



## Teknologier til kystsikring i dansk kontekst

PIXI-rapport

**Faragò, Maria; Rasmussen, Eva Sara; Fryd, Ole; Nielsen, Emilie Rønde; Kleffel, Kristine Vik; Arnbjerg-Nielsen, Karsten**

*Publication date:*  
2019

*Document Version*  
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Faragò, M., Rasmussen, E. S., Fryd, O., Nielsen, E. R., Kleffel, K. V., & Arnbjerg-Nielsen, K. (2019). *Teknologier til kystsikring i dansk kontekst: PIXI-rapport*. Vand i Byer.

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Teknologier til kystsikring i dansk kontekst

## PIXI-rapport

TEKNOLOGIER TIL KYSTSIKRING I DANSK KONTEKST - PIXI-RAPPORT.

RETTIGHEDER TIL RAPPORTEN: VAND I BYER - INNOVATIONSNETVÆRK FOR KLIMATILPASNING, TAASTRUP, DENMARK - DTU - KØBENHAVNS UNIVERSITET - REGION HOVEDSTADEN - GOTTLIEB PALUDAN ARCHITECTS.

FÖRFATTERE: FARAGÒ, M., RASMUSSEN, E.S., FRYD, O., NIELSEN, E.R., KLEFFEL, K.V. OG ARNBJERG-NIELSEN, K.

RETTIGHEDER TIL FOTOS: ANGIVET PÅ HVERT ENKELT BILLEDE. FORSIDE- OG BAGSIDEBILLEDE: VIGGO LIND

REDAKTION OG GRAFISK TILRETTELÆGGELSE: EVA SARA RASMUSSEN. FEBRUAR 2019.

TRYKNING: REGION HOVEDSTADEN. 1. UDGAVE: 25. FEBRUAR 2019.

*Indledning 04*

*Historisk gennemgang af kystsikringsteknologier - tendenser og mønstre 07*

*Kystens og kystbyernes rolle 15*

*Holistiske kystbeskyttelsesmål og multikriterier for kystbeskyttelse 19*

*Projektets konklusioner 21*

*Kystbeskyttelsen til debat 23*

*Centrale problemstillinger 29*

*Partnerskab 30*



VIDÅSLUSEN I TØNDERMARSKEN, FOTO: EVA SARA RASMUSSEN.

## Indledning

Denne rapport tager udgangspunkt i projektet "Coastal protection technologies in a Danish context", der blev gennemført af forfatterne af denne rapport i regi af innovationsnetværket Vand i Byer.

Formålet med projektet "Coastal protection technologies in a Danish context" har været at spore de fremherskende tendenser i kystbeskyttelsesteknologier i Danmark og sætte disse tendenser i en international sammenhæng.

Projektets undersøgelser bygger på en lang række forudgående rapporter og to workshops med fagspecialister. Undersøgelserne er ikke en udtømmende liste over kystbeskyttelsesprojekter i Danmark; men tjener snarere som vejledende for de overordnede tendenser i tilgangen til kystbeskyttelse. I projektet er eksemplerne klassificeret ved at kategorisere dem:

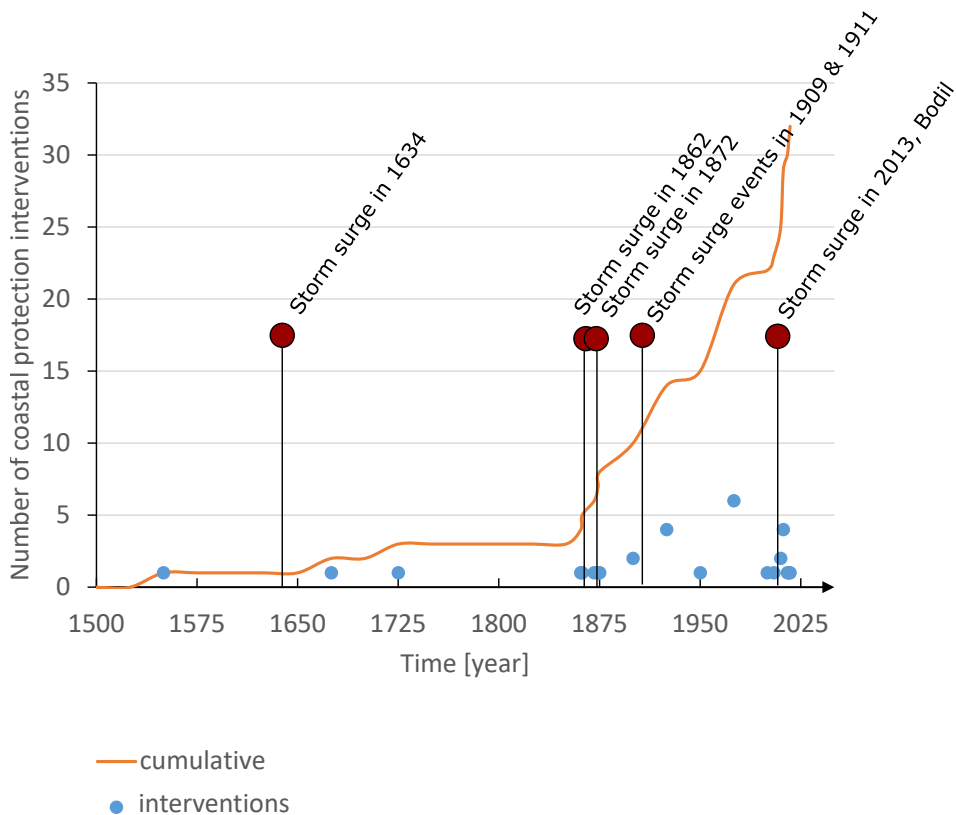
- Historiske: Projekter gennemført før år 2000;
- Nyeste: Projekter gennemført mellem 2000 og 2017 (undersøgelsesår);
- Fremtidige: Projekter der er planlagt at blive gennemført efter år 2017.

