



HVORDAN SKAL EN BIDRAGS- MODEL FOR KLIMATILPASNING SE UD?

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 229

2022



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

HVORDAN SKAL EN BIDRAGSMODEL FOR KLIMATILPASNING SE UD?

Teknisk rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 229

2022

Toke Emil Panduro

Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Teknisk rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 229
Kategori:	Rådgivning
Titel:	Hvordan skal en bidragsmodel for klimatilpasning se ud?
Forfatter:	Toke Emil Panduro
Institution:	Aarhus Universitet, Institut for Miljøvidenskab
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Januar 2022
Redaktion afsluttet:	Januar 2022
Faglig kommentering:	Marianne Zandersen, Institut for Miljøvidenskab (fagfællebedømmer)
Kvalitetssikring, DCE:	Vibeke Vestergaard Nielsen
Sproglig kvalitetssikring:	Ann-Katrine Holme Christoffersen
Finansiel støtte:	Finansieret af Region Hovedstadens regionale udviklingsmidler
Bedes citeret:	Panduro, T.E. 2022. Hvordan skal en bidragsmodel for klimatilpasning se ud? Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 33 s. - Teknisk rapport nr. 229 http://dce2.au.dk/pub/TR229.pdf
	Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse
Sammenfatning:	I denne rapport opstilles en teoretisk ramme for bidragsmodeller og dernæst afprøves forskellige bidragscases. Rapporten giver en række anbefalinger på, hvorledes bidragsmodeller kan konstrueres bl.a. på baggrund af materiel skadesmodeller
Emneord:	Klimatilpasning, Bidragsmodeller
Layout:	Ann-Katrine Holme Christoffersen
Foto forside:	colourbox.dk (COLOURBOX7375819)
ISBN:	978-87-7156-660-4
ISSN (elektronisk):	2244-999X
Sideantal:	33
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/TR229.pdf

Indhold

Forord	5
Sammenfatning	6
Summary	7
1 Introduktion	8
2 Teoretisk ramme for bidragsmodeller	10
2.1 Klima-risikomodel	10
2.2 Klimatilpasningstiltag	11
2.3 Gevinster og omkostninger	12
2.3.1 Hvad driver resultatet af analysen?	13
2.3.2 Håndtering af usikkerhed og fordelinger	13
2.3.3 Kritisk infrastruktur og samfundsmæssig risikoaversion	13
3 Hvem og hvor meget skal vi bidrage	15
3.1 Fairness	15
3.2 Engangsbidrag eller løbende bidrag	16
3.3 Forholdet mellem materielskade og immateriel skade & bidrag	17
3.4 Risikoaversion	19
3.5 Gennemsnittet er blot midten af fordelingen	20
4 Indvendinger mod at bidrage	22
5 Afprøvning af økonomisk cases for bidrag	24
5.1 Bidrag for indirekte gevinster af klimatilpasningstiltag	24
5.2 Store infrastruktur virksomhedsbetalingsvillighed	25
6 Hvordan skal en bidragsmodel se ud	26
Referencer	27
Bilag	29
Deskriptiv data	29
Modelestimation	31

Forord

Denne rapport er udgivet som en del af forskningsprojektet "Klimatilpasning på tværs". Hovedformålet med forskningsprojektet er at bidrage med nye vinkler på kendte problemstillinger i forhold til gennemførelse af helhedsorienterede klimatilpasningsprojekter.

Region Hovedstaden har bevilliget tre millioner kroner til projektet, mens øvrige partnere bidrager med arbejdstid og/eller økonomiske midler. Brøndby Kommune og Egedal Kommune varetager en sekretariatsfunktion for hvert case-område i projektperioden.

Partnerskabskredsen bag projektet består af kommunerne Ballerup, Bornholm, Brøndby, Egedal, Fredensborg, Frederikssund, Furesø, Gladsaxe, Herlev, Hvidovre, Ishøj, København, Roskilde og Vallensbæk, samt Rudersdal som repræsentant for Forsyningselskabet Novafos' ejerkommuner, og Gribskov kommune som repræsentant for Nordkystens Fremtid (Halsnæs, Gribskov og Helsingør kommune), Novafos, Københavns Universitet, Aarhus Universitet, Miljøstyrelsen, Kystdirektoratet, Forsikring & Pension og Region Hovedstaden.

Desuden følger CONCITO, Danmarks Tekniske Universitet, Forsikring og Pension, HOFOR, Region Sjælland samt Det Nationale Netværk for Klimatilpasning projektet.

Projektet om mulige bidragsmodeller i forhold til klimatilpasningsprojekter indeholder både en styregruppe og en følgegruppe bestående af repræsentanter fra projektpartnerne. Det faglige indhold i rapporten er skrevet af Toke Emil Panduro. Følgegruppen har haft mulighed for at læse rapporten før udgivelse, men der har ikke været nogen kommentarer.

Sammenfatning

I rapporten opstilles en teoretisk ramme for, hvem der opnår gevinsterne af klimatilpasningstiltag. Med udgangspunkt i velfærdsøkonomisk nytteetik diskuteres efterfølgende, hvorledes bidragsmodeller bør konstrueres, så dem der opnår gevinsterne af et klimatilpasningstiltag, også er dem, der bidrager til klimatilpasningens gennemførelse og vedligeholdelse.

I rapporten konkluderes det, at bidragsmodeller bør tage udgangspunkt i individuel nytteetisk fairness, hvor fairness bedømmes ud fra om individet er bedre stillet efter klimatilpasningstiltaget i forhold til før implementeringen af klimatilpasningstiltaget, når bidraget medregnes. Gevinsten af klimatilpasningstiltag er den reducerede eksponering i forhold til klimahændelser, der kan føre til materielle og ikke-materielle omkostninger for husholdninger og virksomheder. En bidragsmodel bør tage udgangspunkt i disse gevinster, da andre mulige gevinster af klimatilpasningstiltag ikke er af en størrelsesorden, der berettiger et særskilt fokus.

Summary

The report presents a theoretical framework for whom that benefits from a given climate adaptation project. Based on welfare economic utility theory, it discusses how contribution models should be constructed so that beneficiaries of climate adaptation initiatives are also those who contribute to implementation and maintenance costs of the climate adaptation measure.

The report concludes that contribution models should be based on individual utility fairness, where fairness is assessed based on whether the individual is better off after the climate adaptation project is implemented than before the climate adaptation project is implemented, when the contribution is also included in the assessment. The benefit of climate adaptation measures is calculated as the reduced exposure to flooding that otherwise would lead to tangible and intangible costs for households and companies. A contribution model should be based on these benefits since other possible benefits are negligible.

1 Introduktion

Inden for det kommende årti vil vi overskride den politiske fastsatte målsætning om at holde den globale temperatur under 1.5°C i forhold til før industrielt niveau. Målsætning blev fastsat ud fra forventningen om, at globale temperaturstigninger over 1.5°C vil sætte gang i feedback-mekanismer, der vil skubbe det globale klimasystem ud af dets nuværende "stabile" tilstand (IPCC, 2021). En ny tilstand vil indfinde sig hen over de næste århundrede eller årtusinder med potentielt katastrofale konsekvenser for opretholdelsen af nuværende samfund kloden over.

I mellemtiden, mens klimaet undergår forandringer, skal vi fortsat drive samfundet. Vi vil skulle tilpasse os et fortsat foranderligt klima. Det kræver, at vi er forudseende, dvs. at vi evner at forudsige de kommende forandringer og at vi handler proaktivt på de konsekvenser forandringerne vil have for vores samfund. Det mest sandsynlige er, at det kun delvist vil lykkedes os.

Klimaet er et komplekst system som stadigvæk ikke er beskrevet og forstået i tilstrækkelig grad. Der vil komme overraskelser; nogle mere ubehagelige end andre. Det vi tror, vi ved om kommende klimaforandringer, bygger på sandsynlighedsfordelinger med et betydeligt udfaldsrum (IPCC, 2021). Risikoen for ekstreme vejrhændelser er under forandring. Risikofremskrivningerne i forbindelse med klimaforandringer kan være svære at håndtere for befolkningen. Generelt har folk behov for konkret erfaring med negative hændelser, før handling føles påkrævet (Gregory & Satterfield, 2002).

Dette menneskelige vilkår kan være med til at forklare, hvorfor vi indtil videre i såvel Danmark, EU som i resten af verden har udvist så bemærkelsesværdig dårlig dømmekraft i forhold til håndteringen af de menneskeskabte klimaforandringer. I over 40 år har man med sikkerhed vidst at drivhusgasser, i det omfang som de hidtil er blevet udledt, kan have irreversible og voldsomme konsekvenser. Alligevel har de politiske tiltag været for små til at have en nævneværdig effekt på udledningen af drivhusgasser. På samme måde er klimatilpasningstiltag generelt først blevet iværksat på bagkant af konkrete ekstreme vejrhændelser, som f.eks. Greve kommune i starten af nullerne og Københavns kommune i begyndelsen af 2010'erne, som fandt midler til at lave tilstrækkelige klimatilpasning efter en ekstrem-klimahændelse.

Denne rapport er en del af forskningsprojektet "Klimatilpasning på Tværs". Forskningsprojektet har som målsætning at øge sandsynligheden for, at klimatilpasningsprojekter igangsættes med rettidig omhu, dvs. før en ekstremhændelse indtræffer. I den forbindelse er økonomien i klimatilpasningsprojekter en af de store stopklodser for, at kommuner og forsyningsselskaber laver klimatilpasning. De to grundlæggende økonomiske problemstillinger, som kommuner og forsyningsselskaber står overfor i forbindelse med klimatilpasningsprojekter er, "hvem skal betale?" og "hvordan vi skal vi betale klimatilpasningsprojekterne?".

