

Rapport

Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge

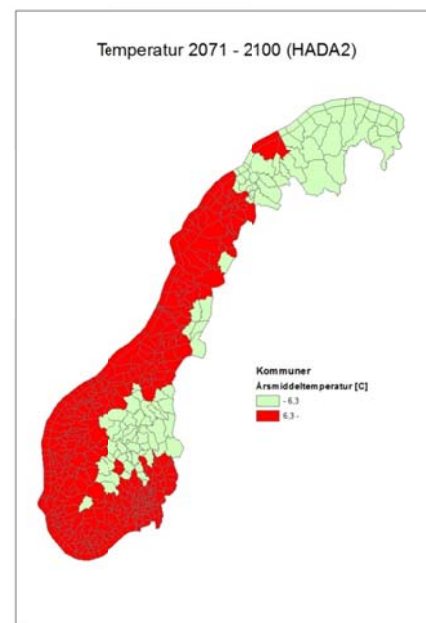
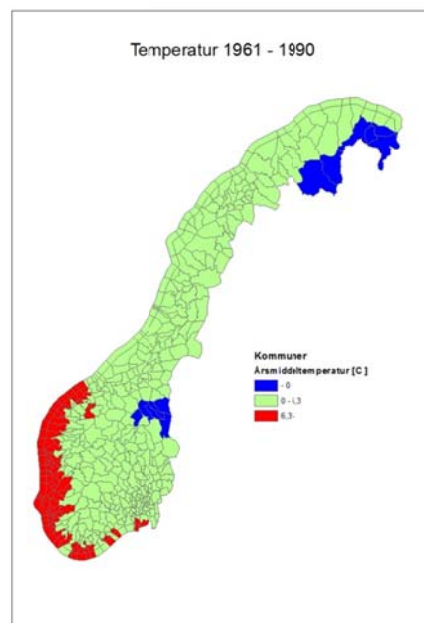
Videreføring av rapport 3B0325

Forfattere

Tore Kvæde (SINTEF)

Anders-Johan Almås (NTNU/SINTEF/Multiconsult)

Harold McInnes og Hans Olav Hygen (Meteorologisk Institutt)



Rapport

Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge

Videreføring av rapport 3B0325

EMNEORD:
Klima
Sårbarhet
Bygningsmassen
Bestandighet
Nedbør
Temperatur
Havnivåstigning
Råte

VERSJON
01

DATO
2011-12-01

FORFATTER(E)
Tore Kvande (SINTEF)
Anders-Johan Almås (NTNU/SINTEF/Multiconsult)
Harold McInnes og Hans Olav Hygen (Meteorologisk Institutt)

OPPDRAGSGIVER
Statens bygningstekniske etat (BE)

OPPDRAGSGIVERS REF.
Kari-Anne Simenstød

PROSJEKTNR
3E0119

ANTALL SIDER OG VEDLEGG:
44

SAMMENDRAG

Hovedtrenden for klimaendringer fram mot år 2100 er et varmere, våtere og villere klima. Utviklingen kan få dramatiske konsekvenser for bygningsmassen dersom det ikke gjennomføres grundige sårbarhetsanalyser og iverksettes tiltak for å møte utfordringene.

Denne rapporten presenterer en videreføring av klima- og sårbarhetsanalysen beskrevet i SINTEF-rapport 3B0325 "Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing". Videreføringen rapporteres som et tillegg til rapport 3B0325. Vi har gjennomført en overordnet vurdering av konsekvenser av klimaendringer (gitt et klimascenário for perioden 2071-2100) og gitt skisseringsvise anbefalte tiltak for å redusere mulige konsekvenser for en rekke typer klimaparametere.

Klimaendringer og de ulike klimaparameterne sine konsekvenser blir presentert i form av Norgeskart og fylkesvise oversikter. Rapporten kommenterer metode og gjentar oversiktene for potensiell risiko for råteskader fra rapport 3B0325. Den gir dermed et komplett bilde av klima- og sårbarhetsanalysen på overordnet nivå for de klimaparameterne vi har studert.