I stedet for et katalog over teknologier præsenterer vores gennemgang kronologisk de kystbeskyttelsesinterventioner, der udvikles i hver af de tre ovenfor definerede perioder i Danmark og i den internationale kontekst. For hvert gennemgået kystbeskyttelsesprojekt blev følgende oplysninger noteret: Typen af kystbeskyttelsesproblem, typen af teknisk løsning, den geografiske placering og gennemførelsesår.

Den type problem, der behandles af kystbeskyttelses anlægget, følger de tre definitioner: stormflod, havniveaustigning og kysterosion.

I omtalen af de tekniske løsninger skelnes mellem strukturelle og ikke-strukturelle løsninger:

De strukturelle løsninger omfatter en række hårde kystbeskyttelsesløsninger, bløde kystbeskyttelsesløsninger eller en kombination af begge dele; mens ikke-strukturelle løsninger indebærer midlertidige løsninger som "watertubes", mobile barrierer og en planlagt tilbagetrækningstilgang. Hårde beskyttelsesteknologier afspejler en traditionel ingeniørfaglig anlægsteknik. Bløde løsninger afspejler mere landskabsbaserede tilgange.



KYSTBESKYTTELSESIINDSATSER I EN DANSK KONTEKST FRA ÅR 1500 TIL I DAG SAMMEN MED TEGN PÅ EKSTREME STORMFLODHÆNDELSER (ORANGE PRIKKER). FIGUREN ER UDARBEJDET AF MARIA FARAGØ.

# Historisk gennemgang af kystsikringsteknologier - tendenser og mønstre

AF MARIA FARAGÒ, OLE FRYD, EVA SARA RASMUSSEN, EMILIE RØNDE NIELSEN, KRISTINE VIK KLEFFEL OG KARSTEN ARNBJERG-NIELSEN

For at danne et fundament for diskussionen om kystbeskyttelse i Danmark har innovationsnetværket Vand i Byer initieret en historisk gennemgang af kystbeskyttelsesteknologier med henblik på at spore og analysere fremherskende tendenser i tilgangen til kystbeskyttelse og hvordan kystbeskyttelsen har udviklet sig gennem tiden i både dansk og international kontekst.

Undersøgelsen er gennemført ved primært at gennemgå relevante nyere rapporter i forhold til dansk kystbeskyttelsespraksis (COWI, 2017; Rambøll 2015, 2017), suppleret med en bredere litteratursøgning og dialog med relevante aktører i Danmark. Resultatet præsenteres som en kronologisk gennemgang af de primære kystbeskyttelsesindsatser, der er implementeret igennem de seneste cirka 500 år, og er kategoriseret som hhv. historiske (1500-2000) og nyere (2000-2017) kystbeskyttelsesløsninger. For hver løsning er typen af teknologi blevet specificeret og hoveddrivkraften for løsningen er blevet analyseret.

Gennemgangen omfatter i alt 32 kystbeskyttelsesindsatser i Danmark og 19 internationale projekter.

## Historiske løsninger i en dansk kontekst

Forekomsten af ekstreme stormflodhændelser har været en vigtig drivkraft for gennemførelsen af kystbeskyttelse i Danmark (se figuren på modstående side). Historisk set (år 1500-2000) involverede de implementerede løsninger overvejende hårde teknologier som diger og sluser. Den tidligste kystbeskyttelse daterer sig tilbage til det 16. og 18. århundrede, og blev gennemført i de jyske kystområder. Årsagen var, at især Vadehavet var præget af meget intense stormflodshændelser, ikke mindst stormfloden den 11.-12. oktober 1634, hvilket ledte til opbygningen af digerne ved Gammel Frederikskog (1692) og Rudbøl Kog (1715) i Sydvestjylland.

Det 19. århundrede var også præget af hårde tekniske løsninger som diger og sluser - ofte forbundet med landvinding efter devisen 'hvad udad tabes, skal indad vindes' - såvel som hølfer og bølgebrydere som beskyttelse mod kysterosion f.eks. langs den jyske vestkyst.

Stormfloden i november 1872 ramte den sydlige del af Danmark kraftigt og forårsagede en ekstrem stigning i vandstanden i Østersøen og særligt omkring Køge Bugt, Lolland-Falster, det sydfynske øhav og langs Jyllands sydøstkyst. Det Lollandske Dige blev bygget umiddelbart efter denne katastrofale begivenhed og er en af de største inddigninger i Danmark. Et andet eksempel på landvinding og omdannelse af havbund til landbrugsjord er inddæm-





1  
Hård kystbeskyttelse



2



3  
Blød kystbeskyttelse



4



5  
Multifunktionel kystbeskyttelse



6



7  
Ikke-strukturel kystbeskyttelse



8

1: SJÆLLANDS NORDKYST, FOTO: EVA SARA RASMUSSEN, 2: LEMVIG HAVN, FOTO: MAD S KRABBE, 2013, 3: VÆRFT, FOTO: VADEHAV.DK 2006, 4: BIOLOGISK KYSTSİKRING, FOTO: GROUNDPLUG, 5: VEDBÆK NORDSTRAND, FOTO: EVA SARA RASMUSSEN, 6: KATWIJK, FOTO: LUUK KRAMER FOTOGRAFIE, AMSTERDAM, 7: GYLDENSTEEN STRAND, FOTO: VIGGO LIND, 8: ROSKILDE HAVN, FOTO: ROSKILDE KOMMUNE.

ningen af Gyldensteen Fjord på Fyns nordkyst, der blev påbegyndt i 1871.

I begyndelsen af det 20. århundrede omfatter kystbeskyttelsen også hovedstaden København. Slusen mellem Sjælland og Amager indvies i 1903. Amager Strandparks første del blev bygget i 1934 som en kombineret hård og blød kystbeskyttelsesløsning. I 1943 følger Vestamagerdiget, der gennem indvinding skaber den 20 km<sup>2</sup> store Kalvebod Fælled. Køge Bugt Strandpark, der både er en højvandssikring og et kunstigt skabt rekreativt landskab, blev færdiggjort i 1979.