I denne rapport analyseres, hvorledes bidragsmodeller, baseret på en velfærdsøkonomisk teoretisk ramme, kan betale for klimatilpasningstiltag. Inden for velfærdsøkonomiske rammer kan man opstille et simpelt princip, der siger, at "Dem der har nytten (læs: gevinsterne) af klimatilpasningen bør også

være dem, der betaler for klimatilpasningen”. I dag er nytteprincippet anvendt i forbindelse med kystbeskyttelse mod kysterosion og stormflod samt oversvømmelse fra vandløb. Oversvømmelse fra ekstremregn bliver håndteret i et samarbejde mellem kommuner og forsyningsselskaberne, hvilket betyder, at ekstremregn håndteres økonomisk solidarisk gennem vandledningsafgiften og kommuneskatten. I forbindelse med forhøjet grundvand er ansvarsfordelingen uklar, og det er ikke tydeligt, hvem der skal bidrage økonomisk til en løsning (Fryd et al., 2021).

Udfordringen ved at anvende nytteprincippet er i første omgang at identificere hvem, der har gevinsterne af klimatilpasning, og i anden omgang hvor stor denne gevinst er. For at få et overblik over hvem, der har gevinsterne, opstilles en teoretisk klimarisikomodel, der kan generaliseres til klimatilpasningsudfordringer i forbindelse med skybrud, stormflod, vandløb og forhøjet grundvandsstand. I det omfang det er muligt, dokumenteres gevinsterne med udgangspunkt i litteraturen eller i tilgængelige data. I den forbindelse beregnes en ny skadesomkostningsmodel for oversvømmelse af parcel- og rækkehuse samt sommerhuse. To cases for bidragsmodeller analyseres med udgangspunkt i den teoretiske ramme. Afslutningsvis beskrives hvorledes rammerne for en bidragsmodel bør være ud fra et nytteetisk udgangspunkt.

2 Teoretisk ramme for bidragsmodeller

For at få et overblik over hvem der har gevinsterne, opstilles en teoretisk klimarisikomodel, der kan generaliseres til klimatilpasningsudfordringer i forbindelse med skybrud, stormflod, vandløb og forhøjet grundvandsstand. Klimarisikomodelen vil tage højde for eksponering (læs: udsathed/sårbarhed) og skadesomkostninger. Der vil ligeledes blive opstillet en teoretisk ramme for klimatilpasningstiltag, som kan anvendes til at identificere eventuelle samfundsmæssige mergevinster, der kan relateres til klimatilpasningstiltag. Samlet set, ville denne øvelse beskrive den teoretiske ramme for den gevinst samfundet eller individer opnår i forbindelse med klimatilpasning. De opstillede ligninger kan således fortolkes ud fra et aggregeret velfærdsøkonomisk perspektiv og ud fra et individuelt bidragsperspektiv.

2.1 Klima-risikomodel

Klimarisikomodelen (R) består af en eksponeringsfunktion (e) og en skadesomkostningsfunktion (o).

$$R(e, o) \tag{1}$$

- R - klimarisikomodel
- e - eksponeringsfunktion
- o - omkostningsfunktion

Eksponeringsfunktionen består af en forventning til de kommende klimaforandringer. Forventningerne bygger på klimascenarier, der igen er baserede på en lang række antagelser om udviklingen af de globale drivhusgasemissioner (s), globale klimamodeller (m) og oversættelse af globale klimaforandringer i regionale og lokale klimamodeller (lm), der kan forudsige den generelle udvikling og sandsynligheden for ekstreme hændelser. Dette vil give udslag i nogle sandsynlighedsfordelinger for forskellige hyppigheder af ekstreme hændelser i forhold til skybrud, stormflod, vandløb og forhøjet grundvandsstand (Lavell et al., 2012).

Eksponeringen er ligeledes en funktion af terræn (t), hydrologiske afstrømningsmønstre (h), tekniske anlæg (a), den eksisterende landskabsanvendelse (la) og den forventede udvikling i landskabsanvendelse (ula). I forbindelse med stormflod vil eksempelvis højden over middelhavstadsniveau, afstanden til kysten, vegetation i kystområdet, højden på eksisterende diger, tilstedeværelsen af byer, infrastruktur, landbrug og udviklingen af nye byområder have betydning for eksponeringen. Tilsammen kan disse variable udtrykke, hvor eksponeret eller udsat områder er i forhold til klimaforandringerne (Lavell et al., 2012).

$$e(lm(m(s)), t, h, a, la, ula) \tag{2}$$

- lm - lokal og regional klimamodel
- m - global klimamodel
- s - drivhusgasemissionsscenarier
- t - terræn
- h - hydrologiske afstrømningsmønstre
- a - tekniske anlæg

- la - eksisterede landskabsanvendelse
- ula - udvikling i landskabsanvendelse

Udfaldsrummet for eksponeringen er relativt stort og afhængig af, hvilke antagelser, der lægges ind i beregningerne af de forskellige eksponeringsvariable. Eksempelvis er der generel uenighed om, hvor eksponeret Danmark er i forhold til den maksimale stormflodsvandstand fra Østersøen. De teoretisk maksimale vandstande i det aktuelle klima varierer fra under 2 m (Kystdirektoratet, 2018) og op til 5-6 m (COWI, 2017). Valget af vandstand og den forventede havvandstandsstigning vil være af afgørende betydning for den vurderede eksponering.

Skadesomkostningsfunktionen (o) i forbindelse med oversvømmelser fra skybrud, stormflod, vandløb og forhøjet grundvandsstand vil selv være en funktion af materielskade på boligen (bm), immateriel nyttetab for oversvømmede borgere (im), risikoaversion blandt eksponerede borgere (rab), ændring i beboersammensætning som følge af erkendt eksponering (bs), materielskade for virksomhed (vm), risikoaversion blandt eksponerede virksomheder (rav), materiel skade af infrastruktur (im) samt tab af brug infrastruktur (bi).

$$o(bm, im, rab, bs, vm, rav, im, bi) \quad (3)$$

- bm - materielskade af boliger
- im - immateriel nyttetab
- rab - risikoaversion blandt eksponerede borgere
- bs - beboersammensætning
- vm - materielskade for virksomhed
- rav - risikoaversion blandt eksponerede virksomheder
- im - skade af infrastruktur
- bi - tab af brug infrastruktur

Interaktionen mellem den estimerede eksponering og skadesomkostning vil tilsammen give grundlaget for at vurdere, hvor store gevinster der opnås ved et givent klimatilpasningstiltag for samfundet, borgerne og virksomhederne. Helt konkret vil gevinsten skulle beregnes ved at sammenholde værdien af en situation uden klimatilpasning (uk) med værdien af en situation med klimatilpasning (mk).

$$Gevinst = R_{mk} - R_{uk} \quad (4)$$

- R_{mk} - Værdien af risiko med klimatilpasning
- R_{uk} - Værdien af risiko uden klimatilpasning

2.2 Klimatilpasningstiltag

Effekterne af hvert klimatilpasningstiltag (K) vil blive vurderet som funktion af investeringsomkostninger (io), deres vedligeholdelsesomkostninger (ve) og deres potentielle mergevinster (mg) for naboerne til klimatilpasningstiltaget.

$$K(io, ve, mg) \quad (5)$$

- K - klimatilpasningstiltag
- io - investeringsomkostninger
- ve - vedligeholdelsesomkostninger

- mg - potentielle mergevinster

Tiltagene vil være kontekstspecifik. Specielt mergevinsterne (mg) af klimatilpasningstiltag vil være afhængige af hvem og hvor mange, der bliver berørt af hver enkelt tiltag, og hvilket slags tiltag, der udføres. Nogle tiltag vil kunne skabe mergevinst, som f.eks. multifunktionelle naturbaserede løsninger, mens andre tiltag ikke vil kunne skabe mergevinst, som f.eks. større kloakrør. Det kan være udslagsgivende for valg af tiltag, om mergevinsten inddrages i beregningerne. Zhou et al. (2013a) viser f.eks., at i det omfang den rekreative gevinst af forskellige klimatilpasningstiltag inddrages i de økonomiske betragtninger, så ændrer konklusionerne sig betydeligt. De klimatilpasningstiltag, der er baserede på naturløsninger såsom grønne infrastrukturer og blå regnvandsbassiner, vil indeholde rekreative værdier og vil potentielt kunne forskyde netto-omkostningsberegningerne af klimatilpasningstiltagene. Andre mergevinster, der opstår som følge af naturbaserede løsninger såsom forbedrede biodiversitet, helbred og luftkvalitet, er små og vil ikke kunne rykke ved en velfærdsøkonomisk omkostningsbetragtning (Panduro et al., 2021).

Tabel 1 Oversigt over mulige klimatilpasningstiltag.

Stormflod	Skybrud	Vandløb	Forhøjet grundvandsstand
Diger	Kloakudvidelser	Overløbsbassiner	Dræningsrør og kanaler
Sandfodring	Underjordiske regnvandsbassiner	Udvidelse af vandløb	Permanent pumpning
Naturbaserede løsninger såsom, stenrev, ålegræs	Overjordiske regnvandsbassiner		
Strategisk tilbagetrækning	Strategisk ekspropriation		
	Grønne og blå regnvandsbassiner		
	Grønne wadier		
	Små og store faskiner		
Beredskab - midlertidige diger, sandsække, pumper m.m.	Beredskab - midlertidige diger, sandsække, pumper m.m.	Beredskab - midlertidige diger, sandsække, pumper m.m.	Beredskab - midlertidige diger, sandsække, pumper m.m.

2.3 Gevinster og omkostninger

Forholdet mellem gevinsten af klimatilpasning og effekterne ved klimatilpasningstiltag er det der afgør, om et projekt bør sættes i gang. De samlede gevinster af et projekt bør overstige omkostningerne, således følgende ulighed er gældende.

$$0 < \text{Gevinst} + K(io, ve, mg) \quad (6)$$

Bemærk at investeringsomkostningerne og vedligeholdelsesomkostninger trækker projektets værdi ned, mens de mulige mergevinster i de fleste tilfælde vil trække projektet op. Givet at den samlede værdi af et projekt overstiger nul, så vil det ligeledes være teoretisk muligt også at sikre økonomisk bidrag til projektets gennemførelse. Husholdninger og virksomheder burde være villige til at bidrage til den samlede gevinst af et klimatilpasningsprojekt. Det vil sige, at den gevinst de opnår ved den formindskede risiko som følge af klimatilpasningsprojektet og den mulige mergevinst af projektet, vil gøre det attraktivt at bidrage til klimatilpasningsprojektets gennemførelse.

