

Framtidige skadebeløp etter overvannsflom for bygninger i Norge



Notatnr
Forfattere

SAMBA/11/26
Johannes Voll Kolstø
Silius Mortensønn Vandeskog
Ola Haug

Dato

21. mai 2026

Norsk Regnesentral

Norsk Regnesentral (NR) er en privat, uavhengig stiftelse som utfører oppdragsforskning for bedrifter og det offentlige i det norske og internasjonale markedet. NR ble etablert i 1952 og har kontorer i Kristen Nygaards hus ved Universitetet i Oslo. NR er et av Europas største miljøer innen anvendt statistisk-matematisk modellering og har et senter for forskningsdrevet innovasjon, Big Insight, med finansiering fra Norges forskningsråd, bedrifter og offentlige partnere. Innen statistikk jobbes det med et bredt spekter av problemstillinger, for eksempel finansiell risiko, jordobservasjon, estimering av fiskebestander, helse og beskrivelse av geologien i petroleumsreservoarer. NR er ledende i Norge innen utvalgte deler av informasjons- og kommunikasjonsteknologi. Innen IKT-området har NR innsatsområdene e-inkludering, informasjonssikkerhet og smarte informasjonssystemer.

NRs visjon er forskningsresultater som brukes og synes.

Tittel	Framtidige skadebeløp etter overvannsfloam for bygninger i Norge
Forfattere	Johannes Voll Kolstø <jvkolsto@nr.no> Silius Mortensønn Vandeskog <smvandeskog@nr.no> Ola Haug <ola@nr.no>
Dato	21. mai 2026
Publikasjonsnummer	SAMBA/11/26

Sammendrag

Norsk Regnesentral har etablert en statistisk risikomodell for vannskader etter overvannsfloam på bygninger i Norge. Modellen kobler forsikringsdata fra Gjensidige sammen med nedbørdata fra seNorge og annen lokal eksponeringsinformasjon. Vi finner at risikoen for vannskader lar seg beskrive gjennom sesongvise mål på mengde kraftig nedbør og avvik fra typisk kraftig nedbør. Kombinert med klimaframskrivninger levert av Norsk Klimaservicesenter simulerer modellen forventede endringer i skadebeløp fra referanseperioden 1991–2020 til to framtidige scenarioperioder under et lavt, middels og høyt utslippsscenario for CO₂. På nasjonalt nivå antyder simuleringene en økning på opptil 33% fram mot slutten av århundret. Skadeframskrivningene er følsomme for variabiliteten i klimaframskrivningene, og vi anbefaler å utvise forsiktighet med bruk av lave og høye kvantiler av endringene i skadebeløp på kommune- og fylkesnivå.

DOI: <https://doi.org/10.21353/ahh8-gf27>

Forsidebilde: Foto av @elswaggy på Unsplash.

Emneord	Vannskader, statistisk risikomodell, nedbørsindekser, klimamodeller, skadeframskrivninger
Målgruppe	Ekspertutvalget om klimatilpasning
Tilgjengelighet	Åpen
Prosjekt	Ekspertutvalget om klimatilpasning – FoU om framtidige skadekostnader av overvannsfloam
Prosjektnummer	221228
Satsningsområde	Finans og forsikring; Klima og miljø
Antall sider	40
© Copyright	Norsk Regnesentral

Innhold

Utvidet sammendrag	7
1 Introduksjon	11
2 Data	12
2.1 Forsikring	12
2.2 Meteorologi	13
2.3 Topografi og overflatetype	15
2.4 Regional inndeling	16
3 Metode	18
3.1 Generaliserte additive modeller	18
3.2 Skadefrekvens	18
3.3 Enkeltskadebeløp	19
3.4 Totalt skadebeløp	20
3.5 Framskrivning av endringer i skadebeløp	21
4 Modellutvikling	23
4.1 Innledende dataprosessering	23
4.2 Skadefrekvensmodellen	24
4.3 Skadeutbetalingsmodellen	25
4.4 Håndtering av usette ekstremer	26
5 Skadeframskrivning	28
6 Oppsummering	34
7 Presiseringer og forbehold	36
7.1 Datagrunnlaget	36
7.2 Modelleringen	36
7.3 Resultatene	36
7.4 Valg av kvantilnivåer	37
Referanser	40

Utvidet sammendrag

Bakgrunn

Ekspertutvalget om klimatilpasning (Utvalget) har gitt Norsk Regnesentral (NR) i oppdrag å beregne utviklingen i forventede skadekostnader på bygninger etter overvannsfloem i norske kommuner fram mot midten og slutten av det inneværende århundret. Beregningen av endringer fra dagens skadenivå skal baseres på kunnskapsgrunnlaget om forventede klimaendringer i Norge lansert av Norsk Klimaservicesenter (KSS) høsten 2025 (Dyrrdal et al., 2025).

Løsningen på oppdraget kombinerer og utvider ulike risikomodeller for overvannsskader som NR har utviklet for Gjensidige forsikring gjennom årene 2019–2025. Hovedbidraget til arbeidet er dokumentert i Heinrich-Mertsching et al. (2023). Felles for alle modellene er at de beskriver sammenhenger mellom skadedata fra Gjensidiges bygningsportefølje og informasjon om eksponeringen bygningsmassen utsettes for gjennom lokale meteorologiske forhold, samt bygningenes egenskaper og plassering i terrenget. Gjennom påkobling av ulike klimaframskrivninger simulerer modellen mulig endring i risiko for vannskader fra nåtid til framtid. Den nye modellen avveier hensynet til høy oppløsning i rom og tid mot at beregningene skalerer til hele landet. Med Gjensidiges andel på drøyt en fjerdedel av skadeforsikringsmarkedet for boliger i Norge, samt selskapets gode geografiske dekning, forventes modellen å være representativ også for den samlede bygningsmassen i landet.

Utvalget er spesielt opptatt av tre forhold: For det første ber de om at risikomodellen trenes på oppdaterte forsikringsdata fra Gjensidige, slik at tilfanget av eksponeringssituasjoner, både med og uten skader, blir så bredt som mulig. Der nest pekes det på et mål om at modellen eksplisitt håndterer vannskaderisikoen forbundet med korttidsnedbør og dermed eventuelle styrtregnhendelser på en lokalitet. Til sist skal den reviderte risikomodellen estimere endringer i skadekostnader fra referanseperioden 1991-2020 til de framtidige 30-årsperiodene 2041-2070 og 2071-2100 under et lavt (RCP2.6), middels (RCP4.5) og høyt (SSP3-7.0) utslippsscenario for CO₂ som framskrevet av KSS. Resultatene aggregeres til kommune-, fylkes- og nasjonalt nivå.

Risikomodellen

Risikomodellen for vannskader formuleres innenfor rammeverket av generaliserte additive modeller (Hastie og Tibshirani, 1990). Dette er fleksible regresjonsmodeller som åpner for ikke-lineære sammenhenger mellom forklaringsvariablene og responsen. Ved å koble historiske registreringer av vannskader på forsikrede bygninger sammen med den tilhørende eksponeringen, kan man bestemme hvordan både frekvensen og størrelsen på vannskadene henger sammen med påtrykket utenfra.

Modellen for skadefrekvens beskriver hvor mange skader som rammer en bygning i løpet av en viss tid, mens modellen for enkeltskadebeløp betrakter kostnadene forbundet

med hver enkelt skade. Begge modellene opererer med de samme hovedkategoriene av eksponeringsinformasjon, eller risikofaktorer. Dette er i første rekke en beskrivelse av sårbarheten til bygningsmassen representert gjennom egenskaper ved bygningene (type, alder, kjeller, ...), samt hvordan de er plassert i terrenget. Bygningsegenskapene er tilgjengelig fra forsikringsdataene, mens terrengforholdene uttrykkes gjennom ulike topografiske indekser som blant annet måler hvor tilbøyelig overflatevann er til å samle seg rundt en bygning. I tillegg tar modellene høyde for at det kan være mer diffuse risikoforskjeller mellom ulike kommuner, for eksempel knyttet til kvaliteten på ledningsnettet.

Like viktig som sårbarheten til en bygning, er de lokale meteorologiske forholdene den utsettes for. Med en tidsoppløsning på sesonger innenfor et år er vi spesielt ute etter å identifisere de sesongbaserte nedbørsindeksene som viser sterkest sammenheng med overvannsskadene. Vi ender opp med to ulike indekser: én som måler nedbørsmengden de våteste dagene hver enkelt sesong, og én som registrerer hvor mye denne nedbøren avviker fra den kraftigste nedbøren som er vanlig på stedet. Den første indeksen virker intuitivt rimelig siden en vannskade ikke oppstår uten at en viss mengde vann er til stede. Samtidig kan man se for seg at lokal byggeskikk over tid har tilpasset seg nedbørseksposeringen på stedet, slik at det til en viss grad er vesentlige avvik fra den typiske nedbøren som resulterer i skader.

Modellene for skadefrekvens og enkeltskadebeløp settes sammen til en bygningsspesifikk statistisk risikomodel for totalt skadebeløp beregnet for en bestemt del av bygningsmassen over en gitt tidsperiode.

Skadesimulering

Risikomodellen for totalt skadebeløp danner grunnlaget for framskrivning av skadekostnader fra dagens nivå og inn i framtiden. Dette gjøres ved å simulere mulige skadebeløp for hver av de to framtidige 30-årsperiodene 2041–2070 og 2071–2100, for så å sammenligne disse mot simulerte skadebeløp for referanseårene 1991–2020. Alle skadebeløp simuleres i 2026-kroner, og bygningsporteføljen antas identisk med dagens portefølje. På den måten isolerer vi effekten som framtidige endringer i nedbøren vil ha på skadebeløpene, uten å ta stilling til (per nå ukjente) endringer i bygningsmassen.

Endringene i totalt skadebeløp gjengis som kvantiler som tar hensyn til spredningen i klimaframskrivningene i tillegg til den statistiske modellusikkerheten. Utgangspunktet for beregningene er 20 ulike framskrivninger fra KSS for hvert av de tre ulike utslippsscenarioene for CO₂. For hvert av disse forløpene simulerer vi totalt skadebeløp for alle bygninger i porteføljen over hver av de tre 30-årsperiodene nevnt ovenfor. Fra disse enkeltverdiene beregnes aggregerte endringer i totalt skadebeløp på kommune-, fylkes- og nasjonalt nivå, og simuleringene gjentas ti ganger for å fange den statistiske usikkerheten i de tilpassede skademodellene. Dette gir 200 ulike forholdstall for endringene i totale skadebeløp for hver av de to framtidsperiodene og for hvert av de tre ulike utslippsscenarioene, som vi bruker til å representere spredningen i de ulike framskrivningene.

Hovedfunn

Det inneværende prosjektet etablerer en statistisk risikomodell for overvannsskader i Norge på årssesongoppløsning. Modellutviklingen identifiserer de to nedbørsindeksene som viser sterkest sammenheng med skadene: nedbørsmengden de våteste dagene hver enkelt sesong, samt hvor mye denne nedbøren avviker fra den kraftigste nedbøren som er vanlig på stedet.

Simuleringer fra risikomodellen matet med klimaframskrivninger fra KSS settes sammen til relative endringer i totalt skadebeløp fra nåtid til framtid på aggregerte nivåer for kommune, fylke og hele landet under ett. På nasjonalt nivå viser skadeframskrivningene for høyutslippsscenarioet en medianøkning i totalt skadebeløp på 18% for perioden 2041–2070 og 33% for 2071–2100. Tabell 1 oppsummerer spredningen på nasjonalt nivå gjennom ulike kvantiler for simuleringene.

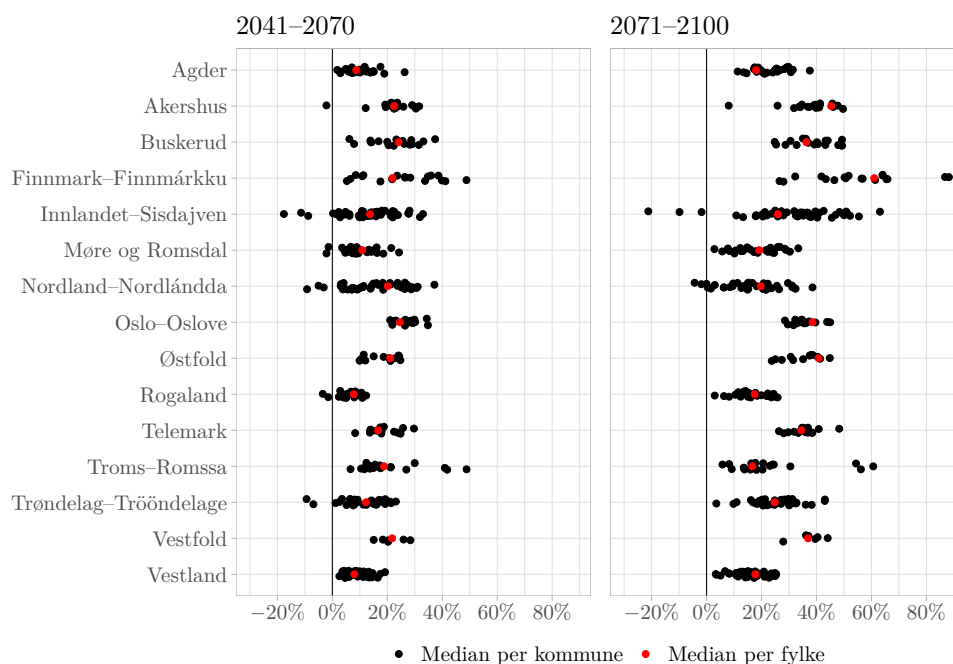
Framtidsperiode	Utslipps-scenario	10. prosentil	Nedre kvartil	Median	Øvre kvartil	90. prosentil
2041–2070	Lavt	4,2%	7,1%	9,5%	17,5%	22,0%
	Middels	6,8%	10,2%	14,9%	22,9%	26,1%
	Høyt	7,7%	11,1%	18,3%	22,8%	28,1%
2071–2100	Lavt	3,3%	6,4%	9,9%	18,0%	22,6%
	Middels	9,3%	14,7%	23,4%	30,6%	46,8%
	Høyt	10,1%	17,0%	33,2%	41,6%	46,8%

Tabell 1. Nasjonale endringer i totalt skadebeløp.

