutninger i forbindelse med et hurtigt skiftende klima let kan låse beslutningstageren (og de der er berørt af beslutningerne) i en meget urobust vej, hvor det praktisk talt er umuligt at bryde ud fra inden for en rimelig økonomi. Dette er særligt vigtigt ved langsigtede beslutninger.

Denne definition kan nemt anvendes på aspekter af havvandsstigning som følge af klimaændringer i Danmark. For eksempel kan etablering af en dårligt beskyttet industriel bebyggelse eller fornyelse af et havneområde på sigt vise sig at have været en god mulighed for at bygge beskyttelsesforanstaltninger. Dette gælder ikke kun for den særlige bebyggelse, men potentielt også for andre interessenter. Dårlige beslutninger kan nemt lukke fremtidige forbedringer ude.

5.1.2 Definition af rammevilkår

Rammevilkår defineres på følgende måde:

> *Institutionelle ordninger, der understøtter eller hindrer organisatoriske eller individuelle aktører i at agere i tide for at opretholde og om muligt øge den sociale, miljømæssige og økonomiske velfærd som svar på udfordringerne fra klimaændringerne og/eller ekstreme vejrforhold.*

Beslutninger, som påvirker reaktioner på klimaændringer, finder sted inden for et komplekst og meget interaktivt sæt af institutionelle ordninger. Det er helt klart vigtigt, at disse hjælper til at træffe gode og rettidige beslutninger i forhold til robustheden over for stigende havvandstande (og andre klimapåvirkninger), og at de minimerer dårlige beslutninger så meget som muligt.

Det er vigtigt at erkende, at definitionen ikke er begrænset til statslige eller kommunale regler og bestemmelser. Mens statslig handling er vigtigt og kan være central i nogle tilfælde, omfatter definitionen af rammevilkårene for eksempel også industriregler og specifikationer, læring på universiteter, økonomiske incitamenter eller barrierer osv. Det omfatter også forskningsprogrammer, som typisk (men ikke nødvendigvis) er finansieret af staten.[17]

[17] Nogle gange bruges ordet "regime" (for eksempel af den hollandske teknologi sociolog Frank Geels) til at beskrive konteksten for beslutningstagen. "Rammevilkår" kan ses som en vigtig del af Geels "regime".

De væsentlige elementer i disse institutionelle ordninger er typisk fremkommet for mange år siden og på et tidspunkt, hvor klimapåvirkninger ikke blev diskuteret i samme omfang som i dag. Det betyder, at rammevilkårene dækker meget mere end reaktion på klimaændringer, og at der må påregnes nogle ændringer for at gøre dem tidssvarende. Imidlertid er rammevilkårene ofte komplekse, og beslutningstagerne har i betydeligt omfang "lært" deres regler mv. Det vil sige, at reglerne eller deres underliggende antagelser ikke behøver at blive tænkt aktivt ind hver gang, da de ofte bliver semi-bevidst (meget ofte endda ubevidst) ageren eller "tommelfingerregler". Det betyder, at vigtige aspekter i rammevilkårene tages for givet og faktisk er usynlige.

Rammevilkårene kan til en vis grad blive udforsket og diskuteret. Men vigtige aspekter vil ofte først blive identificeret, når de eksisterende rammevilkår bliver utilstrækkelige - fx når en beslutningstager forsøger at gøre noget anderledes og ambitiøst (såsom at tilpasse sig stigende vandstand i havet), der var uden for den historiske ramme.

Vigtige konsekvenser er derfor:

- I en tid præget af ændringer, som fx havstigning knyttet til klimaforandringer, er det usandsynligt, at rammevilkårene vil forblive egnet i ubegrænset tid.
- Det bliver svært præcist at specificere alle de ændringer, som vil være nødvendige.
- Områder, som er en barriere for nødvendige ændringer, kan bedst identificeres, når ambitiøse planer fejler.

5.1.3 Sammenhæng mellem kapacitet og rammevilkår

Stærke rammevilkår er afgørende for at udvikle kapacitet.

Forskning foretaget af det britiske miljøministerium (DEFRA) i 2012/13 har specifikt forsket i, hvad der var nødvendigt for at opbygge kapacitet. Dette var en stor undersøgelse med kvantitative telefoninterviews af 1.950 organisationer af forskellige typer og dybdegående interviews af 74, som var udvalgt til at repræsentere forskellige niveauer af kapacitet. Undersøgelsen udført på britiske organisationer viser resultater, der er i overensstemmelse med en lang række andre undersøgelser foretaget i mange forskellige lande (i Europa, Afrika og Asien).

Den britiske undersøgelse viste at:

a. Organisationernes samlede kapacitetsniveau for klimatilpasning er meget lavt, en konklusion som i overensstemmelse med mange andre projekter.
b. Eksternt pres fra rammevilkårene (og til en vis grad også støtte, men især pres) er afgørende for at tage de første skridt til at opbygge kapacitet.
c. Eksternt pres fra rammevilkårene er fortsat vigtig, hvis ydeevnen skal forbedres. Det gælder også for relativt stærke organisationer, som er tilbøjelige til at trække sig tilbage, hvis pres og støtte fra rammevilkårene ophører eller reduceres.
d. Den type pres og støtte fra rammevilkårene, som er nødvendig på forskellige kapacitetsniveauer, er forskellig.
e. Antallet af organisationer med tilstrækkelig høj kapacitet, og som derfor ikke umiddelbart har brug for støtte eller pres fra rammevilkårene, er så få (under ca. 1 % af organisationerne), at de ikke kan identificeres via tilfældig udvælgelse.
f. Selv på de højeste kapacitetsniveauer er støtte fra rammevilkårene nødvendig (for at styrke avancerede organisationer, der har brug for at inkludere andre organisationer med lavere kapacitet i deres arbejde med klimatilpasning).
g. Organisationer med høj kapacitet gør en stor indsats for at forbedre rammevilkårene, da utilstrækkeligheden af de eksisterende rammevilkår ofte ses som en væsentlig barriere for deres indsats.

Der er behov for høj kapacitet til at udvikle og forbedre rammerne

Ovenstående viser, at rammevilkårene skal bruges til at udvikle beslutningstagerne, og at rammevilkårene i sig selv nok også er nødt til at ændre og udvikle sig. Samspillet mellem de forskellige aspekter i rammevilkårene gør det udfordrende at identificere og gennemføre de nødvendige og gavnlige ændringer. Sådanne ændringer skal fungere godt på tværs af en række beslutningstagere på forskellige kapacitetsniveauer. Ændringer af rammevilkårene er en aktivitet, som klart kræver meget høj kapacitet.

Denne korte diskussion viser, at det ikke er muligt at se på rammevilkårene isoleret fra kapacitet. Begge skal være centrale fokusemner i ethvert strategisk tilpasningsprogram til fx havvandsstigninger og stormfloder, og begge interagerer på vigtige måder.

5.2 Vurdering af kapacitet

5.2.1 En simpel metode til at vurdere kapacitet

Forskning udført i Storbritannien og i andre (hovedsageligt europæiske) lande fra 2007 til dato, har givet en evidensbaseret viden til at vurdere den organisatoriske kapacitet til tilpasning til klimaeffekter såsom havvandsstigning. Den underliggende begrebsramme (PACT) blev af en ekspertgruppe i 2010[18] vurderet til at være bedst dækkende set på verdensplan.

Kapacitet til klimtilpasning udvikler sig i fem forskellige faser, som vist nedenfor. Procenter i parentes henviser til det antal byer, der er identificeret i en undersøgelse af 196 europæiske byer gennemført i 2012-13 under projektet: Tilpasningsstrategier for europæiske byer (ASEC)[19]:

Meget lav kapacitet (8,2 % af de europæiske byer):

Disse organisationer tilpasser sig ikke til havstigninger og andre klimapåvirkninger og ser ingen grund til at gøre det. Mens nogle af dem vil have ret i denne antagelse, selv i kystområder, tager mange alligevel beslutninger, der kræver tilpasningsforanstaltninger. De tror, at de vil stå over for få eller ingen vanskeligheder, hvis de besluttede at handle. Men de viser en lille eller ingen forståelse for klimadagsordenen - eksempelvis forveksler de afværgeforanstaltninger med tilpasningshandlinger.

Disse organisationer vil ikke handle, medmindre de ser meget klare økonomiske fordele i at gøre det. Opgaven er at mobilisere en indsats hos dem, der har brug for at handle, og helst på et relevant og rettidigt tidspunkt.

2. Lav kapacitet (68 % af de europæiske byer, 77 % er på eller under dette kapacitetsniveau):

Disse organisationer erkender, at de har brug for at handle vedrørende aktuelle ekstreme hændelser som fx stormfloder, men de er endnu ikke begyndt at gøre det (klimaforandringerne er endnu ikke på deres radar). Alternativt kan de være begyndt at handle, men de har indtil nu gjort meget få fremskridt. De har typisk endnu ikke vurderet de aktuelle risici, eller hvordan disse kan ændre sig som følge af fremtidige klimaændringer. De har typisk endnu ikke tildelt budgetter eller defineret ansvarsområder.

De erkender kompleksiteten af udfordringen. Deres motivation er typisk, at de ikke vil være fremragende, men snarere være "gode nok" til at undgå at virke uvidende på et fagområde, som de ikke forstår særlig godt (også her forveksles tilpasning og afhjælpende foranstaltninger). De har lidt eller ingen idé om, hvad de skal gøre først.

[18] Lonsdale, K.G., Gawith, M.J., Johnstone, K. Street, R. B., West, C. C. and Brown, A. D (2010) Attributes of Well-Adapting Organisations. A report prepared by UK Climate Impacts Programme for the Adaptation Sub-Committee of the Climate Change Committee.

[19] Ballard, D.I., N. Kent, S. Wynne, 2013. PACT & Survey Analysis Report. Appendix 9 to Adaptation Strategies for European Cities Final Report (2013) compiled by Ricardo-AEA for the European Commission Directorate General Climate Action

Stærke rammevilkår er afgørende for, at disse organisationer begynder og fortsætter med at handle. Der er behov for at give simple strukturer, råd og støtte til organisationerne, så de begynder at engagere sig i klimatilpasningsdagsordenen.

3. Mellem kapacitet (16 % af de europæiske byer, 93 % er på eller under dette kapacitetsniveau):

Organisationer på dette niveau er begyndt at handle ud fra de nuværende risici og vil have tildelt budgetter til aktiviteter og tildeles ansvar for at gøre det. De begynder at se muligheder og reagerer på risici. De kan have en vis bevidsthed om de fremtidige klimapåvirkninger, fx at risici vil øges, efterhånden som havniveauet stiger, men typisk betragter de dette som et arbejde ud i fremtiden snarere end som område, der skal prioriteres nu.

De står over for opgaven om intern forandring, med fokus på at ændre processer for at løse de aktuelle risici. Arbejdet er typisk blevet uddelegeret til tekniske ledere, der (med rette eller urette) ofte rapporterer, at de kun oplever lidt støtte fra topledelsen. Ekspertisen er nu højere, men ofte med store videnshuller. Ledere på dette niveau rapporterer ofte, at de oplever modstand fra 'klimaskeptikere'.

Organisationer på dette niveau ses ofte som førende på området, og de har tendens til at overvurdere deres egen kapacitet. Men de er stadig afhængige af stærke rammevilkår for at opretholde den interne støtte. Desuden er de ikke endnu i tilstrækkelig grad begyndt at arbejde med fremtidige virkninger og er ikke bliver fortrolige med at tage langvarige beslutninger.

På dette stadie er organisationerne blevet meget mere selvmotiverende. De kan se fordelene ved at handle og kan være mere forberedte på at finansiere aktiviteten. Formålet med rammevilkårene er derfor at bistå professionaliseringsprocessen.

4. Høj kapacitet (7 % af de europæiske byer er på eller over dette kapacitetsniveau):

For første gang er disse organisationer konkret begyndt at forberede sig på fremtidige havstigninger og andre fremtidige virkninger af klimaændringerne. Disse organisationer er klar til at deltage i 'gennembrudsaktiviteter", og er på udkig efter radikalt nye tilgange.

Deres indsatsområde skifter fra egen organisation til et bredere netværk af organisationer, som er nødvendig for udvikling og innovation - herunder rådgivere og leverandører. Som følge af dette, bliver cost-benefit beregningerne meget mere udfordrende.

Nogle personer i organisationen vil være på et meget højt fagligt niveau og vil være meget motiverede. De vil være bange for at miste støtte fra topledelsen, og de kan føle sig presset for ikke at glide bagud rent fagligt. Den interne forandring fortsætter, men den er meget bedre indarbejdet og integreret i organisationen.

Ovenstående procentsats kan overvurdere antallet af byer med høj kapacitet. Det er sjældent, at man finder disse organisationer i tilfældige undersøgelser som den gennemførte (fx kunne man kun identificere én i en undersøgelse af 1.950 britiske organisationer i 2013).

5. Meget høj kapacitet (ikke kvantificeret separat i 2012/13 undersøgelsen af de europæiske byer):

Dette er niveauet, hvor organisationen ser ud over de enkelte projekter for at tage fat i robustheden af et helt system set over tid, fx en by, et kystområde eller en industri. Tidsskalaer er meget længere, og forståelsen af risici over forskellige tidsskalaer er ekstremt høj. Fokus skifter til at øge kapaciteten af aktører i hele systemet som helhed. Det betyder, at en ændring af rammevilkårene typisk ses som relevant og bliver tillagt stor fokus.

Organisationer kan stræbe efter at nå dette niveau på grund af deres centrale formål (fx teknisk avancerede organisationer, der er arbejder inden for vandområdet eller statslige programmer). Alternativt kan de arbejde frivilligt på at nå dette niveau, hvis deres fokus er på at skabe en robust stuktur omkring sig, eller fordi de har indset, at deres egen robusthed afhæn-

ger af robustheden i de systemer, som de er en del af.

Disse organisationer er meget sjældne, men der er blevet identificeret nogle, der arbejder tæt på dette niveau i Europa.

5.2.2 Hvornår er der brug for høj eller lav kapacitet?

Ikke overraskende behøver kapaciteten ikke at være lige høj for alle organisationer på alle tider og under alle forhold.

- Kapaciteten skal være "høj", når der træffes store beslutninger om projekter, der er eller kan være i risiko for at blive oversvømmet fra havet, og som har en lang levetid, der strækker sig flere årtier ind i fremtiden. Årsagen til, at høj kapacitet er nødvendig, er kompleksiteten af sådanne beslutninger, vanskeligheden ved at tage højde for en usikker fremtid, og fordi de teknikker, der er nødvendige for at reagere på fremtidige ekstremer, ofte ligger uden for den gældende "business-as-usual". Det gør det nødvendigt med ny udvikling og innovative løsninger.
    - Eksempler på sådanne beslutninger er kystsikring, infrastruktur i kystområder, bolig eller industriel udvikling i kystområder, bevarelse af kystnære aktiviteter, hospitaler, skoler eller andre store offentlige faciliteter i kystområder.
- Kapaciteten kan være noget lavere (på "mellem" niveauet), når der skal tages kortsigtede beslutninger, hvis konsekvenser er vigtige, men hvor det er tilstrækkeligt at betragte de nuværende havrelaterede risici og ikke tage hensyn til fremtidige muligheder/risici relateret til klimaændringer. Dette skyldes, at mindre viden om fremtiden er påkrævet, og fordi løsningerne på udfordringerne allerede findes, så det ikke er nødvendigt med nye innovative løsninger.
- Kapaciteten bør være på det "meget høje" niveau, hvis en organisation tager ansvar for at koordinere aktiviteterne i andre organisationer, der falder ind under en af de to kategorier ovenfor. Dette skyldes, at disse organisationer både står over for problemerne ovenfor, og derudover står med den komplekse opgave at omstrukturere rammevilkårene i et bredere perspektiv.
    - Disse vil typisk være organisationer med ansvar for at udvikle eller gennemføre en del af rammevilkårene.
    - De kan have et lovbestemt ansvar om at tage denne rolle, eller de kan have taget den frivilligt.

Meget enkelt er "lav" eller "meget lav" kapacitet tilstrækkeligt, når ovenstående betingelser ikke gælder. Det vil sige:

- Når der ikke er nogen eller lav risiko for havstigning i en organisations ansvarsområde.
- Når der ikke skal træffes eller er udsigt til at skulle træffes vigtige langvarige beslutninger, som kan blive påvirket af fremtidige havstigninger.
- Når en organisation ikke har nogen officiel rolle. Det vil sige, den ikke er ansvarlig for at definere eller gennemføre organisatoriske ordninger, der påvirker, hvordan andre organisationer reagerer på havstigninger.
- Når en organisation har valgt ikke at påtage sig en frivillig rolle. Det vil sige, den definerer eller implementerer ikke organisatoriske ordninger, der påvirker, hvordan andre frivillig organisationer reagerer på havstigning.

5.3 Kapaciteten blandt kystnære danske beslutningstagere

5.3.1 Metode

Der er gennemført en online spørgeundersøgelse blandt kystnære beslutningstagere i Danmark. Formålet med undersøgelsen var at identificere vejledende kapacitetsniveauer for beslutningstagere og for organisationer med ansvar for rammevilkårene i danske kystområder. Der blev fokuseret på disse, fordi det er de organisationer, hvor der er mest brug for en høj kapaciteten (se

afsnit 5.2 ovenfor). Mens organisationer med ansvar for rammevilkårene, selv kan eller ikke kan tage beslutninger relateret til klimaændringer, træffer de alligevel strategiske beslutninger, som indvirker på effektiviteten af beslutninger truffet af andre organisationer.

Organisationerne blev udvalgt i samråd med det rådgivende udvalg. Næsten 50 % af organisationerne (39 organisationer) svarede på henvendelsen. Af de 39 organisationer havde alle enten en beslutningsrolle eller en rolle i forhold til rammevilkårene, og 77 % af de adspurgte havde begge roller.

Fremgangsmåden med spørgeskemaundersøgelse har været anvendt i tidligere projekter i udlandet. Selv om der tidligere er spurgt til klimapåvirkning generelt snarere end til en specifik indvirkning fra havvandsstigninger, vurderes metoden at give et godt input til at vurdere kapacitetsniveauet i Danmark i forhold til havvandsstigninger. Resultaterne er og vil forblive anonyme.

Overordnet indhentede spørgeskemaet oplysninger om:

- Respondentens rolle og ansvar, og hendes/hans organisations rolle og ansvar
- Omfanget af organisationens beslutningstagen og dens eventuelle rolle i forhold til rammevilkårene
- Selvvurdering af kapaciteten
- Opfattede risici af havvandsstigning

Derefter indsamlede spørgeskemaundersøgelsen overordnede oplysninger om de aktiviteter, som organisationen gennemfører eller planlægger. Disse spørgsmål var en forenklet version af PACT-systemet, som nævnt ovenfor.

Spørgsmålene fortsatte ind til kapacitetsniveauet var klart. På dette tidspunkt ville yderligere spørgsmål resultere i negative svar og ville dermed risikere at efterlade respondenten med en negativ oplevelse. Når dette tidspunkt var nået, blev respondenten stillet nogle åbne spørgsmål om forhold i de eksisterende rammevilkår, der hjalp eller hindrede deres arbejde. Endvidere blev de spurgt om andre organisationer, som de gik til for at få råd og støtte[20].

Der blev opnået en svarprocent på 50 %, hvilket betragtes som et stærkt resultat og grundlag for det videre arbejde. Det tog sammenlagt 10 til 15 minutter at udfylde spørgeskemaet.

I denne undersøgelse er kapaciteten defineret på denne måde: (dette er i overensstemmelse med de ovenstående definitioner):

- “Meget lav” kapacitet betyder: ”agerer ikke og har ikke planer om at agere”.
- ”Lav” kapacitet betyder: ”Anerkender et behov for at agere, men er endnu ikke begyndt/på et meget tidligt stadie”.
- ”Mellem” kapacitet betyder: ”Agerer på de aktuelle risici, men (endnu) ikke på fremtidige risici”.
- “Høj” kapacitet betyder ”Agerer på aktuelle risici og også på fremtidige risici”.

Det skal bemærkes, at disse definitioner ikke er fuldt ud tilstrækkelige. For eksempel vurderes kvaliteten ikke af de aktioner, som organisationer foretager i deres arbejde. Dette ville ikke være praktisk muligt at nå inden for spørgeskemaets tidsramme på 10 til 15 minutter. Resultaterne er derfor indikator på et øvre skøn over kapaciteten, mens den faktiske kapacitet sandsynligvis vil være noget lavere.

[20] Softwaren ‘Fluid Surveys’ blev brugt til undersøgelsen. Den giver de avancerede undersøgelsesevner nødvendige for denne øvelse.

5.3.2 Resultater af undersøgelsen

Samlet set var kapaciteten til at reagere på havstigning blandt de kystnære danske beslutningstagere noget (men ikke signifikant) højere end kapaciteten til at reagere på klimabegivenheder mere generelt hos de europæiske byers administrationer:

Alle organisationer	Dansk undersøgelse, 2015 (n = 39)		Europæiske byer, (2012/13) (n = 195)	
Meget lav kapacitet	0 %	(0 %)	8 %	(8 %)
Lav kapacitet	59 %	(59 %)	68 %	(77 %)
Mellem kapacitet	21 %	(79 %)	16 %	(93 %)
Høj eller meget høj kapacitet	21 %	(100 %)	6 %	(100 %)

Denne undersøgelse er ikke direkte sammenlignelig med den tidligere europæiske undersøgelse (2012/13), da sidstnævnte udelukkende fokuserede på byens forvaltninger. Hvis analysen i Danmark begrænses til resultater fra de lokale og regionale offentlige respondenter, ændrer dette ikke i væsentlig grad ved niveauet af kapaciteten i Danmark. De danske resulter er igen lidt foran de tidligere europæiske resultater:

Lokal / regional ledelse	Dansk undersøgelse, 2015 (n = 31)		Europæiske byer, (2012/13) (n = 195)	
Meget lav kapacitet	0 %	(0 %)	8 %	(8 %)
Lav kapacitet	61 %	(61 %)	68 %	(77 %)
Mellem kapacitet	16 %	(77 %)	16 %	(93 %)
Høj eller meget høj kapacitet	23 %	(100 %)	6 %	(100 %)

Hvad betyder disse resultater?

- I gennemsnit er resultaterne lidt foran de europæiske resultater fra 2012/13.
- Resultaterne fra Danmark varierer meget.
- Nogle danske organisationer viser tegn på høj kapacitet, nogle viser endda tegn på meget høj kapacitet.
- Men størstedelen har lav kapacitet og har tydeligvis ikke den kapacitet, som er nødvendig, når der skal træffes store beslutninger i kystnære områder.

Hvor væsentlige er manglen på kapacitet? Som anført ovenfor havde alle organisationer brug for en vis grad af kapacitet. Men igen som skitseret ovenfor, er kapacitetsbehovet forskelligt for organisationer i forskellige omstændigheder, så eventuelle mangler skal analyseres i forhold til de udfordringer, som hver organisation står overfor.

Beslutningstagende organisationer

En organisation, der ofte tager beslutninger med høje risici, har behov for højere kapacitet end de, der sjældent tager beslutning, og hvor beslutningen har lav risiko. Her er en nærmere analyse af resultaterne for de beslutningstagende organisationer. Resultaterne er opdelt efter typen af beslutning som træffes:

Type af beslutning	Høj risiko, hyppig beslutning	Høj risiko, beslutning inden for 5 år	Moderat risiko, hyppig beslutning	Moderat risiko, beslutning inden for 5 år	Ingen risiko	Ingen beslutning indenfor 5 år
Kapacitetsbehov: Kapacitet (n = 39):	Høj / meget høj	Høj	Høj	Mellem	Lav	Lav
Høj / m. høj	5	0	2	0	0	1
Mellem	2	1	2	1	0	2
Lav	**4**	**4**	**4**	6	2	3

Disse resultater viser, at der er et vigtigt underskud af kapacitet hos mange beslutningstagende organisationer:

- Dem i rødt (23 ud af 39 eller 59 %) udviser et underskud.
- Dem i **fed rød (18 ud af 39 eller 46 %)** udviser et stort kapacitetsunderskud (de har lav kapacitet, hvor der er behov for høj eller meget høj kapacitet).
- Det skal også bemærkes, at 3 ud af de 8 organisationer, som tabellen viser kun kræver lav kapacitet, endnu ikke har foretaget nogen form for risikovurdering i relation til havstigning. Disse kan derfor være forkerte.

Konsekvenserne af disse resultater kan være alvorlige. Som vist i afsnit 5.1, har organisationer med lav kapacitet brug for større hjælp til overhovedet at engagere sig i klimatilpasningsdagsorden. Det vil derfor kræve et stort stykke arbejde at hæve dem til et niveau med den nødvendige kapacitet til at træffe gode, relevante beslutninger. Dette arbejde kan ikke udføres uden hjælp fra udefrakommende organisationer, der arbejder med rammevilkår. Desuden ville det være meget udfordrende, normalt umuligt, at hæve kapaciteten med to niveauer inden for fem år. Typisk er det nødvendigt med mindst to år for at øge kapaciteten med et enkelt niveau.

Konsekvensen er, at i disse organisationer, der udgør et flertal af danske beslutningstagende organisationer i kystområder, er der en stor sandsynlighed for, at kystnære risici vil blive ignoreret eller håndteret dårligt, medmindre ekstern hjælp er til rådighed. Disse beslutninger vil typisk være yderst vanskelige at ændre, og i mange tilfælde kan beslutningerne blive påvirket af havvandsstigninger, der kan have indvirkning på vigtige sociale, miljømæssige eller økonomiske forhold.

Organisationer med en rolle i forhold til rammevilkår

En lignende analyse kan udføres på organisationer med en rolle i forhold til rammevilkårene. Som nævnt ovenfor, kræver disse typisk en meget høj kapacitet, da de har brug for at sætte havstigning højt nok på dagsordenen til at foretage de nødvendige ændringer i rammevilkårene, som giver de øvrige organisationer på forskellige kapacitetsniveauer mulighed for at handle hensigtsmæssigt. Som nævnt, er der en høj grad af overlapning med beslutningstagende organisationer (dvs. dem i en rolle i forhold til rammevilkårene træffer typisk gode beslutninger). I denne analyse ses nærmere på kapaciteten af disse ramme-organisationer separat.

Hvordan respondenter ser deres rammerolle **Kapacitet** (vurderet i projektet):	**Officiel** **(n = 27, 69 %)**	**Frivillig** **(n = 10, 26 %)**	**Ingen rolle** **(n = 2, 5 %)**
Høj / meget høj (n = 8, 21 %)	**6**	2	0
Mellem (n = 8, 21 %)	7	1	0
Lav (n = 23, 59 %)	**12**	**7**	2

Igen, rød indikerer et kapacitetsunderskud på mindst et niveau, **fed rød indikerer et underskud på mindst to niveauer.**

Resultaterne indikerer, at rammevilkår for en bredere tilgang til tilpasning til havstigning i Danmark (fx på af tværs af byer og regioner), delvist er reguleret af organisationer med alt for lav kapacitet (faktisk lavere end gennemsnittet). Dette indebærer, at danske organisationer med høj og meget høj kapacitet (som der synes at være et højere antal af end i mange andre lande) bliver holdt tilbage i deres indsats for at komme videre med klimatilpasning til havvandsstigninger.

Et næremere kig på disse resultater viser, at der er betydelige forskelle i den måde, de forskellige lokale og regionale myndigheder i kystområder fortolker deres rammerolle på. Et lille antal ser sig selv som ikke havende nogen rolle, andre ser sig selv som havende en frivillig rolle, og et flertal ser sig selv som havende en officiel rolle.

Dette kan tyde på manglende klarhed over den rolle, som de lokale eller regionale myndigheder potentielt kan spille i koordineringen af bredere rammevilkår til klimatilpasning. Selv om det er klart, at mange kystnære lokale/regionale myndigheder ikke har kapacitet til at spille denne rolle isoleret set på nuværende tidspunkt, og sandsynligvis ikke i nogen tid fremover, er deres rolle i den lokale ledelse potentielt meget vigtig, og det er let at forestille sig, hvordan de kunne spille en vigtig rolle i et større tilpasningssystem.

Usikkerhed på vurdering af kapacitetsniveau

Respondenternes selvevalueringer af kapaciteten er blevet sammenlignet med vurderinger baseret på udsagn fra andre undersøgelser. Der er usikkerhed på denne øvelse, da erklæringer fra undersøgelsen (fra "Ingen handling" og "meget tidlige stadier" til "Vores program er langt fremme") er sammenlignet med mere kvantitative og evidensbaserede vurderinger. I andre undersøgelser har der imidlertid været en meget høj grad af statistisk korrelation mellem de forskellige udsagn og den evidensbaserede numeriske skala.

Sammenligningen afslørede en tendens til at overestimere kapaciteten:

Respondenters vurdering: Vores vurdering:	Lav ("Meget tidlige stadier") (n = 16, 41 %)	Mellem ("Godt på vej") (n = 17, 44 %)	Høj ("Vores program er langt fremme") eller meget høj ("meget avanceret") (n = 6, 15 %)
Høj/m. høj (n = 8, 21 %)	0	6	2
Mellem (n = 8, 21 %)	3	3	2
Lav (n = 23, 59 %)	13	8	**2**

Igen, rød angiver et kapacitetsniveau under det skønnede niveau, **fed rød** viser forskellen på to niveauer. Følgende bemærkninger kan knyttes til resultatet:

- Nogle af disse forskelle kan forklares ved, at når mange organisationer knap nok er begyndt at arbejde med havstigning, vil det være let for en organisation, der har gjort en smule, men ikke nok, at være selvtilfredse.
- Det skal bemærkes, at hvis en organisation siger, at den har lav kapacitet (venstre kolonne), så er det højst sandsynligt korrekt.
- Efterhånden som en organisations kapacitet stiger, bliver det mindre klart, hvor langt den er nået, og hvad der ellers mangler at blive gjort.
- Enkelte organisationer har ikke nogen klar idé om, hvad der er indeholdt i at reagere på havvandsstigninger. For eksempel har nogle organisationer markeret sig som "vores program er langt fremme" eller endda "meget avanceret", selv om de ikke havde undersøgt risici og ikke sat et program på plads.

Disse resultater tyder på, at mange respondenter ikke vidste, hvordan de skulle vurdere deres egne fremskridt. Nogle undervurderede deres kapacitet, andre snarere overvurderede den, nogle gange betydeligt. Dette tyder på, at der ikke er en fælles dansk model for tilpasningsprocessen (i det mindste for havstigninger, og måske mere generelt).

Undersøgelsens troværdighed

Stikprøvestørrelsen i denne undersøgelse (39 organisationer) er tilstrækkelig stor, og resultaterne er tilstrækkeligt langt fra de ekstreme 0 % og 100 %. Dette betyder at en binomial fordeling giver en høj troværdighed på de beregnede procentsatser.

Mens responsraten (49 %) var meget høj, er det sandsynligt, at der er nogen skævhed i fordelingen i retning af højere kapacitet blandt dem, der har valgt at svare på undersøgelsen. Fx kunne dem med lavere kapacitet have været mere tilbøjelige til ikke at ville svare på undersøgelsen. Selv om det ville kræve en hel del yderligere forskningstid til at løse dette problem, (a) er dette et fælles problem med undersøgelser af denne type, hvilket gør sammenligninger lettere, og (b) tendensen kan let ses at være i retning af en vis overestimering af kapaciteten. Det vil sige, at det kan antages, at den brede gruppe af beslutningstagere i Danmark ikke ville være af højere, men sandsynligvis af lavere kapacitet, end identificeret her.

En yderligere potentiel skævvridning opstår ved udvælgelse af deltagere til undersøgelsen. Det rådgivende udvalg har hjulpet med at identificere deltagere til spørgeskemaundersøgelsen. De fleste var lokale og regionale offentlige organisationer. Disse er helt klart vigtige, men alligevel er der sandsynligvis andre, mindre organisationer, som er svære at identificere, der tager beslutninger i kystområder.

Betyder det noget? Det er konsekvent fundet, at lokale og regionale myndigheder typisk har højere kapacitet end de fleste andre beslutningstagende organisationer, især højere end private organisationer. Det synes derfor meget usandsynligt, at konklusionerne fra denne øvelse ville have ændret sig væsentligt.

3.2.7 Svar på åbne spørgsmål

Der blev stillet en række åbne spørgsmål i slutningen af undersøgelsen. Disse gav deltagerne mulighed for at identificere områder, hvor de finder, at de nuværende rammevilkår er nyttige, men også områder, hvor de mener, at rammevilkårene giver problemer og kan forbedres.

Svarene viser, at utilfredsheden med de nuværende rammevilkår i Danmark var udbredt blandt et stort flertal af de adspurgte, på alle kapacitetsniveauer. Kun en lille del respondenterne med lav og middel kapacitet fremkom med positive tilkendegivelser.

De positive tilkendegivelser var primært fokuseret på data og prognoser, som stilles til rådighed for de kystnære beslutningstagere. For eksempel blev Klimatilpasningsportalen rost, da der var prognoser og scenarier, som Kystdirektoratet havde lagt op, og statistikker og data fra det Danske Meteorologiske Institut.

Der var en opfordring til yderligere levering af data (fx en stærk opfordring til en database over stormflodshændelser), og for at gøre viden mere tilgængelig. Ikke alle tilbagemeldinger var positive ("Klimatilpasningshjemmeside ... er håbløs").

Der var også opfordring til at forbyde byggeri i højrisikoområder og fjerne allerede etablerede konstruktioner og bygninger, der ligger ”dumt”. Endvidere blev der efterlyst hjælp fra staten og regionen til at hjælpe med at finde løsninger mod oversvømmelse.

Der var mange flere kommentarer om, hvad der ikke virker med de nuværende rammevilkår. Disse havde overvældende fokus på spørgsmålet om ansvar og bidraget til betaling for kystbe-

skyttelsesforanstaltninger efter "ejeren betaler" tilgangen. Denne tilgang blev bredt anerkendt som forældet i en situation, hvor risici kan påvirke mange mennesker og et stort område. Her er nogle eksempler på kommentarer:

- *Kystbeskyttelsesloven er utilstrækkelig til afklaring af ansvarsområder.*
- *Der er ingen statstilskud til kystbeskyttelse øst for Skagen.*
- *Lovgivningen gør det vanskeligt for statslige virksomheder at støtte projekter med klimatilpasningsformål.*
- *Den aktuelle kystbeskyttelsesvedtægt, der pålægger ansvaret for kystbeskyttelse på jordejerne, er forældet ... en ny ansvarsfordeling er påkrævet (for at sikre byerne, nationale infrastruktur, erhverv og industri) ... Det er vigtigt, at staten går ind og finansierer kystsikring i store områder.*
- *(Vi har brug for) revurdering af Kystbeskyttelsesloven i forhold til kommunen/ledelsesvedtægter.*
- *Tøven. Vi ved, at disse oversvømmelser fra havet kommer - på trods af usikkerheden omkring størrelsen og timingen. Vi bør hellere starte i dag end i morgen, men vi har ingen idé om, hvor der skal findes finansiering.*

Der var mange flere sådanne eksempler. Mange (men langt fra alle) af disse var fra organisationer med lav kapacitet - dvs. organisationer, der ikke i øjeblikket i gang med at agere.

Knyttet til dette var der opfordringer til mere sammenhængende lovgivnings- og finansieringsformer:

- *Staten skal gå meget mere ind i planlægning og finansiering. Det er svært for de enkelte kommuner at håndtere opgaven.*
- *(Vi har brug for) klare retningslinjer om, hvem der er ansvarlig, og hvem der skal bestemme.*
- *Ingen sammenhængende lovgivning. Kystdirektoratet, Naturstyrelsen og kommunerne handler forskelligt.*
- *Det ville være fornuftigt at foretage en fælles analyse og dermed beskrivelse af de nødvendige foranstaltninger på et højere niveau end det kommunale, især med hensyn til kystlinjer.*
- *(Det er uhensigtsmæssigt), at det fortsat vil være de enkelte grundejere, som skal blive enige om kystsikring og metoden til finansiering.*

Der var andre områder, som potentielt ville drage fordel af nye initiativer, fx:

- *Vejledning om, hvad der bør planlægges for - i form af ekstremer, af havstigning, etc.*
- (*Vi har brug for), opdaterede sikkerhedsniveauer.*
- *(Vi har brug for) specifik rådgivning om udførelse af holistiske kystnære løsninger.*
- *Det kan være nødvendigt at etablere en fond, hvor landejere, kystbeskyttelsesbestyrelser osv. kan søge om støtte til at gennemføre forundersøgelser og design af holistisk kystsikringsforanstaltninger.*
- *Formidling af viden og brug af det integrerede kystforvaltningssystem udviklet i SUSCOD (EU Nordsøen samarbejde) er afgørende for en bæredygtig indsats.*

Samlet set er konklusionen, at respondenter på alle kapacitetsniveauer betragter de nuværende rammevilkår for kystsikring i Danmark som værende mangelfulde. Der mangler klarhed om formålet, ansvar, finansiering, koordinering, etc. Mange af dem ser dette som en barriere for håndtering af udfordringen af havvandstigninger i Danmark.

5.3.3 Opsummering af resultaterne fra undersøgelsen

Som en opsummering er her de mest fremtrædende resultater fra undersøgelsen:

1. Kapacitetsniveauer blandt kystnære beslutningstagere i Danmark er meget varieret, fra høj eller endda meget høj til ekstremt lav.

2. De fleste kystnære beslutningstagende organer har lav kapacitet. Det vil sige, at de ikke på nuværende tidspunkt har kapacitet til at træffe de store langvarige beslutninger i kystområder. Det faktum, at mange skal eller snarest vil skulle træffe disse beslutninger, giver en betydelig risiko for manglende robusthed i forhold til havvandsstigninger.

3. Mange organisationer ser sig selv som havende en rolle i at definere rammevilkårene, men mange af disse er meget langt fra at have tilstrækkelig kapacitet til at have rollen.

4. Organisationer med lav kapacitet har brug for meget klar hjælp til at begynde at handle hensigtsmæssigt. Frem for alt har de brug for klare retningslinjer fra rammevilkårene, hvad der forventes af dem, plus støtte til at tage de første skridt.

5. Denne klarhed i rammevilkårene opleves ikke i forhold til de kystnære problematikker i Danmark, der er et behov for at revurdere rammevilkårene. Især oplever mange respondenter, at ansvaret for at tage robuste beslutninger og den tilhørende finansiering ikke er tilfredsstillende eller klart.

6. Der kan være manglende klarhed af kommunernes rolle i gennemførelsen eller udviklingen af rammevilkårene.

7. Der er også en sandsynlighed for, at den danske tilpasningsmodel til vandstandsstigninger ikke er formidlet og udbredt godt nok. Dette ville til dels kunne forklares med mangel på klarhed i den grundlæggende fordeling af ansvaret for at iværksætte og finansiere robuste klimatilpasningsløsninger i kystområder.

5.4 Hvordan rammevilkårene kan hjælpe med at øge kapaciteten

Undersøgelsens resultater viser, at der er behov for at øge kapacitetsniveauerne, især for organisationer med lav og mellem kapacitet. Som nævnt i afsnit 5.1 ovenfor, viser forskning, at rammevilkårene spiller en vigtig rolle i at øge og opretholde kapacitet op til og med "mellem" kapacitetsniveauet. Tillid til rammevilkårene er meget stor på de laveste kapacitetstrin. Det er også vigtigt, at rammevilkårene behandler forskellige behov på forskellige kapacitetsniveauer.

De behov, organisationer på forskellige kapacitetsniveauer har fra rammevilkårene, er som følger:

1. Meget lav kapacitet

På dette stadie, der går forud for handling (og endda ønsket om at handle) er rammevilkårenes rolle at give incitamenter (gulerod) og trusler om bøder, etc. (pisk) for at tilskynde til at starte en ageren, som flytter organisationer til det 'lave' niveau.

Rammebetingelserne bør omfatte:

- Effektiv målrettet finansiering eller andre direkte incitamenter (fx tilskud eller kontraktkrav).
- Målrettet lovgivning og/eller et effektivt system for regulering med sanktioner for manglende overholdelse.
- Minimumkriterier for deltagelse i attraktive projekter eller programmer.
- Tilstrækkeligt uddannet og bemyndiget kontrolpersonale.
- At identificere og fjerne juridiske, lovgivningsmæssige, økonomiske og andre hindringer for at begynde at handle og vise engagement.

2. Lav kapacitet

Stærke rammevilkår er afgørende for at indlede og opretholde handling fra disse organisationer. Behovet er at give enkle strukturer, råd og opmuntring til organisationerne, så de begynder at engagere sig i dagsordenen.

Rammebetingelser bør omfatte:

- Meget enkle trin-for-trin retningslinjer og rammer, der er egnede til brug for ikke-eksperter.
- Letforståelige tjeklister af konsekvenser, risici og anbefalede handlinger.
- Eksempler på tilpasningsstrategier og politikker, der kan vedtages.
- Casestudier fra organisationer som deres (dvs. ikke de bedste organisationer, men fra dem som er på niveau med deres egen).
- Levering af oplysninger og/eller rådgivning til at hjælpe organisationer i gang (men det skal være simpelt!).
- First-step handlingsorienterede programmer (netværk, konferencer) til videndeling om klimatilpasning ("læring med venner").

3. Mellem kapacitet:

På dette niveau er organisationerne begyndt at blive meget mere selvmotiverede. De kan se fordelene ved at handle og kan være parate til at finansiere aktiviteten. Rammevilkårene bør derfor bistå professionaliseringsprocessen.

Rammebetingelser bør omfatte:

- Faglige standarder (fx en ISO14000 eller tilsvarende).
- Data om påvirkninger, konsekvenser og risici på et detaljeret (fx områdespecifikt) niveau.
- Professionel uddannelse og akkreditering af ekspertise.
- Retningslinjer for bedste praksis.
- Benchmarking processer.
- "Forbedringsklubber" (fx lokale netværk om praktiske handlinger).
- Intensiv kontakt med udførende organisationer for at finde og fjerne hindringer for udførelsen af klimatilpasning.

Målrettet tilskuds-finansiering kan i mange tilfælde være tilstrækkelig til at opnå disse punkter, og det er meget sandsynligt, at rammevilkårene ofte bedst gennemføres af lokale organisationer.

4. Høj kapacitet

Udfordringen er at støtte innovative organisationer uden at støde de mere almindelige organisationer væk, hvoraf nogle måske vil være modstander af forandringer.

Rammebetingelser bør omfatte:

- Målrettet samarbejdsprojekter med betydelige fremadrettede målsætninger, der ikke kan opfyldes inden for "business as usual" for organisationen.
- Tilskudsfinansiering til innovation, hjælp med at løse de negative økonomiske udfordringer som følge af ny innovation.
- Projekter, hvor læring ses som vigtigere end resultater.
- Tidlig videndeling af målrettet forskning (fx vedrørende langsigtede risici i en branche).
- Finansiering af dygtige facilitatorer og rådgivere.
- Vidensudvekslingsnetværk på grænsen mellem den akademiske verden og praksis.

5. Meget høj kapacitet

Rammebetingelserne bliver igen afgørende. Processerne her er i sagens natur tværorganisatoriske og ofte grænseoverskridende. De vil ofte ikke være mulige at organisere uden hjælp, selv hos store organisationer. Ledere i disse organisationer erkender, at de er afhængige af en stærkt fungerende ramme for deres partnerorganisationer, hvoraf de fleste vil være af langt lavere kapacitet, og som derfor virkelig har brug for en stærkt fungerende ramme for at undgå at glide tilbage. Af denne grund, begynder opmærksomhed for selv at være med at ændre rammevilkårene. Disse organisationer kan spille en central rolle i udvikling og styrkelse af rammevilkårene.

Rammebetingelser bør omfatte:

.

- Inddragelse af magten fra betydningsfulde mennesker som fx ministre
- Omfattende scenarier for påvirkninger og konsekvenser over lange beslutningstidsskalaer - til år 2100 og videre frem.
- Progressiv og udfordrende langsigtede mål til organisationer.
- Internationale og tværfaglige aftaler.
- Finansierede forskningsprogrammer.
- Et aktivt program for nye, innovative eksperimenter.
- Afgørende for alle disse er læringskulturen og at få samlet og uddraget viden og erfaringer til at kunne revidere og ændre rammevilkårene fremadrettet.
- Internationale forbindelser og en ledelse, der kan identificere udfordringer og få dem kanaliseret hen, hvor de bedst kan løses.

5.5 Anbefalinger

Dette afsnit er opdelt i tre dele:

1. Krav fra rammebetingelserne
2. Prioriteringer under gennemførelsen
3. En mulig vej til implementering

5.5.1 Krav fra rammebetingelserne

Behov for en revision af lovgivningen

Interviews og den kvalitative del af undersøgelsen viste utilfredshed med de nuværende ordninger for at iværksætte og finansiere kystbeskyttelsen i Danmark.

På nuværende tidspunkt er det princippet, at de grundejere, der har gavn af kystbeskyttelsen er dem, der forventes at betale for beskyttelse og organisere sig. Dette kan synes fair, og det kan godt have været fair - en praktisk tilgang – i forhold til de tidligere udfordringer. Klimaændringerne og havvandsstigningerne betyder, at dette princip ikke længere kan anses for passende i alle områder, og det bør revideres.

Dette projekt har allerede fremhævet en række klimaændringer og havvandsstandsstigninger, der kan finde sted i løbet af dette århundrede og videre frem. Det er omtalt, at et IPCC-estimat på omkring 0,98 meter i dette århundrede ikke er et tilstrækkeligt grundlag til at sikre robuste klimatilpasningsanlæg set i lyset af usikkerheden omkring dette skøn og varigheden af de beslutninger, der kan blive påvirket af havvandsstandsstigninger.

I New Scientist Magazine (13. juni 2015) blev der rapporteret en bred videnskabelig enighed om, at vandstandsstigninger på 5 meter allerede er uundgåelig som følge af opvarmningen til dato. Op til 20 meter er muligt, medmindre afbødende foranstaltninger indføres meget snart. Disse ændringer kan tage nogle århundreder, men kan potentielt også ske hurtigere afhængigt af den polare isdynamik. Beslutninger, der har en lang levetid og også foretages for områder i en vis afstand fra kysten, er nødt til at tage hensyn til disse risici. Det er urealistisk at forvente, at kystnære grundejere kan håndtere kompleksiteten af de videnskabelige scenarier, og dermed kompleksiteten i beslutningsprocessen, eller at de kan finansiere de detaljerede forhandlinger blandt interessenter, der er behov for, for at kunne håndtere sådanne risici på nationalt plan.

Spørgeundersøgelsen viser, at mange organisationer med en rolle i beslutningsprocessen ikke har kapacitet til at identificere de relevante spørgsmål og til at identificere og gennemføre passende handlinger. Det er af national betydning, at passende kapacitet bibringes disse beslutningstagere i Danmark.

Mens påvirkningerne fra de fremtidige klimaændringer først slår igennem nogle årtier ind i fremtiden, er det ofte nødvendigt at handle og håndtere dem nu. Omkostningerne ved at skulle ombygge utilstrækkelig kystbeskyttede bygninger og re-designe infrastruktur, måske efter kun en

kort del af deres lange levetid, vil belaste fremtidige beslutningstagere og deres muligheder for at handle. Uanset hvad der sker på eller nær den danske kyst, er der ofte allerede nu behov for at overveje klimatilpasning som en del af større handlinger.

Gennemgang og en eventuel revision af lovgivningen (specielt Kystbeskyttelsesloven) er en opgave, der vil tage lang tid, men som bør starte snart. Principperne bag revisionen vil naturligvis være underlagt en offentlig, bred debat og høring, men vil sandsynligvis omfatte:

- Klar ansvarsfordeling for at vurdere risici i kystområder, til at definere og gennemføre handlingsplaner for kystbeskyttelse og til definerede sikkerhedsniveauer under hensyntagen til fremtidsscenarier for havvandstandsstigning.

- En form for beslutningssystem, der trinvist kan udvikles til passende ansvar, rammer og tilgange til finansiering, som følger:
    a) Dem, der står over for få risici fra havstigning nu eller i fremtiden, eller som kun vil opleve lokale risici med ingen videre konsekvenser, og derfor ikke behøver nogen indgriben.
    b) Dem, der er omfattet af øjeblikkelige og fremtidige risici fra havstigning, og derfor umiddelbart skal prioriteres.
    c) Dem, der kan være genstand for fremtidige risici i løbet af deres levetid, men som endnu ikke oplever risici, og som derfor kan indgå i fremtidige kyststrategier.

- Indførelse af due diligence processer for at sikre, at de offentlige midler, der afsættes til projekter, der potentielt kan blive berørt af havstigning, bliver behørigt beskyttet i projektets levetid.

- Delvis offentlig finansiering af "almene projekter" til beskyttelse mod vandstandsstigning som supplement til ”ejeren betaler” princippet og ideelt set også sammen med privat finansiering, hvor der kan identificeres en fordel for begge parter.

- Processer til forøgelse af kapaciteten for at identificere ansvarlige organisationer, så deres behov kan identificeres og opfyldes.

Detaljeret udvikling af rammvilkårene

Afsnit 5.4 ovenfor identificerer passende mål for rammevilkårene for kystnære beslutningstagere, hvilket bør bruges som en rettesnor for udvikling af rammevilkårene. Sammenfattende er det:

- For organisationer med lav eller meget lav kapacitet bør der være økonomiske 'gulerødder og stokke' for at stimulere til handling. Disse kan effektivt blive gennemført ved projektfinansiering. Det vil sige, at projekterne vurderes i forhold til at leve op til retningslinjerne for at kunne få offentlige midler eller for ikke i tilstrækkelig grad at identificere og imødegå kystnære risici og forslag, der kan tiltrække midler til beskyttelsesforanstaltninger.

- For organisationer med lav kapacitet, bør der stilles omfattende støtte til rådighed til at hjælpe med at tage de første skridt.

- Til organisationer med medium kapacitet bør der være støtte til professionalisering. Dette kan være i samarbejde med branchens organisationer. Det anbefales især at udvikle professionelle definitioner af god praksis for at øge robustheden af klimatilpasningsløsningerne. Dette kan bygge på erfaringerne fra:
    - Den britiske Nationale Indikatorprojekt 188 anvendt indtil 2010
    - PACT rammevilkårene anvendt i denne rapport

- For organisationer med høj og meget høj kapacitet bør der først og fremmest være stærke rammevilkår for organisationer med meget lav, lav og mellem kapacitet for at fremme deres deltagelse i bredere initiativer. For organisationer med høj kapacitet i særdeleshed, bør der også være støtte til innovative projekter og en søgning efter barrierer for innovation, således at disse kan minimeres.

- For organisationer med meget høj kapacitet, bør der være et udpeget organ, som selv har høj kapacitet, til at føre tilsyn med og løbende forbedre systemet for klimatilpasning og robusthed i Danmark. Dette organ bør være ansvarlig for læring på tværs af organisationer og bør selv bruge avancerede læringsmetoder. Relevante eksempler kan findes i det hollandske "Viden om Klima-program".

5.5.2 Prioriteringer under gennemførelsen

Der bør være særlig vægt på at bringe så mange beslutningstagende organisationer op på "mellem" kapacitet så hurtigt som muligt. Dette bør være målet, fordi mange organisationer, som allerede nu tager beslutninger, er to kapacitetsniveauer væk fra det krævede kapacitetsniveau. Det er muligt (men ikke let) for en organisation med et mellem niveau at udvikle høj kapacitet i løbet af et projekt (hvis de får passende støtte), men det er meget svært - nærmest umuligt - at gøre en dobbelt transformation fra lav gennem mellem til høj kapacitet over en så kort periode. Derfor bør der gøres en reel indsats for at øge kapaciteten til mellem niveau over en kort periode.

Kapacitetsudvikling er en fremadskridende proces. Hver organisation har brug for at konsolidere sin nuværende position og derefter gå videre i en trin-for-trin måde. En organisation på lavt niveau har brug for at konsolidere sig på niveauet med mellem kapacitet for at opnår et solidt grundlag for yderligere fremskridt. Dette indebærer, at det vil være nødvendigt at "skynde sig langsomt". Det vil ikke være muligt at sikre, at alle beslutninger, der foretages nu, vil være robuste nok, da evnen til at tage beslutninger på det nødvendige niveau ikke er der. De nuværende rammebetingelser i Danmark giver tilsyneladende ikke passende støtte til at tage beslutninger af meget høj kvalitet.

Situationen er dog ikke så slem og er (på grundlag af spørgeskemaundersøgelsen) bedre end i andre europæiske lande. Dette bør dog ikke undskylde for passivitet. Der er stadig en betydelig og vigtig mangel på kapacitet. I stedet bør processen med opbygning af kapacitet begynde hurtigst muligt, som en nødvendig katalysator for fremtidig ekspertise.

Udfordringen er, hvordan man 'rammer' en udfordring på et niveau, der kan forstås af et kapacitetsniveau, men på en sådan måde, at det ikke kan løses, før det næste kapacitetsniveau er nået. Processen med sideløbende at skabe et momentum for forandring og udvikling inden for de nuværende rammevilkår, samtidig med, at der ydes bistand til en revision af disse rammevilkår, vil sandsynligvis tage flere år.

5.5.3 En mulig vej til implementering

Nedenfor beskrives en potentiel tilgang til at handle på klimaudfordringerne. Det er dog kun én tilgang, og andre tilgange kan også være mulig, ligesom det er en fremadskridende proces på flere fronter.

<u>Front 1: Kommunale tilpasningsplaner</u>

Kommunerne har allerede ansvar for at udarbejde risikovurderinger for oversvømmelse og for at udarbejde klimatilpasningsplaner. Men niveaet for at gennemføre disse er ikke helt klart. Det anbefales, at der gives vejledning i, hvordan risikovurderingerne gennemføres, på grundlag af forskellige scenarier indtil to-tre meter stigning i havniveauet, og at der stilles passende teknisk rådgivning til rådighed til at hjælpe med at fortolke scenarierne. Det foreslås, at risikovurderingerne udarbejdes for hele Danmark inden for fem år, og at de derefter revideres hvert 10. år, hvor nye scenarier for havvandsstandsstigninger inddrages.

Der kan fx lægges et pres på kommunerne "for at sikre, at der træffes passende foranstaltninger i tide til at imødegå disse risici". Erfaringer med at sikre, at sådanne foranstaltninger besluttes, vil være et vigtigt input til en eventuel revision af lovgivningen. Ved afslutning af processen bør der derfor være en gennemgang af kommunernes effektivitet for at sikre, at disse foranstaltnin-

ger er truffet (både for at identificere barrierer og også for at give eksempler på god praksis). Læring fra dette kan indgå i en revision af lovgivningen.

Front 2: Gradvis integration i offentligt finansierede projekter

Der er ingen grund til, at offentligt finansierede projekter skal undlade at tage hensyn til risici fra vandstandsstigning i løbet af projektets levetid, og undgå at træffe passende tilpasningsforanstaltninger. Ved ikke at gøre det, kan det betragtes som ikke at udvise rettidig omhu, i betragtning af den stadigt voksende forståelse af risikoen for havvandstandsstigninger. På nuværende tidspunkt vil mange beslutningstagende organisationer ikke have kapacitet til at træffe de rigtige beslutninger. Af denne grund er en progressiv tilgang nødvendig. Følgende kan foreslås:

1. På den årlige Finanslov, kan det danske Folketing afsætte midler til at opfylde visse politiske prioriteter. Disse er frivillige initiativer, hvilket betyder, at der ikke er krav for de kystnære kommuner til at søge midlerne (dvs. dette er en potentiel "gulerod"). Kriterierne for at få adgang til en sådan finansiering kan udvikles af forskellige styrelser, hvoraf Kystdirektoratet kunne være en. Det anbefales, at der med øjeblikkelig virkning og i de næste tre år fastlægges kriterier for finansiering, hvor projekterne altid omfatter en risikovurdering i forhold til de aktuelle havvandsstandsstigninger og stormfloder og nødvendige beskyttelsesforanstaltninger. Det ville give et incitament for organisationer med lav kapacitet til at begynde arbejdet og ville give dem tid til at opbygge nogle grundlæggende kompetencer.

2. Efter tre år, bør disse kriterier strammes til også at omfatte behandling af risici fra havstigning **over projektets levetid**. Det vil sige, at et projekt med en levetid på fem år kun vil være nødt til at se på nuværende risici, men at et projekt med en levetid på 100 eller 150 år bør overveje risici over denne længere periode. Igen bør handlinger i forhold til sådanne risici indgå i tilstrækkeligt omfang til at beskytte de offentlige og andre donormidler. Denne stramning af reglerne bør annonceres med det samme, men bør ikke finde sted før efter nogle år - tre år anbefales. Det ville give et passende incitament (igen en gulerod) for organisationer med medium niveau til at tage det næste skridt, og samtidig sikre, at organisationer der ikke har grund til at gå ud over medium kapacitet, ikke blev nægtet adgang til midler til deres projekter.