2.3.1 Hvad driver resultatet af analysen?

I samfundsøkonomiske cost-benefit-analyser vil der altid være variable, der mangler pga. af manglende viden. Ud fra en pragmatisk tilgang, er det ikke vigtigt at inddrage alle variable. Det er vigtigt at inddrage de variable, der kan have indflydelse på udfaldet af cost-benefit-analysen – det vil sige om cost-benefit-analysen viser et samfundsøkonomisk overskud eller underskud af en given investering. Det vil således være en del af opgaven at vurdere samtlige variables potentiale til at påvirke beslutninger om klimatilpasningsinvesteringer. I forbindelse med beregninger af bidragsfordelinger og modeller, der tilskriver gevinster, vil nogle gevinster være så ubetydelige, at disse vil være ligegyldige for det samlede bidrag. Uvæsentlige deltaljer med fokus på alle bidrag – også de minimal bidrag - kan gøre bidragsmodeller så komplicerede, at det bliver svært at lave en operationel bidragsmodel - se kapitel 5.

2.3.2 Håndtering af usikkerhed og fordelinger

Mange af de variable, der vil indgå i klimarisikomodelle og klimatilpasningstiltagene, vil være stokastiske med forskellige statistiske fordelinger. Nogle af disse statistiske fordelinger er identificerede, mens andre fordelinger ikke vil være identificerede. I tilfældet af manglende data og viden om fordelingen vil kvalificerede gæt erstatte statistisk definerede fordelinger. Samtidig kan nøjagtigheden, hvormed variablene identificeres, variere. Således vil nogle variable kunne anvendes i vurderingen af konkrete projekter, mens andre variable er for upræcise til at beskrive konkrete projekter.

Den grundlæggende konsekvens af den manglende sikkerhed for de enkelte variable er - selvom om uligheden i ligning 6 overholdes på gennemsnittet – at der vil være en signifikant sandsynlighed for at omkostningerne overstiger gevinsterne for en betydelig del af husholdningerne, der indgår i bidragsmodellen, hvis de beregnede omkostninger og gevinster ligger tæt på hinanden.

I den forbindelse vil det være relevant at sikre, at de samlede gevinster overstiger omkostninger med en betydelig procentdel. Finansministeriet opererer med begrebet dødvægtstab, hvor alle offentlige udgifter skal ganges med 1,25 for på den måde at gøre alle offentlige investeringer dyrere. Begrundelsen for dødvægtstabet bygger på nogle teoretiske overvejelser om, at skatter forstyrrer et ellers perfekt marked, hvilket giver et velfærdstab (Møller & Jensen, 2004). Selvom dødvægtstabet bygger på antagelser, som nemt vil kunne skydes ned, vil selve øvelsen med at gange dødvægtstabet på investeringsomkostningerne og vedligeholdelsesomkostninger sikre, at sandsynligheden for at gevinsterne overstiger omkostningerne falde betydeligt. Det vil derfor være relevant at anvende samme vægtning på 1,25 i forholdet mellem beregnede gevinster og det bidrag den enkelte borger eller virksomhed pålægges.

2.3.3 Kritisk infrastruktur og samfundsmæssig risikoaversion

Nogle hændelser eksponerer kritisk infrastruktur eller vil have så store omkostninger, at beslutningstagere vil vurdere, at omkostningerne forbundet med hændelserne er uacceptable. Det kan eksempelvis være oversvømmelse af hospitaler eller hændelser med lav sandsynlighed, men med eksponeringer af et meget stort antal borgere, som f.eks. oversvømmelserne i New Orleans i 2005. En investeringsvurdering af klimatilpasningstiltag bør som minimum forholde sig til disse tilfælde, hvor økonomiske prioriteringer mellem omkostninger og gevinster sættes ud af kraft pga. samvariationen mellem risikoaversion og størrelsen på hændelsen; størrelsen på risikoaversionen er bl.a. en

funktion af størrelsen på omkostningerne forbundet med en hændelse (Pratt, 1978).

Det betyder bl.a., at meget voldsomme hændelser er uacceptable, også selvom hændelserne har en meget lille sandsynlighed. Et godt eksempel på en sådan beslutning er den politiske beslutning om ikke at producere energi fra atomkraft i Danmark. Når eksponeringen er lille, men omkostningen stor, så er den samlede risiko lille, hvis man ser bort fra risikoaversionen. I tilfældet med atomkraft har risikoaversion drevet politiske beslutningstagere til at afvise atomkraft. Muligheden for atomkraftlignende hændelser i en omkostningsstørrelsesorden i forhold til oversvømmelser fra stormflod, er en mulighed, selvom sandsynligheden er så lille, at den ikke kan kvantificeres. En stormflod på 5-6 meter der rammer København - som COWI (2017) regner med - vil muligvis have et omkostningsomfang, som politisk ikke vil være acceptabelt.

Overvejelserne om kritisk infrastruktur og uacceptable risiko ligger grundlæggende uden for klassiske nytteetiske overvejelser. Økonomiske nytteetiske betragtninger opererer inden for kendte og afgrænsede fordelinger for udfaldsrum. Ekstreme hændelser med lille sandsynlighed for at opstå er svære - muligvis umulige - at kvantificere i monetære enheder, fordi fordelingen og risikoaversionen ikke kendes. Ansvar for denne type overvejelser er derfor udelukkende en politisk vurdering. Det betyder dermed også, at ansvaret for bidrag bør ligge hos de politiske instanser, der træffer afgørelse om kritisk infrastruktur og uacceptable risiko.

3 Hvem og hvor meget skal vi bidrage

Det nytteetiske udgangspunkt betyder, at dem der har gevinsterne af en given handling bør være villige til at bidrage med op til den gevinst, de opnår ved handlingen.

3.1 Fairness

I forbindelse med bidrag til klimatilpasningsprojekter bliver den nytteetiske betragtning generelt udvidet til, at folk og virksomheder bør bidrage proportionalt med den gevinst de opnår ved klimatilpasningen. Dette udvider udfordringen med at afgøre, hvor meget den enkelte skal bidrage. Proportionalitetsbetragtningen kræver nemlig, at gevinsterne for alle folk og virksomheder opgøres, og dernæst fordeles omkostninger i samme forhold som de opnåede gevinster. Det er svært eller måske umuligt at opgøre alle gevinsterne for alle – mere om det nedenfor – og på den måde kan det være svært at opnå proportionalitet.

Generelt omtales proportionalitetsprincippet som fair. Her vurderes fairness i forhold til fællesskabet, hvor det grundlæggende spørgsmål er: "Hvor meget skal jeg betale i forhold til alle andre?". Fairness kunne i stedet tage udgangspunkt i individet. En individuel tilgang til fairness vil gøre øvelsen med at beregne bidrag væsentligt nemmere. I dette tilfælde vil bidraget være fair, hvis gevinsten af klimatilpasningstiltaget overstiger bidraget – med faktor 1,25 for en sikkerhed skyld. I denne sammenhæng er det grundlæggende spørgsmål, om personen eller virksomheden er bedre stillet efter klimatilpasningsprojektet, hvor de er pålagt at bidrage, end før klimatilpasningsprojektet. Hvis gevinsterne overstiger omkostningerne for den enkelte, vil denne være blevet behandlet fair ud fra en individuel nytteetisk betragtning. De to typer fairness-tilgange kan formuleres på følgende måde, hvor i beskriver et individ såsom en person eller en virksomhed.

Proportional fairness:

$$bidrag_i = K(io, ve) * \frac{\sum_{i=1}^n gevinster_i}{gevinster_i} * 1,25 + K(mg_i) \quad (7)$$

Individuel nytte-etisk fairness:

$$bidrag_i < Gevinst_i * 1,25 \quad (8)$$

De to definitioner er væsentligt forskellige fra hinanden. Det er operationelt væsentligt mere kompliceret at beregne fairness ud fra et fællesorienteret proportionalitetsfairnessprincip i forhold til et individuelt nytteetisk fairnessprincip.

I det omfang en individuel nytteetisk tilgang anvendes, kræver det, at gevinsterne overstiger bidraget. I den forbindelse kan nogle generelle mindre detaljerede beregninger være nok til at sandsynliggøre, at uligheden i ligning 8 overholdes. Det betyder ligeledes, at husholdninger eller virksomheder kan pålægges at betale det samme bidrag, også selvom de enkelte husholdninger eller virksomheder har forskellige gevinster af et klimatilpasningstiltaget. I det tilfælde at proportionalitetsfairness tilstræbes, så kræver det, at man kender alle parters gevinster af klimatilpasningsprojektet præcist nok til, at man

kan opgøre andelen af gevinsterne. Det kan hurtigt blive et uoverskueligt og ressourcekrævende projekt at opgøre, specielt i forbindelse med klimatilpasningsprojekter der berører større byområder.

3.2 Engangsbidrag eller løbende bidrag

Et klimatilpasningstiltag, såsom et dige eller et overløbsbassin, kan nemt opfattes som et projekt, der har en start og en slutning. På samme måde er selve konstruktionsomkostningen i mange tilfælde væsentligt større end de aggregerede diskonterede vedligeholdelsesomkostninger. For dem, der opnår gevinsten af klimatilpasningstiltaget, er det omvendt. Gevinsten af et klimatilpasningstiltag er en flowværdi, som husholdninger og virksomheder nyder godt af. Værdien af risikoen for oversvømmelse er i år, næste år, året efter og så fremdeles. Således bør ligning 4 udvides til at indeholde et tidselement som beskrevet nedenfor.