Rapporten omfatter fylkesvise oversikter for havnivåstigning, årsmiddeltemperatur, årsmnedbør, sesongnedbør (vinter, vår, sommer, høst), våt vinternedbør og risiko for råteskader.

UTARBEIDET AV
Tore Kvande

SIGNATUR



for **KONTROLLERT AV**
Kim Robert Lisø

SIGNATUR



for **GODKJENT AV**
Kim Robert Lisø

SIGNATUR



RAPPORTNR

ISBN

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
01	2011-12-01	

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	5
2	Metode og gjennomføring	5
2.1	Metodikk.....	5
2.2	Klimadata og projeksjon.....	6
2.3	Bygningsmassen.....	6
2.4	Begrensninger.....	8
3	Havnivåstigning	8
3.1	Prosesser.....	8
3.2	Konsekvenser.....	8
3.3	Anbefalte tiltak.....	11
4	Årsmiddeltemperatur	13
4.1	Prosesser.....	13
4.2	Konsekvenser.....	13
4.3	Anbefalte tiltak.....	19
5	Årsnedbør	20
5.1	Prosesser.....	20
5.2	Konsekvenser.....	20
5.3	Anbefalte tiltak.....	23
6	Sesongnedbør	24
6.1	Prosesser.....	24
6.2	Konsekvenser.....	24
6.3	Anbefalte tiltak.....	34
7	Våt vinternedbør	35
7.1	Prosesser.....	35
7.2	Konsekvenser.....	35
7.3	Anbefalte tiltak.....	38
8	Potensiell risiko for råteskader	38
8.1	Prosesser.....	38
8.2	Konsekvenser.....	38
8.3	Anbefalte tiltak.....	41
9	Oppsummering	42
10	Litteratur	44

BILAG/VEDLEGG

Ingen

1 Innledning

På oppdrag for Statens bygningstekniske etat (BE) ved Kari-Anne Simenstad har SINTE Byggforsk videreført klima- og sårbarhetsanalysen beskrevet i SINTEF-rapport 3B0325 ”Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing”.

Rapport 3B0325 presenterer en overordnet klima- og sårbarhetsanalyse for Norge. Rapporten gir temarelaterte betraktninger i forhold til eksisterende bygd miljø og valgte klimascenario nedskalert for Norge. Når det gjelder risiko for råteskade, presenterer rapporten relativt gode data på fylkesnivå. I videreføringen av klima- og sårbarhetsanalysen har vi nå, på oppdrag fra BE, utarbeidet tilsvarende fylkesoversikter for følgende klimaparametere:

- Havnivåstigning
- Årsmiddeltemperatur
- Årsnedbør
- Sesongnedbør (vinter, vår, sommer og høst)
- Våt vinternedbør

Videreføringen av klima og sårbarhetsanalysen for bygninger i Norge rapporteres som et tillegg til rapport 3B0325. Rapporten kommenterer metode og gjentar oversiktene for potensiell risiko for råteskader. Vi har også gjentatt en del av kommentarene til de enkelte klimaparameterne fra 3B0325. Rapporten fra videreføringen av klima- og sårbarhetsanalysen gir dermed et komplett bilde på overordnet nivå for de klimaparameterne vi har studert.

Klimaendringer og de ulike klimaparameterne sine konsekvenser på landets bygninger blir presentert i form av Norgeskart og fylkesvise oversikter. Presentasjonsform varierer noe for de ulike klimaparameterne avhengig av hvordan det er mest hensiktsmessig å framstille konsekvensene. Oversikten baserer seg på klimamodell og -scenarioet HAD-A2 som er omhandlet i rapport 3B0325.

I etterkant av oppdraget til BE ser vi for oss publisering av en samlet rapport i SINTEF Byggforsk sin rapportserie. Grunnlaget for samlerapporten vil være 3B0325 og denne videreføringen. Det kan også være aktuelt å utarbeide anvisninger i Byggforskserien på grunnlag av arbeidet. Vi ønsker i tillegg å presentere analysene i vitenskapelig sammenheng.

Prosjektet har vært et samarbeidsprosjekt mellom Meteorologisk institutt og SINTEF Byggforsk med SINTEF Byggforsk som kontraktspartner overfor BE. Kapitlet om havnivåstigning baserer seg på arbeid gjennomført i doktorgradsstudiet til Anders-Johan Almås (NTNU/SINTEF Byggforsk/Multiconsult).

