



Bilag 8 - Notat

Vedr. Realdania: Byerne og det stigende havvand.
Notat udarbejdet på baggrund af samtaler med Københavns og Hvidovre Kommuner i forbindelse med deres pilotprojekt om modning af en digeløsning mod oversvømmelser fra syd.

Fra Karsten Arnbjerg-Nielsen

Overvejelser omkring metodevalg ved fastsættelse af sikringsniveau mod stormfloder fra syd for Storkøbenhavn

21. oktober 2020
Journal nr. Realdania:
Byerne og det stigende
havvand
KARN

Populær sammenfatning

Hvidovre og Københavns kommuner har fået lavet en cost-benefit analyse af en påtænkt digeløsning mod stormfloder fra syd. Analysen er lavet i overensstemmelse med nationale og internationale vejledninger for traditionelle samfundsøkonomiske analyser og danner et godt udgangspunkt for beslutningstagning. Nærværende notat analyserer nogle af de væsentlige antagelser som er foretaget i forbindelse med den analyse, som er udarbejdet og afrapporteret af Kolstrup et al (2020).

Analysen viser, at meget sjældne stormfloder fra syd vil medføre økonomiske tab for samfundet, der er langt større end nogen vejrhændelse, der er sket i Danmark de sidste 100 år. Analysen viser også, at disse hændelser er usædvanligt vigtige for cost-benefit analysen.

På den baggrund er der især fire antagelser, der bør inddrages i forbindelse med beslutningstagning. Det drejer sig om følgende:

- Skader og gevinster for natur og miljø indgår ikke i analysen.
- Skadesomkostninger ved meget meget sjælden stormflod kan opgøres på samme måde som ved "typiske" oversvømmelser.
- Cost-benefit analyser baserer sig på en "alt-andet-lige" tilgang, hvor der ikke sker en påvirkning af de relative priser, arbejdsudbud mv.
- Cost-benefit analyser antager, at man vælger mellem acceptable alternativer. Hvis man f.eks. ikke under nogen omstændigheder kan acceptere skaderne fra en meget sjælden stormflod giver det ikke mening at vurdere den i en cost benefit analyse.

Den første antagelse kan påvirke resultatet begge veje. De tre andre antagelser peger alle mod, at betydningen af de sjældne hændelser undervurderes. Derfor bør sikringsniveauet vælges konservativt og de sjældne hændelser bør inddrages f.eks. i byplanlægningen i højere grad, end det har været tilfældet hidtil. Da cost-benefit analysen i forvejen havde en positiv netto-nutidsværdi er anbefalingen, at den anbefalede løsning som minimum fastholdes.

Eksempler på sjældne hændelser med langvarige lokale effekter er orkanen Kathrina i New Orleans og tsunamien i Sendai i Japan. Selv om hændelserne skete for hhv. 13 og 9 år siden er områderne stadig påvirkede i væsentlig grad.

Baggrund

Hvidovre og Københavns Kommuner deltager som pilotprojekt i Realdanias projekt om Byerne og det stigende havvand. I den forbindelse er udarbejdet en cost-benefit analyse over forskellige scenarier for sikring mod stormfloder i et antal scenarier for stigende havvandstand (Kolstrup et al., 2020, Rambøll, 2020).

Der er i analysen enkelte modstridende oplysninger og skønhedsfejl. Disse vurderes ikke at påvirke det overordnede resultatet og samlet set skønnes det, at cost-benefit analysen er udarbejdet i overensstemmelse med nationale og internationale standarder for cost-benefit analyser med skøn over skaderomkostninger indenfor en række skadestyper, der ofte er dominerende i forhold til den samlede økonomiske skade for stormfloder.

I forbindelse med pilotprojektet har de to kommuner diskuteret analysen og dens konklusioner med DTU i regi af Realdania-projektet. Formålet har været at diskutere rimeligheden af anvendelsen af cost-benefit tilgang på denne problemstilling. Nærværende notat belyser nogle af de metodiske svagheder ved metoden, når den anvendes til at belyse så omfattende konsekvenser, at det kan have vidtrækkende effekter på resten af samfundet.