Mod slutningen af det 20. århundrede afbødes kysterrosionen på Vestkysten mellem Lodbjerg Fyr og Nymindegab nu primært ved hjælp af bløde kystbeskyttelsesløsninger i form af sandfodring.

### **Nyere løsninger i Danmark**

I de senere år (fra år 2000 til 2017) har drivkraften for kystbeskyttelsen primært været klimaforandringer, som medfører en stigning i havniveauet, og potentielt set også en øget risiko for ekstreme stormflodshændelser. Det er især aktualiseret af stormen Bodil i 2013 og en stigende erkendelse af, at visse boligområder ligger meget lavt i terrænet og er særligt udsatte for stormflod.

De nyere kystbeskyttelsesteknologier omfatter anvendelsen af hårde løsninger mod stormflod (diger, højvandsmure, sluser), mens sandfodring, bølgebrydere og høfder er de primære løsninger mod kysterrosionen. I forhold til de historiske beskyttelsesindsatser har de nyere løsninger i højere grad fokus på multifunktionalitet: f.eks. ved at kombinere beskyttelse, rekreation og forbedrede forbindelsen mellem kysten og byen.

Renoveringen af Nørresundby havnefront startede i 2010 og er et godt eksempel på multifunktionalitet, idet omlægningen af den 650 m lange kajkant gav mulighed for at forny det tidligere industriområde, gøre området mere attraktivt, grønnere og bedre forbundet med Limfjorden, samtidig med at kajkanten blev hævet.

Et andet eksempel er højvandsmuren i Lemvig, som blev bygget i 2012-2013 og fungerer som en barriere mod stormflod og havspejlsstigninger. Højvandsmuren er en hård teknisk løsning, men også et multifunktionelt element, der sikrer visuel kontakt mellem byen og vandet, tillader krydsende trafik og inviterer folk til ophold på trapper og bænke langs muren, mens belægningen er dekoreret med mosaikker af glas og keramik skabt af byens børn. Derudover er gulvkoten hævet i de nye bygninger på havneområdet.

Andre eksempler er f.eks. placeret i Aarhus, hvor en kombineret sluse, pumpestation og et subtilt indpasset dige blev indviet på havnen i 2015. I Fredericia startede en omdannelse af havnen i 2015, hvilket har medført opførelsen af en højvandsmur med beplantede skråninger. I 2016 åbnede Vejle en sluse og pumpestation, som integrerer et klimaprojekt,



HAMBORG HAVN, FOTO: EVA SARA RASMUSSEN.

et spildevandsprojekt og et byrumsprojekt i én samlet løsning.

Efter 140 år som inddæmet landbrugsareal blev Gyldensteen Strand i 2014 tilbageført som en kystlagune. Det var det første naturgenopretningsprojekt af sin art i Danmark. I stedet for at styrke digebeskyttelsen og øge afvandingen er havvandet inviteret tilbage igen for at mime det oprindelige fjordlandskab, der eksisterede før landvindingsprocessen gik i gang.

### **Løsninger i en international kontekst**

En gennemgang af kystbeskyttelsen i en international sammenhæng involverer i alt 19 eksempler fra Holland, Tyskland, Østrig, Frankrig, England, Rusland, Japan og USA.

Også i den internationale kontekst har der historisk set været en præference for hårde kystbeskyttelsesløsninger. Et af de mest markante anlæg i verden er de systemer af dæmninger og sluser, der blev implementeret i det sydvestlige Holland fra 1950'erne og frem i regi af Deltaworks-projektet (1954-1997) for at beskytte landet mod stormflod fra Nordsøen. Deltaworks omfatter i alt 13 delprojekter, og blandt dem er det især værd at nævne Maeslantkering-stormflodsbarrieren, der blev færdiggjort i 1997 og som beskytter Rotterdam, og Oosterschelde-barrieren, der blev åbnet i 1986 og aflukker Oosterscheld-flodmundingen fra Nordsøen. Et lignende eksempel er Thames Barrier i England, der er en af verdens største bevægelige oversvømmelsesbarrierer, som siden 1984 har beskyttet 125 km<sup>2</sup> af det centrale London mod oversvømmelser fra havet. I Tyskland findes et lignende eksempel i form af Ejderdæmningen som åbnede i 1973.

Som i dansk sammenhæng har de nyere internationale kystbeskyttelsesindsatser tendens til at være mere opmærksomme på kombinationen af forskellige funktioner og fremme af merværdi til fordel for lokalsamfundet. Eksempler fra Holland inkluderer: Katwijk aan Zee, hvor et parkeringsanlæg er integreret med højvandsbeskyttelse, landskabsbearbejdning og rekreation; Dakpark i Rotterdam bestående af en tagterrasse og et kontor-, parkerings- og butikskompleks integreret i et dige; Boulevard Scheveningen i Haag, hvor strandpromenaden og vejen er hævet og forstærket som en højvandssikring samtidig med at det fremstår som et renoveret, multifunktionelt byrum af høj kvalitet.

I Japan er der etableret i alt 13 såkaldte en Super Levees, der søger at kombinere diger med etableringen af attraktive friarealer og bebyggelser tæt på vandet – og om nødvendigt udfase og flytte særligt udsatte boliger og omdanne arealerne til offentligt tilgængelige byrum og super levees. Et eksempel på en Super Levee findes langs Arakawa-floden i Tokyo.

Et eksempel på en anden teknisk løsning, som kan implementeres i forbindelse med nybyggeri og bygningsrenoveringer er at hæve bygningens gulvhøjde eller anlægge porte, der kan lukke ved højvande, som det f.eks. ses i HafenCity i Hamborg.