3. Efter yderligere tre år bør de ovennævnte processer trinvis indføres for alle offentligt finansierede projekter (uanset om det er lokalt finansierede projekter eller projekter, der finansieres af staten eller regionale instanser). Dette kan ses som hensigtsmæssigt og nødvendigt for at yde rettidig omhu for de offentlige midler.

4. Samtidig bør de samme krav sættes over for midler givet af finansielle institutioner til offentlige eller offentlig-private partnerskaber om kystnære projekter. Igen, disse ordninger skal på forhånd annonceres i god tid for at give organisationerne tid til at forberede sig. Tidligere undersøgelser har vist, at de finansielle institutioner har lavere kapacitet (ofte betydeligt lavere) end kommunerne, og de har derfor brug for tid til at forberede sig.

5. Ovennævnte (1 til 4) giver en fremadskridende proces, der er hensigtsmæssig for at udvikle og integrere medium kapacitet og derefter gå videre til høj kapacitet (om nødvendigt) over tid. Det er primært rettet mod nuværende organisationer med lav og medium kapacitet og også eventuelle organisationer med meget lav kapacitet, der dog ikke er identificeret i undersøgelsen i Danmark. Det er mindre egnet til eksisterende organisationer med høj kapacitet. For at stimulere disse anbefales det, at Folketinget overvejer at øremærke midler til banebrydende undersøgelser og forskning, der kan gives til konkurrencedygtige fyrtårnsprojekter. Disse kan være projekter til at imødegå nye sociale, økonomiske eller miljømæssige udfordringer, der kan forventes fra de fremtidige havvandsstigninger.

6. Finansieringsorganer som fx Realdania kan indføre lignende kriterier for at finansiere projekter.

Front 3: Kapacitets taskforce

Organisationer med lav og medium kapacitet, der kommer ind i de ovennævnte processer, vil kræve passende støtte. Det er en klar konklusion fra den forskning, der er gennemført i andre projekter. Det faktum, at det anbefales, at disse processer skal indføres trinvist, giver også mulighed for, at støtten kan udvikles trinvist på en pragmatisk måde, så den ikke er langt over behovet. Det anbefales, at der indføres en kapacitets taskforce, der kan yde støtte og i første omgang fokusere på at hjælpe organisationer til at handle efter de ovennævnte incitamenter. Taskforcen kunne fx levere følgende:

- Enkle retningslinjer for de tidligste processer, og en udvikling i ambition for de senere.
- Uddannelse af folk, der ønsker at søge disse midler og benytte sig af incitamenterne.
- "Træn træneren" øvelser".
- Decentrale videndelingsnetværk til støtte og læring fra andre.
- Med tiden vil disse naturligt udvikle sig til progressive retningslinjer for tilpasning til havstigning.
- Dette vil naturligt føre til akkreditering af organisationer og enkeltpersoner
- Læringsprocesser, måske organiseret omkring netværk, vil give vigtig indsigt for organisationerne og gøre dem ansvarlig for selv at opdatere rammevilkårene.

Front 4: Udvikling af rammevilkårene

Opgaven med at gennemgå og revidere rammevilkårene er en vigtig del. Selv om det er vigtigt, vil det sandsynligvis tage år, da det skal gennem bred debat og høring forud for revisionen. Den progressive karakter af ovenstående anbefalinger kan imidlertid potentielt udgøre et stort evidensgrundlag for at understøtte revisionen, hvis det oprettes og organiseres fra begyndelsen.

Det anbefales, at et organ med meget høj kapacitet oprettes til at lede denne proces, og via de relevante kanaler præsenterer konklusioner og anbefalinger til det danske Folketing. Da kun nogle få organisationer med den nødvendige kapacitet endnu findes i verden (selvom nogle få kommer tæt på), vil denne organisation sandsynligvis skulle dannes af en række eksisterende danske organisationer, der hver især har vist et eller flere aspekter af den nødvendige kapacitet[21].

Arbejdet i denne organisation ville ikke være færdiggjort med en revision af Kystbeskyttelsesloven eller anden relevant lovgivning. Løbende revisioner vil være påkrævet i fremtiden. Det kræver etablering af systematiske læreprocesser til at identificere barrierer og andre problemer, der skal løses gennem udvikling af selve rammevilkårene og på andre måder.

Disse avancerede læreprocesser vil være mulige for mange organisationer. Organisationer med høj kapacitet, det vil sige dem, der reagerer på udfordringen med de fremtidige scenarier for havvandsstandsstigninger, vil blive særligt tiltrukket af og drage nytte af en sådan læreproces, og de kan søges specielt som input til processerne.

[21] Disse er beskrevet i PACT rammevilkår, refereret til ovenfor.

6. STRATEGISK PLANLÆGNING

6.1 Strategisk planlægning i byområder

Hvis de samfundsøkonomiske værdier i risikozonen for oversvømmelser er høje, og hvis de oprindelige projektorienterede midler, der er til rådighed, er begrænsede, kan en strategi, som fokuserer på accelererende klimatilpasning ved at frigøre investeringer fra andre parter, tages i anvendelse.

Her kunne værktøjet Resilience Pathway 2.0 være en tilgang til specifikke tætbefolkede og bebyggede danske kystområder.

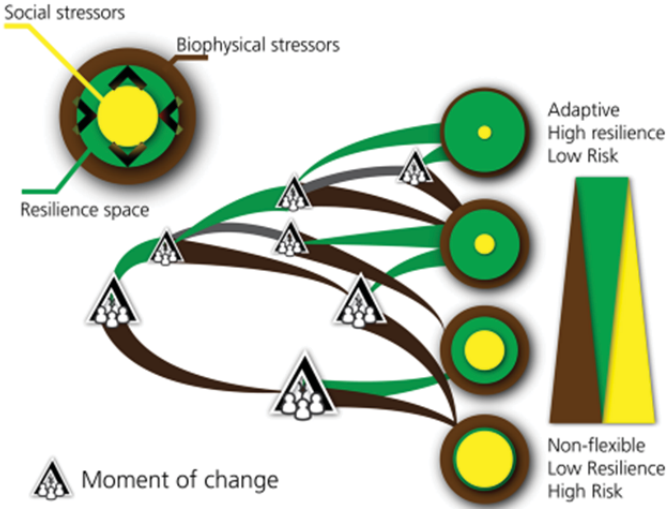
Robusthed i forhold til ekstreme vejrforhold og klimaændringer er mest nødvendig i tilfælde af høje samfundsøkonomiske værdier, beskyttelse af store investeringer, ved langvarige beslutninger af fx anlæg med en levetid på mere end 10 år (fx vandanlæg og andre infrastrukturanlæg) samt ved investeringer i anlæg, der har brug for at kunne fungere i uforudsigelige og hurtigt skiftende forhold som fx fremtidens klimascenarier, hvor status quo normalt er det mindst sandsynlige scenario. Sådanne beslutninger er vanskelige og /eller dyre at ændre (set i forhold til økonomi og planlægning).

Manglende adgang til penge og mangler i kapaciteter er enorme barrierer for, at der gennemføres klimatilpasningsprojekter. En strøm af private penge, enten udover eller bortset fra offentlige midler, skal frigives, hvis tilpasning skal ske hurtigt nok.

Forskning (ABL/Ricardo AEA 2013; DEFRA, 2013) viser, at mange byer (ca. 80 % i Europa) har lav eller meget lav kapacitet, og derfor ikke er i stand til at specificere og tage beslutninger om de nødvendige robuste klimatilpasningsforanstaltninger.

For at frigive pengestrømme og øge kapaciteten hos de berørte parter er der udviklet en ny forretningsmodel, den såkaldte "Resilience Pathway 2.0". Modellen er på et højt niveau og med succes testet på europæiske byer, hvor den har opmuntret potentielle finansielle partnere til at overveje investeringer. Modellen Resilience Pathway 2.0 er en strategisk måde til at udvikle byer og lokalområder på i forhold til klimapåvirkningerne.

Metoden er at identificere de steder i projektet (”moment af change”), hvor der er mulighed for at skabe forandringer og samtidig definere de tilhørende investeringsmuligheder, mens der opstår synergi mellem tekniske, finansielle og sociale fagområder.



Figur 6.1. Proaktive forandringsprocesser samt robusthed og tilpasning til klimapåvirkninger

Eksisterende høje niveauer af tekniske færdigheder samt produkter og tjenester skal bringes sammen i partnerskab med førende forretningseksperter og finansielle organisationer for at hjælpe kystbyer og områder med at få adgang til private og offentlige penge til klimatilpasning.

Nedenstående figur 6.2 viser en proaktiv måde at identificere og gøre brug af forandringsprocesser på for at undgå uhensigtsmæssige veje og måder i retningen mod at være klar til klimaforandringerne, skabe høj robusthed og reducere risikoen for oversvømmelser og skader til et lavt niveau. De vigtigste faser af Resilience Pathway 2.0 er forklaret i teksten nedenfor.

Figur 6.2. De 4 faser og deres byggesten i "Resilience Pathway"

Fase 1: Scoping.
Resultatet af denne første fase er et overordnet dokument, der tydeliggør de udfordringer, der skal løses, og som også identificerer potentielle muligheder/løsninger ("moments of change") for at løse dem.

i. **Områdets dynamik og ambitioner**. Aspektet "områdets dynamik" består i at identificere kendte og sandsynlige aktiviteter omkring hvilke "moments of change" kan konstrueres. Det er også vigtigt at identificere byens bredere dagsorden og ambitioner.

ii. **Klimaudfordringer og andre stressfaktorer**. Denne byggeklods vurderer et områdes eller en bys sårbarhed overfor ændringer i ekstreme vejrbegivenheder og fra klimaændringer på både kort og lang sigt. Den identificerer også afhjælpende foranstaltninger og andre udfordringer (som et resultat af sociale og miljømæssige stressfaktorer).

iii. **Vurdering af kapacitet og rammevilkår**. "Kapacitetselementet" i denne blok har til formål at identificere kapacitetsmangler, der skal udfyldes for at gennemføre Resilience Pathway 2.0, samt rammebetingelserne (lovgivning eller regulering, incitamenter mv.), der skal tages i betragtning i 'optimeringsfasen'.

Fase 2: Optimering[22].
Formålet med Optimeringsfasen er at identificere en eller flere lovende, finansieringsegnede og gennemførlige business cases for en given udvikling (eller en kombination af udviklinger). Disse forskellige businesscases vil give alternative veje til at møde klimaforandringerne og andre målsætninger for projekter, der vil være attraktive for private og andre investorer. Dette er en unik og afgørende fase, hvor det at bringe et højt teknisk vidensniveau og finansiel tænkning sammen er afgørende for at frigøre finansiering til implementering af robusthed og modstandsdygtighed over for klimaændringer.

i. **Løsninger på skitseniveau**. Dette indebærer at definere og designe udviklingen på et skitsemæssigt ingeniørniveau på en måde, der er rentabel og finansierbar, og samtidig opfylde ambitionerne og respekterer de parametre, der er identificeret under scopingfasen.

ii. **Socio-økonomiske Cost Benefit Analyser**. Grundlæggende for finansierbare og rentable løsninger, idet der identificeres samfundsøkonomiske tab og fordele ved de forskellige muligheder.

iii. **Finansielle og lovgivningsmæssige forhold**. Den tredje byggesten er at udvikle passende finansielle ordninger for de mest lovende løsningsmuligheder for at teste, om disse finansielle ordninger er på linje med investorernes interesse, opfylder behovene hos borgerne og mindsker risikoen.

Fase 3: Strukturering af aftaler
Formålet med den tredje fase, Strukturering af aftaler, er at omdanne den valgte løsningsmulighed - som identificeret i Optimeringsfasen – til en kontrakt med detaljerede specifikationer og finansielle og retlige arrangementer (f.eks. tilladelser) for at levere projektmålene: robuste projekter med en acceptabel (typisk lav) risikoprofil. Igen er der tre byggesten:

i. **Detaljeret teknisk løsning og tilladelser.** Den første byggesten fokuserer på at omdanne skitseprojektet, der er identificeret under "optimeringsfasen" til egentlige detailprojekterede løsninger i overensstemmelse med de godkendelsesvilkår, der er blevet forhandlet på plads.

ii. **Detaljerede finansieringsmåder**. Den anden byggesten fokuserer på at omdanne de overordnede finansielle løsninger valgt under "Optimeringsfasen" til detaljerede finansielle ordninger. For eksempel etablering af "specifikke midlertidige virksomheder", underskrivning af detaljerede kontrakter og afslutning af due diligence undersøgelser.

iii. **Specifikationer og strategisk styring**. Den tredje byggesten uddyber specifikationerne for de udvalgte muligheder/løsninger på en detaljeret måde, f.eks. at tillade subkontrakter, der skal styres på linje med de kontraktmæssige krav og ønsker. Den strategiske styring fokuserer på, hvordan man undgår, at målene ikke opfyldes.

Fase 4: Projektimplementering
Formålet med fasen "projektimplementering" er at få projekter eller udviklingen realiseret og godt forvaltet. Denne fase mangler ofte i mange strategier.

i. **Projekt realisering**. Den første byggesten handler om at få projektet realiseret. Dette vil undertiden adskille sig fra traditionelle projekter, da klimatilpasning eller afhjælpning

[22] 'Optioneering' er et udtryk, der anvendes af finansielle formidlere til at identificere potentielle måder at nærme sig en større aftale på.

af klimaændringer eller begge dele ses som et af de vigtigste mål for projektet eller udviklingen. Desuden vil flere projekter have et "gennembrudselement".

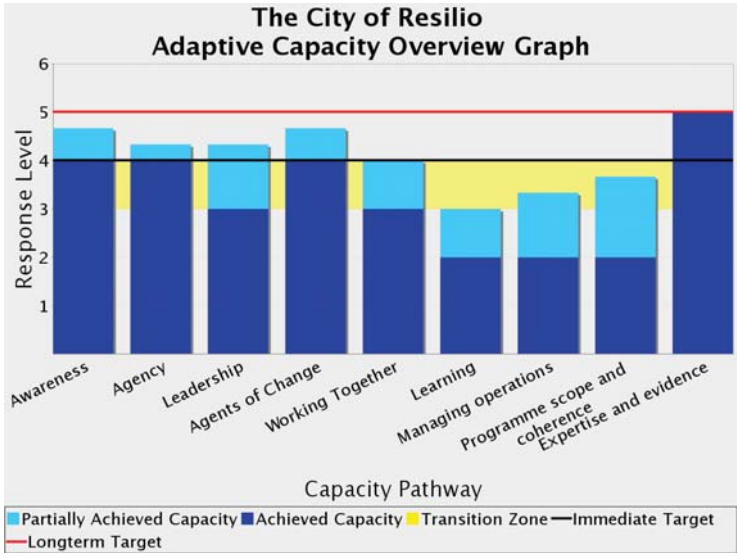
ii. **Asset management**. Den anden byggesten handler om vedligeholdelse af aktiverne i projektet eller udvikling for at optimere klimatilpasningen (og andre ønskede output) på lang sigt såvel som over projektets levetid.

iii. **Læring, kapacitet og udvikling af rammevilkår**. Den tredje byggesten fokuserer på at skabe projekterne som "lærende laboratorier", designet til at hæve effektiviteten af fremtidige projekter og udviklingsmuligheder. Desuden vil mangler i kapaciteten, identificeret i Scopingfasen, blive adresseret og rettet (fx uddannelse, coaching, brug af rådgivere mv.).

Resilience Pathway 2.0 er designet til at kunne give høj kapacitet og sikre den krævede økonomi til forandringsprojekter og på denne måde få adgang til et meget vigtigt marked. Det kræver, at der er et højt kapacitetsniveau for interessenter, der samarbejder om by- eller områdeudvikling, omdannelse af byområder, vedligeholdelse mv. Metoden vil derfor være bedst til byer med medium og høj kapacitet. Interessenter med lav kapacitet vil nok have brug for mere støtte til at gennemføre denne metode med udvikling eller omdannelse af byerne.

Nødvendige kompetencer skal ses som "veje" til forbedringer. Disse opdeles i følgende ni veje, som anses for at have stor betydning:

- Tre “strategiske” veje (Bevidsthed/parathed (Awareness), Forretningssans/business case (Agency’ – i.e. the ‘business case), og lederskab (Leadership).
- Tre ‘udviklingsveje’ (Forandringsparathed (Agents of change), samarbejde (Working together) og Læring (Learning)).
- Tre ‘operationelle veje’ (Håndtering af processer og projekter (Managing operations), Formål og sammenhæng i og mellem projekter/programmer (Programme Scope and coherence) og ekspertise og dokumentation (Expertise and evidence)).



Figur 6.3. Resultatet af kapacitetsvurdering for en imaginær by.

I det følgende gives et eksempel på anvendelse af Resilience Pathway 2.0.

Eksempel på anvendelse af Resilience Pathway2.0

Sagens kontekst:
Caseområdet er en klitbarriere på den vesteuropæiske kyst, en kyststrækning på næsten 10 km og en bredde på 0,2 til 1,0 km. Området ligger mellem havet og en stor lagune, der er vigtig for økonomiske aktiviteter og den naturlige balance i regionen. Kystområdet betragtes i øjeblikket som en af de udsatte strækninger over for stormfloder i Europa. Fra et samfundsøkonomisk synspunkt er byområdet særligt sårbart, da en del af bygningerne (fra slutningen af 80'erne) er under havoverfladen, og den urbane strand, som er afgørende for turistmæssige aktiviteter, har været på hastigt tilbagetog i det seneste årti, på trods af at en mur og høfder er blevet bygget for at beskytte strandpromenaden.

Lokalt har planlægningen af klimatilpasningen hidtil været baseret på spredte usammenhængende løsninger, ofte som reaktioner på nødsituationer. Langsigtet planlægning er vanskelig at sætte værk, da der skal involveres et utal af institutionelle organer, og der mangler offentlig deltagelse til at støtte beslutningsprocessen. Der er også en national tilpasningsstrategi, selv om dette er på et tidligt stadium af gennemførelsen.

By eller kystområde?	Kystområde med by
Nuværende kapacitet	Høj
Problemtype	Stormfloder, havvandsstigninger
Midlertidig/langvarig?	Nuværende risiko
Styret af klimatilpasning?	Ja
Afhjælpende aspekter?	Nej
Europæisk?	Ja
Skala	Stor (gælder for en stor del af Atlanterhavskysten)
Interessent kompleksitet	Relative høj (et stort stykke arbejde er allerede gennemført i dette område)

Muligheder for forandringer:
Ifølge resultaterne fra en Scenario Workshop bliver området nødt til at investere i en række tilpasningsforanstaltninger, der opfylder de fælles mål om at beskytte bebyggelser og sikre integriteten af klitten. Disse tilpasningsforanstaltninger er relateret til:

- Genopfyldning af sand på stranden;
- Styrkelse af klitsystemet (ved at bygge sanddiger, og flytte landbrugsarealer);
- Vedligeholdelse af eksisterende strukturer (høfder);
- Opbygning af en langsgående sammenhængende konstruktion på den eksisterende høfde syd for stranden;
- Gentilpasse retningen af havnens sydlige høfde;
- Opbygning af et kunstigt rev foran stranden (eller begge)

Potentielle løsninger:
Der blev afholdt en workshop, hvor en række lokale interessenter deltog. Fra denne workshop (og efterfølgende undersøgelser) er følgende 5 forskellige muligheder blevet identificeret:

- Den forventede vækst i turismen kan fungere som sponsor af klimatilpasningsanlæg (især kystnær beskyttelse);
- Muligheden for multinationale selskaber. Det kunne være en mulighed at knytte planerne for disse forskellige virksomheder sammen med løsninger i større skala som tilpasningsløsninger til at beskytte virksomhedernes udvidelser eller fortsættelse;
- Forpligtelsen for energi/forsyningsselskab, der kunne deltage i at løse problemet med formindskede sedimentstrømme efter konstruktion af infrastruktur;
- Muligheden for at fokusere en del af de lokale skatter/afgifter på projekter til kystbeskyttelse, der fører til en planlagt forebyggende tilgang snarere end en reaktiv tilgang til på-

virkningerne fra klimaændringer;
- Muligheden for at indarbejde tilpasning til klimaændringer og robusthed i prioriterede infrastrukturprojekter

Disse muligheder blev yderligere udviklet som vist herunder:

Mulighed 1:
Integrere kystbeskyttelse/klimatilpasning i den regionale turistplan/finansieringsmodel. Da regionen klart fokuserer en stor del af deres langsigtede økonomiske strategi på turisme, da området klart er en central del af planen, samt da finansiering af en sådan udvikling synes mulig, ses dette som en stor mulighed for at integrere klimatilpasning i disse langsigtede planer.

Mulighed 2:
Udvikling af en lokal fond med fokus på kystbeskyttelse og tilpasning til klimaændringer og udvikling af hele eller dele af kystlinjen til et naturområde (habitat) eller afhjælpningsområde. Skabelsen af en lokal fond med fokus på kystbeskyttelse af området har lokalt været drøftet over længere tid. Denne fond kunne få penge fra lokale virksomheder (mange af dem er i risiko for at blive oversvømmet) eller være en form for byfond, hvor en del af de lokale skatter bliver tilbageholdt af kommunen for at kunne etablere klimatilpasningstiltag. I Europa er der i de senere år udviklet en række ideer omkring at etablere "habitat bredder (naturområder)", og der findes et par eksisterende steder, der kunne følges.

Mulighed 3:
Lokalt virksomhedssamarbejde til at finansiere/medfinansiere specifikke kystbeskyttelsesprojekter. Som drivere af den lokale økonomi kunne alle store som små virksomheder være en stor kilde til finansiering af klimatilpasningsprojekter for dette kystområde. I mange tilfælde har virksomheder ikke taget højde for effekterne af klimaforandringerne og alvorlige vejrhændelser i forhold til deres nuværende værdier i området, selv om nylige storme har sat fokus på dette fænomen.

Mulighed 4:
Indarbejde klimatilpasning i prioriterede infrastrukturprojekter. Fornyelig har en offentlig arbejdsgruppe identificeret en række infrastrukturprojekter og listet 30 som prioriterede. Listen inkluderer følgende projekter:

- Modernisering af jernbanestrækninger;
- Tilgang af større fartøjer til havnen;
- Udvidelse af logistikaktiviteter;
- Forbedring af driftsbetingelserne for terminalerne på havnen.

Med hensyn til opfyldelsen af målsætningerne i projektet, betragtes udvidelse af logistikaktiviteter som et egnet område/mål for at indarbejde tilpasning til klimaændringer i enhver masterplan, der er eller vil blive udviklet i forbindelse med dette prioritetsprojekt.

Reaktion fra finansverdenen:
Den finansielle verden var til stor støtte i forhold til de 4 muligheder, der blev identificeret ovenfor - især dem, der ville tiltrække en form for offentlig støtte/finansiering. Der var igen stor interesse for den rolle, forsikringsselskaberne kan spille, da risikoreduktion i forhold til den såkaldte sandfordring kunne være betydelig. Denne interesse blev bekræftet af forsikringsselskaberne selv, som så muligheder både for at mobilisere forsikringskapital som institutionelle investorer, og også for udviklingen af forsikringsmarkeder, når beskyttelsen engang var på plads. Dette er en sag, hvor parametrisk forsikring kan være en del af en pakke i perioden forud for etablering af beskyttelsen. Forsikringsmæglere med den rette ekspertise kunne spille en stor rolle i at beregne og præsentere risici for forsikringsinvesteringsfonde.

Udfordringer, der skal løses:
De store spørgsmål i denne sag er (og vil være) involvering af interessenter og skattemæssige bekymringer omkring statslige garantier for de storstilede infrastrukturprojekter. Den økonomiske krise, der fortsætter med at gnave i Europa, kan også være til skade for en positiv indgriben fra det lokale erhvervsliv. Der er ingen tvivl om, at både niveauet af entusiasme blandt lokale interessenter og selve lokalsamfundet samt kapaciteten af institutioner, som lokale universiteter, er meget høj, men det vil ikke i sig selv være løsningen. Fra et finansieringsperspektiv er der tillid til, at de høje niveauer af IFI/tilskud, der vil være til rådighed for kystsamfund/byer skal gøre det muligt at finansiere en række centrale projekter, der enten direkte eller indirekte vil gavne kystnær klimatilpasning. Men det at identificere egnede finansieringskilder (som i sidste ende kan komme fra flere kilder, både offentlige og private) og opbygge relevante opgaver for at få adgang til en sådan finansiering kan være en betydelig udfordring for denne sag.

Vigtigste indsigter opnået og testet samt anden læring:
Den allerede igangsatte udvikling som en del af masterplanlægningen synes at give perfekte muligheder for at identificere steder, der kan skabe forandringer, der enten direkte eller indirekte vil gavne den kystnære klimatilpasning. Der skal oprettes værdikæder, der kan tilpasse omkostninger og fordele, med en blanding af offentlige og private penge.

Denne sag identificerede det reelle behov for en effektiv interessentinddragelse, behovet for effektiv sagsopbygning og brugen af samtænkning af klimatilpasning med finansieringsprojekter, som har en god chance for at tiltrække attraktiv finansiering fra IFI/tilskud (som fx kritiske infrastrukturprojekter) og vigtigst adgang til levedygtige finansieringskilder fra både offentlige og private kilder.

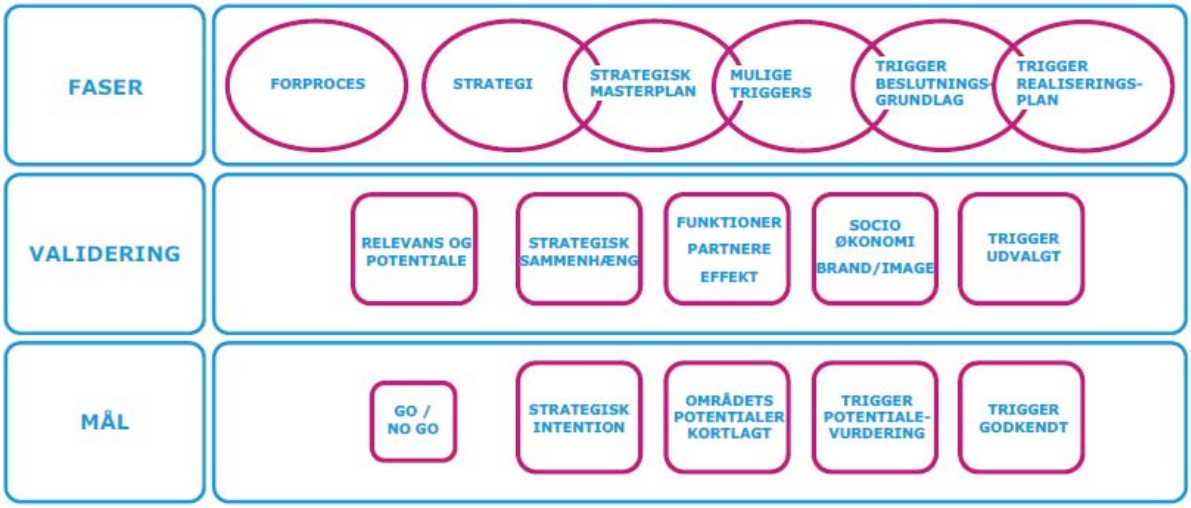
Det er meget opmuntrende at se, at lokalsamfundet for nyligt har sikret midler til en yderligere, mere detaljeret undersøgelse af konstruktionen af et kunstigt rev og muligheden for at indlede drøftelser med det lokale energiselskab EDP vedrørende et potentielt bidrag til sandfordring langs kystlinjen. Yderligere undersøgelser vil fokusere på at skabe alliancer og sammenhæng mellem klimatilpasningsprojekter og de prioriterede infrastrukturprojekter.

6.2 Triggerplanlægning[23]

Triggerplanlægning er en tilgang, hvor der arbejdes strategisk, målrettet og helhedsorienteret. Kommunens investeringer bliver mere målrettede og får mere nålestikskarakter og fungerer som trigger for andres investeringer. Formålet er at identificere en eller flere strategiske investeringer, som hver især er relativt små, men som åbner op for et område, for nye perspektiver eller for en ny udvikling.

Triggerprocessen forgår mest optimalt i de tidlige strategiske faser og i visse tilfælde flere år forud for selve projektet. Triggerprocessen består af 6 faser, som hver rummer valideringer, og som hver har deres konkrete målsætninger. Triggerprocessen er beskrevet i tekst nedenfor og er vist skematisk på figur 6.4.

[23] Trigger planlægning. Metode og drejebog. Havvand på land. Rambøll og Region Midtjylland 2014.



Figur 6.4 Oversigt over de forskellige faser i Triggerplanlægning.

Forproces

Forprocessen er en intern proces i kommunen, hvor det vurderes, om et triggerforløb er den rette form for det givne projekt med fx klimatilpasning og kystbeskyttelse. Et triggerforløb er kendetegnet ved, at der er tale om et strategisk forankret projekt, der forholdsvist hurtigt og med en beskeden investering kan medvirke til at åbne op for andre aktører, der har udviklingskraft og midler i forbindelse med større efterfølgende investeringer. Målet er at kunne igangsætte en triggerproces eller en anden indsats på et oplyst grundlag.

Strategi

Fokus i den strategiske fase er at udstikke retning, ambition og intention ved at identificere og optimere de strategiske sammenhænge. Den gode strategiske intention er åben, visionær og udfordrende. Ligeledes er det vigtigt, at den strategiske intention åbner op for det multifunktionelle og for andre perspektiver end kommunens. Eksempelvis skal både en kommune og en developer kunne realisere deres egne strategier via projektet.

Strategisk masterplan

Udarbejdelse af en strategisk masterplan er første fase, hvor arbejdet med projektet kobles til det fysiske område – fx udvikling af et havneområde. Arbejdet med den strategiske masterplan fokuserer på at idéudvikle området på måder, hvor mest muligt fra den strategiske intention kan integreres. Denne fase bør holdes åben og involverende, også fordi det ofte er kommende brugere, som bibringer projektet de idéer og funktioner, som både giver området kant, og som gør planen nærværende. I denne fase evalueres effekten af projektet på businesscase niveau fx ved socioøkonomiske beregninger, så områdets potentialer kan kortlægges, vurderes og prioriteres.

Mulige triggere

Med udgangspunkt i den strategiske intention screenes den strategiske masterplan for mulige triggere. Disse beskrives, og deres potentiale og effekt vurderes ud fra socioøkonomiske beregninger og ud fra deres betydning for branding og områdets image. Der skal være fokus på at finde flest mulige potentialer i området, samt indkredse hvorledes triggerinvesteringen kan udløse potentialer.

Trigger beslutningsgrundlag

De eller den udvalgte trigger beskrives, således at der er grundlag for beslutning, politisk indstilling, kommunikation, aftale med aktører og andre samarbejdspartnere mv. Der skal udarbejdes et realistisk og solidt plan- og beslutningsgrundlag, og den strategiske intention og effekt af triggerprojektet skal være tydeligt forklaret.

Trigger realiseringsprojekt
Sidste fase rummer den egentlige projekt- og realiseringsplan for, hvordan triggerprojektet skal udføres i praksis. Her arbejdes med et højt detaljeringsniveau mht. budgetter, tidsplaner, risikostyring osv.

7. ANBEFALINGER TIL ÆNDRINGER I RAMMEVILKÅRENE[24]

Fremtiden med højere vandstand og flere storme betyder, at langt flere kommuner og områder af Danmark vil blive mere berørt af oversvømmelser fra havet, end det har været tilfældet ind til nu. Den overordnede holdning er, at der er behov for at gennemgå rammevilkårene, og at Staten skal have en større rolle i den generelle kystbeskyttelse.

På baggrund af de foregående afsnit, gennemførte interviews samt kommentarer fra det Rådgivende Udvalg opstilles der i de følgende afsnit nogle helt konkrete forslag til ændrede rammevilkår for kyst- og stormflodssikringen i Danmark.

7.1 Lovgivning

Den overordnede holdning er, at der er behov for at gennemgå lovgivningen, og at lovgivningen i højere grad skal tage højde for de ændrede vilkår, som nye klimafremskrivninger giver.

Den lovgivningsmæssige udfordring, der fremhæves mest, er det hovedansvar for kystsikringen, som lovgivningen ligger på den enkelte grundejer, da dette medfører udfordringer i forhold til en vurdering af, hvem der har fordel af et projekt, og udfordringer i forhold til gennemførelse af tværkommunale projekter. Se også afsnit 4.1 og 4.6.

7.1.1 Forslag til ændringer

Som reglerne er i dag skal de, der opnår en beskyttelsesfordel, betale for tilpasning til stormflod, hvilket oftest betyder grundejere, men i praksis er det meget svært at afgøre præcist hvem. Dette beror på en skønsmæssige vurdering, og der er ingen klar skabelon at gå ud fra, når kommunalbestyrelserne skal træffe deres valg, hvilket ofte fører til handlingslammelse.

Reglerne, som de er i dag, er således heller ikke særlig dækkende, når det kommer til stormflodssikring af en storby eller andre områder, hvor det er svært at identificere, hvem der opnår fordel af projektet, eller hvor der kan argumenteres for, at det er hele samfundet, der opnår fordel af projektet.

Der vurderes således at være et behov for en afklaring og en afbalancering mellem de private lodsejeres bidrag og statens og kommunernes bidrag til kystbeskyttelsen.

Det foreslås derfor, at reglerne i Kystbeskyttelseslovens § 3 stk. 5 præciseres og uddybes, således at det fremgår klart, at det ikke kun er grundejere, der kan pålægges bidragspligt, men også ejere af ejendom på lejet grund, ejere af anlæg, såsom infrastruktur fx veje og forsyningsledninger samt kommuner og/eller staten.

Det er klart, at det vil være et politisk følsomt spørgsmål at fastlægge en lovreguleret pligt for kommuner og staten til at betale bidrag til gennemførelse af kystbeskyttelsesforanstaltninger, og det vil forudsætte, at der gennemføres en politisk debat med henblik på at tage stilling til, hvornår kommunerne skal være forpligtet til at betale og i hvilken udstrækning.

Det foreslås, at kommunen og/eller statens forpligtiges til at yde et bidrag, der hvor en bred kreds af borgere og samfundsværdier vil opnå fordel af foranstaltningerne, og hvor almennyttighedskriteriet dermed må anses for opfyldt.

Som eksempel på en problemstilling, der bør kunne håndteres inden for lovgivningen, er den, at de fleste grundejere ved havnen i København formentlig vil finde det urimeligt, hvis de skal løfte

[24] Kilde: Teknologi Rådet, DBT Foundation

broderparten af byens kystsikring, når så mange kommunale og statslige værdier samtidig vil blive beskyttet.[25]

Det foreslås derfor, at i der ved fordelsvurderingen tages samfundsøkonomisk og samfundsværdimæssige værdier i betragtning i en erkendelse af, at kystsikring er en offentlig opgave, og at det også er i samfundets interesse, at der ikke mistes værdier.

Der til kommer, at lovgivningen som den er i dag, ikke i tilstrækkelig grad tager højde for, at behovet for kystbeskyttelse naturligvis går på tværs af kommunegrænser, og at kystbeskyttelsesforanstaltninger i et område påvirker behovet for kystbeskyttelsesforanstaltninger i et andet område.

Det foreslås derfor, at lovgivningen ændres, så den i højere grad understøtter kystbeskyttelsesforanstaltninger, der går på tværs af kommunegrænser, ved at ligge ansvarsdelingen og samarbejdet mellem nabokommuner i faste rammer, så man sikrer sammenhængende helhedsløsninger og undgår interessekonflikter.

Ved at placere det primære ansvar for kystbeskyttelsen på den enkelte lodsejer fremmes et fokus på afgrænsede og mere kortsigtede løsninger, hvor kystbeskyttelse ikke ses som en helhed over en længere kyststrækning.

Det foreslås, at der skal etableres en incitamentsstruktur, som arbejder på tværs af kommunale og regionale grænser, og som fordrer et bredere samarbejde. Dette kan gøres ved at inddele Danmark i kystområder ud fra samme principper, som de der blev anvendt i forhold til det kommunale arbejde med skybrudssikring og inddeling i vandoplande.

Det foreslås endvidere, at der tillægges Kystdirektoratet eller et anden statsligt organ en procesfacilliterende rolle, lignende den der er tillagt kommunerne i medfør af Kystbeskyttelseslovens kap. 1a. Herved sikres en proces og en struktur, der kan danne rammerne i de tilfælde, hvor de involverede kommuner ikke selv kan opnå enighed om fx sikkerhedsniveau og bidragsfordeling.

Endelig vurderes der at være et behov for en klar lovgivningsmæssig adgang til at reallokere bebyggelser i kystområder i erkendelse af, at det næppe er økonomisk muligt eller samfundsmæssigt fordelagtigt at beskytte alle områder imod oversvømmelse fra havet.

Det foreslås derfor, at der i planlovgivningen skabes en udvidet adgang til at etablere nye byområder og sommerhusområder til erstatning for områder, som det vurderes ikke at være rentabelt at beskytte.

7.2 Finansiering

Den overordnede holdning er, at der er behov for at se kystsikring mere som en offentlig opgave, idet en kystsikring udelukkende baseret på privat finansiering ikke er tilstrækkelig til en effektiv og helhedsorienteret kystbeskyttelse. Se også afsnit 4.

7.2.1 Forslag til ændringer

Det fremhæves som en stor finansieringsmæssig udfordring, at hovedansvaret for finansieringen af kystbeskyttelsen i dag ligger hos grundejerne, da dette medfører udfordringer både i forhold til fordeling af udgifterne, etablering af et tilstrækkeligt beskyttelsesniveau, gennemførelsen af koordinerede projekter og udvikling af nye teknologier.

Som ovenfor anført er det nemlig meget svært for kommunerne at afgøre præcist, hvem der opnår beskyttelse og dermed at tage stilling til fordelingen af de enkeltes bidrag til finansierin-

[25] http://politiken.dk/indland/ECE2514772/grundejere-har-ansvaret-for-kystsikring-af-koebenhavn/

gen. Der efterlyses derfor fra flere sider mere klare skabeloner og finansieringsmodeller, som fordeler ansvaret og byrderne mellem alle parter.

Det foreslås derfor, at der skabes en bedre vidensdeling og konkrete skabeloner med potentielle finansieringsmodeller. Sådanne kan med fordel indarbejdes i vejledningen til Kystbeskyttelsesloven, såfremt det ikke findes formålstjeneligt at indarbejde mere skønsprægede modeller direkte i loven.

Der tilkommer et behov for tilføjelse af ekstern privat eller offentlig kapital til store og omkostningstunge klimatilpasningsprojekter eller kystbeskyttelsesprojekter i højprioritetsområder i betalingssvage samfund.

Det foreslås derfor, at der etableres en medfinansieringsordning a la skybrudssikringen, der kan aktiveres ved sådanne projekter. Medfinansieringen kunne i så fald findes i statslige puljer, fx fra en andel af bidraget til Stormrådets katastrofeordning.

Det foreslås endvidere, at der fokuseres på at skabe projekter, som kan afdække andre gevinster og dermed tiltrække potentielle private investorer, pensionsselskaber og fonde.

7.3 Forsikring

Den nuværende forsikringsordning i tilfælde af oversvømmelser fra havet er en solidarisk erstatningsordning, som ikke fokuserer på forebyggelse.

7.3.1 Forslag til ændringer

Det fremhæves som et samfundsøkonomisk spild, at de store summer, som Stormrådet udbetaler til dækning af tab som følge af stormfloder, ikke i højere grad anvendes til forebyggende foranstaltninger. Vurderingen er således, at de erstatningsberettigede tab på sigt er væsentligt større end omkostningerne forbundet med forebyggelse, og at den nuværende struktur begrænser incitamentet til at forebygge skader.

Det foreslås derfor, som ovenfor anført, at en del af det bidrag, alle betaler i dag til stormflodsordningen via den obligatorisk, solidarisk afgiftsfinansiering over brandforsikringen, tilføres en pulje, som skal anvendes til medfinansiering af kystbeskyttelsesforanstaltninger, hvor sådanne vurderes at være til almennytte for en større og ikke identificerbar kreds af borgere.

Det forslås dog samtidig, at ordningens nuværende erstatningsmodel, som sikrer incitamenter til en omkostningseffektiv klimatilpasning i form af skadesforebyggende adfærd og hensigtsmæssig lokalisering, fastholdes.

7.4 Planlægning

Det opleves stadig som en udfordring, at der ikke er et større og mere centralt overblik over behovet for kystbeskyttelse.

Der vurderes således at være et behov for at gennemføre en overordnet og langsigtet planlægning af kystbeskyttelsen, hvor Staten overtager styringen for at sikre helheden og undgå suboptimeringer, idet helhedsbetragtninger er afgørende for at sikre en optimal kystbeskyttelse på længere strækninger.

Det foreslås derfor, at der udpeges et centralt statsligt organ fx Kystdirektoratet, som kan foretage og udstikke nationale beslutninger og retningslinjer.

Der vurderes således at være et behov for et centralt organ, der ud fra en samfundsøkonomisk og en samfundsværdimæssig betragtning kan udarbejde en fælles kystsikringsstrategi med en

politisk prioritering af områder, både de der skal beskyttes, men også en liste over de områder, der ikke skal kystsikres i fremtiden.

Endvidere bør organet forholde sig til, hvilket nationalt sikringsniveau der skal ligges til grund i forhold til de forventede øgede stormflodsfrekvenser og havvandstigning, men også med en erkendelse af, at kystsikringen bør differentieres i højde og styrke og ikke fastsætte én standardsikring for alle kyststrækninger.

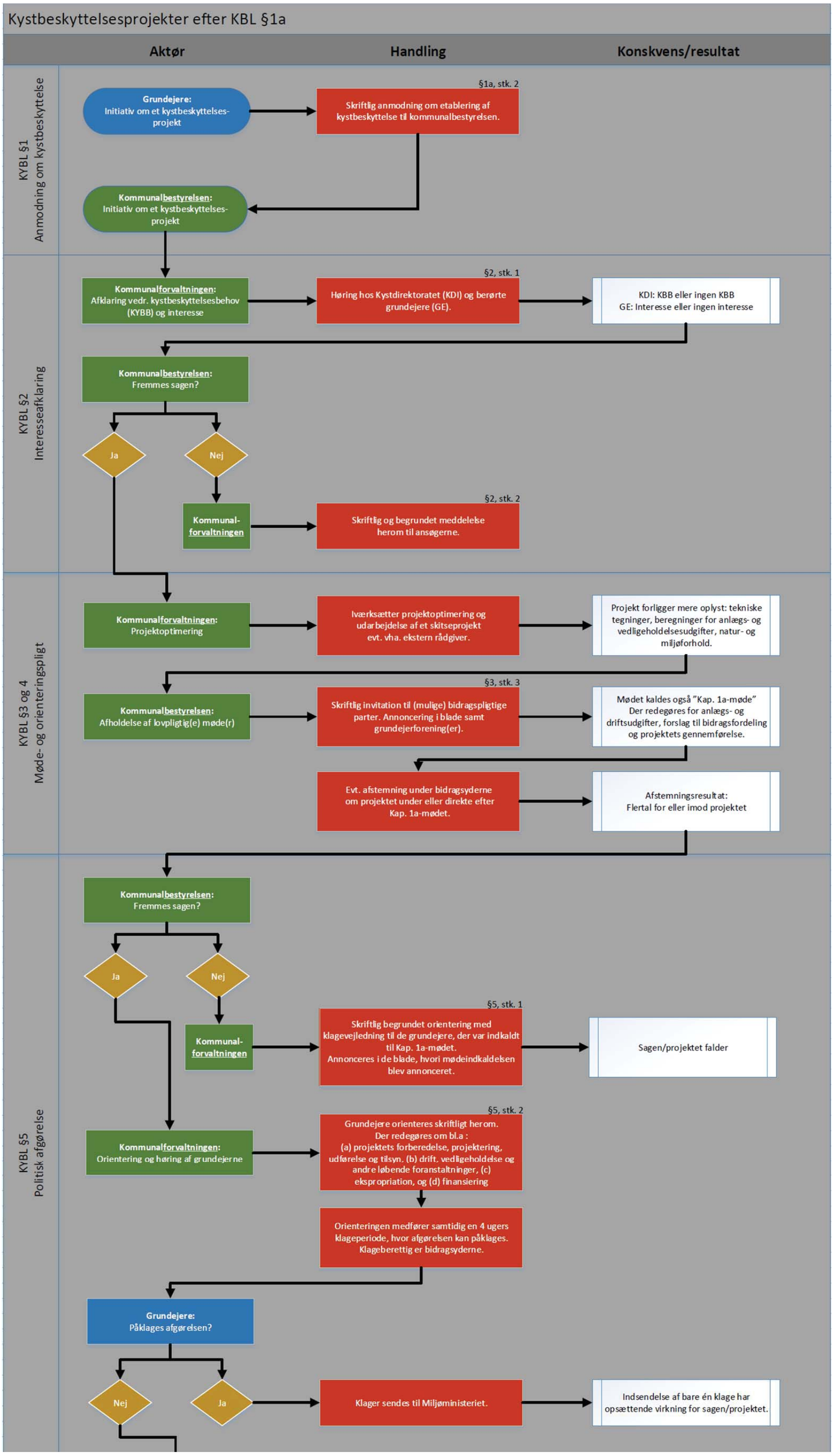
Det foreslås som led i placeringen af en sådan opgave hos et centralt statsligt organ, at der gennemføres en politisk debat med henblik på at tage stilling til, hvordan kystbeskyttelse skal være fremover, og hvilken rolle Staten skal have heri.

Der opleves endvidere et behov for mere kommunikation og formidling af viden, så der opnås en bedre forståelse for kystprocesser, bølgebelastning og nye teknologier, så der sikres et bedre beslutningsgrundlag for valg af de økonomiske og samfundsmæssige mest fordelagtige løsninger.

Det foreslås derfor, at der nedsættes en task force, som kan bistå kommunerne i deres myndighedsbehandling i stil med de tiltag, der blev etableret i forbindelse med kommunernes udarbejdelse af klimatilpasningsplaner mv. og evt. som led i den procesfacilliterende rolle, der ovenfor i afsnit 7.1.1 forslås tillagt et centralt statsligt organ i forhold til tværkommunale projekter.

BILAG 1
PROCES FOR KYSTBESKYTTELSESPROJEKTER

Kystbeskyttelsesprojekter efter KBL §1a



Legende:

KYBL: Kystbeskyttelseslov
KYBB: Kystbeskyttelsesbehov

Grundejer

Kommunalbestyrelsen/
Kommunalforvaltning

Kystdirektoratet

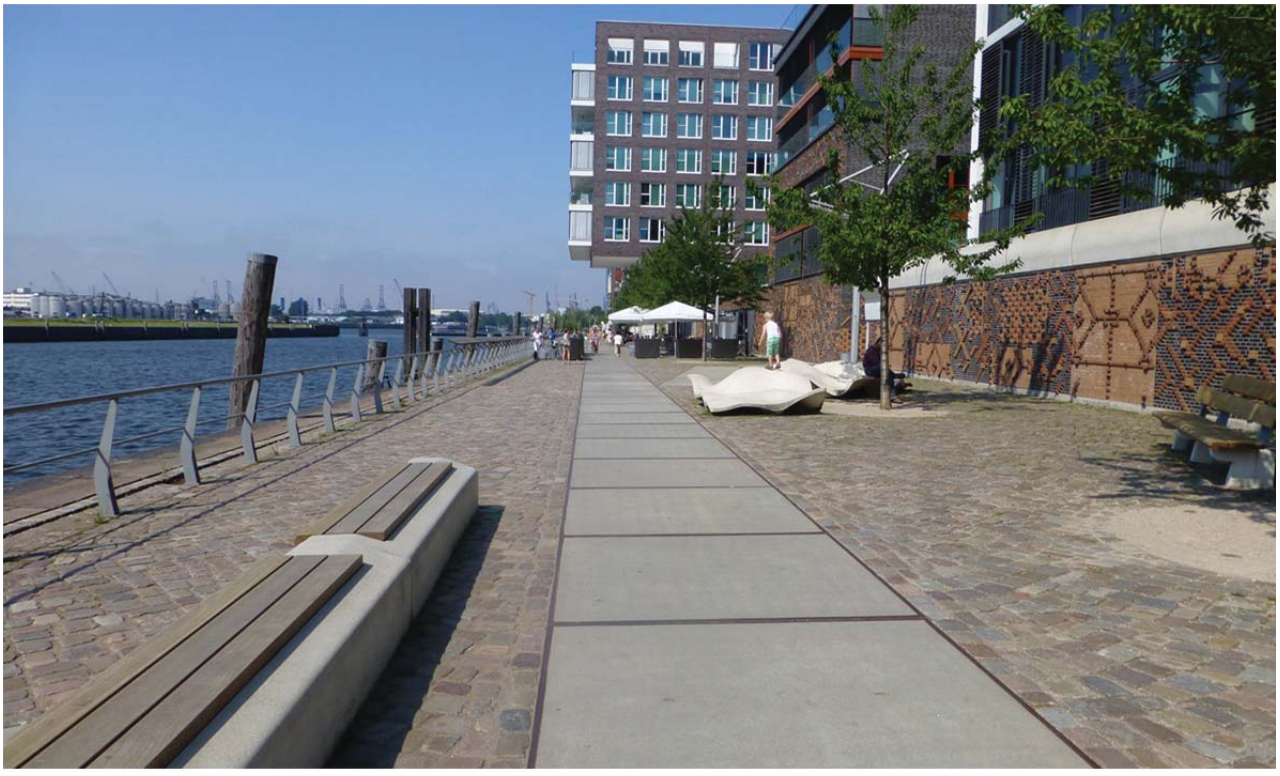
Myndigheder,
interessentorganisationer

Til
Realdania

Dokumenttype
Rapport

Dato
Juni 2015

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 3 - FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU



RAMBØLL

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 3 - FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU

Revision	**1b**
Dato	**2015-06-29**
Udarbejdet af	**Henning Thomsen, Jelmer Cleveringa, Jonathan Leonardsen, Trine Stausgaard Munk**
Kontrolleret af	**Christian Nyerup Nielsen**
Godkendt af	**Marianne Marcher Juhl**

Ref. 1100014321

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

INDHOLD

1.	**INDLEDNING**	**1**
2.	**PRAKSIS VED FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU**	**3**
2.1	Hidtidig praksis i Danmark	3
2.2	Metoder og erfaringer fra andre lande	3
2.2.1	Holland	3
2.2.2	England	7
2.2.3	USA	10
2.3	Fremtidige metoder i Danmark	11
3.	**METODER TIL FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU**	**14**
3.1	Kort introduktion til formålet med kapitlet	14
3.2	Analyserede metoder og kriterier	14
3.3	Samfundsøkonomi	15
3.4	Opsummering	16
4.	**ANDRE EFFEKTER AF KYSTSIKRINGEN**	**17**
4.1	Kort introduktion til formålet med kapitlet	17
4.2	Hvordan påvirker kystsikring samfundet?	17
4.3	Herlighedsværdi	18
4.4	Fysisk og mental sundhed	18
4.5	Turisme	19
4.6	Biodiversitet	19
4.7	Opsummering	20
5.	**AFPRØVNING AF METODERNE PÅ UDVALGTE CASES**	**22**
5.1	Kort introduktion til formålet med kapitlet	22
5.2	Udvalgte cases og væsentlige antagelser	22
5.2.1	Frederiksværk	23
5.2.2	Kerteminde	26
5.2.3	Sønderborg	29
5.2.4	Gentofte	32
5.2.5	Esbjerg	35
5.2.6	Randers	38
5.3	Beregning af omkostninger	40
5.4	Resultater og sammenligning	42
6.	**BEREGNINGSRESULTATER**	**43**
6.1	Nutidsværdier af kystsikring under alternative modeller	43
6.2	Resulterende stormflodshyppigheder	45
6.3	Interne renter	45
6.4	Opsummering	46
7.	**FØLSOMHEDSBEREGNINGER**	**47**
7.1	Spredning	47
7.2	Sikringsniveau i standard kote og reaktiv model	48
7.3	Forventet havvandsstigning	48
7.4	Enhedspris pr. m kystsikring	49

8. DISKUSSION AF METODERNE TIL FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU 50
8.1 Kort introduktion til formålet med kapitlet 50
8.2 Hvilke metoder er bedst hvor? 50
8.3 Skal samme metode bruges ensartet overalt i DK, eller skal der differentieres? 50
8.4 Anbefalinger 50

1. INDLEDNING

Med de seneste års storme (fx ”Bodil” og ”Egon”) er der kommet større fokus på klimatilpasningen af kysterne og de kystnære byer i forhold til oversvømmelser fra havet. Selv om stigningerne i havvandsstanden og en forøgelse af stormfloderne sker gradvist og først forventes at blive et problem om 20-30 år, er der allerede nu behov for at tænke kystbeskyttelse og tilpasning til havvandsstigninger ind i planlægningen.

I dette udredningsprojekt er der fokus på udfordringerne med oversvømmelser af byer fra stigende havvandsstande og øgede stormfloder. En anden følgevirkning af stigende havvandsstande og øgede stormfloder er en øget erosion af kysterne, og der vil også fremover være behov for at beskytte og sikre disse kyststrækninger. Miljøministeriet har igangsat en analyse for at afklare, om det er nødvendigt at ændre den nuværende lovgivning for kystbeskyttelse. Erosion af kyster indgår i Miljøministeriets analyse, der beskæftiger sig med samtlige typer kyststrækninger i Danmark.

Udredningen er opbygget i følgende 6 dele, der hver kan læses som selvstændige rapporter:

- Pixibog - Udredning om tilpasning til havvandsstigninger
- Del 1 - Omfang af stormfloder og skader
- Del 2 - Rammevilkår
- **Del 3 – Fastlæggelse af sikringsniveau (nærværende rapport)**
- Del 4 – Tekniske løsninger
- Del 5 – Anbefalinger

Pixibogen indeholder en introduktion til udredningen og en sammenfatning af de øvrige delrapporter, og den giver dermed et overblik over hele udredningen.

Nærværende rapport om fastlæggelse af sikringsniveau indeholder en beskrivelse af forskellige metoder til at opstille et fornuftigt sikringsniveau i forhold til oversvømmelser fra havet. Det vil sige, hvilken havvandsstigning og øgede stormfloder skal byerne og kysterne sikres mod i fremtiden, og hvordan fastlægges det mest hensigtsmæssige niveau set i forhold til samfundsøkonomi og samfundsværdier. I beskrivelsen af metoderne inddrages samfundsøkonomiske cost-benefit beregninger, som kan kortlægge den økonomiske og samfundsmæssige gevinst ved at sikre et område mod oversvømmelser sammenlignet med udgifterne til skader, hvis området bliver oversvømmet. Ideen med at fastlægge sikringsniveauer skal i høj grad ses som en støtte for beslutninger hos de lokale aktører, der arbejder med klimatilpasning i forhold til kystsikring.

Rapportens metoder til vurdering af samfundsøkonomien er udarbejdet på et overordnet niveau, der primært beskriver principper og eksempler på, hvordan beregningerne kan udføres, og hvordan niveauet for sikring med oversvømmelser kan fastlægges.

Rapporten er opbygget med følgende indhold:

I kapitel 2 beskrives den aktuelle praksis for at fastlægge det sikringsniveau, vi indtil nu primært har anvendt i Danmark. Endvidere gives der eksempler på, hvordan sikringsniveauet er fastlagt i Holland, USA og England med fokus på at inddrage erfaringer fra andre lande som inspiration til en dansk praksis.

Kapitel 3 indeholder en beskrivelse af 3 forskellige (økonomiske) modeller til at fastlægge et hensigtsmæssigt beskyttelsesniveau: den reaktive model, standard kote modellen og den samfundsøkonomiske model.

Ud over omkostninger til kystsikring og sparede omkostninger ved skader kan også andre effekter af et kystsikringsprojekt have betydning for fastlæggelsen af sikringsniveauet. I kapitel 4 præsenteres en række direkte og afledte effekter af kystsikringen, som bør medtages i en samfundsøkonomisk analyse af investeringerne i kystsikringen.

I kapitel 5 er de forskellige metoder til fastlæggelse af et sikringsniveau på et overordnet niveau afprøvet på cases fra 6 forskellige byer, og beregningsresultaterne er sammenlignet og diskuteret i kapitel 6. I kapitel 7 er der foretaget en følsomhedsanalyse af nogle af antagelserne bag beregningerne for at undersøge, om alternative antagelser vil ændre på, hvilken metode der ud fra en samfundsøkonomisk betragtning giver et optimalt sikringsniveau.

Kapitel 8 indeholder en diskussion af metoderne til at fastlægge et fornuftigt sikringsniveau, og der peges på den model, som ud fra denne rapports beregninger og vurderinger vil være den mest hensigtsmæssig til at fastlægge, hvilket sikringsniveau der giver mest sikkerhed for den investerede økonomi.