Gevinsten for den enkelte husholdning eller virksomhed (i) for en specifik periode (tid)

$$Gevinst_{i,tid} = R_{mk,i,tid} - R_{uk,i,tid} \quad (9)$$

Gevinsten for hele projektet over hele tiltagets levetid, inddrager gevinsten for en given husholdning eller virksomhed (i) aggregeret over projektets levetid målt i år (tid).

$$Gevinst = \sum_{tid=0, i=1}^{m,n} R_{mk} - \sum_{tid=0, i=1}^{m,n} R_{uk} \quad (10)$$

Flowværdien er ikke anderledes end når folk køber hus eller bil. Hovedomkostningen afholdes i forbindelse med købet, men gevinsten opnås i forbindelse med brugen af huset eller bilen. Værdien af et hus eller en bil er den nuværende samt det forventede forbrug ude i fremtiden for den nuværende og mulige kommende ejere. I modsætning til huset eller bilen, som er et privat gode, vil den enkelte ikke kunne sælge et klimatilpasningsprojekt ud fra, hvornår brugen af projektet stopper ved en evt. flytning eller ved død.

I en teoretisk økonomisk virkelighed vil risikoen fra klimaforandringerne indarbejdes i ejendomsmarkedet i forbindelse med, at husholdningerne opdaterer deres viden omkring risikoen for oversvømmelser. På den måde ville et klimatilpasningstiltag, der reducerer risikoen for oversvømmelse ligeledes blive indarbejdet i ejendomsprisen for berørte boliger. I en økonomisk teoretisk virkelighed ville husholdninger og virksomheder opleve værdien af klimatilpasningstiltag i deres ejendomsværdi eller gennem deres husleje. Problemet er blot, at folk generelt synes at være uvidende omkring risikoen for oversvømmelser (Lautrup et al., 2021). På den måde oplever husholdninger og virksomheder ingen gevinst af klimatilpasningstiltag. Gevinsterne bliver med stor sandsynlighed ikke kapitaliseret i ejendomsmarkedet (Lautrup et al., 2021).

I det omfang at bidraget pålægges at udbetales som et engangsbetrag, for at finansiere et klimatilpasningsprojekt, vil engangsbetraget blive opfattet som den aggregerede gevinst for hele klimatilpasningsprojektet. Det vil sige, at hvis man pålægger husholdninger og virksomheder at bidrage gennem et engangsbetrag, så pålægger man dem at bidrage for gevinsten af klimatilpasningstiltaget for sig selv og alle kommende ejere. De fleste ejendomme vil

skifte ejere, og det synes at være urimeligt ikke at fordele udgiften til alle ejere af ejendommene i stedet for kun at fokusere på de nuværende ejere. I det omfang at en kommune pålægger beboerne i et boligområde at bidrage til et klimatilpasningsprojekt med et engangsbeløb, så vil nogle husholdninger opleve at skulle bidrage forholdsvis meget i forhold til deres forventninger til opnåede gevinster. For de husholdninger der eksempelvis påtænker at flytte inden for en overskuelig fremtid, eller hvis husholdningsmedlemmer er terminal syge, eller blot er ældre, vil de langt fra opnå den aggregerede gevinst. På den anden side vil husholdninger, der forventer at bo samme sted i mange år, ikke opleve samme problem, når de personligt opgør gevinster og bidrag til et klimatilpasningstiltag.

Ud fra en nytteetisk betragtning er det tydeligt, at bidraget til klimatilpasningsprojekter bør fordeles ud på både nuværende og kommende ejere. Gevinsten af klimatilpasningsprojekter er en flowværdi, og det bør bidragsfordelingen reflektere. Det betyder, at husholdninger og virksomheder, der opnår en gevinst af et klimatilpasningsprojekt, bør pålægges et løbende bidrag, evt. et årligt bidrag.

3.3 Forholdet mellem materielskade og immateriel skade samt bidrag

I forbindelse med oversvømmelser fra skybrud, stormflod, vandløb og forhøjet grundvandsstand vil der opstå materielle skader på ejendomme, bygninger og flytbare genstande. Virksomheder vil ligeledes kunne opleve skader på produktionsapparatet, der skal udbedres, samtidig med tabt produktionskapacitet i en kortere eller længere periode.

De udgåede materielle skader kan beregnes med udgangspunkt i forsikringsdata fra forsikringspension (Zhou et al., 2013b). På baggrund af modelestimationer af stormflodsrådets forsikringsager, kan materielle skader fra stormflodsoversvømmelser nu kvantificeres separat. Modelestimationer kan findes i bilaget til rapporten.

I tabel 2 præsenteres en fortolkning af modelestimerne af skadesomkostningsmodellen for stormfoldsskader dokumenteret i bilaget. Skadesomkostninger i tabel 2 beskriver den gennemsnitlige omkostning ved stormflodsskader. Der vil være oversvømmelser af boliger, hvor gennemsnittet vil ligge langt fra virkeligheden. Skadesomkostninger er modelleret for sommerhuse og for parcel og rækkehuse. Størrelsen på boligen, typen af skade, boliger der har flere etager, type af hus, prisen på bolig og geografisk placering i forhold til vandstand, kyst og vandløb viser sig at have betydning for størrelsesordenen for de materielle skader på oversvømmede boliger. Variablene træhus, varmepumpe og brændeovn bør fortolkes som proxy-variable, der beskriver typer af bolig i stedet for en konkret installation i forbindelse med boligen. I det omfang at en bolig får installeret en brændeovn, så bør man være forsigtig med at fortolke skadesestimateret i forhold til materielle skader af eksempelvis et parcelhus.

Tabel 2 Fortolkede skadesomkostninger ved stormflodsskader.

	Sommerhuse	Parcel- og rækkehuse
Bolig størrelse m ²	3200	600
Bygningsskade	313.600	436.700
Løsøre - skader på inventar	171.500	284.700
Genhusning	200.700	423.900
Tidligere udbetaling	36.200	122.900
Mere end en etage		-170.000
Træhus	77.500	121.100
Varmepumpe	64.800	254.600
Brændeovn		-85.800
Boligpris/1000 kr.		16
Højde over havet < 1m	306.300	300.800
Højde over havet >=1m & < 1.5m	271.800	227.700
Højde over havet >=1.5m & < 2m	-94.800	-203.900
Afstand til kyst < 35 m	-52.400	-80.200
Afstand til kyst >=35m & < 70m	-82.500	-115.500
Afstand til vandløb < 50 m	-70.300	
Afstand til vandløb >=50m & < 150m	-71.100	
Afstand til vandløb >=150m & < 500m	-60.800	

*tallene er udtrykt i DKK 2000-2015. Se bilag for dokumentation af modelestimation.

Skadesomkostningstallene for stormflodsskader kan fortolkes således, at et parcelhus på 150 m ² , der ligger 1.6 m over havet og 40 m fra kysten, som bliver oversvømmet, vil have en skadesomkostning på henved 500.000 kr.	Størrelse (150 m ²)	= 90.000 kr.
	Bygningsskade	436.700 kr.
	Inventarskade	284.700 kr.
	Højden over havet 1.6m	-203.900 kr.
	Afstand fra kysten 40m	-115.500 kr.
	Samlet skadesomkostning	<u>492.000 kr.</u>

Det er generel svært at vurdere såvel tab i forbindelse med skader på produktionsapparat som de tab i produktionskapaciteten en virksomhed oplever. På nuværende tidspunkt findes der ikke en model, der kan generalisere til hele Danmark.

De immaterielle omkostninger, som folk oplever i forbindelse med oversvømmelse, kan ikke kvantificeres ved hjælp af forsikringsdata. Omkostningerne handler om tab af ejendom, som har værdi for husholdningen, men som ikke har værdi for andre, f.eks. tab af arvestykker og fotoalbums. Det kan ligeledes dreje sin om besværet med at udbedre skader og mulig indkvartering i midlertidig bolig i forbindelse af udbedring, affugtning og afhjælpning af større bygningsskader. Lautrup et al. (2021) finder i en større spørgeskemaundersøgelse, at folk gerne vil betale for at mindske sandsynligheden for oversvømmelse. Betalingsviljen for at mindske sandsynligheden for oversvømmelse kan, ses som et udtryk for hvor meget folk forventer at miste i immateriel

nytte, hvis de oversvømmes. De folk, der besvarede undersøgelsen, havde en gennemsnitlig betalingsvillighed på 2300 kr. og 2800 per år i 10 år for få reduceret risikoen for stormflod med henholdsvis 25 % og 50 % i forhold til det nuværende niveau. I forhold til skybrud havde folk en gennemsnitlige betalingsvillighed på 3000 kr. og 3800 per år i 10 år for at få reduceret risikoen for skybrud med henholdsvis 25 % og 50 % i forhold til det nuværende niveau. Resultaterne viser, at folk vurderer, at de vil opleve et immaterielt tab, som ikke vil blive dækket af deres forsikringer. Folk vurderer samtidig dette beløb til at være betydeligt. Det kan være svært at oversætte undgået immaterielle tab til specifikke klimatilpasningstiltag, men tallene er af en størrelsesorden, hvor det vil være problematisk ikke at forsøge at oversætte tallene i beregningen af bidragsfordelingen i konkrete projekter.

Internationale studier viser at oversvømmelser kan føre til psykiske stressrelaterede sygdomme. Studierne bygger på spørgeskemaundersøgelser. Undersøgelserne er relaterede til voldsomme hændelser, der til dato ikke er observerede i Danmark (Reacher et al. 2004; Fernandez et al. 2015). Det mest omfattende studie i Danmark af effekten af oversvømmelse på folks sundhed er udført af Lautrup et al. (2021). Undersøgelsen bygger både på spørgeskemaundersøgelser og landsdækkende registerdata. Resultaterne viser, at der ikke er nogen nævneværdig effekt af oversvømmelser på folks sundhed. Forskellen på de internationale studier og det danske kan muligvis forklares ved, at omfanget/størrelsesorden af de undersøgte oversvømmelser er mindre i de danske cases. På baggrund af de nuværende studier bør sundhedsrelaterede gevinster ikke indgå i beregningerne af bidragsmodeller.