2 Metode og gjennomføring

2.1 Metodikk

Rapporten baserer seg på samme arbeidsmetodikk som beskrevet i rapport 3B0325. For å kunne koble bygningsdata og klimadata i et og samme dataverktøy, er Matrikkelen benyttet. Matrikkelen er Norges offentlige register over grunneiendommer (eiendomsregister). Den er en videreutvikling av det tidligere nasjonale GAB-registeret (eiendom, bygning og adresse). Statens kartverk er sentral matrikkelstyresmakt, og er ansvarlig for ordning, drift og vedlikehold av matrikkelen. Matrikkelen inneholder også et digitalt eiendomskart.

Eiendommene i Matrikkelen er inndelt kommunevis med et visst antall gårder og underbruk. Hver gård har et gårdsnummer (gnr.), og hvert bruk har et bruksnummer (bnr.). Gårdsnumrene er unike innenfor hver

kommune, mens bruksnumrene begynner på nytt for hver gård. Matrikkelbetegnelsen kan også inneholde festenummer (fnr.) og seksjonsnummer (snr.). For at hver enkelt eiendom skal ha et unikt nummer i hele landet, tilføyes også kommunenummeret før selve matrikkelnummeret. Hver unike bygning har også andre data registrert, som byggeår, materialbruk etc. Det er likevel stor variasjon i hva som er registrert for de ulike bygningene, bortsett fra parameteren ”bygningstype”, som er registrert for alle bygg. Derfor har vi valgt å fremstille data sortert etter bygningstyper.

Matrikkeldatabasen er omgjort til GIS-data (digitaliserte geografiske informasjonssystemer) slik at bygningsdata og klimadata kan sammenstilles i samme analyseverktøy. Hver bygning har en x- og y-koordinat som gir den en unik geografisk 2-dimensjonal plassering. Noen bygninger har også oppgitt en z-koordinat som angir høyde over havet, dvs. høydekote, men dette er ikke angitt ved et stort nok antall til at det er benyttet i grunnlaget for denne rapporten. For å løse dette problemet har vi lagt inn en terrengmodell av Norge i GIS-verktøyet slik at vi kan fastsette den 3-dimensjonale komponenten, z-koordinaten. Z-koordinaten er spesielt viktig i konsekvensanalysen for havnivåstigning.

Klimadata for dagens situasjon (normalperioden 1961-1990), samt grenseverdier for ulike klimaparametere, viser hvilke bygninger som er påvirket av dagens klima og hvordan de er påvirket. Når vi endrer klimadataene til scenarioer for fremtidens klima, fremgår det i GIS-modellen hvilke bygninger som blir påvirket av endringene. Disse dataene hentes ut, sorteres og fremstilles her i tabeller, kart og figurer.