2. PRAKSIS VED FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU

2.1 Hidtidig praksis i Danmark

Der er ikke fastsat et nationalt sikringsniveau i Danmark eller udarbejdet fælles retningslinjer for, hvordan et sådant sikringsniveau skal fastlægges af de lokale myndigheder. Tendensen har primært været at sikre de områder, der netop har været ramt af en stormflod, og at fastlægge sikringsniveauet til "lige over" den hændelse, der netop var indtruffet det pågældende sted.

Der er historisk flere eksempler på dette:

- Efter stormfloden i oktober 1634 ved Vadehavet blev de første egentlige diger langs marsken bygget.
- Ribediget blev bygget efter stormfloderne i 1909 og 1911, hvor Ribe By blev oversvømmet.
- Diger på Lollands sydkyst blev opført efter den meget kraftige stormflod i 1872.
- Digerne er flere gange blevet forstærket og udbygget, efter at de har været ramt af stormfloder.
- Efter "Bodil-stormen" har fx Roskilde Kommune etableret et beredskab og indkøbt mobile stormflodsløsninger, som kan sikre lavtliggende områder, og Halsnæs Kommune har iværksat et projekt for at sikre Frederiksværk.

I de indre danske farvande er der generelt kun udført kystsikring mod oversvømmelser i mindre spredte områder. Blandt andet i Roskilde Fjord og langs Storebælt er der mange steder opført kystnær bebyggelse, der flere gange har været oversvømmet, senest i 2012.

Med kommunernes klimatilpasningsplaner er der udarbejdet oversvømmelseskort for kysterne, og flere kommuner har også foretaget en risikovurdering af oversvømmelser fra havet både nu og i fremtiden. Det er dog forskelligt, hvordan disse sandsynligheder og konsekvenser af oversvømmelser er omsat til fastlæggelse af et sikringsniveau, og i de fleste kommuner er dette ikke gjort.

Kystdirektoratet har i "Guidelines for klimatilpasning i kystområder"[1] udarbejdet en række guidelines til inspiration for landets kommuner, kystgrundejere og andre beslutningstager, der arbejder med klimatilpasning i kystområder. En del af de beskrevne metoder har hentet inspiration i Englands måde at håndtere kystbeskyttelse på. Der er dog ikke defineret en bestemt måde at fastlægge et sikringsniveau på, men der er givet eksempler på, at dette kan fastlægges ud fra sandsynligheden for oversvømmelse, som vist på oversvømmelseskort eller på baggrund af en egentlig risikovurdering, hvor også værdierne i området og skadesomkostninger ved en oversvømmelse inddrages.

2.2 Metoder og erfaringer fra andre lande

I dette afsnit beskrives erfaringer og metoder fra Holland, England og USA med fokus på, hvordan disse lande fastsætter sikringsniveauer og arbejder med at revidere dem i takt med, at der kommer ny viden.

2.2.1 Holland

Sikringsniveau

Beskyttelsesniveauet mod oversvømmelse er bestemt for hvert område/region, der er omgivet af diger, klitter eller hævet terræn (en såkaldt "dijkring«). Beskyttelsesniveauerne er indarbejdet i den nationale lovgivning ("Waterwet"). Beskyttelsesniveauet er forskelligt fra region til region og afhænger af antallet af indbyggere i regionen, den økonomiske værdi og typen af oversvømmelser. Typen af oversvømmelsen karakteriseres ud fra muligheden for at forudsige, hvornår oversvømmelsen forekommer, mulighederne for at kunne gennemføre forebyggende foranstaltninger

[1] Sørensen, P. og Sørensen, C., 2012. Guidelines for klimatilpasning i kystområder. Kystdirektoratet, Lemvig.

og påvirkningen af det oversvømmede område. En oversvømmelse fra floderne kan normalt forudsiges i flere dage, før den indtræder, og det giver mulighed for at nå at evakuere befolkningen. I nogle tilfælde er det også muligt at forudsige stormfloder flere dage i forvejen, mens oversvømmelser fra stormfloder i andre tilfælde kan bygges op på en dag, hvilket giver kort tid til evakuering. Påvirkningen vedrører overordnet set om oversvømmelsen er med ferskvand eller saltvand og dens indvirkning på landbrugets anvendelse af jorden.

Beskyttelsesniveauet blev fastlagt i 1950'erne og 1960'erne i kølvandet på katastrofen i 1953,og som en del af Delta-planen. De samfundsøkonomiske fordele ved Delta-planen blev bestemt ved sammenligning med de traditionelle beskyttelsesforanstaltninger ("hæve digerne"), og inkluderede fordele for drikkevandsforsyning, trafik, rekreation mv.

Vurdering af, om det krævede beskyttelsesniveau er opfyldt, er en kompleks teknisk øvelse. Det samme gælder for design af nye eller forbedringer af eksisterende kystbeskyttelsesanlæg. Diger, klitter, sluser, stormflodsbarrierer mv. er underlagt hydrauliske forhold, der afhænger af, om de beskytter mod oversvømmelser fra kyst, floder eller søer. For kystvande er det en kombination af stormflodsniveauer med den tilhørende bølgehøjde og bølgeperiode samt varigheden af stormen, der er bestemmende for kystsikringen. Disse hydrauliske randbetingelser er fastlagt langs hele kysten.

Dette er i det væsentlige en statistisk beregning, hvor de observerede værdier for vandstand og bølgehøjder ekstrapoleres til det ønskede niveau. For søer og floder fastlægges ligeledes de hydrauliske randbetingelser ved hjælp af tilsvarende statistikdata. Ny viden kan give anledning til ændringer i de hydrauliske randbetingelser, som det har været tilfældet for bølgeperioden. Målinger fra havbøjer viste en undervurdering af bølgeperioden især i den nordlige del af den hollandske del af Nordsøen. Nye beregninger, der omfattede en større bølgeperiode, viste, at det var nødvendigt med forstærkninger af visse dele af kysten. I de seneste 10 år er disse forstærkninger blevet gennemført.

Bestemmelsen af beskyttelsesniveauet kræver også et overblik over, hvordan kystbeskyttelsesanlægget reagerer, hvis det bryder sammen ved en oversvømmelse. Måden, sammenbruddet sker på, afhænger af typen af kystbeskyttelsesanlæg. For hver anlægstype foreligger der matematiske formler, der kan beregne anlæggets styrke og sandsynlighed for sammenbrud. Ny viden om sammenbrudsmekanismer resulterer i justerede eller nye formler for beregningerne.

Beskyttelsesniveauet for de eksisterende diger kontrolleres hvert 12. år, hvilket er fastsat i lovgivningen. Bestemmelse af sikkerhedsniveauer kræver indsamling af en stor mængde data vedrørende forholdene og betingelserne for anlæggene til sikring mod oversvømmelser.

Oversvømmelsesrisici

Oversvømmelsesrisikoen for de beskyttede områder i Holland er fastlagt i det store nationale program VNK. Dette program finansieres og forvaltes af de regionale Waterboards og Rijkswaterstaat (en del af det hollandske ministerium for Infrastruktur og Miljø, som er ansvarlig for konstruktion, fremstilling, forvaltning og vedligeholdelse af de vigtigste infrastrukturanlæg i Holland). Det har taget næsten 10 år at færdiggøre programmet.

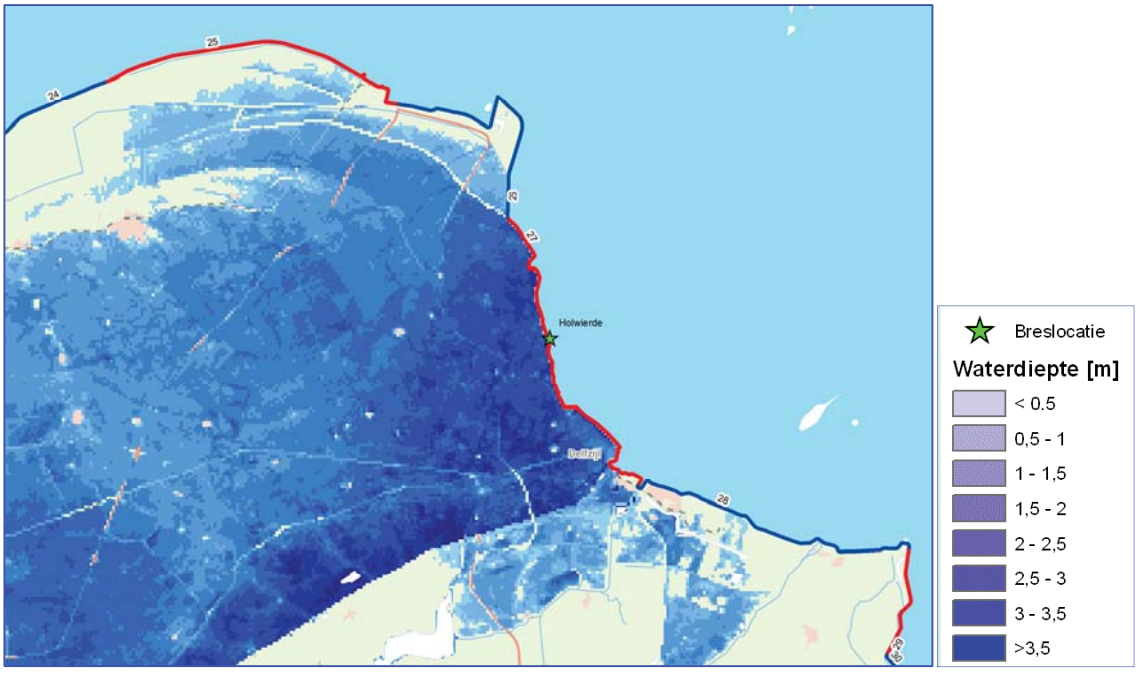
For hvert område er konsekvenserne af oversvømmelserne og sandsynligheden for oversvømmelser beregnet, og disse er blevet samlet i risikoberegninger. En introduktion til metoden kan findes i den engelske rapport "Oversvømmelsesrisikoen i Holland; VNK2; Kort om metoden", oplysninger om de forskellige trin er præsenteret i de underliggende tekniske rapporter (på hollandsk).

Første del af beregningerne af konsekvenserne af oversvømmelser er definition og udpegning af de enkelte kystelementer. For hvert af kystelementerne sammenlignes oversvømmelsesmønstret

med de deraf følgende skader. De nødvendige data er et detaljeret kendskab til anlæggene til sikring mod oversvømmelser samt koten og strukturen (diger, kanaler mv.) af baglandet. For hvert kystelement er der foretaget beregninger med en numerisk oversvømmelsesmodel med forskellige datasæt for vandstand, herunder varigheden af den høje vandstand. Beregningerne med disse numeriske modeller kræver således kendskab til den vandstand, som kystsikringsanlæggene skal beskytte mod, varighed af begivenheden og en detaljeret højdemodel inklusive bebyggede områder.

Det næste trin er definitionen af scenarier, der også inkluderer kombinerede svigt i beskyttelsen fra forskellige sikringsanlæg. Det sidste trin er beregningen af det økonomiske tab og antallet af dødsfald som resultat fra hvert scenarie. For at gennemføre disse beregninger, skal resultaterne fra oversvømmelsesmodellen kombineres med input om de økonomiske værdier, der findes i det oversvømmede område (per postnummer), og antallet af indbyggere. Disse beregninger udføres med en konsekvensmodel, der er udviklet til projektet. Det modelberegnede økonomiske tab er nettoskader for hele Holland. De økonomiske skadesomkostninger omfatter skader på kapitalværdier og afbrydelse af økonomiske aktiviteter. Substitution af de økonomiske aktiviteter - skiftet i økonomiske aktiviteter i de uberørte områder - er inkluderet. Dødsfald er ikke inkluderet i de økonomiske beregninger. Beregningen af dødsfald omfatter de sandsynlige virkninger af evakuering - der afhænger af de regionale områder og omfatter prognoser.

Beregningerne af sandsynligheden for svigt i anlæggene til sikring mod oversvømmelser begynder med fastlæggelse af kyststrækninger, der hver i sær har sammenlignelige egenskaber. Der kræves input i form af detaljerede oplysninger om typen af kyststikringsanlæg (diger, klitter, andre strukturer) og dens egenskaber (dimensioner, dæklag, undergrund mv.). På figur 2.1 er vist den modellerede vandstand i baglandet efter brud på et dige.



Figur 2.1 Vandstand i baglandet i meter efter et brud på et kystsikringsanlæg på stedet markeret med en stjerne.

For hver sektion og for hvert kystelement inden for hver sektion beregnes sandsynligheden for alle de mulige former for svigt i kystsikringen, der kan tænkes for det betragtede kystelement. Dette kræver input om alle de relevante mekanismer, der spænder fra stormflodsniveauer til bølgernes højde, retning og periode. De kombinerede sandsynligheder for alle relevante brudmekanismer beregnes herefter for hver sektion. Resultaterne af disse beregninger drøftes med Wa-

terboards for at inkludere ekspertviden, der muligvis ikke blev medtaget i beregningerne. Alle sandsynligheder per sektion kombineres, og disse kombineres med de scenarier, der er blevet defineret for konsekvensberegningerne. Dette resulterer i sandsynligheder for scenarierne. Summen af disse scenariesandsynligheder er sandsynligheden for oversvømmelse. Figur 2.2 viser et eksempel på et sådant sandsynlighedskort.

Figur 2.2 Sandsynligheden for oversvømmelser for forskellige digesegmenter (vist med tal) angivet fra grøn (lav sandsynlighed) til rød (høj sandsynlighed).

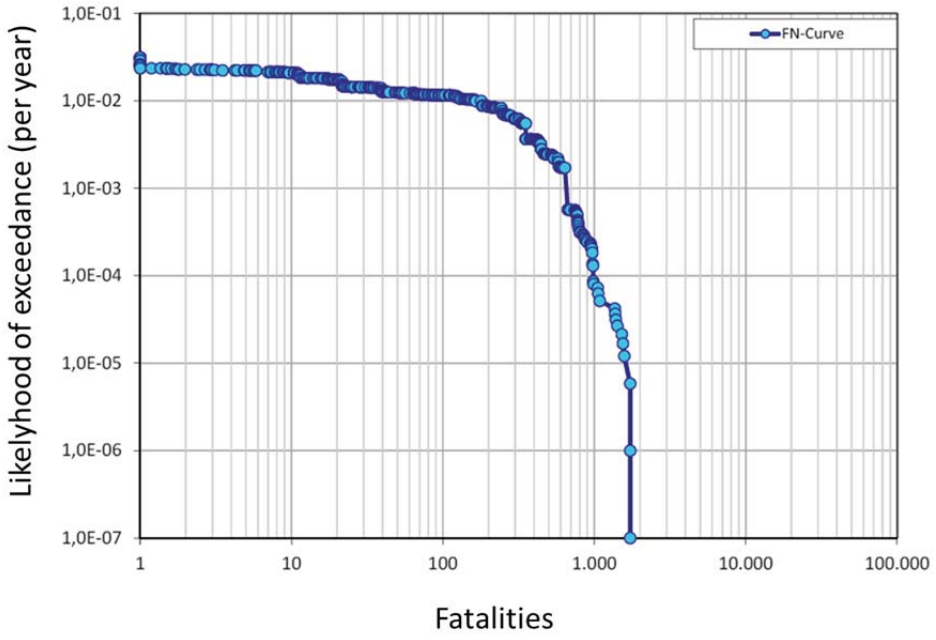
Den sidste fase er beregning af risikoen, der giver den forventede værdi af de økonomiske skader og det forventede antal dødsfald. Risikoen beregnes som produktet af sandsynligheden og konsekvenserne for hvert scenarie. Ved at kombinere scenarierne i en sandsynlighedsvægtet sum af alle mulige udfald fås en forventet værdi for skaderne og for de omkomne. Hvert scenaries sandsynligheder og konsekvenser bruges til at beskrive den samfundsmæssige risiko, den økonomiske skadeskurve, den lokale individuelle risiko og den lokale individuelle risiko uden evakuering. Resultaterne af beregningerne udtrykkes som sandsynligheden for økonomiske skader og dødsfald for hvert oversvømmelsesbeskyttet område i Holland. Resultaterne er offentligt tilgængelige for alle områder i Holland, der er beskyttet af diger, klitter og andre anlæg til sikring mod oversvømmelser. Resultaterne er vigtige input til det politiske skift i retning af en risikobaseret tilgang.

Metoden er tids- og arbejdskrævende, fordi det kræver store mængder input og detaljerede beregninger. Desuden kræver det meget tid for alle specialisterne at blive enige om beregningerne. Projektet startede med en udviklings- og testfase (VNK 1), hvor en stor del af debatten har fundet sted. Projektet krævede også en omfattende organisation, med alle ansvarlige myndigheder repræsenteret på forskellige niveauer i projektorganisationen.

Det skal bemærkes, at for områder, der ikke er beskyttet af diger, klitter eller andre foranstaltninger til beskyttelse mod oversvømmelse, er oversvømmelsesrisici ikke blevet fastlagt i VNK projektet. I nogle tilfælde er der beregnet oversvømmelsesrisiko i andre projekter, men i modsætning til de beskyttede områder, er der ikke udviklet en standardmetode.

Skift i politik

Regeringen i Holland har besluttet at ændre den retlige beskyttelse til en risikobaseret tilgang. Hver indbygger i Holland, der bor bag et dige, klit eller anden sikring mod oversvømmelse (med en retlig status) skal have en sandsynlighed for at omkomme som følge af oversvømmelser, der er mindre end 1:100.000 om året, jf. figur 2.3. For situationer, hvor et stort antal mennesker står samlet over for en trussel fra oversvømmelser og i situationer, hvor store økonomiske værdier er på spil, kan der fastsættes en højere værdi.



Figur 2.3 Antal omkomne som funktion af den årlige sandsynlighed for oversvømmelser

Den faktiske gennemførelse af skiftet i den nye beregningspolitik er i gang, og debatten om forskellige tekniske/metodiske udfordringer er begyndt.

Relation til de danske forhold

De fysiske rammer for Holland er meget forskellige fra den danske situation og har flere mennesker og større økonomiske værdier i oversvømmelsestruede områder. Den måde, beskyttelsen mod oversvømmelse er blevet gennemført i den hollandske lov, vil kun være begrænset anvendelig i Danmark. Skiftet i retning mod en risikobaseret tilgang og fastlæggelse af beskyttelsesniveau for personer, kan dog være god tilgang.

VNK-metoden giver dog mulighed for en objektiv sammenligning af det nuværende sikkerhedsniveau og virkningen af forstærkninger. Dette kan anvendes til de danske forhold, men det er komplekst med omfattende drøftelser af faktorer og involverende processer, tidskrævende, da det tog over fem år for Holland at gennemføre, og dermed dyrt.

2.2.2 England

Sikringsniveau

I England er der intet garanteret beskyttelsesniveau, hvilket er gældende for de fleste lande. Standarden for beskyttelse er bestemt i Strategisk risikovurdering af oversvømmelser (Strategic Flood Risk Assessments (SFRAs)) af de lokale amter. Et eksempel fra Kingston upon Hill er:

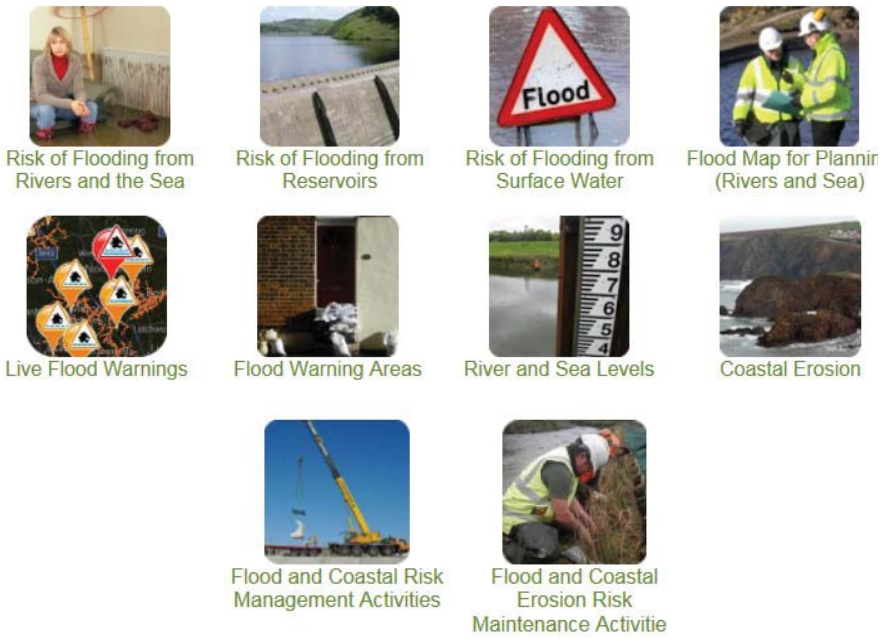
"den nuværende standard for beskyttelse af de eksisterende beskyttelsesanlæg langs River Hull gennem Kingston upon Hull er generelt 0,5 % (1 gang hvert 200. år), under forudsætning af Hull Tidal Surge Barrier (tidevandsbarrieren) fungerer efter hensigten. Der er dog et mindre antal isolerede lavpunkter i oversvømmelsessikringen, hvor standarden for beskyttelse er under 50 % (1 gang hvert 2. år) ".

Standarden for beskyttelse i Storlondon-området er meget højere: 1 gang hvert 100. år til 1 gang hvert 1.000. år.

Oversvømmelsesrisiko

Mange oplysninger om oversvømmelser og beskyttelse mod oversvømmelser er tilgængelig i England, lige fra det lokale til det nationale niveau. Aktuelt er risikoberegninger, der kombinerer sandsynligheden for oversvømmelser med værdierne, sparsomme. På trods af navnet "Strategiske risikovurderinger for oversvømmelser" indeholder disse ikke risikoberegninger, men giver detaljeret information om sandsynligheden for og konsekvenserne af oversvømmelser.

Sandsynligheden for oversvømmelser fra floder og havet er beregnet for hele England og er tilgængelige via internettet. Disse oplysninger er beregnet til individuelle husejere og ejere af små virksomheder (https://www.gov.uk/prepare-for-a-flood). På samme hjemmeside kan der findes oversvømmelsesrisici for oversvømmelser fra havet og fra overfladevand. Syv andre tilgængelige kort viser forskellige aspekter og aktiviteter, der relaterer sig til planlægning i forhold til oversvømmelser og afhjælpende foranstaltninger. Mængden af information er overvældende. Skalaen, hvor oplysningerne præsenteres, er ikke særlig detaljeret, når der sammenlignes med skalaen på de enkelte huse.



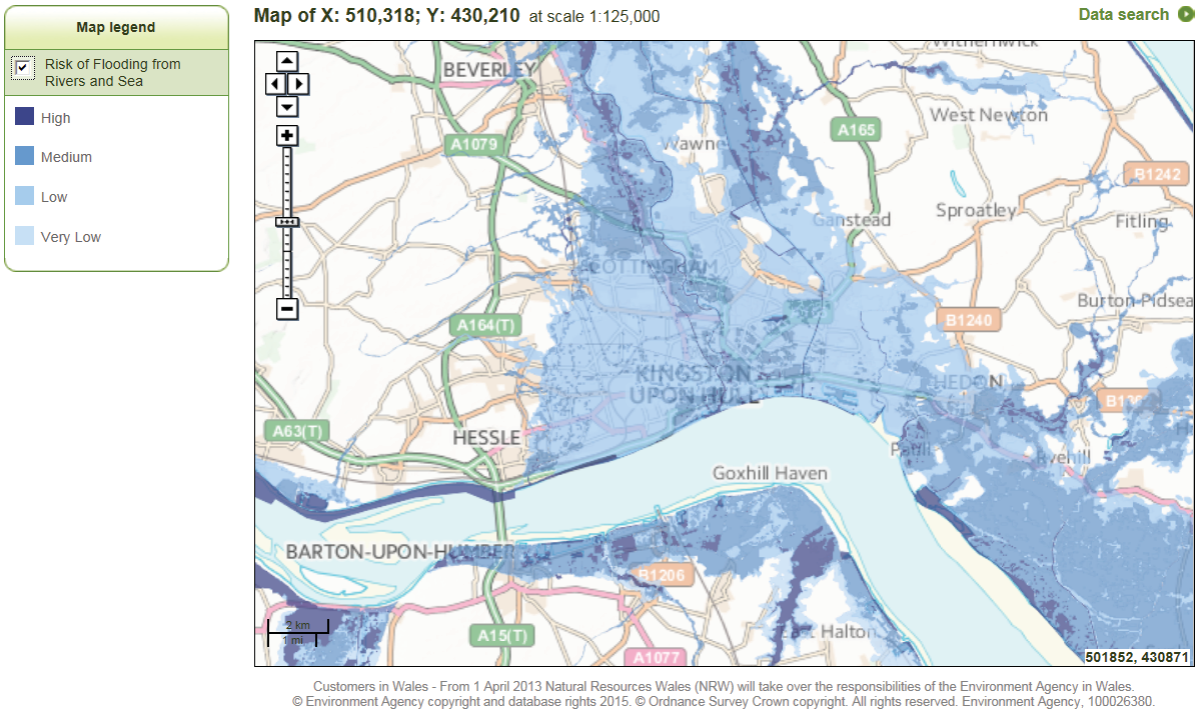
Figur 2.4 Alle kort relateret til oversvømmelsesrisiko og beskyttelse på Miljøstyrelsens hjemmeside (England).

Kortet med risiko for oversvømmelse fra floder og havet viser vurderingen af sandsynligheden for oversvømmelse fra floder og havet. Sandsynligheden er det kombinerede resultat af tilstedeværelsen og virkningen af alle oversvømmelsessikringer, prognosen for oversvømmelsesniveauer og terrænkoter.

Sandsynligheden for oversvømmelse vises i fire kategorier:

- Høj – større end 1/30 (3,3 %) chance for oversvømmelse hvert år.
- Medium – mindre end 1/30 (3,3 %) men større eller lig med 1/100 (1 %) chance for oversvømmelse hvert år.
- Lav – mindre end 1/100 (1 %) men større end eller lig med 1/1000 (0,1 %) chance for oversvømmelse hvert år.
- Meget lav – mindre end 1/1000 (0,1 %) chance for oversvømmelse hvert år.

På figur 2.5 er vist et kort over oversvømmelsesrisikoen fra byen Kingston Upon Hull.



Figur 2.5 Kort over oversvømmelsesrisiko for byen Kingston upon Hull og omkringliggende arealer

Det er svært at finde baggrundsoplysninger for udarbejdelsen af kortet. Det ligger dog fast, at kortet kombinerer detaljerede lokale data fra modellering og kortlægningsundersøgelser med oplysninger fra en national model for England og Wales. For floder giver detaljerede undersøgelsesdata oplysninger om topografien eller jordoverfladen, og dette kombineres med strømningsoplysninger. For kystområder kombineres detaljerede undersøgelsesdata med analyserede oplysninger om havoverfladen og bølgedata. Hvor der ikke findes en tilgængelig detaljeret kortlægning, er der suppleret med en national overordnet modellering, hvilket giver et overblik over oversvømmelsesrisikoen for alle floder med et opland større end 3 km^2 samt fra havet.

Lokale myndigheder udarbejder mere detaljerede oversvømmelseskort som en del af deres Strategiske Flood Risk Assessment (SFRA). Disse vurderinger, der er blevet udarbejdet i henhold til Planlægningserklæring nr. 25: Planlægning af oversvømmelsesrisici (The National Planning Policy Framework (NPPF), er nu det officielle dokument, der regulerer vurderingen af risikoen for oversvømmelser og de tilhørende afhjælpende foranstaltninger, der er relevante i planlægningsprocessen, men PPS25 Praktiske Guidelines er fortsat gældende, indtil myndigheden vælger at udskifte den).

Nærmere oplysninger om modelleringerne kan findes i de enkelte SFRA-rapporter. Disse rapporter indeholder også oplysninger om input i form af regnhændelser, afstrømning samt tidevand inklusive havstigning.

Relation til de danske forhold

I England er oversvømmelseskortene fremstillet af de lokale myndigheder, og det er sandsynligt, at dette har hjulpet med at opbygge kapaciteten på dette niveau. Det er vanskeligt at få et overblik over de samlede risici (sandsynligheden for oversvømmelser gange skadesværdien). Vurderingen af potentielle skader og liv kan med fordel inddrages i beregningerne i Danmark.

2.2.3 USA

Sikringsniveau

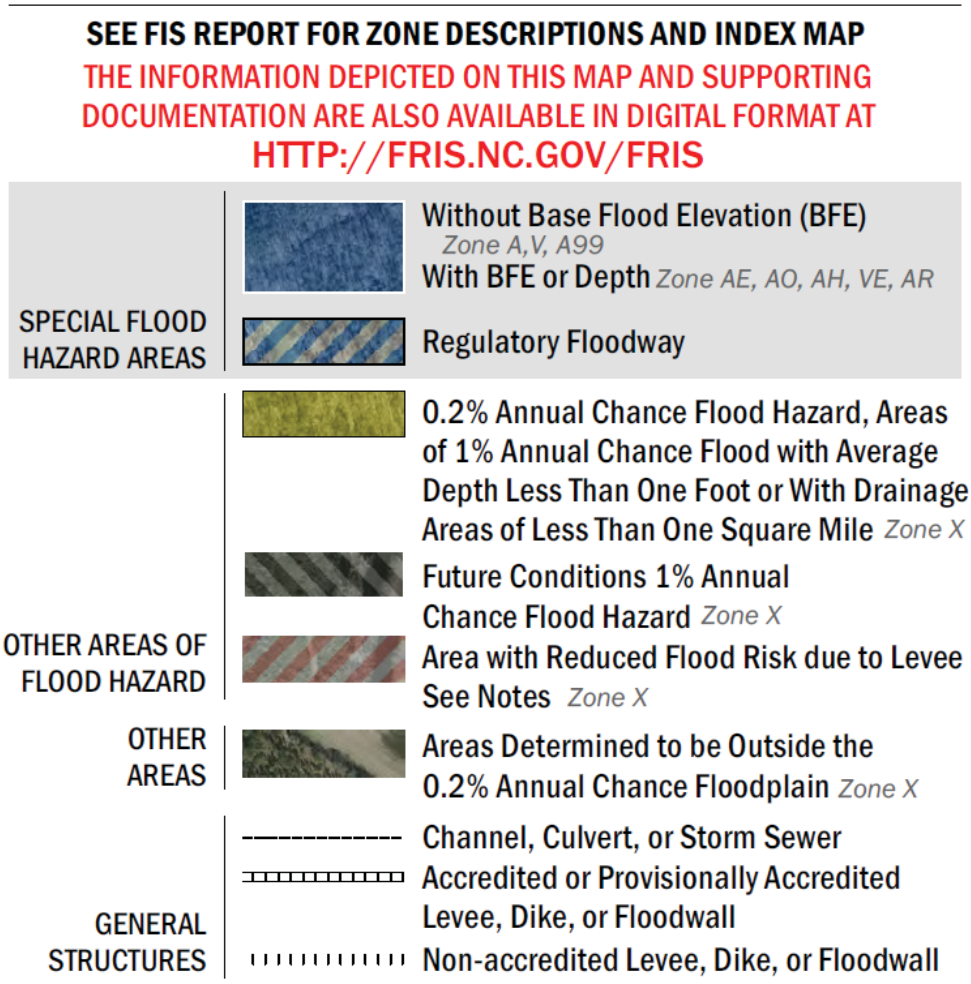
I USA er der intet lovbestemt sikkerhedsniveau mod oversvømmelser.

Oversvømmelsesrisici

Sandsynligheden for oversvømmelser er beregnet for næsten hele USA og er præsenteret på oversvømmelseskort. Disse oversvømmelseskort er tilgængelige hos både de føderale og de enkelte staters myndigheder. Informationerne fra oversvømmelseskortene er nødvendige for at kunne tegne en forsikring, der er obligatorisk, når der skal ansøges om et realkreditlån.

Oversvømmelseskortene udarbejdes ud fra en detaljeret vejledning fra Federal Emergency Management Agency, FEMA (en oversigt findes i FEMA, 2014: Retningslinjer og standarder: Master Index, med links til de forskellige detaljerede dokumenter). Vejledningen dækker alle aspekter af processen fra indsamling af terrænkoter til modellering og beregninger. Vejledningen omfatter også inddragelse af interessenter. Forskellige numeriske modeller kan bruges til udarbejdelse af kortene. En liste over de gældende modeller kan ses på FEMAs hjemmeside.

Diger, der indgår i beskyttelsen mod oversvømmelser, er registreret i den Nationale Digedatabase, der vedligeholdes af US Army Corps of Engineers. Digernes sikringsniveau er ikke medtaget i databasen.



Figur 2.6 Legende fra et oversvømmelseskort med angivelse af zoner (fra North Carolina)

Beregninger af oversvømmelseskonsekvenserne er ikke tilgængelige via den føderale eller de enkelte staters myndigheder. For projekter og planer er der beregnet økonomiske skader og/eller antallet af omkomne. Sådanne beregninger omfatter generelt input fra prognoser for oversvømmelser i kombination med oplysninger om de økonomiske værdier og aktiviteter (pr. postnummer). I konkurrencen "Rebuild by design", som blev afholdt efter orkanen Sandy, er sådanne beregninger blevet udført af de enkelte konkurrencedeltagere for at demonstrere fordelene ved deres forslag. Det har ikke været muligt at finde statslige retningslinjer for denne type beregninger i USA.

Relation til danske forhold

De detaljerede retningslinjer for udarbejdelse af oversvømmelseskort kan være inspiration til, hvordan denne type beregninger kan gennemføres ensartet for den danske kyst.

2.3 Fremtidige metoder i Danmark

Den hidtidige praksis i Danmark og erfaringer fra andre lande viser, at der er flere forskellige måder at fastlægge et fornuftigt sikringsniveau på, der også tager hensyn til udviklingen i havvandsstigning og øgede stormfloder.

På området med klimatilpasning til skybrud har samfundsøkonomiske beregninger vist, at det kan betale sig at tilpasse byområderne til at kunne håndtere op til en 100 – 200 års regn[2]. Disse

[2] Københavns Kommune. Københavns Kommunes skybrudsplan 2012.

beregninger sammen med en klimafremskrivning af regnhændelserne ligger til grund for det sikringsniveau, der er blevet gængs praksis på skybrudsområdet.

I Københavns Kommunes klimatilpasningsplan er der tilsvarende udført samfundsmæssige cost-benefit beregninger for oversvømmelser fra havet, og der er givet forslag til designkoter for forskellige typer arealer alt efter, hvor godt de kan tåle at blive oversvømmet, jf. tabel 2.1.

Arealtype	Hyppighed for oversvømmelse, år	DesignkoteDVR90
Type 1: Områder der kan tåle hyppig oversvømmelse: Kystparker, promenader	5-10	0-233
Type 2: Områder med begrænsede skader: Sportsområder, veje.	20	233
Type 3: Områder som kan tåle nogen oversvømmelse: Marina, veje	50	247
Type 4: Huse	100	263
Type 5: Områder der ikke tåler oversvømmelse: Metro	10.000	333

Tabel 2.1 Eksempel på designkoter fastsat på baggrund af risikovurderinger og samfundsøkonomiske beregninger[3].

I det videre forløb i denne rapport ses på følgende tre modeller for at fastsætte et sikringsniveau:

Den reaktive model

Den reaktive model svarer stort set til den praksis, som hidtil har været gennemført i Danmark. Sikringsniveauet fastsættes ud fra højden på de tidligere stormfloder og oversvømmelser, der har været i et givent område, og tillægges en sikkerhedsmargen, der skal tage højde for, at de fremtidige stormfloder kan være højere. Der foretages ingen beregninger af sandsynligheder for oversvømmelser eller, hvor store områder der kan blive oversvømmet. Som eksempel svarer metoden til, at man i Frederiksværk fastlægger et sikringsniveau, der svarer til den vandstandshøjde, der blev observeret under Bodil-stormen tillagt fx 20 cm.

Standard kote model

I standard kote modellen fastlægges sikringsniveauet ud fra stormflodsstatistikker for hver kyststrækning. Sikringsniveauet bestemmes til den kote, som fx svarer til en 100-års hændelse. Sikringsniveauet kan fremskrives til at gælde for en 100-års hændelse i år 2100 baseret på den nuværende viden om havvandsstigninger. Denne standardkote beregnes for alle kyststrækninger og udgør det fremtidige sikringsniveau. Standard kote modellen er således baseret på, at alle områder beskyttes til et ensartet statistisk niveau.

Den samfundsøkonomiske model

I den samfundsøkonomiske model fastsættes sikringsniveauet ud fra en risikovurdering baseret på sandsynligheder for oversvømmelser og skadesomkostninger, der opstår som følge af oversvømmelserne (både direkte skader på fx bygninger og infrastruktur og indirekte skader som fx tabt arbejdsfortjeneste) sat i forhold til de investeringer, der skal til for at beskytte området mod oversvømmelser.

[3] Københavns Kommune. Københavns Klimatilpasningsplan, 2011.

Sikringsniveauet er således den kote, hvor risikoen for oversvømmelse lige netop svarer til de investeringer, der skal til for at beskytte området mod oversvømmelser. Hvis investeringerne til at beskytte området er højere end risikoen for oversvømmelser, kan det ud fra den samfundsøkonomiske model ikke betale sig at etablere kystbeskyttelse.

De samfundsøkonomiske beregninger udføres for hele kystbeskyttelsesanlæggets levetid. Ud over de egentlige skadesomkostninger og investeringsbehov bør også andre værdier medtages i betragtningerne ved fastlæggelse af sikringsniveauet. Det kan være en øget adgang til rekreative områder, som giver en positiv værdi ved at etablere kystsikringen, eller det kan være tab af havudsigt for nogle ejendomme, der giver en negativ værdi ved at etablere kystsikring.

Ud fra en samfundsøkonomisk model fastlægges sikringsniveauet individuelt fra område til område ud fra, hvad der samfundsøkonomisk bedst kan betale sig.

3. METODER TIL FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU

3.1 Kort introduktion til formålet med kapitlet

Formålet med dette afsnit er at vurdere og sammenligne forskellige forenklede måder at fastlægge sikringsniveauet på i byer med forskellig geografisk beliggenhed og med forskellig størrelse og topografi mv. Formålet hermed er at vise, hvilke samfundsøkonomiske resultater, sådanne forenklede modeller hver for sig vil være i stand til at opnå for derved at etablere et grundlag for fastlæggelse af et hensigtsmæssigt kystsikringsniveau. Modellerne udvikles i en situation af usikkerhed mht. den årlige udvikling i havvandsstigning, men vurderes over en 100 års periode.

3.2 Analyserede metoder og kriterier

Der opstilles tre principielt forskellige modeller, der hver for sig er tilnærmelser til en observeret praksis, men som indbyrdes i nogen grad afviger i forhold til, hvornår og hvor meget der kystsikres. Spørgsmålet er herefter, hvorvidt de tre modeller medfører meget forskellige resultater, målt i samfundsøkonomisk nettoværdi, og hvilken der med givne forudsætninger giver resultater, der ligger tættest på det samfundsøkonomisk optimale.

De tre hovedmodeller, der sammenlignes, er følgende:

- **Den reaktive model**, hvor der efter hver stormflod sikres mod en gentagelse op til niveauet for den oplevede stormflod. For enkeltheds skyld antages kystsikringen her at ske til det næste af fire niveauer, nemlig de, der er defineret ved forventede 100 årshændelser i udgangssituationen, efter 25, 50, 75 og efter 100 år. Der er altså tale om en model med en vis tilbageholdenhed med investeringer i kystsikring, men når der investeres, sker det på en måde, så der er en vis sikkerhedsmargin. Dette er stort set den samme metode, der i høj grad har været anvendt hidtil herhjemme blot med oplevet kote for oversvømmelser tillagt en sikkerhedsmargen på x cm.

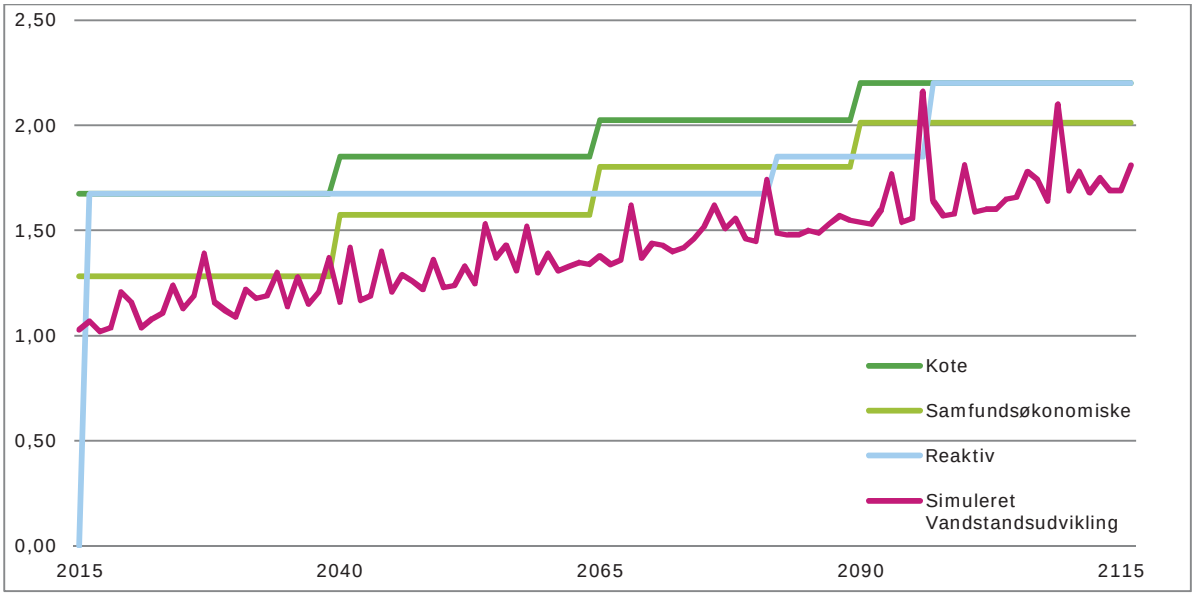
- **Standard kote modellen**, hvor der sikres op til et objektivt fastsat niveau. I beregningerne antages, at der hvert 25. år sikres op til niveauet for en forventet 100 års hændelse set over den efterfølgende 25 års periode på det pågældende sted. Investeringslysten i denne model afhænger helt af de kystsikringsniveauer og den investeringstakt, der fastlægges i modellen.

- **Den samfundsøkonomiske model**, hvor der hvert 25. år sikres op til et niveau, hvor der med de givne sandsynligheder for oversvømmelse og givne skadesomkostninger opnås den højeste samfundsøkonomiske rentabilitet. Investeringsbeslutningerne tages her på grundlag af estimerede skadesomkostninger og kystsikringsomkostningerne. Der ses kun på en 25 årig periode ad gangen, men investeringernes estimerede restværdi medregnes i kalkulen ved brug af en lineær afskrivning over en 100 års levetid.

I standard kote modellen og den samfundsøkonomiske model foretages kystsikringen over fire faste 25 års perioder, mens der i den reaktive model foretages kystsikring umiddelbart efter stormflodshændelser. De tre modeller er illustreret i nedenstående figur.

I standard kote modellen og i den reaktive model foretages i år 2015 en kystsikring fra udgangspunktet op til niveauet for 100 års hændelser i første 25 års periode, som er defineret som lavest mulige sikringsniveau for disse modeller. I standard kote modellen sker dette som følge af den valgte definition af modellen, og i den reaktive model sikres op til lavest definerede niveau, idet havvandsniveauet allerede her overstiger den eksisterende kystsikring og dermed udløser en investering. I den samfundsøkonomiske model kystsikres imidlertid kun op til det niveau, der over den første 25 års periode forventes at være samfundsøkonomisk rentabelt, hvilket er betydeligt lavere.

I det viste eksempel udvides kystsikringen i den samfundsøkonomiske model og standard kote modellen hvert 25. år, mens det i den reaktive model i den konkrete simulering kun sker i år 2015, og herefter kun i årene 2081 og 2093, idet det valgte laveste kystsikringsniveau ikke overskrides før.



Figur 1: Eksemplificering af kystsikringsmodellen og de tre hovedmodeller

De tre modeller anvendes herefter på en række danske byer og købstæder, hvor konsekvenserne af at følge de tre modeller vurderes ved brug af en iterativ økonomisk beregningsmodel, hvor de estimerede investeringsomkostninger og omkostningsbesparelser anvendes.

Kriteriet for en "fornuftig fastlæggelse af sikringsniveauet" antages som udgangspunkt at være en samfundsøkonomisk optimalitet, hvor nutidsværdien af de samfundsøkonomiske netto omkostninger til kystsikring med fradrag af de resulterende skadesomkostningsbesparelser over en 100 års periode er mindst. Dette er naturligvis ikke nødvendigvis sammenhængende med den nævnte samfundsøkonomiske model, hvor optimeringen sker over 25 års perioder i en situation med usikkerhed.

3.3 Samfundsøkonomi

Til brug for en vurdering i forhold til det samfundsøkonomiske kriterium er der som nævnt opstillet en samfundsøkonomisk beregningsmodel, der på grundlag af data og forudsætninger beregner nutidsværdien af de samlede konsekvenser ved alternative sikringsniveauer over hundrede års perioden 2015-2115. Som input til modellen gøres følgende forudsætninger:

- Sandsynligheden for havvandsstigninger over en 100 års periode, målt i gentagelsesperioder, baseres på en forudsætning om en vandspejlsstigning på 7 mm årligt eller i alt 0,7 meter.
- Estimerede omkostninger ved havvandsstigninger på forskelligt niveau estimeres for konkrete byer på grundlag af en opmåling og kategorisering af de arealer, der herved oversvømmes.
- Som udgangspunkt forudsættes generelt en gennemsnitlig kystsikringsomkostning på kr. 30.000 pr. meter (længde).
- Anlægsomkostninger ved sikring til 1 års hændelse i 2015 og 100 års hændelse i 2115 estimeres på grundlag heraf, og det antages forenklende, at omkostningerne til kystsikring ved mellemliggende højder udvikler sig lineært i forhold til den højde, der sikres imod.
- Der anvendes i nutidsværdiberegningerne en real kalkulationsrente på 4 pct. p.a.

Ved brug af iterative beregninger eller simuleringer af mulige forløb mht. havvandsstigninger over en 100 års periode beregnes herefter omkostningsbesparelserne ved udvalgte kystsikringer. Beregningerne foretages gennem en simulering af 1.000 hændelsesforløb over 100 års perioden. Simuleringen sker på baggrund af en eksponentialfordeling, som bl.a. anvendes af Kystdirektoratet, hvor den forventede vandhøjde for hver hændelse bestemmes vha. en skaleringsparameter. Denne fordeling antager fuld uafhængighed mellem hændelserne og deres omkostninger, hvilket er rimeligt.

Desuden fastlægges kystsikringsplanen og dennes omkostninger med udgangspunkt i en af de tre nævnte modeller for fastlæggelse af kystsikringsniveau. Nutidsværdien af anlægsomkostninger med fradrag af skadesomkostningsbesparelser ved alternative kystsikringer bestemmes på grundlag heraf for den betragtede 100 års periode og med anvendelse af en samfundsøkonomisk kalkulationsrente på 4 pct. p.a.

Da der er tale om en iterativ model til udregning af havvandsstigninger år for år, vil denne også vise det forventelige antal og omfang af havvandsstigninger over det sikrede niveau. Modellen giver derved mulighed for at tage hensyn til en eventuel samfundsmæssig risiko-aversion, som indebærer, at man som samfund er klar til at sikre sig udover, hvad der ud fra en rent samfundsøkonomisk betragtning vil være hensigtsmæssigt, når dette blot indebærer færre oversvømmelsessituationer. Modellen beregner således antallet af forventelige oversvømmelser udover sikringsniveauet i den betragtede periode.

Den anvendte model muliggør endelig også hensyntagen til værdien af eventuelle eksternaliteter i form af dobbelt- eller multifunktionelle sikringstiltag, hvor der som en positiv bi-effekt opnås andre fordele end selve sikringen, eller hvor der opleves en negativ bi-effekt, fx i form af en forringet havudsigt eller en anden barriereeffekt. I næste kapitel beskrives en række eksempler på sådanne eksternaliteter og på værdisætningen af dem. Værdien af disse indregnes som en reduktion af anlægsomkostningerne svarende til nutidsværdien, hvor der er tale om positive eksternaliteter, og hvor der er tale om omkostninger eller værdiforringelser medregnes nutidsværdien heraf som et tillæg til de estimerede investeringsomkostninger.

Modellen beregner nutidsværdien af investeringsbeløbet ved en given kystsikring fratrukket sparede skadesomkostninger ved de forventede havvandsstigninger over en årrække. Til beregning af nutidsværdien anvendes en diskonteringsrente på 4 %, som er den rente, finansministeriet foreskriver for samfundsøkonomiske analyser.

3.4 Opsummering

Der er peget på tre hovedmetoder til fastlæggelse af et fornuftigt, eller et samfundsøkonomisk optimalt kystsikringsniveau. Deres respektive hensigtsmæssighed vurderes ved brug af en samfundsøkonomisk model, der er beskrevet i ovenstående. Resultaterne af modelberegningerne præsenteres i kapitel 5, hvorefter det i efterfølgende kapitel vurderes, om der er behov for at videreudvikle de betragtede metoder til fastlæggelse af et optimalt kystsikringsniveau.

4. ANDRE EFFEKTER AF KYSTSIKRINGEN

4.1 Kort introduktion til formålet med kapitlet

Tidligere i denne rapport har vi beskrevet forskellige modeller til fastlæggelse af sikringsniveauet af de danske kyster. De vigtige parametre er her de estimerede kystsikringsomkostninger og de beregnede sparede skadesomkostninger ved den forventede udvikling i havvandsstanden. Kystsikringen kan dog have store implikationer for det lokale samfund og for Danmark som helhed ud over de, der måles i investeringsomkostninger og sparede skadesomkostninger. Adgangen til naturområder som strande, skrænter, klitter og vådområder er fx med til at gøre kysten til en attraktiv destination for turismen, som skaber jobs og vækst i yderområder. Store områder er tætbebyggede med sommerhuse og helårsejendomme, som repræsenterer et stort økonomisk aktiv, som nyder godt af beliggenheden. Kystsikring kan bidrage til at undgå ødelæggelser i forhold hertil, hvilket der tages hensyn til som sparede skadesomkostninger i de opstillede beregninger, men selve kystsikringen kan også i sig selve have positive eller negative effekter for befolkningen, turismen eller for andre berørte, og det er naturligvis vigtigt at sådanne effekter også inddrages i vurderingerne ved fastlæggelse af en hensigtsmæssig kystsikring.

I dette kapitel præsenteres en række direkte og afledte effekter af kystsikring ud over investeringsudgifter og reducerede skadesomkostninger, som, når de optræder, bør inkluderes i en samfundsøkonomisk analyse af kystsikringsinvesteringer.

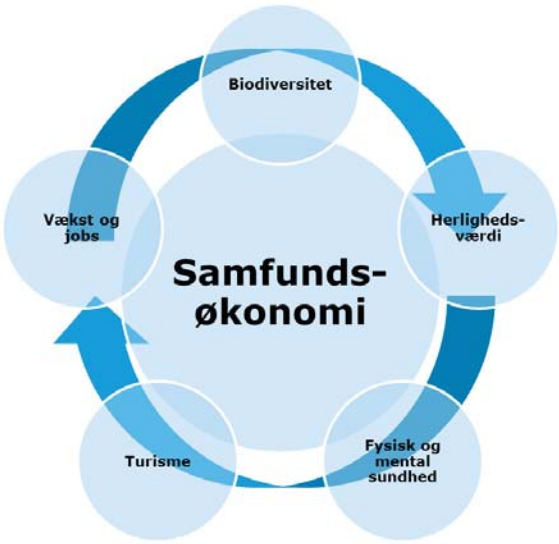
4.2 Hvordan påvirker kystsikring samfundet?

Kystsikring af de danske kyster kan gøres på flere måder. Generelt vil vi i dette kapitel arbejde ud fra en forudsætning om, at der arbejdes med kystsikring ud fra to overordnede metoder. Den første metode er det blå-grønne perspektiv, hvor der tages højde for den lokale natur og økosystemet, og som er med til at bevare og forbedre den naturlige kyststrækning. Den anden metode refererer til en mere traditionel tilgang til kystsikring ved hjælp af diger, som ikke er med til at skabe en merværdi for naturen, eller samfundet generelt, udover den generelle kystsikring.

Der opstilles i det følgende en række mulige effekter af kystsikring, som identificeret gennem en af de to overordnede metoder. De to metoder præsenteres her som to radikalt alternative metoder, hvor der i virkeligheden ofte vil være tale om en kombination af flere metoder.

Kystsikring er, udover at være en måde at reducere risiko for oversvømmelse på, også en mulighed for at investere i den lokale natur og i adgangen til naturen. I de nedenstående afsnit vil vi belyse afledte effekter (dvs. andre effekter end omkostninger og sparede skadesomkostninger) ved at investere i blå-grønne kystsikringsløsninger. Vi vil kort beskrive den enkelte effekt, hvordan effekten påvirker samfundet, og hvordan effekten kan inddrages i en samfundsøkonomisk analyse.

I nedenstående figur har vi oplistet de samfundsøkonomiske effekter vi vil belyse i dette kapitel. Herlighedsværdier, fysisk og mental sundhed, turisme samt biodiversitet vil blive behandlet i hver sit afsnit, hvorimod vækst og jobs vil blive beskrevet for alle de effekter, hvor dette er relevant.



Figur 2 Samfundsøkonomiske effekter

4.3 Herlighedsværdi

Når vi opgør skadesomfanget af oversvømmelser, og dermed estimerer den økonomiske risiko, gøres det især i forhold til skader på ejendomme. Langs store dele af den danske kyst er der bolig- og sommerhusområder, som er udsatte i forbindelse med kommende havvandsstigninger. Kystsikringen begrænser risikoen for skader, men kan også have en effekt på herlighedsværdien af boliger og sommerhuse, hvilket derfor også er væsentlig at tage højde for.

Ejendomme, som ligger tæt på kysten, og især ejendomme med havblik, er normalt værdisat højere end ejendomme, som ligger længere væk fra kysten, eller som ikke har havblik. Københavns Universitet og Spacescape analyserede i 2013 tusindvis af ejendomshandler med det formål at værdisætte effekterne af forskellige parametre på ejendomspriserne. De fandt, at effekten af naturområder havde en positiv effekt på ejendomspriser med op til 10 pct. per 10 ha naturområde inden for 500 meters gangafstand. Denne effekt falder til 2 pct. per 10 ha naturområde inden for 1.000 meters gangafstand[4]. En tæt beliggenhed på kysten havde en målbar effekt på op til 30 pct. for ejendomme beliggende på eller lige ud til kysten. Denne effekt kunne måles op til 300 meter væk.

I forhold til ejendomsværdier og kystsikringsløsninger, bør der derfor tages hensyn til både etableringen af naturområder, og at adgangen og nærheden til kysten ikke fjernes. Dette kan være med til at forøge den økonomiske gevinst af kystsikring. Københavns Universitet og Spacescape var desværre ikke i stand til at modellere effekten af havblik. Men det følger logikken i ejendomspriserne, at hvis havblikket fjernes fra en ejendom, så vil ejendommens værdi falde.

4.4 Fysisk og mental sundhed

Naturlige områder har en afslappende og afstressende effekt på mennesker. Ligeledes er fysisk aktivitet i naturområder med til at holde os sunde og raske. Begge effekter har en positiv konsekvens for samfundsøkonomien, da effekterne er med til at holde omkostninger ved sygdom nede[5]. Kystsikring, som er udformet naturligt, og som giver mulighed for fysiskudfoldelse (løb, cykling, gang, mm.), er med til at realisere disse positive effekter.

---

[4] Københavns Universitet og Spacescape, Værdisætning af bykvaliteter, 2013

[5] Københavns Kommune, Værdisætning af grønne områder, 2014, http://www.grontmij.dk/DK/Seneste-nyt/Nyheder/Documents/%C3%98konomisk%20v%C3%A6rdis%C3%A6tning%20af%20K%C3%B8benhavns%20Gr%C3%B8nne%20omr%C3%A5der.pdf

Den mentale og sundhedsforbedrende effekt af kystsikringsløsninger vil dog ofte være begrænset, da det naturlige ved kysten og aktivitetsmulighederne langs denne i de fleste tilfælde vil være der såvel før som efter en kystsikring. Det er dog i mange tilfælde muligt at påvirke mulighederne for fysisk udfoldelse ved kystsikring. Amager Strandpark i København er et muligt eksempel på en kystsikring, hvor folk kommer for at løbe, cykle, stå på rulleskøjter, kitesurfe og ro i kajak, på trods af at hovedfunktionen er at være en strand.