3.4 Risikoaversion

Risikoaversion beskriver det fænomen, at folk generelt vil forsøge at undgå hændelser med høj usikkerhed. Det betyder, at folk hellere vil vælge hændelser eller situationer til, som er mere forudsigelige end hændelser eller situationer, der er svære at forudsigelige – også selvom at gevinsten ved den forudsigelige hændelse er langt lavere end gevinsten fra den svært forudsigelige hændelse. En person, der ikke er risikoavers, vil gange eksponering (e) med omkostning (o) ved en given hændelse. I denne sammenhæng udtrykker eksponeringen sandsynligheden for en given hændelse. En risikoavers person vil tilføje et ekstra risikoaversfaktor til ligningen (ra) som muligvis i sig selv vil være en funktion af eksponeringen og omkostningen ved hændelsen.

$$Risiko = e * o * ra \tag{11}$$

Forskning viser at folk generelt er mere forbeholdende overfor at opleve en omkostning end at opleve en gevinst. Således vil risikoaversfaktoren ikke være symmetrisk i forhold til omkostninger og gevinster. I forbindelse med klimatilpasningsprojekter udtrykker risikoaversionen nyttetabet ved usikkerheden for, at der muligvis forekommer en oversvømmelse. Derudover oplever folk også et større tab, hvis de mister noget, end hvis de omvendt vinder noget – også selvom det har samme værdi (Kahneman et al., 1991).

For at folk kan have en risikoaversion over for oversvømmelse fra skybrud, stormflod, vandløb og forhøjet grundvandsstand kræver det, at folk er opmærksomme på problemet. Resultaterne præsenteret af Lautrup et al. (2021) viser grundlæggende, at folk ikke er opmærksomme på den risiko, de er udsat for, og selv i forbindelse med en oversvømmelse glemmes risikoen efter tre

år. Risikoaversion vil derfor, for de fleste, være lille. Det betyder, at *ra*-faktoren i ligning 10 sandsynligvis vil være tæt på 1 for de fleste mennesker. Risikoaversion i forhold til risiko for ekstreme klimahændelser er generelt underbelyst i litteraturen med undtagelse af få eksempler (f.eks. Kind et al., 2017; Frontuto et al., 2020). Det betyder, at risikoaversion kun aktivt spiller en rolle for velinformede beslutningstagere, der har overblik over det mulige udfaldsrum for ekstreme hændelser.

3.5 Gennemsnittet er blot midten af fordelingen

Eksposeringen for ekstreme klimahændelser i forhold til oversvømmelser fra skybrud, stormflod, vandløb og forhøjet grundvandstand bør opfattes som fordelingen af mulige hændelser. Både gennemsnittet og halerne i fordelingen har betydning for, hvorledes man bør forholde sig til eksposeringen. Gennemsnittet er midten af fordelingen og giver blot det mest sandsynlige udfald. Gennemsnittet er ikke det samme som det faktiske udfald. Nogle fordelinger er smalle og ligger tæt på gennemsnittet, mens andre fordelinger er brede med hændelser der spredes langt fra gennemsnittet. Nogle fordelinger er ydermere ikke symmetriske. Specielt fordelinger, der beskriver klimahændelser, vil sandsynligvis være højre skæve, eftersom meget voldsomme hændelser sker med meget lille sandsynlighed. Den generelle forventning inden for klassisk statistisk er, at når antallet af observationer stiger, vil gennemsnittet for fordelingen blive mere og mere tydeligt (Wooldridge, 2015). Det er en antagelse, der grundlæggende er korrekt i de fleste tilfælde, men i tilfælde af eksempelvis ekstremt højre skæve fordelinger - som optræder i forbindelse med klimahændelser - behøves dette ikke nødvendigvis være tilfældet. Det kan teoretisk være muligt, at der findes fordelinger, hvor gennemsnittet bliver ved med at rykke sig i forbindelse med at antallet af observationer stiger (Mercure et al., 2021). Implikationerne er, at antagelser om fordelingerne for de forskellige variable, der tilsammen beskriver eksposeringen, langt hen ad vejen vil resultere i et underestimat af den reelle eksposering. Det betyder, at vi muligvis undervurder risikoen for oversvømmelser og dermed i andet led også undervurderer gevinsterne af klimatilpasningstiltag.

De samme overvejelser, der gør sig gældende for klimaeksposeringen, gør sig ligeledes gældende i forhold til omkostningerne af oversvømmelser. Den generelle anvendelse af gennemsnitsbetragtninger i forhold til bygningskader eller tab af flytbart inventar, dækker over en fordeling, hvor de mindste værdier er mange gange mindre end de højeste værdier. I forbindelse med cost-benefit-analyse af klimatilpasningsprojekter, hvor gennemsnittet anvendes, er dette et mindre problem, fordi de mindste og største værdier udligner hinanden – igen under antagelse af en symmetrisk fordeling. I forbindelse med opgørelse af bidrag vil det betyde, at man vil komme til at overestimere gevinsterne ved et klimatilpasningstiltag for halvdelen af husholdninger og virksomheder. Omvendt vil man undereestimere gevinsterne for den anden halvdel af husholdninger og virksomheder. Størrelsesordenen af fejlestimerne vil afhænge af, om fordelingen har en lille eller stor spredning i forhold til gennemsnittet.

Det er ikke kun ved materielle skader, at gennemsnitsbetragtninger kan føre til både betydelige underestimer og betydelige overestimer. Immaterielle tab, risikoaversion, tidspræference osv. kan alle beskrives som fordelinger. Det betyder, at den enkeltes værdiopfattelse vil adskille sig fra alle andres. På den måde vil gevinstberegninger være forskellige for alle husholdninger og

alle virksomheder. En bidragsmodel, der baserer sig på gennemsnitsbetragtninger og følger proportionalitets-fairness-princippet, vil uundgåelig føre til en ikke-fair-bidragsfordeling. Det er til gengæld væsentlig mere sandsynligt, at fairness kan opnås med et individuel nytteetisk fairness-princip, selvom man anvender gennemsnitsbetragtninger. Der mangler dog forskning i fordelingerne i eksponerings- og omkostningsfunktionen. I det omfang disse fordelinger kan beregnes, ville det være muligt at lave bidragsmodeller, der er mere fair.

4 Indvendinger mod at bidrage

For den enkelte husholdning og virksomhed udgør et pålagt bidrag til et klimatilpasningstiltag en omkostning. Husholdningen eller virksomheden vil hellere end gerne "free-ride" på et klimatilpasningstiltag for at slippe for at bidrage, men stadig nyde godt af gevinster ved den mindskede risiko som følge af klimatilpasningstiltaget. Ønsket om et "free-ride" er et generelt økonomisk fænomen, som kan findes i mange situationer, som f.eks. da en stor del af den danske befolkning ikke betalte licens, men stadig benyttede sig af Danmarks Radios medier, eller i forbindelse med store internationale aftaler hvor lande forsøge at slippe uden om at bidrage eller overholde fælles aftaler (Field & Field, 2016).

Det er således ikke overraskende, at husholdninger og virksomheder, som er eksponerede i forhold til oversvømmelse, vil tage samme udgangspunkt. Problemet er blot, at hvis alle ønsker at "free-ride", så er der ingen til at betale, og så er der heller ingen gevinst at deles om. Ønsket om at "free-ride" er eksempelvis den afgørende årsag til at de internationale klima-COP-møder ikke har ført til et tilstrækkeligt fald i udledningen af drivhusgasser gennem aftaler. Alle lande venter på, at alle andre lande påtager sig ansvaret, men på den måde er der ingen, der påtager sig et ansvar.

Den første indvending mod at bidrage er, at andre burde bidrage til den fælles løsning. For husholdningerne og virksomhederne vil det være nærliggende at pege på kommuner og forsyningsselskaber; kommunerne og forsyningsselskaberne kan så derefter pege på staten, og staten kan pege på husholdningerne og virksomhederne. Den første indvending kommer dog til kort, hvis man tager udgangspunkt i et fællesorienteret proportionalitetsprincip eller et individuelt nytteprincip, hvor den grundlæggende etiske fordring er, at de der har gevinsterne, er dem der bør betale.

Den anden indvending er at sætte spørgsmål ved den beregnede eksponering. Det er et faktum, at den beregnede eksponering er baseret på en lang række variable, der alle sammen er baserede på fordelinger med muligvis ukendte spredninger. Det er således en helt rimelig position at indtage, at eksponeringsberegningerne er forkerte; det er nok mest sandsynligt, at eksponeringen vil være forskellig fra, hvad der faktisk kommer til at ske. Indvendingen er som udgangspunkt en dårlig strategi, fordi hvis der ikke er en eksponering, så er der ingen grund til at foretage sig noget. Problemet er jo blot, at der faktisk er en eksponering, og man har en interesse i, at der sker noget – man har blot ingen interesse i selv at betale. På den måde skal ingen bidrage, men der er heller ingen fælles gevinst i form af nedsat risiko fra oversvømmelse. Hvis indvendingen skal imødegås, er det vigtigt at forstå, at folks opfattelse påvirkes bedst af konkrete erfaringer (Doll & Ajzen, 1992), og at deres hukommelse er kortvarig (Lautrup et al. 2021). Den bedste måde at overbevise husholdninger og virksomheder om deres eksponering er ved, at de oplever en oversvømmelse. I det omfang der ikke er en oversvømmelse at læne sig op af, er relaterbare historier om andre, der har oplevet en oversvømmelse den bedste måde at overbevise om eksponering (Butow et al., 2005; Winterbottom et al., 2008; Bekker et al. 2013). Den anekdotisk historie skal give husholdningerne og virksomhederne en indirekte erfaring med oversvømmelse. Da der tvivl om eksponeringen, så bør historien slå på omkostningssiden og specielt skubbe til folks risikoaversion – se ligning 11.

Teknisk eller videnskabelig information om eksponering overbeviser ikke nødvendigvis de, der har indvendinger mod eksponeringen (Moore & Stilgoe, 2009; Dahlstrom, 2014). Det er altid nemmere at afvise noget, der er svært at forstå, f.eks. tekniske abstraktioner som grafer og procenter er i særdeleshed svære at forstå. Hvis teknisk og videnskabelig information var overbevisende, så ville der ikke være behov for at håndtere de accelererende klimaforandringer, for så var udledningen af drivhusgasser stoppet for længst.