KIRKEHAVN PÅ OMØ - DIGE BAG NY LEGEPLADS, FOTO: EVA SARA RASMUSSEN.

## Se tilbage for at se fremad

Gennemgangen af kystbeskyttelsesløsninger i Danmark og udlandet bidrager dels med en bred referenceliste, der kan fungere som et inspirationskatalog for udviklingen af gode løsninger, og dels som et spejl på den tid og den kontekst som projekterne er udviklet i.

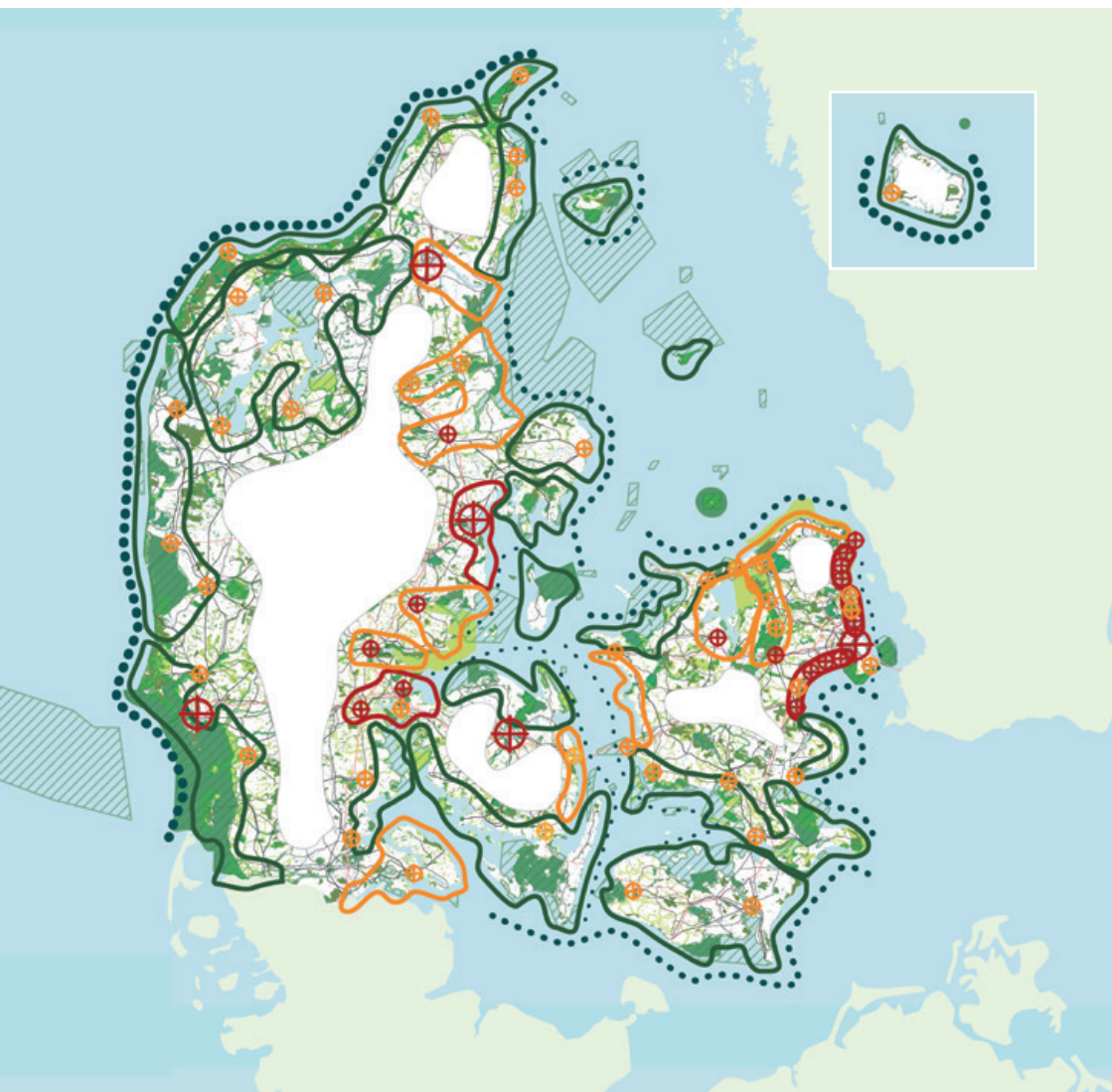
Danmark er et land med en stor historisk og kulturel tilknytning til kysten. I lyset af klimaforandringer, havspejlsstigninger, storme og den fortsatte attraktionsværdi ved at bo tæt på havet er det relevant at reflektere over løsningsmulighederne og perspektiverne for den fremtidige udvikling langs de danske kyster.

### REFERENCER

COWI, 2017. BYERNES UDFORDRINGER MED HAVVANDSSTIGNING OG STORMFLOD. REALDANIA, KØBENHAVN. [WWW DOCUMENT]. URL [HTTPS://REALDANIA.DK/-/MEDIA/REALDANIADK/TEMAER/HAVVANDSSTIGNINGER/RAPPORT\\_REALDANIA\\_STORMFLOD\\_V06.PDF](https://realдания.dk/-/media/realданияdk/temaer/havvandsstigninger/rapport_realдания_stormflood_v06.pdf) (ACCESSED 7.31.18)

RAMBØLL, 2015. UDREDNING OM TILPASNING TIL HAVVANDSSTIGNINGER (RAPPORT). KØBENHAVN. [WWW DOCUMENT]. URL [HTTPS://REALDANIA.DK/-/MEDIA/REALDANIADK/5%3%A5DAN-ST%3%B8TTER-VI/FILANTROPISKE-PROGRAMMER/SAMLET-PROJEKTLISTE/HAVVANDSUDREDNING/RAPPORT\\_UDREDNING-OM-KLIMATILPASNING-TIL-HAVVANDSSTIGNINGER\\_VER2.PDF](https://realдания.dk/-/media/realданияdk/5%3%A5DAN-ST%3%B8TTER-VI/FILANTROPISKE-PROGRAMMER/SAMLET-PROJEKTLISTE/HAVVANDSUDREDNING/RAPPORT_UDREDNING-OM-KLIMATILPASNING-TIL-HAVVANDSSTIGNINGER_VER2.PDF) (ACCESSED 7.31.18)