Hvis kystsikringsløsninger begrænser mulighederne for fysisk aktivitet på stedet eller designes således, at de inviterer til fysiskudfoldelse og mental afslapning, kan de påvirke aktivitetsniveauet på kyststrækningen. Dette vil have en effekt på samfundsøkonomien. Værdien for samfundet i form af reducerede sundhedsomkostninger blev i 2006 opgjort til at være 24,6 kr. per times motion, og værdien af et reduceret produktionstab blev opgjort til at være 64,3 kr. per times motion[6].

4.5 Turisme

Den danske turismesektor er vigtig for økonomien. I 2013 overnattede internationale turister 23,2 mio. gange i Danmark. Det er 1,4 mio. flere end året før, og det højeste antal internationale turister i over 10 år[7]. Danske turisters overnatninger udgør et lidt større antal, med 23,6 mio. overnatninger i 2014. I 2011 var den samlede turistomsætning 87 mia. kr., hvoraf 59 mia. kr. kom fra ferierejsende, og de resterende 28 mia. kom fra forretningsrejsende.

En stor del af turismen kommer for vore kyster og vores natur[8]. Ifølge en rapport udarbejdet af Naturstyrelsen i 2014 er der et potentiale for vækst ved at udvikle kysterne og naturområderne som destinationer.

Der er ikke foretaget økonomiske beregninger, som viser, hvordan turismen påvirkes af henholdsvis den ene eller den anden type kystsikring. Det kan dog antages, at ligesom den fysiske og mentale sundhed vil turismen blive positivt påvirket af en bedre tilgængelighed til naturlige kyststrækninger og kystnære områder og omvendt, hvis tilgængeligheden forringes.

4.6 Biodiversitet

En af de direkte afledte effekter af kystsikring er påvirkningen på biodiversiteten. Flere internationale studier har vist, hvordan kystsikring, som sammentænkes med det lokale økosystem, kan være med til at forøge biodiversiteten i naturen[9].

Der er her tale om kystsikringsløsninger, som er med til at genskabe og styrke naturlige økosystemer såsom kunstige rev, sandbanker, vådområder, osv. Disse løsninger skaber fourageringsområder og ynglepladser for eksempelvis fisk og skalddyr.

Fiskeriet er en væsentlig økonomisk sektor i Danmark, der er den største eksportør af fisk i Europa, med hele 14 pct. af markedet[10]. I 2014 eksporterede det danske fiskeerhverv fisk og skalddyr for 16,7 mia. kr. Der er ikke opgjorte tal for en potentiel økonomisk gevinst i fiskerierhvervet ved at lave blå-grønne kystsikringsløsninger, men der er dog en sammenhæng mellem et sundt økosystem og fiskerierhvervet. Ligeledes vil det være en tiltrækkende faktor for fiskeriturismen.

---

[6] Cykling, sundhed og økonomi, Trafitec, 2006

[7] http://www.visitdenmark.dk/da/denmark/fakta-og-tal-om-turismen-i-danmark

[8] http://naturstyrelsen.dk/media/nst/8393545/endelig_rapp_turismeudvikling_i_yderomr_der_-_kystferiebyer21.03.14.pdf

[9] Mark D. Spalding, et.al, The role of ecosystems in coastal protection: Adapting to climate change and coastal hazards, 2014, Tony Juniper, What has nature ever done for us, 2013, m.fl.

[10] Landbrug og Fødevarer, http://www.lf.dk/Aktuelt/Nyheder/2015/Januar/Danmark_er_EUs_storste_eksportor_af_fisk_og_skaldyr.aspx#.VYwc9_mqpBc, 2015

Ud over fiskeriet kan nævnes de videre samfundsøkonomiske gevinster ved en øget biodiversitet i form af en generel øgning af levevilkårene for en lang række dyr længere op i fødekæderne, hvor vådområder eksempelvis vil være med til at understøtte vadefugle og rovfugle.

Biodiversiteten er direkte påvirket af sundheden af det lokale økosystem. Jo mere der tages højde for dette i planlægningen af kystsikringsløsninger, jo større positiv effekt er det muligt at skabe for biodiversiteten og dermed samfundsøkonomien. Der findes dog stadigvæk relativt få data på området, som kvantificerer effekterne i økonomiske termer.

4.7 Opsummering

Kystsikringers mulige påvirkning af biodiversiteten, herlighedsværdierne eller turismen har en potentiel effekt på den økonomiske vækst og en potentiel samfundsøkonomisk værdi. Ved en sikret, forbedret og mere naturlig kyststrækning er der en reel samfundsøkonomisk værdi i form af en øget indtjening i fiskeriet og turismeerhvervet. Ligeledes er der et økonomisk potentiale i bevarelse og forbedring af herlighedsværdierne af bolig- og sommerhusområder.

Det er usikkert, præcist hvordan kystsikring vil påvirke turismen, herlighedsværdierne og fiskeriet, og hvor stor den samfundsøkonomiske værdi heraf vil være. Ligeledes kan der ikke siges noget generelt om, hvorvidt og i hvilket omfang omkostningerne ved kystsikring må forøges for at nå disse positive gevinster, og hvorvidt disse omkostninger er mindre eller større end de positive gevinster.

Det er dog vist, at der kan være økonomiske potentialer at hente ved at fokusere indsatserne på kystsikring, som har en bevarende og forbedrende effekt på den lokale natur og det lokale økosystem. Ligeledes er det vigtigt også at være opmærksom på de samfundsøkonomiske omkostninger, der kan være konsekvensen af kystsikringstiltag.

Der mangler dog fortsat viden på området i forhold til at konkretisere effekterne mere detaljeret på kyststrækningerne. Vi kan, på baggrund af vores indsamlede viden på området, kun anbefale at der fremsættes et forslag til videre analyser af, hvordan blå-grønne løsninger i klimatilpasningen kan være med til at skabe positive effekter for naturen og det lokale økosystem, og dermed Danmark som helhed. Vores natur er et undervurderet aktiv, som har stor samfundsøkonomisk værdi, og det bør undersøges nærmere, hvordan kystsikringen kan være med til at understøtte dette aktiv.

I enhver konkret sag må det desuden anbefales, at den konkrete kystsikring bidrager til en større herlighedsværdi, biodiversitet og i øvrigt til en bedre natur. I en vurdering af en optimal kystsikring må sådanne effekter tages med i betragtning. Den kapitaliserede værdi af forringelser på disse områder må betragtes som en yderligere kystsikringsomkostning, og tilsvarende må den kapitaliserede værdi af forbedringer betragtes som en reduktion af kystsikringsomkostningerne. Det centrale er her, at værdisætningen må ske i hver konkrete tilfælde, og at inddragelsen af disse værdier nok i konkrete tilfælde kan påvirke det optimale kystsikringsniveau, men ikke påvirker valget mellem de tre metoder til fastlæggelse af et optimalt kystsikringsniveau.

Afledt effekt	Beskrivelse	Økonomiske faktorer
Biodiversitet	En øget biodiversitet er med til at skabe samfundsøkonomiske gevinster ved f.eks. at understøtte fiskeriet og turismen. Kystsikring kan både være med til at øge biodiversiteten ved fx etablering af barriereøer, men kan også være med til at hindre en øget biodiversitet ved fx etablering af hårde kystsikringsanlæg.	Den økonomiske påvirkning af en øget biodiversitet er ikke kendt, den vil dog være positiv og tilsvarende negativ ved en formindskelse af biodiversiteten..
Herlighedsværdi	Nærhed til kyster og naturområder påvirker værdien af boliger og sommerhuse markant. Herlighedsværdien kan forringes, hvis fx udsigten over havet begrænses eller fjernes ved etablering af et dige. Omvendt kan herlighedsværdien øges ved etablering af et strandområde.	Værdien af naturområder inden for 500 m afstand estimeres til 10 pct. af boligers værdi per 10 ha. Kyst indenfor 300 m estimeres til en værdi på op til 30 pct.
Fysisk og mental sundhed	Den fysiske sundhed påvirkes positivt ved adgangen til naturlige områder med mulighed for fysisk udfoldelse. Den mentale sundhed påvirkes positivt af naturlige områder. Kystsikring kan skabe mulighed for øget fysisk aktivitet fx med løbestier på toppen af et dige eller forhindringsbaner på skråninger. Omvendt kan adgangen til kysten forringes ved fx digebyggeri.	Værdien af en times motion har været estimeret til summen af reducerede sundhedsomkostninger på 24,6 kr. og et reduceret produktionstab på 64,3 kr. i 2006.
Turisme	Den overvejende del af internationale turister kommer for den danske kyst og natur. Der er potentialer for vækst i turismen ved at udvikle kystområder. Dette kan kystsikring bidrage til. Omvendt kan turismen også blive berørt, hvis adgangen og udsigten til havet bliver begrænset af kystsikringsanlæg.	Den økonomiske påvirkning af forbedrede kystområder er ikke kendt, den vil dog være positiv, og tilsvarende negativ, hvis kystbeskyttelse er med til at forringe adgangen til kyst og strand.

Tabel 1 Opsummering af afledte effekter af kystsikring

5. AFPRØVNING AF METODERNE PÅ UDVALGTE CASES

5.1 Kort introduktion til formålet med kapitlet

I dette kapitel præsenteres anvendelsen af en samfundsøkonomisk model til vurdering af alternative metoder til bestemmelse af en hensigtsmæssig fastlæggelse af kystsikringsniveauet.

5.2 Udvalgte cases og væsentlige antagelser

Der er foretaget beregninger på cases vedr. følgende byer:

- Frederiksværk
- Kerteminde
- Sønderborg
- Gentofte
- Esbjerg
- Randers

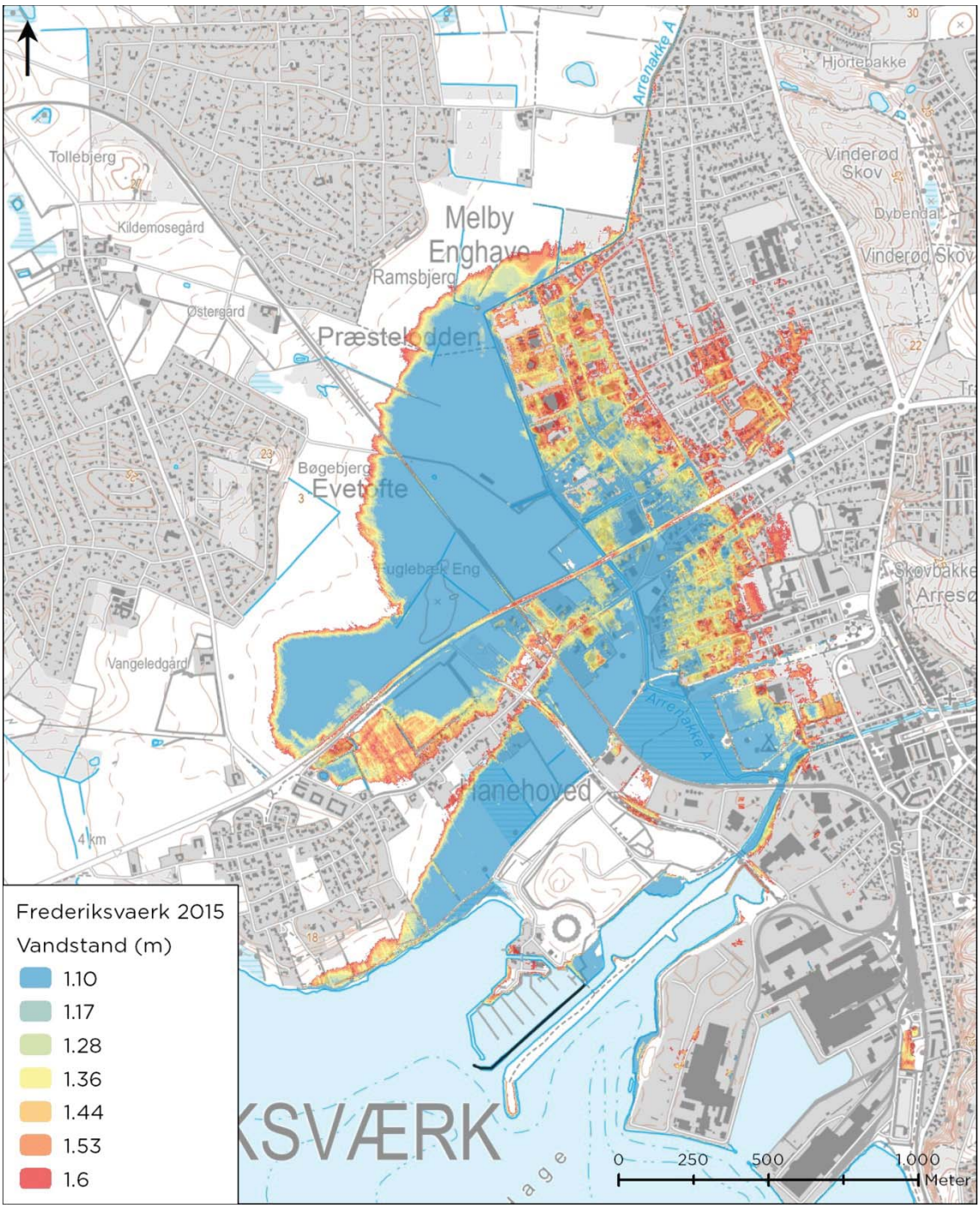
De betragtede byer er forskellige mht. havvandsstand og eksisterende sikringsniveau, men i alle tilfælde regnes der som udgangspunkt med en havvandsstigning på 7 mm årligt over de kommende 100 år. For hver by er der foretaget en vurdering af risikoen for havvandsstigninger for fire 25-års perioder fra 2015 til 2115. Sandsynlighederne er opgjort som gentagelsesperioder, dvs. gennem angivelse af 1 års, 2 års, 5 års, 10 års, 20 års, 50 års og 100 års hændelser. Disse angiver altså det forventede tidsinterval imellem to hændelser, der oversvømmer eller er ligeså høj som den samme vandhøjde. Gentagelsesperioderne omregnes til en sandsynlighedsfordeling, der antages at kunne udtrykkes med en eksponentiel fordeling.[11]Det antages generelt, at spredningen på vandstandsstigningen er konstant i absolutte størrelser i hele den betragtede 100 års periode.

Nedenfor beskrives de seks byer samt deres udfordringer og overordnede løsningskoncepter kort. De anvendte beregninger af oversvømmelser er foretaget i forbindelse med nærværende projekt og kan afvige fra de kort, der anvendes i kommunernes klimatilpasningsplaner.

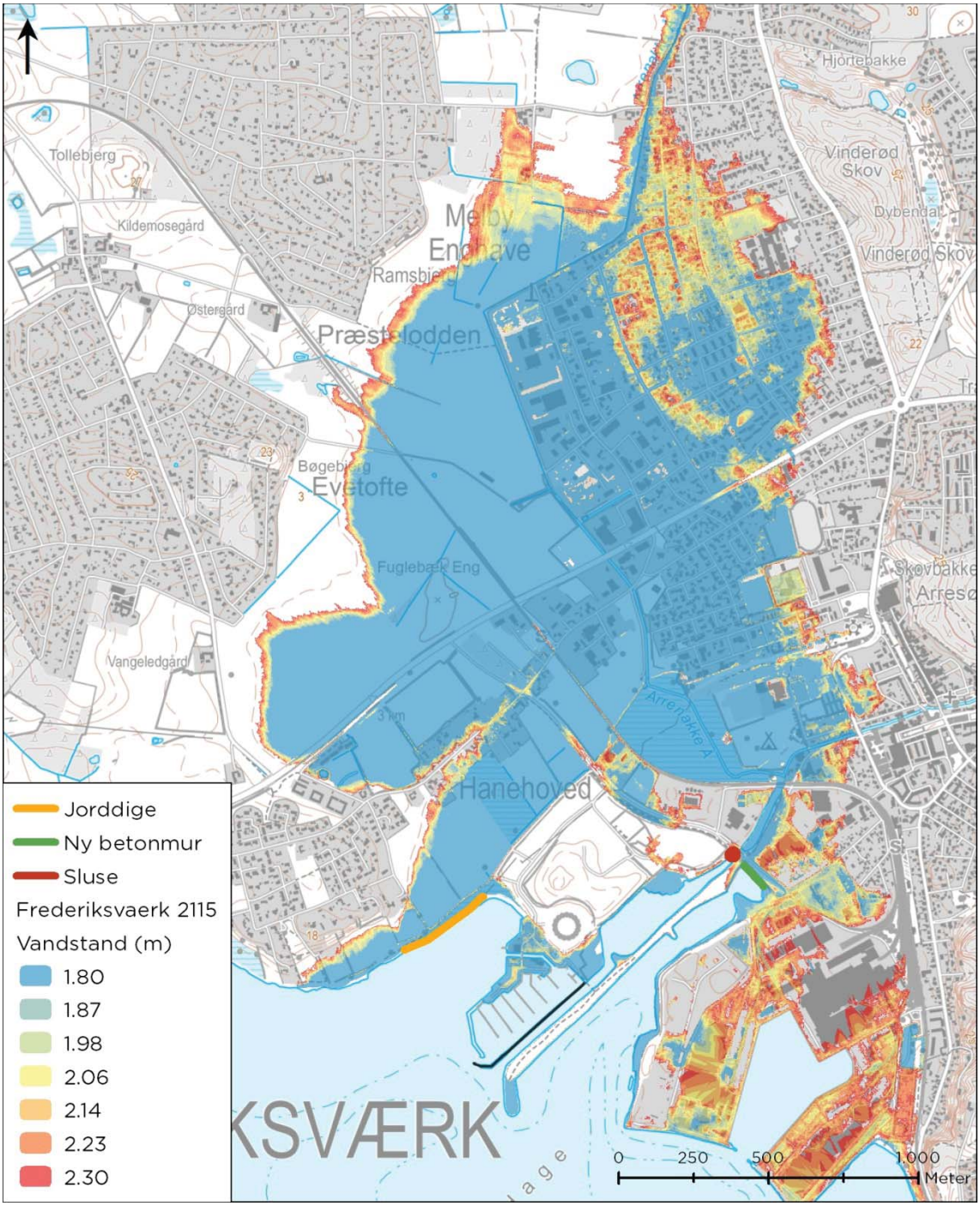
[11] Fx er sandsynligheden for en 50 års hændelse 1/50=2%, sandsynligheden for en 100 års hændelse 1% og sandsynligheden for at være mellem de to højder er derfor 2-1=1%.

5.2.1 Frederiksværk

Frederiksværk ligger ud til Roskilde Fjord. Kystdirektoratets nærmeste målestation ligger ved Hundested ved udmundingen af Roskilde Fjord til Kattegat. Denne ligger til grund for havvandsstigningsberegninger for byen. Nedenfor ses de vandstande, som er blevet anvendt til at beregne oversvømmelsesomkostningerne for henholdsvis 2015 og 2115, figur 3 og figur 4.

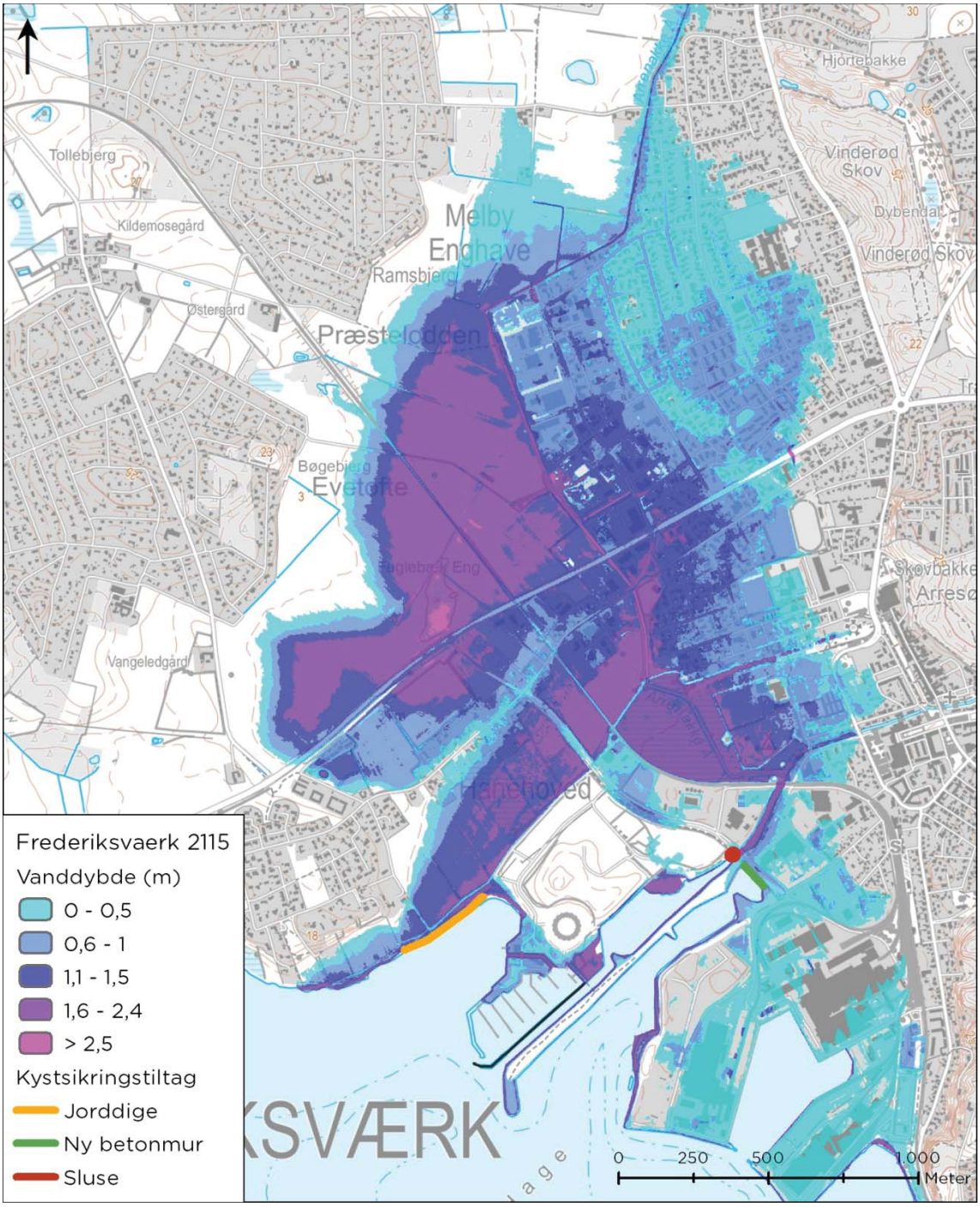


Figur 3: Udbredelse af koter anvendt for Frederiksværk i år 2015.



Figur 4: Udbredelse af koter anvendt for Frederiksværk i år 2115 samt forslag til kystsikringsløsninger anvendt til beregning af investeringsomkostninger for 2115.

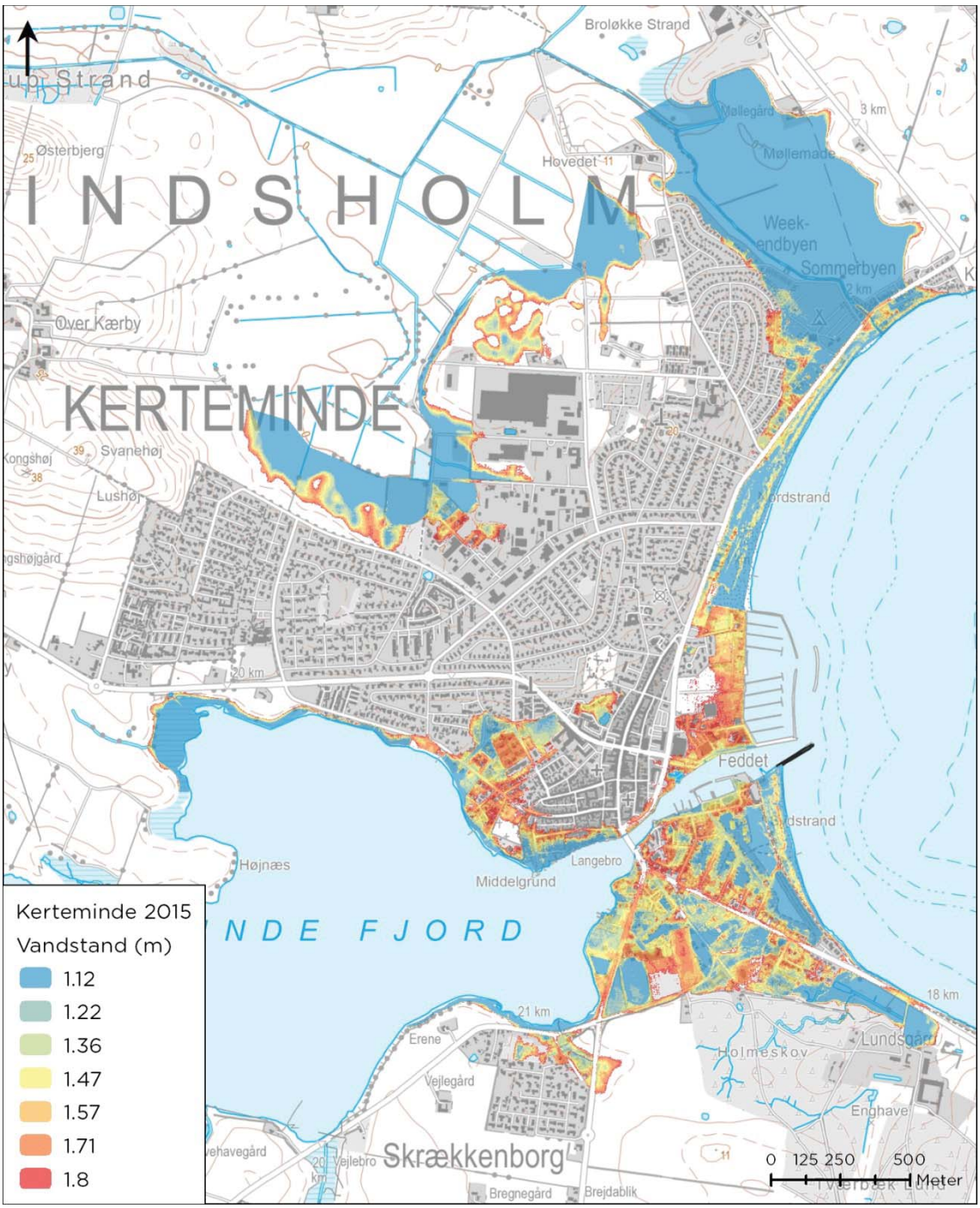
Af figur 5 nedenfor fremgår, at det i særdeleshed er havneområdet i Frederiksværk, som oversvømmes og arealer i umiddelbar nærhed af kanaler og åer i området, som har udløb i fjorden. Det vurderes, at jorddiger, en betonhalvvæg og en sluse vil kunne sikre byen mod en 100-årshændelse i 2115. Disse løsningstiltag er illustreret på figur 4 og 5.



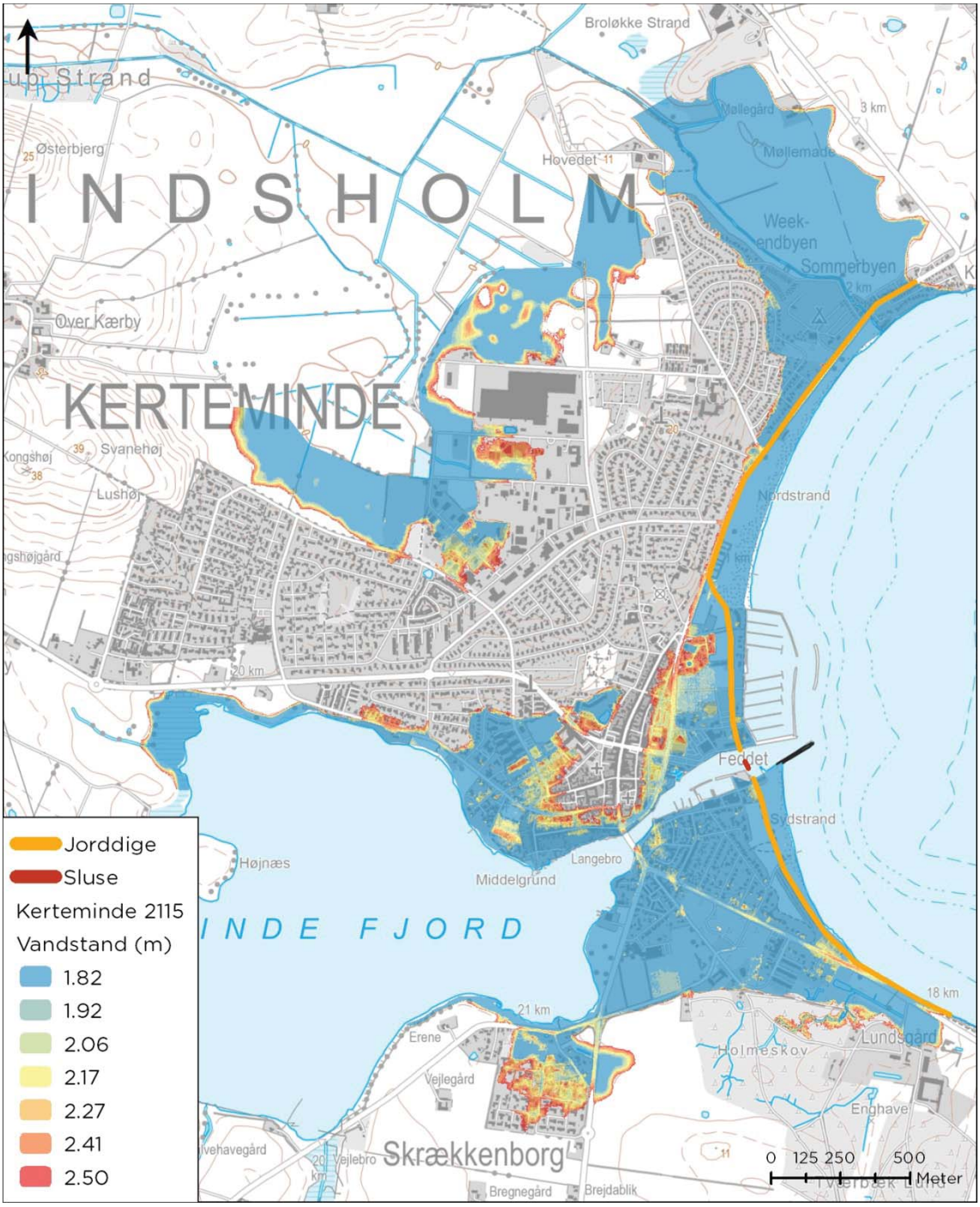
Figur 5: Vanddybder ved 100-årshændelsen i Frederiksværk i år 2115, svarende til en vandstand på 2,30 m.

5.2.2 Kerteminde

Kerteminde by ligger i udmundingen af Kerteminde Fjord til Storebælt. Kystdirektoratet har en målestation i havnen, som danner grundlag for de estimerede vandstande, som er anvendt i indeværende rapport. Af figur 6 og 7 nedenfor fremgår udbredelsen af de anvendte vandstande til beregning af skadesomkostningerne for årene 2015 og 2115.

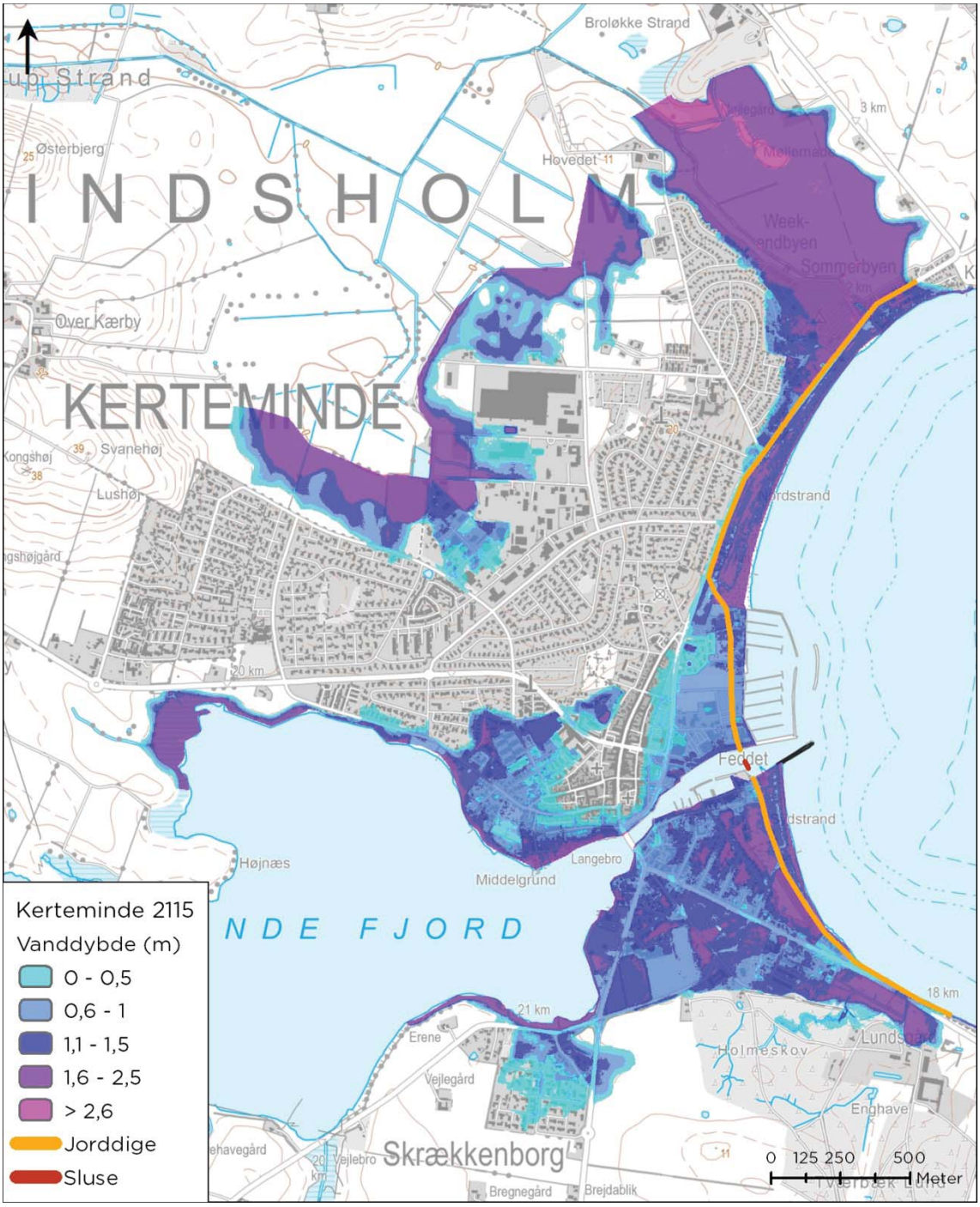


Figur 6: Udbredelse af koter anvendt for Kerteminde i år 2015.



Figur 7: Udbredelse af koter anvendt for Kerteminde i år 2115 samt forslag til kystsikringsløsninger anvendt til beregning af investeringsomkostninger for 2115.

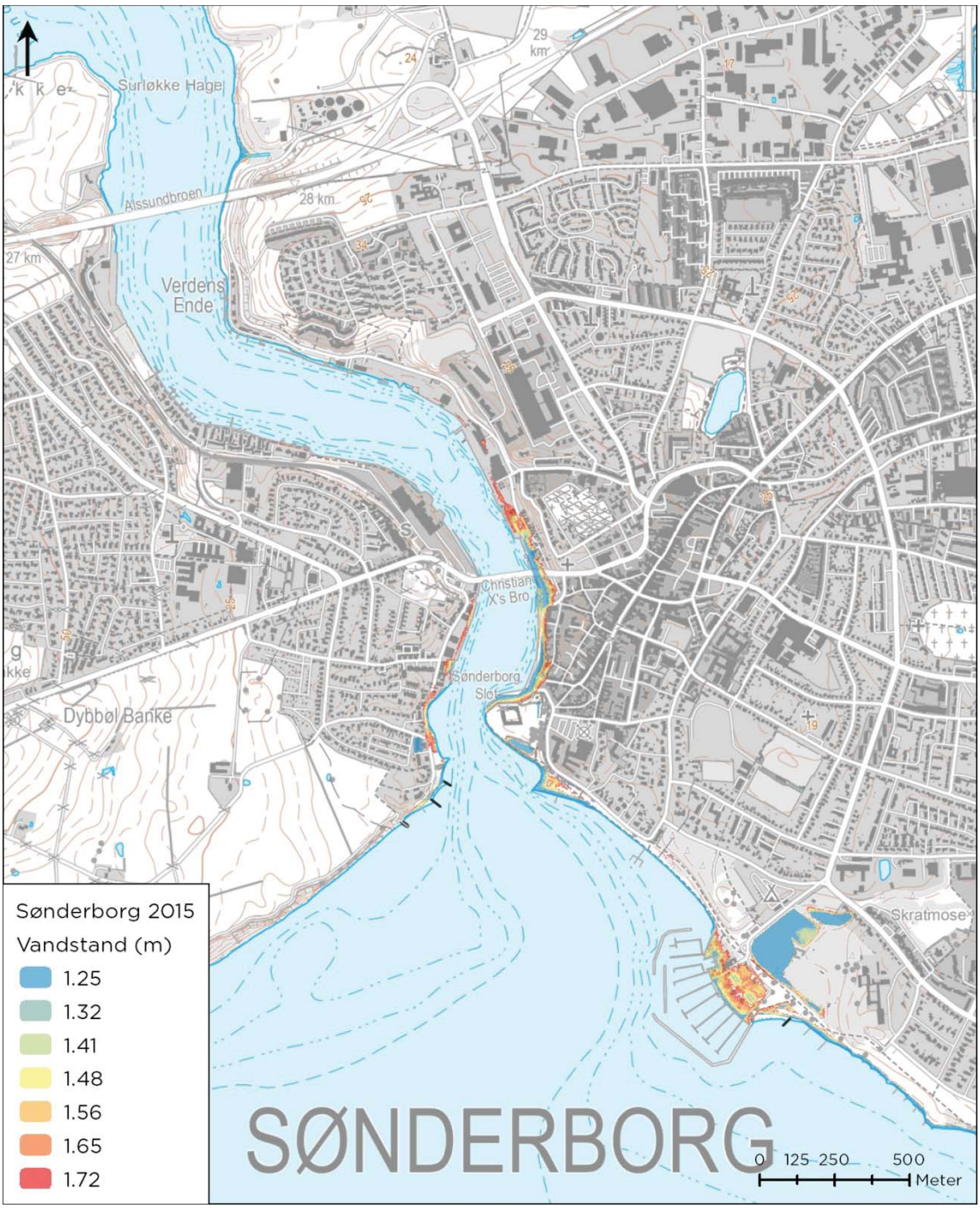
Figur 8 nedenfor viser vanddybderne ved en 100-årshændelse i år 2115, svarende til en vandstand på 2,5 m jævnfør figur 6 ovenfor. Som løsning er foreslået et jorddige mellem vej og strand. Store oversvømmelser opstår også omkring kanalerne i området. Disse områder sikres bedst vha. sluser, så vandstanden i kanalerne med udløb i bugten ikke opstuver bagud. Det forslås også at implementere en sluse ved udløbet fra Kerteminde fjord. Der vil her være tale om en større løsning, som vil sikre kystområderne i fjorden.



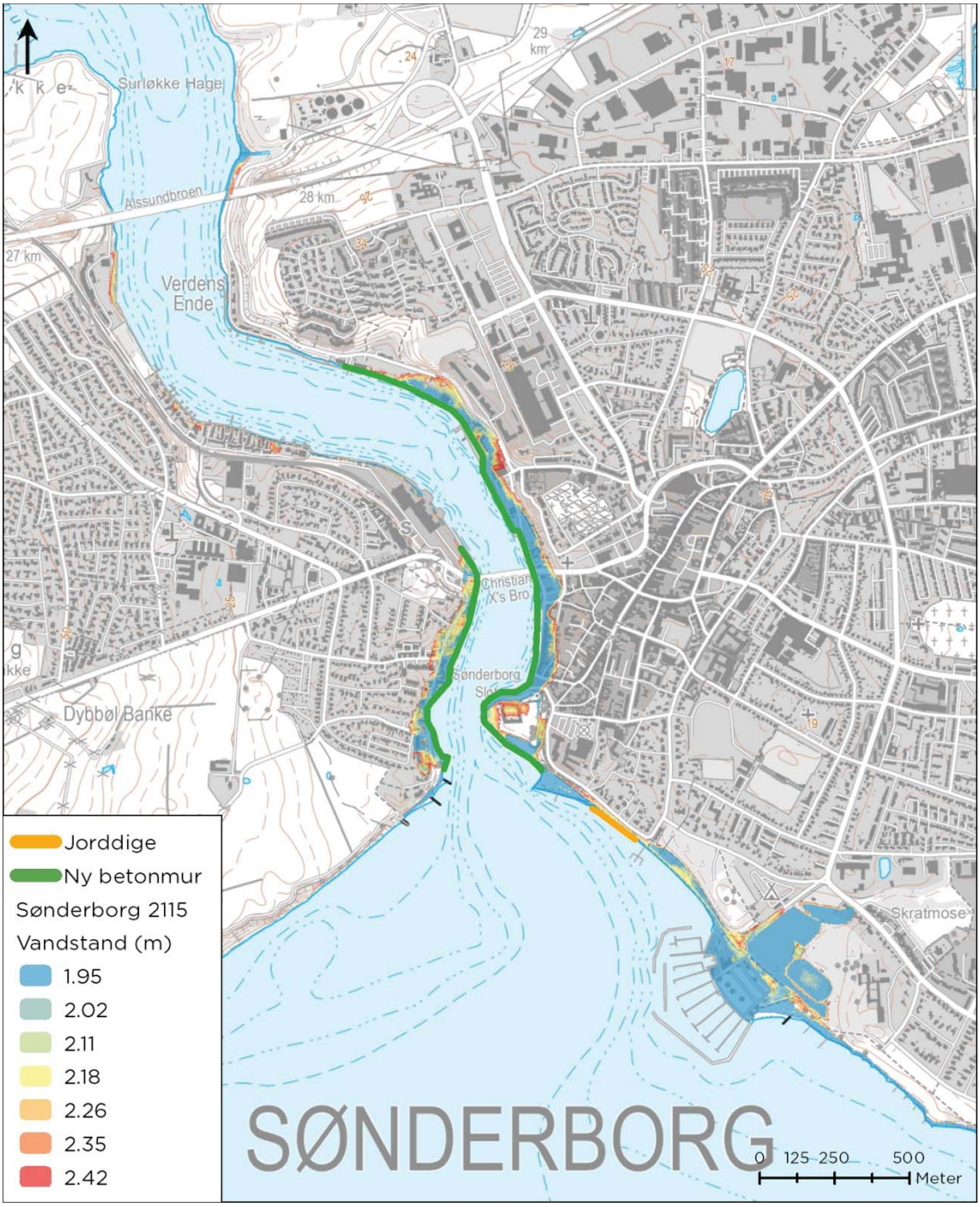
Figur 8: Vanddybder ved 100-årshændelsen i Kerteminde i år 2115, svarende til en vandstand på 2,50 m.

5.2.3 Sønderborg

Sønderborg by ligger ud til Als Sund og Sønderborg Bugt. Kystdirektoratet har en målestation i havnen, som danner grundlag for de estimerede vandstande i byen. Af figur 9 og 10 nedenfor fremgår udbredelsen af de estimerede vandstande til beregning af skadesomkostningerne for årene 2015 og 2115.

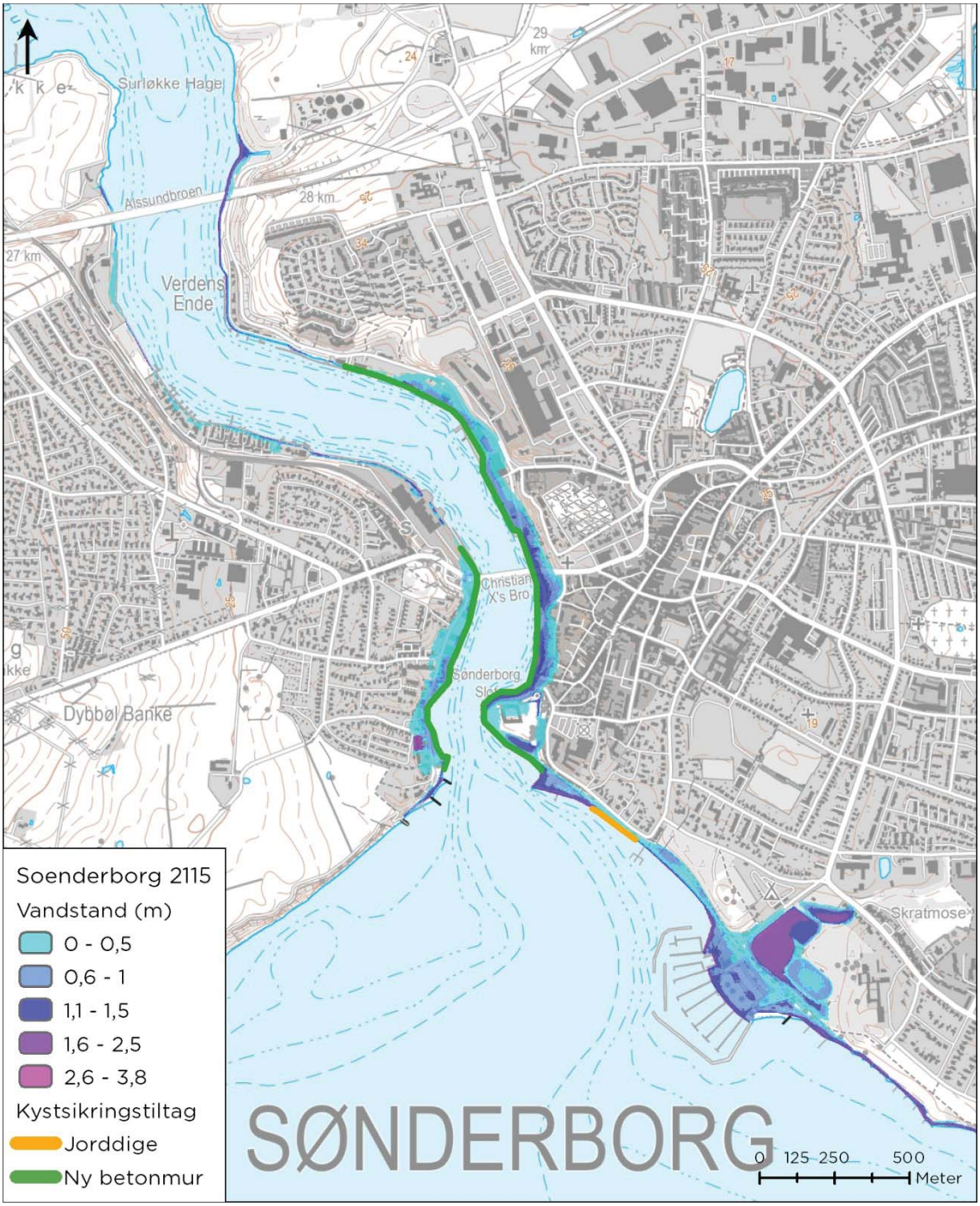


Figur 9: Udbredelse af koter anvendt for Sønderborg i år 2015.



Figur 10: Udbredelse af koter anvendt for Sønderborg i år 2115 samt forslag til kystsikringsløsninger anvendt til beregning af investeringsomkostninger for 2115.

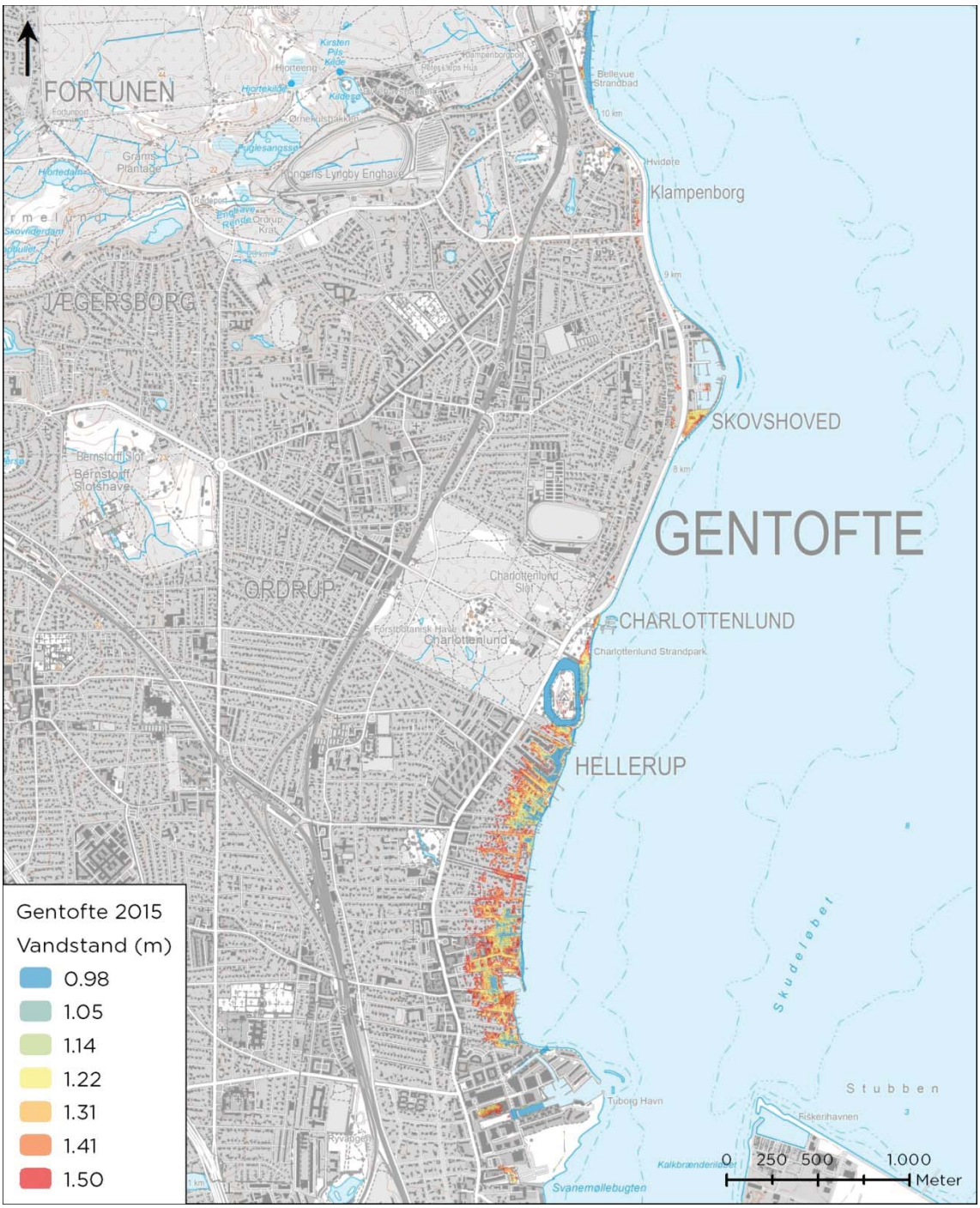
Det fremgår af figurerne ovenfor og af figur 11 nedenfor, som illustrerer vanddybderne ved en 100-årshændelse i 2115 (svarende til en vandstand på 2,42m jævnfør figur 9 ovenfor), at det særligt er de kystnære områder nær Sønderborg, som oversvømmes. Det er således disse områder, som primært bør sikres og her foreslås sikring via højvandsmur, hvor jorddiger ikke vurderes muligt. Kystsikringstiltagene, som er anvendt til beregning af investeringsomkostningerne for 2115, er illustreret på figur 10 og 11.



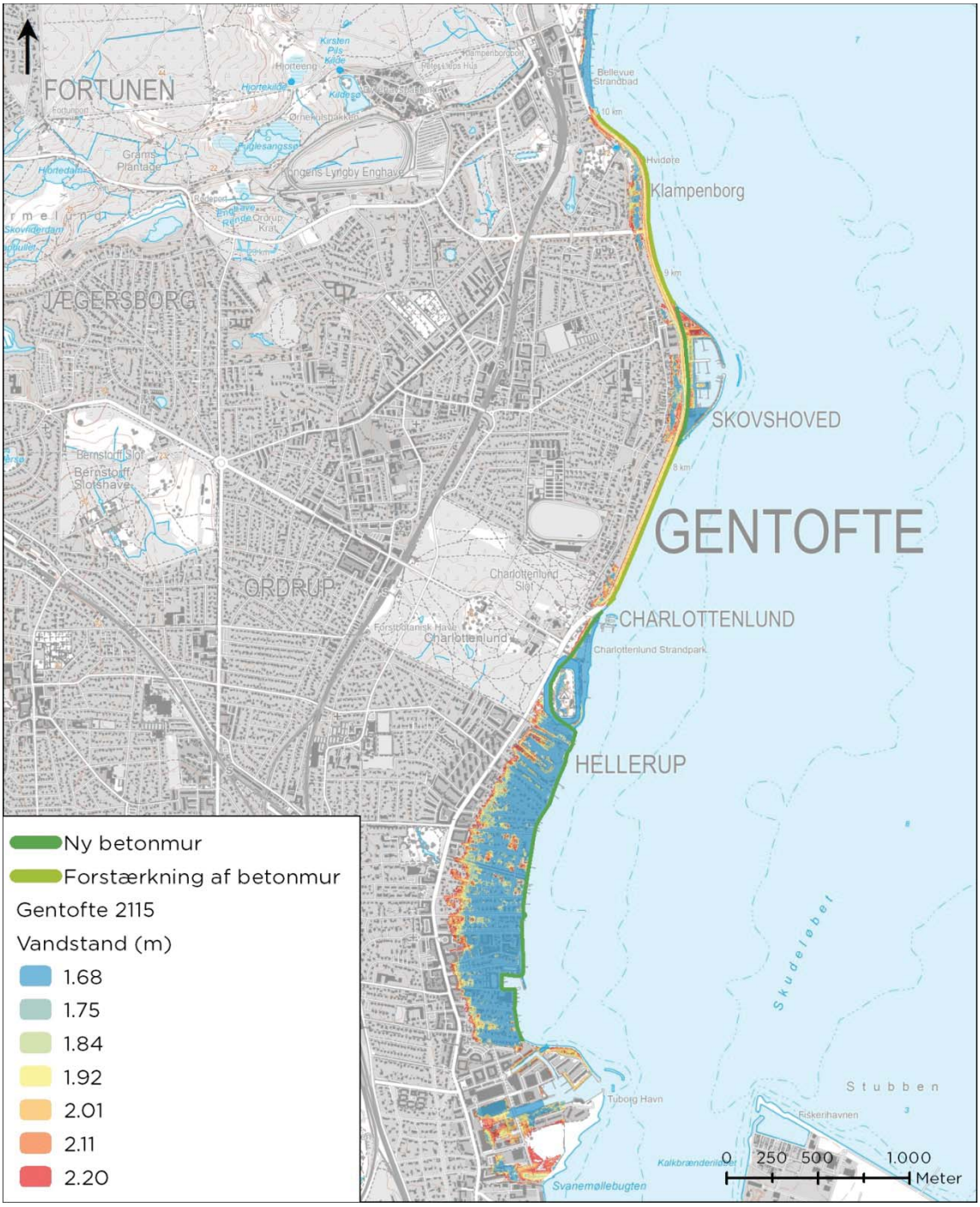
Figur 11: Vanddybder ved 100-årshændelsen i Sønderborg i år 2115, svarende til en vandstand på 2,42 m.

5.2.4 Gentofte

Gentofte ligger ud til Øresund og er i store træk bebygget helt ud til kysten langs hele kommunestrækningen. Kystdirektoratet har en målestation i Københavns havn, som er anvendt som datagrundlag for oversvømmelsesestimaterne. De rumlige oversvømmelsesudbredelser ved de forskellige gentagelsesperioder fremgår af figur 12 og 13 nedenfor for henholdsvis 2015 og 2115.