Den egentlige bevæggrund, for at nogle husholdninger eller virksomheder kunne sætte spørgsmålstegn ved eksponeringen, er ikke selve eksponeringen, men at undgå at bidrage. I det omfang at husholdningerne eller virksomhederne ikke blev pålagt at bidrage, ville deres indvendinger hurtigt forstumme. Der vil ikke være en fordel ved at modsætte sig et projekt, der muligvis ned-sætter risikoen for oversvømmelse - også selvom den enkelte husholdning eller virksomhed er i tvivl om, hvor stor eksponeringen reelt er, hvis de ikke bliver pålagt at bidrage.

En tredje indvending er, at husholdningerne eller virksomhederne kan hævde, at deres bidrag ikke står mål med de gevinster, de opnår i forbindelse med et konkret klimatilpasningstiltag. Givet at omkostningsfunktionen består af en række variable, der hver for sig beskriver fordelinger, vil det være uundgåeligt, at nogle husholdninger eller virksomheder vil befinde sig i ekstremerne af fordelingen. Det betyder grundlæggende, at en mindre andel af husholdninger og virksomheder vil have en væsentlige lavere gevinst end flertallet af husholdninger og virksomheder. Det kan eksempelvis skyldes, at de potentielle materielle eller immaterielle skader som følge af en oversvømmelse er mindre for netop denne husholdning eller virksomhed sammenlignet flertallet. Selvom indvendingen kan være valid for nogen, vil indvending ikke være det for flertallet. En pragmatisk tilgang vil være at tilbyde husholdninger og virksomheder en konkret vurdering af gevinsterne af klimatilpasningstiltaget. Vurderingen vil både kunne sætte gevinsterne højere eller lavere end den mere generelle vurderingsmodel. På den måde vil den konkrete vurdering kunne sætte bidraget enten op eller ned. Sandsynligheden for at få sat sit bidrag op vil mindske "free-riders"-indvendinger om, at netop deres bidrag ikke står mål med gevinsterne.

5 Afprøvning af økonomisk cases for bidrag

I det følgende afsnit foretages en økonomisk vurdering af potentialet for bidrag af to cases, der bryder rammerne for, hvorledes bidrag er blevet behandlet i rapporten indtil nu. Den ene case udforsker bidragspotentialet for folk, der ikke direkte oplever oversvømmelse af egen bolig. Den anden case udforsker, hvordan betalingsvillighed for store virksomheder bør behandles i en bidragsmodel. I løbet af Klima på Tværs-projektet er begge cases blevet bragt på banen som mulig medfinansiering af klimatilpasningsprojekter.

5.1 Bidrag for indirekte gevinster af klimatilpasningstiltag

Klimatilpasningstiltag vil være en direkte gevinst for dem, der får sikret deres ejendom mod oversvømmelse. Der vil også være indirekte gevinster af klimatilpasningstiltag, som både vil tilfalde ejerne af ejendom, og folk eller virksomheder, der benytter de byrum, hvor risikoen for oversvømmelser er blevet mindsket. Folk og virksomheder, der benytter veje eller anden infrastruktur, hvor eksponeringen for oversvømmelse er reduceret, vil sjældnere opleve ikke at kunne anvende den udsatte vej eller infrastruktur. På samme måde vil folk og virksomheder, der anvender byrum til andre formål, have en gevinst af klimatilpasningstiltag, der reducerer eksponeringen for oversvømmelser. Konsekvensen af en reduceret eksponering vil være, at folk og virksomheder vil kunne benytte byrummet uhindret langt oftere. Ud fra en nytteetisk betragtning, burde disse folk og virksomheder yde et bidrag til de klimatilpasningstiltag, som de opnår en gevinst af.

Det midlertidig tab som folk og virksomheder, der indirekte vil blive påvirket af en oversvømmelse, oplever, afhænger af muligheden for substitutter, dvs. om den aktivitet, som man ville have foretaget i det oversvømmede område kunne fortages et andet sted. I langt de fleste tilfælde, vil folk og virksomheder, der vil benytte en oversvømmet vej, kunne finde en alternativ vej at benytte. Det samme gør sig gældende for folk eller virksomheder, der ønsker at benytte et oversvømmet byrum til en aktivitet. Der findes med stor sandsynlighed andre byrum, som kan fungere som substitut for det oversvømmede byrum. Selvom der findes substitutter til de aktiviteter, der var tiltænkt et oversvømmet byrum, så vil det i mange tilfælde opleves som et tab. Ændring i nytten (n) for et individ vil være forskellen på den oplevede nytte af en aktivitet (a) og den oplevede nytte af en substitutionsaktivitet (sa).

$$\Delta n_i = n_i(a) - n_i(sa)$$

I det omfang den alternative aktivitet er en perfekt substitut, så er der reelt ikke noget tab for individet. Omvendt hvis der ikke findes en substitutionsaktivitet, så er nyttetabet lig med nytten af den tabte aktivitet. I de fleste tilfælde er der en substitution, som kan erstatte den oprindelige aktivitet, men erstatningen er ikke perfekt. Det vil sige, at der er et nyttetab, men det sandsynligvis ikke særlig stort. For individet der plejer at anvende en vej, der er midlertidig oversvømmet, vil en alternativ vej måske gøre rejsen 5-10 minutter længere. For individet, der er taget til byen for at have en kulturel oplevelse, vil individet blive nødt til at tage til en anden by for at have en sammenlignelig oplevelse. Pointen er, at nyttetabet generelt ikke vil opleves som stort, medmindre der ikke findes en substitutionsmulighed. Det betyder, at

bidraget, som man vil kunne forvente at modtage for disse folk og virksomheder, vil være lille - så lille at bidraget vil være uden betydning for økonomien i klimatilpasningsprojektet sammenholdt med, hvor besværligt det vil være at administrere en sådan bidragsløsning.

5.2 Betalingsvillighed fra store infrastrukturvirksomheder

Store infrastrukturvirksomheder som f.eks. Metroselskabet, Københavns Lufthavn og Sund & Bælt kan alle have deres egen vurdering af risikoen for oversvømmelse. Denne risikovurdering kan i væsentlig grad adskille sig fra vurderingen fra den kommune, hvor deres anlæg er placeret. Givet usikkerhederne i risikomodellen i forhold til eksponering og omkostninger, så er det ikke specielt overraskende, at forskellige organisationer finder frem til forskellige klimasikringsniveauer. Lad os sige, at de pågældende virksomheder har besluttet sig for et sikringsniveau, der kan håndtere en 10.000-årshændelse. I det tilfælde vil denne vurdering med stor sandsynlighed adskille sig fra det niveau, som kommuner og forsyningsselskaberne vil arbejde hen imod. Der kan være flere grunde til at vælge så højt et sikringsniveau for denne type virksomhed:

- Virksomheden forventer ikke at skulle betale for sikringsniveauet. Det betyder, at mere sikring mod oversvømmelse altid er bedre. Virksomhedernes udgangspunkt er således at "free-ride" på de klimatiltag, som foretages af kommunen eller forsyningsselskabet.
- Virksomheden har foretaget en vurdering af risikoen og er - ved at afveje omkostninger og gevinster - kommet frem til, at dette er det optimale sikringsniveau for virksomheden. I denne situation er sikringsniveauet et reelt udtryk for virksomhedens betalingsvillighed, dvs. et udtryk for, hvad virksomhederne er villige til at bidrage med for at nå deres valgte sikringsniveau.

Kommunen bør forholde sig til udmeldingen fra virksomhederne som om, det er et udtryk for reel betalingsvillighed. I den forbindelse opstår spørgsmålet om virksomhederne, med deres betalingsvillighed, kan bidrage til en fællesløsning, der kan ramme det valgte sikringsniveau. Alternativt må virksomhederne påtage sig at løse opgaven selv ved at lave klimatilpasningstiltag, der sikrer deres egen infrastruktur. Resultatet behøver ikke at være enten en fælles eller individuel løsning. Man kan sagtens forestille sig hybridløsninger, hvor nogle tiltag fra virksomhederne giver meningen at lave i fællesskab med kommuner og forsyningsselskaber, mens andre løsninger vil være nødt til at blive foretaget individuelt af virksomheden.

6 Hvordan kunne en bidragsmodel se ud

I rapporten opstilles en teoretisk ramme for, hvem der opnår gevinsterne af klimatilpasningstiltag. Med udgangspunkt i velfærdsøkonomisk nytteetik diskuteres efterfølgende, hvorledes bidragsmodeller bør konstrueres, så dem der opnår gevinsterne af et klimatilpasningstiltag, også er dem, der bidrager til tiltagets gennemførelse. Følgende pointer omkring bidragsmodeller fremføres i løbet af rapporten. Disse pointer vil være relevante at forholde sig aktivt til i forbindelse med udarbejdelsen af konkrete bidragsmodeller for konkrete tiltag:

- Gevinsten af klimatilpasningstiltag er forskellen på værdien af risikoen med og uden klimatilpasningstiltaget.
- Risiko for oversvømmelse er en funktion af eksponering og omkostningerne ved oversvømmelse.
- Der er store usikkerheder forbundet med beregninger af eksponeringen og omkostningerne ved oversvømmelse. Det er vigtigt at indse, at udfaldsrummet for eksponering og omkostninger er mindst lige så relevant at forholde sig til som gennemsnitsværdierne for eksponeringen og omkostningen.
- Risikoen for meget ekstreme hændelser undervurderes i økonomiske beregninger. Der betyder, at gevinsterne ved klimatilpasningstiltag også undervurderes.
- Risikoaversion kan man kun have, hvis man ved, at man er udsat for risiko. Derfor er det beslutningstageren, der har risikoaversion og ikke den generelle befolkning, da befolkningen generelt er uvidende om de risici, de har i forhold til oversvømmelse.
- Det er undgåede materielle og immaterielle skader, der udgør gevinsten af klimatilpasningstiltag. Det er disse to elementer, som bidragsmodeller skal baseres på.
- Indvendinger mod bidragsmodeller kan bygge på valide argumenter, men bevæggrunden vil som oftest være at udgå at bidrage. Indvendinger imødegås bedst ved, at de, der pålægges at bidrage, har konkret erfaring med oversvømmelser, eller alternativt har indirekte erfaringer med oversvømmelser gennem relaterbare anekdoter, der kan skubbe til folks risikoaversion.
- Når proportionalitet i forhold til fairness tilføjes nytteprincippet, bliver bidragsberegningerne væsentligt mere komplekse.
- Bidragsmodeller bør baseres på årlige løbende bidrag og ikke et engangsbeløb.