RAMBØLL, 2017. GOOD PRACTICE-GUIDE 3 KLIMATILPASNING I KYSTNAERE BYER [WWW DOCUMENT]. URL [HTTP://WWW.KLIMATILPASNING.DK/MEDIA/1235980/KLIMATILPASNING-I-KYSTNRE-BYER.PDF](http://www.klimatilpasning.dk/media/1235980/klimatilpasning-i-kystnre-byer.pdf) (ACCESSED 5.6.18).



KOMBINATION AF OFFENTLIGT TILGÆNGLIG INFORMATION OM BIODIVERSITET, EKSISTERENDE KYSTBESKYTTELSE, EJENDOMSVÆRDIER OG KYSTDYNAMIKKEN GØR DET MULIGT AT IDENTIFICERE DELS DE MEST ØKONOMISK STÆRKE BYSAMFUND OG EN RÆKKE SAMMENHÆNGENDE KYSTOMRÅDER I DANMARK. KORTET VISER KYSTOMRÅDERNE MED HØJE NATURVÆRDIER (GRØN STREG), STORE ØKONOMISKE VÆRDIER (RØD STREG) OG BLENDEDE NATURVÆRDIER OG ØKONOMISKE VÆRDIER (ORANGE STREG). KORTET VISER DESUDEN KYSTBYERNE MED HØJE OG GENNEMSITLIGE EJENDOMSVÆRDIER (AFBILDET SOM HENHOLDSVIS RØD OG ORANGE "TARGET"). DE STIPLEDE GRØNNE LINJER VISER DEN RELATIVE BØLGEPAVIRKNING. KORT: EVA SARA RASMUSSEN (UNDERLAG: KYSTDIREKTORATET OG STYRELSEN FOR DATAFORSYNING OG EFFEKTIVISERING).

# Kystens og kystbyernes rolle

AF EVA SARA RASMUSSEN

Størstedelen af bysamfundene i Danmark ligger i nærheden af kysterne. Kysterne og deres byer tjener som forenende steder i landskabet til menneskelige aktiviteter. Hertil kommer, at i kystbyer er forretningsaktiviteter og høje ejendomsværdier centrale elementer.

Kystbyernes og deres økonomisk og landskabelige attraktion er kulturelt og historisk baseret på dualiteten mellem det byggede miljø og de frie naturkræfter.

En national kortlægning, som den der er præsenteret på figuren på modstående side, kan bruges til til at fremhæve uligheder og fælles træk i landets byer og landsbyer i forhold til, hvordan de styrer og udvikler kystbeskyttelse - og samarbejder på tværs af administrative grænser. Dette gør det også muligt at identificere, hvornår der kræves en samlet indsats for at bevare både den økonomiske og den naturlige tiltrækningskraft. Den kvantitative analyse af teknisk kystbeskyttelse, økonomiske værdier og naturressourcer (bølgeenergi og biodiversitet) forventes at være et godt grundlag for gennemførelse af en holistisk tænkning, der indebærer: udvikling af den danske tradition for smukke kyster og projekter med en høj innovativ kraft under hensyntagen til de historiske træk ved en nordisk kystkultur (se f.eks. Christensen og Guldborg, 2014).

Kortlægningen af ejendomsværdier og biodiversitet fremhæver interessante aspekter af økonomi, organisation og teknisk udvikling af kystbeskyttelsesstrategier. Kortet peger på, hvordan de forskellige størrelser af den lokale økonomi kan være en "driver" til udvikling af forskellige typer projekter og organisatoriske former for at arbejde med klimatilpasning af de danske kystområder.

Den afgørende parameter ser ud til at være sammenhængen mellem tre forskellige dimensioner: 1) Teknisk skala og kompleksitet i klimaudfordringen i forhold til 2) lokale ejendomsværdier og 3) den lokale balance mellem privat og offentligt jordbesiddelse.

Arbejdet med klimatilpasning af kyster i Danmark er der observeret følgende situationer:

1. Kystområder domineret af et højt privat ejerskab kombineret med høje ejendomsværdier og en lav grad af teknisk kompleksitet har afspejlet sig i mange små kystbeskyttelsesprojekter langs korte strækninger af kysterne. Eksempel: Øresundskysten.
2. Kystområder med en blanding af offentlig og privat ejerskab og relativt høje ejendomsværdier, naturlige værdier og medium kompleksitet synes at føre til både enkeltprojekter i kommuner, mindre private projekter og regionale projekter, der involverer en større del af kystområdet. Eksempler: Lemvig Havn, Vejle Kommune, Køge Kommune og Sjællands





BIOLOGISK KYSTSIKRING, HOLLAND, FOTO: GROUNDPLUG.

Nordkyst.

3. Kystområder, der blander offentligt og privat ejerskab og forholdsvis lave ejendoms-værdier, synes at føre til få eller ingen realiserede projekter uanset niveauet af teknisk kompleksitet. Eksempel: Lolland Kommune og Vestkysten.

### **En mulig vej fremad**

Det traditionelle arbejde med kystbeskyttelsesteknologier bør på grund af udfordringens kompleksitet, suppleres med et bredere syn på den strategiske udvikling af vores kyst-landskaber, herunder udvikling af multifunktionelle kystlandskaber i og nær byerne, hvor kystsikringen får en høj grad af naturkvalitet f.eks. i form af løsninger som strandparker eller kystnære vådområder med en meget tydelig afspejling og dimensionering efter de lokale forhold.