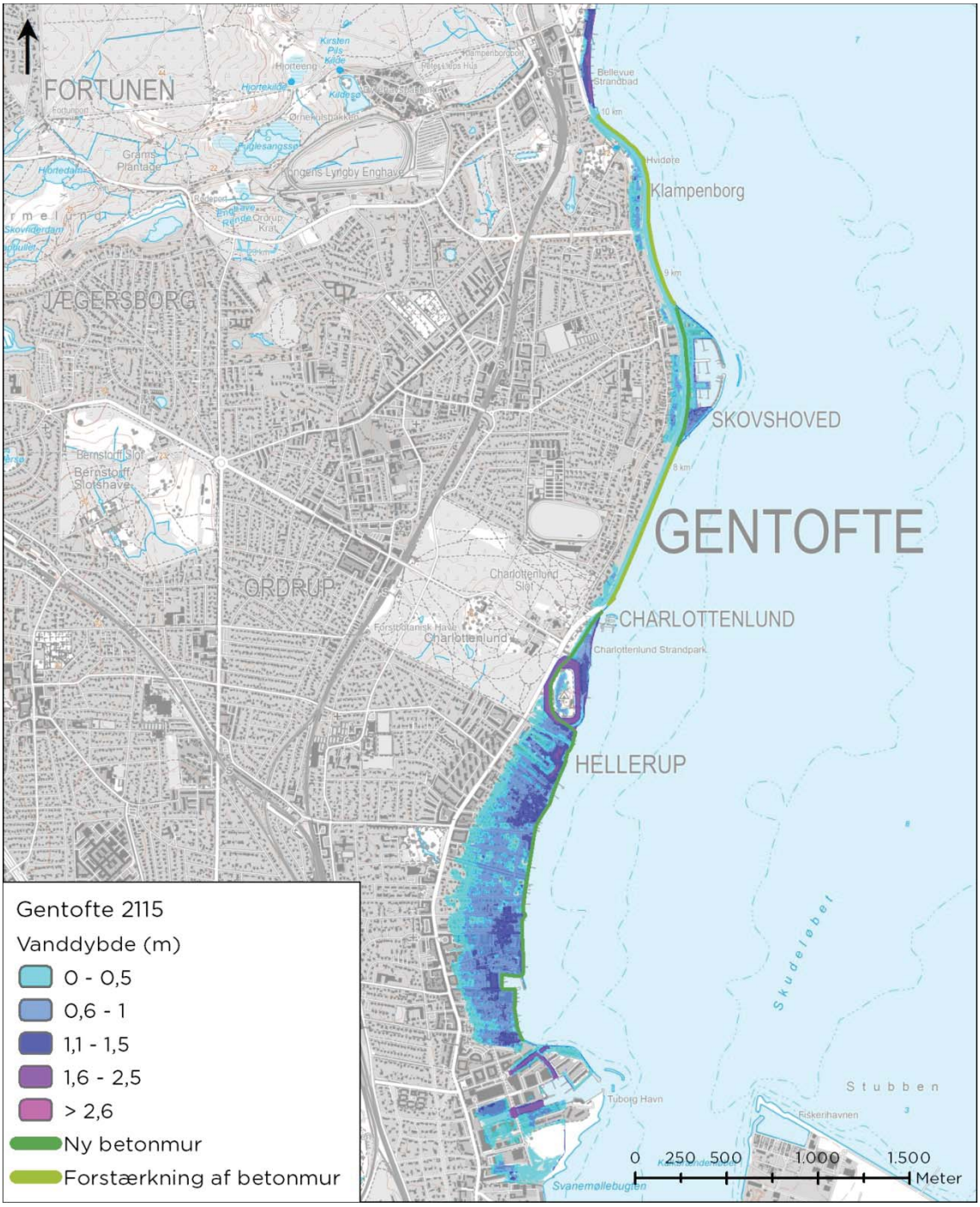


Figur 12: Udbredelse af koter anvendt for Gentofte i år 2015.



Figur 13: Udbredelse af koter anvendt for Gentofte i år 2115 samt forslag til kystsikringsløsninger anvendt til beregning af investeringsomkostninger for 2115.

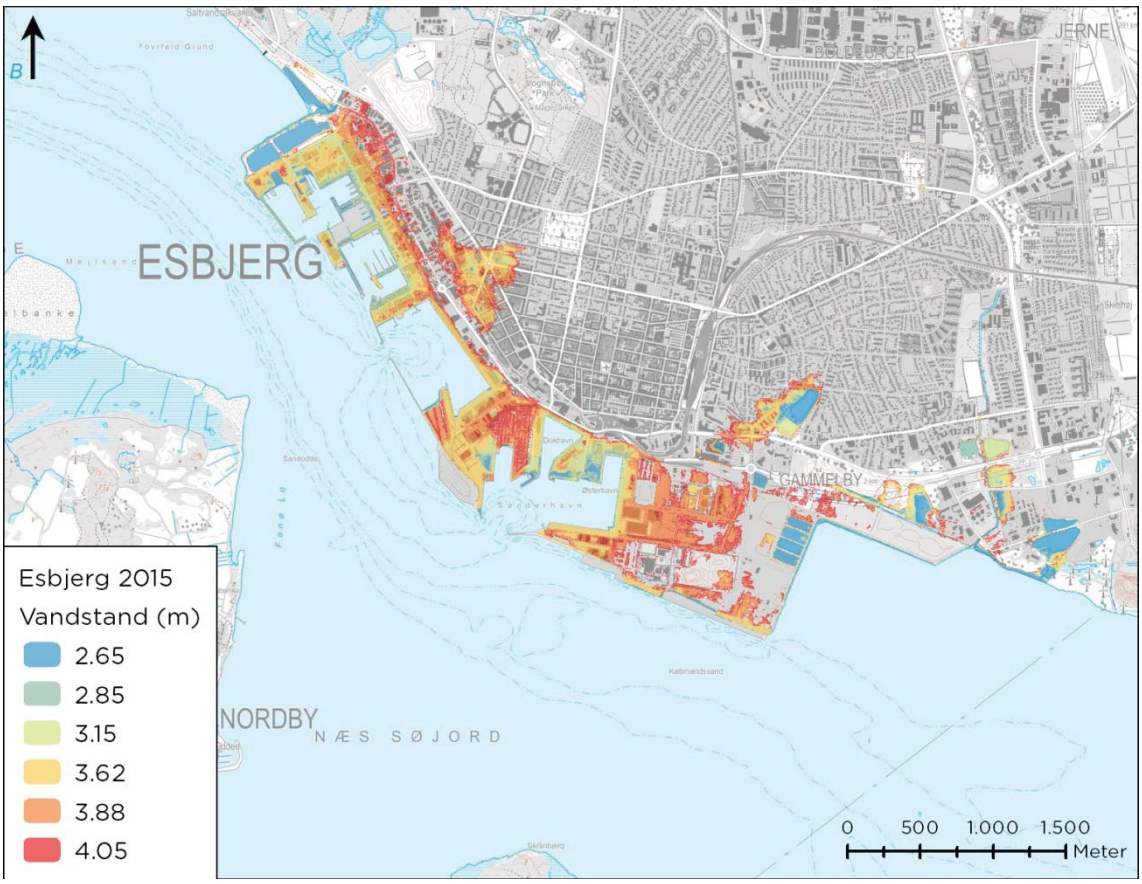
Hele kyststrækningen i Gentofte oplever oversvømmelse 100-250 m ind i landet i 2115. Det er således forudsat, at der bygges en kystmur på strækningen, som ikke allerede er sikret, og at muren på sikrede strækninger forhøjes yderligere. Området omkring Tuborg Havn er nybygget, og det antages, at denne bydel allerede er sikret. Af nedenstående figur fremgår sikringstiltag og oversvømmelsesdybder ved en 100-årshændelse i 2115, svarende til en vanddybde på 2,20 m, jævnfør figur 13 ovenfor.



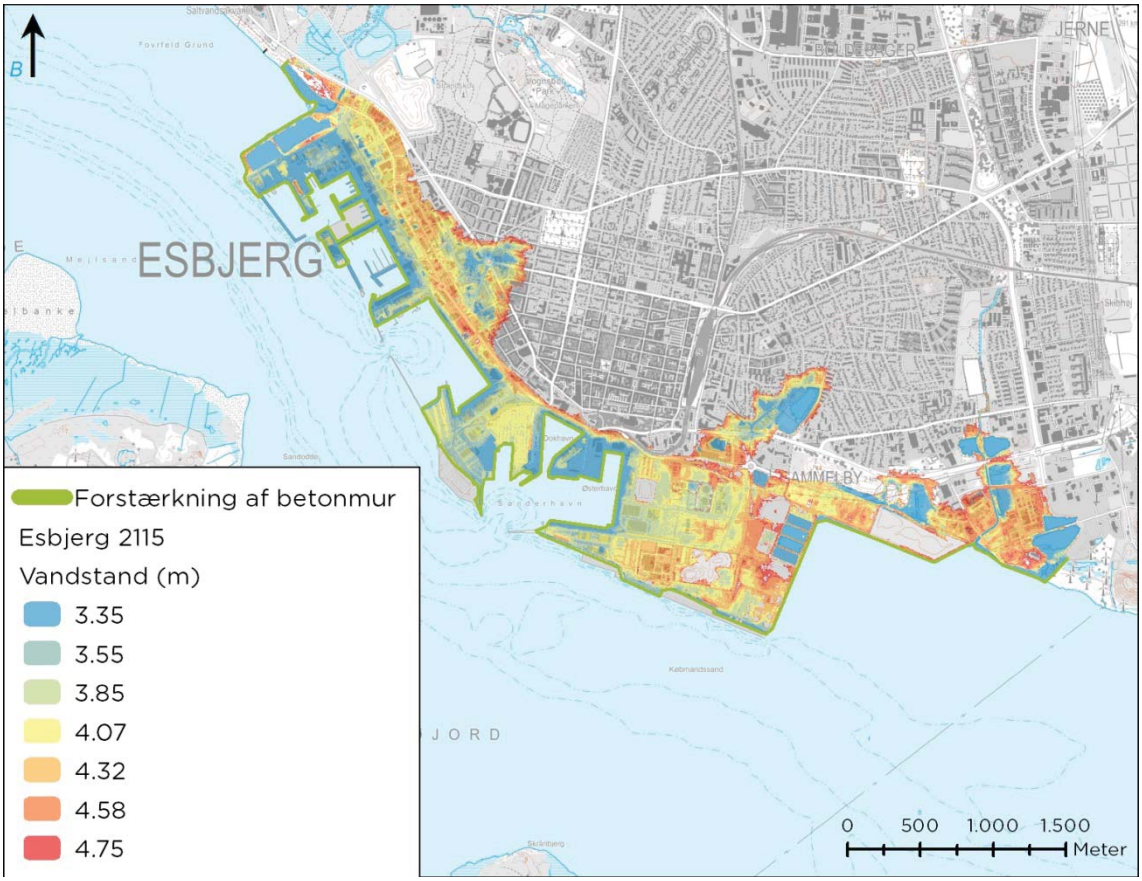
Figur 14: Vanddybder ved 100-årshændelsen i Gentofte i år 2115, svarende til en vandstand på 2,20 m.

5.2.5 Esbjerg

Esbjerg by ligger ud til Ho Bugt og Vesterhavet. Kystdirektoratet har en målestation i havnen, som er anvendt som datagrundlag for oversvømmelsesestimaterne. Af figur 15 og 16 nedenfor fremgår udbredelsen af de anvendte vandstande til beregning af skadesomkostningerne i år 2015 og 2115.

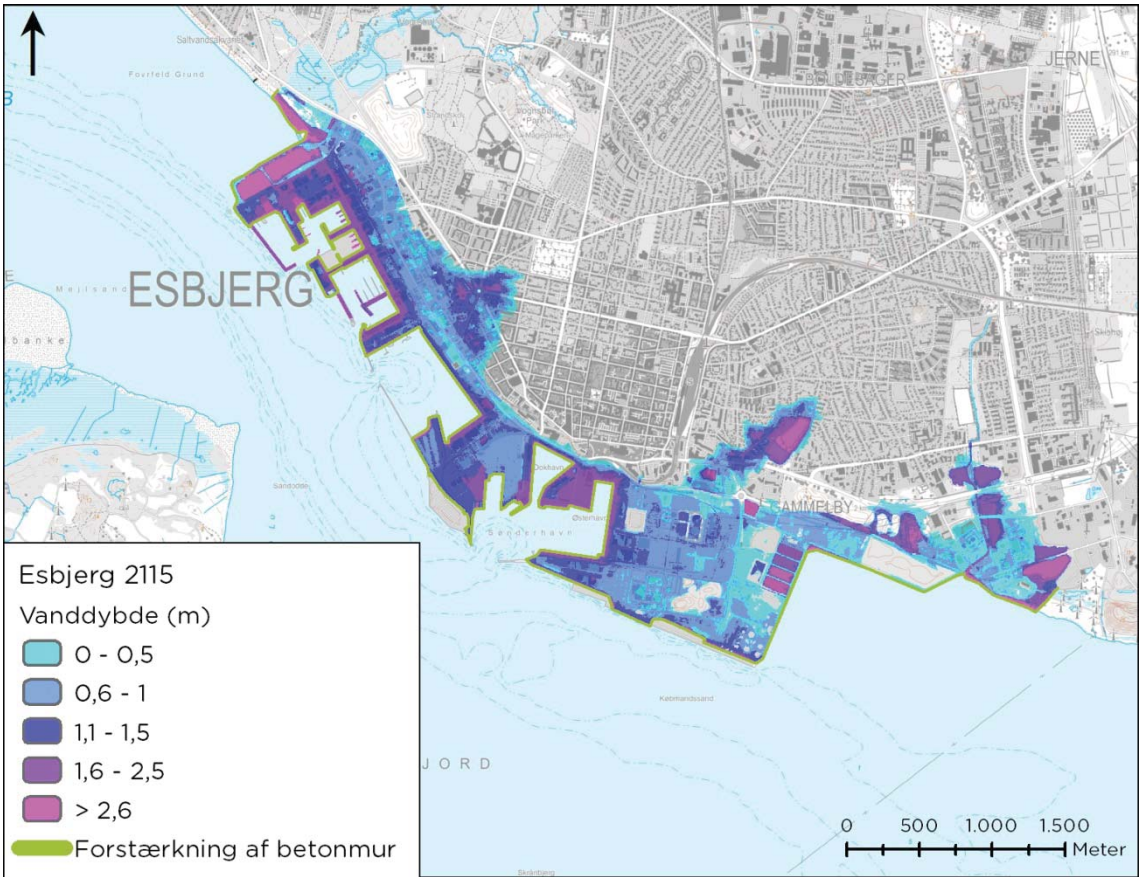


Figur 15: Udbredelse af koter anvendt for Esbjerg i år 2015.



Figur 16: Udbredelse af koter anvendt for Esbjerg i år 2115 samt forslag til kystsikringsløsninger anvendt til beregning af investeringsomkostninger for 2115.

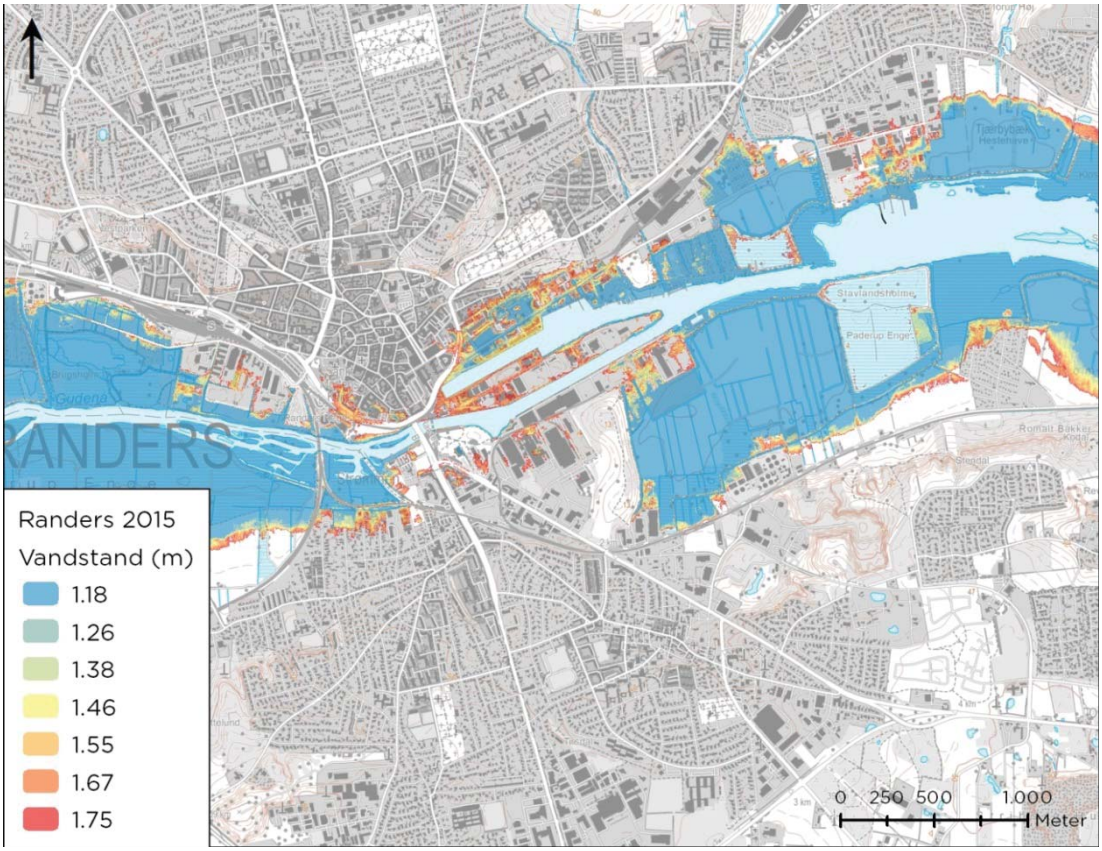
Store dele af Esbjergs havneområde oversvømmes i 2115, også langs kanaler og åer i området. Hvis der ikke allerede er installeret sluser ved kanalernes udløb, bør udløbene sikres. Herefter er det forudsat, at kajkanterne langs hele Esbjerg Havn forhøjes til at kunne modstå en 100-årshændelse i 2115. Sikringstiltagene er illustreret på figur 16 ovenfor samt på figur 17 nedenfor sammen med vanddybderne ved en 100-årshændelse i 2115, svarende til en vandstand på 4,75m, jævnfør figur 16 ovenfor.



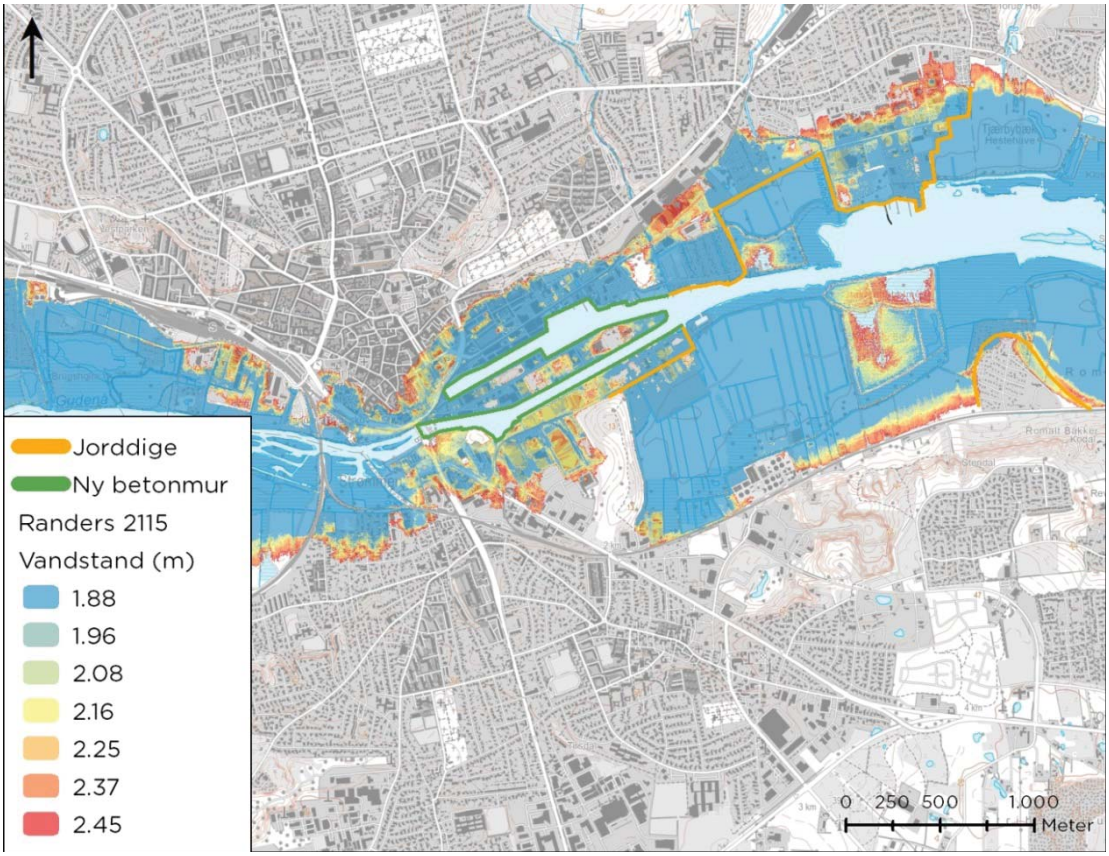
Figur 17: Vanddybder ved 100-årshændelsen i Esbjerg i år 2115, svarende til en vandstand på 4,75 m.

5.2.6 Randers

Randers by gennemløbes af Gudenåen, umiddelbart før åen har sit udløb i Randers Fjord. Kystdirektoratet har en målestation i havnen, som danner grundlag for de estimerede vandstande anvendt til beregning af skadesomkostningerne. De rumlige oversvømmelsesudbredelser ved de forskellige gentagelsesperioder i år 2015 og 2115 fremgår af henholdsvis figur 18 og 19 nedenfor.

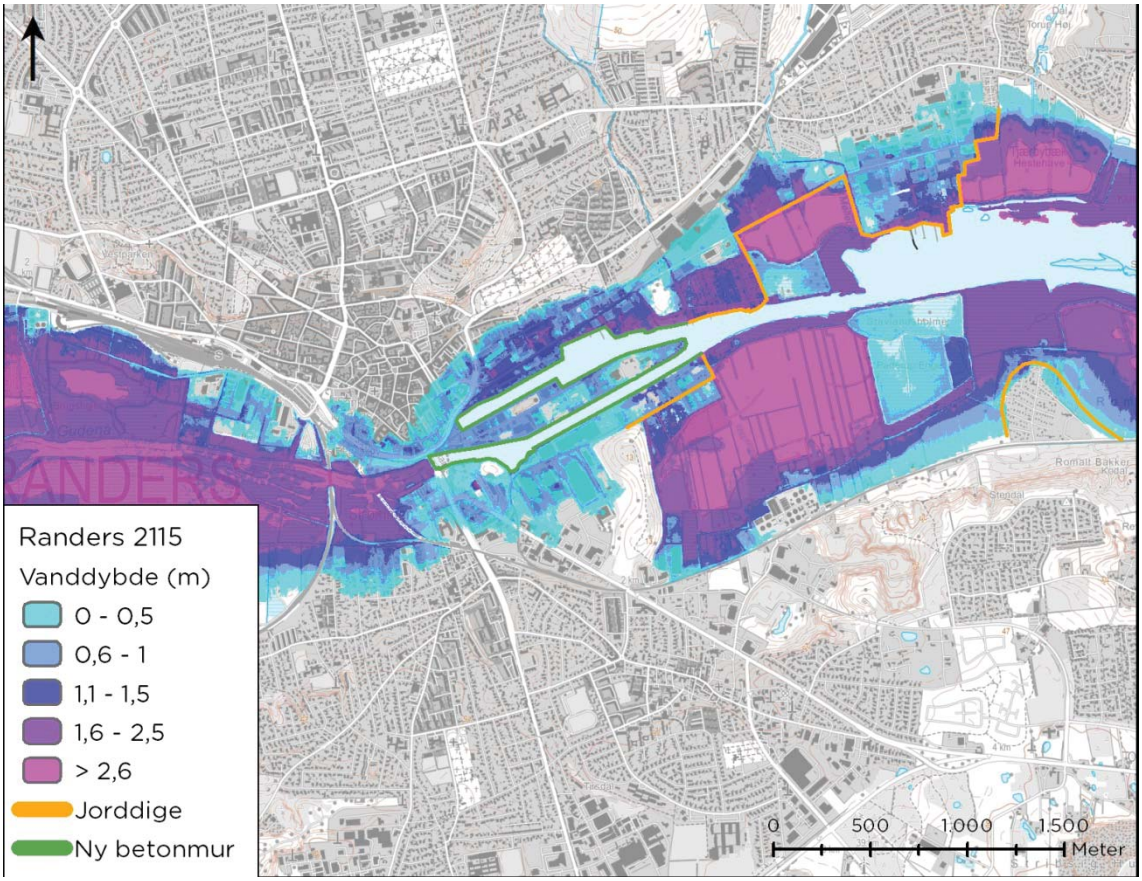


Figur 18: Udbredelse af koter anvendt for Randers i år 2015.



Figur 19: Udbredelse af koter anvendt for Randers i år 2115 samt forslag til kystsikringsløsninger anvendt til beregning af investeringsomkostninger for 2115.

Store dele af områderne, som umiddelbart støder op til Gudenåen og op til 1 km ind i landet, er lavtliggende områder, som oversvømmes i 2115. Det forudsættes, at der anlægges et større sluseanlæg samt, at kyststrækningerne ud mod fjorden sikres via jorddiger, som vist på figur 19 ovenfor. Disse kystsikringstiltag ligger til grund for de beregnede investeringsomkostninger for 2115. Figur 20 nedenfor viser vanddybderne ved en 100-årshændelse i 2115, svarende til en vandstand på 2,45m jævnfør figur 19 ovenfor, samt kystsikringstiltagene til samme scenarie.



Figur 20: Vanddybder ved 100-årshændelsen i Randers i år 2115, svarende til en vandstand på 2,45 m.

5.3 Beregning af omkostninger

Nedenfor beskrives kort metode til beregning af både skadesomkostninger og investeringsomkostninger i forbindelse med sikring af byerne.

5.3.1 Beregning af skadesomkostninger

Som nævnt er de forskellige vandstande estimeret ud fra Kystdirektoratets målestationer og fremskrivninger. De er herefter anvendt i GIS til at kortlægge de præcise arealer, som bliver berørt ved de forskellige vandstande. Hertil er anvendt højdemodellen DTM_terræn fra Geodatastyrelsens hjemmeside med en opløsning på 1,6 m. Der er ikke manuelt indarbejdet diger, sluser, etc.

Herefter er interesseområderne indtegnet i GIS, og oversvømmelsesberegningerne er klippet hertil således, at der kun beregnes skadesomkostninger for eksempelvis byområderne og ikke de tilstødende rurale områder.

For at beregne skadesomkostningerne forbundet med de forskellige vandstande er data fra GeoDanmark (tidligere FOT) sammenholdt med information fra Bygnings-og Boligregistret (BBR). Hermed kortlægges og prissættes infrastruktur og arealanvendelse inden for de oversvømmede områder, hvorefter omkostningerne summeres for hver gentagelsesperiode og scenarie.

Der ses overordnet på tre typer infrastruktur. Jernbaner klassificeres som oversvømmet ved 10 cm vand eller mere, bygninger ved 20 cm eller mere og veje ved 30 cm eller mere.

Ved kobling af GeoDanmark og BBR fremkommer samlet set 14 klasser, som vist i Tabel 2 nedenfor. De relaterede erfaringspriser er estimeret ud fra lignende projekter udført i Gøteborg. Der findes andre priser, som er anvendt af Kystdirektoratet, Miljøstyrelsen m.fl.

Infrastruktur	Pris	Enhed
Lokalvej	100	DKK/m^2
Motortrafikvej	500	DKK/m^2
Motorvej	1.000	DKK/m^2
Jernbane	5.000	DKK/m
Beboelse	40.512	DKK/bygning
Etagebyggeri	220.000	DKK/bygning
Fritidshus	25.000	DKK/bygning
Sociale services	224.310	DKK/bygning
Industri	222.685	DKK/bygning
Andre bygningstyper	50.000	DKK/bygning
Forsynings- og tekniske bygninger	186.000	DKK/bygning
Udhus og carport	5.000	DKK/bygning
Bykerne	50.000	DKK/bygning
Kælder	50.000	DKK/bygning

Tabel 2: Erfaringspriser for oversvømmet infrastruktur

5.3.2 Beregning af investeringsomkostninger

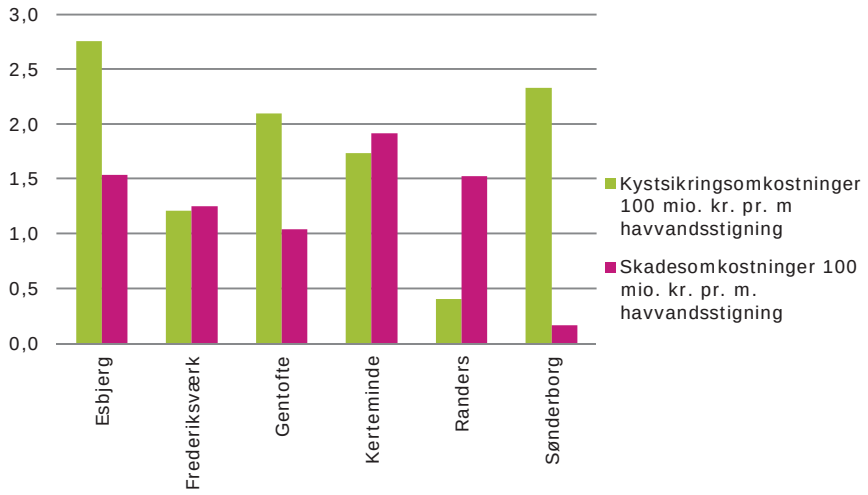
For hver af de seks byer er omkostningerne ved kystsikring op til forskellige niveauer estimeret. Der er tale om grove estimater, der er baseret på en opgørelse af længden af kyststrækninger med forskelligt niveau og på en gennemsnitlig omkostning pr. meter kyststrækning. Investeringsomkostningerne forbundet med kystsikring er bundet op på fire overordnede løsningstyper: jorddiger, ny betonmur, forhøjelse af eksisterende betonmur og sluser. Sidstnævnte har en estimeret enhedspris som varierer fra by til by, mens de øvrige tre er sat til gennemsnitlige meterpriser, som vist i tabel 3 nedenfor.

Tabel 3: Prisestimater anvendt til kystsikringstiltag

Kystsikringstiltag	Enhedspris [DKK/m] Lav	Enhedspris [DKK/m] Gennemsnit	Enhedspris [DKK/m] Høj
Jorddige	6.000	30.000	50.000
Betonmur	7.000	30.000	50.000
Forstærkning af betonmur	15.000	30.000	50.000
Sluse pr. stk.	3-30 mio.	20-50 mio.	30-100 mio.

I modelberegningerne er der forenklende taget udgangspunkt i gennemsnitlige sikringsomkostninger på kr. 30.000 pr. meter. Det er desuden forudsat, at der er en lineær forbindelse mellem de opstillede estimater, således at omkostningerne ved at sikre sig mod havvandsstigninger på f.eks. 3 meter over dagligt vande vil koste gennemsnittet af omkostningerne ved eksempelvis en 2 og 4 meters sikring.

Tilsvarende varierer kystsikringsomkostningerne fra by til by, idet der er taget udgangspunkt i længden af kyststrækninger på forskelligt niveau samt i den gennemsnitlige omkostning per løbende meter sikring vist i tabel 3. Også her er der forudsat en lineær sammenhæng imellem disse estimater, således at skadesomkostningerne ved havvandsstigninger på ethvert niveau indenfor det betragtede interval kan estimeres.



Figur 21: Kystsikringsomkostninger pr. m havvandsstigning og skadesomkostninger ved 1 m havvandsstigning over sikringsniveau.

De umiddelbare resultater af de ovenfor beskrevne estimater er illustreret i figur 21, hvoraf det fremgår, at der er stor variation i forholdet mellem omkostningerne ved kystsikring og omkostningerne ved havvandsstigning ud over sikret niveau mellem de udvalgte byer. Med samme risici for vandstigning må kystsikring derfor antages at være en mere rentabel investering i Kertemin-de, Randers og Frederiksværk, hvor skadesomkostningerne er relativt høje, end i Esbjerg, Gentofte og Sønderborg, hvor de er en del lavere i forhold til kystsikringsomkostningerne. Dette mønster skal dog ses i sammenhæng med de forskellige forhold mht. havvandsstigningerne og variationerne heri.

5.4 Resultater og sammenligning

For hver af de seks byer beregnes nutidsværdierne for en 100 års periode og med anvendelse af en 4 pct. kalkulationsrente af de kystsikringstiltag, der besluttes under hver af de tre betragtede metoder til bestemmelse af en hensigtsmæssig fastlæggelse af kystsikringsniveauet, og af de deraf resulterende sparede skadesomkostninger. Der ses bort fra de faktiske skadesomkostninger, der sker, hvor kystsikringen ikke har været tilstrækkelig, idet disse ville være det samme i alternativsituationen uden nogen kystsikring.

Det centrale resultat af beregningerne er nutidsværdien over 100 års perioden, der beregnes for en række iterationer med forskellige udviklinger i vejrforholdet over perioden. Nutidsværdierne kan dermed præsenteres som middelværdien af nutidsværdier for de gennemførte iterationer med angivelse af standardafvigelserne. Standardafvigelsen er defineret som kvadratroden af variansen på resultatet og beskrives derfor som usikkerheden. Der beregnes desuden den interne forrentning af investeringerne i kystsikring under de tre modeller, og endelig er antallet af stormfloder med havvandsstigninger ud over det sikrede niveau for hver af de betragtede modeller også beregnet. For hver af de 1.000 simulationer er antallet af gange, havniveauet har været højere end kystsikringen, bestemt, hvorefter det gennemsnitlige antal er beregnet.

Der kan herefter foretages en sammenligning på de nævnte parametre og foretages en vurdering af, hvorvidt én af de betragtede metoder til fastlæggelse af sikringsniveauet er markant bedre end de øvrige.

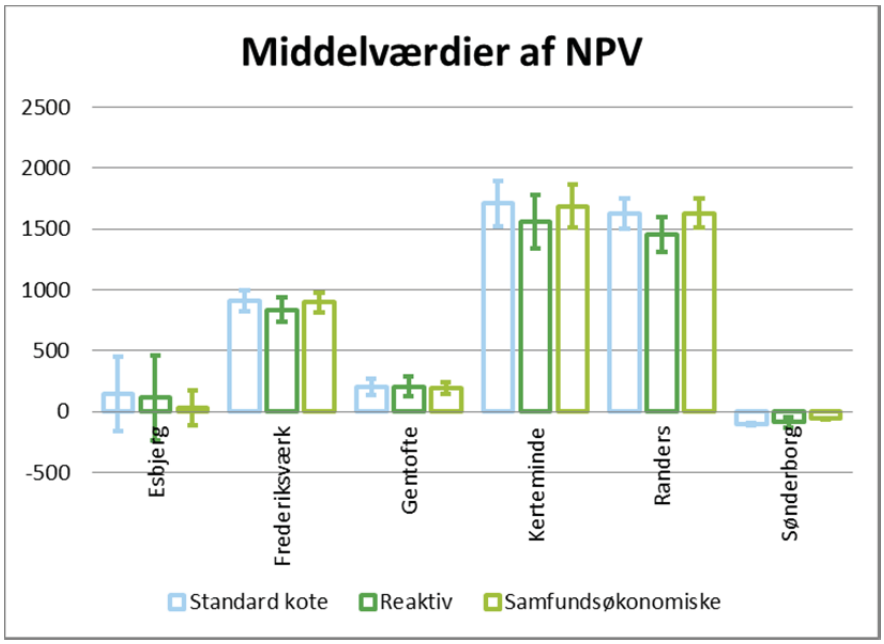
6. BEREGNINGSRESULTATER

Beregningerne er foretaget for alle de betragtede 6 byer, og beregningsresultaterne sammenlignes i det følgende med henblik på at identificere forskellene og et eventuelt mønster for dermed at skabe grundlag for en vurdering af modellerne og eventuelt en anbefaling af en af modellerne frem for de andre.

6.1 Nutidsværdier af kystsikring under alternative modeller

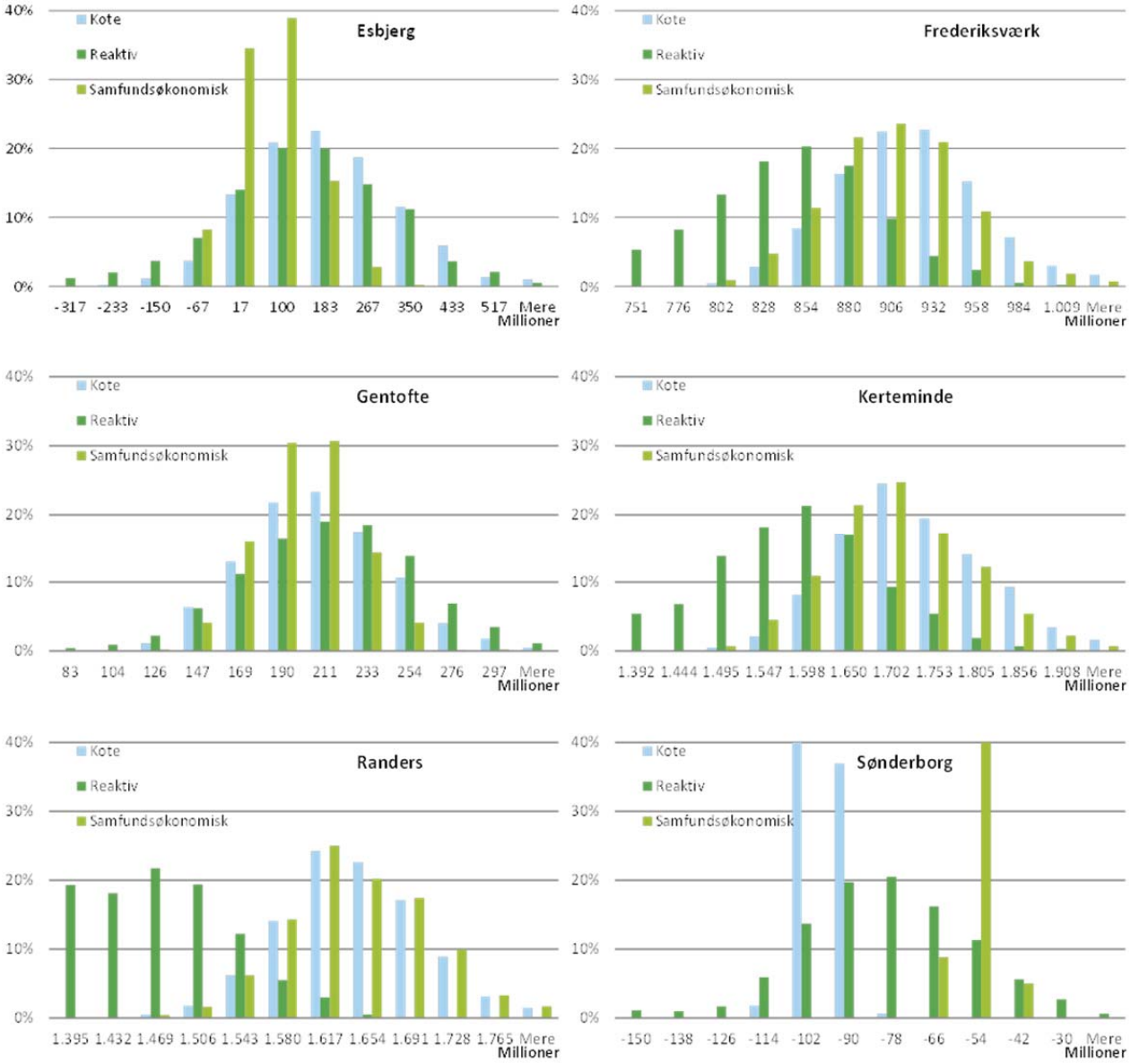
I figur 22 og 23 er vist de beregnede nutidsværdier for hver af de seks byer og for hver af de tre modeller. Resultaterne er vist som middelværdier og standardafvigelser af de gennemførte iterationer i figur 21 og som histogrammer, der viser andelen af iterationer, der giver nutidsværdier i de respektive værdi-intervaller i figur 23. Det ses, at de tre modeller i hovedparten af tilfældene giver entydigt positive resultater og dermed er samfundsøkonomisk fordelagtige. Samtidigt fremgår det, at standard kote modellen og den samfundsøkonomiske model generelt giver de bedste resultater, idet middelværdien her er størst, og andelen af gennemførte iterationer med højere nutidsværdier her er størst. Det fremgår desuden, at kystsikringen med de anvendte forudsætninger ikke ser ud til at være samfundsøkonomisk rentabel i Sønderborg, Esbjerg og Gentofte.

Det skal understreges, at de tre anvendte modeller alle er forenklede modeller til beslutningsstøtte i forbindelse med kystsikring. Standard-kote modellen og den reaktive model tager således ikke som den samfundsøkonomiske model hensyn til kystsikringsomkostningerne. Beregningsresultaterne forventes således at vise betydningen af at bruge de forenklede modeller og således skabe grundlag for en vurdering af, om en sådan tilgang vil være tilstrækkelig for en prioritering af kystsikringstiltag i en given by.



Figur 22: Beregnede middelværdier for nutidsværdier (NPV) pr. by og tilpasningsmodel med usikkerhedsmargin på to beregnede standardafvigelser.

Beregningsresultaterne viser, at der under den reaktive model i Frederiksværk, Kerteminde og Randers er en tendens til relativt lavere nutidsværdier end under de to øvrige modeller. For Gentofte og til dels Esbjerg giver de tre modeller i højere grad ens resultater, idet den samfundsøkonomiske model dog giver et lidt dårligere resultat end de øvrige. Samtidigt er standardafvigelsen og dermed spredningen i histogrammet lidt mindre for den samfundsøkonomiske model i disse to byer.



Figur 23: Nutidsværdiers størrelser og fordeling under de tre modeller beregnet på baggrund af 1.000 simulationer af 100 års vandstigninger i hver af de 6 byer.

Generelt er middelværdien af nutidsværdierne højst i den samfundsøkonomiske og i standard kote modellen, og den reaktive model giver således i de fleste tilfælde det dårligste, økonomiske resultat. I standard kote modellen er middelværdierne af de beregnede nutidsværdier relativt højst i Esbjerg, Frederiksværk, Gentofte og Kerteminde, tæt forfulgt af den samfundsøkonomiske model, men standard kote modellen har samtidigt en højere standardafvigelse, især i Esbjerg.

I fortolkningen af beregningsresultaterne er det vigtigt at gøre sig klar, at der kun tages hensyn til kystsikringsomkostningernes størrelse i den samfundsøkonomiske model. Derfor er det forventeligt, at denne model vil give de bedste resultater, men dette slår ikke særligt markant ud i de gennemførte nutidsværdiberegninger.

Der er ikke i nogen af modellerne taget hensyn til andre direkte effekter af kystsikringen end de estimerede anlægsomkostninger. I en konkret situation vil det imidlertid være muligt at inddrage effekter som fx forringet eller forbedret adgang til kysten eller en forringet/forbedret havudsigt i forbindelse med brugen af den samfundsøkonomiske metode. Tilsvarende vil man her kunne gøre

brug af mere præcise estimater af kystsikringsomkostningerne, hvor disse afviger meget fra standard estimatet på kr. 30.000 pr. meter.

I de overordnede beregninger af nutidsværdier over 100 års perioden er der til sammenligning af de alternative modeller i alle tilfælde taget hensyn til de estimerede kystsikringsomkostninger, og her vil der således også kunne tages hensyn til andre effekter af kystsikringen, nemlig ved at justere kystsikringsomkostningerne til at inkludere sådanne effekter.

6.2 Resulterende stormflodshyppigheder

For at illustrere sikkerheden ved de forskellige modeller, er det gennemsnitlige antal stormfloder vist i nedenstående tabel. Det fremgår, at der er stor variation i det gennemsnitlige antal oversvømmelse, og at antallet af oversvømmelser er mindst under standard kote modellen.

Oversvømmelseshyppigheden er størst i Sønderborg, Esbjerg og Gentofte under den samfundsøkonomiske model. Disse tre byer er netop dem, hvor kystsikringsomkostningerne er relativt høje i forhold til den potentielle skadeseffekt, og hvor nutidsværdierne af kystsikringsinvesteringerne og sparede skadesomkostninger er lavest. Da kystsikringsomkostningerne netop inddrages i prioriteringen i den samfundsøkonomiske model, kan dette mønster skyldes, at rentabilitetshensynet medfører en mere tilbageholdende investeringsadfærd og dermed et større antal oversvømmelser. Dette illustrerer dilemmaet mellem en ren økonomisk betragtning vis a vis en større fokus på sikkerhed mod oversvømmelser.

	Samfundsøkonomiske	Standard kote	Reaktiv
Esbjerg	9,4	0,7	2,2
Frederiksværk	1,1	0,5	3,1
Gentofte	4,9	0,3	2,9
Kerteminde	1,1	0,5	2,8
Randers	0,2	0,4	2,9
Sønderborg	19,1	0,4	3,1

Tabel 4: Gennemsnitlige antal stormflodssituationer over iterationsperioden

6.3 Interne renter

En investeringsrentabilitet kan også måles som den interne rente, hvilket er et mål for den opnåede forrentning ved den givne investering. Den interne rente er defineret som den rente, der præcist medfører en nutidsværdi af investering og besparelser på nul. Den interne rente for de tre modeller og de seks byer er vist i tabel 5. Her ses det igen, at kystsikringsinvesteringerne giver det bedste afkast i Kerteminde, Frederiksværk og Randers. Samtidigt fremgår det, at den samfundsøkonomiske model generelt giver den største samfundsøkonomiske rentabilitet.

Intern rente ved:	Samfundsøkonomisk	Standard kote	Reaktiv
Esbjerg	4	5	5
Frederiksværk	27	23	17
Gentofte	7	6	6
Kerteminde	34	29	20
Randers	16	16	13
Sønderborg	2	-	-

Tabel 5: Beregnede interne renter ved kystsikringstiltag efter tre modeller i de udvalgte seks byer

Mønstret vedr. den interne rente svarer stort set til analysen af nutidsværdier, mht. forskellen mellem byer såvel som mellem de anvendte modeller. Dog viser de beregnede interne renter, at den samfundsøkonomiske model ser ud til at lede til mere rentable investeringer i kystsikring. Dette antages at hænge sammen med det forhold, at denne model inddrager kystsikringsomkostningernes størrelse.

6.4 Opsummering

Der er foretaget samfundsøkonomiske beregninger for seks udvalgte byer ved brug af en samfundsøkonomisk model med indbygget simulering af udviklingen i havvandsstanden over en 100 års periode. Formålet hermed er at vurdere, hvilken af de tre forenklede beslutningsmodeller, der er bedst til at generere kystsikringsmønstre, der set i det lange perspektiv er samfundsøkonomisk rentable.

Simulationerne viser generelt, at den samfundsøkonomiske model og standard kote modellen er bedst ud fra et rent samfundsøkonomisk perspektiv, og at den reaktive model, som den her har været defineret, giver de dårligste resultater. Det gælder, når der ses på de resulterende nutidsværdier, men når der ses på de beregnede interne renter, fremstår den samfundsøkonomiske model som den, der klart giver de mest rentable investeringsmønstre.

Samtidigt viser beregningerne, at der er en vis sammenhæng mellem samfundsøkonomisk rentabilitet og sikkerhed mod stormflodshændelser. Således viser den samfundsøkonomiske model sig at have flere stormflodshændelser end både standard kote modellen og den reaktive model i de tre byer, hvor den samfundsøkonomiske rentabilitet er lavest, dvs. Esbjerg, Gentofte og Sønderborg. Sammenhængen kan her enten være den, at den samfundsøkonomiske model tager hensyn til investeringsomkostningerne, og derfor leder til en større tilbageholdenhed med kystsikringen i forhold til de øvrige modeller, der med de gjorte forudsætninger kan lede til en vis overinvestering.

Beregningerne tyder endelig på, at den reaktive model hverken er den samfundsøkonomisk fordelagtigste eller den, der minimerer antallet af oversvømmelser. Kun i én af byerne, nemlig Esbjerg er det beregnede antal oversvømmelser over sikringsniveau mindst under den reaktive model, og ingen steder giver denne model den største nutidsværdi eller interne rentabilitet.

Der er ikke i beregningerne taget højde for andre effekter i form af eksterne omkostninger og benefits ved kystsikring. Det må i en konkret situation, hvor sådanne effekter vurderes at have stor betydning, inddrages som en særlig post, som kan billiggøre eller fordyre kystsikringsomkostningerne. Da standard kote modellen og den reaktive model ikke tager hensyn til kystsikringsomkostningerne, må den samfundsøkonomiske model antages at blive yderligere styrket, hvor de forventede kystsikringsomkostninger inkl. eksterne omkostninger er størst.

7. FØLSOMHEDSBEREGNINGER

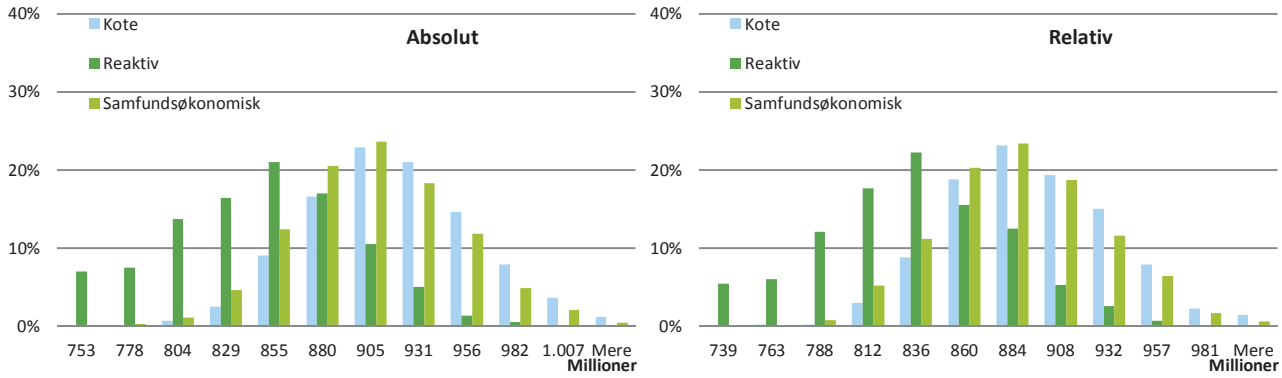
De beregningsresultater, der præsenteredes i kapitel 6, er baseret på en række forudsætninger og antagelser bl.a. om sikringsniveauet, havvandsstigning og kystsikringsomkostninger. I dette afsnit vil vi undersøge følsomheden over for sådanne centrale antagelser ved at observere, hvordan alternative antagelser ændrer på resultaterne. Formålet hermed er at foretage en nærmere vurdering af det mønster, der viste sig i kapitel 6, hvorefter den samfundsøkonomiske model og standard kote modellen ser ud til at give de bedste resultater, set i det lange perspektiv.

For enkeltheds skyld er alle beregninger foretaget for Frederiksværk. Det er en af de tre byer, hvor nutidsværdien af kystsikringsinvesteringerne er positiv, og hvor den interne rente er relativt høj. Det skal understreges, at resultaterne stammer fra simulationer, således at resultater fra samme scenarie ikke nødvendigvis vil blive helt ens i forbindelse med de enkelte følsomhedsberegninger.

7.1 Spredning

Det er i hovedberegningerne antaget, at den generelle havvandsstigning på 7 mm årligt ikke ændrer på spredningen i oplevede havvandstande, altså at denne er konstant i absolutte størrelser. Det betyder fx, at vandsstanden ved en 100 års hændelse forudsættes at øges med 7 mm eller præcist det samme som den generelle forøgelse af havvandstanden.

I dette afsnit har vi i stedet foretaget beregningerne, hvor spredningen er konstant i relative størrelser, dvs. således at en 10 % stigning i havvandsniveauet resulterer i en 10 % stigning i spredningen, og derfor øges i absolutte tal. Det betyder fx, at 100-års hændelsen i Frederiksværk i 2115 ændres fra 2,30 m til 2,50 m.



Figur 24 Iterative beregninger med fast absolut eller fast relativ spredning i havvandsstigningerne

Som det ses i figur 24 og tabel 6, resulterer den ændrede forudsætning mht. spredning i udviklingen af havvandsniveauet i en stort set uændret middelværdi af de beregnede nutidsværdier og en uændret intern forrentning. Antallet af oversvømmelser reduceres derimod i alle tilfælde, hvilket nok hænger sammen med, at alle modeller fokuserer på 100 års hændelser i fastlæggelsen af investeringsniveauet. Da netop 100 års hændelserne øges med overgang fra en fast absolut til fast relativ spredning, øges sikkerheden mod oversvømmelse.

Spredning	Model	Middelværdi	Standard afvigelse	Oversvøm-melser	Intern rente
Absolut	**Samfundsøkonomisk**	**896**	**42**	**1,0**	**27%**
	Kote	**906**	**43**	**0,4**	**23%**
	Reaktiv	**834**	**50**	**3,1**	**17%**
Relativ	Samfundsøkonomisk	873	43	0,4	27%
	Kote	883	44	0,2	24%
	Reaktiv	834	50	2,6	17%

Tabel 6: Følsomhedsberegning: Konstant relativ i stedet for en konstant absolut spredning.

7.2 Sikringsniveau i standard kote og reaktiv model

I standard kote modellen og den reaktive model har vi antaget, at der sikres til 100 års hændelsen i den næste 25 års periode. Derfor betragtes alternative sikringsniveauer i form af 50- og 200 års hændelsen i dette afsnit, hvor resultaterne kan ses i tabel 7.

Som tidligere nævnt vil sikring til 100 års hændelsen fra et sikkerhedsmæssigt synspunkt sikre mod langt de fleste stormfloder, hvilket ikke nødvendigvis er samfundsøkonomisk optimalt. Det ses, at en sikring til 50 års hændelserne i den efterfølgende periode svagt forbedrer kote modellens middelværdi og interne rente, mens antallet af oversvømmelser forøges. Derimod påvirkes nutidsværdi, antal oversvømmelser eller forrentningen under den reaktive model ikke signifikant ved sikring til 50 års eller 200 års hændelsen. Den samfundsøkonomiske model giver fortsat den højeste rentabilitet ved de alternative forudsætninger om sikringsniveauer i de øvrige modeller.

Gentagel-ses-periode	Model	Middelværdi	Standard afvigelse	Oversvøm-melser	Intern rente
50	Sam-fundsøkonomisk	895	42	1,1	27%
	Kote	916	45	0,8	25%
	Reaktiv	821	50	3,4	18%
100	**Sam-fundsøkonomisk**	**893**	**43**	**1,1**	**27%**
	Kote	**905**	**45**	**0,5**	**24%**
	Reaktiv	**832**	**52**	**3,1**	**17%**
200	Sam-fundsøkonomisk	891	41	1,0	27%
	Kote	893	42	0,2	22%
	Reaktiv	838	47	2,8	17%

Tabel 7: Følsomhedsanalyse vedr. sikringsniveau for kote og reaktiv model

7.3 Forventet havvandsstigning

Der er stor usikkerhed mht., hvor store havvandsstigningerne vil være over de næste 100 år, så vi har valgt at undersøge følsomheden over for alternative havvandsstigninger. Det ses i tabel 8, at specielt middelværdien ændres meget, hvilket skyldes, at de sparede skadesomkostninger stiger, når havvandsniveauet stiger.

Havvandsstigning (cm/100 år)	Model	Middelværdi	Standard afvigelse	Oversvøm-melser	Intern rente
20	Samfundsøkonomisk	555	40	1,7	26%
	Kote	579	44	0,7	24%
	Reaktiv	508	54	2,0	16%
70	**Samfundsøkonomisk**	**895**	**40**	**1,1**	**27%**
	Kote	**907**	**43**	**0,5**	**24%**
	Reaktiv	**834**	**51**	**3,1**	**17%**
140	Samfundsøkonomisk	1.360	46	0,9	27%
	Kote	1.122	51	0,3	23%
	Reaktiv	1.284	49	3,8	18%

Tabel 8: Følsomhedsanalyse vedr. forudsætninger om havvandsstigningen

Forholdet mellem de tre modeller berøres imidlertid kun marginalt. Standard kote modellens nutidsværdi øges relativt mere end den samfundsøkonomiske model, mens den interne forrentning reduceres ganske marginalt for den reaktive og den samfundsøkonomiske model. Fortsat er det dog den samfundsøkonomiske model, der giver det bedste resultat.

Det ses også, at antallet af oversvømmelser i den samfundsøkonomiske model falder, når havvandsstigningen øges, og det bliver samfundsøkonomisk optimalt at sikre til et højere niveau.