Kommunetallene viser betydelige forskjeller i spredningen til de relative endringene i skadebeløp. De største medianøkningene er beregnet for kommuner i Finnmark og deler av fjelltraktene i Sør-Norge. Simuleringene for Vestlandet viser samtidig at denne landsdelen slipper billigere unna. Her har majoriteten av kommunene i Rogaland og Vestland en medianendring under 10% for 2041–2070, og ingen av kommunene ligger høyere enn 26% for 2071-2100. Figur 1 viser medianendringen i totalt skadebeløp for hver kommune og hvert fylke under det høye utslippsscenarioet.

Skadeframskrivningene viser seg å være følsomme for variabiliteten i klimaframskrivningene. Utfordringen ligger i at ekstreme nedbørhendelser kan forekomme både i referanseperioden og de framtidige scenarioperiodene, selv om de er mer tilbøyelige til å opptre for de mer alvorlige scenarioene målt etter utslipp og tidshorisont. I tillegg er det et element av tilfeldighet knyttet til nøyaktig hvor en ekstremhendelse rammer. I sum betyr dette at under gitte omstendigheter så vil enkelte kommuner og dels fylker kunne oppleve urimelige utslag når vi simulerer endringer i skadebeløp, ved at en dominerende ekstremhendelse treffer enten referanseperioden (gir urimelig lav endring) eller scenarioperioden (gir urimelig høy endring).

Medianendring i totalt skadebeløp per kommune og per fylke Under høyt utslippsscenario, fra 1991–2020 til ...



Figur 1. Medianendring i totalt skadebeløp for hver kommune og hvert fylke under det høye utslippsscenarioet.

Utfordringen med urimelige utslag øker for de lave og høye kvantilene av endringene i totalt skadebeløp. På motsatt side reduseres problemet ved aggregering over større geografiske enheter. Av den grunn anbefaler vi å utvise forsiktighet ved bruk av kommunetallene. Medianendringene vil generelt likevel være et robust mål, og for de fleste kommunene gir også nedre og øvre kvartil troverdige tall. Dette gjelder i økende grad også for fylkestallene, og på nasjonalt nivå er det grunn til å feste lit også til 10.- og 90.-prosentilene.

1 Introduksjon

Ekspertutvalget om klimatilpasning¹ (Utvalget) har gitt Norsk Regnesentral (NR) i oppdrag å beregne utviklingen i forventede skadekostnader på bygninger etter overvannsflo i norske kommuner fram mot midten og slutten av det inneværende århundret. Beregningen av endringer fra dagens skadenivå skal baseres på kunnskapsgrunnlaget om forventede klimaendringer i Norge lansert av Norsk Klimaservicesenter (KSS) høsten 2025 (Dyrrdal et al., 2025). Oppdraget er ment å støtte opp under Utvalgets mandat om å framskaffe kunnskap om samfunnsøkonomiske konsekvenser av klimaendringene og kartlegge og anwise lønnsomme tilpasningstiltak.

Arbeidet tar utgangspunkt i en statistisk risikomodell for forekomsten av vannskader på bygninger utviklet av NR for Gjensidige Forsikring i perioden 2019-2021 (Heinrich-Mertsching et al., 2023). Denne modellen kombinerer historisk informasjon om Gjensidiges bygningsportefølje med eksterne datakilder som beskriver eksponeringen bygningsmassen utsettes for, slik som klima- og terrengforhold. Gjennom påkobling av referanse- og framskrevne klimaindeksjer beregner Heinrich-Mertsching et al. (2023) underliggende risiko for vannskader med ytre årsak for hver enkelt bygning i nåtid og framtid.

Forsikringsbransjen sitter på unik informasjon om sårbarheten til bygningsmassen i Norge. Dette gjør dem til en viktig aktør i arbeidet med å forebygge og bekjempe klimarisiko i samfunnet. Og siden bygninger utgjør majoriteten av realkapitalen her i landet, vil en risikomodell som tallfester kostnadsutviklingen knyttet til bygningsskader, gi et betydelig bidrag til en kunnskapsbasert vurdering av de totale samfunnskostnadene som følger av klimaendringene.

Det inneværende oppdraget skal revidere skadeanslagene fra den opprinnelige risikomodellen til Heinrich-Mertsching et al. (2023), og Utvalget er spesielt opptatt av tre forhold: For det første ber de om at det gjøres en ny tilpassing av risikomodellen på oppdaterte forsikringsdata fra Gjensidige, slik at tilfanget av eksponeringssituasjoner, både med og uten skader, blir så bredt som mulig både i rom og tid. Dernest er det pekt på et mål om at modellen videreutvikles slik at den eksplisitt håndterer den delen av vannskaderisikoen som er forbundet med korttidsnedbøren og dermed eventuelle styrtregnhendelser på en lokalitet. Til sist skal den reviderte risikomodellen estimere endringer i skadekostnader fra referanseperioden 1991-2020 til de framtidige 30-årsperiodene 2041-2070 og 2071-2100 under et lavt, middels og høyt utslippsscenario for CO₂ som framskrevet av KSS. Resultatene skal aggregeres til kommune-, fylkes- og nasjonalt nivå og presenteres i form av kart og tabeller.

I alle delene av oppdraget er det behov for et stort innslag av forskning og nyutvikling, med et tilhørende element av usikkerhet rundt hvilke resultater prosjektet kommer fram til.

1. <https://nettsteder.regjeringen.no/klimatilpasning/>

2 Data

Behovet for data i prosjektet er knyttet til to ulike formål. For det første trengs det overlappende skade- og eksponeringsdata tilbake i tid for å tilpasse en statistisk modell som beskriver risikoen for vannskader på bygninger. For å tallfeste framtidig skadenivå kreves i tillegg en representasjon av hvilket klima samfunnet da vil stå overfor. Datamaterialet dekker Fastlands-Norge med referanse til kommune- og fylkesinndelingen gjeldende per 01.01.2024.

2.1 Forsikring

Forsikringsdataene er levert av Gjensidige og dekker deres bygningsportefølje for perioden 01.01.2010 – 31.12.2025. Porteføljen omfatter deknninger på privateide hus og hytter, men også landbruksbygg og næringsbygg, samt borettslag og boligsameier der flere enheter er samlet i én felles forsikring.

Dataene bidrar med informasjon om både bestand og skader. Dette innebærer at vi vet hvilke bygninger som er forsikret til enhver tid med deres egenskaper og plassering, samt tidspunkt for eventuelle skader med tilhørende erstatningsbeløp. Eksempler på egenskaper er boligtype, alder, taktype, tariffsum, boligstandard og hvorvidt bygningen har kjeller eller ei. Erstatningsbeløp definerer vi som skadebeløp fratrukket kontraktens egenandel. Enkeltskader der skadebeløpet er mindre enn egenandelen gir ingen erstatningsutbetaling og er ikke med i datagrunnlaget. Forsikringsdataene har dagoppløsning, og erstatningsbeløp og tariffsum er indeksjustert² til et felles referansenivå representativt for 2026.

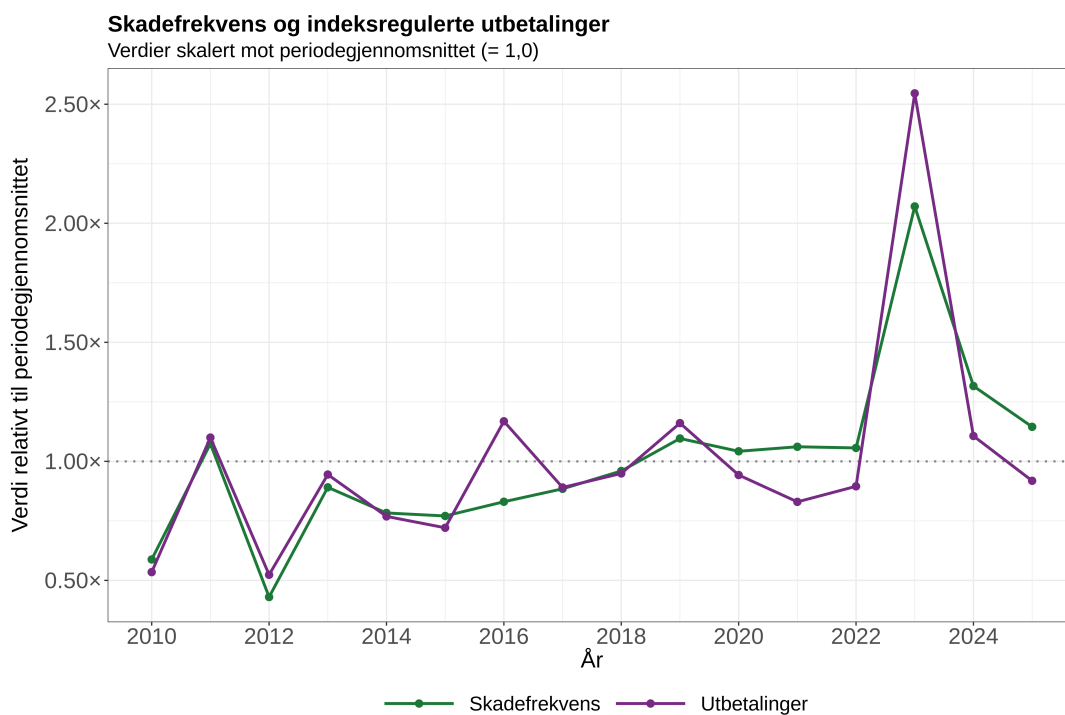
I dette prosjektet fokuserer vi på ordinære vannskader forårsaket av ytre påvirkning. Dette er i hovedsak nedbørrelaterte skader knyttet til overvann, som oppstår når regn- og smeltevann trenger inn i en bygning utenfra, enten direkte gjennom utettheter i bygningskroppen, eller i form av tilbakeslag fra et underdimensjonert avløpsnett. Flomska-der, som følger av at elver og innsjøer går over sine bredder, defineres som naturskade³, og er ikke med i analysegrunnlaget for denne studien. Erstatningsmessig er overvann den dominerende grunnen til vannskader med ytre årsak i Norge, med kostnader som er rundt fire ganger større enn for flom gjennom tiårsperioden 1995–2024 (Finans Norge, 2025).

Proessen rundt registrering av skader er prisgitt informasjonen som saksbehandler hos Gjensidige eller kunden selv legger inn i systemet ved en skadehendelse. Dette betyr at registreringene er gjenstand for feil, mangler og i enkelte tilfeller skjønnsmessige vurderinger, for eksempel knyttet til datering av en skade i tilfeller hvor ingen var til stede da skadehendelsen fant sted. Gjensidige jobber målrettet med datavask med sikte på å

2. Indeksen fastsettes årlig av Takst- og indeksnemnda i Norsk Naturskadepool basert på prisindeks for nye eneboliger

3. <https://www.naturskade.no/skadearsaker/flom>, aksessert 18.02.2026.

kvalitetssikre eget datagrunnlag til ulike analyseformål. I anledning dette prosjektet er det i tillegg foretatt en nyansering av hvilke årsakskoder som inngår i uttrekket av vannskadene. Dette har bidratt til økt presisjon i koblingen mellom skadehendelser og den samtidige nedbøresponeringen. I figur 2 vises utviklingen i antall skader og utbetalt erstatningsbeløp per forsikrede bygning for perioden 2010–2025, hvor begge tidsrekkene er normalisert mot hver av størrelsene sitt periodegjennomsnitt.



Figur 2. Tidsrekker (årsoppløsning) over antall skader og totalt skadebeløp per forsikrede bygning, normalisert mot periodegjennomsnittene for 2010 til og med 2025.

Samarbeidet med Gjensidige i prosjektet sikrer med dette tilgang til forsikringsdata av høy kvalitet som grunnlag for risikomodelleringen. Holdt opp mot aggregerte vannskadedata fra for eksempel VASK-databasen til Finans Norge (Finans Norge, 2026), har datasettet fra Gjensidige dessuten høy oppløsning med informasjon på bygnings- og døggnivå. Tilgang til hele porteføljen gir også informasjon om all den tiden bygninger *ikke* har blitt utsatt for skader, hvilket er avgjørende for en presis modellering av frekvensen til skadene.

2.2 Meteorologi

For å produsere prognoser for endringen i framtidige skadebeløp ved forskjellige utslippsscenarioer trenger vi to typer meteorologiske data. Disse er:

1. Historisk observert vær, som brukes til å trene skademodellen vår til å forstå sammenhengen mellom vær og vannskadedata.
2. En samling av klimaframskrivninger generert av ulike klimamodeller, som beskriver

mulige endringer mellom historisk og framtidig klima.

Meteorologisk institutt produserer et datasett med historisk estimert temperatur og nedbør i Norge fra nåtiden og tilbake til 1957. Dette kalles seNorge (Lussana et al., 2019). Datasettet er konstruert over et rutenett på $1 \times 1 \text{ km}^2$ som dekker hele Fastlands-Norge, hvor hver gridrute inneholder informasjon om daglig gjennomsnittstemperatur og -nedbør. Vi bruker den nyeste versjonen (versjon 23.11 av seNorge_2018) av seNorge-datasettet som vårt historiske værdatasett.

KSS produserte i 2025 (Dyrrdal et al., 2025) en samling av klimaframskrivninger over hele Fastlands-Norge for de tre utvalgte utslippsscenarioene RCP2.6 (lavt), RCP4.5 (middels) og SSP3-7.0 (høyt). Hver framskrivning inneholder simuleringer av daglig vær for årene 1980–2100 innenfor det samme rutenettet som blir brukt i seNorge-datasettet. Vi bruker alle de tilgjengelige KSS-framskrivningene fra utvalgte tidsperioder til å beskrive mulige endringer i vannskadekostnader mellom historisk og framtidig klima.

Både seNorge-datasettet og KSS sine klimaframskrivninger er tilgjengelige for nedlasting fra Meteorologisk institutt sin nettside <https://thredds.met.no>.