Optimalt udvikles kystsikringen til integrerede kystløsninger, som har en stedbunden og arkitektonisk kvalitet som kvalificerer indgrebene til i fremtiden at blive betragtet som kulturarv. For eksempel i kraft af et stærkt samspil mellem teknologi og et attraktivt kyst-landskab med plads til turisme, natur og fritidsoplevelser.

Arkitektoniske designkompetencer vil i tæt samspil med de naturvidenskabelige discipli-ner i høj grad kunne bidrage til at øge kystudviklingsprojekternes overordnede kvalitet og bæredygtighed, og dermed bidrage til at optimere de økonomiske og samfundsmæssige fordele ved investeringerne i de nødvendige kystbeskyttelsesteknologier.

#### **REFERENCER**

CHRISTENSEN, S.M. OG GULDBERG, M. (RED.) (2004). HISTORISK KYSTKULTUR – EN RESSOURCE I NUTIDEN. KØBENHAVN: NORDISK MINISTERRÅD.

KYSTDIREKTORATET (2016). OMKOSTNINGEFFEKTIV KYSTBESKYTTELSE - DEFINITION OG BEREGNING AF OMKOSTNINGEFFEKTIV KYSTBESKYTTELSE. LEMVIG: KYSTDIREKTORATET.



KYSTEN VED RØDBY HAVN, FOTO: EVA SARA RASMUSSEN.

## *Holistiske kystbeskyttelsesmål og multikriterier for kystbeskyttelse*

Klimaændringer er en "game changer" for vores samfund og livsstil. Arbejdet med klimaændringer og kystbeskyttelse er en kompleks opgave. Når vi konfronteres med større ændringer, bliver vi tvunget til at gennemgå vores normale vaner og overveje: Hvad skal man genoprette, hvad man skal holde, hvad man skal slippe grebet om og hvad man skal forstærke.

Uanset den lokale, nuværende økonomi og tekniske krav er det påkrævet at arbejdet koordineres tæt de lokale mål for kystudvikling. Udviklingsmål der overstiger de tekniske krav, kan give et fingerpeg om, i hvilket omfang kystbeskyttelsen strategisk bør samtænkes med fornyelse eller bevarelse af områdets nuværende kvaliteter.

Kystbeskyttelsesstrategier kan kategoriseres i to kategorier, henholdsvis "hård" og "blød", hvor den "hårde" beskyttelsestilgang traditionelt kræver få ændringer fra de nuværende arbejdsmetoder og er ret let at beskrive.

Den "bløde" tilgang kræver i højere grad engagement fra en bredere kreds af interessenter og fagfolk i en tværfaglig proces; primært på grund af det niveau af innovation, der er nødvendig for at få disse løsninger til give det fulde udbytte i retning af kystudvikling, sammenlignet med den traditionelle danske kystbeskyttelsesmetode, der historisk har favoriseret hårde strukturer.

De to strategier arbejder med to sæt af strategiske kystbeskyttelsesmål: Den "traditionelle / hårde" kystbeskyttelsesstrategi sigter mod: (a) Rekonstruktion og (b) Forstærkning. I modsætning hertil er den "bløde" kystbeskyttelsesstrategi rettet mod: (c) Bevarelse/naturgenopretning og (d) Fornyelse/"gendigtning".

I overensstemmelse med implementeringen af en mere holistisk ramme for planlægning af kystbeskyttelse foreslår projektets forfattere en multi-kriterie ramme for analyse af kystbeskyttelsesinitiativer. Hensigten er at anviser en bred vifte af holistiske vurderingsparametre. Multikriterierne indeholder fem bedømmelseskriterier (3 kvantitative og 2 kvalitative kriterier):

- Teknisk sikkerhed
- Økonomisk overvejelse
- Miljø / Natur
- Innovationspotentiale
- Kystlandskabets bevarelse



SJÆLLANDS NORDKYST, ASSERBO PLANTAGE, FOTO: EVA SARA RASMUSSEN.

## Projektets konklusioner

Undersøgelsen af kystbeskyttelsesteknologier i dansk og international sammenhæng fremhæver følgende opmærksomhedspunkter i den videre implementering af kystbeskyttelse i Danmark:

### Teknologisk sikkerhed

- Der har været en overudnyttelse af fortrinsvis hårde foranstaltninger, dvs. **sluser, diger, dæmninger**. Dette kunne også være forbundet med, at disse foranstaltninger historisk var bygget med et andet anvendelsesområde, såsom udvidelse af landbrugsarealer.
- Behovet for at opbygge oversvømmelseskontrolforanstaltninger er ændret gennem årene og omfatter i dag mere behovet for at beskytte det byggede miljø mod stormflod og havstigning. Fokus er i høj grad på at bygge **høfder, bølgebrydere, skråningsbeskyttelser, højvandsmure og diger**, som den enkelte kystgrundejers værn mod erosion og oversvømmelse.

### Innovationspotentiale

- For det meste implementeres 75% af de undersøgte kystbeskyttelsesløsninger på kajen eller selve kystlinjen. Få foranstaltninger fokuserer på indlandet og har en **større vision, der indebærer planlægning** fx i form af gentænkning af områder med nuværende stor risiko for oversvømmelse.
- I både de historiske og nuværende løsninger har der været en overfokusering på en **enkelt løsning snarere end systemløsninger**. Planlægning for systemløsninger kunne fx tage højde for adskillige problemer i forbindelse med bymiljøet. Hvad sker der fx. hvor stormen opstår i kombination med skybrudshændelse?

### Æstetik og cost-benefit

- På visse kyststrækninger har det vist sig muligt at genoprette **områdets oprindelige tilstand** og derved at forøge værdien af både naturen og det rekreative liv, samtidigt med gevinster for miljøet i form af fx. **binding af CO2 i de reetablerede lavvandede vådområder**. Hvor den genoprettede kyst ligger tæt på bysamfund, kan det bidrage til nye muligheder for den lokale erhvervsudvikling.
- Hvor der er skabt den **tekniske sikkerhed som del af et samlet "system", eller en samlet udvikling af kysten** kan løsningen bidrage til at sikre kulturarv, økonomiske værdier og forbedre de friluftsmæssige og naturlige forhold på stedet.