7.4 Enhedspris pr. m kystsikring

Som udgangspunkt for de estimerede omkostninger er det antaget, at disse kun afhænger af længden af kystsikringen og ikke af højden. Det blev således antaget, at prisen pr. m sikring i gennemsnit er 30.000 DKK uanset position, type og højde. Vi har derfor foretaget nutidsværdiberegninger ved to alternative enhedsomkostninger for kystsikringen på 20.000 og 50.000 DKK.

Det ses af tabel 9, at middelværdien af de beregnede nutidsværdier stiger lidt for alle modeller, hvis omkostningerne antages at være lavere, men det medfører, at forrentningen stiger kraftigt. Med lavere enhedsomkostninger stiger desuden den samfundsøkonomisk optimale sikringshøjde, således at antallet af oversvømmelser falder under den samfundsøkonomiske model. Det modsatte billede ses, hvor enhedsomkostningerne antages at forøges. Rangordenen mellem de tre modeller forbliver dog uændret, når der ses på nutidsværdier og intern forrentning.

Enhedspris DKK	Model	Middelværdi	Standard afvigelse	Oversvøm-melser	Intern rente
20.000	Samfundsøkonomisk	944	43	0,7	43%
	Kote	952	45	0,4	38%
	Reaktiv	875	50	3,1	24%
30.000	**Samfundsøkonomisk**	**895**	**43**	**1,0**	**27%**
	Kote	**906**	**43**	**0,4**	**24%**
	Reaktiv	**833**	**51**	**3,1**	**17%**
50.000	Samfundsøkonomisk	798	40	1,8	16%
	Kote	812	43	0,5	14%
	Reaktiv	748	54	3,1	12%

Tabel 9: Følsomhedsberegninger vedr. forudsatte enhedspriser for kystsikringsomkostninger

8. DISKUSSION AF METODERNE TIL FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU

8.1 Kort introduktion til formålet med kapitlet

Formålet med dette kapitel er at foretage en fortolkning af beregningsresultaterne fra det forrige kapitel og at vurdere de anvendte metoder til fastlæggelse af kystsikringsniveauet på grundlag heraf.

8.2 Hvilke metoder er bedst hvor?

Ved gennemgang af beregningsresultaterne viser det sig, at sammenligningen imellem de tre betragtede metoder peger i retning af, at den samfundsøkonomiske metode til bestemmelse af kystsikringsniveauet for 25 år ad gangen, når resultaterne heraf vurderes over en 100 års periode, er den fordelagtigste, tæt fulgt af standard kote modellen. Den reaktive model giver i stort set alle tilfælde en dårligere forrentning.

Der er i byer med relativt høje investeringsomkostninger en klar tendens til en lavere samfundsøkonomisk forrentning af kystsikringsinvesteringerne under alle tre modeller, men samtidigt medfører den samfundsøkonomiske model netop her væsentligt flere oversvømmelser end under de øvrige modeller. Dette peger på, at der i valget mellem forskellige modeller til bestemmelse af et hensigtsmæssigt kystsikringsniveau må tages et valg mellem en høj samfundsøkonomisk rentabilitet eller en høj sikkerhed for (evt. små) oversvømmelser.

Den samfundsøkonomiske model har i forhold til de øvrige to modeller det yderligere fortrin, at den meget enkelt kan tilpasses til at tage hensyn til eksterne omkostninger eller benefits. Dette gøres ved at omdefinere kystsikringsomkostningerne til at inkludere nutidsværdien af sådanne værdier eller omkostninger.

De gennemførte følsomhedsomkostninger giver ikke anledning til at ændre på disse konklusioner.

8.3 Skal samme metode bruges ensartet overalt i DK, eller skal der differentieres?

Der er ikke noget, der peger på, at der skulle være behov for at bruge forskellige modeller forskellige steder i landet. De tre modeller er netop defineret på en måde, så de i forskelligt omfang tager hensyn til forskellighederne mellem forskellige byer. Det gælder især den samfundsøkonomiske model, der tager hensyn til kystsikringsomkostningernes størrelse, og hvor samtidigt de estimerede eksterne omkostninger og benefits kan medregnes i prioriteringen.

8.4 Anbefalinger

Analysen viser, at der ikke er en meget stor forskel på resultaterne af at bruge de tre betragtede modeller, men viser alligevel, at der er en klar samfundsøkonomisk gevinst ved at bruge den samfundsøkonomiske model.

Der er ikke i beregningerne taget hensyn til et eventuelt samfundsmæssigt ønske om at undgå store oversvømmelser med særligt drastiske konsekvenser. Et sådant hensyn vil kunne inddrages i den samfundsøkonomiske model ved at forøge de estimerede skadesomkostninger med en risikofaktor, som evt. kan være eksponentielt stigende, således at de største skadesomkostninger får en større vægt, og dermed generer et højere optimalt sikringsniveau.

Det anbefales endelig, at man går videre med udvikling af priser og målemetoder vedr. eksterne omkostninger og benefits.

For at udvikle og gøre metoderne til fastlæggelse af et fornuftigt sikringsniveau mere sikre, kan der arbejdes videre med følgende:

- Undersøge metodernes følsomhed over for:
  - Usikkerhed på havvandsstigninger
  - Anlægsomkostninger
  - Skadesomkostninger
  - Diskontering

- Regne på omkostninger til sikring af de enkelte ejendomme.

- Foretage mere detaljerede beregninger af anlægs- og driftsomkostninger af løsninger/metoder til klimatilpasning i forhold til havvandsstigninger.

- Kortlægge og indregne "bløde" værdier og synergiomkostninger (både positive og negative) i beregningerne.

- Indregne udvikling af byerne set over de næste 100 år. I denne rapport er det forudsat, at byerne ikke udvikler sig, men byudviklingen kan både få positiv og negativ påvirkning på de samfundsøkonomiske beregninger.

Til
Realdania

Dokumenttype
Rapport

Dato
Juni 2015

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 4 – TEKNISKE LØSNINGER

RAMBØLL

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 4 – TEKNISKE LØSNINGER

Revision	**H**
Dato	**2015-06-30**
Udarbejdet af	**Jesper Aarosiin Hansen, Jelmer Cleveringa**
Kontrolleret af	**Marianne Marcher Juhl**
Godkendt af	**Marianne Marcher Juhl**

Ref. 1100014321

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

INDHOLD

1.	**INDLEDNING**	**1**
2.	**VALG AF STORMFLODSLØSNING**	**2**
3.	**SIKRING MOD STORMFLOD**	**3**
4.	**LØSNINGSTYPER**	**5**
4.1	Diger og højvandsmure	5
4.2	Bløde løsninger – Klitter og sandfodring	6
4.3	Hybridløsninger og strandparkløsninger	7
4.4	Mobile løsninger	8
4.5	Sluser og dæmninger	9
4.6	Terrænregulering	11
4.7	Bygningsmæssige løsninger	12
4.8	Tilbagetrækning fra lavtliggende områder og kontrollerede oversvømmelser	13
5.	**REFERENCER**	**14**

BILAG

Bilag 1
Katalog over løsninger til højvandssikring

1. INDLEDNING

Med de seneste års storme (fx ”Bodil” og ”Egon”) er der kommet større fokus på klimatilpasningen af kysterne og de kystnære byer i forhold til oversvømmelser fra havet. Selv om stigningerne i havvandsstanden og en forøgelse af stormfloderne sker gradvist og først forventes at blive et problem om 20-30 år, er der allerede nu behov for at tænke kystbeskyttelse og tilpasning til havvandsstigninger ind i planlægningen.

I dette udredningsprojekt er der fokus på udfordringerne med oversvømmelser af byer fra stigende havvandsstande og øgede stormfloder. En anden følgevirkning af stigende havvandsstande og øgede stormfloder er en øget erosion af kysterne, og der vil også fremover være behov for at beskytte og sikre disse kyststrækninger. Miljøministeriet har igangsat en analyse for at afklare, om det er nødvendigt at ændre den nuværende lovgivning for kystbeskyttelse. Erosion af kyster indgår i Miljøministeriets analyse, der beskæftiger sig med samtlige typer kyststrækninger i Danmark.

Udredningen er opbygget i følgende 6 dele, der hver kan læses som selvstændige rapporter:

- Pixibog - Udredning om tilpasning til havvandsstigninger
- Del 1 - Omfang af stormfloder og skader
- Del 2 - Rammevilkår
- Del 3 – Fastlæggelse af sikringsniveau
- **Del 4 – Tekniske løsninger (nærværende rapport)**
- Del 5 – Anbefalinger

Pixibogen indeholder en introduktion til udredningen og en sammenfatning af de øvrige delrapporter, og den giver dermed et overblik over hele udredningen.

Nærværende rapport om tekniske løsninger er opbygget som et katalog over en række forskellige løsninger til sikring mod oversvømmelser fra kysten. Kataloget er inddelt i tekniske kategorier som diger, sluser, terrænreguleringer, midlertidige løsninger mv. Hver løsning beskrives i forhold til en række parametre som fx funktion, robusthed over for ændringer i prognoserne, fordele og ulemper. Endvidere er der givet eksempler på løsningerne inkl. billeder.

Rapporten er opbygget som følger:

I kapitel 2 gives en introduktion til strategien for, hvordan tekniske løsninger til sikring mod oversvømmelser kan vælges, mens kapitel 3 indeholder en nærmere beskrivelse af de forhold, der skal tages i betragtning ved valg af en løsning.

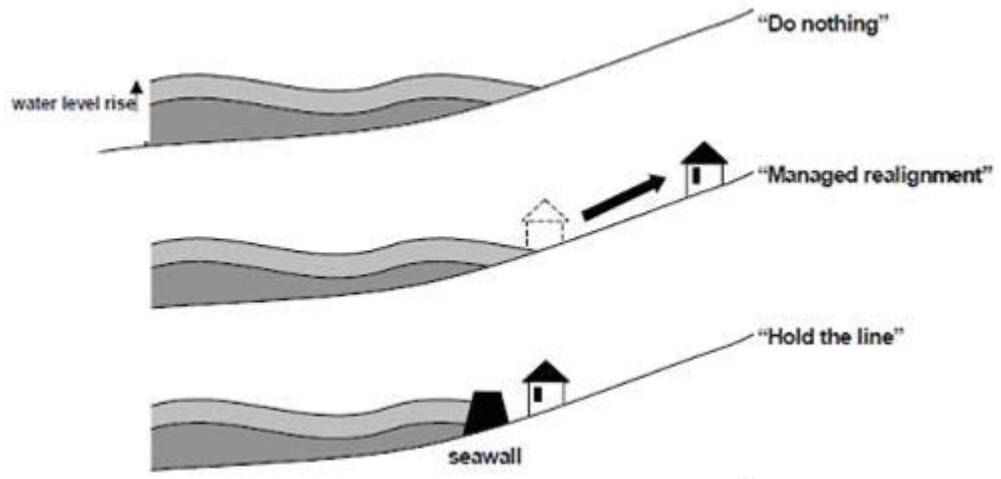
I kapitel 4 beskrives forskellige typer af tekniske løsninger overordnet. I bilag er vedlagt et katalog over de forskellige løsninger, med tekniske informationer, anvendelse mv.

2. VALG AF STORMFLODSLØSNING

De øgede fremtidige vandstande i farvandene omkring Danmark betyder, at der vil forekomme en række kystområder med en øget risiko for oversvømmelse, hvor det skal besluttes hvad og om, der skal gøres noget for at mindske denne øgede risiko. Denne beslutning ligger i første omgang hos de enkelte berørte grundejere.

For at håndtere og evt. imødegå den øgede risiko for oversvømmelse fra havet kan der helt grundlæggende anvendes flere forskellige fremgangsmåder (se nedenstående Figur 2.1, /1/):

- Lade stå til (”Do nothing”)
- Flytte værdierne ved tilbagetrækning fra lavtliggende områder (”Managed realignment”)
- Holde linjen (”Hold the line”)



Figur 2.1: Forskellige muligheder for strategi for stormflodssikring (Gengivet fra /1/)

At ”lade stå til” vil i områder med en væsentlig forøgelse af oversvømmelsesrisikoen kun være en egentlig løsning, hvor der ikke er fare for mennesker eller økonomiske værdier, altså i områder der falder uden for kystbeskyttelsesloven.

I de fleste byområder vil der være en ambition om at ”holde linjen”, altså at etablere eller forhøje forskellige former for beskyttelsesstrukturer, så den eksisterende bebyggelse kan bibeholdes. Der kan dog principielt godt være områder, hvor en tilbagetrækning fra lavtliggende områder vil give mening. Ved at flytte de økonomiske værdier tilbage fra kystnære områder til baglandet og give plads til de naturlige kystprocesser kan der skabes en naturlig bufferzone mellem kystlinjen og de økonomiske værdier, og der spares på vedligeholdelse og opretholdelse af kystsikring.

I det følgende fokuseres der dog særligt på forskellige tekniske løsninger til sikring mod højvande fra havet og fjordene, altså hvordan den eksisterende bebyggelse kan blive sikret mod den øgede risiko for oversvømmelse.

3. SIKRING MOD STORMFLOD

En stormflodssituation medfører dels en forhøjet vandstand og dels en bølgepåvirkning af kysten, som vil afhænge af vindretning og orientering af kysten. Stormflodssikring skal derfor både være høj nok til at forhindre, at vandet ikke løber over sikringen som følge af den forhøjede vandstand og som følge af bølgeoverløb, som godt kan være af betydelig størrelse på eksponerede kyster.

Da højvandssikringen skal beskytte baglandet i hele konstruktionens levetid, vil der yderligere være en række forhold, der er bestemmende for sikringens topniveau. Højden af højvandssikringskonstruktionen vil overordnet være bestemt af følgende bidrag:

- Statistisk eller historisk bestemt designvandstand
- Tillæg for klimabetinget havvandsstigning
- Reduktion/tillæg for lokal landhævning/-sænkning
- Tillæg for bølgeopløb
- Tillæg for sætninger i jord

Stormflodsvandstande og tillæg for klimabetingede vandstandsændringer og landhævning er gennemgået i Del 1, og de generelle forhold omkring valg af sikringsniveau er behandlet i Del 3.

Tillæg for bølgeopløb og sætninger vil afhænge af den valgte løsning. Bølgeoverløbet kan reduceres ved at forhøje højvandssikringen, men også ved at udforme højvandssikringen så bølgeopløbet på konstruktionen minimeres, eller ved at bølgerne brydes, før de når højvandssikringskonstruktionen. Det sidste kan ske ved en bred forstrand foran konstruktionen, hvor en del af bølgeenergien afsættes, før de rammer denne, mens bølgeopløbet på selve konstruktionen kan minimeres ved fladere hældning og mere hydraulisk modstand på overfladen af konstruktionen. Den endelige designhøjde af højvandssikringskonstruktionen vil således både afhænge af typen af konstruktion og af de aktuelle omgivelser, som løsningen sættes ind i. Ud over at give anledning til et potentielt bølgeoverløb, betyder bølgepåvirkningen også, at højvandssikringen skal sikres mod erosion.

Når højvandssikringen er etableret, kan der være geotekniske forhold der gør, at konstruktionen vil sætte sig. Dette håndteres typisk ved at etablere konstruktionen med en overhøjde svarende til de forventede sætninger, eller ved at man efterfølgende efterser, og f.eks. på et dige påfylder jord, hvor designhøjden ikke er overholdt, med periodevise mellemrum.

Forskellige typer af konstruktioner og strategier kan anvendes til sikring mod stormflod og højvande. Hvilken type af højvandssikringsløsning, der kan anvendes forskellige steder, vil i høj grad afhænge af de kysttekniske forhold det pågældende sted.

Kystsikring inddeles ofte i hårde og bløde løsninger, hvor de hårde løsninger er egentlige tekniske anlæg, mens bløde løsninger bygger på sandfodring og de naturlige kystprocesser. Højvandssikringsløsningerne kan overordnet inddeles i:

Kategori	Løsningstype	Hvor?
Barrierer langs kysten	Dige Kystsikringsmur/højvandsmur Hybridløsninger Strandpark Mobile barrierer	Etableres langs den udsatte kyststrækning til sikring af området bag konstruktionen
Barrierer langs kysten – bløde løsninger	Klitter/sandfodring	Etableres langs den udsatte kyststrækning til sikring af området bag beskyttelsen
Barrierer på tværs af vandområde	Sluse Lukket dæmning	Etableres ved indløbet til fjord, å, kanal eller havn til sikring af kyststrækningen inden for vandområdet
Terrænmæssige løsninger	Terrænreguleringer/hævning af terræn i et større område Superdige	Etableres for hele eller dele af området, som skal bebygges
Bygningsmæssige løsninger	Hævning af enkeltbygninger Konstruktive beredskabsløsninger ved enkeltbygninger	Etableres for den enkelte bygning
Planlægningsmæssige løsninger	Tilbagetrækning fra lave områder Kontrolleret oversvømmelse af udvalgte områder	Planlægning af arealanvendelsen, så områder overgår til naturlig dynamik

De enkelte løsninger er bekrevet i nedenstående afsnit, og kan genfindes i større detalje i kataloget over højvandssikringsløsninger i Bilag 1.

4. LØSNINGSTYPER

4.1 Diger og højvandsmure

Når der er tale om højvandssikring, er den traditionelle og mest anvendte form for sikring etablering af diger. På havsiden kan diget være dækket af en stenkastning, asfalt eller anden form for hård erosionsbeskyttelse i områder eksponeret for bølger. Typisk vil man dog etablere diger med så lille en hældning mod havsiden, at man kan anvende græsbeplantning som erosionsbeskyttelse, og den mest anvendte erosionsbeskyttelse af diger er også græs. En stor del af det, der potentielt kan overskylle et dige, er overskyl på grund af bølgepåvirkningen. Det er derfor vigtigt, at diget etableres med en passende flad hældning på havsiden, for på denne måde at optage bølgeenergien og mindske overskyl og erosion. På landsiden kan diget etableres med stejlere hældning, men det skal sikres, at hældningen er flad nok til, at der ved et evt. overløb af diget ikke sker erosion på landsiden. På grund af hældningerne kræver diget typisk meget plads, og særligt vil høje diger have et meget stort fodaftryk.

Figur 4.1: Ribediget

Derimod giver digets dimensioner mulighed for at integrere andre funktioner. Der findes eksempler på diger, hvor der er etableret en sti på toppen af diget, og der kan, særligt i Holland, også ses meget store diger, hvor der er blevet plads til en vej som følger toppen af diget. Der er i forbindelse med mindre diger god mulighed for, at diget indarbejdes i et parklignende eller på enden måde rekreativt område med forskellige opholdsfunktioner, så det indgår som et rekreativt element i landskabs- eller bymiljøet. I et byområde vil digekernen også kunne erstattes af en fast konstruktion til anvendelse for andre formål en ren kystsikring. Der kan eksempelvis (i forbindelse med meget store diger) være mulighed for at etablere diget uden på en vejtunnel, der ligger i oprindeligt terræn, hvor biltrafikken på denne måde fjernes fra terrænniveau, mens der kan etableres et rekreativt område på toppen af diget.

Et traditionelt teknisk dige kan godt fremstå dominerende i kystlandskabet, og man kan derfor vælge at lave skråningshældningerne så flade, at diget bedre indpasser sig i de generelle landskabsformer. Dette kræver plads, men kan også bevirke, at diget bliver "skjult" i landskabet og mere virker som et naturligt element end det tekniske dige. Der kan også etableres forskellige former for opholdsfunktioner i forbindelse med et sådan landskabeligt dige, og man kan udnytte, at der fra toppen af diget ofte vil være en attraktiv udsigt.

I mange byområder vil der ofte ikke være plads til at etablere et dige, og det kan være svært at indpasse i de bymæssige omgivelser. I dette tilfælde etableres ofte en højvandsmur, enten som en tilbagetrukket mur til sikring mod højvande, eller en decideret kystsikringsmur der både skal beskytte mod kysterosion og højvande. I det sidste tilfælde ses det på eksponerede kyster ofte, at der er etableret en stenkastningsskråning på havsiden, for at reducere bølgekraften, der kan være betydelig på en lodret mur. Ved en tilbagetrukket mur skal man særligt være opmærksom på passage af muren. Ved gennemføring af sti eller vej, skal der f.eks. være skot eller porte, der kan lukke af, men det er også muligt at føre trafikken over muren, særligt hvis det kun er bløde trafikanter, der skal føres om på ydersiden af muren.

Figur 4.2: Højvandsmuren i Lemvig /3/

En højvandsmur kan både etableres som en lodret mur, en trappeformet mur, en kurvet mur og som en skråning. Almindeligvis vil muren udføres i beton, træ, sten eller som stålspuns. Alt efter type er det muligt at integrere forskellige former for rekreative elementer i højvandsmuren, som det f.eks. er tilfældet i forbindelse med højvandsmuren i Lemvig. Særligt den trappeformede mur giver også god mulighed for at bruge muren i byrummet og giver mulighed for passage, så der er sammenhæng mellem kysten og resten af byen.

4.2 Bløde løsninger – Klitter og sandfodring

I andre områder af landet ses kystområder, hvor strandklitter udgør den primære højvandsbeskyttelse. Klitternes anvendelighed som højvandssikring er afhængig af, at der tilføres nok sand til kysten, så den erosion og sandflugt, der måtte være af klitterne, bliver modsvaret af en naturlig genopbygning. Et naturligt bredt strandområde med klitter bag forstranden vil udgøre en sikring mod højvande, da der vil ske en væsentlig reduktion af bølgeenergien, som følge af brydning på forstranden, mens de høje klitter bag stranden kan sikre, at der ikke løber vand ind i baglandet.

Som kystsikring kan klitterne kun anvendes, hvor der i forvejen er en naturlig klitdannelse, og et kystsikringstiltag vil derfor være at sandfodre, så man får en udbygning og bevarelse af de eksisterende klitter, og man på denne måde kan sikre en sammenhængende og tilstrækkelig højde af

klitterne. På det rette sted vil klitterne være en naturlig og integreret del af kystnaturen, der samtidigt fungerer som sikring mod højvande og rummer mange rekreative værdier.

Figur 4.3: Klitter ved Hvide Sande

4.3 Hybridløsninger og strandparkløsninger

Hybridløsninger, der består af forskellige kombinationer af hård og blød kystsikring, anvendes også til sikring mod højvande. Det kan eksempelvis være en højvandsmur bag en bred sandstrand eller en hård digekonstruktion skjult i sandklitter. Ideen i disse kombinationer er, at de bløde løsninger vil virke som et første værn til at reducere bølgehøjder og forhindre oversvømmelser, og at de hårde løsninger virker som en sidste stopklods ved at sikre en tilstrækkelig sikringskote og tage over, hvis kysterosionen i forbindelse med en stormflod reducerer den bløde del af løsningen for meget. Fordelen ved hybridløsninger vil eksempelvis være, at man kan reducere højden af en højvandsmur, og dermed forbedre udsynet, ved etablering af en bred sandstrand foran muren, der kan bryde bølgerne.

Et andet godt eksempel på kombinerede hårde og bløde løsninger er etablering af en Strandpark, som det ses på Amager og i Køge Bugt. Strandparken etableres som en sandø foran den eksisterende kystlinje, ved en kombination af forlande og/eller høfder og indpumpning af sand imellem disse. I Køge Bugt Strandpark er der bag stranden og den første klitrække etableret et højvandsdige, der følger formerne i de øvrige klitter, til sikring af hele kystområdet bag Strandparken. Mellem sandøen og den oprindelige kystlinje ligger en række lagunesøer, hvor vandstanden styres ved en indløbs- og udløbssluse. Åerne i baglandet løber ud gennem sluseværkerne og har overløb til lagunesøerne, som således fungerer som buffer for afstrømningen i åerne i forbindelse med højvande, hvor sluserne er lukkede. Løsningen sikrer derfor både mod direkte oversvømmelse fra Køge Bugt og mod oversvømmelse som følge af opstuvning i åerne i området.

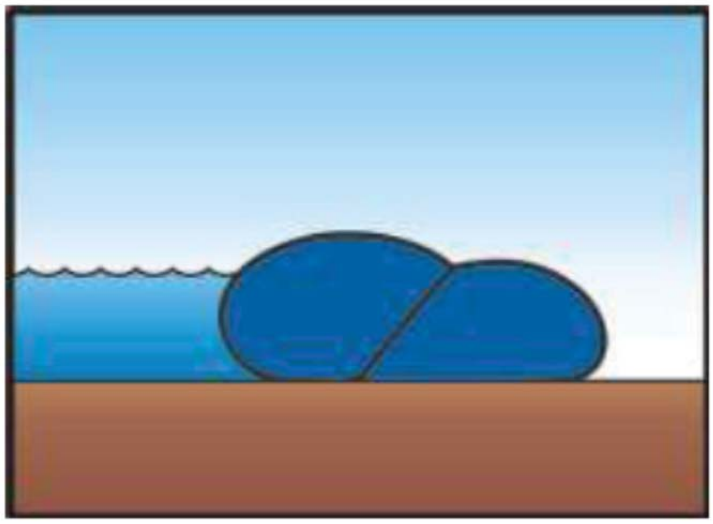
Figur 4.4: Køge Bugt Strandpark

4.4 Mobile løsninger

Hvor det ikke er muligt eller ønskværdigt at etablere en fast barriereløsning, findes der en række forskellige koncepter for mobile beredskabsløsninger, der sættes op i forbindelse med et stormflodsvarsel, og som er væsentlig mere effektive end almindelige sandsække.

En gruppe af løsninger bygger på opsættelse af skot eller plader i en konstruktioner der opsættes ved varsel af stormflod. Det kan f.eks. være metalstolper, der sættes op i et fundament, der fastinstalleres, hvorimellem der kan sættes skot. En anden gruppe er forskellige former for vandfyldte barrierer ”water tubes”, der udlægges og fyldes med vand. Disse er designet, så de ligger stabilt og kan tilbageholde et vandtryk på den ene side.

Figur 4.5: Mobil løsning ved anvendelse af metalskot



Figur 4.6: Princip for vandfyldt barriere

De fleste af løsningerne er primært designet til at tilbageholde et statisk vandtryk og vil således ikke kunne anvendes i områder med stor bølgelast.

4.5 Sluser og dæmninger

I flere store byer i udlandet har man anvendt store højvandssluser, f.eks. Thames Barrier i London, til sikring mod stormflodshændelser. Dette kræver i almindelighed store investeringer og kræver, at området, der ønskes beskyttet, ligger inden for en fjord, lagune, å, flod eller lign., så der er mulighed for at etablere en barriere i et kontrollerende tværsnit. Til gengæld kan slusen potentielt sikre et meget stort område.

Figur 4.7: Thames Barrier i London

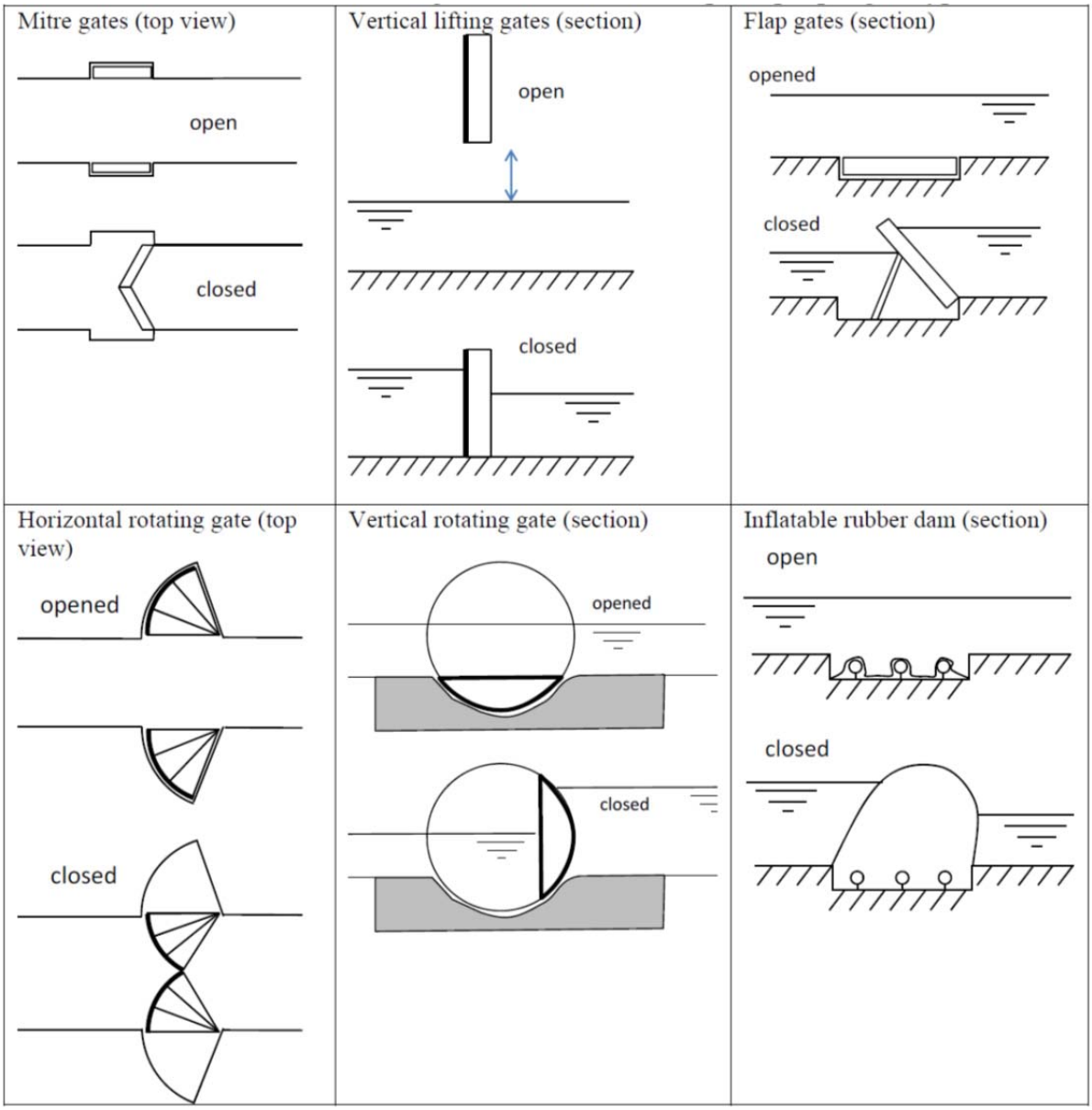
I Danmark er det primært ved å-udløb i udsatte kystområder, hvor der har været etableret højvandssluser for at forhindre, at højvande kan brede sig ind i baglandet. Dette er typisk sluser med relativt små dimensioner. Større stormflodssluser, som det f.eks. ses i London, Rotterdam eller Venedig, vil dog kunne have sin anvendelse i de danske fjorde eller lignede områder, hvor man kan beskytte en meget lang kyststrækning ved etablering af en højvandssluse.

Figur 4.8: Højer Sluse

Der findes flere forskellige typer af højvandssluser, der er sejlbare i åben tilstand. Hovedtyperne af sluser, der har været anvendt med god erfaring til højvandssikring, er:

- Traditionelle sidehængslede sluseporte
- Sluse med hæveporte
- Klapsluse
- Vandret roterende sluseport
- Lodret roterende sluseport
- Oppustelig gummidæmning

Principperne for de forskellige slusetyper er vist på Figur 4.9.



Figur 4.9: Slusetyper, fra /2/

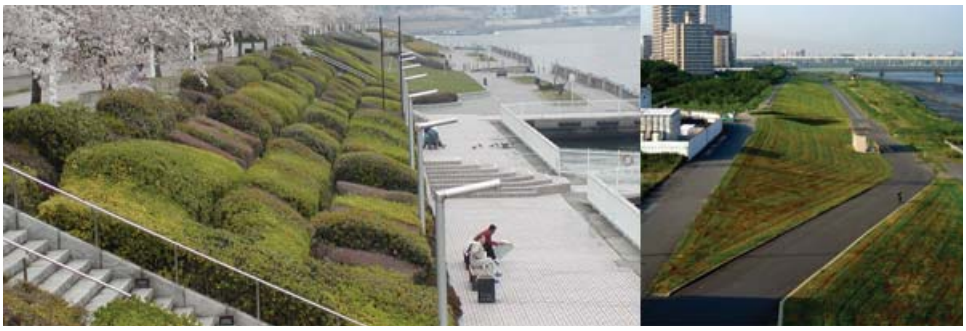
Alternativt til en bred sluse kan der etableres en lukket dæmning på tværs af et vandområde. Dette kræver i de fleste tilfælde dog, at der også etableres en sluse i forbindelse med dæmningen, for at evt. afstrømning fra land kan passere og for at bibeholde en vandudskiftning i det område som dæmningen omslutter. En dæmning vil generelt være billigere at etablere end en bred sluse, men begrænser vandudskiftningen i det område, der ønskes beskyttet, og kan derfor give store miljømæssige konsekvenser.

4.6 Terrænregulering

Særligt i forbindelse med byudvikling og landvinding kan større terrænreguleringer benyttes til at minimere oversvømmelsesrisikoen. Dette kan gøres ved kun at placere bygninger og anlæg, der kan modstå en oversvømmelse, på de lave arealer, mens de mere kritiske funktioner, bygninger og infrastruktur placeres på områder, hvor terrænet er hævet til et sikkert niveau. Dette er en strategi, som bl.a. er anvendt til udviklingen af Hafen City i Hamborg, der ligger uden for den primære stormflodssikring af byen, og derfor vil være udsat for højvande i forbindelse med stormflodshændelser. På de laveste niveauer i bydelen, som ligger i oversvømmelsesrisikozonen nærmest Elben, er bygningerne udført med få åbninger, der alle kan lukkes af ved vandtætte skodder, porte o.l. Kritisk infrastruktur, beboelsesejendomme mv. er placeret på hævet terræn,

så disse ikke udsættes for oversvømmelse. Hævning af terrænet kræver, at der er mulighed for at fremskaffe betydelige mængder af opfyldningsmateriale.

Et eksempel på en anden type af større terrænreguleringer er de såkaldte superdiger eller superlevéer, der etableres i Tokyo. Her vil man erstatte høje traditionelle digekonstruktioner, hvor bebyggelsen ligger bag disse, og digerne dermed spærrer for udsyn og adgang til vandet, med et meget bredt dige (300 m i bredden og 10 m i højden), hvor bygningerne flyttes til toppen og bagsiden af diget. Den meget flade hældning på bagsiden af superdiget med bebyggelse gør, at superdiget ikke virker som en barriere, men som en del af bymiljøet. Den forholdsvis flade hældning på forsiden af superdiget giver desuden en bedre adgang til vandet.



Figur 4.10: Superdige i Tokyo

4.7 Bygningsmæssige løsninger

I lavtliggende områder, havnearealer o.l., hvor områdets funktion er afhængigt af adgangen til havet, kan man i stedet for etablering af en barriere vælge at tilpasse bygningerne i området til periodevise oversvømmelser. Dette kan gøres ved at hæve gulvniveauet i bygningerne med et højt fundament eller pæle, som det anvendes i flere danske havneområder, eksempelvis i Lemvig, se Figur 4.12. I lavtliggende boligområder kan der stilles planmæssige krav til fundamentshøjde (og forbud mod kælder) for nybyggeri, for på den måde at sikre de enkelte bygninger mod oversvømmelse. Alternativt kan bygningerne tilpasses, så man ved beredskabsmæssige løsninger kan tætne bygningerne, f.eks. med vandtætte skodder eller porte, der kan lukke af for åbninger i murværket. Denne løsning er anvendt i vid udstrækning i Hafen City i Hamborg, som beskrevet i ovenstående afsnit.

Figur 4.11: Bygninger i Hafen City i Hamborg med mulighed for at lukke åbninger af med vandtætte porte

Figur 4.12: Hævet bygning på havnen i Lemvig, hvor gulvniveau ligger på niveau med højvandsmuren

4.8 Tilbagetrækning fra lavtliggende områder og kontrollerede oversvømmelser

Som beskrevet i afsnit 2 kan det vælges, at der i særligt udsatte områder for oversvømmelse, hvor en sikring af området er uforholdsmæssig dyr, i stedet for etablering af større og flere sikringskonstruktioner tillades, at området bliver oversvømmet med mellemrum. Dette betyder, at evt. allerede etablerede kystsikringskonstruktioner fjernes, og værdier og bygninger enten flyttes til andre områder eller sikres enkeltvis ved tilpasning af bygningerne. At den naturlige dynamik således er bestemmende kan være til gavn for kystnaturen og betyder, at der bliver skabt en bufferzone mellem kysten og de bebyggede områder.

5. REFERENCER

/1/ http://www.theseusproject.eu/wiki/

/2/ Dircke, P.T.M.,Jongeling, T.H.G., Jansen, P.L.M (2012) 'An overview and comparison of navigable storm surge barriers', in Innovative Dam and Levee Design and Construction for Sustainable Water Management, 32nd Annual USSD Conference, April 23-27, pp. 65-87

/3/ Visualisering/foto: Hasløv & Kjærsgaard og Lemvig Kommune

BILAG 1
KATALOG OVER LØSNINGER TIL HØJVANDSSIKRING

I det følgende præsenteres et katalog over kystsikringsløsninger til sikring mod oversvømmelse fra havet og fjordene. For hver løsning er der givet en beskrivelse, som følger nedenstående punkter.

Løsningskoncept	Navn på løsning
Beskrivelse	Kort beskrivelse
Princip for løsning	På hvilke fysiske mekanismer er løsningen baseret
Anvendelse	Under hvilke fysiske betingelser er løsningen anvendelig
Beskyttelse	For hvilke typer af hændelser eller kombination af hændelser (stigende vandstand, stormflod, bølgeklima, tidevand, afløb fra opland, lokalt afløb – skybrud) er løsningen anvendelig. - Beskyttelse mod kystoversvømmelse - Beskyttelse mod kysterosion
Integration	Er det muligt at integrere flere funktioner, og hvilke typer af udnyttelser (infrastruktur – veje, jernbane; byggeri; rekreation; miljømæssige hensyn) kan implementeres
Tilpasning og robusthed	Er det muligt for løsningen at tilpasse sig ændringer i de fysiske betingelser og ny viden?
Omkostninger	Indikation af omkostningsniveau
Drift og vedligehold	Beskrivelse af de nødvendige vedligeholdelsesmæssige foranstaltninger ved anvendelse af løsningen. Typisk simpel for ikke-bevægelige konstruktioner (diger, bølgebrydere), men kompleks (og dyr) ved f.eks. højvandssluser.
Fordele og ulemper	Fordele og ulemper ved løsningskonceptet
Eksempler	Eksempler på konstruktioner

Løsningskoncept	Dige
Beskrivelse	Diger er selvstændige jordkonstruktioner, der etableres som barriere mellem kysten og baglandet til sikring mod oversvømmelse. Et dige etableres med hældende overflade både mod kyst og land. Diger består af en kerne af sand, ler eller andet fyldmateriale, et lag af klæg eller ler til vandtætningen af konstruktionen og et toplag af græs, asfalt eller blokke til at forhindre erosion af diget. Denne type af kystbeskyttelse bliver i sin grundform, særligt hvis der er stenbeskyttelse, betragtet som en hård løsning.
Princip for løsning	Diger udgør en fysisk barriere mellem hav og lavtliggende landområder. Det generelle koncept er, at disse konstruktioner er designet på en sådan måde at de: • modvirker overskyl fra bølger (tilpas stor højde) • forbliver stabile under alle mulige forskelle i vandspejl mellem kyst- og land (geoteknisk stabilitet) • har toplag som kan modstå erosion under prædefinerede designbetingelser (hydraulisk stabile).
Anvendelighed	Som kystbeskyttelse er diger især velegnede til beskyttelse af lavtliggende kystområder. Eftersom diger er konstruktioner med et relativt stort fodaftryk, for at sikre stabilitet, er denne type løsning primært anvendelig i åbne områder med sparsom beboelse eller på anden måde i områder, hvor der er god plads mellem kyst og bebyggelse. Da konstruktionerne kræver et stort areal, kan etablering af diger både give ulemper i forhold til naturbeskyttelsesinteresser og i forhold til begrænsning af de enkelte grundejeres opholdsarealer. Diger anvendes ud over som beskyttelse mod havet også til at afgrænse ådale og beskyttelse mod oversvømmelse fra åer og vandløb.
Beskyttelse	Diger beskytter baglandet mod oversvømmelse fra et hav- eller vandområde. Diger designes efter problemstillingen til at modstå forskellige former for påvirkninger (stormflod, højvande, overløb af åer og vandløb, mv.). Stigning i havoverfladen kan inkorporeres i designet. Geometrien, højde og topkonstruktion kan designes til at modstå høje bølger. Når diget er designet korrekt inklusiv forstrand, kan det også reducere eller modvirke kysterosion (lokalt), men det skal bemærkes, at tilstødende kystarealer kan opleve forøget erosion.
Integration og multifunktionalitet	Havdiger kan anvendes til andre funktioner end blot kystbeskyttelse. På trods af at diger ofte skaber en barriere mellem kyst og land, og dermed i princippet hæmmer anvendelsen af strand- og kystområder til rekreative formål, kan de udføres, så adgangen til kysten sikres og med mulighed for at integrere andre aktiviteter. Dette kan være etablering af stier til gang, løb og cykling langs kysten. Afhængig af dimensioner og beslutninger omkring vedligeholdelse af diget er det også muligt at opføre opholdsarealer med bænke og borde eller andet på toppen af diget. Der kan derfor også skabes rekreative fordele ved etablering af et dig. Det er dog vigtigt, at digets tilpasning til omgivelserne tænkes ind i løsningen. Således vil man ved at tilstræbe, at digets hældninger bedst muligt svarer til de generelle terrænforme sikre, at diget integreres i omgivelserne. Generelt betragtes diger, der ligger i kystzonen, som kystsikringsforanstaltninger, som er i konflikt med den naturlige udvikling af kystområdet, da de virker som en barriere for den naturlige kystudvikling. Hårde løsninger har generelt set en effekt på de kystmorfologiske processer nær kystlinjen og kan give erosionsproblemer i tilstødende områder. Det tilstræbes som regel derfor ved etablering af diger, at de etableres tilbagetrukket tættest muligt på den bebyggelse, de skal beskytte, så strand og kystnatur berøres mindst muligt. Diger kan dog også påvirke det øvrige miljø positivt. Som eksempel kan stensætninger med store sten ved foden af et dige være et gunstigt miljø for fugleliv.
Tilpasning og robusthed	Diger er faste konstruktioner, der ikke indgår i den naturlige kystdynamik, og dermed af sig selv tilpasses ændringer i havvandstand, stormeintensitet og

	bølgeklima. Generelt vil tilpasning til ændrede hydrodynamiske forhold kræve, at digehøjden forøges, og hældningerne på siderne evt. laves mindre. Dette medfører, at toplaget må udskiftes, og at diget udbygges ved tilførsel af jord. Dermed fås både en forhøjning af diget, men også et større fodaftryk, der kræver yderligere plads for at kunne tilpasse diget til ændrede forhold. Tilpasningen kompliceres yderligere, hvis der f.eks. er anlagt stier, veje eller andre faste konstruktioner på diget. For at kunne yde nødvendig kystbeskyttelse over en lang periode må diget derfor designes for fremtidige scenarier eller som minimum forberedes på fremtidige forhold.
Omkostninger	Omkostningerne ved opførslen af et dige afhænger helt af dimensionerne (volumen af sand og ler) og typen samt kvaliteten af toplaget. Et 1,5 – 2 m højt dige med græs kan udføres for 5.000-6.000 kr. per meter (erhvervelse af områder er ikke medtaget). Store komplekse diger kan koste væsentlig mere, særligt fordi volumenet af diget stiger mere end lineært med højden.
Drift og vedligehold	Et dige kræver regelmæssig inspektion af toplagets tilstand og højden af diget. Vedligeholdelsesomkostningerne vil dog være relativt små og vil typisk begrænse sig til jordpåfyldning og reparation af græs eller stenbeskyttelse.
Fordele of ulemper	<u>Fordele</u> • Simple at designe og etablere • Lave anlægsomkostninger • Vedligeholdelsen er simpel og billig • Kan kombineres med forskellige former for rekreative funktioner <u>Ulemper:</u> • Pladskrævende • Er barriere for den direkte adgang til kysten • Er ikke altid nem at integrere i kystnaturen • Er barriere for den naturlige kystdynamik ved fremskudt placering
Eksempler	<u>Det Lollandske dige</u> Det sydlollandske dige er ikke mindre end 63 km langt og blev etableret i perioden 1874-1877 efter den store stormflodskatastrofe i 1872. Diget beskytter området fra Nakskov Fjord til Keldskov ved Errindlev med at samlet areal på ca. 70 km^2. Diget inddæmmer samtidigt et område omkring Rødby Fjord, som tørholdes ved hjælp af pumper.

Hondsbossche en Pettemer Zeewering i Holland

Der er havdiger langs hele Vadehavskysten fra Danmark til Holland. Nogle af de højeste diger ligger i Holland med digehøjder på over 10 m, hvor en del er dækket af asfalt og anden hård sikring. Diget "Hondsbossche en Pettemer Zeewering" nær Petten er 6 km langt og har indtil 2014 aggeret primær kystbeskyttelse og forhindret oversvømmelser i en stor del er "Noord Holland". Diget er dog blevet erstattet som primær kystbeskyttelse i området. Diget står der stadig, men fra 2014/2015 vil der blive opført nye klit- og strandområder, til forskydning af kystlinjen mod havet, via sandfodring foran diget for at imødekomme klimaændringer og ad den vej opdatere kystbeskyttelsen.

NYC Manhattan Seaport City, USA

En del af et større projektforslag i forbindelse med kystsikring for NYC Manhattan Seaport City. Forslaget bygger på et dige, hvor en vejtunnel er integreret i digekernen, så trafikken ledes væk fra terrænniveau, og selve diget anvendes som parklignende område til rekreative aktiviteter.

Løsningskoncept	Højvandsmur / kystsikringsmur
Beskrivelse	I beboelsesområder med begrænset plads er en højvandsmur typisk anvendt som kystsikring til beskyttelse mod højvande i stedet for diger. Højvandsmure og kystsikringsmure generelt er hårde kystsikringskonstruktioner, som beskytter mod oversvømmelse og erosion af kystlinjen. Disse beskyttelsesforanstaltninger er generelt meget solide konstruktioner, som er designet til at modstå bølgepåvirkning og høje vandstande f.eks. under stormflod. Der findes flere typer af kystsikringsmure, som typisk kan inddeles i kategorierne: lodret mur, kurvet mur, trappet mur eller skråning. En højvandsmur kan etableres på flere måder. Den kan opbygges som en ren adskillelse mellem hav og land og skal således både sikre mod erosion og højvande, men i mange tilfælde vil der være en strand eller en stenkastning med hældning foran en højvandsmur. I byområder kan højvandsmuren også placeres tilbagetrukket bag et havneområde eller andet område, hvor man kan acceptere oversvømmelser. En fordel ved at placere højvandmuren på en tilbagetrukket placering bag strand eller andet område er, at disse reducerer bølgepåvirkningen på muren, som det også er tilfældet ved etablering af en stenkastning foran muren, og der vil forekomme mindre erosion eller scour omkring murens fod. Desuden kan man bevare den direkte adgang fra land til vandet ved en tilbagetrukket placering.
Princip for løsning	En højvandsmur er en fast barrierer, som forhindrer stormflod, højvande og bølger i at yde skade på kysten og beskytter baglandet mod oversvømmelse. Denne type barrierer er typisk lavet af beton, sten eller stål, men andre materialer kan også bruges. Den primære funktion af muren er at modstå høje vandstande og bølgepåvirkninger, som ellers vil ramme området bag væggen. Ved en placering som kystsikringsmur der direkte adskiller hav og land kan muren have indflydelse på den naturlige sedimenttransport langs kysten og andre omkringværende naturlige processer i kystområdet eftersom den udgør en stationær barriere. Den naturlige udvikling af kystmiljøet kan derfor blive forstyrret. Undersøgelser af murens potentielle indflydelse på det nære kystmiljø er derfor uundgåelige før denne løsningstype vælges.
Anvendelse	En højvandsmur er en effektiv foranstaltning til kystbeskyttelse i eksponerede kystområder med kraftigt bølgeklima. Det er især i beboelsesområder tæt ved kysten, hvor denne løsningstype er anvendelig. Man kan både etablere en højvandsmur tilbagetrukket placering og som adskillelse mellem land og hav. Der kræves kun lidt plads for etablering af en lodret mur, og mere plads hvis den etableres som trapper.
Beskyttelse	En højvandsmur beskytter mod højvande og stormflod og ved etablering som en egentlig kystsikringsmur, der adskiller hav og land, også mod kysterosion.
Integration og multifunktionalitet	Ved etablering af en højvandsmur som kystbeskyttelse er der mulighed for at integrere andre funktioner, som kan bruges i udviklingen af området. Som eksempel kan højvandsmuren bruges som grundkonstruktion for fodgængerarealer langs kysten, og der kan etableres forskellige former for opholdsarealer i forbindelse med muren.
Tilpasning og robusthed	Hårde kystsikringskonstruktioner som højvandsmure og kystsikringsmure tilpasser sig ikke selv til ændringer havvandstigninger, stormintensitet og bølgeklima. Tilpasning kan kun ske ved enten at forhøje konstruktionen, hvis dette er muligt, eller at erstatte konstruktionen med en ny og højere konstruktion. Hvis en lang levetid ønskes, bør fremtidige scenarier medtages i forbindelse med design af muren. Eksisterende bygværker bør opgraderes eller muligvis udskiftes for at tage højde for klimaforandringer.
Omkostninger	Omkostningerne varierer afhængigt af typen af højvandsmur. En lav 1,5 m høj lodret betonvinkelmur, der etableres et sted uden særlige funderingsforhold, vil kunne udføres for under 10.000 kr,/m. Hvis der derimod er tale om en forankret mur, der skal kunne holde et jordtryk på den ene side og flere meter vanddybde på den anden, vil omkostningerne kunne være i størrelsesordenen 100.000 kr./m.
Drift og vedligehold	En betonmur har typisk en lang levetid, men vil kræve inspektion med års mellemrum. Hvis der er tale om en stålmur, vil der ofte kræves korrosionsbeskyttelse og vedligeholdelse heraf.
Fordele of ulemper	<u>Fordele:</u> • Meget effektiv løsning til kystområder, hvor pladsen er begrænset (boligområder) • Langsigtet løsning mod oversvømmelse (stærk og holdbar konstruktion)

	• Løsning kan kombineres med rekreative funktioner og integreres nemt i byrummet <u>Ulemper:</u> • Dyr at konstruere (men relativt billig vedligeholdelse) • Ikke-fleksibel løsning i takt med stigende vandstand • Er dårlig integrerbar i naturområder • Konstruktionen kræver gode jordbundsforhold til fundamentet • Eventuel scour ved foden af væggen kan resultere i instabilitet • Mulige negative effekter på udviklingen af stranden: erosion og påvirkning af kystprofilet (tværgående sedimenttransport) • Mulig forstyrrelse af den naturlige kystudvikling (langsgående sediment transport)
Eksempler	<u>Højvandsmuren i Lemvig</u> Højvandsmuren i Lemvig er etableret langs havnefronten og adskiller selve havnefronten fra det bagvedliggende byområde. Højvandsmuren er en lodret betonmur, med forskellige trappepartier i træbeklædning og opholdsfunktioner i form af bænke, der hænger på muren. Trafikken føres gennem muren i en række gennemskæringer, der ved højvande kan lukkes af med metalporte. <u>Fredericia C – Højvandssikring</u> I forbindelse med byudviklingsprojektet Fredericia C udføres en højvandssikring langs de gamle havnearealer ved opførelse af en højvandsmur i kombination med beplantede skråninger, hvor der skabes et rekreativt areal langs havnefronten med opholds- og stiarealer. Løsningen skaber både et nyt rekreativt areal og sikrer adgangen til vandet samtidigt med, at den sikrer mod stormflod i fremtidens klima.

Kystvejen i Gentofte Kommune

Traditionel kystsikringsmur langs kystvejen i Gentofte Kommune til sikring af vejen og bagvedliggende områder mod kysterosion og oversvømmelse. Muren er udført som en buet mur med en stenkastning foran til reduktion af bølgekræfterne. Er udført som betonkonstruktion, der er muret udenpå.