Klimamodellsimuleringene fra KSS inneholder daglige nedbørsverdier for hele perioden 1980–2100, men disse nedbørsverdiene må ikke tolkes på samme måte som de fra seNorge-datasettet. Hvis man, for eksempel, studerer nedbørsverdiene for sommeren i år 2018, vil seNorge beskrive været som faktisk skjedde, mens klimamodellsimuleringene vil beskrive mulige historiske scenarier for hvordan været kunne ha sett ut på denne tiden. Det kan være enorme forskjeller mellom hva som faktisk skjedde og hva klimamodellen beskriver, men det betyr ikke nødvendigvis at klimamodellen tar feil. Klimamodellen tar nemlig hensyn til det faktum at det er stor variasjon i været fra år til år. Noen år er uvanlig tørre, og andre er uvanlig våte, og disse kan fint komme rett etter hverandre. Det er derfor mulig at en “perfekt” klimamodell for eksempel simulerer sommeren i år 2000 til å være veldig våt, selv om denne i virkeligheten viste seg å være svært tørr. For å bruke klimamodellsimuleringer til å beskrive klimaendringer må man derfor undersøke lengre tidsperioder av gangen. Da vil man kunne se at, selv om den “perfekte” klimamodellen kanskje bommer på sommeren 2018, så er det godt samsvar mellom simuleringer og observasjoner når man undersøker variansen og gjennomsnittet av sommernedbør for årene 1991–2020.

Når vi senere i rapporten bruker klimamodellsimuleringene fra KSS til å studere endringer i vannskader, undersøker vi derfor kun endringer i skadebeløp over ulike 30-årsperioder (1991–2020, 2041–2070 og 2071–2100). Ved å sammenligne skader over kortere perioder ville det vært en mulighet for at den tilfeldige variasjonen fra år til år kunne ha overskygget eventuelle langtidstrender fra pågående klimaendringer, som kunne ha ført til gale konklusjoner. De tre valgte periodene er de samme periodene som KSS undersøker i sin egen rapport (Dyrrdal et al., 2025).

Skillet mellom vær og klima står sentralt også i arbeidet med å modellere de statistiske sammenhengene mellom nedbør og vannskadekostnader innad i en sesong, hvilket er en av hovedutfordringene i det inneværende prosjektet. Dette arbeidet er i hovedsak bygd opp rundt sesonger innenfor et bestemt år (kalt årssesonger), men trekker også inn sesongverdier beregnet fra tidsperioder på 30 år for å beskrive det typiske nedbørs-mønsteret på et sted. I modelleringen introduserer vi *nedbørsindekser* som på ulike måter oppsummerer de daglige nedbørsverdiene innad i en sesong, både over ett år og 30 år. Indeksene er inspirert av klimaindeksene for nedbør gjengitt i Dyrddal et al. (2025), men som et ledd i videreutviklingen av vannskademodellen beskrevet i Heinrich-Mertsching et al. (2023), er vi spesielt interessert i å etablere indekser som fanger opp karakteristiske trekk ved den nedbøren som fører til vannskader. Ytterligere detaljer rundt valg av nedbørsindekser i skademodellene finnes i kapittel 4.

2.3 Topografi og overflatetype

I tillegg til lokal nedbør gjennom en årssesong tar vi hensyn til lokal topografi og overflatetype. Som kilde til informasjon om topografi benytter vi landsdekkende kart over topografiske indekser som er relevante for hydrologiske prosesser, med en romlig oppløsning på $20 \times 20 \text{ m}^2$. Disse kartene er utarbeidet av NR til bruk i tidligere prosjekter for Gjensidige på grunnlag av digitale høydekart fra Kartverket; detaljer finnes i Heinrich-Mertsching et al. (2023).

De to topografiske indeksene vi benytter er *topographic wetness index* (Mattivi et al., 2019, TWI) og *height above nearest drainage* (Nobre et al., 2011, HAND). TWI for en gitt gridrute måler forholdet mellom tilsigsarealet oppstrøms og hellingsgraden i den gitte gridruten. Gridruter med høy TWI indikerer lokalt flatt terreng og/eller et stort oppstrøms nedslagsfelt, der begge deler øker tilbøyeligheten til vannopphepning. HAND-indeksen beregnes ved først å avlede et nettverk av vannveier (fordypninger i terrenget som enten er vannførende til vanlig, eller kan bli det ved stor tilførsel av vann, for eksempel fra nedbør eller snøsmelting) fra høydekartet, og deretter beregne den relative høyden over dette nettverket for alle øvrige gridruter. Konseptuelt er HAND mest direkte knyttet til risikoen for elveflom og stormflo. I flere tidligere prosjekter har vi imidlertid funnet at HAND også har en betydningsfull effekt på risikoen for overvannsflo.

Nytt i dette prosjektet er at vi også inkluderer en datakilde som beskriver terrengets overflatetype. Kartlaget AR50 (NIBIO, 2024) er utarbeidet av Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) og kategoriserer hele Norges areal i ni ulike kategorier, deriblant "bebygd", "skog", "jordbruk", "myr" og "is". Datasettet dekker hele Fastlands-Norge og er produsert i kartmålestokk 1:50 000. En stor andel av forsikrede eiendommer faller i kategorien "bebygd", mens resten er fordelt på de øvrige kategoriene, hvorav enkelte inneholder svært få eiendommer. For å skape et tydelig skille mot urbaniserte områder slår vi alle øvrige kategorier sammen til én felles "ubebygd"-kategori. Denne sammenslåingen kan begrunnes faglig ved at den sammenslåtte overflatevariabelen blir en proxy som angir hvorvidt en bygning er omgitt av tette flater eller ei.

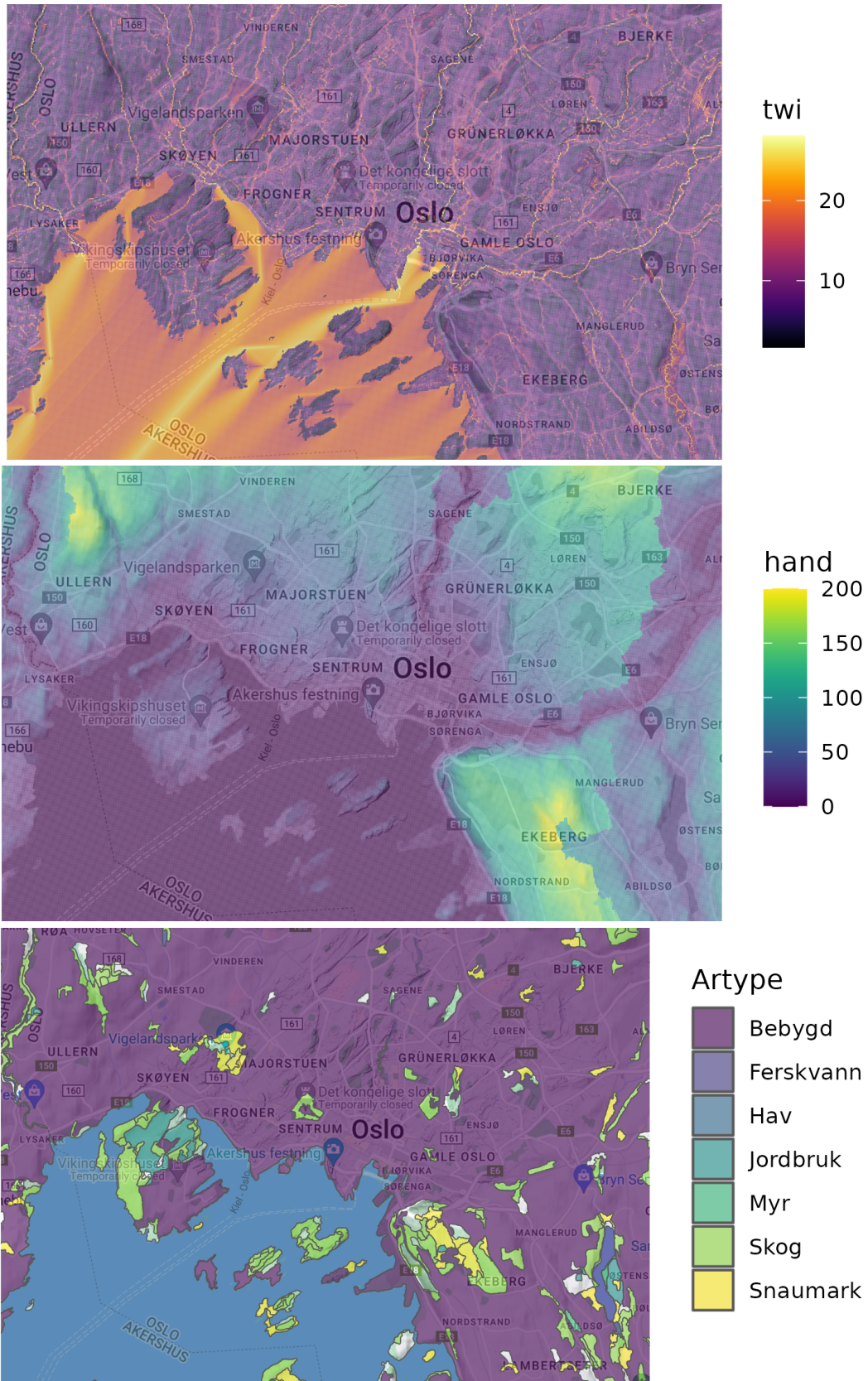
Et utsnitt av alle de tre ulike kartlagene for Oslo er vist i figur 3. TWI lyser opp med høye verdier langs vannveier og i flate områder (som på fjorden, men hvor vi ikke har bygninger plassert), mens økende HAND-verdier sammenfaller med de høyereliggende områdene rundt sentrum. Til sist ser vi også at AR50-kartet har et betydelig innslag av "Bebygd" område i Oslo, men det er fortsatt lommer av andre arealtyper som vi slår sammen til kategorien "Ubebygd".

2.4 Regional inndeling

I tillegg til den fysiske eksponeringen beskrevet gjennom variablene i kapitlene 2.1 – 2.3 kan det være andre, mer indirekte størrelser som også påvirker hvor utsatt en bygning er for vannskader, men uten at vi vet nøyaktig hvilke de er, eller mangler data til å representere dem. Dette kan for eksempel være geografiske forskjeller i byggeskikk utover egen-skapsvariablene i forsikringsdataene, den lokale naturtypen og ikke minst kvaliteten og kapasiteten til ledningsnett som en bygning er tilknyttet. Ved å inkludere informasjon om hvilken administrativ enhet hver bygning tilhører, både på kommune- og fylkesnivå, vil vi kunne fange opp eventuelle systematiske forskjeller mellom kommunene som gjenstår selv etter at vi har tatt høyde for alle de kjente risikofaktorene i modelleringen, dog uten at vi kan si med sikkerhet hva disse forskjellene beror på.

Siden Oslo kommune inneholder svært mange bygninger, og forskjellige deler av byen er utviklet over ulike tidsepoker med varierende byggepraksis og -forskrifter, har vi i dette prosjektet valgt å dele opp Oslo i bydeler som om disse var kommuner, mens Oslo som helhet er representert på fylkesnivå.

Til å bestemme regional tilhørighet bruker vi posisjonen til hver enkelt bygning som registrert av Gjensidige, og kobler denne med kart over den administrative inndelingen av Norge (Kartverket, 2024). Kart over bydelsgrensene til Oslo i 2024 er tilsendt oss av Plan- og bygningsestaten i Oslo kommune. Året 2024 er valgt for den regionale inndelingen av hensyn til datatilgjengelighet for påkobling av kommunenavn gitt deres respektive kommunenumre.



Figur 3. Utsnitt av kartlagene for TWI (topp), HAND (midten), og AR50 (bunn), over Oslo.

3 Metode

Risikomodellene for vannskader formuleres innenfor et statistisk rammeverk. Ved å koble historiske registreringer av vannskader for forsikrede bygninger sammen med den tilhørende eksponeringen, kan vi bestemme hvordan forekomsten og størrelsen på vannskader henger sammen med påtrykket utenfra.

I det statistiske rammeverket antas skader å oppstå med en viss sannsynlighet bestemt av eksponeringen bygningsmassen utsettes for. Dette er til forskjell fra en deterministisk tilnærming eksempelvis basert på en høyoppløst terrengbeskrivelse der berørte bygninger identifiseres ut fra om de blir stående under vann eller ei ved en gitt nedbørhendelse. Med en statistisk formulering snakker vi i stedet om *forventede* utfall for bygningsmassen, og framgangsmåten åpner samtidig for å bake usikkerhetsanslag inn i tallfestingen av antall skader og deres størrelse.

Dette kapittelet beskriver det metodiske grunnlaget for estimering av den framtidige vannskadeutviklingen i Norge. Framstillingen dokumenterer kort det underliggende rammeverket før vi spesifiserer hvordan metoden kan brukes til å modellere henholdsvis skadefrekvens og skadebeløp. Begge modellene opererer med en tidsoppløsning på års sesong basert på oppløsningen for nedbørsindeksene beskrevet i kapittel 2.2. Avslutningsvis gjengis prosedyren for hvordan vi tallfester endring i framtidig skadebeløp innenfor det beskrevne modellrammeverket.

3.1 Generaliserte additive modeller

Generaliserte additive modeller (GAM) (Hastie og Tibshirani, 1990) er fleksible regresjonsmodeller som utvider rammeverket for generaliserte lineære modeller ved å åpne for ikke-lineære sammenhenger mellom forklaringsvariablene og responsen Y . Her er Y en stokastisk variabel som følger en nærmere bestemt statistisk fordeling, og mer presist relateres forventningen $\mu = E(Y)$ til en kombinasjon av lineære ledd og glatte kurveformer av forklaringsvariablene gjennom en monoton linkfunksjon g ,

$$g(\mu) = \mathbf{z}^T \boldsymbol{\beta} + \sum_{j=1}^J f_j(x_j), \quad (1)$$

hvor $\mathbf{z}^T \boldsymbol{\beta}$ utgjør den lineære delen av modellen, mens f_j er en glatt funksjon av forklaringsvariablen x_j , også kalt en spline. Verdien på koeffisientene $\boldsymbol{\beta}$ og formen på de ulike funksjonene f_j bestemmes av observasjonsdataene gjennom tilpassing av modellen. Det er i hovedsak muligheten for ikke-linearitet i funksjonene f_j som sørger for fleksibiliteten til GAM-rammeverket.