SJÆLLANDS NORDKYST, HELENEKILDE, FOTO: EVA SARA RASMUSSEN.

## *Kystbeskyttelsen til debat*

AF OLE FRYD, MARIA FARAGÒ, EVA SARA RASMUSSEN, EMILIE RØNDE NIELSEN, KRISTINE VIK KLEFFEL OG KARSTEN ARNBJERG-NIELSEN

Danmark står overfor milliardinvesteringer i kystbeskyttelse. Disse investeringer fremskyndes af de storme, der har ramt landet de seneste 5-10 år, såvel som de forventede stigninger i det globale havniveau som følge af klimaforandringerne. For at sikre, at der investeres klogt og der anvendes de mest hensigtsmæssige løsninger, er der behov for at sætte Danmarks tilgang til kystbeskyttelse til debat.

Vi angiver her syv centrale spørgsmål, som kan være med til at rammesætte denne vigtige diskussion.

### **1) Skal vi fortsætte med hård kystbeskyttelse?**

Hård kystbeskyttelse er den dominerende kystsikringsteknologi Danmark. Det gælder om at holde vandet ude ved hjælp af diger, sluser og højvandsmure. Det kan gøres subtilt og elegant, som det ses på Lemvig havn. Det kan også gøres ved massive ændringer af det naturlige landskab, efter hollandsk forbillede, som det blandt andet ses omkring Vestamagerdiget.

På samfundsniveau bør vi tage diskussion om, hvilke kystlandskaber vi ønsker at bevare og udvikle eller afvikle over tid, og hvordan det gøres hensigtsmæssigt ud fra et socialt, økonomisk og miljømæssigt bæredygtighedsperspektiv.

### **2) Skal vi fortsætte med hyldevareløsninger?**

Mange kystsikringsløsninger er baseret på diger, høfder, højvandsmure og sluser. Andre gange er der skabt barriereøer og kunstige revler gennem sandfodring eller ved strandfodring, hvor strandens højde og bredde øges kunstigt ved at tilføre større mængder sand udefra. Andre gange igen er valget at lade stå til og lade naturen rase. Men hvornår er det den rigtige løsning til det rigtige sted?

I hvilken grad kan løsningerne afspejle og understøtte den lokale økonomi og forløse de stedbundne potentialer, hvad angår f.eks. miljø, turisme og byudvikling. Hvornår giver det mening at viderevikle et monofunktionelt dige til et multifunktionelt landskabelement med cykelstier, havneparker og boliger? Det bør diskuteres, om og hvordan "hyldevareløs-





SANDMOTOR NÆR TER HEIJDE, HOLLAND, FOTO: RIJKSWATERSTAAT/JOOP VAN HOUDT.

ninger" kan suppleres af mere stedsspecifikke og skræddersyede kystløsninger.

### **3) Skal vi have flere fagligheder på banen?**

Den sammenhængende danske kystlinje er den største enkeltstående nationale naturarv, som vores generation er sat til at forvalte. I de seneste årtier har kystudviklingen primært været en faglig diskussion blandt specialister, som geologer, naturgeografer, ingeniører og biologer, og i mindre grad blandt planlæggere, der har været ansvarlige for arealforvaltningen under hensyntagen til strandbeskyttelseslinjen, kystnærhedszonen, fredninger og øvrig naturbeskyttelse.

For at sikre, at de tekniske og miljømæssige krav går hånd i hånd med udviklingen af helhedsorienterede løsninger er der behov for tværfagligt samarbejde. Arkitekter kan bidrage med designkompetencer, som kan øge den samlede kvalitet i kystudviklingsprojekterne. Samtidig kan miljøøkonomer være med til at belyse de samfundsmæssige gevinster og omkostninger ved forskellige løsningsalternativer. Samlet set kan et bredere tværfagligt samarbejde være med til at nuancere beslutningsgrundlaget for helhedsorienteret kystudvikling.

### **4) Hvordan udviklinger vi de gode løsninger?**

Der er forskel på de materielle værdier i en storby som København, sammenlignet med en spredt sommerhusbebyggelse i Nordjylland. Samtidig er antallet af berørte borgere og den samfundsmæssige omkostning ved en oversvømmelse i København langt højere, end ved en gradvis erosion af klitlandskabet ved Lønstrup. Ud fra en økonomisk og miljømæssig betragtning vil det i visse tilfælde give mening at arbejde med en regional kystbeskyttelsesløsning; mens det i andre tilfælde vil give mening at overdrage ansvaret til den enkelte lodsejer. Der findes ikke en standardløsning, som passer alle steder – hverken teknologisk eller vedrørende finansiering og ansvarsfordeling.

En væsentlig opgave er at vurdere de relevante geografiske skalaniveauer for en løsning og derefter etablere et samarbejde på tværs blandt centrale interessenter. Der bør udvikles partnerskaber og platforme, der kan facilitere den nødvendige innovation og videndeling på lokalt, regionalt og nationalt niveau.

### **5) Hvordan vælger vi den rigtige løsning?**

Der er sjældent én rigtig løsning, men en række løsninger som er mere eller mindre gode vurderet ud fra en bred vifte af parametre, herunder sikringsniveau, miljøpåvirkning, ejendomsværdi, erhvervsudviklingspotentiale og anlægsomkostning. Udviklingen af et integreret multikriterie analyseværktøj er et væsentligt skridt i retningen mod at kunne understøtte beslutninger baseret på et bredt forankret og nuanceret datagrundlag, hvor det også er muligt at opstille og sammenligne alternative udviklingsscenarier.