Løsningskoncept	Klitter
Beskrivelse	Klitter er naturligt til stede på uforstyrrede sandede kyststrækninger. I kombination med de tilstødende ofte mildt skrånende strandområder og forstranden beskytter klitterne baglandet mod oversvømmelse. Forstærkning eller etablering af klitområder har vist sig at være en effektiv løsning til at øge niveauet af beskyttelse mod kystnære oversvømmelser i truede sandede kystområder, og for at minimere påvirkningen af de naturlige kystnære systemer. Klitter anses for at være en såkaldt "blød" kystsikringsforanstaltning. "Blød" betyder her, at løsningen er relativt fleksibel og tilpasningsvenlig i forhold til "hårde" løsninger. Klitter og strand har evnen til at tilpasse sig skiftende (hydrodynamiske) betingelser og i tilfælde af, at en tilstrækkeligt stor sedimentpulje er til rådighed, enten som naturlig kilde eller ved hjælp af periodisk sandfodring, kan løsningen selv tilpasse sig stigende vandstande. Eksempler på klitter som en primær kystbeskyttelse kan findes langs hele Nordsøkysten fra Holland til Danmark.
Princip for løsning	Klitter dannes og udvikles ved ophobning og distribution af sand på grund af bølgepåvirkning og vind. En afgørende faktor for eksistensen af stabile klitter er tilførslen af sediment fra tilstødende strandområder og forstranden (tilvækst). Transporten af sand er dog også den proces, som skader klitterne under stormvejr (erosion). Så længe netto sedimenttransporten er positiv (tilvækst er større eller lig erosion), og mængden af erosion under alvorlige stormbetingelser er begrænset, så kan klitterne betragtes som en effektiv morfologisk formation, som giver kystsikring. Klitterne beskytter baglandet mod oversvømmelse, fordi sandets masse forhindrer en stormflod i at trænge direkte ind i baglandet. Desuden er et svagt skrånende kystprofil (klit, strand og forstrand) med til at reducere bølgeenergien, der rammer kysten, således at erosionen af klitterne begrænses, og risikoen for et klitbrud reduceres.
Anvendelse	Klitter kan anvendes som primær kystbeskyttelse i sandede kystområder med en mild til moderat skrånende kystprofil. Kyster med stejle kystprofiler og kystområder med ikke-sedimentære jordtyper er ikke egnede til klitter som en beskyttelsesforanstaltning mod kystnære oversvømmelser.
Beskyttelse	Klitter med tilstødende strande kan bruges som beskyttelse mod højvande, stormfloder og direkte bølgepåvirkning, og de beskytter mod indtrængning af saltvand. Sandede kystprofiler har også evnen til at tilpasse sig skiftende forhold, som f.eks. en stigende middelvandstand, hvis der er nok sediment tilstede i det kystnære område.
Integration og multi-funktionalitet	Kystsikringsløsninger, der bygger på sand og sandfodring (klitter, strandarealer), giver generelt en god mulighed for indpasning i kystmiljøet. Klitterne har typisk også en økologisk værdi og kan fungere som sammenhæng mellem tilstødende naturområder. Stabile klitarealer er ofte kendetegnet ved et rigt og forskelligt planteliv. En anden fordel ved sandfodringsløsninger som kystsikring er, at de udvider de eksisterende klit- og strandområder, som i rigt omfang benyttes til rekreative aktiviteter som f.eks. vandreture, cykling, solbadning, svømning osv.
Tilpasning og robusthed	Såkaldte "bløde" løsninger til kystbeskyttelse, som klitter, anses for at være meget fleksible og tilpasningsdygtige. På den ene side har sandede løsninger med strandearealer og klitter den naturlige evne til at tilpasse sig gradvise ændringer i de hydrografiske forhold såsom stigende vandstand. På den anden side kan de, i tilfælde af hurtige eller alvorlige ændringer i kystens dynamik, justeres ved at foretage forskellige indgreb med sandfodring
Omkostninger	Sandfodring vil kunne udføres for gennemsnitligt 50 - 60 kr./m^3 sand, leveret og indbygget afhængigt af mængde mv. Forbedringer udført på kystbeskyttelsen "Hondsbossche en Pettemer" i Holland, hvor en sandfodring blev anvendt, kostede totalt 200 € millioner. Dette er et 6 km langt klitområde, hvor 35 millioner m^3 sand blev brugt til fodring. Budgettet omfattede vedligeholdelse i de kommende 20 år og flere andre omkostninger såsom flytning af strandpavilloner.
Drift og vedlige-	Ved sandfodringsløsninger er det typisk nødvendigt jævnligt at vedligehol-

hold	delsesfodre kysten. Et vedligeholdelsesprogram er nødvendigt for at håndtere den naturlige erosion og erosion af klitterne forårsaget af stormflod.
Fordele og ulemper	Fordele: • Absorberer bølgeenergi og mindsker risikoen for oversvømmelser • Fleksibel løsning som tilpasser sig ændringer i de hydrografiske forhold som f.eks. en stigende vandstand • Relativt lave startomkostninger (men vedligeholdelse er påkrævet på længere sigt) • Mindre miljøpåvirkning end de fleste andre kystbeskyttelsesforanstaltninger • Falder ind i den omgivende kystnatur • Forbedring (på land) af økologiske værdier • Understøtter rekreative aktiviteter ved kysten Ulemper: • Relativt stort areal nødvendigt til etablering og udvidelse af klitter (men forskydning af kystlinjen ud mod havet er en mulighed) • Periodisk sandfodring er påkrævet for at bibeholde kystlinjens placering (som konsekvens af erosion både på grund af stigende vandstand og alm. kystdynamik) • Mulig forstyrrelse af undersøiske økologiske systemer i forbindelse med indvinding af sand • Ikke en egnet løsning, hvis kystprofilet er stejlt.
Eksempler	Hondbossche en Pettemer, Holland Forbedring og udvidelse af klitter i Hondbossche en Pettemer ved sandfodring, der skal udgøre den primære stormflodsbeskyttelse af baglandet. (foto: Sem Langendijk)

Løsningskoncept	Hybridløsning
Beskrivelse	Ud over de grundlæggende hårde kystsikringsløsninger som diger, stenkastninger og højvandsmure og de bløde løsninger med sandfodring og klitter har kombinerede løsninger vist sig at være yderst effektive alternativer. Dette gør sig især gældende i forbindelse med klimatilpasning. Disse såkaldte hybridløsninger består af både hårde (strukturelle) og bløde (naturlige) komponenter. Eksempler på forskellige typer af hybridløsninger er: • En (skjult) dige i sandklit konstruktion • En højvandsmur bag et bredt strandområde • Et dige med 'levende kystlinje', f.eks. som svagt skrånende beplantede volde indpasset i kystnaturen på stedet
Princip for løsning	En hybridløsning er en kombination af en "blød" og "hård" kystsikring. Begge dele har deres funktion i hybridløsningen. Den bløde løsning, typisk klit eller strandområder, bruges som kystbeskyttelse tæt ved kysten. Denne kræves at være bred og tilpas høj afhængig af stormfloden. Når den bløde del er borteroderet kommer den "hårde" løsning i brug. Afhængigt af konstruktionen (højvandsmur, dige, stenkastning) skal denne være stabil og høj nok til at beskytte lavtliggende områder mod oversvømmelse forårsaget af stormflod.
Anvendelse	Denne type løsninger er almindeligt anvendt, hvor der er begrænset plads til etablering af kystsikring. Det kan være i kystbyer, hvor kystsikringen ikke skal skygge unødigt for udsigten fra gader og bygninger, og en evt. blød løsning må ikke være for bred og dermed skabe en overgang til havet, der ikke passer til omgivelserne eller skaber en unaturlig kystmorfologi. Kombinationen af en blød og hård løsning, hybridløsningen, resulterer i et mindre nødvendigt areal og reduceret højde.
Beskyttelse	Løsningen beskytter mod stormflod og stigende vandstand i havene. Normalt giver løsningen også beskyttelse mod kysterosion. Hybridløsninger bliver også testet i søer i Holland. Det giver beskyttelse mod stormflod og vindgenererede bølger.
Integration og multi-funktionalitet	En hybridløsning er en god løsning til at integrere flere forskellige funktioner i kystsikringen. Eksempler på hybridløsninger findes langs den hollandske kyst, hvor beskyttelse mod oversvømmelse, turisme, natur, offentlige områder, erhverv og andre funktioner kombineres. Hybridløsninger i Katwijk og Schevingen i Holland er generatorer for den lokale økonomi, da nye virksomheder tiltrækkes, og der kommer mere turisme, og muligvis er dette med til at skabe en forøget værdi af de lokale boliger.
Tilpasning og robusthed	Den hårde løsning er normalt svær at tilpasse til stigende vandstand og klimaændringer. Derfor designes den hårde løsning til en lang levetid og tilsvarende klimbetinget vandstandsstigning. Den bløde løsning kan løbende tilpasses den stigende vandstand i havet og behøver ikke i samme grad at have en høj indbygget klimasikring. Sandfodring og regelmæssig vedligeholdelse er nødvendigt, for at den bløde løsning kan tilpasses ændrede hydrografiske forhold.
Omkostninger	Startomkostningerne til den hårde del af hybridløsningen er høje på grund af kompleksiteten. Den bløde løsning er relativt billig i etableringsomkostninger, men har til gengæld forholdsbis høje vedligeholdelsesomkostninger. Vedligeholdelse og sandfodring er afhængig af det lokale sandtab, og behovet for vedligeholdelse kan være i intervaller fra 1-10 år. Anlægsomkostningerne til hybridkystsikringsløsningen i Katwijk i Holland var 78 millioner EURO. Dette er den samlede udgift, der dækker over kystsikring af en strækning på 2 km, der indeholder dige, sandfodring til etablering af strand og klitter samt en parkeringskælder, der indgår som en skjult del af kystsikringsløsningen.
Drift og vedligehold	Den bløde løsning kræver regelmæssig vedligeholdelse i form af sandfodring. De hårde dele af løsningerne kræver også vedligehold, som det er beskrevet under faktaarkene for diger, højvandsmur, mv.
Fordele of ulemper	<u>Fordele:</u> • Kombineret "blød" og "hård" løsning har mindre pladskrav. • Den "bløde" løsning kan tilpasses til stigende vandstand i havet og kli-

	maændringer. • Perfekt til at integrere forskellige funktioner/anvendelser. <u>Ulemper:</u> • Den "hårde" konstruktion er mindre fleksibel over for ændringer i de hydrografiske forhold. Dette skal tages i betragtning under designfasen. • En "blød" (sandfodrings) løsning har brug for regelmæssig vedligeholdelse som følge af almindelig kysterosion. Et vedligeholdelsesprogram er nødvendigt. • Kompleks konstruktion på grund af forskellige former for strukturelt svigt og usikkerhed i fremtidige hydrauliske belastninger.
Eksempler	<u>Katwijk, Holland</u> Parkeringsarealer integreret i en hybridløsning i Katwijk, hvor et rekreativt strandareal er etableret. (foto: Sem Langendijk) <u>Scheveningen, Holland</u> Højvandsmur med tilhørende strandforland, der er etableret som del af fornyet rekreativt kyststrækning i Scheveningen.

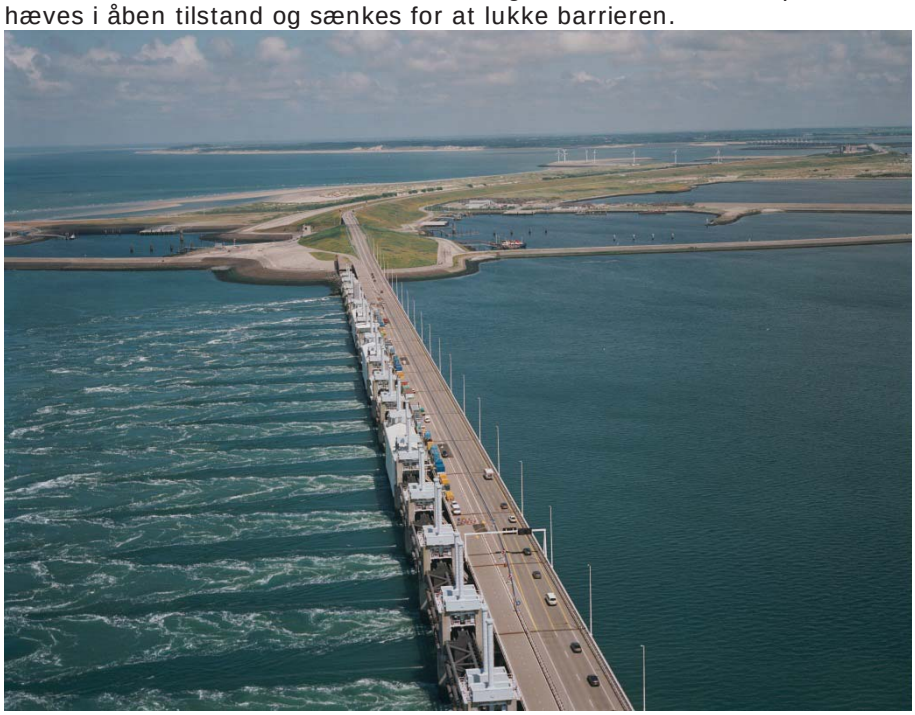
Løsningskoncept	Strandpark / strandø foran kysten
Beskrivelse	En strandpark etableres parallelt med kysten af en blanding af hårde og bløde kystsikringsmetoder. Løsningen består af en række høfder eller kunstige forlande bestående af sten eller beton, hvorimellem der er indpumpet sand, så det samlet udgør en fremskudt strandø foran den eksisterende kyst. Strandpartierne er vinklet i forhold til den dominerende bølgeretning, så den langsgående materialevandring minimeres.
Princip	Etablering af en strand eller sandø foran den eksisterende kystlinje vil i stormflodssituationer virke som en bred bølgebryder, der reducerer bølgeenergien, der når frem til kysten. Ved at indbygge en digelinje i strandparken bag forstranden kan man sikre hele baglandet mod højvande og strandøen kan fungere som et fremskudt dige. I dette tilfælde skal vandstanden i lagunen mellem sandøen og den oprindelige kystlinje styres ved sluseværker, som kan lukkes i forbindelse med højvande. Lagunesøerne kan samtidigt fungere som buffer for vandløbsafstrømning, så opstuvning i vandløbene i forbindelse med højvande forhindres.
Anvendelse	Er særligt anvendeligt, hvor der i forvejen er en barrierekyst med dannelse af sandøer ud for kystlinjen, men kan anvendes generelt i lavvandede kystområder med svage hældninger. Kan ikke anvendes ved stejle bundhældninger.
Beskyttelse	En fremskudt strandpark kan designes til både at sikre mod direkte oversvømmelse fra havet og mod oversvømmelse som følge af opstuvning i åer og vandløb i baglandet.
Integration og multifunktionalitet	Strandparken integreres i det eksisterende kystlandskab og skaber udvidede muligheder for anvendelse af kyst og hav. Mange forskellige rekreative områder og aktiviteter kan integreres i strandparken, og der er mulighed for etablering af faciliteter til vandsportsaktiviteter og naturområder, der er attraktive for fuglelivet mv.
Tilpasning og robusthed	Alt efter hvordan højvandssikringen er integreret i strandparkprojektet, vil det kræve, at der sker en forhøjning af diger, sluseværker mv. ved tilpasning til ændret klima og vandstandsforhold. Strandparken kan dog designes, så der er plads til en udvidelse af sikringskonstruktioner ved fremtidige klimaændringer.
Omkostninger	Der vil være betydelige anlægsomkostninger forbundet med etableringen af en strandpark. Det er dog meget afhængigt af størrelsen af strandparken, og hvilke faciliteter der skal inkluderes i projektet.
Drift og vedligehold	Der vil være behov for jævnlige inspektioner af sikringskonstruktionerne, og der kan desuden være behov for vedligeholdelsessandfodring alt efter, hvor strandparken etableres.
Fordele og ulemper	<u>Fordele:</u> • Kystbeskyttelsen integreres i et rekreativt område • Kan konstrueres så både direkte oversvømmelse fra havet og opstuvning i åer og vandløb forhindres i forbindelse med stormflod og højvande • Kan skabe stor merværdi og evt. turisme for området <u>Ulemper:</u> • Det kan være omkostningsfuldt at tilpasse til ændrede klimaforhold • Den oprindelige kystlinje undergår en stor forandring
Eksempler	<u>Køge Bugt Strandpark</u> Køge Bugt Strand park blev etableret i 1970'erne i et lavvandet område, hvor adgangen til havet var besværliggjort af store sivområder, og hvor terrænforholdene er lave, så hyppige oversvømmelser kunne trænge ind i baglandet. Ved etableringen af Køge Bugt Strandpark skabtes en anvendelig strand og samtidigt en sikring mod oversvømmelser. Bag stranden og den første klitrække er der etableret et højvandsdige, der følger formerne i de øvrige klitter, til sikring af hele kystområdet bag Strandparken. Mellem sandøen og den oprindelige kystlinje ligger en række lagunesøer, hvor vandstanden styres ved en indløbs- og udløbssluse. Åerne i baglandet løber ud gennem sluseværkerne og har overløb til lagunesøerne, som således fungerer som buffer for afstrømningen i åerne i forbindelse med højvande, hvor sluserne er lukkede.

Løsningskoncept	Mobile barrierer
Beskrivelse	Mobile oversvømmelsesbarrierer er en gruppe af beredskabsløsninger, der sættes op ved stormflodsvarsel til sikring af enkeltbygninger eller større områder. De mobile løsninger anvendes normalt på steder, hvor der ikke er plads eller behov for faste konstruktioner. Det kan være til forhøjning af eksisterende kaj- eller murkonstruktioner for at kunne klare ekstreme højvandssituationer eller ved vejgennemføringer af en digelinje. De mobile løsninger ses særligt i forbindelse med byområder, der ligger omkring floder, hvor man i stedet for at have en permanent høj barriere, der skærmer af for vandet, har lavere konstruktioner forberedt for opsætning af en mobil barriere. Fælles for løsningerne er, at de kræver et beredskab, der kan træde til i forbindelse med varsel af højvande, og at dette beredskab er trænet til opsætning af det pågældende system.
Princip for løsning	Der findes en lang række forskellige koncepter, men en del samler sig omkring opsætning ad stolper i udsparringer/fundamenter, der er en del af en fastkonstruktion, hvor der kan sættes forskellige former for metalplader eller –skot mellem stolperne. Metalplader kan også opsættes med en støttende konstruktion bag væggen for at sikre stabilitet i stedet for at fiksere konstruktionen mellem stolper. De enkelte dele konstrueres så lette som muligt for at kunne håndtere og opsætte barrieren hurtigt og nemt. En anden kategori af mobile løsninger er vandfyldte barrierer, hvor store slanger udlægges ved højvandsvarsel og fyldes med vand, så de dermed holder højvandet tilbage.
Anvendelse	I byområder, hvor pladsen er begrænset, omkring lave mure i byerne mod floder, vandløb eller kyst, omkring industrielle komplekser, hvor der ikke er plads til konventionel beskyttelse mod oversvømmelse, vejoverskæringer mv..
Beskyttelse	Beskyttelse mod oversvømmelse fra vandløb og floder. Vandløbsafstrømning og opstuvning som følge af højvande i havet kan overvåges og varsles, således at opsætningen af barrieren kan forberedes i god tid. I nogle tilfælde kan de mobile barrierer anvendes i byer til sikring mod oversvømmelse fra havet, men det er primært i områder, der ikke er eksponeret for bølgepåvirkning, da de mobile løsninger generelt er beregnet til et statisk vandtryk.
Integration og multifunktionalitet	Fordi barrierierne er mobile, indgår de ikke som en fast integreret del i omgivelserne.
Tilpasning og robusthed	Nogle af de mobile systemer kan tilpasses højere vandstande. Hvis konstruktionen bliver højere, er der brug for mere materiale for at sikre stabilitet og løsningen bliver samtidigt tungere. Andre systemer er man nødt til at skifte helt ud for at sikre mod højere vandstand.
Omkostninger	Omkostninger til mobile barrierer kan variere på grund af konstruktionsforskelle og størrelsen af konstruktionen. Særligt de vandfyldte slanger er billige i anskaffelse, men dertil kommer opbevaring, beredskab mv.
Drift og vedligehold	Afhængig af typen af konstruktion er det nødvendigt med et effektivt beredskab til opsætning. Rollerne og opgaverne skal være klart definerede, og folk skal være uddannet i opsætningen af det pågældende system for at sikre en vellykket anvendelse af mobile barrierer. Desuden kræves der et løbende eftersyn af alle dele og evt. test af systemet, hvis der er lang tid mellem højvandssituationer og anvendelse af barrieren.
Fordele of ulemper	<u>Fordele:</u> • Diskret – Opsættes kun når der er oversvømmelsesvarsel • Omkostningseffektiv, letvægtsbeskyttelse mod oversvømmelse. • Let at installere. • Designet til at håndtere maksimale oversvømmelse niveauer. • Lette plader, slanger eller andet der nemt kan håndteres og opbevares. • Kan konstrueres til at passe enhver bredde. • Velegnet til eftermontering i eksisterende lokaliteter • Kan benyttes både til private og større anvendelser

	Ulemper: • Der er behov for et effektivt beredskab, for at opbygningen af de mobile barrierer kan ske sikkert og i tide. • Mobile barrierer er løse elementer, der sættes sammen. Styrken af systemet afhænger dermed af det svageste led. • Det er tidskrævende at installere mobile barrierer i stor skala. • Jo højere vandstand, jo tungere konstruktion. • Mobile barrierer skal opsættes tæt på de steder, hvor der er oversvømmelsesrisiko.
Eksempler	Mobil barriere, der støttes bagud Opsætning af metalskot mellem pæle, der fastgøres i fundament

	Vandfyldte slanger (water tubes)

Løsningskoncept	Stormflodssluser
Beskrivelse	Sluser anvendes som storskala stormflodsbeskyttelse, hvor man kan etablere en barriere i et forholdsvis begrænset tværsnit og på denne måde sikre en lang kyststrækning. For det meste placeres sluserne ved tidevandsindløb, flodudmundinger, fjorde eller havne, hvor man kan mindske strækningen med kystsikring betydeligt, ved etablering af slusen. Disse barriere er åbne under normale vandstandsforhold og kan lukkes, når ekstreme vandstandsforhold forudsiges. En stormflodssluse, i kombination med andre beskyttelsesforanstaltninger, giver en væsentlig reduktion i den overordnede oversvømmelsesrisiko.
Princip for løsning	Stormflodssluser er fysiske elementer på tværs af hav-, fjord- eller flodområder, der i lukket tilstand hindrer en stormflodsvandstand i at brede sig inden for et givent vandområde. Konstruktionen er designet til at kunne modstå stormflod og forhindre oversvømmelse af kystområderne bag barrieren. Ved normale vandstande er slusen åben, således at der er fri vandudskiftning. Oftest er det muligt at gennemsejle slusen, så denne ikke udgør nogen hindring for den sædvanlige brug af kysten inden for det beskyttede vandområde. Under stormflod er barrieren lukket og fungerer som dæmning.
Anvendelse	Stormflodsslusen anvendes, hvor der ellers skal etableres en højvandssikring på en meget lang kyststrækning. Sluser anvendes, hvor der findes et forholdsvist begrænset tværsnit, der kontrollerer vandudskiftningen i et område med en lang kyststrækning. Det kan være indløbet til en fjord, lagune, flod eller vandløb. Afhængig af det område, som skal beskyttes, kan en stormflodssluse være en meget stor konstruktion, som i åben tilstand skal sikre sejlbarhed og vandgennemstrømning. Det kan dog også være en mindre sluse ved indløb til en å, der skal sikre, at højvande ikke giver tilbagestrømning og opstuvning i oplandet til åen.
Beskyttelse	Stormflodsslusen er hovedsageligt designet til at sikre mod stormflod og højvande. Under normale forhold anvendes barrieren ikke (åben). I de fleste tilfælde designes sluserne for en lang levetid. Dette betyder, at designet skal udføres med en forventning om stigende vandstande og forøgede stormfloder.
Integration og multi-funktionalitet	De fleste stormflodssluser bygges med kystbeskyttelse som eneste formål og er ikke oplagt til at rumme andre funktionaliteter. Der er forskellige typer af sluser, der anvendes som stormflodssikring, hvoraf nogle rummer meget store synlige konstruktioner, der vil præge landskabet. Andre typer vil i åben tilstand være helt eller delvist skjult på havbunden og vil derfor ikke være at se, når de ikke er i drift.
Tilpasning og robusthed	Stormflodssluser kan i almindelighed ikke tilpasses til ændrede hydrografiske forhold. Derfor skal designet være robust, hvis levetiden skal være lang. Fremtidige scenarier af vandstandsændringer skal inkorporeres i designet.
Omkostninger	Omkostningerne ved en stormflodsbarrier afhænger af størrelsen og den valgte type af sluse. Anlægsomkostningerne for en stormflodssluse er høj. For eksempel kostede 'Inner Harbor Navigation Channel Lake Borgne Surge Barrier (INHC)' i New Orleans 1 milliard dollar. Anlægsomkostningerne for den bevægelige barriere ' Maeslantkering' nær Rotterdam var 450 millioner EURO. Som et tillæg kommer, at vedligeholdelsesomkostningerne også er høje, særligt fordi driftsikkerheden på lukkemekanismen skal være næsten 100%.
Drift og vedligehold	Drift og vedligehold af stormflodssluser er dyrt. Barrieren er åben under normale omstændigheder og lukket under storm. Dette kræver en driftsorganisation, som sørger for at åbne og lukke slusen ved de rette forhold og et samarbejde med varselstjenesterne (DMI). Unødvendig lukning af barrieren kan med medføre store økonomiske tab (miljøskader, tab af fiskeri og forhindret skibsfart).

Fordele of ulemper	Fordele: • Opført under korrekte betingelser (i fjord, havn, mv.) kan et stort areal beskyttes af en relativ kort barriere • Høj beskyttelse mod oversvømmelse (fra hav) af lavtliggende områder omkring vandområder bag barrieren. • Kan anvendes som løsning også i travle farvande, hvor skibsfarten ikke må hindres. Ulemper: • Fikserede stormflodssluser, hvor en del af konstruktionen begrænser tværsnittet også i åben tilstand, kan have betydelig indvirkning på den naturlige dynamik f.eks. vandudskiftning, morfologi, vandkvalitet • Mindre fleksibel løsning. En nøje gennemgang af designscenarier skal finde sted • Kan ikke tilpasses klimaændringer, når først konstruktionen er opført • En kombination af stormflod fra hav og store afstrømninger fra land kan give oversvømmelse langs vandløb og åer i forbindelse med, at slusen er lukket • Meget store anlægs og driftsomkostninger
Eksempler	Oosterschelde barriers, Holland Oosterschelde slusen er en af hovedkonstruktionerne i stormflodssikringen af Holland. Den lukker Oosterschelde estuarietaf fra Nordsøen i forbindelse med stormflod. Slusen består af 62 åbninger med vertikale løfteporte, som hæves i åben tilstand og sænkes for at lukke barrieren. 

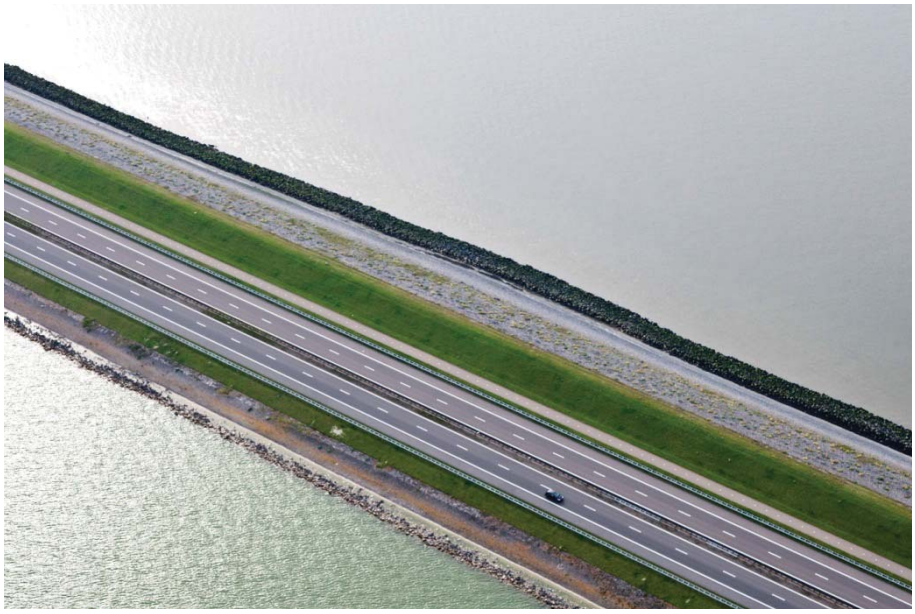
Maeslantkering stormsurge barrier, Holland

Stormflodssluse der beskytter Rotterdam mod oversvømmelse. Slusen er anlagt med to vandret roterende porte, der i åben tilstand ligger i hver sin dok langs siden af konstruktionen. Ved lukning af slusen flydes portene på plads, hvorefter de sænkes ved at fylde vand i pontonerne.

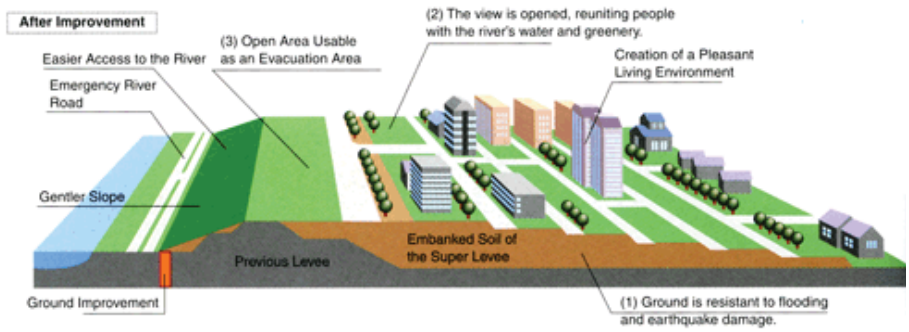
Thames Barrier, Storbritanien

Thames Barrier er Londons primære beskyttelse mod stormflod. Slusen er etableret med lodret roterende porte, med åbninger på 61 m mellem hvert segment, som kan besejles i åben tilstand. I åben tilstand er selve portene skjult på bunden af Themsen, og rejses til lodret position for at lukke barrieren.

Løsningskoncept	Dæmninger
Beskrivelse	Lukkede dæmninger anvendes som storskala konstruktioner til forhindring af oversvømmelser langs den del af kysten, som dæmningen omslutter, og mindsker dermed den nødvendige længde af kystbeskyttelse bagved barrieren. En lukket dæmning anvendes som alternativ til sluser, der kan åbnes ved normale forhold, og placeres på tværs af indløb til fjorde, laguner floder og vandløb mv. Lukkede dæmninger er faste konstruktioner, som permanent lukker en fjord eller flodmunding. For dæmninger af denne type ledes vandet gennem eller pumpes over dæmningen, hvorved en kontrolleret vandstand sikres. Dæmninger kan anvendes i forbindelse med en sluse, idet dæmningen så reducerer det tværsnit, som slusen skal dække over. Anvendes nogle gange til genvinding af landområder. Lukkede dæmninger afskærer vandudvekslingen mellem vandområderne på hver side af dæmningen, hvilket skaber ændrede hydrografiske forhold i området de omslutter, f.eks. udvekslingen af ferskvand og saltvand i en fjord. Desuden kan de betyde hindringer for skibsfart og transport.
Princip for løsning	En lukket dæmning er en permanent konstruktion, som beskytter lavtliggende områder fra udefrakommende stigende vandstande. Den skaber en adskillelse mellem saltvand og ferskvand eller åbent hav og indvundet land. Konstruktionen skal derfor være: - Stabil i bade daglige og ekstreme tilstande. - Designet således at overskyl under en stormflod forhindres. Større mængder af overskyl kan bevirke at dæmningens toplag eroderer.
Anvendelse	Lukkede dæmninger kan anvendes ved indvinding af nye landarealer samt skabe aflukkede vandområder, der samtidig beskytter de bagvedliggende kystområder mod stormflodsvandstand.
Beskyttelse	Lukkede dæmninger beskytter mod: - Stormflod - Fremtidige vandstandsstigninger
Integration og multi-funktionalitet	Lukkede dæmninger, som det ses langs nordsøkysten særligt i Holland, er typisk store konstruktioner med flere funktioner, så de samtidigt fungerer som broforbindelser med vejbaner. Fremtidige dæmninger kræver en stærk sammenhæng mellem den primære beskyttelse samt andre funktioner. Andre sekundære funktioner i forbindelse med rekreative aktiviteter og turisme kan give yderlige fordele.
Tilpasning og robusthed	Lukkede dæmninger er typisk store brede konstruktioner, således stabilitet sikres. Tilpasning til fremtidige ændrede vandstande og bølgeforhold er svært. For at sikre en lang levetid skal fremtidige klimaforandringer medtages i designfasen. Da dæmningen afskærer vandudveksling, er det en miljømæssig meget dårlig løsning, der helt vil ændre de hydrografiske og marine biologiske forhold inden for det omsluttede område.
Omkostninger	Anlægsomkostningerne ved opførslen af en lukket dæmning er høje. Konstruktionen skal udføres på fixeret underlag beskyttet mod erosion i et udsat marint miljø. Dog er dæmningen en billigere konstruktion end en slusekonstruktion.
Drift og vedligehold	Afhængig af formen og designet af dæmningen kræves der årlige eftersyn og regelmæssig vedligeholdelse af toplaget samt topkote.
Fordele og ulemper	<u>Fordele:</u> • Høj sikkerhed mod oversvømmelse fra hav af lavtliggende områder ved vandbassiner bag dæmningen. • Erstatter eller reducerer bagvedliggende beskyttelsesforanstaltninger <u>Ulemper:</u> • Ekstreme afstrømningshændelser fra land kan give oversvømmelse af lavtliggende områder, fordi afstrømningskapaciteten mod hav er forhindret eller kraftigt reduceret. • Har stor indvirkning på den naturlige dynamik i området f.eks. tidevand, ændret morfologi, vandkvalitet, saltindtrængning, øvrige biologiske for-

	hold • Mindre fleksibel løsning sammenlignet med bevægelige stormflodsluser, der bibeholder vandudvekslingen under normale forhold • Ufleksibel løsning i forhold til klimaændringer, når den først er opført
Eksempler	Afsluitdijk, Holland En 32 km lang dæmning, der er en del af inddæmningen, der afgrænser fersvandssøen Ijsselmeer mod Nordsøen, og er en del af den primære højvandssikring af Holland. Dæmningen indeholder en motorvej.  Brouwersdam, Holland Brouwersdam er en del af deltaplanen til beskyttelse af Holland, der blev igangsat efter den store stormflodskatastrofe i 1953.

Løsningskoncept	Regulering af terrænkoter i større områder
Beskrivelse	Landområder kan i forbindelse med landvinding eller byudvikling tilpasses den stigende vandstand og klimaændringer ved at byudvikle på et hævet terræn. Ved at hæve terrænet mere end lokale stigninger i havniveau, sikres bebyggelsen mod oversvømmelser og stormflod. Disse højere arealer kan anvendes til en række forskellige formål.
Princip for løsning	De fysiske aspekter er enkle: skab et område som er højere placeret end den forventede havspejlsstigning og klimaændringer for en vis periode (50-100 år).
Anvendelse	Forhøjede terræner kan anvendes i alle oversvømmelsestruede områder ved kyst, søer og langs floder.
Beskyttelse	Den højere terrænkote beskytter mod oversvømmelse forårsaget af stormflod og er designet til at håndtere stigende vandstand som følge af klimaændringerne.
Integration og multifunktionalitet	Det indvundne eller (gen)udviklede jordareal bruges normalt til opførsel af nye boliger, erhverv, turisme, natur og andet. Dette er altså en løsning, som kan integrere flere funktioner. Et forhøjet terræn kan samtidig være en del af en foranstaltning til beskyttelse af et bagland.
Tilpasning og robusthed	Når landvindingen er afsluttet, og terrænet er i brug (i stor skala), er det mindre tilpasningsdygtigt til fremtidige klimasituationer. Nye ændringer af terrænkoterne er umulig, fordi terrænet allerede anvendes. Andre løsninger såsom diger, forhøjning af enkelte huse eller hybridløsninger må herefter anvendes for at tilpasse til yderlige ændringer i vanstandsforhold og klima.
Omkostninger	Omkostningerne ved et forhøjet terræn er afhængige af, om der er anvendelige sedimentkilder i nærheden, da transport vil være en væsentlig omkostning. Forhøjningen sker normalt med sand samt hård beskyttelse og/eller strandområder rundt om det forhøjede terræn for at beskytte mod erosion. Anlægsomkostninger for de forskellige øer IJburg, Holland i nærheden af Amsterdam på i alt 580 ha, blev anslået til 230 millioner EURO i 1998.
Drift og vedligehold	Når terrænreguleringen er udført, er der ikke drifts- og vedligeholdelsesmæssige problemstillinger.
Fordele og ulemper	<u>Fordele:</u> • Nyt terræn er højere end stigningen i vandstand og ved stormfloder og er derfor sikret mod oversvømmelse. • Boliger, erhverv og turisme bygges i et sikkert miljø. • Langsigtet bæredygtig løsning. • Byudvikling af nye områder kan være en attraktiv gevinst for regionen. <u>Ulemper:</u> • Høje anlægsomkostninger for at realisere det forhøjede terræn, store mængder sand og forberedelse er nødvendig. • Ny udvikling af jord, bolig, turisme, erhverv og natur kræver meget tid. • Kan ikke nemt tilpasses fremtidige ændringer. Der vil være behov for en kombination af andre løsninger for stadig at kunne beskytte mod stormflod og stigende vandstand i fremtiden
Eksempler	<u>IJburg, Holland</u> Landvinding og byudvikling nær Amsterdam i Ijssel Sø. På terræn der er sikret mod oversvømmelser. IJburg 2 etableres i nær fremtid.

Løsningskoncept	Superdiger
Beskrivelse	Et superdige eller en super levée er et meget bredt dige, hvor bebyggelse og infrastruktur placeres på diget frem for bag diget. Superdiget vil have en bredde på omkring 30 gange højden, så terrænhældningerne er små, og diget kan indpasses i bymiljøet. Dette betyder også, at et evt. overløb af superdiget ikke skaber erosion, som ødelægger diget, da overløbet flyder langsomt hen over topfladen.
Princip for løsning	Dimensionerne af superdiget er store, således at alle kendte brudmekanismer kan modstås, og det gør det samtidig modstandsdygtigt for digebrud. Konstruktionen er meget bred, og det øverste lag kan anvendes på flere måder. Ustabilitet af konstruktionen er ikke et problem på grund af dimensionerne.
Anvendelse	Et superdige kan bruges i udviklingen af nye byområder, hvor et kystområde bliver fornyet. På selve digekonstruktionen kan der bygges beboelse, infrastruktur, rekreative områder eller andet.
Beskyttelse	Et superdige giver beskyttelse mod overskyl fra bølger og stormfloder. Konstruktionen er designet således, at den ikke svigter under belastningerne fra en storm. Overskyl og stormfloder kan muligvis resultere i lokale skader afhængig af arealanvendelsen oven på superdiget.
Integration og multi-funktionalitet	Superdiget udformes som en integreret del af bymiljøet. Superdiger giver plads til at beboelse, erhverv og rekreative aktiviteter. De forskellige dele på superdiget skal konstrueres til at modstå overskyl fra bølger.
Tilpasning og robusthed	Når superdiget er konstrueret er det svært at tilpasse det til nye hydrografiske forhold og klimaændringer. Det skyldes til dels, at det øverste niveau på superdiget er designet med henblik på brug af forskellige aktiviteter.
Omkostninger	Grundet, at superdiget er en storskala konstruktion og mængden af materialer er stor, er omkostningerne ligeledes høje. Til gengæld opnås der garanteret beskyttelse af det lavtliggende land, som kan betyde lavere omkostninger til forsikring og reparationer efter oversvømmelser (da der ikke er oversvømmelser).
Drift og vedligehold	Når konstruktionen er afsluttet, vil den være en integreret del af en by og vil kun i mindre omfang kræve drifts- og vedligeholdesestiltag i forbindelse med funktionen som stormflodsbeskyttelse.
Fordele og ulemper	<u>Fordele:</u> • Super modstandsdygtig mod oversvømmelser og overskyl. • Ny plads skaber muligheder for udvikling af området. • Mindre investeringer i fremtiden. <u>Ulemper:</u> • Høje anlægsomkostninger (konstruktion og design) • Stor indvirkning på området og de eksisterende forhold • Svært at garantere sikkerhed i hele levetiden af konstruktionen
Eksempler	<u>Tokyo super levéer</u> I Tokyo etableres super levéer som erstatning for eksisterende traditionelle diger, hvor bebyggelsen ligger bag disse. Dette er både for at forhindre digebrud og for at forbedre adgang og udsyn til kysten. 

Løsningskoncept	Ændring af fundamentshøjde på huse
Beskrivelse	En anvendt metode til oversvømmelsessikring i forbindelse med renovering af bygninger er at hæve husets fundament til et påkrævet eller ønsket oversvømmelsesniveau. Huset løftes altså ud af en overhængende oversvømmelsesrisiko. Der findes adskillige teknikker, hvorpå man kan løfte et hus. Generelt indebærer de (1) at løfte huset og bygge et nyt, eller at udvide det eksisterende fundament eller (2) at lade huset forblive på plads og enten bygge et forhøjet gulv i huset eller tilføje en ny etage. Nye bygninger vil forholdsvist nemmere kunne imødekomme krav til en given fundamentshøjde.
Princip for løsning	Løsningen forhindre ikke oversvømmelser i området, men på grund af det højere fundament, vil huset ikke blive beskadiget. Fundamentet skal være højt nok til at håndtere en vis vandstand med en vis frekvens. Husets fundament skal være stabilt og stærkt nok til at modstå strømmende vand i et givent vandniveau. Faciliteter (el, vand, kloak) skal tilpasses til den nye situation.
Anvendelse	Forhøjede huse kan bruges ved kyster i hyppigt oversvømmede områder, i afvandingsområder osv. Forskellige betingelser skal undersøges for at fastlægge, hvorledes et eksisterende hus kan hæves. For nybyggeri vil der kunne stilles krav til fundamentshøjde, således at der ikke trænger vand ind i husene i forbindelse med oversvømmelseshændelser.
Beskyttelse	Forhøjede huse beskyttes mod oversvømmelser med en vis frekvens og vandstand. Hvis oversvømmelsen når et vandniveau, der er højere end designniveau, vil bygværket blive beskadiget.
Integration og multi-funktionalitet	Dette er en løsning kun med det formål at sikre bygninger mod oversvømmelser. Mindre samfund kan tilpasses og sammen skabe mere sikre og bæredygtige opholdsarealer.
Tilpasning og robusthed	Når først fundamentet er konstrueret, kan det ikke tilpasses til højere vandstande. Hele konstruktionen skal hæves igen, og et nyt design skal genberegnes for at inkludere øgede belastninger.
Omkostninger	At hæve et eksisterende hus er ikke billigt og afhænger af det niveau, hvortil det skal rejses. Det afhænger også af hustypen (størrelse, struktur, vægt), og mængden af arbejde der skal udføres. I forbindelse med nybyggeri er det dog ofte en mindre omkostning i forhold til det samlede budget.
Drift- og vedligehold	Der kræves regelmæssig vedligeholdelse, som skal foretages af husejerne.
Fordele og ulemper	<u>Fordele:</u> • Nedbringer risiko for oversvømmelse af huset og dets indhold • Det kan reducere forsikringspræmier. <u>Ulemper:</u> • Forhøjede huse er designet til en vis vandstand. Højere vandstand er stadig et problem. • Høje strømningshastigheder kan resultere i erosion og ustabile konstruktioner. Sammen med oversvømmelserne kommer også diverse affald som kan have en negativ indflydelse på stabiliteten af huset. • Svær tilpasning til højere vandstand eller højere frekvens af oversvømmelser. • Forskellige niveauer. Boligareal er ikke længere i niveau med jordoverfladen.
Eksempler	<u>USA, Grand-Barachois</u> Eksempler kan findes over hele kloden. Visse steder i USA er det obligatorisk for nye konstruktioner. Konstruktion på pæle er en klassisk tilpasning i forskellige sammenhæng, både offshore og i søer.

Løsningskoncept	Planlagt tilbageførsel
Beskrivelse	Planlagt tilbageførsel er ikke en egentlig teknisk løsning til sikring mod stormflod, men et udtryk der anvendes til at beskrive en tilgang til at styre og planlægge, hvordan oversvømmelsestruede områder ledes tilbage til deres naturlige tilstand med en accept af, at områderne oversvømmes med mellemrum. Dette betyder, at eksisterende sikringskonstruktioner nedlægges, og eksisterende bygninger flyttes til højere liggende områder eller tilpasses enkeltvis til at kunne modstå periodevise oversvømmelser af området generelt. Et tiltag med planlagt tilbageførsel kan have en stor indflydelse på det lokale/regionale samfund og kræver derfor omhyggelig planlægning i tæt samarbejde med de lokale jordejere og brugere af området.
Princip for løsning	Oversvømmelser vil forekomme i området. Området kan virke som et forland, hvor bølgepåvirkningen reduceres i forhold til de bagvedliggende områder. I forbindelse med flod- eller ådale, hvor den naturlige dynamik genskabes, og floddalen med mellemrum oversvømmes, kan det i visse situationer betyde lavere vandstand i nedstrøms områder, da det genskabte område virker som forsinkelsesbassin.
Anvendelse	Anvendes i situationer, hvor beskyttelse mod oversvømmelse allerede er installeret, og fjernelse af disse kan resultere i fordele. Disse fordele kan variere fra forbedret oversvømmelseskontrol, genopretning af økosystemer og reducerede omkostninger til beskyttelse mod oversvømmelse. Disse situationer kan forekomme, når den oprindelige beskyttelse mod oversvømmelse er placeret upraktisk (udsat, lang, undergår strukturel erosion), og en alternativ højvandssikring ikke vil have disse fordele.
Beskyttelse	Da egentlig kystsikring opgives, er der ingen beskyttelse mod oversvømmelse i området. Huse, gårde og andre konstruktioner kræves flyttet eller skal have individuelle beskyttelsesordninger (f.eks. bygningstilpasning eller beredskabsmæssige tiltag).
Integration og multifunktionalitet	Selvom beskyttelsesforanstaltningerne opgives, kan det give mulighed for en mere integreret tilgang til oversvømmelsessikringen. Det forladte område kan spille en rolle i beskyttelsen af andre områder.
Tilpasning og robusthed	Genopretning af sedimentationsprocesser i forbindelse med projekter med planlagt tilbageførsel kan tillade, at disse områder tilpasser sig vandstandsstigninger på en naturlig måde. Dette afhænger dog af de lokale dynamiske morfologiske forhold. Robustheden af tilpasningen kan hjælpes på vej af planlagt tilbageførsel.
Omkostninger	I forbindelse med ekspropriation vil omkostningerne ved planlagt tilbageførsel afhænge af prisen på jord (som er meget afhængig af arealanvendelsen) og de regionale priser i kombination med de nødvendige foranstaltninger til beskyttelse af de udsatte områder. I Danmark vil omkostningerne for disse tiltag ofte være høje.
Drift og vedligehold	Der vil ikke være egentlige drifts- og vedligeholdsaktiviteter forbundet med planlagt tilbageførsel.
Fordele og ulemper	<u>Fordele:</u> • Åbner mulighed for mere effektive ordninger til beskyttelse mod oversvømmelser. • Et alternativ til en mere tilfældig tilbagetrækning fra oversvømmelsestruede områder med flere fordele for ejere og brugere. <u>Ulemper:</u> • Høje udgifter til ekspropriation og nødvendige foranstaltninger. • Stor indflydelse på lokalsamfundet. • Ikke en foranstaltning, der uden videre kan tilpasse sig.
Eksempler	I Storbritannien findes der eksempler på flere succesfulde gennemførelser af projekter med planlagt tilbageførsel langs bredden af flodmundinger. Disse projekter er dele af større ordninger til beskyttelse mod oversvømmelse og give mulighed for en mere effektiv forvaltning af de tilbageværende diger. Et andet vellykket projekt er fornyelsen af Noordwaard i Holland. Her er et inddæmmet landbrugsareal blevet omdannet tilbage til en flodslette. Landbruget blev bevaret, og gårdene har nu individuelle beskyttelsesforanstalt-

ninger mod oversvømmelse. Nedenfor et hus som er hævet og flyttet i forbindelse med projektet med planlagt tilbageførsel, Noordwaard, Holland.

Løsningskoncept	Regulerede flod- og ådale
Beskrivelse	Floddale er områder, der fungerer som lagerplads for vand under oversvømmelser. Regulerede floddale fungerer som opbevaring under prædefinerede betingelser, gennembrud af sluser eller overløb.
Princip for løsning	Opbevaring af vand fra oversvømmelser i bestemte områder resulterer i lavere vandstand i tilstødende områder.
Betingelser	Floddale kan have en indvirkning på vandstanden i tilstødende områder, hvis den mængde vand der kan gemmes, er stor i forhold til den samlede mængde vand under oversvømmelsen. Generelt betyder det, at floddale kan bruges langs floder og åer samt de opstrøms dele af fjordsystemer. I områder tæt ved Nordsøen er dette ikke en løsningsmulighed. Anvendelsen langs de indre danske farvande afhænger meget af regional morfologi og strømningsmekanik.
Beskyttelse	Regulerede floddale kan reducere påvirkningen af stormflod i kombination med tidevand, afstrømning lokalt og i vandløb samt skybrud.
Integration og multifunktionalitet	Regulerede floddale vil blive oversvømmet, og dette skal tages i betragtning ved øvrigt brug af landområdet. Typisk kan området anvendes til landbrug. Bygninger vil kræve en vis enkeltvis beskyttelse mod oversvømmelse, ligeledes med infrastruktur.
Tilpasning og robusthed	Ændringer i de fysiske forhold eller ny viden kan kræve ændringer i kontrolstrategien for anvendelse af floddalen til magasinering af vand.
Omkostninger	Omkostningerne ved regulerede floddale er i høj grad afhængig af prisen på jord, som igen er meget afhængig af arealanvendelsen og de regionale priser. For regulerede floddale kan omkostningerne ved styringsforanstaltninger (sluser mv.) være høj, afhængigt af om løsningen er lav- eller højteknologisk.
Drift og vedligehold	(Gen)-udvikling af en floddal i kræver en nøje planlægning og styring af interessenter. Regulerede floddale kræver en vis form for driftsorganisation til kontrol og styring af oversvømmelser.
Fordele og ulemper	<u>Fordele:</u> • Reduktion af oversvømmelsesgrad som følge af etablering af (regulerede) flodsletter • Reducerede behov og omkostninger ved beskyttelse mod oversvømmelse i tilstødende områder. <u>Ulemper:</u> • Kræver relativt store områder, der lejlighedsvist vil blive oversvømmet. • Relativt dyrt, hvis ekspropriation er nødvendigt
Eksempler	<u>Scheldefloden, Belgien</u> (Gen)-udvikling af floddaler langs floder og vandløb er i gang langs flere floder i Europa. I Belgien findes der flere projekter langs udmundingen af Schelde floden (del af Sigma-plan for beskyttelse mod oversvømmelse langs bredden af Schelde). Disse omfatter regulerede floddale med genetablering af tidevandspåvirkning. Opførelsen af disse områder indebærer også opførelse af nye diger eller forbedring af eksisterende diger samt konstruktion af sluser og andre kontrolforanstaltninger. Alle områderne har en dobbelt funktion - de tjener som naturreservater og som oversvømmelsessikring. Det største af disse arealer er området Kruibeke-Basel-Rupelmonde med et samlet areal på over 500 ha. Nedenstående viser pilotområde med reguleret flodslette og tidevandsbassin ved Lippenbroek under en storm.

© Waterbouwkundig Laboratorium
Agiv
waterbouwkundig
LABORATORIUM

Til
Realdania

Dokumenttype
Rapport

Dato
Juni 2015

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 5 - ANBEFALINGER

RAMBØLL

UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER
DEL 5 - ANBEFALINGER

Revision	**1**
Dato	**2015-06-17**
Udarbejdet af	**Marianne Marcher Juhl**
Kontrolleret af	**Henrik Søgård Olsen**
Godkendt af	**Marianne Marcher Juhl**

Ref. 1100014321

Rambøll
Hannemanns Allé 53
DK-2300 København S
T +45 5161 1000
F +45 5161 1001
www.ramboll.dk

INDHOLD

1.	**INDLEDNING**	**1**
2.	**TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER MED EN ANDEN TILGANG**	**3**
2.1	Udfordringerne i dag	3
2.2	Behov for ændringer til en ny tilgang til klimatilpasning	5
3.	**FORSLAG TIL ÆNDREDE RAMMEVILKÅR**	**7**
3.1	Organisering	7
3.2	Finansiering	8
3.3	Forsikringsforhold	11
3.4	Planlægning	11
4.	**FORSLAG TIL OPBYGNING AF KAPACITET**	**13**
5.	**VÆRKTØJER TIL STRATEGISK PLANLÆGNING**	**17**
5.1	Resilience Pathway 2.0	17
5.2	Triggerplanlægning	18
5.3	Anbefalinger	20
6.	**FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU**	**21**
6.1	Anbefalinger	21
7.	**HANDLINGSPLAN**	**23**

1. INDLEDNING

Med de seneste års storme (fx ”Bodil” og ”Egon”) er der kommet større fokus på klimatilpasningen af kysterne og de kystnære byer i forhold til oversvømmelser fra havet. Selv om stigningerne i havvandsstanden og en forøgelse af stormfloderne sker gradvist og først forventes at blive et problem om 20-30 år, er der allerede nu behov for at tænke kystbeskyttelse og tilpasning til havvandsstigninger ind i planlægningen.

I dette udredningsprojekt er der fokus på udfordringerne med oversvømmelser af byer fra stigende havvandsstande og øgede stormfloder. En anden følgevirkning af stigende havvandsstande og øgede stormfloder er en øget erosion af kysterne, og der vil også fremover være behov for at beskytte og sikre disse kyststrækninger. Miljøministeriet har igangsat en analyse for at afklare, om det er nødvendigt at ændre den nuværende lovgivning for kystbeskyttelse. Erosion af kyster indgår i Miljøministeriets analyse, der beskæftiger sig med samtlige typer kyststrækninger i Danmark.

Udredningen er opbygget i følgende 6 dele, der hver kan læses som selvstændige rapporter:

- Pixibog - Udredning om tilpasning til havvandsstigninger
- Del 1 - Omfang af stormfloder og skader
- Del 2 - Rammevilkår
- Del 3 – Fastlæggelse af sikringsniveau
- Del 4 – Tekniske løsninger
- **Del 5 – Anbefalinger (nærværende rapport)**

Pixibogen indeholder en introduktion til udredningen og en sammenfatning af de øvrige delrapporter, og den giver dermed et overblik over hele udredningen.

Del 5 – Anbefalinger er en opsummering og sammenfatning af de forslag og anbefalinger, der er givet i de øvrige delrapporter til en ændret og fremtidig måde for klimatilpasning til havvandsstigninger i Danmark. Anbefalingerne er dels konkrete forslag til ændringer af rammevilkårene dels ideer til, hvilke forhold der kan arbejdes videre med og udvikles for at udvikle klimatilpasningen til havvandsstigninger og stormfloder i Danmark. Der er tale om ideer, som skal undersøges og udvikles yderligere samt tilpasses forholdene i Danmark, inden de eventuelt kan gennemføres konkret.

Rapporten er bygget op som følger:

I kapitel 2 beskrives udfordringerne med at gennemføre kystbeskyttelse i Danmark under de nuværende rammevilkår som lovgivning, organisation, finansieringsmuligheder, forsikring mv. Der redegøres endvidere for de behov for ændringer, som er identificeret i udredningsarbejdet.

Kapitel 3 indeholder forslag og anbefalinger til at ændre rammevilkårene for tilpasning til havvandsstigninger og stormfloder i et fremtidigt klima inden for områderne organisering, finansiering, forsikring og planlægning.

For at kunne gennemføre ændringer i rammevilkårene og udvikle klimatilpasningen i Danmark er der behov for, at kommuner og andre aktører har de rette muligheder, værktøjer og viden for at gøre dette (den rette kapacitet). I kapitel 4 gives forslag til, hvordan kapaciteten kan øges hos kommuner og andre aktører, der arbejder med klimatilpasning i forhold til havvandsstigninger.

I kapitel 5 beskrives 2 værktøjer til strategisk planlægning, som kommuner og andre aktører kan anvende for bedre at sikre synergi med andre projekter og dermed også andre kilder til finansiering af projekterne til klimatilpasning.

Kapitel 6 indeholder anbefalinger til, hvordan et fornuftigt sikringsniveau kan fastsættes i Danmark, som et værktøj til beslutningstagerne i blandt andet kommunerne.

Rapporten afsluttes i kapitel 7 med en prioriteret handlingsplan for anbefalingerne.

2. TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER MED EN ANDEN TILGANG

2.1 Udfordringerne i dag

Hovedprincippet for kystbeskyttelsen i Danmark er, at grundejere, der får gavn af en kystbeskyttelse, finansierer, organiserer og driver kystbeskyttelsesanlæggene. I forhold til oversvømmelser har vi i Danmark indtil nu primært udført kystbeskyttelse som en reaktion på oversvømmelser af områder. Med den viden vi har i dag, om de forventede havvandsstigninger og øgede stormfloder samt usikkerheden på disse, er det nødvendigt at planlægge, tilpasse og udvikle kystområderne og kystbyerne til de fremtidige ændringer efter andre principper end en reaktion på det, der er sket tidligere. Det vil derfor blive mere komplekst at tage beslutninger, og det kan ikke forventes, at de enkelte grundejere kan håndtere disse udfordringer fremover eller finansiere dem.

Der er behov for at tilpasse sig til fremtidige klimaændringer allerede nu, da mange af de investeringer og etableringer af anlæg, der foretages i dag, har en levetid på måske 75-100 år, og derfor også skal kunne modstå stigende havvandsstande og øgede stormfloder til den tid. Hvis der tages beslutninger på nuværende tidspunkt, som ikke i tilstrækkelig grad tager højde for de fremtidige udfordringer, kan det blive dyrt eller tæt på umuligt at lave om på disse om 20-30 år. Udfordringen er, at udviklingen i havvandsstande og stormfloder ikke ligger fast, men kan udvikle sig forskelligt efter forskellige scenarier for det globale udslip af CO_2 og forskellige scenarier for effekterne af det øgede CO_2-indhold i atmosfæren.

”Vi ved, at disse oversvømmelser fra havet kommer, men vi har ingen idé om, hvor der skal findes finansiering”

Udsagn fra spørgeskemaundersøgelse

”Den aktuelle kystbeskyttelseslov, der pålægger grundejerne ansvaret, er forældet. En ny ansvarsfordeling er påkrævet”

Udsagn fra spørgeskemaundersøgelse

For at kunne tilpasse sig til klimaudfordringerne i fremtiden er det nødvendigt med en vis kapacitet hos de organisationer, der arbejder med klimatilpasning både i forhold til at fastsætte rammerne og i forhold til at skulle planlægge og etablere de fremtidige byområder og beskytte både disse og de eksisterende områder mod stigende havvandsstande og stormfloder. Selv om udredningen har vist, at kommuner, offentlige instanser, infrastrukturejere og andre aktører (samlet benævnt organisationer) generelt er på niveau eller bedre end andre europæiske byer og lande, er der stadig behov for at øge kapaciteten i Danmark for at kunne tilpasse byerne til de kommende klimaændringer.

Der er i kommunerne generelt fokus på den forskel, der er i omkostninger og kvalitet på investeringer, der foretages som brandslukning og dem, der foretages på baggrund af langsigtet planlægning. For bedst muligt at kunne klimatilpasse byområderne efter en langsigtet plan er der behov for, at kommunerne kender til og kan arbejde med forskellige strategiske planlægningsværktøjer, så byen kan udvikle sig, og så klimatilpasning kan blive en del af byens udvikling. Værktøjer til strategisk planlægning, der kan sætte fokus på at udnytte andre tiltag i byen og tiltrække andre investorer, vil derfor være vigtige for udviklingen og for at få etableret multifunktionelle klimatilpasningsløsninger, der kan være med til at udvikle byen og ikke gemme dele af den bag diger og højvandsmure, så fx udsigten og adgangen til vandet bliver mindre.

”Staten skal gå mere ind i planlægning og finansiering. Det er svært for den enkelte kommune at håndtere”

Udsagn fra spørgeskemaundersøgelse

”Vi har brug for specifik rådgivning om udførelse af holistiske kystnære løsninger”

Udsagn fra spørgeskemaundersøgelse

De nuværende rammevilkår for kystbeskyttelsen i Danmark giver nogle udfordringer, som især bliver tydelige, når kystbeskyttelsen skal omfatte mere end et afgrænset område med nogle relativt få antal grundejere, som fx et sommerhusområde. Udfordringerne med de nuværende rammevilkår kan sammenfattes til:

- Finansieringen af kystbeskyttelsen skal generelt foretages af de grundejere, der opnår beskyttelse eller i øvrigt opnår en fordel. Kommunerne kan bidrage til et kystbeskyttelsesprojekt, hvis der er en begrundet almen interesse i projektet. Det opleves som en udfordring at afgrænse, hvem der bliver beskyttet, når de fremtidige klimaændringer skal tages i betragtning, hvem der i øvrigt opnår fordel ved kystbeskyttelsen, og dermed hvem der har pligt til at bidrage til kystbeskyttelsen.