3.2 Skadefrekvens

Vi beskriver risikoen knyttet til forekomsten av vannskader gjennom en modell for antall skader N_{iQ} som rammer en bygning i i løpet av en årssesong Q (for eksempel "vår 2025"). Skaderisikoen bestemmes av egenskaper ved bygningen, dens regionale tilhørig-

het, hvordan den er plassert i landskapet (topografi), samt nedbøren bygningen utsettes for gjennom den aktuelle årssesongen.

I en statistisk språkdrakt betrakter vi N_{iQ} som en stokastisk variabel som følger en negativ binomialfordeling med forventning μ_{iQ} og dispersjonsparameter θ som bestemmer graden av ekstra variabilitet i skadedataene sammenlignet med en Poisson-fordeling (denne nås asymptotisk når $\theta \rightarrow \infty$),

$$\begin{aligned} N_{iQ} &\sim \text{NegBin}(\mu_{iQ}, \theta), \\ E[N_{iQ}] &= \mu_{iQ}, \\ \text{Var}[N_{iQ}] &= \mu_{iQ} + \mu_{iQ}^2/\theta. \end{aligned} \tag{2}$$

Innenfor GAM-rammeverket beskrevet i (1) kobles forventningen μ_{iQ} til risikoeksponeringen via en logaritmisk linkfunksjon,

$$\log(\mu_{iQ}) = \mathbf{z}_i^T \boldsymbol{\beta} + \sum_{j=1}^J f_j(x_{i,j}) + \sum_{k=1}^K f_k(r_{iQ,k}) + \log(l_{iQ}). \tag{3}$$

Det forventede antall skader for bygning i ved sesong Q er gitt via de observerbare forklaringsvariablene $\{\mathbf{z}_i, \mathbf{x}_i, \mathbf{r}_{iQ}\}$, samt antall dager bygning i er forsikret i årssesong Q , l_{iQ} . Årssesongindeksen Q i forklaringsvariablene $r_{iQ,k}$ betegner nedbørvariabler som varierer mellom ulike årssesonger. Resten av forklaringsvariablene varierer derimot ikke over tid. For eksempel vil de topografiske indeksene ligge fast for en gitt bygning.

Sammenhengen i (3) kan også uttrykkes som forventet antall skader per dekkede dag,

$$\log\left(\frac{\mu_{iQ}}{l_{iQ}}\right) = \mathbf{z}_i^T \boldsymbol{\beta} + \sum_{j=1}^J f_j(x_{i,j}) + \sum_{k=1}^K f_k(r_{iQ,k}). \tag{4}$$

Her utgjør μ_{iQ}/l_{iQ} et naturlig mål på risikoen knyttet til forekomsten av vannskader på en gitt bygning for en gitt årssesong.

3.3 Enkeltskadebeløp

Karakteren på nedbøren i den aktuelle årssesongen en vannskade rammer en gitt bygning synes relevant også for størrelsen på vannskaden. For eksempel vil én svært kraftig nedbørhendelse typisk føre til større ødeleggelser enn flere små over samme tidsperiode. Og selv om sammenhengen kan virke mindre intuitiv enn for forekomsten av vannskader, åpner vi for at skadebeløpet også påvirkes av egenskapene og omgivelsene til bygningen som rammes.

Ved modellering av skadebeløp bruker vi skadeinformasjon kun fra registrerte skadehendelser. Det betyr at vi utelater alle nullobservasjonene, altså årssesongene en bygning ikke er registrert med en vannskade. Sammenlignet med modellen for skadefrekvens i kapittel 3.2 gir dette en kraftig reduksjon i datamengden modellen tilpasses på, fra i størrelsesorden titalls millioner datapunkter til titalls tusen.

Gitt at bygning i får en vannskade i årssesong Q , lar vi E_{iQ} betegne størrelsen på den tilhørende skaden, heretter kalt enkeltskadebeløpet. En grunnleggende forutsetning for vår analyse er at en vannskade ikke blir registrert og ført opp som en skade i forsikringsdataene dersom skadestørrelsen er mindre enn egenandelen på forsikringen, se kapittel 2.1. Vi definerer derfor enkeltskadebeløpet som

$$E_{iQ} = A_i + U_{iQ},$$

hvor A_i er egenandelen knyttet til forsikringskontrakten for bygning i , og U_{iQ} er utbetalingen fra forsikringssselskapet, også kjent som erstatningsbeløpet. Egenandelen er bestemt av vilkårene i kontrakten og ligger fast uavhengig av årssesongen Q . Utbetalingen etter en vannskade vil derimot variere fra en skadehendelse til en annen, blant annet avhengig av nedbøren som falt den sesongen skaden skjedde.

Med en tidsoppløsning for nedbørdataene på sesong og år vil vi for det *forventede* enkeltskadebeløpet ikke skille mellom skader på en bygning som finner sted innenfor samme årssesong. Matematisk innebærer dette at forventningen $E[E_{iQ}]$ er den samme for alle skader som skjer på bygning i innenfor årssesong Q (for eksempel "høst 2012").

Vi betrakter enkeltskadeutbetalingen U_{iQ} som en stokastisk variabel, og modellerer denne via en Gammafordeling. Denne fordelingen, som er et standardvalg innenfor skadeforsikring, har den nyttige egenskapen at den er definert kun for positive verdier. Samtidig har den en skjevhet mot høyre (store utbetalinger), noe som understøtter at de fleste skader er relativt små, men at enkelte svært store skader også kan forekomme. Med en parametrisering av Gammafordelingen som i McCullagh og Nelder (1989), kan vi med dette skrive

$$\begin{aligned} E_{iQ} - A_i = U_{iQ} &\sim \text{Gamma}(\xi_{iQ}, \nu), \\ E[U_{iQ}] &= \xi_{iQ}, \\ \text{Var}[U_{iQ}] &= \xi_{iQ}^2/\nu. \end{aligned} \tag{5}$$

Parameteren ν er med på å bestemme variabiliteten i erstatningsutbetalingene og antas å være lik for alle bygninger og årssesonger.

Også for utbetalingen U_{iQ} vil vi modellere sammenhengen mellom forventningen ξ_{iQ} og forklaringsvariablene gjennom en generalisert additiv modell med logaritmisk linkfunksjon, jamfør (1), der indekssettet iQ understreker at forventningen er spesifikk for bygning og årssesong,

$$\log(\xi_{iQ}) = \mathbf{z}_i^T \boldsymbol{\alpha} + \sum_{j=1}^J f_j(x_{i,j}) + \sum_{k=1}^K f_j(r_{iQ,k}). \tag{6}$$

3.4 Totalt skadebeløp

Ved å kombinere modellen for skadefrekvens fra kapittel 3.2 med modellen for enkeltskadebeløp beskrevet i kapittel 3.3 kan vi beregne det totale skadebeløpet for en bestemt del av bygningmassen over en gitt tidsperiode.

For en bygning i ved en gitt årssesong Q informerer skadefrekvensmodellen oss om antall vannskader N_{iQ} som denne bygningen utsettes for den aktuelle årssesongen. Ved null vannskader blir sesongskadebeløpet også null. Hvis det derimot skjer én eller flere skader, informerer skadeutbetalingsmodellen oss om U_{iQ}^k , $k = 1, \dots, N_{iQ}$, for hver av disse vannskadene. Med informasjon om erstatningsutbetalingene kan vi så beregne enkeltskadebeløpene ved å legge til egenandelen fra kontrakten som gjelder for bygning i . Det totale sesongskadebeløpet for bygning i ved årssesong Q blir dermed

$$S_{iQ} = \sum_{k=1}^{N_{iQ}} (A_i + U_{iQ}^k). \quad (7)$$

I (7) bruker vi konvensjonen $\Sigma_1^0 = 0$ for å forenkle uttrykket for sesongskadebeløpet i det tilfellet at ingen skader finner sted.

På aggregert nivå vil vi være interessert i det totale skadebeløpet for en samling av bygninger betraktet over en tidsperiode bestående av flere årssesonger. Mer presist ønsker vi for et område med bygninger \mathcal{X} og årssesonger \mathcal{T} å gjøre beregninger knyttet til totalt skadebeløp $T_{\mathcal{X},\mathcal{T}}$ gitt ved

$$T_{\mathcal{X},\mathcal{T}} = \sum_{Q \in \mathcal{T}} \sum_{i \in \mathcal{X}} S_{iQ}. \quad (8)$$

For eksempel kan \mathcal{X} representere alle bygninger i Vestland fylke, \mathcal{T} kan representere årssesonger over én av to 30-årsperioder, og vi kan være interessert i hvordan det totale skadebeløpet i fylket endrer seg fra referanseperioden 1991–2020 til den framtidige scenarioperioden 2041–2070 under ulike utslippsscenarioer for CO₂.

3.5 Framskrivning av endringer i skadebeløp

Etter å ha tilpasset statistiske modeller for skadefrekvens og skadebeløp har vi etablert det nødvendige grunnlaget for å produsere framskrivninger av hvordan det totale vannskadebeløpet vil endre seg i framtiden. Dette gjøres ved å simulere mulige skadebeløp for hver av de to framtidige 30-årsperiodene 2041–2070 og 2071–2100, for så å sammenligne disse mot simulerte skadebeløp for referanseårene 1991–2020. Siden vi ikke kan vite hvordan bygningsmassen i Norge vil se ut i framtiden, antar vi at bygningsporteføljen for alle de tre tidsperiodene er identisk med dagens portefølje. Vi holder også egenandeler konstante og simulerer alle utbetalinger i 2026-kroner. På denne måten isolerer vi effekten framtidige endringer i nedbøren vil ha på skadebeløpene, uten å ta stilling til endringer i bygningsmassen.

KSS har produsert 20 ulike framskrivninger for hvert av de tre ulike utslippsscenarioene (lavt, middels, høyt). For hvert av disse forløpene simulerer vi totale skadebeløp for alle bygninger i porteføljen over hver av de tre 30-årsperiodene nevnt ovenfor. Deretter summerer vi de simulerte skadebeløpene innad i ulike kommuner og fylker, og regner ut endringene i de totale beløpene mellom referanseperioden og de to framtidsperiodene. Dette gjentas 10 ganger, for å fange den statistiske usikkerheten i de tilpassede skadepmodellene. Det betyr at vi ender opp med 200 ulike forholdstall for endringene i totale

skadebeløp innad i hver kommune og hvert fylke, for hver av de to framtidsperiodene og for hvert av de tre ulike utslippsscenarioene. Vi beregner deretter ulike kvantiler av disse 200 forholdstallene for å representere spredningen i de ulike framskrivningene. Resultatene er gjengitt i kapittel 5. I de fleste tilfeller presenterer vi de tre kvartilene, det vil si 25.-, 50.- og 75.-prosentilene. Det er mer vanlig i den statistiske litteraturen å presentere prosentiler som ligger lengre ut i halene, slik som 5.- og 95.-prosentilene, eller 2.5%- og 97.5%-kvantilene. I vårt tilfelle finner vi det ikke forsvarlig å presentere såpass små og store kvantiler. Dette skyldes at simuleringene baserer seg på kun 20 ulike klimaframskrivninger, og at variasjonen innad i de 200 simuleringene domineres av variasjonen fra klimaframskrivningene. For lave eller for høye kvantiler vil derfor ikke være statistisk robuste nok til å gi et troverdig bilde av utviklingen i vannskadebeløpene. Vi skriver mer om dette i kapittel 7.

Oppskriften for å simulere endringer i skadebeløp for en gitt kommune mellom 1991–2020 og hver av de to framtidsperiodene, er slik: For hver bygning innad i kommunen, og hver av de to 30-årsperiodene, bruker vi skadefrekvensmodellen til å simulere antall vannskader på bygningen for hver av de $30 \times 4 = 120$ årssesongene innad i 30-årsperioden. For de fleste bygningene vil dette tallet være 0, men for noen få bygninger vil det oppstå én eller flere vannskader for én eller flere av de 120 sesongene. For hver av disse simulerte vannskadene bruker vi så skadebeløpmodellen til å bestemme det resulterende skadebeløpet beregnet som simulert skadeutbetalingsbeløp tillagt egenandelen. Deretter summerer vi alle skadebeløpene innad i kommunen for hver av de to 30-årsperiodene, og regner ut endringen fra fortid til framtid i prosent.

Det kan være store forskjeller mellom framskrivningene fra ulike klimamodeller. Noen av dem kan vise seg å ta helt feil mens andre kan vise seg å stemme godt overens med hva som vil skje, men det er umulig å vite dette på forhånd. Derfor baserer vi vannskadesimuleringene våre på et stort utvalg av ulike klimamodeller. Dette gir et bedre inntrykk av hva de ulike klimamodellene er enige og uenige om. Variasjonen i framskrivningene kan si noe om hvor sikre vi er på at visse endringer vil skje, men de bør ikke tolkes direkte som sannsynligheter. Hvis for eksempel 90% av framskrivningene er enige om at vannskadekostnadene i kommune *A* vil øke, mens bare 40% av framskrivningene er enige om at vannskadekostnadene i kommune *B* vil øke, så betyr ikke det at det faktisk er henholdsvis 90% og 40% sjans for at kostnadene vil øke i disse kommunene. Men det betyr at vi, med den kunnskapen vi sitter på i dag, føler oss mye mer sikre på at vannskadekostnadene i kommune *A* vil øke, enn at de vil øke i kommune *B*.

4 Modellutvikling

I dette kapitlet beskriver vi prosessen med å etablere endelige modeller for skadefrekvens og skadeutbetalingsbeløp ut fra rammeverket i kapittel 3. Et sentralt utviklingsgrep er at en ny representasjon av korttidsnedbør inngår i forklaringsgrunnlaget, slik at koblingen mellom meteorologisk påtrykk og skadeutfall får en spisset fysisk forankring sammenlignet med Heinrich-Mertsching et al. (2023).

Modellutviklingen er organisert i tre trinn: (i) innledende dataprosessering og variabelkonstruksjon, (ii) spesifikasjon og validering av skadefrekvensmodellen, og (iii) spesifikasjon av modellen for utbetalingsbeløp. I alle trinn har vi lagt vekt på balansen mellom de endelige modellenes prediksjonsstyrke, tolkbarhet og robusthet.