2.2 Klimadata og projeksjon

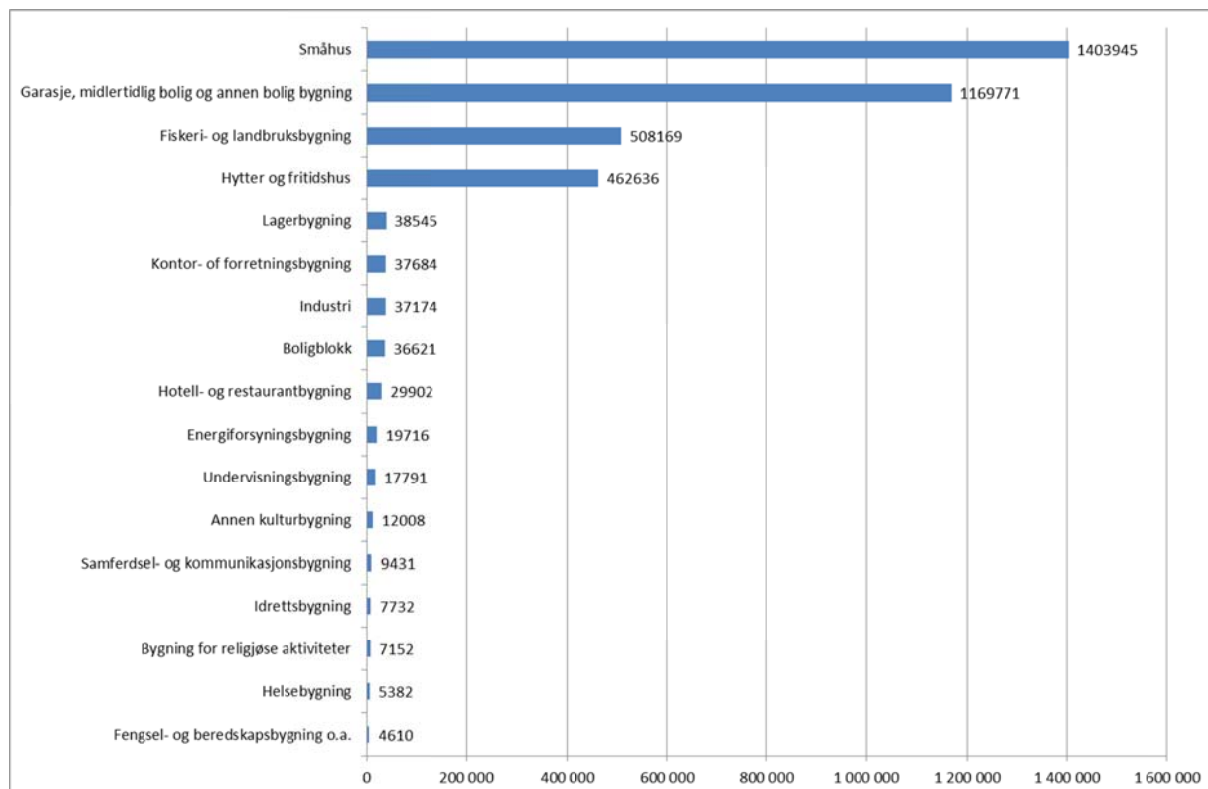
Simuleringene for Norge er gjort for 2 normalperioder; 1961-1990 (som er den vanlige normalperioden å bruke i dag) og 2071-2100 som gir et fremtidig scenario. Klimaparameterne illustreres som Norgeskart for de to normalperiodene.

Som i rapport 3B0325, er analysen basert på projeksjonen HAD-A2. Dette scenarioet kan beskrives som er "business-as-usual"-scenario og er ett av de tre vanlige hovedscenarioene for klimagassutslipp som benyttes for å anslå endringer i framtidig klima. Når det gjelder de to andre scenarioene, baserer B1 seg på at de globale klimagassutslippene blir kraftig redusert, mens A1B er et "mellom"-scenario. Klimaendringen blir altså størst for et A2-scenario og minst for B1 (NOU 2010:10). Dette gjeld i første rekke temperaturendring. Når det gjeld nedbør, gir A2-scenarioet generelt tørrere forhold enn B1.