### **6) Hvornår vælger vi de gode løsninger?**

Der er en tendens til at vælge "hyldevareløsninger" lige efter en oversvømmelseshændelse.



KATWIJK, HOLLAND, FOTO: LUIK KRAMER FOTOGRAFIE, AMSTERDAM.

Det signalerer handlekraft og det kan nærmest ikke gå hurtigt nok med at få installeret en løsning. Hurtige teknologiske svar kan være med til at lukke diskussionen ned, og overse væsentligt udviklingspotentialer forbundet med klimatilpasningen. Helhedsorienteret klimatilpasning er ikke en enkeltstående handling, hvor en borgmester klipper snoren og indvier en ny sluse eller et forhøjet dige.

Snarere bør klimatilpasningen ses som en proces, hvor der løbende er mulighed for at handle, eksperimentere, monitere, lære af og udvikle gode, integrerede og langtidsholdbare løsninger – uden for tidligt at låse sig fast på en bestemt teknologi og økonomi; der kan begrænse handlerummet for tilpasninger på den lange bane.

### **7) Er der behov for en kollektiv holdningsændring?**

Forestillingen om, at vi som samfund bogstaveligt talt kan "sikre kysten", afspejler en overbevisning om, at vi mennesker kan blive ved med at kontrollere naturen, lige meget hvor massive klimaforandringerne viser sig at være. Det viser en tro på, at vi altid vil kunne finde teknologiske svar på vores udfordringer. Trods gode prognoser kan vi ikke forudse præcist hvordan klimaet vil udvikle sig.

Ifølge FN's klimapanel er kystsikring kun én ud af tre ligeværdige tilgange til kystudvikling. De to andre er tilpasning (med f.eks. hævede sokkelkoter) og tilbagetrækning (hvor brugen af udsatte lavliggende områder udfases). Det at "lade stå til", at give noget land tilbage til naturen og ikke bare kunne "bygge sig ud af det", går stik imod det vestlige moderne samfunds tro på, at vi gennem en videnskabelig og systematisk tilgang kan kontrollere vores naturgivne omgivelser. Som konsekvens heraf er tilbagetrækning fra kysten en tilgang, som vil kræve en fundamental holdningsændring i samfundet.

Vi vil opfordre til, at vi som minimum tager diskussionen, så tilbagetrækning og tilpasning potentielt set kan blive en ligeværdig del af løsningspaletten.

Der er 1,5 meter kystlinje pr. indbygger i Danmark. Hvis vi billedlig talt stiller os op på række og holder hinanden i hånden, vil vi lige præcis kunne nå hele vejen rundt langt den danske kyst. Vi vil bogstaveligt talt kunne stå skulder ved skulder ved kysten, tage hånd om den ubrudte danske kystlinje og favne udviklingen af kysten. Det kræver at vi står sammen. Det kræver at vi rykker sammen.

Det kræver, at vi som et første skridt tør tage diskussionen om de mulige veje fremad.



ROSKILDE HAVN, FOTO: CORNELIUS VÖGE.

## *Centrale problemstillinger*

I 2010'erne har der i offentligheden været en vis usikkerhed om klimaforandringerne er et reelt problem, eller blot et udtryk for almindelige udsving i vejrhændelser. Der har derfor primært været fokus på at skabe tryghed og sikkerhed omkring mindre og lokale kystbeskyttelsesløsninger.

De senere år er der etableret en gryende bredt forankret forståelse af, at klimaforandringerne er en realitet, og en begyndende erkendelse af at det er nødvendigt at:

- implementere klimatilpasningen lovgivningsmæssigt og forvaltningsmæssigt i de eksisterende praksiser,
- finde/skabe de gode eksempler til efterfølgelse, som både i modificeret form kan gentages andre steder, kan eksporteres til udlandet og kan gøres til genstand for udvikling af praksis og lovgivning,
- identificere muligheder for at arbejde konstruktivt sammen i partnerskaber mellem forskellige interessenter,
- identificere de bedste løsninger på klimaudfordringen på tværs af de lokale natur-, kulturskabte og samfundsmæssige kvaliteter tilpasset det enkelte sted.

## *Partnerskab*

Dette projekt blev finansieret af innovationsnetværket "Vand i byer". Det blev gennemført i perioden juli 2017 - juni 2018 af en arbejdsgruppe med repræsentanter fra Danmarks Tekniske Universitet, Københavns Universitet, Gottlieb Paludan Architects og Region Hovedstaden.

Rapporten er tilgængelig via [http://orbit.dtu.dk/files/153942605/VIB\\_kystsikring\\_Final\\_report\\_12092018.pdf](http://orbit.dtu.dk/files/153942605/VIB_kystsikring_Final_report_12092018.pdf) og er udarbejdet af Faragò, M., Rasmussen, E.S., Fryd., O., Rønde Nielsen, E., og Arnbjerg-Nielsen, K. (2018). "Coastal protection technologies in a Danish context". Vand i Byer – Innovationsnetværk for klimatilpasning, Taastrup, Denmark.



**KARSTEN ARNBJERG-  
NIELSEN**  
PROFESSOR, DTU MILJØ  
CAND.POLYT.



**MARIA FARAGO**  
VIDENSKABELIG  
ASSISTANT, DTU MILJØ  
CAND.POLYT.



**OLE FRYD**  
STUDIELEKTOR,  
KØBENHAVNS UNIVERSITET  
CAND.POLYT, PH.D.



**EVA SARA RASMUSSEN**  
INDEHAVER, NATOUR &  
KONSULENT GOTTLIEB  
PALUDAN ARCHITECTS  
CAND.ARCH., MAA, MDL



**EMILIE RØNDE NIELSEN**  
KONSULENT, REGION  
HOVEDSTADEN  
CAND.TEC.



**KRISTINE VIK KLEFFEL**  
SPECIALKONSULENT,  
REGION HOVEDSTADEN  
CAND.TEC.