Både skadefrekvensmodellen og skadeutbetalingsmodellen bygger på modellen utviklet av Heinrich-Mertsching et al. (2023). Der brukes klimavariabler beregnet som gjennomsnittlig sesongnedbør og -temperatur over 30-årsperioder sett under ett. Til forskjell fra Heinrich-Mertsching et al. (2023) utforsker vi i dette prosjektet potensialet til nedbørsindekser beregnet per årssesong, som et tillegg til sesongmål for nedbør beregnet over perioder på 30 år. Innføringen av nedbørsvariabler på årssesongoppløsning lar oss skille svært våte sesonger ved gitte år fra tørrere sesonger andre år.

Den klart største delen av modellutviklingsarbeidet dreier seg om å velge ut de nedbørsindeksene som best karakteriserer det vi kan kalle den "skadeutløsende" nedbøren som faller på lokaliteten til en bygning gjennom en gitt sesong. Og med "best" menes her at det er tydelige og robuste sesongvise sammenhenger mellom verdien på en slik nedbørsindeks og forekomsten av, eller størrelsen på, vannskader.

I tillegg til modellutviklingsarbeidet forbundet med å finne de årssesongbaserte nedbørsindeksene med best forklaringskraft opp mot frekvensen og størrelsen på vannskadene, gjør vi også et utviklingsarbeid hva gjelder den regionale delen av modellen i Heinrich-Mertsching et al. (2023). Vi oppdaterer fylkes- og kommuneinndelingen til 2024, i tillegg til at vi bedrer den geografiske oppløsningen av Oslo ved å betrakte bydelene i Oslo som adskilte enheter. Til sist videreutvikler vi også representasjonen av de uforklarte systematiske forskjellene knyttet til kommuneleddet i modellen. Dette gjør at effekten av om en bygning ligger i et urbant eller ruralt område tillates å variere mellom kommuner.

Som et siste steg i modellutviklingen, tilpasses den endelige skadefrekvens- og skadeutbetalingsmodellen på den fulle datamengden over hele 16-årsperioden. Disse modellene danner grunnlaget for framskrivningene av totalt skadebeløp som presentert i kapittel 5.

4.1 Innledende dataprosessering

Dataprosesseringen begynner med samkjøring av forsikringsdata, meteorologiske variabler, topografiske indekser og regional tilhørighet. Hovedmålet for dette trinnet er å etablere et konsistent analysegrunnlag med sammenlignbar datakvalitet på tvers av kom-

muner og tidsperioder.

Til tross for den datavasken Gjensidige gjør av egen portefølje, vil det i datasett av en slik størrelse som det her er snakk om, nærmeste alltid forekomme feil og uregelmessigheter for enkeltobjekter. Gjennom den innledende prosesseringen av forsikringsdataene er bygninger med lite representative forklaringsvariabler enten filtrert ut før modelltilpasning, eller de aktuelle forklaringsvariablene er avgrenset til det vi anser som rimelige verdier. Mer konkret er tariffsum avgrenset ved 99.5-kvantilen, kontrakter med tariffsum under 10 000 kroner er fjernet, og bygninger uten presis stedsangivelse er utelatt. Til sist har vi begrenset HAND-verdier til et tak på 1750 meter som en konsekvens av at beregningsalgoritmen for denne indeksen i gitte situasjoner kan produsere urimelig høye verdier.

4.2 Skadefrekvensmodellen

Utviklingen av skadefrekvensmodellen følger rammeverket i kapittel 3.2, med en stegvis seleksjonsprosess for å finne de beste nedbørsindeksene, samt hvordan vi best kombinerer dem og inkorporerer dem i modellen. For hver modellstruktur måler vi kvaliteten på den resulterende modellen ved å evaluere hvor bra den tilpassede modellen sine prediksjoner passer med skadefrekvensen for observasjoner som ikke er brukt under modelltilpasningen. På denne måten søker vi å unngå overtilpasning mot observerte sesonger, og i stedet finne nedbørsindekser som viser en robust og generaliserbar sammenheng med skadeutfallene.

Siden skadehendelser er svært sjeldne sammenlignet med antall observasjoner, bruker vi, under arbeidet med utforskende modelltilpasninger for skadefrekvensmodellen, undermengdetrekning av skadefrie bygning-årssesonger (nullobservasjonene) med tilsvarende oppvekting i GAM-tilpassingsverktøyet. Denne strategien reduserer beregningskostnadene kraftig, samtidig som estimatene holdes konsistente med den opprinnelige klasseskjevheten i dataene.

Gjennom det første steget av seleksjonsprosessen for nedbørsindeksene vurderer vi den fulle samlingen av konkurrerende indekser for en rekke forskjellige valg av hvordan (på hvilken form) vi inkluderer en enkelt nedbørsindeks i skadefrekvensmodellen. I det andre steget velger vi ut de mest lovende nedbørsindeksene fra det første steget og vurderer nytten av å inkludere enklere interaksjoner mellom dem. Før det tredje og siste steget velger vi ut de to nedbørsindeksene som samlet sett gir best prediksjonsytelse, og utforsker et bredere spekter av mulige representasjoner av disse indeksene i skadefrekvensmodellen.

Til slutt lander vi på den endelige representasjonen av nedbør i skadefrekvensmodellen gjennom en avveining av prediksjonsytelse og forklarbarhet. Vi velger å bruke to nedbørsindekser. Den første måler hvor mye nedbør som falt de våteste dagene hver enkelt sesong. Den andre måler forholdet mellom den første indeksen, og den kraftigste se-

songnedbøren som er typisk for en lokalitet. På den måten fanger vi både nivået på den kraftigste nedbørmengden hver årssesong, og størrelsen på avviket fra det som er vanlig på stedet.

4.3 Skadeutbetalingsmodellen

Modellen for skadeutbetaling er utviklet med samme grunnleggende forklaringsvariabler som skadefrekvensmodellen, men innenfor rammeverket beskrevet i kapittel 3.3. Informert av hvilke nedbørsindekser som gav best ytelse og forklarbarhet for frekvensmodellen, bruker vi de samme nedbørsindeksene for skadeutbetalingsmodellen. Mindre komplekse representasjoner av nedbørseffekten er prøvd ut, men gjør det dårligere når vi måler ytelsen på usette data.

Initielle tilpasninger av skadeutbetalingsmodellen viser at HAND ikke gir et meningsfullt bidrag til modellen, mens TWI fortsatt bidrar med tydelig forklaringskraft. Vi ekskluderer derfor HAND fra skadeutbetalingsmodellen, men beholder bidraget fra TWI.

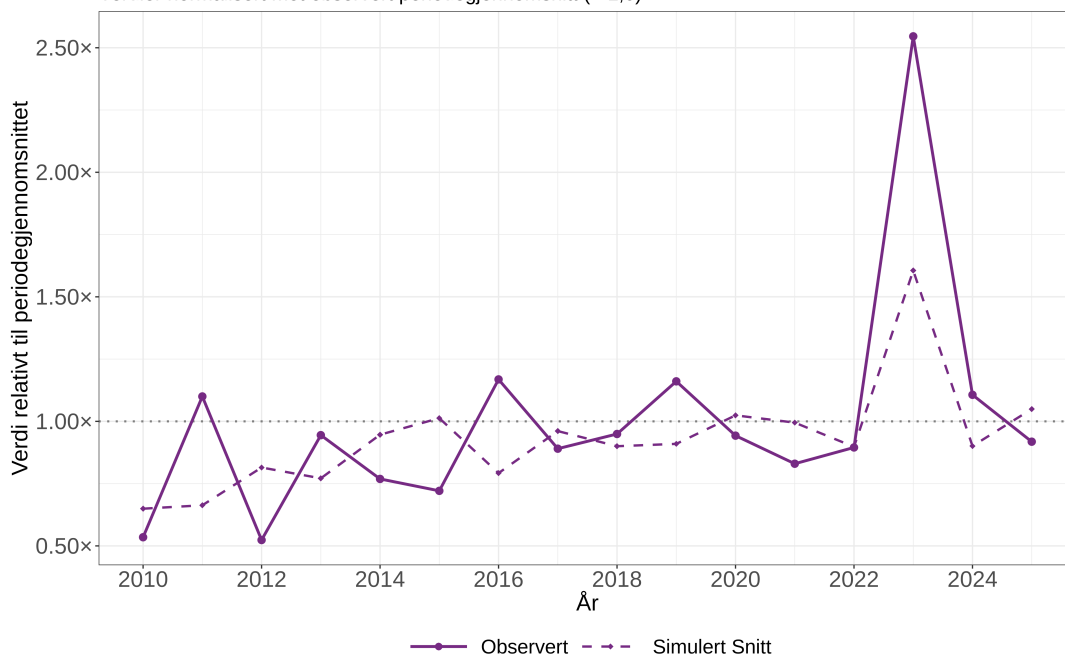
Den siste justeringen av skadeutbetalingsmodellen består i at vi forenkler representasjonen av bygningens tariffsum i modellen. I stedet for å modellere en ikke-lineær effekt av tariffsum, som i skadefrekvensmodellen, bruker vi en lineær effekt av tariffsum i skadeutbetalingsmodellen. Denne forenklingen gjør modellen mer robust, og gir bedre prediksjonsytelse på usette data.

Når modellstrukturene er bestemt, undersøker vi hvor godt skadefrekvensmodellen og skadeutbetalingsmodellen samlet sett klarer å predikere det totale utbetalingsbeløpet for år som er utelatt fra modelltilpasningen. Prosedyren vi bruker kalles kryssvalidering, og innebærer at vi på rullerende vis holder ute fire år av Gjensidiges skadehistorikk, tilpasser modellene på resten av dataene, og deretter bruker de tilpassede modellene til å predikere skadehendelser og det totale utbetalingsbeløpet for de fire årene som holdes ute. Disse prediksjonene av totalt utbetalingsbeløp for år som ikke er brukt under modelltilpasningen vises i figur 4, normalisert mot eksponeringsnivå og deretter periodegjennomsnittet tilsvarende som i figur 2. Vi bruker kun én tilpasset modellvariant til å produsere disse prediksjonene av snittnivå på antall skader og skadestørrelse per bygning og år, men trekker gjentatte ganger fra de negative binomiske og gamma-modellene for å spenne ut en del av variabiliteten i prediksjonene (usikkerhetsintervaller ikke vist).

Det framgår av figur 4 at de simulerte skadeutbetalingene fanger opp trenden i de faktiske skadebeløpene rimelig godt, men at det er til dels betydelige avvik i nivået for enkelte år i perioden. Dette kan umiddelbart synes lite tilfredsstillende, men da er det viktig å minne om at simuleringene i denne kryssvalideringsøvelsen er gjort for år utenfor treningssettet, samt at nedbørinformasjonen i modellen er gitt i form av årlige sesongindekser snarere enn daglige observasjoner. Dette innebærer for eksempel at ingen andre "Hans-år" er tilgjengelige for opptrening av modellen når den brukes til å simulere skadenivået for ekstremåret 2023, med det resultat at modellestimatet blir nesten tre gan-

Indeksregulerte utbetalinger: observert vs. simulert (4 x 4 år kryssvalidering)

Verdier normalisert mot observert periodegjennomsnitt (= 1,0)



Figur 4. Prediksjon av totalt utbetalingsbeløp for år som ikke er brukt under modelltilpasningen. Den heltrukne linjen viser det faktisk registrerte utbetalingsbeløpet relativt til periodegjennomsnittet, mens den stiplede linjen viser de samlede prediksjonene fra skadefrekvensmodellen og skadeutbetalingsmodellen samlet. Den heltrukne linjen er identisk med den lilla linjen i figur 2.

ger for lavt dette året. Vi understreker at dette forholdet er knyttet til kryssvalideringen, og vil ikke gjelde de endelige beregningene i kapittel 5, der data fra hele 16-årsperioden brukes til trening av modellen i tråd med omtalen innledningsvis i kapittel 4.

Når det gjelder bruken av sesongindekser for nedbør framfor daglige observasjoner, innebærer dette at modellen ikke har kunnskap om forløpet til nedbøren innad i en sesong. For eksempel kjenner modellen ikke til mengden nedbør som faller i tiden før en skadedag. Dermed går viktig informasjon tapt, ettersom allerede vannmettet grunn er mindre mottakelig for ny nedbør og kan derfor gi større avrenning på overflaten med påfølgende risiko for overvannsskader.

Til sist er det også på sin plass å minne om at selv om modellen ikke treffer spesielt godt på årnivå, kan akkumulerte tall sett over en periode på flere år, slik som 30-årsperiodene vi opererer med i analysene i dette prosjektet, fortsatt gi fornuftige estimater. Dette understøttes av inntrykket fra figur 4 der modellen veksler mellom å underestimere og overestimere de faktiske skadetallene det enkelte år.

4.4 Håndtering av usette ekstremer

Nedbørseffektene i skadefrekvens- og skadeutbetalingsmodellen er kalibrert mot historiske mengder observert nedbør og skadehendelser i perioden 2010 til 2025. For simule-

ringer fra disse modellene gjelder dermed at vi kan ikke med trygghet tallfeste effekten av mer ekstreme nedbørsindekser enn det modellen har sett i den historiske perioden.

Når skadefrekvensmodellen og skadeutbetalingsmodellen brukes til å estimere skadefrekvenser og skadeutbetalinger i referanse- og scenarioperiodene, kan det opptre nedbørssesonger som er mer ekstreme enn det som forekommer i treningsperioden. I slike situasjoner velger vi å holde nedbørseffektene fast på høyeste nivå observert under modelltilpasningen. Dette innebærer at effekten på forventet antall skader og skadeutbetalinger avgrenses til det høyeste nivået for nedbør vi har sett historisk, selv for mer ekstreme nedbørsmengder.

Merk likevel at siden skademodellene tilpasses på hele landet under ett, vil det høyeste observerte nivået være maksimalverdien i den mest ekstreme gridruten i landet gjennom hele perioden 2010–2025. Dette betyr at i alle andre ruter tillates nedbørsindeksene å vokse utover sin egen historiske maksimalverdi og inntil dette nasjonale taket dersom framskrivningene av nedbør skulle tilsi dette.