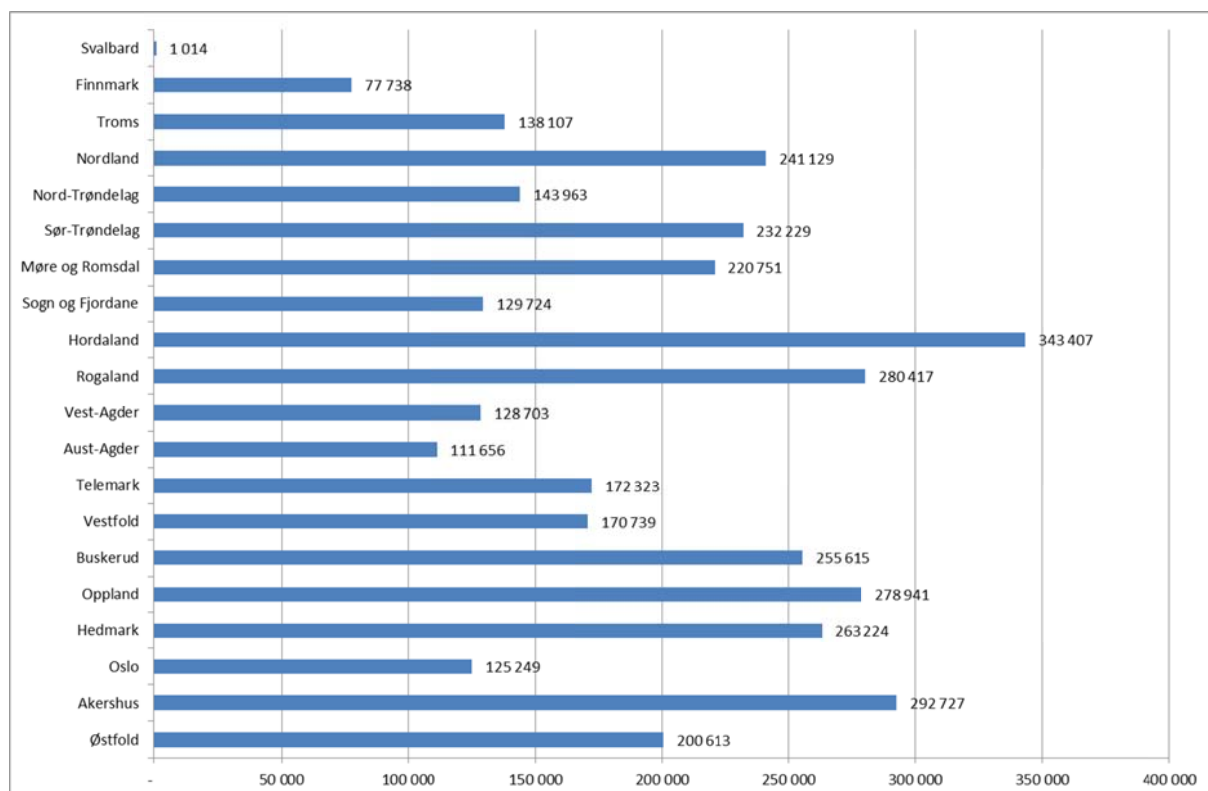
Projeksjonen HAD-A2 mangler data for enkelte ytterkanter av Norge. Disse områdene vil på endringskart fremstå med reduksjon i klimalaster.

2.3 Bygningsmassen

Både rapport 3B0325 og videreføringen baserer seg på bygningsinformasjon med uttrekk fra matrikkelen per januar 2010, og omfatter bygningsmassen i alle landets 430 kommuner. Våre analyser baserer seg dermed på en fordeling av den norske bygningsmassen i de ulike bygningskategoriene som vist i figur 2.3 a. Totalt omfatter datauttrekket 3 808 269 bygninger med fylkesvis fordeling som vist i figur 2.3 b.



Figur 2.3 a
Antall bygninger i Norge i Matrikelens ulike bygningskategorier (datauttrekk januar 2010)



Figur 2.3 b
Antall bygninger i de ulike fylkene (datauttrekk fra Matrikelen januar 2010)

2.4 Begrensninger

Rapporten tar utgangspunkt i hvordan klimaendringer påvirker eksisterende bygninger på fastlands-Norge. Potensielle feilkilder er primært knyttet til mulige feilkilder i matricellen, i klimaprojeksjonene og i forskyvning i grid mellom klimadata for normalperioden og projeksjonen.

Rapporten tar utelukkende for seg hvordan klimaendringer vil påvirke eksisterende bygninger, det er ikke gjort framskrivninger for økning i antall bygninger. Vi ser i analysen ikke på infrastruktur.

For flere av klimaparameterne er det gjort analyser på kommunenivå. Det betyr at en endring for kommunesenteret gjelder for alle bygninger i kommunen. Dette fordi de fleste målestasjonene er plassert i kommunesentrene. I tillegg er også de fleste bygningene plassert i nær omkrets av kommunesenteret. I kommuner hvor noen bygninger ligger langt fra kommunesenteret, og kanskje på en mye høyere eller lavere høydekote, vil det være potensielle feilkilder i dataene. For å minimere feilkildene kreves analyser på kommunenivå (se anbefalinger senere i rapporten).