Traditionelle cost-benefit-analyser

I en traditionel cost-benefit analyse opstilles et referencescenarium og et eller flere klimatilpasningsscenarier. I forbindelse med stormfloder vil det typiske referencescenarium være det aktuelle sikringsniveau. Dette sammenholdes med scenarier hvor der foretages forskellige former for klimatilpasning. Den reducerede årlige gennemsnitlige skade som følge af klimatilpasning holdes op mod omkostningerne ved at gennemføre tiltagene. De identificerede gevinster og

omkostninger over tid diskonteres efter nationale eller internationale retningslinier.

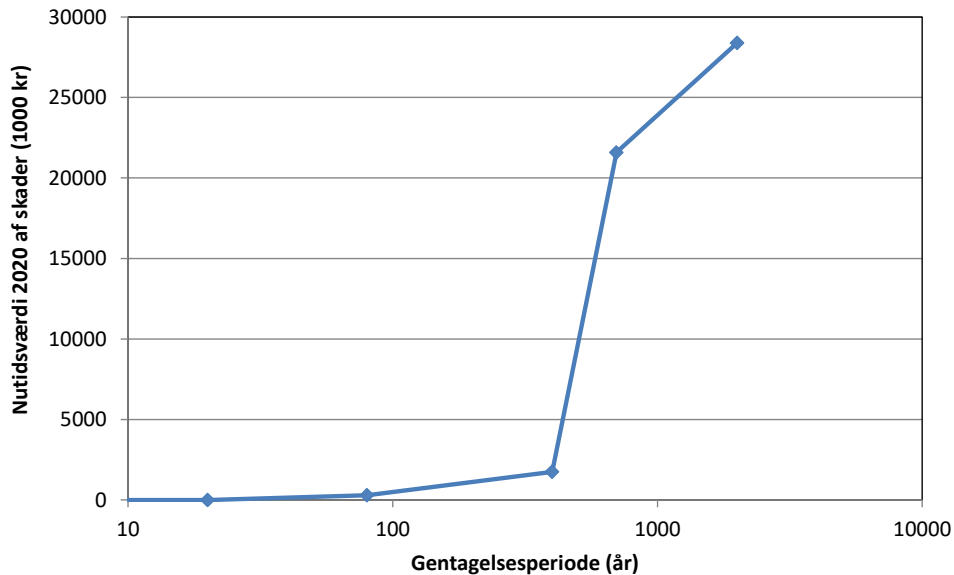
En traditionel cost-benefit analyse (jf. f. eks. Finansministeries vejledning) er det der kaldes en partiel analyse, i daglig tale kaldet en "alt-andet-lige" analyse. Dette betyder bl.a. at oversvømmelserne ikke påvirker de relative priser i samfundet, arbejdsudbud og –efterspørgsel, boligmarkedet mv. Analysen suppleres med vurdering af betydningen af væsentlige antagelser i form af effekter, der ikke er medtaget eller effekter, hvor prissætningen er særligt usikker. Disse kan så inddrages i beslutningstagningen i forhold til sikkerheden af det klare svar som en cost-benefit analyse giver på, hvad der er gode og mindre gode scenarier i form af f.eks. en nettonutidsværdi.

Særlige muligheder og udfordringer ved Storkøbenhavn

Nærværende notat tager udgangspunkt i, at stormfloder fra syd for Storkøbenhavn består af to fænomener med meget forskellig typologi. Der er i løbet af de sidste ca. 900 år observeret 7 hændelser, der har medført hændelser, der er meget mere voldsomme end mere "typiske" stormfloder i området (Arnbjerg-Nielsen og Löwe, 2019). Disse meget voldsomme hændelser indgår i analysen i Kolstrup et al (2020) og medfører, at den beregnede nutidsværdi af skaderne som funktion af gentagelsesperioden også har et usædvanligt forløb, se figur 1.