5 Skadeframskrivning

Kapittel 3.5 beskriver hvordan vi framskriver endringer i totale skadebeløp fra en historisk referanseperiode til framtidige scenarioperioder. Her presenterer vi en oppsummering av disse framskrivningene, og vi undersøker hvordan endringene varierer mellom ulike kommuner, fylker og ulike bygningstyper. I tråd med føre-var-prinsippet for klimatilpasning referert og praktisert av Dyrddal et al. (2025), ligger hovedfokuset også i denne rapporten på resultater for det høyeste utslippsscenarioet og tidsperioden som dekker slutten av århundret.

Tabell 2 viser en oversikt over fem ulike kvantiler, de tre kvartilene i tillegg til 10.- og 90.-prosentilene, av de 200 simulerte endringene i totalt skadebeløp på nasjonalt nivå. En endring på 0% vil si at det framtidige skadebeløpet er det samme som det historiske skadebeløpet, mens en endring på 100% vil si at det framtidige skadebeløpet er dobbelt så stort. Det er store forskjeller mellom de fem kvartilene, som indikerer en betydelig usikkerhet. Likevel ser vi at et overveiende flertall av de 200 simuleringene viser en klar økning i de totale skadekostnadene på nasjonalt nivå. Som forventet er denne økningen større for de høyere utslippsscenarioene. For middels og høyt utslippsscenario ser vi også en tydelig økning i det totale skadebeløpet når vi beveger oss fra perioden 2041–2070 til 2071–2100.

Framtidsperiode	Utslipps-scenario	10. prosentil	Nedre kvartil	Median	Øvre kvartil	90. prosentil
2041–2070	Lavt	4,2%	7,1%	9,5%	17,5%	22,0%
	Middels	6,8%	10,2%	14,9%	22,9%	26,1%
	Høyt	7,7%	11,1%	18,3%	22,8%	28,1%
2071–2100	Lavt	3,3%	6,4%	9,9%	18,0%	22,6%
	Middels	9,3%	14,7%	23,4%	30,6%	46,8%
	Høyt	10,1%	17,0%	33,2%	41,6%	46,8%

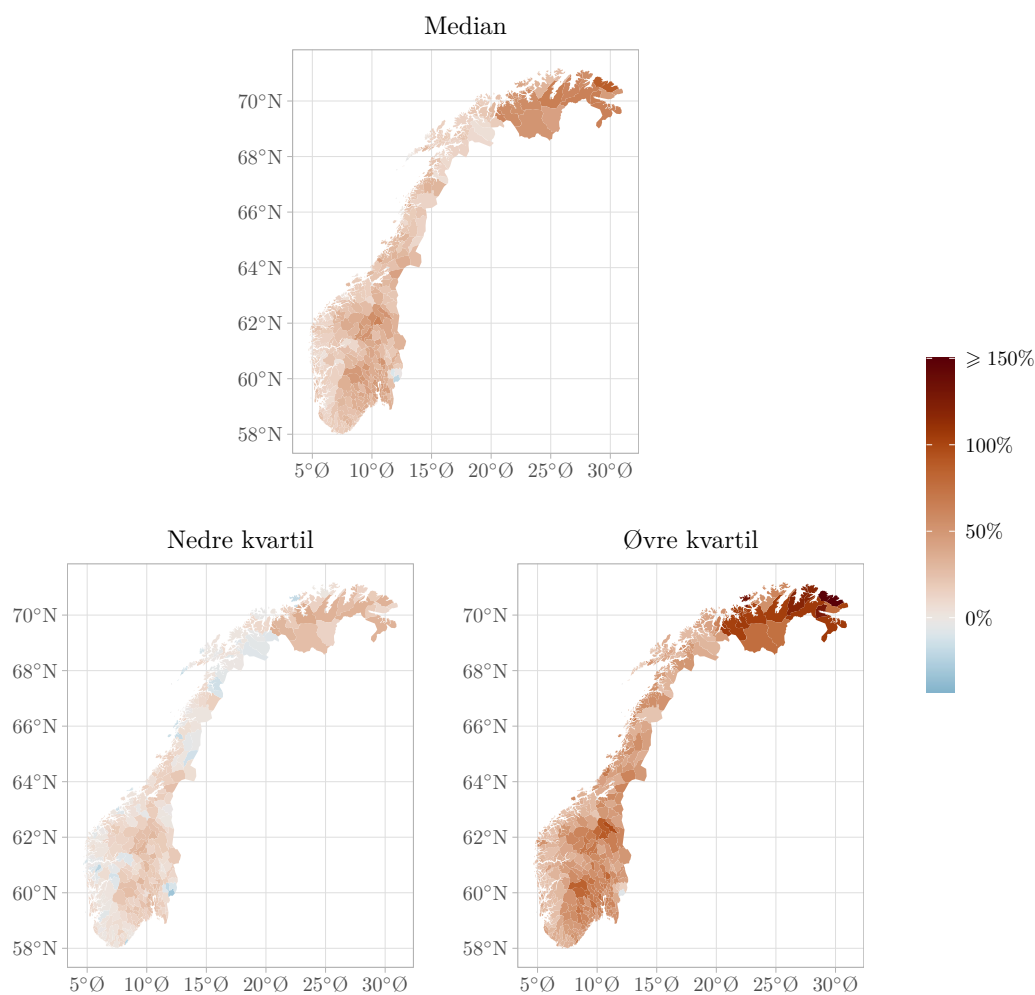
Tabell 2. Nasjonale endringer i totalt skadebeløp.

Delfigurene i figur 5 viser de tre kvartilene av de 200 simuleringene, innad i hver kommune, fra den historiske referanseperioden og til 2071–2100, for det høye utslippsscenarioet. Figurene viser at det er betydelig spredning i de 200 simuleringene. Dette kan blant annet sees ved at den nedre kvartilen er negativ eller nær null for mange av kommunene, mens den øvre kvartilen er markant positiv. Hovedtendensen er likevel at det totale skadebeløpet vil øke i de aller fleste kommuner. Medianen av de 200 simulerte endringene ligger mellom 10% og 50% for de aller fleste av kommunene, og den øvre kvartilen tilsier en økning på over 50% for omtrent halvparten av kommunene. Det kan virke som at de største og mest sikre endringene vil oppstå i deler av fjelltraktene i Sør-Norge og i Finnmark.

Figur 6 viser tre liknende kart som i figur 5, bare at denne viser kvartilene for endringer i de totale skadebeløpene på fylkesnivå. Når vi summerer skadebeløpene innad i fylker istedenfor kommuner, ser vi at spredningen i simuleringene blir mindre. Dette skyldes at

Endring i totalt skadebeløp per kommune

Fra 1991–2020 til 2071–2100, med høyt utslippsscenario



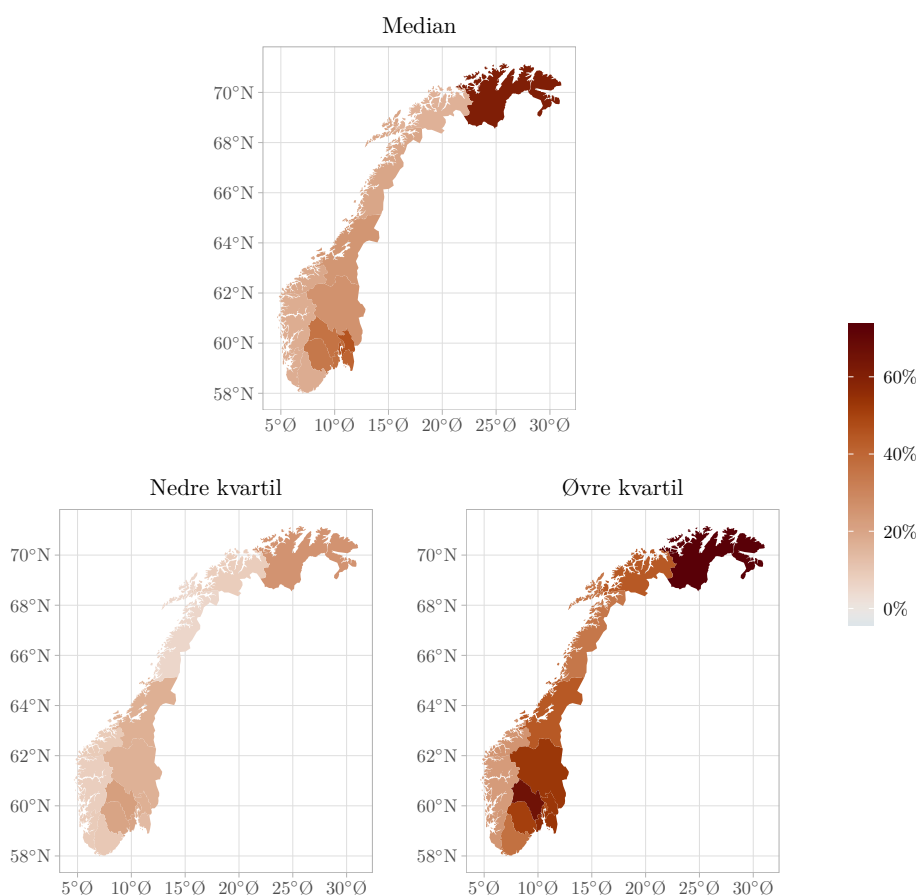
Figur 5. Kart som illustrerer endringen i totalt skadebeløp per kommune.

usikkerheten synker fordi bygningsporteføljen innad i hvert fylke er såpass mye større. Fylkeskartene gir derfor et mer robust bilde på hvordan skadebeløpene vil øke i framtiden. Medianendringen ligger mellom 16% og 62% for alle fylkene, og den nedre kvartilen er også tydelig positiv for alle fylkene. Simuleringene viser tydelig større økninger i skadebeløp for Finnmark enn for de andre fylkene. Dette stemmer godt overens med KSS sine funn (Dyrrdal et al., 2025), som viser at Finnmark er et av fylkene som vil se den største økningen i svært kraftig nedbør under det høye utslippsscenarioet.

Kartene i figur 5 og 6 kan være visuelt interessante å undersøke, men det er ikke lett å bruke dem til å trekke ut eksakte tall for endringene innad i hver kommune og hvert fylke. Figur 7 presenterer derfor de samme skadeendringene i et format som kan gjøre det lettere å kvantifisere endringene i seg selv, men også spredningen mellom kommuner. Her vises medianen av de simulerte endringene i skadebeløp innad i alle kommuner og alle fylker, under det høye utslippsscenarioet, og for hver av de to framtidsperiodene.

Endring i totalt skadebeløp per fylke

Fra 1991–2020 til 2071–2100, med høyt utslippsscenario

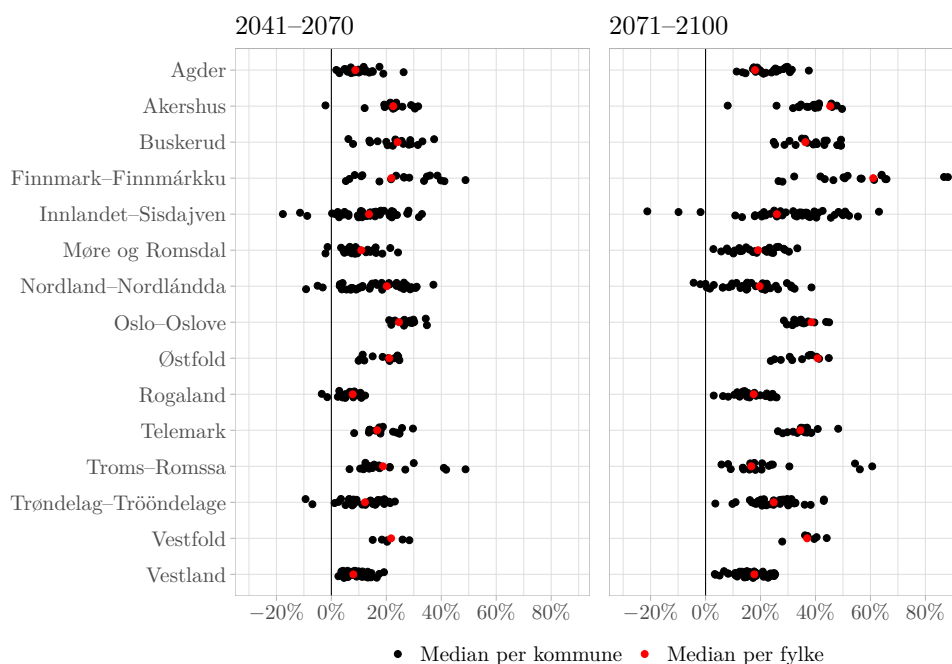


Figur 6. Kart som illustrerer endringen i totalt skadebeløp per fylke.

Hver kommune er representert via en sort prikk, og kommunene er gruppert sammen innad i hvert fylke. Medianendringene innad i hvert hele fylke er så representert via røde prikker. Ut fra denne figuren kan man for eksempel lese at medianendringen i skadebeløp fram til perioden 2041–2070 er større enn null for alle kommuner i Agder, og for alle bortsett fra én av kommunene i Akershus. For perioden 2071–2100 er derimot medianendringen i skadebeløp større enn null for alle kommunene i disse to fylkene. Generelt sett tilsier simuleringene at klimaendringene vil føre til at nesten alle kommuner i Norge vil oppleve en økning i de totale vannskadebeløpene. Man kan også lese fra figuren at Finnmark er fylket med de største simulerte medianendringene for perioden 2071–2100, både når man ser på fylket som helhet og når man ser på enkeltkommuner innad i fylket. På den andre siden er Rogaland et av fylkene med minst variasjon mellom kommunene, og med minst økning i totalt skadebeløp. Økningen i totalt skadebeløp er også større i 2071–2100 enn i 2041–2070 for flertallet av kommunene og fylkene.

Det er betydelige forskjeller mellom de totale skadebeløpene for de ulike utslippsscenarioene. Figur 8 viser liknende medianendringer som i figur 7, men for det laveste av de tre

Medianendring i totalt skadebeløp per kommune og per fylke Under høyt utslippsscenario, fra 1991–2020 til ...