3 Havnivåstigning

3.1 Prosesser

Tradisjonelt sett har for det meste bare bebyggelse knyttet til sjøaktiviteter blitt lagt til sjøkanten. Men i senere tid har også hoteller, signalbygninger, hytter og hus blitt oppført i slike områder. Nærhet til sjøen er blitt en salgsvare. I dag ligger store deler av den norske bygningsmassen langs kysten, og de fleste store byene har kyststripe. Enkelte av bygningene ligger helt nede ved vannkanten og er dermed utsatt for havnivåstigning. Omfanget av hvor mange bygninger på nasjonalt nivå som ligger i faresonen har inntil nå vært uklart.

Ifølge scenarioer for framtidig klimautvikling skal havnivået stige frem mot 2100 (NOU 2010:10). I tillegg vil hyppigheten av ekstremvær øke. Allerede i dag medfører stormflo (kombinasjon av storm og flo) store skader på bygninger og installasjoner som ligger nær sjøkanten. Dersom havnivået stiger, vil bygninger som ligger nær havoverflaten bli påvirket i mye større grad enn i dag, for eksempel i form av vanntrykk og oversvømmelser med påfølgende fuktskader både ved normalnivå og flomnivå. Noen bygninger vil bli stående permanent i vann, mens andre bare vil oppleve mer saltvannspåvirkning i form av hyppigere sjøsprøyt. Det siste kan likevel være alvorlig nok ved at det medfører korrosive skader i et mye større omfang enn før.

En annen mulig effekt av havnivåstigning er utvasking og erosjon, som igjen kan gjøre grunnen ustabil og i verste fall føre til utglidning av bygninger. Utvasking av grunnen kan også gi setningsskader på bygningene, en skadevariant som ofte er meget kostnadsdrivende å utbedre. Det er med andre ord ingen tvil om at skader på bygninger i forbindelse med havnivåstigning vil kunne få store økonomiske konsekvenser.

3.2 Konsekvenser

Det er knyttet store usikkerheter til havnivåstigningen. Estimaten varierer mellom de ulike landsdelene. I tillegg må man forvente en generell landheving.

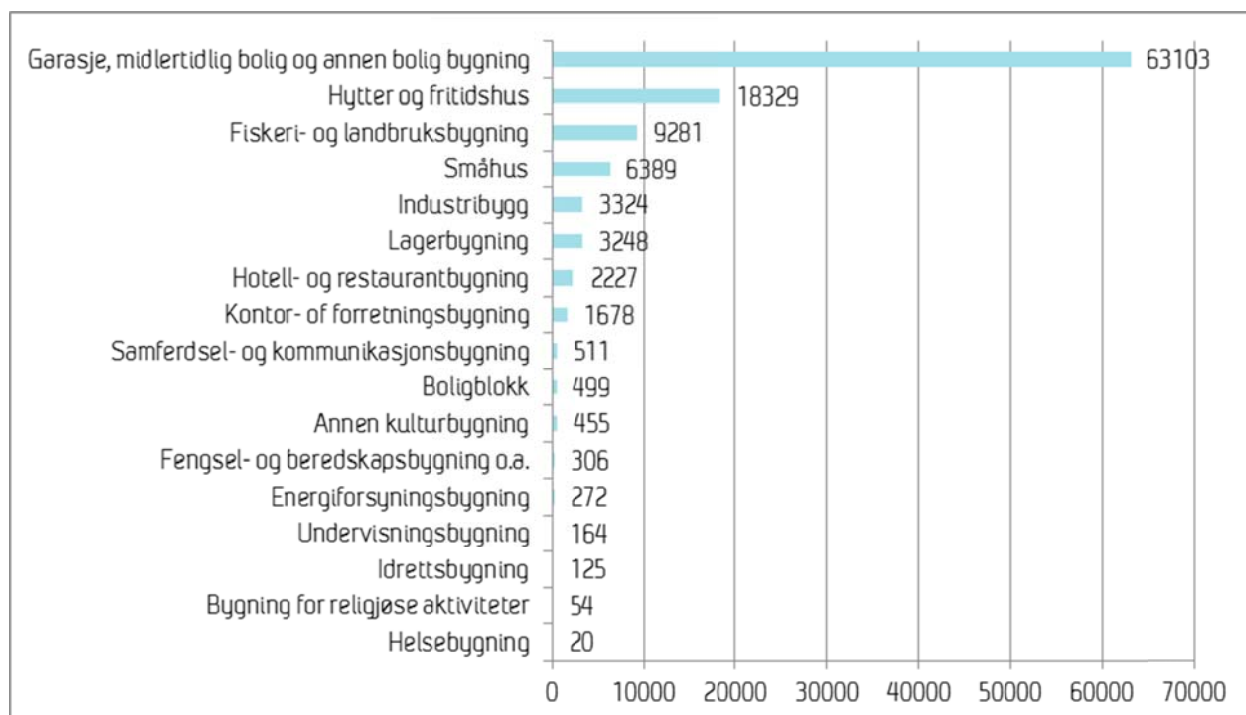
Konsekvensstudie av havnivåstigning inngår i doktorgradsarbeidet til Anders-Johan Almås (NTNU/SINTEF Byggforsk/Multiconsult). I kartleggingsarbeidet er bygningsdata og terrengdata satt sammen i en og samme modell (Almås og Hygen, 2011). Studien er en sårbarhetsanalyse for havnivåstigningens konsekvenser på bygningene i Norge. På grunn av usikkerheter i både klimamodeller, kartdata, bygningsdata og tidevannsdata