Det at konstruere en bidragsmodel baseret på et velfærdøkonomisk nytteetisk udgangspunkt for klimatilpasningstiltag behøver ikke at være kompliceret. En bidragsmodel bør baseres på individuel nytteetisk fairness med udgangspunkt i materielle og ikke-materielle tab. Bidragsmodellerne vil kunne kritiseres for alle de usikre antagelser, de bygger på. Derfor må man anerkende, at der ikke findes en korrekt bidragsmodel, men at der findes mange.

Referencer

Bekker, H.L., Winterbottom, A.E., Butow, P., Dillard, A.J., Feldman-Stewart, D., Fowler, F.J. & Volk, R.J. (2013). Do personal stories make patient decision aids more effective? A critical review of theory and evidence. *BMC medical informatics and decision making*, 13(2), 1-9.

Butow, P., Fowler, J. & Ziebland, S. (2005). Section 5: Using Personal Stories. IPDAS International Collaboration Document. Edited by: A. O'Connor, Llewellyn-Thomas, H. & Stacey, D.

Dahlstrom, M.F. (2014). Using narratives and storytelling to communicate science with nonexpert audiences. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(Supplement 4), 13614-13620.

Doll, J. & Ajzen, I. (1992). Accessibility and stability of predictors in the theory of planned behavior. *Journal of personality and social psychology*, 63(5), 754.

Fernandez, A., Black, J., Jones, M., Wilson, L., Salvador-Carulla, L., Astell-Burt, T. & Black, D. (2015). Flooding and mental health: a systematic mapping review. *PloS one*, 10(4), e0119929.

Field, B.C. & Field, M.K. (2016). *Environmental economics: an introduction*, 7th. McGraw-Hill Education.

Frontuto, V., Dalmazzone, S., Salcuni, F. & Pezzoli, A. (2020). Risk Aversion, Inequality and Economic Evaluation of Flood Damages: A Case Study in Ecuador. *Sustainability*, 12(23), 10068.

Fryd, O., Panduro, T.E., Horn-Petersen, L., Vejre, H., & Anker, H.T. (2021). Hvem skal betale? Bidragsmodeller for klimatilpasning i kystområder og vandoplande. Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning, Københavns Universitet. IGN Rapport

Gregory, R.S. & Satterfield, T.A. (2002). Beyond perception: The experience of risk and stigma in community contexts. *Risk analysis*, 22(2), 347-358.

IPCC, 2021: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, & B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

Kahneman, D., Knetsch, J.L. & Thaler, R.H. (1991). Anomalies: The endowment effect, loss aversion, and status quo bias. *Journal of Economic perspectives*, 5(1), 193-206.

Kind, J., Wouter Botzen, W.J. & Aerts, J.C. (2017). Accounting for risk aversion, income distribution and social welfare in cost-benefit analysis for flood risk management. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 8(2), e446.

Lautrup, M., Matthiesen, L.L., Jacobsen, J.B. & Panduro, T.E. (2021). Tættere på klimatilpasningens samlede effekter. Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi, Københavns Universitet. IFRO Rapport Nr. 297

Lavell, A., Oppenheimer, M., Diop, C., Hess, J., Lempert, R., Li, J. & Weber, E. (2012). Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: Special report of the intergovernmental panel on climate change* (pp. 25-64). Cambridge University Press.

Mercure, J.F., Sharpe, S., Vinuales, J.E., Ives, M., Grubb, M., Lam, A. & Nijssen, F.J. (2021). Risk-opportunity analysis for transformative policy design and appraisal. *Global Environmental Change*, 70, 102359.

Moore, A. & Stilgoe, J. (2009). Experts and anecdotes: The role of “anecdotal evidence” in public scientific controversies. *Science, Technology, & Human Values*, 34(5), 654-677.

Møller, F. & Jensen, D.B. (2004). Velfærdsøkonomiske forvriddningsomkostninger ved finansiering af offentlige projekter. Faglig rapport, (496).

Panduro, T.E., Nainggolan, D., Taylor, T. & Zandersen, M. (2021). Cost-effectiveness of Nature-Based Solutions in the Urban Environment. Report published as part of the Regreen project financed by European Union Horizon 2020.

Pratt, J.W. (1978). Risk aversion in the small and in the large. In *Uncertainty in economics* (pp. 59-79). Academic Press.

Reacher, M., McKenzie, K., Lane, C., Nichols, T., Kedge, I., Iversen, A. & Simpson, J. (2004). Health impacts of flooding in Lewes: a comparison of reported gastrointestinal and other illness and mental health in flooded and non-flooded households.

Winterbottom, A.E., Bekker, H.L., Conner, M.T. & Mooney, A. (2008). Does narrative information bias individual's decision making? A systematic review. *Soc Sci Med.* 2008, 67 (12): 2079-2088.

Wooldridge, J.M. (2015). *Introductory econometrics: A modern approach*. Cengage learning.

Zhou, Q., Panduro, T.E., Thorsen, B.J. & Arnbjerg-Nielsen, K. (2013a). Adaption to extreme rainfall with open urban drainage system: An integrated hydrological cost-benefit analysis. *Environmental management*, 51(3), 586-601.

Zhou, Q., Panduro, T.E., Thorsen, B.J. & Arnbjerg-Nielsen, K. (2013b). Verification of flood damage modelling using insurance data. *Water science and technology*, 68(2), 425-432.

Bilag

I dette afsnit dokumenteres modelestimer af skadesomkostningerne i forbindelse med stormflodsoversvømmelse. Data bygger på forsikringsager behandlet af Stormrådet i forbindelse med stormflodshændelserne fra december 2013 til oktober 2017.

Der estimeres tre modeller. Den første model beskriver skadesudbetalingen for alle boligtyper som funktion af en række relevante forklarende variable. Model to og model tre beskriver henholdsvis skadesudbetalingerne for sommerhuse og for parcel & rækkehuse som funktion af en række relevante forklarende variable.

Deskriptiv data

I tabellen nedenfor, præsenteres deskriptiv data for de variable der indgår i modellerne.

Alle Sager							
Statistik	N	Mean	St. Dev.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Max
Skadesomkostning	1.831	407.968,600	472.989,400	1.250,000	95.220,960	547.860,300	3.862.200,000
Bolig størrelse m2	1.831	105,983	60,446	21	62	135	485
Bygningsskade (dummy)	1.831	0,977	0,151	0	1	1	1
Løsøre (dummy)	1.831	0,571	0,495	0	0	1	1
Genhusning (dummy)	1.831	0,144	0,351	0	0	0	1
Tidligere udbetaling (dummy)	1.831	0,974	0,158	0	1	1	1
Mere end en etage (dummy)	1.831	0,050	0,219	0	0	0	1
Carport (dummy)	1.831	0,037	0,189	0	0	0	1
Sommerhus (dummy)	1.831	0,560	0,497	0	0	1	1
Træhus (dummy)	1.831	0,549	0,498	0	0	1	1
Varmepumpe (dummy)	1.831	0,150	0,357	0	0	0	1
Brændeovn (dummy)	1.831	0,365	0,482	0	0	1	1
Boligpris/1000 kr.	1.831	1.798,074	1.881,283	100,000	810,000	2.159,375	14.975,000
Højde over havet < 1m	1.831	0,080	0,271	0	0	0	1
Højde over havet >=1m & < 1.5m	1.831	0,767	0,423	0	1	1	1
Højde over havet >=1.5m & < 2m	1.831	0,386	0,487	0	0	1	1
Afstand til kyst < 35 m	1.831	0,103	0,304	0	0	0	1
Afstand til kyst >=35m & < 70m	1.831	0,143	0,350	0	0	0	1
Afstand til kyst >=70m & < 140m	1.831	0,256	0,437	0	0	1	1
Afstand til vandløb < 50 m	1.831	0,089	0,285	0	0	0	1
Afstand til vandløb >=50m & < 150m	1.831	0,176	0,381	0	0	0	1
Afstand til vandløb >=150m & < 500m	1.831	0,216	0,411	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 05-01-2017	1.831	0,081	0,273	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 06-12-2013	1.831	0,872	0,335	0	1	1	1
Oversvømmelse hændelse 10-01-2015	1.831	0,021	0,144	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 27-12-2016	1.831	0,016	0,127	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 29-10-2017	1.831	0,008	0,087	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 29-11-2015	1.831	0,002	0,040	0	0	0	1