Figur 1 viser, at der vil begynde at være skader allerede omkring en gentagelsesperiode på 10-20 år. Disse stiger jævnt frem til en gentagelsesperiode på omkring 400 år, hvorefter der sker en voldsom stigning i skaderne. Stigningen er så stor, at den overstiger den betydning som det har at hændelserne bliver mere sjældne. Det betyder med andre ord, at de meget sjældne hændelser bidrager mindst lige så meget til nutidsværdien som mere hyppige hændelser. Det er meget usædvanligt; normalt vil bidraget fra høje gentagelsesperioder falde ret kraftigt hurtigt efter at gentagelsesperioden for det eksisterende sikringsniveau er overskredet. Det er ikke tilfældet for København og Hvidovre Kommuner.

Såvel skader som tiltag er udelukkende vurderet for Hvidovre og Københavns Kommuner. Imidlertid vil de meget store hændelser påvirke et meget stort geografisk område og dermed være afhængigt af sikringsniveauet også udenfor det analyserede område. Det gælder i særlig grad for skader på infrastrukturen og for erhvervslivet, hvor f.eks. en oversvømmelse af en togstrækningen udenfor analyseområdet også i væsentlig grad vil påvirke området uden at analysen påviser denne afhængighed.



Figur 1. Beregnet nutidsværdi i 2020 af omkostninger ved en given kote (Kolstrup et al, 2020). Omregningen mellem kote og gentagelsesperiode er baseret på Rambøll (2020).

Diskussion af antagelser i forbindelse med den partielle cost-benefit analyse

Som nævnt i foregående afsnit udgør diskussion af væsentlige antagelser et centralt element i cost-benefit analyser. Der er i forbindelse med den udførte analyse fire antagelser som vurderes centrale, hvoraf den ene er nævnt kortfattet og de tre andre ikke er nævnt.

Påvirkning af miljø og natur er ganske væsentlige når man ændrer på kystlinien, herunder ændrer sikringsniveauet væsentligt. Denne effekt er omtalt, men indgår ikke i prissætningen. Det kan ikke på det foreliggende grundlag afgøres om påvirkningen er positiv eller negativ, men effekten fortjener at blive inddraget i diskussionerne inden endelig beslutningstagning. Derudover er der især tre antagelser, der vil blive diskuteret i det følgende:

1. Fastsættelse af omkostninger
2. Partielle i forhold til andre typer af økonomiske analyser
3. Sikkerhedsanalyser som begrænsning af brugen af cost-benefit analyser

Fastsættelse af skadesomkostninger ud fra karakteristika ved faren

Der er i nogle tilfælde forskel mellem den *beregnete* risiko og den risiko, som en befolkningen *opfatter* som risikoen. Man kan opfatte det som "fejl" i menneskers intuition at man accepterer meget kraftige indgreb mod terror på trods af de begrænsede økonomiske konsekvenser af den faktiske terrorvirksomhed. Imidlertid er det den *opfattede* risiko, der påvirker menneskers sundhed og som kan aflæses i statistikker over utryghed, medicin, sygefravær, mv. Endvidere viser nogle studier, at (i hvert fald nogle af) forskellene kan forklares ved særlige karakteristika ved faren (Slovic, 1987). Disse forskelle kan dermed benyttes til kvalitativt at diskutere hvorvidt cost-benefit analysen giver et retvisende resultat.

I tabel 1 er angivet eksempler på karakteristika, der generelt kan få grupper af mennesker til at være mere eller mindre accepterende overfor en risiko. Generelt har stormfloder flere egenskaber i kategorien "rædselsvækkende", der indebærer, at risikoen opfattes højere end den beregnes til at være. Endvidere vil størrelsen af stormfloden påvirke vurderingen, idet en større stormflod vil være mere "rædselsvækkende" end en mere typisk stormflod.

Tabel 1. Eksempler på karakteristika ved farer der overordnet påvirker menneskers syn på dem. Jo mere en konkret fare opfattes som rædselsvækkende desto større forskel er der mellem den oplevede og reelle risiko. Rædselsvækkende er oversat fra Dread. Data fra Slovic (1987).