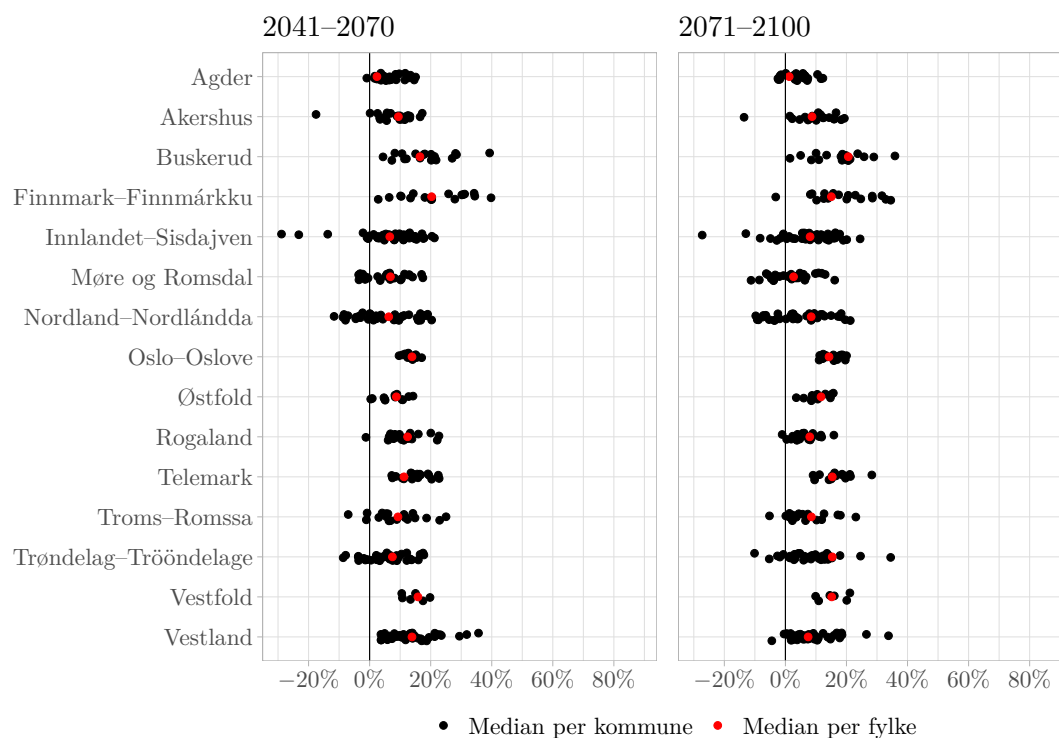
Figur 7. Medianendring i totalt skadebeløp for hver kommune og hvert fylke under det høye utslippsscenarioet.

utvalgte utslippsscenarioene. Her er endringene i skadebeløp negativ eller nær null for mange flere kommuner og fylker, og forskjellen mellom 2041–2070 og 2071–2100 er betydelig mindre. Dette er forenlig med nedgangen i CO₂-nivå for det lave utslippsscenarioet allerede fra rundt 2020 som beskrevet i Dyrredal et al. (2025). Likevel er hovedtendensen fortsatt at det totale skadebeløpet vil øke for flertallet av kommunene.

I tillegg til å undersøke endringer i skadebeløp innad i alle kommuner og fylker undersøker vi også nasjonale endringer i skadebeløp for ulike boligtyper. Dette er illustrert i figur 9. Her vises spredningen mellom de tre kvartilene av de 200 simuleringene, for fem ulike boligtyper, for begge framtidsperiodene og alle de tre utslippsscenarioene. Fargene i figuren brukes til å skille mellom de ulike utslippsscenarioene. Medianendringene visualiseres som punkter, mens de nedre og øvre kvartilene representeres via henholdsvis de nederste og øverste horisontale linjestykkene. Simuleringene indikerer at borettslag og sameier vil se den største økningen i totalt skadebeløp i 2041–2070. Det samme gjelder for perioden 2071–2100, men her viser simuleringene at forskjellen mellom borettslag og sameier og private boliger vil være liten. Det kommer også tydelig fram at det er stor spredning i simuleringene. For perioden 2071–2100 er for eksempel avstanden mellom den nedre og den øvre kvartilen på over 20 prosentpoeng for flere av utslippsscenarioene og boligtypene. Det kommer også fram av figuren at forskjellene mellom middels og høyt utslippsscenario er små i perioden 2041–2070, men med en betydelig vekst i perioden 2071–2100.

Medianendring i totalt skadebeløp per kommune og per fylke

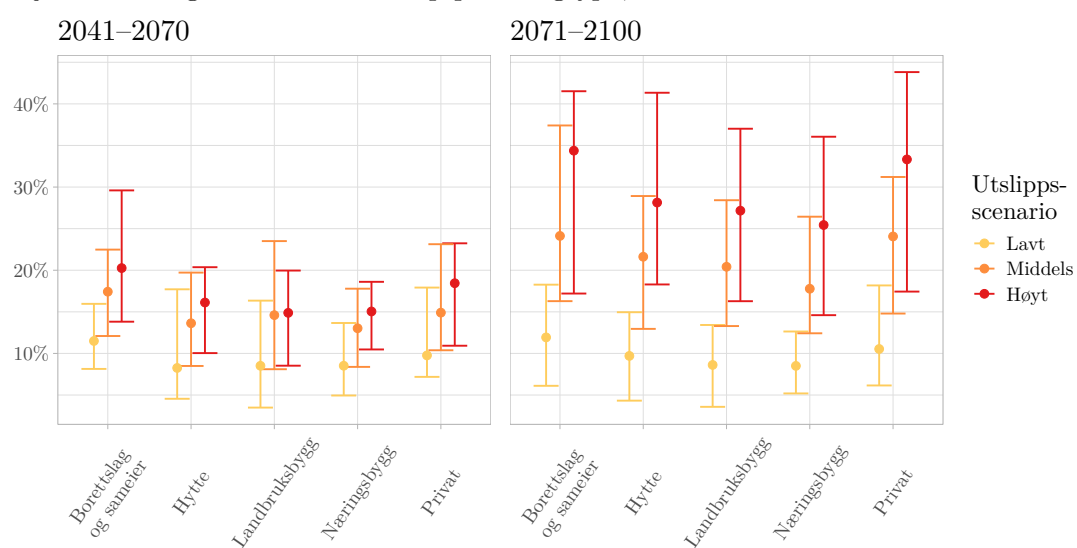
Under lavt utslippsscenario, fra 1991–2020 til ...



Figur 8. Medianendring i totalt skadebeløp for hver kommune og hvert fylke under det lave utslippsscenarioet.

En fullstendig oversikt over alle de simulerte endringene i totalt skadebeløp for begge framtidsperiodene og alle tre utslippsscenarioene får ikke plass i denne rapporten. For å tilgjengeliggjøre disse tallene utenom rapporten har vi derfor produsert tre ulike regneark som er tilgjengelig som elektroniske vedlegg (Excel-filer) til rapporten på hjemmesiden til Utvalget. Disse tre regnearkene oppsummerer de simulerte endringene i totalt skadebeløp, gruppert etter henholdsvis kommuner, fylker og boligtyper. Hvert regneark inneholder de tre kvartilene, i tillegg til den 10. og den 90. prosentilen av de simulerte endringene i totalt skadebeløp, for begge framtidsperiodene og alle de tre utslippsscenarioene. Vi advarer om at 10.- og 90.-prosentilene kan være lite robuste for enkelte av kommunene og fylkene, og vi anbefaler å fokusere på de tre kvartilene for å studere spredningen i simuleringene. Dette diskuteres mer i kapittel 7. Vi har også produsert figurer tilsvarende de som er presentert i dette kapitlet for alle kombinasjoner av framtidsperiode og utslippsscenario. Disse er også offentliggjort som elektroniske vedlegg (pdf-filer) på hjemmesiden til Utvalget.

Nasjonale endring i totalt skadebeløp per boligtype, fra 1991–2020 til ...



Figur 9. Nasjonale endringer i totalt skadebeløp for ulike boligtyper. For hvert utslipps-scenario vises medianen (punkt), samt nedre og øvre kvartiler (horisontale linjestykker).

6 Oppsummering

Norsk Regnesentral har beregnet utviklingen i forventede skadekostnader på bygninger etter overvannsfloem i Norge fra referanseperioden 1991–2020 til periodene 2041–2070 og 2071–2100. Beregningene er gjort for et bredt sammensatt utvalg av klimamodeller under påtrykk av et lavt, middels og høyt utslippsscenario for CO₂ som levert av KSS. Gjennom tilpassing av en bygningsspesifikk statistisk risikomodelle tuftet på skade- og bestandsdata fra Gjensidiges bygningsportefølje kombinert med historiske værdata fra seNorge samt annen eksponeringsinformasjon, tallfester vi den relative endringen i skadebeløp fra nåtid til framtid på kommune-, fylkes- og nasjonalt nivå.

Analysene bygger på kvalitetskontrollerte forsikringsdata fra Gjensidige for perioden 2010–2025. Fra Gjensidiges side har man ved sammenstilling av datasettet lagt spesiell vekt på presis spesifisering av årsakskoder slik at kun nedbørrelaterte skader tas med.

Arbeidet har fra NR sin side vært konsentrert rundt to hovedmål. Det første har bestått i å etablere nedbørsindekser som fanger opp karakteristiske trekk ved den nedbøren som fører til vannskader. Spesielt har vi vært opptatt av å beskrive den delen av risikoen for vannskader som er forbundet med lokal korttidsnedbør. Gjennom en grundig valideringsprosess på usette data har vi snevret inn et utvalg av ulike indekser til to endelige nedbørsindekser med årssesongoppløsning. Den første måler nedbørsmengden de våtteste dagene hver enkelt sesong, mens den andre registrerer hvor mye denne nedbøren avviker fra den kraftigste nedbøren som er vanlig på stedet. Den første indeksen virker intuitivt rimelig siden en vannskade ikke oppstår uten at en viss mengde nedbør er til stede. Samtidig kan man se for seg at lokal byggeskikk over tid har tilpasset seg nedbør-eksponeringen på stedet, slik at det til en viss grad er vesentlige avvik fra den typiske nedbøren som resulterer i skader.

Begge nedbørsindeksene inngår som forklaringsvariabler i modeller for både skadefrekvens og enkeltskadebeløp på bygningsnivå og med årssesongoppløsning. Simuleringer fra disse modellene matet med klimaframskrivninger fra KSS settes sammen til relative endringer i totalt skadebeløp på aggregerte nivåer for kommune, fylke og hele landet under ett, og utgjør det andre hovedmålet i oppdraget. På nasjonalt nivå viser skadeframskrivningene for høyutslippsscenarioet en medianøkning i totalt skadebeløp på 18% for perioden 2041–2070 og 33% for 2071–2100. Blant fylkene varierer de tilsvarende økningene fra 8%–25% og 17%–61% for henholdsvis 2041–2070 og 2071–2100. Mediantallene for fylkene gir et relativt robust bilde på hvordan skadebeløpene vil endre seg i framtiden.

Kommunetallene viser betydelige forskjeller i spredningen til de relative endringene i skadebeløp. De største medianøkningene er beregnet for kommuner i Finnmark og deler av fjelltraktene i Sør-Norge. Simuleringene for Vestlandet viser samtidig at denne landsdelen slipper billigere unna. Her har majoriteten av kommunene i Rogaland og Vestland en medianendring under 10% for 2041–2070, og ingen av kommunene ligger høyere enn 26% for 2071–2100.

Skadeframskrivningene viser seg å være følsomme for variabiliteten i klimaframskrivningene. Dette gjelder selv om vi summerer skadebeløp over tidsperioder på 30 år og aggregerer tallene over kommuner eller fylker. Utfordringen ligger i at klimaframskrivningene i sin natur inneholder enkelte ekstreme nedbørhendelser - slik de må for å kunne beskrive plausible realisasjoner av været. Disse kan forekomme for alle de tre utslipps-scenarioene, og både i referanseperioden og de framtidige scenarioperiodene, selv om de er mer tilbøyelige til å opptre for de mer alvorlige scenarioene målt etter utslipp og tidshorisont. I tillegg er det et element av tilfeldighet knyttet til nøyaktig hvor en ekstremhendelse rammer, selv om de underliggende klimamønstrene som modellene peker på for ulike deler av landet, legger overordnede føringer på frekvens og styrke av historiske og framtidige nedbørhendelser lokalt.

I sum betyr dette at under gitte omstendigheter så vil enkelte kommuner og dels fylker kunne oppleve urimelige utslag når vi simulerer endringer i skadebeløp, ved at en dominerende ekstremhendelse treffer enten referanseperioden (gir urimelig lav endring) eller scenarioperioden (gir urimelig høy endring). Skjevheten forsterkes av den romlige tilfeldigheten i klimaframskrivningene som medfører at nabokommunen kan gå helt eller delvis klar av ekstremhendelsen, og dermed framstå med en helt annen simulert verdi for endring i skadebeløp. På toppen av dette kommer variasjoner i bygningsmassens sårbarhet mellom kommuner, samt i hvilken grad ekstremværet treffer bebyggelsen. Problemet med romlig tilfeldighet kan dessuten forsterkes i kommuner med få bygninger og/eller spredt bosetting slik at det meste av bygningsmassen havner innenfor et fåtall meteorologiske gridruter.

Ekstremhendelser i klimaframskrivningene kan for en gitt kommune være knyttet til ingen, én eller flere av klimamodellene vi bruker i de 200 simuleringene. Det betyr at utfordringen med urimelige utslag øker for de lave og høye kvantilene av endringene i skadebeløp. På motsatt side reduseres problemet ved aggregering over større geografiske enheter. Av den grunn anbefaler vi å utvise forsiktighet ved bruk av kommunetallene. Medianendringene vil generelt likevel være et robust mål, og for de fleste kommunene gir også nedre og øvre kvartil troverdige tall. Dette gjelder i økende grad også for fylkestallene, og på nasjonalt nivå er det grunn til å feste lit også til 10.- og 90.-prosentilene.