Sommerhussager

Statistik	N	Mean	St. Dev.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Max
Skadesomkostning	1.025	372.708,100	341.382,200	1.600,000	134.730,000	512.500,600	2.401.355,000
Bolig størrelse m2	1.025	71,298	28,437	21	52	84	308
Bygningsskade (dummy)	1.025	0,990	0,098	0	1	1	1
Løsøre (dummy)	1.025	0,650	0,477	0	0	1	1
Genhusning (dummy)	1.025	0,069	0,254	0	0	0	1
Tidligere udbetaling (dummy)	1.025	0,982	0,131	0	1	1	1
Mere end en etage (dummy)	1.025	0,011	0,103	0	0	0	1
Carport (dummy)	1.025	0,011	0,103	0	0	0	1
Sommerhus (dummy)	1.025	1,000	0,000	1	1	1	1
Træhus (dummy)	1.025	0,836	0,370	0	1	1	1
Varmepumpe (dummy)	1.025	0,144	0,352	0	0	0	1
Brændeovn (dummy)	1.025	0,401	0,490	0	0	1	1
Boligpris/1000 kr	1.025	975,479	457,013	100,000	697,500	1.125,000	5.800,000
Højde over havet < 1m	1.025	0,083	0,276	0	0	0	1
Højde over havet >=1m & < 1.5m	1.025	0,840	0,367	0	1	1	1
Højde over havet >=1.5m & < 2m	1.025	0,344	0,475	0	0	1	1
Afstand til kyst < 35 m	1.025	0,066	0,249	0	0	0	1
Afstand til kyst >=35m & < 70m	1.025	0,072	0,259	0	0	0	1
Afstand til kyst >=70m & < 140m	1.025	0,294	0,456	0	0	1	1
Afstand til vandløb < 50 m	1.025	0,074	0,262	0	0	0	1
Afstand til vandløb >=50m & < 150m	1.025	0,140	0,347	0	0	0	1
Afstand til vandløb >=150m & < 500m	1.025	0,194	0,396	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 05-01-2017	1.025	0,065	0,247	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 06-12-2013	1.025	0,879	0,326	0	1	1	1
Oversvømmelse hændelse 10-01-2015	1.025	0,023	0,151	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 27-12-2016	1.025	0,020	0,142	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 29-10-2017	1.025	0,011	0,103	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 29-11-2015	1.025	0,001	0,031	0	0	0	1

Parcel- & Rækkehuse							
Statistik	N	Mean	St. Dev.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Max
Skadesomkostning	731	480.044,900	612.051,900	1.455,000	69.611,090	675.045,800	3.862.200,000
Bolig størrelse m2	731	153,748	59,685	49	117	176	485
Bygningsskade (dummy)	731	0,975	0,155	0	1	1	1
Løsøre (dummy)	731	0,490	0,500	0	0	1	1
Genhusning (dummy)	731	0,250	0,434	0	0	0,5	1
Tidligere udbetaling (dummy)	731	0,973	0,163	0	1	1	1
Mere end en etage (dummy)	731	0,090	0,287	0	0	0	1
Carport (dummy)	731	0,077	0,266	0	0	0	1
Sommerhus (dummy)	731	0,000	0,000	0	0	0	0
Træhus (dummy)	731	0,202	0,402	0	0	0	1
Varmepumpe (dummy)	731	0,172	0,378	0	0	0	1
Brændeovn (dummy)	731	0,341	0,474	0	0	1	1
Boligpris/1000 kr	731	2.929,920	2.479,541	500	1.667,8	2.955	14.975
Højde over havet < 1m	731	0,073	0,259	0	0	0	1
Højde over havet >=1m & < 1.5m	731	0,692	0,462	0	0	1	1
Højde over havet >=1.5m & < 2m	731	0,447	0,498	0	0	1	1
Afstand til kyst < 35 m	731	0,148	0,355	0	0	0	1
Afstand til kyst >=35m & < 70m	731	0,230	0,421	0	0	0	1
Afstand til kyst >=70m & < 140m	731	0,208	0,406	0	0	0	1
Afstand til vandløb < 50 m	731	0,114	0,317	0	0	0	1
Afstand til vandløb >=50m & < 150m	731	0,233	0,423	0	0	0	1
Afstand til vandløb >=150m & < 500m	731	0,252	0,434	0	0	1	1
Oversvømmelse hændelse 05-01-2017	731	0,103	0,304	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 06-12-2013	731	0,866	0,341	0	1	1	1
Oversvømmelse hændelse 10-01-2015	731	0,015	0,122	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 27-12-2016	731	0,012	0,110	0	0	0	1
Oversvømmelse hændelse 29-10-2017	731	0,004	0,064	0	0	0	1

Modelestimation

Nedenfor præsenteres en skadesomkostningsmodel, der beskriver skadesomkostningerne for oversvømmede sommerhuse og parcel- & rækkehuse. Skadesomkostninger er defineret af stormflodsrådet og reflekterer den udbetaling den enkelte oversvømmede husstand har modtaget som forsikringsudbetaling fra stormflodsrådet. Modellen er estimeret som en simpel lineær relation mellem skadesomkostningen og de forklarende variable. Modellerne er estimeret med "ordinary least square estimator" med en gaussian fordelingsantagelse. Forskellige funktionsformer, estimators og fordelingsantagelser var afprøvet. Disse variationer over beskrivelsen af skadesomkostninger viste grundlæggende samme relationer som modelestimatorerne nedenfor. På den baggrund, er der her valgt at præsentere den mest simple, men også den lettest forståelige.

Bemærk at modellerne er estimeret uden konstant. På den måde er modellerne tvunget gennem nul – antagelsen her er at der ikke er en gennemsnitsoversvømmelse. Konsekvens er at R^2 ikke kan fortolkes på helt samme måde

som man vil gøre med en konstant i regressionen. Alle estimaterne præsenteres med robuste standardafvigelse.

Skadesomkostningsmodel			
	Afhængig variabel: Skadesomkostning		
	Alle sager	Sommerhuse	Parcel- & Rækkehuse
Bolig størrelse m2	1.134,020*** (215,394)	3.150,547*** (482,456)	608,733** (300,677)
Bygningssskade (dummy)	404.407,800*** (36.709,120)	313.576,800*** (50.450,460)	436.676,200*** (72.519,660)
Løsøre (dummy)	232.001,900*** (17.801,290)	171.492,900*** (20.534,880)	284.654,100*** (35.258,110)
Genhusning (dummy)	380.010,100*** (37.022,650)	200.664,300*** (41.452,000)	423.863,000*** (57.036,260)
Tidligere udbetaling (dummy)	103.719,200*** (39.051,240)	36.347,700 (64.457,700)	122.871,500*** (45.359,200)
Mere end en etage (dummy)	-110.445,700** (46.331,150)	64.788,260 (125.931,100)	-169.977,000*** (64.000,230)
Carport (dummy)	183.549,600** (83.013,870)	126.892,800 (126.288,100)	145.476,100 (95.377,130)
Sommerhus (dummy)	-129.096,800*** (29.037,010)		
Træhus (dummy)	110.236,100*** (26.807,330)	77.503,930*** (22.095,750)	121.116,000** (60.906,690)
Varmepumpe (dummy)	154.585,800*** (35.629,170)	64.843,850* (33.254,930)	254.567,000*** (66.552,600)
Brændeovn (dummy)	-49.033,430*** (18.139,650)	-22.623,090 (19.125,900)	-85.832,600** (33.776,590)
Boligpris/1000 kr.	-1,013 (5,856)	-11,182 (23,856)	15,947** (7,348)
Højde over havet < 1m	252.004,200*** (37.840,590)	306.290,100*** (44.518,920)	300.820,100*** (83.324,470)
Højde over havet >=1m & < 1.5m	221.003,900*** (25.268,610)	271.819,300*** (33.270,390)	227.657,400*** (47.002,100)
Højde over havet >=1.5m & < 2m	-128.976,800*** (22.532,080)	-94.774,710*** (21.761,250)	-203.906,200*** (49.956,530)
Afstand til kyst < 35 m	-71.586,660*** (24.613,800)	-52.401,460 (36.378,620)	-80.234,390* (42.376,640)
Afstand til kyst >=35m & < 70m	-109.183,200*** (24.502,700)	-82.507,470*** (30.886,230)	-115.485,900*** (41.355,280)
Afstand til kyst >=70m & < 140m	-9.024,014 (22.705,280)	-25.366,970 (23.580,390)	-27.148,080 (54.025,350)
Afstand til vandløb < 50 m	27.312,390 (40.536,930)	-70.264,820** (34.705,770)	95.991,090 (73.301,430)
Afstand til vandløb >=50m & < 150m	-30.130,730 (24.609,610)	-71.108,780*** (26.379,610)	-24.631,890 (42.710,470)

Skadesomkostningsmodel

	Afhængig variabel: Skadesomkostning		
	Alle sager	Sommerhuse	Parcel- & Rækkehuse
<i>Fortsat...</i>			
Afstand til vandløb >=150m & < 500m	-18.569,260 (21.759,630)	-60.763,320*** (21.991,530)	9.223,732 (41.070,020)
Oversvømmelse hændelse 05-01-2017	-622.600,200*** (60.794,590)	-649.388,400*** (92.039,800)	-653.907,800*** (103.298,600)
Oversvømmelse hændelse 06-12-2013	-482.682,200*** (57.003,160)	-551.394,600*** (85.301,600)	-520.351,800*** (96.514,300)
Oversvømmelse hændelse 10-01-2015	-590.900,600*** (65.598,430)	-696.220,700*** (91.981,130)	-584.065,700*** (111.531,900)
Oversvømmelse hændelse 27-12-2016	-396.108,900*** (93.008,990)	-296.117,100** (116.642,200)	-664.982,600*** (146.998,400)
Oversvømmelse hændelse 29-10-2017	-620.882,200*** (73.919,430)	-637.836,300*** (100.408,400)	-769.221,500*** (128.543,500)
Oversvømmelse hændelse 29-11-2015	-570.297,600*** (110.668,400)	-658.895,700*** (101.160,000)	
Observations	1.831	1.025	731
R ²	0,655	0,691	0,673
Adjusted R ²	0,650	0,683	0,662
Residual Std. Error	369.719,300 (df = 1804)	284.725,300 (df = 999)	452.277,000 (df = 706)
F Statistic	126,687*** (df = 27; 1804)	85,747*** (df = 26; 999)	58,176*** (df = 25; 706)

Notes: ***Signifikant på 1 procent niveau.

**Signifikant på 5 procent niveau.

*Signifikant på 10 procent niveau.

HVORDAN SKAL EN BIDRAGSMODEL FOR KLIMATILPASNING SE UD?

I denne rapport opstilles en teoretisk ramme for bidragsmodeller og dernæst afprøves forskellige bidragsscases. Rapporten giver en række anbefalinger på, hvorledes bidragsmodeller kan konstrueres bl.a. på baggrund af materiel skadesmodeller