er det valgt å studere bygningsmassen som ligger mindre enn 1 meter over dagens havnivå. Antall bygninger, sortert på bygningskategori, som ligger i denne sonen er kartlagt for alle kommuner i Norge. Tallene er deretter sammenstilt med forventet havnivåstigning frem mot 2011 stipulert av Vasskog mfl. (2009). Til slutt er det laget et risikokart på fylkesnivå. Dersom tallet på bygninger er høyt og forventet havnivåstigning er høy gir dette ”høy risiko” (se figur 3.2 c).

Figur 3.2 a viser en oversikt over alle bygninger i Norge som ligger mindre enn en meter over dagens havnivå. Hele 110.000 bygninger ligger i denne sonen. Som vi ser av figuren dominerer kategorien ”Garasje, midlertidig bolig og annen bolig bygning” (63.000). I denne kategorien inngår blant annet naust, noe som forklarer den store mengden bygninger. Siden storparten av disse bygningene representerer mindre verdier, og i tillegg er ment å ligge så nær sjøkanten som mulig av praktiske årsaker, er konsekvensene av havnivåstigning små her. Dette kan til en viss grad også gjelde fiskeri- og landbruksbygninger (9.000), men her er nok andelen mye mindre. Når det gjelder de andre bygningskategoriene, vil de økonomiske konsekvensene av havnivåstigning kunne bli adskillig større. Hele 18.000 hytter og fritidshus, 6.000 småhus, 3.000 industribygg, 3.000 lagerbygg, 2.000 hotell- og restaurantbygninger og 1.600 kontor og forretningsbygg ligger mindre enn en meter fra dagens havnivå. Det er med andre ord store verdier som ligger i fare for å bli påvirket i større eller mindre grad av forventet havnivåstigning frem mot år 2100.