- Det kan være en uforholdsmæssig stor byrde for de enkelte grundejere at finansiere og gennemføre kystbeskyttelsen, og der ønskes en hel- eller delvis deltagelse i finansieringen fra det offentlige. Det betragtes som urimeligt, at staten finansierer kystbeskyttelse på vestkysten af Danmark, men ikke i andre dele af landet

- Det opleves som en udfordring, at Kystdirektoratets strategi er at prioritere de såkaldte ”bløde” løsninger som fx sandfordring i forhold til de mere ”hårde” løsninger som fx sten- eller betonmure.

- Kystbeskyttelse og dens indvirkning på strømme i vandet, sedimenttransport og fastlæggelse af fornuftige sikringsniveauer, der også er fremtidssikrede, opleves som fagligt vanskelige, og der mangler generelt viden på dette område blandt beslutningstagerne. Dette er derfor en barriere for, at der gennemføres multifunktionelle løsninger og tænkes kreativt.

- Der er endnu ikke meget dansk erfaring med at beskytte, tilpasse og udvikle byområder til stigende havvandsstande og stormfloder. Den begrænsede danske viden om funktioner og tekniske løsninger til klimatilpasning til havvandsstigninger opleves derfor som en barriere for at gennemføre langsigtede og multifunktionelle løsninger.

- Det opleves, at klimatilpasningen i dag ikke i tilstrækkelig grad tænkes ind i anden planlægning. Derfor opleves det som, at man afskærer sig fra samfundsmæssigt hensigtsmæssige løsninger med flere funktioner.

- Ansvaret for kystbeskyttelse ligger hos den enkelte grundejer, og det opleves som en udfordring at koordinere tværgående løsninger enten mellem forskellige områder eller på tværs af kommunegrænser.

- En lang række forskellige love og bekendtgørelser har indflydelse på gennemførelse af kystbeskyttelsesprojekter. Den komplekse og ressourcekrævende sagsbehandling tager tid og opleves som en udfordring.

2.2 Behov for ændringer til en ny tilgang til klimatilpasning

Klimatilpasning til stigende havvandsstande og øgede stormfloder og det faktum, at der er usikkerhed på udviklingen og konsekvenserne af klimaændringerne, giver udfordringer for de, der skal arbejde med klimatilpasning og tage beslutning om sikring mod oversvømmelser. Fremover skal der tages beslutning om:

- **Hvordan beskyttes de eksisterende værdier (fx ejendomme, byområder, infrastruktur mv.) mod oversvømmelser?**
- **Hvordan tilpasses nye investeringer til stigende havvandstande og øgede stormfloder, så der ikke sker skader, når klimaet ændrer sig?**
- **Hvordan kan byen, lokalområder eller enkelte anlæg og bygninger udvikles, så de er tilpasset til klimaændringerne, fungerer som beskyttelse mod oversvømmelser for andre dele af byen og samtidig giver øget værdi til området i form af fx rekreative områder?**
- **Hvordan skabes der finansiering til dette?**

På området med klimatilpasning i forhold til skybrud er der i løbet af kort tid blevet ændret på rammevilkårene. De væsentligste årsager til, at der nu i stor stil gennemføres planer og projekter for skybrudssikring af byer, er:

- Samfundsøkonomiske beregninger viser, at det i forhold til skybrud klart kan betale sig at forebygge og tilpasse sig klimaændringerne op til en gentagelsesperiode på 100-200 år frem for at erstatte skader.
- Der er på landsplan fastlagt minimumskriterier for, hvordan kloaksystemerne skal dimensioneres og dermed hvilken regnhændelse, de skal håndtere, samt hvordan ændringerne i klimaet indregnes i dimensioneringen af kloaksystemet. Der er endvidere opstillet værktøjer til modellering, finansiering og design, så de enkelte kommuner kan definere et niveau, der skal skybrudssikres til.
- Finansieringen er på plads, så forsyningsselskaberne via takster kan finansiere projekter om skybrudssikring. Der er fastlagt en klar ansvarsfordeling, beskrivelse af grundlaget for finansieringen og fordelingen af udgifter mellem kommune, forsyningsselskab og andre interessenter.
- Der er en klar organisering af området, og den væsentlige viden, som Forsyningsselskaberne allerede har i håndteringen af regnvand, kan udnyttes i håndteringen af skybrud.

Resultatet af udredningen om rammevilkårene for klimatilpasning til havvandsstigninger og øgede stormfloder viser, at området og rammevilkårene for klimatilpasning til skybrudshændelser på nogle områder kan være inspiration for en ny tilgang til klimtilpasning til havvandsstigninger.

”Hvis Danmark skal gennemføre en sammenhængende og målrettet kystsikring, skal den nuværende lovgivning ændres, så der kan ske en regional/national koordinering, prioritering og finansiering.”

Udsagn fra spørgeskemaundersøgelse

Nedenfor er angivet de emner og områder, hvor der anbefales nye tiltag eller ændringer af eksisterende rammer for at fremme klimatilpasningen til oversvømmelser fra havet.

Der skal fastlægges et fornuftigt sikringsniveau for den fremtidige kystbeskyttelse, så aktørerne ved, hvilke niveauer af havvandsstigninger og stormfloder, der skal tilpasses til for at opnå den ønskede sikkerhed og robusthed.

Der skal foretages en overordnet prioritering samt udarbejdelse af helhedsløsninger for samlede kyststrækninger til støtte for kommunerne.

Kapaciteten hos organisationer, der arbejder med klimatilpasning og havvandsstigninger, skal øges i Danmark, så de bliver bedre i stand til at træffe de rigtige beslutninger om udvikling og investeringer i forhold til de fremtidige ændringer af klimaet.

Det skal fastlægges hvem, der skal bidrage til finansieringen af kystbeskyttelsen, og der skal være ensartede forhold og principper gældende for hele Danmark.

Der skal udvikles andre finansieringsmodeller. Det kan være modeller, hvor Staten også deltager i finansieringen af kystbeskyttelsesanlæg, eller hvor der på anden måde bliver etableret en ordning, der kan bidrage til en finansiering af kystbeskyttelsen. En sådan ordning kan være Offentligt-Privat-Partnerskab.

Lovgivningen og andre rammebetingelser skal revideres, så det bliver mere enkelt og klart, og så koordinerede løsninger og tværkommunale løsninger bliver lettere at beslutte og gennemføre.

Den faglige viden om kystprocesser og viden om funktioner og teknik for metoder og anlæg til kystbeskyttelse og sikring mod oversvømmelser skal øges og formidles til kommuner og andre aktører fx gennem et videnscenter for kystbeskyttelse.

Værktøjer til at sikre medfinansiering og hensigtsmæssige rammer, så bygherrer og developere indbygger klimatilpasning i deres løsninger og i byudviklingen generelt, skal udvikles og anvendes.

Der skal fortsat være en forsikringsordning, så der er mulighed for at få udbetalt erstatninger ved oversvømmelser. Ordningen skal skabe incitamenter til at forebygge skader og tilpasse til fremtidige klimaændringer.

3. FORSLAG TIL ÆNDREDE RAMMEVILKÅR

I dette afsnit gives forslag og anbefalinger til at ændre rammevilkårene for tilpasning til havvandsstigninger og stormfloder i et fremtidigt klima. Det er overordnet holdningen blandt aktører inden for klimatilpasningsområdet, at der er behov for at revidere de eksisterende rammevilkår, og at Staten skal have en større rolle i den generelle kystbeskyttelse. Dette gælder både i forhold til ansvaret for at gennemføre kystbeskyttelse og i forhold til finansieringen af den.

En ændring af rammevilkårene og den nuværende lovgivning om kystbeskyttelse kræver en bred politisk og offentlig debat, men følgende principper for en ændring af rammevilkårene kan ligge til grund for en revision:

- Etablering af en klar ansvarsdeling for at vurdere risici for oversvømmelser i kystområder, for at definere og gennemføre handlingsplaner for kystbeskyttelse og for at definere sikkerhedsniveauer, der tager hensyn til de fremtidige havvandsstigninger.

- Etablering af et beslutningssystem, der kan udvikles og tilpasses alt efter, om områder har få eller kun lokale risici for oversvømmelser, allerede nu er i risiko for at blive oversvømmet, og derfor skal prioriteres, eller først forventes påvirket senere, hvor kystbeskyttelsen kan ske som en del af udviklingen i området.

- Indførelse af due diligence processer, så det sikres, at der kun gives offentlig finansiering til projekter, der er beskyttet/tilpasset til havvandsstigninger i hele projektets levetid.

- Offentlig medfinansiering til supplement af "ejeren betaler" princippet.

- Processer til at forøge kapaciteten hos organisationer, så de bliver i stand til selv at planægge og træffe de mest optimale løsninger for at klimatilpasse byen eller området til de fremtidige havvandsstigninger i hele et projekts levetid.

3.1 Organisering

Den nuværende organisering er:

- Grundejere, der får gavn af kystbeskyttelsen, skal planlægge, finansiere, projektere og vedligeholde kystbeskyttelsesanlæg
- Kommunerne har en procesfaciliterende rolle i sager om uenighed
- Kystdirektoratet giver tilladelse til anlæggene

Denne organisering giver store udfordringer og er ikke tidssvarende i forhold til de fremtidige udfordringer. Det bekræfter både spørgeundersøgelsen gennemført hos organisationer i Danmark og erfaringer fra udlandet. Der er behov for at organisere kystbeskyttelsen på en anden måde med et eller flere mere overordnede organer, der kan sikre bedre helhedsløsninger, prioritere indsatser, håndtere interessenter og varetage projektering, etablering og finansiering af kystbeskyttelsesløsningerne.

På grundlag af erfaringer fra bl.a. Holland og med inspiration fra organiseringen af klimatilpasningen over for skybrud i Danmark kan en fremtidig organisering i forhold til kystbeskyttelse og tilpasning til havvandsstigninger bestå af tre parter:

1. Et statsligt/nationalt organ
   Et nationalt/statsligt organ udarbejder de overordnede rammer for kystbeskyttelse i Danmark. Dette organ skal have ansvaret for at vurdere klimascenarier og udarbejde og opdatere kriterier for fastsættelse af minimumssikringsniveauer, som skal bruges i klimatilpasningen over for havvandsstigninger og stormfloder i fremtiden. Dette omfatter også om og i givet

fald hvordan sikringsniveauet skal differentieres for forskellige kyststrækninger (skal byer have et højere sikringsniveau end sommerhusområder? Hvem kan beslutte, om der må differentieres i sikringsniveauet – staten eller kommuner?). Heri ligger også en rolle i at prioritere og udpege forskellige strækninger af Danmarks kyst, hvor der skal kystbeskyttes, og hvor den naturlige kystdynamik skal have lov at udfolde sig. Som led i prioriteringen og fastlæggelse af sikringsniveauer bør der indgå en risikovurdering baseret på sandsynligheden for oversvømmelser og deres konsekvenser.

Endvidere skal de stille data og viden til rådighed for de øvrige organisationer og fungere som facilitator og formidler af faglig viden til de øvrige aktører inden for området. Det anbefales, at der nedsættes en task force, som kan bistå kommunerne i deres myndigheds- og planlægningsarbejde og med at sikre et bedre beslutningsgrundlag for at vælge de økonomiske og samfundsmæssige mest fordelagtige løsninger.

For at fordre et bredere samarbejde på tværs af kommunale og regionale grænser kan Danmarks kyst inddeles i en række typeområder ud fra fx sikringsniveauer og med en incitamentsstruktur til at sikre samarbejde og helhedsorienterede løsninger inden for området. Denne inddeling kan foretages af det statslige organ og administreres af kommunerne.

Det statslige organ kan være en ny udgave af det nuværende Kystdirektorat, en styrelse som fx Naturstyrelsen eller et helt nyoprettet organ, der har det tværfaglige område kystsikring som ansvarsområde.

2. Kommunerne
   Kommunerne har i dag en vigtig rolle i planlægning og udvikling af arealanvendelsen og for udarbejdelse af klimatilpasningsplaner og klimalokalplaner. Kommunerne kan også have en stor interesse i at skabe multifunktionelle løsninger, der kan bidrage til byens eller områdets udvikling. Kommunernes rolle vil være at udarbejde detaljerede kort over oversvømmelserne fra havvandstigninger og udarbejde planer for, hvordan kommunen kan klimatilpasses og udvikles i forhold til de fremtidige udfordringer. Kommunerne udarbejder masterplaner og faciliterer processer, hvor andre investorer inddrages til at finansiere beskyttelsen mod oversvømmelser fra havet.

   Kommunerne har endvidere ansvaret for at sikre, at der sker en koordinering og helhedsplanlægning over kommunegrænser. Hvis dette giver interessekonflikter kan det nationale organ inddrages eller overtage ansvaret.

3. Driftsselskaber (offentlige eller private)
   Den tredje part i organiseringen er driftsselskaber, der har ansvaret for at projektere, etablere, drive og vedligeholde kystbeskyttelsesanlæggene, så de lever op til de fastsatte principper for sikringsniveauer nu og i fremtiden. Driftsselskaberne kan sammenlignes med de hollandske ”Water Boards”, eller forsyningsselskaberne i Danmark. I Holland varetager ”Water Boards” opgaver inden for vandforvaltningen omfattende sikring mod oversvømmelser fra havet, søer, floder og grundvand, vandforsyning og afledning af spildevand og regnvand. I Danmark varetager forsyningsselskaberne også en del af disse opgaver, og det kan derfor overvejes, om forsyningsselskaberne også kan varetage kystbeskyttelse.

3.2 Finansiering

Finansieringen af kystbeskyttelse og tilpasningen til havvandsstigninger ses som en af de helt store udfordringer, og der er behov for at udvikle nye finansieringsmodeller og inddrage dem i lovgivningen eller en vejledning, så der ligger konkrete skabeloner og regler for finansieringen.

Generelt for finansiering af kystbeskyttelse anbefales det, at samfundsøkonomi, samfundsværdier og benefits ved kystsikringen (fx rekreative fordele) tages med i betragtning, da det er i samfundets (og dermed det offentliges) interesse, at disse værdier også udvikles og beskyttes.

På baggrund af udredningen kan der umiddelbart peges på fire forskellige modeller for finansiering af tilpasningen til havvandsstigninger:

- Det nuværende princip "ejeren/den der får gavn af beskyttelsen" betaler
- Oprettelse af en fond til medfinansiering
- Hel eller delvis finansiering via skatter og/eller takster
- Offentlige-Private-Partnerskaber

"Ejeren betaler"-princippet

Det nuværende princip har vist sig at være en barriere for, at der gennemføres kystbeskyttelsesprojekter, og især for at der udarbejdes projekter på tværs af lokale og regionale grænser og projekter, der har multifunktionalitet. Det er yderst vanskeligt at definere, hvem der har fordel af projekter og dermed skal bidrage til finansieringen, samt hvordan bidraget skal fordeles.

Hvis det nuværende princip fastholdes, anbefales det, at reglerne i Kystbeskyttelseslovens § 3 præciseres og uddybes, så det er klart, at det ikke kun er grundejere, der kan pålægges at skulle betale for kystbeskyttelsen, men også ejere af ejendomme på lejet grund, ejere af infrastrukturanlæg, kommuner og staten. Det anbefales endvidere at udarbejde konkrete retningslinjer og vejledninger for, hvordan bidraget mellem de enkelte parter skal fordeles. Dette omfatter også, hvordan kommuner og staten kan bidrage til finansieringen, når der er tale om projekter, som også har et almennyttigt bidrag til lokalsamfundet og hvordan borgere, der ikke umiddelbart får gavn af kystbeskyttelsen i forhold til sikring mod oversvømmelser, men kan få gavn af fx bedre rekreative forhold i lokalområdet, skal bidrage.

Kommuner og/eller staten kan således forpligtes til at yde et bidrag, hvor der er en bred kreds af borgere og samfundsværdier, der vil opnå en fordel af kystsikringen, og hvor kriteriet om at kystsikringen er almennyttig, derfor er opfyldt.

Oprettelse af en fond til medfinansiering

For at øge mulighederne for finansiering af projekter kan der oprettes en fond, hvor der kan søges om medfinansiering til kystbeskyttelsesprojekter, der fx er demonstrationsprojekter, ligger i områder med høj prioritet, eller hvor grundlaget for finansiering ikke er stort, men der er vigtige værdier at beskytte.

En fond til medfinansiering kan etableres i statslige puljer, enten ved at der afsættes penge på finansloven til en sådan pulje eller ved at oprette en fond, som stammer fra en del af bidraget til Stormrådets katastrofeordning. Bidraget til Stormrådets katastrofeordning betales i dag via et fast bidrag på de enkelte husejeres husforsikring, og bidraget går til udbetaling af erstatninger for skader som følge af stormfloder, men ikke til forebyggende tiltag.

Oprettelsen af en fond forventes dog ikke at kunne stå alene som finasiering af kystbeskyttelse og skal derfor kombineres med en af de andre tre modeller.

Hel eller delvis finasiering via skatter og/eller takster

En tredje model er at finansiere udgifterne til klimatilpasning til havvandsstigninger via opkrævning af skatter eller takster. Dette kan enten være til 100 % dækning af udgifterne eller som medfinansiering, der kan gives til de enkelte projekter.

Der er flere måder, skatterne kan opkræves på. Det kan fx være via indkomstskatten, så det pålægges alle borgere med indkomst at bidrage til klimatilpasningen, eller det kan være via

ejendomsskatten, hvor boligejerne pålægges et bidrag. Bidraget kan enten være et fast beløb eller være en andel (procent/promille) af indtægten eller ejendomsværdien. Det er også en mulighed kun at pålægge skatter på de ejendomme, der ligger i områder, som fx det statslige organ har udpeget til at være risikoområder.

I stedet for at opkræve finansieringen over skatterne kan den også opkræves over forsyningsselskabernes takster. Dette vil blive aktuelt, hvis forsyningsselskaberne får en rolle i organiseringen af kystbeskyttelsen og tilpasning til havvandsstigninger. Opkrævningen via takster baseres på forsyningsselskabernes budgetter for udgifter til anlæg og drift af kystbeskyttelsen.

I Holland finansieres klimatilpasning til havvandsstigninger både over statsskatten og via takster opkrævet af Water Boards. En af erfaringerne fra Holland er, at en 100 % kollektiv finansiering via det offentlige kan medføre, et projekterne bliver dyrere end nødvendigt, da der ikke er den samme økonomiske bevidsthed blandt planlæggere og udførere af projekterne, som hvis der havde været egenfinansiering med i projekterne.

Offentlige-Private-Partnerskaber (OPP)
En nyere form for samarbejde og medfinansiering mellem det offentlig og private virksomheder er de såkaldte Offentlige-Private Partnerskaber (OPP). OPP er et samarbejde mellem en offentlig myndighed og et privat selskab om gennemførelse af et fælles projekt (fx anlæg af en skole, en vej eller fremover et kystbeskyttelsesprojekt). I samarbejdet aftales en systematisk deling af ansvar, gevinster og risici i en længere periode.

Finansieringen, designet, etableringen, den løbende drift og vedligeholdelsen af den pågældende opgave udbydes samlet i et såkaldt OPP-projekt, hvor den private part typisk finansierer anlægsinvesteringen mod at have indtægter på den efterfølgende drift. Den offentlige part betaler løbende for sin brug af det pågældende anlæg eller byggeri – typisk i en periode på 20 til 40 år. Det offentligt-private partnerskab belaster således ikke i samme grad den offentlige myndigheds økonomi som et rent offentligt projekt, hvor kommunen eller staten både finansierer anlæg og drift.

Der er endnu ikke mange erfaringer med OPP i Danmark, herunder erfaringerne med de lange tidshorisonter i partnerskabet efter etableringen af anlægget. Samarbejdsformen er dog interessant i forhold til integrering af klimatilpasning i multifunktionelle løsninger, og det anbefales at undersøge muligheden i klimatilpasningsprojekter til havvandsstigninger.

Forslag til en dansk model
Der er forskellige kombinationsmuligheder af de beskrevne finansieringsmodeller og også fordele og ulemper ved de forskellige modeller, som skal analyseres nærmere og drøfte politisk. Baseret på udredningsprojektet og input fra spørgeskemaundersøgelsen kan nøgleordene for en dansk finansieringsmodel for at etablere kystbeskyttelsesprojekter være:

Finansieringen af kystbeskyttelsen deles mellem staten og kommunerne. Statens bidrag opkræves via skatter og afsættes årligt som en pulje på Finansloven. Det anbefales at have en statslig delfinansiering for at udligne nogle af forskellene i behovet for kystbeskyttelse og tilpasning til fremtidige havvandsstigninger mellem kommunerne i Danmark

Kommunernes bidrag opkræves via ejendomsskatten. Det anbefales, at have et kommunalt (lokalt) bidrag for at skabe et incitament for kommunerne til at gennemføre en udviklende planlægning og løsninger med multifunktionalitet, hvor der kan skabes benefits og mere værdi end "blot" beskyttelse mod havvandsstigninger. Dette kan være med til at fokusere på at skabe projekter, som kan afdække andre gevinster og dermed tiltrække potentielle private investorer, pensionsselskaber og fonde.

Indtil der er skabt eksempler på gode løsninger til tilpasning til havvandsstigninger er der behov for læring og for at skabe demonstrationsprojekter. Dette koster flere penge, end når kendte og veludviklede design og løsninger skal etableres. Det anbefales derfor, at der oprettes en fond til medfinansiering af sådanne projekter.

3.3 Forsikringsforhold

I udlandet (England og USA) er en del af klimatilpasningen finansieret via forsikringsordninger, men det opleves også, at disse forsikringer stiger, når der sker flere og større oversvømmelser, og der dermed skal udbetales større erstatninger. Forsikringer udbetales endvidere, når der er sket skade, og der er ikke umiddelbart nogen incitamenter i at forebygge eller tilpasse sig til klimaændringerne, med mindre der kan opnås reduktion i forsikringspræmien, eller forsikringsselskaberne kun vil forsikre ejendomme, der er beskyttet til et vist niveau. Individuelle forsikringer indeholder heller ingen incitamenter til at skabe kollektive og helhedsorienterede løsninger, men vil i stedet fordre suboptimering af hver enkelt ejendom.

Den nuværende forsikringsordning i Danmark er kollektiv og baseret på et bidrag fra alle med en husforsikring. Ordningen administreres af Stormrådet, der udbetaler store summer til dækning af tab, men ikke til forebyggende foranstaltninger. Denne ordning kunne ændres/suppleres med en pulje, som kan anvendes til medfinansiering af kystbeskyttelsesprojekter, der forebygger oversvømmelser for de ejendomme/områder, der har været ramt af oversvømmelser.

Den nuværende erstatningsmodel indeholder en reduktion i udbetalingen af erstatninger, hvis der gentagne gange sker oversvømmelse af en ejendom. Det anbefales at fastholde denne ordning, da modellen sikrer incitamenter til at forebygge skader.

Det anbefales at fastholde den nuværende kollektive forsikringsordning, men at fokusere på, at udbetalingen af erstatninger efter oversvømmelser også kan benyttes til at forebygge, at der sker oversvømmelser igen. Erstatningen bør derfor også kunne gives til tilpasningsforanstaltninger og ikke kun til opførelse af fx den skadede ejendom til samme tilstand og beskyttelsesniveau som før skaden.

3.4 Planlægning

En vigtig del af klimatilpasningen er en helhedsorienteret og langsigtet planlægning, så der kan skabes synergi mellem forskellige projekter og tiltrækkes investorer, der kan bidrage til udviklingen af og tilpasningen til havvandsstigninger og øgede stormfloder. En del af opgaven for et statsligt organ, som beskrevet under afsnittet om organisering, er at udarbejde en fælles kystsikringsstrategi og udstikke nationale retningslinjer for den fremtidige tilpasning til udviklingen i

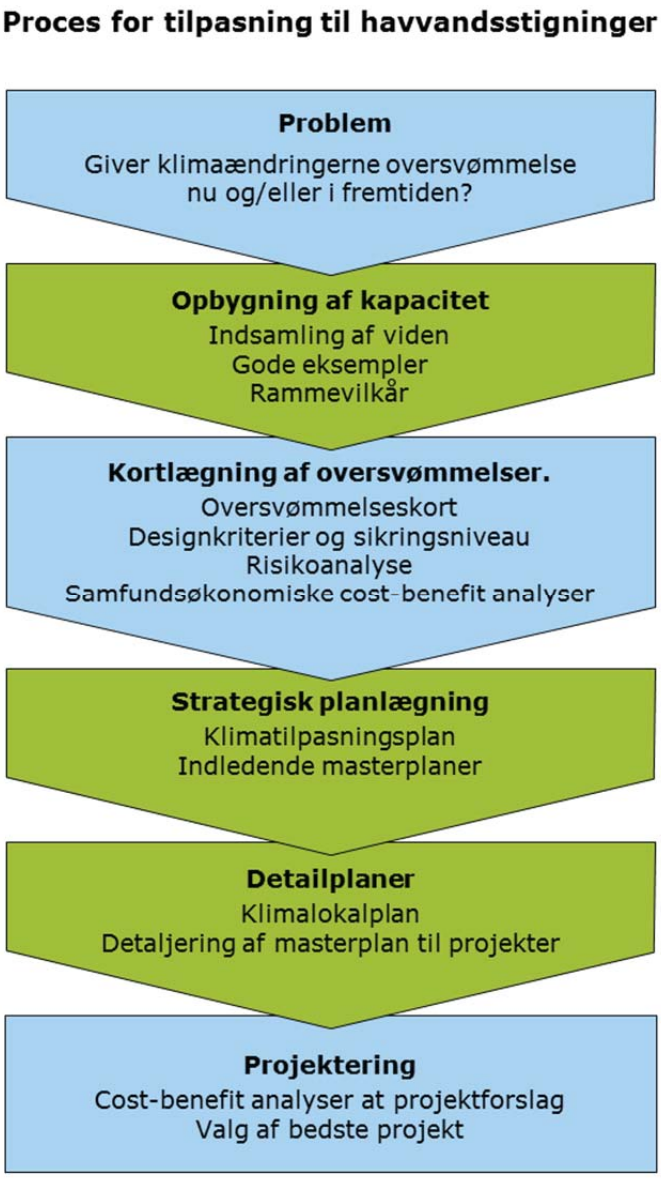
havvandsstanden. Disse retningslinjer skal ligge til grund for kommunernes klimatilpasningsplaner/kommuneplaner og for de efterfølgende lokalplaner.

Kommunerne, som er omfattet af de 10 områder, som Staten har udpeget som risikoområder i forhold til oversvømmelser, skal i 2015 have udarbejdet risikostyringsplaner. De udpegede områder er de højst prioriterede områder i Danmark, men det anbefales, at et lignede arbejde udføres for de øvrige kyststrækninger i Danmark, og at kommunerne indarbejder risikostyringen i forhold til oversvømmelser som en del af deres klimatilpasningsplaner.

Med ændringerne i Planloven i 2012 kan klimatilpasning indgå som et tema i lokalplanerne, og der kan udarbejdes klimalokalplaner for større områder, for fx at begrænse byggeri og anlæg i oversvømmelsestruede områder. Det anbefales at udvide planloven, så der bliver mulighed for at skabe udvidet adgang til at etablere nye byområder eller sommerhusområder til erstatning for områder, hvor omkostninger til at beskytte de eksisterende ejendomme er for store i forhold til de værdier, der opnår beskyttelse. Dette kan være med til at modvirke tab og stavnsbinding for husejere i et sådant område, hvor der ikke gennemføres beskyttelse.

4. FORSLAG TIL OPBYGNING AF KAPACITET

Processen med at udvikle og etablere løsninger til tilpasning til stigende havvandstande er skitseret på diagrammet i figur 4.1.



Figur 4.1 Forslag til proces for tilpasning af havvandstigninger i et givent område eller for et givent projekt.

I Danmark har de fleste kommuner i forbindelse med klimatilpasningsplanerne og risikostyringsplanerne for oversvømmelser identificeret problemerne med oversvømmelser fra havet og er gået i gang med kortlægningen. Dette omfatter primært udarbejdelse af oversvømmelseskort og risikoanalyse på et overordnet niveau. Der er dog stadig et stort behov for at udvikle kapaciteten hos organisationer og kommuner for at sikre, at tilpasningen til de fremtidige klimaændringer bliver integreret i projekter og byudvikling. Med kapacitet menes en kommunes eller anden aktørs evne til at kunne designe og etablere klimatilpasningsstrategier og løsninger, så skaderne ved oversvømmelser minimeres, nye muligheder udnyttes, og eventuelle konsekvenser overkommes.

For at sikre, at beslutningstagere træffer de rigtige beslutninger, hvor der er taget højde for at sikre og tilpasse områder, ejendomme, infrastruktur mv. til de fremtidige havvandsstigninger i hele projekternes levetid, er det målet at bringe så mange beslutningstagere op på et niveau med medium kapacitet. Sammenfattende gælder følgende forhold for at øge kapaciteten eller fortsat udvikle organisationer, der allerede har en høj kapacitet.

- For organisationer med lav eller meget lav kapacitet, bør der være økonomiske 'gulerødder og stokke' for at stimulere til handling. Disse kan effektivt blive gennemført ved projektfinansiering. Det vil sige, at projekterne vurderes i forhold til at leve op til retningslinjerne for at kunne få offentlige midler eller for ikke i tilstrækkelig grad at identificere og imødegå kystnære risici og forslag, der kan tiltrække midler til beskyttelsesforanstaltninger.

- For organisationer med lav kapacitet, bør der stilles omfattende støtte til rådighed til at hjælpe med at tage de første skridt.

- Til organisationer med medium kapacitet, bør der være støtte til professionalisering. Dette kan være i samarbejde med branchens organisationer. Det anbefales især at udvikle professionelle definitioner af god praksis for at øge robustheden af klimatilpasningsløsningerne.

- Organisationer med høj og meget høj kapacitet er afhængige af, at der er stærke rammevilkår for andre organisationer, der har meget lav, lav og mellem kapacitet, for at fremme disses deltagelse i bredere initiativer, som igangsættes af organisationer med høj kapacitet. For organisationer med høj kapacitet i særdeleshed, bør der også være støtte til innovative projekter og en søgning efter barrierer for innovation, således at disse kan minimeres.

- For organisationer med meget høj kapacitet, bør der endvidere være et udpeget organ, som selv har høj kapacitet, til at føre tilsyn med og løbende forbedre systemet for klimatilpasning og robusthed i Danmark. Dette organ bør være ansvarlig for læring på tværs af organisationer og bør selv bruge avancerede læringsmetoder.

I det følgende er der givet et forslag til, hvordan opbygning af kapaciteten kan foregå i Danmark. Forslagene er bygget op omkring 4 forskellige fronter, hvor der kan sættes ind.

Kommunale planer og risikovurderinger
Kommunerne har allerede ansvar for at udarbejde risikovurderinger for oversvømmelse og for at udarbejde klimatilpasningsplaner, klimalokalplaner og i udpegede områder også risikostyringsplaner for oversvømmelser i henhold til EU's oversvømmelsesdirektiv. Men niveaet for at gennemføre disse er ikke helt klart, når det drejer sig om havvandsstigninger og stormfloder.

Det anbefales, at der gives vejledning i, hvordan risikovurderingerne gennemføres på grundlag af forskellige scenarier indtil to-tre meter stigning i havniveauet, og at der stilles passende teknisk rådgivning til rådighed til at hjælpe med at fortolke scenarierne og fastsætte fornuftige sikringsniveauer. Risikovurderingerne bør revideres fx hvert 10. år, hvor nye scenarier for havvandsstandsstigninger inddrages. Det anbefales endvidere, at der udarbejdes en vejledning og eksempler på klimalokalplaner og "best practice" for at planlægge klimatilpasning i forhold til havvandsstigninger.

Gradvis integration af klimatilpasning i offentligt finansierede projekter
Der er ingen grund til, at offentligt finansierede projekter skal undlade at tage hensyn til risici fra vandstandsstigning i deres levetid, og undgå at træffe passende tilpasningsforanstaltninger. Ved ikke at gøre det, kan det betragtes som ikke at udvise rettidig omhu, i betragtning af den stadigt voksende forståelse af risikoen for havvandstandsstigninger. Men på nuværende tidspunkt vil

mange beslutningstagende organisationer ikke have kapacitet til at træffe de rigtige beslutninger. Følgende progressive tilgang anbefales:

1. På den årlige Finanslov afsættes midler til at klimatilpasse prioriterede kystnære projekter. Det er frivillige initiativer, og der er derfor ikke krav til de kystnære kommuner om at søge midlerne (dvs. dette er en potentiel "gulerod"). Kriterierne for at få adgang til en sådan finansiering kan udvikles af forskellige styrelser, hvoraf Kystdirektoratet kunne være en. Det anbefales, at der i de næste tre år fastlægges kriterier for finansiering, hvor projekterne altid omfattes af en risikovurdering i forhold til havvandsstandsstigninger og stormfloder og nødvendige beskyttelsesforanstaltninger. Det ville give et incitament for organisationer med lav kapacitet til at begynde arbejdet og ville give dem tid til at opbygge nogle grundlæggende kompetencer.

2. Efter tre år bør disse kriterier strammes til også at omfatte behandling af risici fra havstigning set **over projektets levetid**, så de investerede økonomiske midler er sikret bedst muligt. Denne stramning af reglerne bør annonceres med det samme, men bør ikke indføres før om fx tre år. Det ville give et passende incitament (igen en gulerod) for organisationer med medium niveau til at tage det næste skridt, og samtidig sikre, at organisationer, der ikke har grund til at gå ud over medium kapacitet, ikke bliver nægtet adgang til midler til deres projekter.

3. Efter yderligere tre år bør de ovennævnte processer trinvis indføres for alle offentligt finansierede projekter (uanset om det er lokalt finansierede projekter eller projekter, der finansieres af staten eller regionale instanser). Dette kan ses som hensigtsmæssigt og nødvendigt for at yde rettidig omhu for de offentlige midler.

4. Samtidig bør de samme krav sættes over for midler, der gives af finansielle institutioner til offentlige eller offentlig-private-partnerskaber vedrørende kystnære projekter. Disse ordninger bør på forhånd annonceres i god tid for at give organisationerne tid til at forberede sig. Tidligere projekter har vist, at de finansielle institutioner har lavere kapacitet (ofte betydeligt lavere) end kommunerne, og de derfor har brug for tid til at forberede sig.

5. Ovennævnte (1 til 4) giver en fremadskridende proces, der er hensigtsmæssig for at udvikle og integrere medium kapacitet og derefter gå videre til høj kapacitet (om nødvendigt) over tid. Det er primært rettet mod nuværende organisationer med meget lav, lav og medium kapacitet. Det er mindre egnet til eksisterende organisationer med høj kapacitet. For at stimulere disse, anbefales det, at Folketinget overvejer at øremærke midler til banebrydende undersøgelser og forskning, der kan gives til konkurrencedygtige demonstrationsprojekter. Disse kan være projekter til at imødegå nye sociale, økonomiske eller miljømæssige udfordringer, der kan forventes fra de fremtidige havvandsstigninger.

6. Finansieringsorganer som fx Realdania kan indføre lignende kriterier for at finansiere projekter.

Kapacitets task force

Organisationer med lav og medium kapacitet vil kræve passende støtte. Denne kan udvikles og indføres trinvist i lighed med processen ovenfor. Det anbefales, at der indføres en kapacitets task force, der kan yde støtte og i første omgang fokusere på at hjælpe organisationer til at handle efter ovennævnte incitamenter. Task forcen kunne fx levere følgende:

- Enkle retningslinjer for de tidligste processer, og en udvikling i ambition for de senere af dem.
- Uddannelse af folk, der ønsker at søge disse midler og benytte sig af incitamenterne.
- "Træn træneren" øvelser".
- Decentrale videndelingsnetværk til støtte og læring fra andre. Med tiden vil disse naturligt udvikle sig til progressive retningslinjer for tilpasning til havstigning.
- Dette vil naturligt føre til akkreditering af organisationer og enkeltpersoner

- Læringsprocesser, måske organiseret omkring netværk, vil give vigtig indsigt for organisationerne og gøre dem ansvarlig for selv at opdatere rammevilkårene.

Udvikling af rammevilkårene

Opgaven med at gennemgå og revidere rammevilkårene er en vigtigt del, der dog sandsynligvis vil tage noget tid. Det anbefales, at et organ med meget høj kapacitet etableres til at lede denne proces, og - via de relevante kanaler – præsentere konklusioner og anbefalinger for politikerne. Organet skal sandsynligvis dannes af en række eksisterende danske organisationer, der hver især har vist et eller flere aspekter af den nødvendige kapacitet.

Arbejdet i denne organisation vil ikke være færdiggjort med en revision af kystbeskyttelsesloven eller anden relevant lovgivning. Løbende revisioner ville være påkrævet i fremtiden. Det kræver etablering af systematiske læreprocesser til at identificere barrierer og andre problemer, der skal løses gennem udvikling af selve rammevilkårene og på andre måder.

Disse avancerede læreprocesser vil være mulige for mange organisationer. Organisationer med høj kapacitet, det vil sige dem, der reagerer på udfordringen med de fremtidige scenarier for havvandsstandsstigninger, vil blive særligt tiltrukket af og kunne drage nytte af en sådan læreproces, og de kan søges specielt for at give input til processerne med udvikling af rammevilkårene.

5. VÆRKTØJER TIL STRATEGISK PLANLÆGNING

Erfaringer fra andre lande, der har arbejdet længe med kystsikring og tilpasning til fremtidige havvandsstigninger, er, at arbejdet skal foretages med lange planlægningsperioder, og at der skal tænkes helhedsorienteret og multifunktionelt. Fokus på multifunktionalitet sikrer, at kystsikringen kan integreres i andre samfundsmæssige investeringer, og at projekterne bliver interessante for investeringer fra andre aktører. Det anbefales derfor, at der udvikles og arbejdes med forskellige værktøjer og metoder, der kan være med til at identificere de steder i et projekt, hvor der er mulighed for at inddrage andre aktører og skabe multifunktionalitet.

Der er i udredningen beskrevet to forskellige metoder til strategisk planlægning, som kan benyttes i Danmark. Det er:

- Resilience Pathway 2.0,(CAFCA: Climate Adaptation Financing Coastal Areas)
- Triggerplanlægning, (Rambøll)

Begge metoder bygger på at inddrage andre investorer i udviklingen af et område eller et projekt, så de kan se en fordel i at være med til at indrette området, så det kan modstå fremtidige klimændringer og havvandsstigninger i stedet for, at der på et senere tidspunkt skal gennemføres kystbeskyttelse for at forhindre oversvømmelser af områder, der ikke er indrettet hensigtsmæssigt. Metoderne bygger på at inddrage andre interessenter og potentielle finansieringskilder tidligt i processen, allerede i de første idé- og planlægningsfaser. Målet er, at fx kommunerne har overblikket og ansvaret for strategien og foretager strategiske mindre investeringer, men at andre generelt deltager i udviklingen og finansieringen. I det følgende beskrives de to metoder kort.

5.1 Resilience Pathway 2.0

Resilience Pathway 2.0 er et strategisk planlægningsværktøj udviklet af CAFCA (Climate Adaptation Financing Coastal Areas) til at udvikle byer og lokalområder. Værktøjet er samtidig en forretningsmodel, hvor der i processen identificeres områder og investeringsmuligheder, hvor der er mulighed for at inddrage andre investorer og skabe multifunktionalitet, hvor andre projekter og anlæg kan bidrage til at klimatilpasse byområdet. Metoden består af 4 faser fra den indledende screening af udfordringer og løsningsmuligheder til udførelse af klimatilpasningsprojektet. De 4 faser er vist på figur 5.1 og beskrevet i teksten nedenfor.

Figur 5.1 Oversigt over de forskellige faser i Resilience Pathway 2.0.

Fase 1: Scoping.
Formålet med scoping fasen er at udarbejde en første overordnet plan, hvor udfordringerne med oversvømmelser er tydeliggjort, og hvor potentielle muligheder for udvikling og løsninger for tilpasning er listet op. Scopingfasen består af:

- En beskrivelse af områdets anvendelse, de fremtidige planer og mål for området samt områdets andre udfordringer fx socialt og miljømæssigt
- En kortlægning af områdets sårbarhed over for oversvømmelser og en beskrivelse af mulige beskyttelsestiltag.
- En beskrivelse af rammevilkårene for klimatilpasning i området og den nødvendige indsamling af viden og udvikling af kapacitet for at kunne gennemføre klimatilpasningen.

Fase 2: Optimering
Formålet med optimeringsfasen er at finde de dele af planen og projektet, hvor det vil være attraktivt for private eller andre offentlige organisationer at investere i projektet. I denne fase udvikles businessplaner i et tæt samarbejde mellem teknikere, planlæggere og finansieringsfolk. Optimeringsfasen indeholder en beskrivelse af de mulige løsninger på skitseniveau, socio-økonomiske cost benefit analyser samt en beskrivelse af finansieringsmulighederne for de mest realistiske løsningsmuligheder.

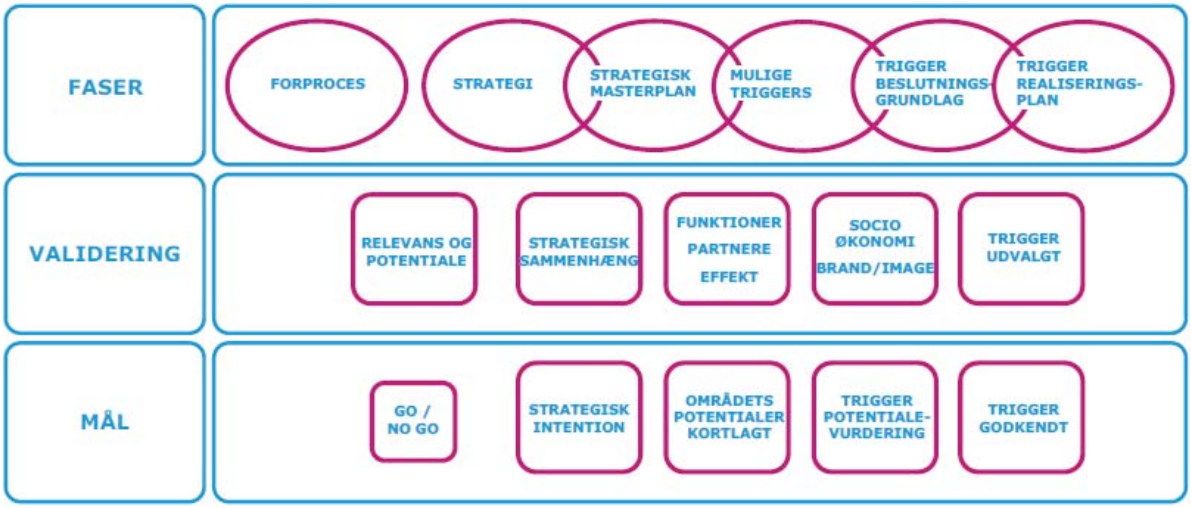
Fase 3: Strukturering af aftaler
Formålet med struktureringsfasen er en detaljering af projekterne i forhold til teknik, nødvendige tilladelser, aftaler om konkret finansiering, beskrivelse af kontrakter og styring af projekterne.

Fase 4: Projektimplementering
Formålet med projektimplementeringsfasen er at få lagt en plan for en god gennemførelse af klimatilpasningsprojekterne. Disse er ofte nye typer projekter, hvor hovedformålet er klimatilpasning og underformålet måske er det synlige anlæg (en ny vej). Endvidere skal der udarbejdes vedligeholdelsesplaner og ændringer af projektet, hvis klimaændringerne bliver anderledes, end den nuværende viden forudsiger. En sidste vigtig ting er at planlægge, hvordan læring og demonstration kan inddrages i projekterne, så de kan være med til at øge kapaciteten hos kommuner og andre organisationer.

5.2 Triggerplanlægning

Triggerplanlægning er en tilgang, hvor der arbejdes strategisk, målrettet og helhedsorienteret. Kommunens investeringer bliver mere målrettede og får mere nålestikskarakter og fungerer som trigger for andres investeringer. Formålet er at identificere en eller flere strategiske investeringer, som hver især er relativt små, men som åbner op for et område, for nye perspektiver eller for en ny udvikling.

Triggerprocessen forgår mest optimalt i de tidlige strategiske faser og i visse tilfælde flere år forud for selve projektet. Triggerprocessen består af 6 faser, som hver rummer valideringer, og som hver har deres konkrete målsætninger. Triggerprocessen er beskrevet i tekst nedenfor, og den er vist skematisk på figur 5.2.



Figur 5.2 Skematisk oversigt over processen for Triggerplanlægning.

Forproces

Forprocessen er en intern proces i kommunen eller anden organisation, hvor det vurderes, om et triggerforløb er den rette form for det givne projekt med fx klimatilpasning og kystbeskyttelse. Et triggerforløb er kendetegnet ved, at der er tale om et strategisk forankret projekt, der forholdsvist hurtigt og med en beskeden investering kan medvirke til at åbne op for andre aktører, der har udviklingskraft og midler i forbindelse med større efterfølgende investeringer. Målet er at kunne igangsætte en triggerproces eller en anden indsats på et oplyst grundlag.

Strategi

Fokus i den strategiske fase er at udstikke retning, ambition og intention ved at identificere og optimere de strategiske sammenhænge. Den gode strategiske intention er åben, visionær og udfordrende. Ligeledes er det vigtigt, at den strategiske intention åbner op for det multifunktionelle og for andre perspektiver end kommunens. Eksempelvis skal både en kommune og en developer kunne realisere deres egen strategier via projektet.

Strategisk masterplan

Udarbejdelse af en strategisk masterplan er første fase, hvor arbejdet med projektet kobles til det fysiske område – fx udvikling af et havneområde. Arbejdet med den strategiske masterplan fokuserer på at idéudvikle området på måder, hvor mest muligt fra den strategiske intention kan integreres. Denne fase bør holdes åben og involverende, også fordi det ofte er kommende brugere, som bibringer projektet de idéer og funktioner, som både giver området kant, og som gør planen nærværende. I denne fase evalueres effekten af projektet på businesscase niveau fx ved socioøkonomiske beregninger, så områdets potentialer kan kortlægges, vurderes og prioriteres.

Mulige triggere

Med udgangspunkt i den strategiske intention screenes den strategiske masterplan for mulige triggere. Disse beskrives, og deres potentiale og effekt vurderes ud fra socioøkonomiske beregninger og ud fra deres betydning for branding og områdets image. Der skal være fokus på at finde flest mulige potentialer i området, samt indkredse hvorledes triggerinvesteringen kan udløse potentialer.

Trigger beslutningsgrundlag

De eller den udvalgte trigger beskrives, således at der er grundlag for beslutning, politisk indstilling, kommunikation, aftale med aktører og andre samarbejdspartnere mv. Der skal udarbejdes et realistisk og solidt plan- og beslutningsgrundlag, og den strategiske intention og effekt af triggerprojektet skal være tydeligt forklaret.

Trigger realiseringsprojekt
Sidste fase rummer den egentlige projekt- og realiseringsplan for, hvordan triggerprojektet skal udføres i praksis. Her arbejdes med et højt detaljeringsniveau mht. budgetter, tidsplaner, risikostyring osv.

5.3 Anbefalinger

Erfaringer fra udlandet viser, at det er yderst vigtigt med en god, strategisk planlægning for bedst muligt at få integreret klimatilpasning til havvandsstigninger i andre projekter og få skabt multifunktionelle løsninger og udvikling af områder, så de er tilpasset klimaændringerne.

Det anbefales derfor at videreudvikle og bruge værktøjer til strategisk planlægning i Danmark og i udviklingen af kystområder. På denne måde kan kystbeskyttelse og udviklingen af byen og andre lokalområder foregå helhedsorienteret efter en overordnet plan, og hvor der netop er mulighed for at sammentænke kystbeskyttelsen med andre investeringer og anlægsprojekter i området.

Som et led i at udvikle kapaciteten i Danmark til at arbejde med klimatilpasning i et foranderligt klima anbefales det at udarbejde eksempler og demonstrationsprojekter, hvor værktøjer til strategisk planlægning er brugt. Det anbefales, at brugen af værktøjerne bliver beskrevet og dokumenteret, så erfaringerne, deres virkemåder samt fordele og ulemper bliver formidlet til andre.

6. FASTLÆGGELSE AF SIKRINGSNIVEAU

Der er ikke fastsat et nationalt sikringsniveau i Danmark eller udarbejdet fælles retningslinjer for, hvordan et sådant sikringsniveau skal fastlægges af de lokale myndigheder. Tendensen har primært været at sikre de områder, der netop har været ramt af en stormflod, og at fastlægge sikringsniveauet til "lige over" den hændelse, der netop var indtruffet det pågældende sted.

Den hidtidige praksis i Danmark og erfaringer fra andre lande viser, at der er flere forskellige måder at fastlægge et fornuftigt sikringsniveau på, der også tager hensyn til udviklingen i havvandsstigning og øgede stormfloder. Udredningen har vist, at der blandt kommuner og andre aktører, der arbejder med klimatilpasning i forhold til havvandsstigninger, er et ønske om at få fastlagt retningslinjer for sikringsniveauer som støtte for beslutninger i forhold til kystsikring og byudvikling.

Arbejdet med udredningen har vist, at en samfundsøkonomisk metode til bestemmelse af niveauet for kystsikring er den mest fordelagtige måde i forhold til at opnå "mest sikkerhed for investeringerne". Den samfundsøkonomiske model har yderligere det fortrin, at den meget enkelt kan tilpasses til at tage hensyn til eksterne omkostninger eller benefits som herlighedsværdier, turisme, sundhed mv.. Dette gøres ved at omdefinere kystsikringsomkostningerne til at inkludere nutidsværdien af sådanne værdier eller omkostninger.

Der er i byer med relativt høje investeringsomkostninger en klar tendens til en lavere samfundsøkonomisk forrentning af kystsikringsinvesteringerne. Den samfundsøkonomiske model medfører, at der sker flere oversvømmelser, end hvis der blev sikret til fx en standard kote svarende til en 100 års hændelse. Dette peger på, at der i valget mellem forskellige modeller til bestemmelse af et hensigtsmæssigt kystsikringsniveau må tages et valg mellem en høj samfundsøkonomisk rentabilitet eller en høj sikkerhed for (evt. små) oversvømmelser.

6.1 Anbefalinger

Udredningen har vist, at der ikke er en meget stor forskel på resultaterne af at bruge forskellige modeller til at fastsætte et sikringsniveau. Der er dog en klar samfundsøkonomisk gevinst ved at bruge den samfundsøkonomiske model, hvorfor det anbefales at lægge denne til grund for fastsættelse af et sikringsniveau i Danmark.

Københavns Kommune har gennemført samfundsøkonomiske analyser og givet forslag til designkoter for forskellige typer arealanvendelse alt efter, hvor stor risikoen er for skader ved oversvømmelser. Denne praksis kan gennemføres for alle kystområder. Beregningerne skal dog gennemføres for hvert kystområde, da havvandsstigninger og stormfloder varierer markant, alt efter hvilken kyststrækning der betragtes.

Der er ikke i beregningerne taget hensyn til et eventuelt samfundsmæssigt ønske om at undgå store oversvømmelser med særligt drastiske konsekvenser. Et sådant hensyn vil kunne inddrages i den samfundsøkonomiske model ved at forøge de estimerede skadesomkostninger med en risikofaktor, som evt. kan være eksponentielt stigende, således at de største skadesomkostninger får en større vægt, og dermed genererer et højere optimalt sikringsniveau.

For at udvikle og gøre metoderne til fastlæggelse af et fornuftigt sikringsniveau mere sikre, kan der arbejdes videre med følgende:

- Undersøge metodernes følsomhed over for:
  - Usikkerhed på havvandsstigninger
  - Anlægsomkostninger
  - Skadesomkostninger
  - Diskontering

- Regne på omkostninger til sikring af de enkelte ejendomme.
- Foretage mere detaljerede beregninger af anlægs- og driftsomkostninger af løsninger/metoder til klimatilpasning i forhold til havvandsstigninger.
- Kortlægge og indregne ”bløde” værdier og synergiomkostninger (både positive og negative) i beregningerne.
- Indregne udvikling af byerne set over de næste 100 år. I udredningen er det forudsat, at byerne ikke udvikler sig, men byudviklingen kan både få positiv og negativ påvirkning på de samfundsøkonomiske beregninger.

7. HANDLINGSPLAN

I nedenstående tabel er de beskrevne anbefalinger og konkrete forslag til handlinger opsummeret og prioriteret i forhold til de, der umiddelbart kan og bør sættes i gang og de, der kan gennemføres på længere sigt.

Aktivitet	Tidsplan	
	0-3 år	> 3 år
Organisering		
Igangsætte proces og debat om en ny organisering af den fremtidige kystsikring i Danmark.	x	
Definere klare roller for aktørerne: staten, kommuner, private selskaber og grundejere.	x	
Finansiering		
Udvikle nye finansieringsmodeller med klar lovgivning og vejledninger om hvem og hvordan finansieringen kan fordeles og fremskaffes.	x	
Oprette en fond/statslig pulje til medfinansiering af demonstrationsprojekter og udvikling af nye multifunktionelle kystbeskyttelsesmetoder.	x	
Undersøge muligheden for at Stormrådets katastrofeordning kan udvides til at give bidrag til forebyggende tiltag.	x	
Undersøge muligheden for at opkræve finansiering via skatter og/eller takster.	x	
Undersøge muligheden for at bruge OPP i klimatilpasningsprojekter.	x	
Forsikring		
Undersøge muligheden for, at erstatninger fra stormflodsrådets forsikring også kan bruges til forebyggelse og tilpasning og ikke kun til erstatning for de tabte værdier.	x	
Planlægning		
Fastlægge minimumskriterier for sikringsniveauer evt. differentieret for de enkelte kyststrækninger.	x	
Opdatere risikovurderinger og revurdering af sikringsniveauer.		x
Prioritere kyststrækningen – hvor skal der beskyttes, og hvor skal kysten udvikle sig dynamisk.	x	
Inddele kyststrækningen i ensartede områder efter sikringsniveau og med incitamenter til samarbejde mellem kommuner og aktører.	x	
Udarbejde en fælles kystsikringsstrategi og nationale retningslinjer for kystbeskyttelse.	x	
Udpege risikoområder for samtlige kyststrækninger i Danmark i lighed med udpegningen i henhold til EU´s oversvømmelsesdirektiv.	x	
Udvidede mulighederne i planloven til at etablere nye byområder og sommerhusområder som erstatning for områder, hvor det ikke er rentabelt at beskytte værdierne.		x
Videreudvikle og bruge værktøjer til strategisk planlægning.	x	
Udarbejde eksempler og inddrage læring fra projekter, hvor strategisk planlægning har været brugt. Formidling til andre aktører.		x
Opbygning af kapacitet		
Udarbejde vejledning i risikovurdering og fastsættelse af sikringsniveauer i de enkelte kommuner samt i best pratice for klimatilpasning i forhold til havvandsstigninger.	x	
Afsætte offentlige midler, som øremærkes klimatilpasningsprojekter, hvor det er dokumenteret, at der er udført risikovurdering og foranstaltninger til kystbeskyttelse.	x	

Aktivitet	Tidsplan	
	0-3 år	> 3 år
Stramme den offentlige ordning, så det er dokumenteret, at projekterne er tilpasset til klimændringerne set over hele projektets levetid.		x
Indføre krav om, at finasiering fra finansielle institutioner kun kan gives til projekter, der er tilpasset klimaændringer i hele projektets levetid.		x
Afsætte midler til finansiering af nye banebrydende undersøgelser og forskning fx til at imødegå nye sociale, økonomiske eller miljømæssige udfordringer som følge af fremtidige havvandsstigninger.		x
Oprette en task-force til formidling af viden og som facilitator for kommunerne og andre aktører.	x	
Opbygge systematiske læringsprocesser til at identificere barrierer og andre problemer, så rammevilkårene kan tilpasses ændringerne.		x
Evaluere nye rammevilkår og evt. tilpasning.		x
Indsamle erfaringer og viden om funktion og teknisk design af forskellige anlæg/metoder til klimatilpasning og udbrede denne viden i en vejledning om best practice.		x
Fastlæggelse af sikringsniveau		
Udarbejde retningslinjer og vejledninger til at fastlægge et sikringsniveau for oversvømmelser fra havet baseret på samfundsøkonomiske analyser.	x	
Forbedre metoden ved at forbedre datagrundlaget og input til beregningerne fx omkostninger til sikring af de enkelte huse samt indregne bløde værdier og synergiomkostninger.	x	