Ikke rædselsvækkende	Rædselsvækkende
Ikke fatal	Fatal
Frivillig	Ufrivilligt
Individuel	Katastrofal
Retfærdig	Uretfærdig
Mindre end global skala	Global
Usynlig	Synlig
Naturlig	Menneskeskabt

Ovenstående har fået flere forskere til at foreslå, at man korrigerer cost-benefit analyser i forbindelse med beslutningstagning ved oversvømmelser. Konkret foreslås det at gange en faktor på den udregnede skade for høje gentagelsesperioder for at komme tættere på den *oplevede* risiko. Der er foreslået faktorer på op til 100 gange den udregnede skadesomkostning for gentagelsesperioder på over 100 år.

Partielle i forhold til andre typer økonomiske analyser

En partiel analyse forudsætter, at skaderne fra stormfloder kan opgøres indenfor hver sektor af samfundet uden at den overordnede struktur af samfundet påvirkes. Det vil også ofte være tilfældet. Som eksempel kan nævnes, at Odense i 2006 blev påvirket af to oversvømmelser fra hhv stormflod og skybrud hvilket få år efter hverken var synligt i gadebilledet eller folks bevidsthed. I nogle tilfælde er stormfloder dog så voldsomme, at byområder påvirkes permanent. Blandt de mere prominente eksempler er New Orleans (orkan) og Sendai (tsunami), som er blevet permanent forandrede efter oversvømmelser i hhv. 2007 og 2011 Disse større ændringer ville man ikke have fanget i en partiel analyse udført inden oversvømmelsen skete.

OECD lavede for ca 10 år siden en analyse af konsekvenser af stigende havvandstand og udarbejdede i den forbindelse en anbefalet metode og udarbejdede eksempler, bl.a. for København (Hallegatte et al, 2011a, 2011b). Analysen af København er baseret på langt dårligere data end den nylige analyse, men er baseret på en input-output model, der også medtager afledte effekter.

OECD's analyse har f.eks. identificeret afledte effekter, som betyder at der for transportsektoren og forsyningssektoren går ca 2 år før de er tilbage på et normalt niveau. Dette er i overensstemmelse med nyere skøn. Ifølge samme analyse vil det tage omkring 7 år før bygge- og anlægsaktiviteterne er tilbage på et "normalt" niveau.

Det kan i den forbindelse diskuteres hvad "normalt" er, herunder hvorvidt Storkøbenhavns status som en moderne og attraktiv metropol er bevaret. Endvidere er analysen sket under antagelse om at Storkøbenhavn rammes isoleret set. Men i praksis vil der være store områder med oversvømmelser i hele Østersøen fra Rostock over Flensborg til Trelleborg, hvilket vil give regionale rekrutteringsproblemer til specielle sektorer, herunder bygge- og anlægsbranchen. Det vil formentlig indebære, at perioden med påvirkning er endnu længere end de 7 år som OECD finder frem til. Samlet set er der en mulighed for, at København vil opleve permanente ændringer i stil med dem som andre byer har oplevet i forbindelse med katastrofale oversvømmelser.

Sikkerhedsanalyser som begrænsning af brugen af cost-benefit analyser

Sikkerhedsanalyser anvendes ofte til at vurdere hvad der ligger indenfor rammerne af, hvad man skal acceptere. Eksempler på meget avancerede former for

sikkerhedsanalyser er f.eks. industriel produktion (Seveso III-direktivet, 2012/18/EU) og civil luftfart (ICAO).

I sin mest basale form består den underliggende analyse af en risikoanalyse, dvs. en sammenstilling af sandsynligheder for at noget sker og de mulige konsekvenser en sådan hændelse vil have. Det centrale princip er – i modsætning til den økonomiske analyse – at hvert interval af sandsynligheder og konsekvens vurderes separat i stedet for at blive integreret sammen til et enkelt økonomisk tal. Ud fra disse intervaller vil man opdele risikoen i tre zoner:

- Såfremt risikoen er uacceptabel, skal man ubetinget sænke sandsynlighed og/eller konsekvens uanset de økonomiske eller andre konsekvenser.
- Såfremt risikoen er samfundsøkonomisk acceptabel, kan man lave en økonomisk optimering af forskellige tiltag, så længe man bliver indenfor dette område. Det kan f.eks. ske ved hjælp af cost benefit analyser.
- Regionen mellem det acceptable og det uacceptable benævnes ofte ALARP (på engelsk: As Low As Reasonably Practicable). Her er en positiv nutidsværdi i en samfundsøkonomisk analyse ikke tilstrækkeligt til at acceptere denne løsning/tiltag. I stedet skal man vende analysen om, så det påvises, at det er uforholdsmæssigt dyrt at sikre sig yderligere mod risikoen.