7 Presiseringer og forbehold

Beregningene i denne rapporten bygger på visse forutsetninger, og resultatene må dermed tolkes i lys av disse. I det følgende trekker vi fram det vi mener er de viktigste presiseringene og forbeholdene knyttet til analysene og resultatene, og vi peker også på supplerende analyser som kan bidra med innsikt i den framtidige skadeutviklingen.

7.1 Datagrunnlaget

Gjensidige er Norges største skadeforsikringsselskap med drøyt en fjerdedel av markedet innen boligsektoren⁴. Gjennom sitt utspring i lokale brannkasser har selskapet også en sterk geografisk spredning over hele det landbaserte Norge. Dette betyr at modellering og framskrivning av relative skaderisikoer basert på Gjensidiges bygningsportefølje forventes å være representative også for den samlede bygningsmassen i landet. Det vil likevel være slik at markedsandelen til Gjensidige varierer mellom ulike deler av landet, og i enkelte kommuner kan det være relativt få bygninger som ligger til grunn for skadeframskrivningene. Dette kan i sin tur påvirke estimatene av den relative endringen i totaltz skadebeløp for disse kommunene, for eksempel i form av større eller mindre variabilitet.

7.2 Modelleringen

Når det gjelder modelleringen av enkeltskadebeløp i kapittel 3.3, peker vi i kapittel 2.1 på at forsikringsdataene mangler informasjon om vannskader der skadebeløpet er mindre enn egenandelen til forsikringen. Vi vet derfor ikke noe om hverken hvor mange eller hvor store disse skadene er, og vi kan ikke modellere selve skadebeløpet direkte selv om det er denne størrelsen vi egentlig er interessert i. I framskrivningen av skadebeløp betrakter vi i stedet summen av egenandelen og den simulerte erstatningsutbetalingen, og undersøker hvordan denne størrelsen endrer seg fra referanse- til scenarioperiodene. Dette er strengt tatt ikke helt det samme som å simulere fra (den ukjente) fordelingen til skadebeløpet og beregne relative endringer i disse. Vi forventer i utgangspunktet ikke at de to tilnærmingene vil gi veldig forskjellige resultater, men dette vil avhenge av hvor stor andel av skadene som er mindre enn egenandelen, både i antall og skadebeløp.

7.3 Resultatene

I kapittel 4.4 beskriver vi hvordan skademodellene har begrenset evne til ekstrapolasjon utover verdiområdet til forklaringsvariablene i modelltilpassingsperioden 2010–2025. Dette er en iboende problemstilling i all modellering der målet er å lage prediksjoner på bakgrunn av nye data som potensielt inneholder avvik fra treningsdataene. I vårt tilfelle er skadeframskrivningene prisgitt klimaframskrivningene for nedbør fra KSS beskrevet i kapittel 2.2. Dette er modellgenererte data som kan inneholde enkelte verdier som vil oppfattes som ekstreme av skademodellene, se også diskusjonen rundt dette i kapittel 6.

4. <https://www.finansnorge.no/tema/statistikk-og-analyse/forsikring/nokkeltall-skadeforsikring/>, aksessert 17.03.2026.

Ved å begrense nedbørseffekten i skademodellene til verdiområdet for treningsdataene som ligger til grunn for modelltilpasningen, velger vi en konservativ tilnærming til beregningen av skaderisiko. Det vi står i fare for å "miste" gjennom et slikt grep, er risikobidraget fra de bygningene som faktisk vil oppleve en økning utover den høyeste landsdekkende verdien til nedbørsindeksene i perioden 2010–2025. Men som kapittel 4.4 peker på, vil en slik begrensning ikke berøre bygninger i gridruter som ikke når opp til dette øvre nasjonale taket med sine nedbørsindeksverdier.

Resultatene fra beregningene i dette oppdraget framstilles som relative endringer i skadebeløp og ikke som absolutte tall i kroner. Dette beror først og fremst på at Gjensidiges portefølje ikke dekker det fulle skadeområdet i Norge, og vi kan derfor ikke si noe om det absolutte skadenivået i kroner. Hvis vi derimot legger til grunn at Gjensidiges portefølje er representativ for den totale bygningsmassen i Norge som drøftet innledningsvis i dette kapitlet, kunne vi, med supplerende informasjon om Gjensidiges markedsandeler ned på kommunenivå, estimert absolutte skadetall. Røffere anslag av absolutte skadebeløp kan utarbeides på bakgrunn av markedsinformasjon på lavere oppløsning, og i yttergrensen ut fra Gjensidiges landsdekkende markedsandel. Vi overlater imidlertid til dem som ønsker å gjøre egne analyser på bakgrunn av resultatene fra dette oppdraget å innhente den tilleggsinformasjonen som er nødvendig for det enkelte formål.

Tallgrunnlaget for de relative endringene i totalt skadebeløp gjengir endringer i summen av skadebeløp (på ulike aggregeringsnivåer) sett over hele 30-årsperioder under ett. Samtidig vet vi at det kan være store variasjoner i skadehendelser fra år til år, se figur 2 hvor "Hans-året" 2023 skiller seg klart ut. Like gjerne som den gjennomsnittlige skadeutviklingen over 30 år, kan det være krevende enkeltår som blir mest kostnadsdrivende for samfunnet i framtiden. Det kunne derfor vært interessant å undersøke utviklingen i det vi kan kalle "verstefallsår" fra referanseperioden til de ulike scenarioperiodene: Hvor mye verre forventer vi at de verste skadeårene vil bli i framtiden? Dette spørsmålet kunne tenkes besvart ved for eksempel å se på endringen i skadebeløp for de verste årene i scenarioperioden relativt til de verste årene i referanseperioden 1991–2020. Trolig bør en slik analyse forbeholdes aggregeringer på fylkes- og nasjonalt nivå for å sikre tilstrekkelig utjevning av romlig tilfeldighet og dermed stabilitet i estimatene.

7.4 Valg av kvantilnivåer

Vi baserer oss i dette prosjektet på ti forskjellige klimamodeller fra KSS, der hver av dem er biasjustert med to forskjellige metoder. Og for hver av disse 20 klimaframskrivningene har vi simulert skadeframskrivninger for ti varianter av de endelige vannskademodellene. Dette gir oss i utgangspunktet 200 datapunkter for hver enkelt geografisk enhet (for eksempel en enkelt kommune eller et fylke) som vi oppsummerer resultatene for.

Med 200 ulike datapunkter kunne det vært naturlig å oppgi for eksempel 5.- og 95.-prosentilene eller 10.- og 90.-prosentilene i fordelingen til forholdstallene i totalt skadebeløp mellom framtidsperioden og referanseperioden som et mål på spredningen i mulige

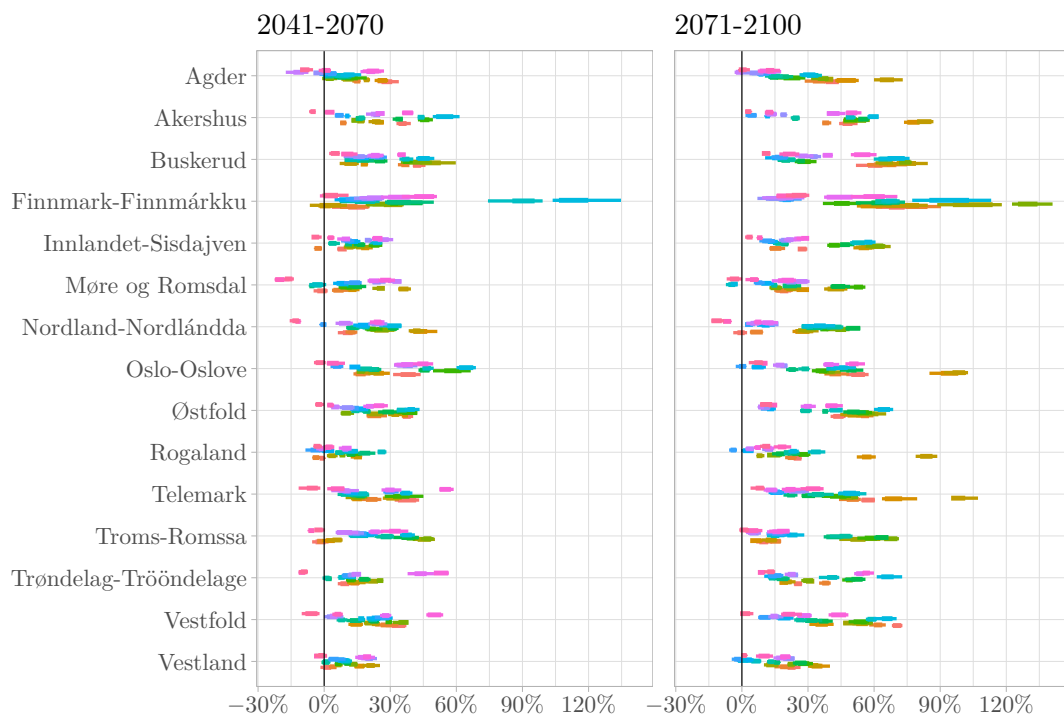
endringer av totalt skadebeløp relativt til referanseperioden for hver enkelt geografiske enhet. Imidlertid viser det seg at variansen i de endelige skadetallene i mange tilfeller domineres fullstendig av forskjeller mellom de ulike klimamodellene.

Det vil si at alle de ti skadesimuleringene som baserer seg på den samme klimaframskrivningen ligger svært tett inntil hverandre, mens simuleringene fra ulike klimaframskrivninger kan ligge langt unna hverandre. Dette kan naturligvis bero på at det faktisk er betydelige forskjeller i nedbørsmønsteret til ulike klimamodeller. Men det kan også være at selv om ulike klimaframskrivninger er enige om hovedtrekkene for nedbørutviklingen i framtiden, kan det være romlige tilfeldigheter som fører til at 30-årsperiodens største nedbørhendelse inntreffer i et tett befolket område for én av klimaframskrivningene, og i et tynt befolket område i en annen – eller styrer klar av den aktuelle kommunen i sin helhet.

Dette illustreres i figur 10, som viser hvordan endringer i skadebeløpene fra de ulike klimaframskrivningene plasserer seg i forskjellige klynger. Konsekvensen av dette er at det effektive antallet simuleringer vi baserer oss på, kan være nærmere 10 til 20 istedenfor 200. Og dette innebærer videre at 95.-prosentilen til de 200 simulerte skadebeløpene innad i et bestemt fylke blir fullt ut bestemt av den ene klimaframskrivningen som (dels tilfeldig) plasserte de største nedbørhendelsene sine innenfor grensene til akkurat det fylket. Dermed ender vi opp med et lite robust mål på spredningen av de ulike framskrivningene, ettersom 95.-prosentilen kan endre seg betydelig ved å bare legge til eller fjerne én enkelt klimaframskrivning. Vi velger derfor å oppgi nedre og øvre kvartiler som mål på spredningen i totalt skadebeløp. Disse spenner da omtrentlig over de ti midterste klimaframskrivningene.

Utfordringene med et lavt antall effektive observasjoner for hvert rapporterte forholdstall forsterkes når antallet bygninger i en geografisk enhet er lavt, og gjør at det er lite meningsfullt å se på spredningen av forholdstallet for totalt skadebeløp mellom framtidsscenarioene og referanseperioden innad i hver enkelt kommune. Derfor anbefaler vi å kun benytte mediantallene per kommune for videre analyser.

Endring i totalt skadebeløp per fylke, for hver av de 20 KSS-framskrivningene
 Under høyt utslippsscenario, fra 1991–2020 til ...



Figur 10. Illustrasjon av variasjonen i forholdstallene for totalt skadebeløp under høyt utslippsscenario for de 20 ulike klimaframskrivningene, for hvert av fylkene i Norge. Hver fargede boks representerer de ti ulike skadebeløpssimuleringene for en enkelt klimaframskrivning. Utstreknin-gen av boksene fanger spredningen i disse ti simuleringene.

Referanser

Dyrrdal, A. V., Bakke, S. J., Hanssen-Bauer, I., Mayer, S., Nilsen, I. B., Nilsen, J. E. Ø., Paasche, Ø., Saloranta, T. og Årthun, M., editors (2025). *Klima i Norge – kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2025*. NCCS-rapport 1/2025, doi:10.60839/4rgq-nn84.

Finans Norge (2025). Klimarapport Finans Norge 2025. Online. Tilgjengelig fra: <https://www.finansnorge.no/siteassets/dokumenter/publikasjoner/finans-norge-klimarapport-2025.pdf>.

Finans Norge (2026). Vask - vannskadestatistikk. Tilgjengelig fra: <https://vask.finansnorge.no/0mVask.aspx>.

Hastie, T. J. og Tibshirani, R. J. (1990). *Generalized additive models*. London: Chapman & Hall.

Heinrich-Mertsching, C., Wahl, J. C., Ordoñez, A., Stien, M., Elvsborg, J., Haug, O. og Thorarinsdottir, T. L. (2023). Assessing present and future risk of water damage using building attributes, meteorology, and topography. *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics*, 72(4):809–828.

Kartverket (2024). Administrative enheter kommuner – historiske data 2024. Lastet ned fra Geonorge. Tilgjengelig fra: <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/43fef1df-6ebd-44c8-b3b6-96c64a3b43bc>.

Lussana, C., Tveito, O. E., Dobler, A. og Tunheim, K. (2019). seNorge_2018, daily precipitation, and temperature datasets over Norway. *Earth Syst. Sci. Data*, 11:1531–1551.

Mattivi, P., Franci, F., Lambertini, A. og Bitelli, G. (2019). TWI computation: a comparison of different open source GISs. *Open Geospatial Data, Software and Standards*, 4(1):1–12.

McCullagh, P. og Nelder, J. A. (1989). *Generalized Linear Models*. Chapman & Hall, London, second edition.

NIBIO (2024). Dokumentasjon av AR50. Online. Accessed: 2026-03-17. Tilgjengelig fra: <https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/ar50>.

Nobre, A. D., Cuartas, L. A., Hodnett, M., Rennó, C. D., Rodrigues, G., Silveira, A. og Saleska, S. (2011). Height Above the Nearest Drainage – a hydrologically relevant new terrain model. *Journal of Hydrology*, 404(1-2):13–29.