Som eksempel forskellen i tankegangen kan nævnes oversvømmelse af Avedøreværket. Det fremgår af Kostrup et al (2020), at en sådan oversvømmelse er uden betydning for en samfundsøkonomisk analyse. En risikoanalyse baseret på principperne for risikanalyse vil måske medføre, at en sådan oversvømmelse ikke ligger indenfor den acceptable zone. Mere generelt kan man vurdere særskilt hvorvidt en stormflod, der vil medføre skader på over 30 mia kr alene i Københavns og Hvidovres Kommune, er acceptabel, uanset om sandsynligheden for en sådan hændelse for øjeblikket vurderes til at være maksimalt 0,05% pr år.

Mere avancerede sikkerhedsanalyser baserer sig på en konstant vurdering af, hvordan risikoen kan mindskes. Det sker i form af krav til opsamling af data og analyser af tidligere hændelser med henblik på at opsamle og anvende viden bedst muligt fremadrettet. En fuld implementering af sikkerhedsanalyser vil bl.a. medføre ganske voldsomme krav til vurderinger af oversvømmelsesrisiko i forbindelse med byplanlægning, idet der f.eks. vil være et krav om, at alle byplantiltag skal mindske oversvømmelsesrisikoen for såvel nye som eksisterende byområder.

Konklusion

Der er i Kolstrup et al (2020) peget på en solid samfundsøkonomisk gevinst ved at sikre Hvidovre og Storkøbenhavn til et niveau på 5,0 m. Nærværende notat analyserer nogle centrale antagelser bag analysen. Analyserne understøtter denne konklusion. I forhold til beslutningstagning anbefales det at inddrage analyserne kvalitativt. Ud over at medtage effekter på miljø og natur i overvejelserne tyder nærværende analyse på, betydningen af de meget store og sjældne stormfloder i området undervurderes i Kolstrup et al (2020). Der er således principielt god grund til at undersøge mulighederne for at øge sikringsniveauet yderligere eller alternativt sørge for at lave arealrestriktioner, der gør det muligt relativt enkelt at øge sikringsniveauet i fremtiden.

Tak til

Camilla K. Damgaard, NIRAS, Jesper S Schou, KU, Toke E Panduro, AU, og Roland Löwe, DTU, har alle via kvalitetssikring og kommentering medført forbedringer af dokumentet. Dokumentet har også i udkast været forelagt Hvidovre og Københavns Kommuner.

Referencer

- Arnbjerg-Nielsen, K, og Löwe, R. 2019. Risiko management ifm stigende havvandstand. DTUs bidrag til Realdania baseline i spor 1 i projektet "Byerne og det stigende havvandspejl". September 2019, DTU Miljø. Downloaded fra <https://realdania.dk/publikationer/faglige-publikationer/risiko-management-ifm-stigende-havvandstand>
- Hallegatte, S., Henriot, F., Corfee-Morlot, J. 2011a. The economics of climate change impacts and policy benefits at city scale: A conceptual framework. *Clim. Change*, 104, 1, 51–87. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9976-5>
- Hallegatte, S., Ranger, N., Mestre, O., Dumas, P., Corfee-Morlot, J., Herweijer, C., Wood, R.M. 2011b. Assessing climate change impacts, sea level rise and storm surge risk in port cities: A case study on Copenhagen, *Climatic Change*, 104, 1, 113-137. <https://doi.org/10.1007/s10584-010-9978-3>
- Kolstrup, K., Espensen, P.F., Franch, T. 2020. Samfundsøkonomiske konsekvenser af stormflodssikring af Kalveboderne. Juli 2020, Incentive, København.
- Rambøll (2020). Stormflodssikring af Kalveboderne. Oversvømmelser og omkostninger. Rambøll, København.
- Slovic, P. 1987. Perception of Risk. *Science*, 236, 1499, 280-285. <https://dx.doi.org/10.1126/science.3563507>