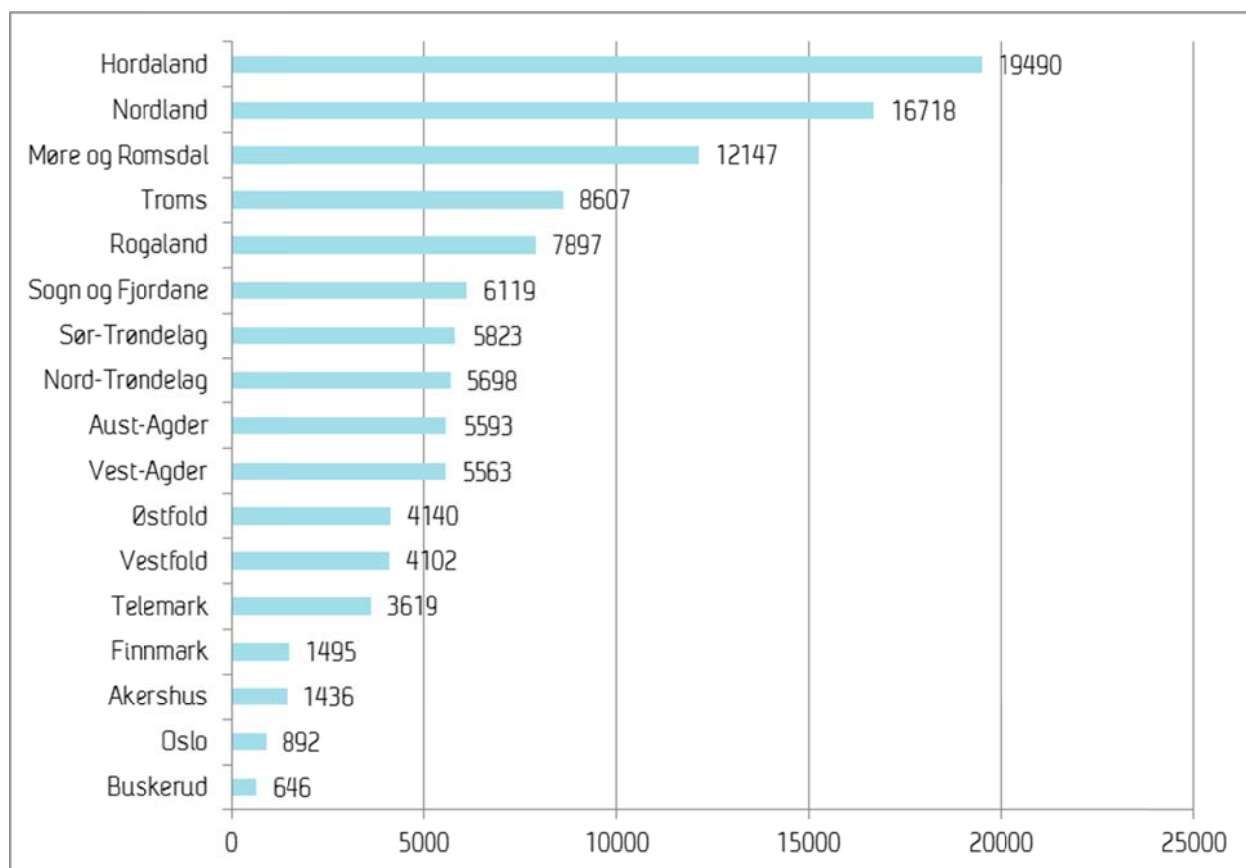
Det er store variasjoner både i antall bygninger og forventet havnivåstigning når vi sammenligner de 17 ulike fylkene i Norge som har kystlinje. Figur 3.2 b viser antall bygninger plassert mindre enn 1 meter fra dagens havnivå sortert per fylke. Som vi ser, er det vestlandsfylkene, i tillegg til Troms og Nordland, som skiller seg ut i antall. Over 19.000 bygninger i Hordaland ligger i 1meters-sonen, mens tallet for Oslo er knappe 900 bygninger.

For at analysen skal gi praktiske nytte for fremtidige studier, planlegging og politiske beslutninger, må antall bygninger i 1meters-sonen sammenstilles med forventet relativ (landheving inkludert) havnivåstigning siden denne varierer mye langs norskekysten. Figur 3.2 c viser et risikokart basert på antall bygninger, type bygninger og et *worst case scenario* fra Vasskog mfl. (2009). Som vi ser av figuren er risikoen (og forventet konsekvensnivå) høy i fylkene Hordaland, Rogaland, Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Vest-Agder. Fylkene Nordland, Troms, Aust-Agder, Telemark, Sør-Trøndelag, Nord-Trøndelag og Vestfold havner i risikoklasse moderat. I klassen lav risiko finner vi Østfold, Finnmark, Akershus, Oslo og Buskerud. Selv i disse fylkene vil enkelte bygninger og områder kunne bli påført relativt store skader ved fremtidig havnivåstigning, men det totale omfanget vil være relativt lite sammenlignet med fylkene i høy risikoklasse.



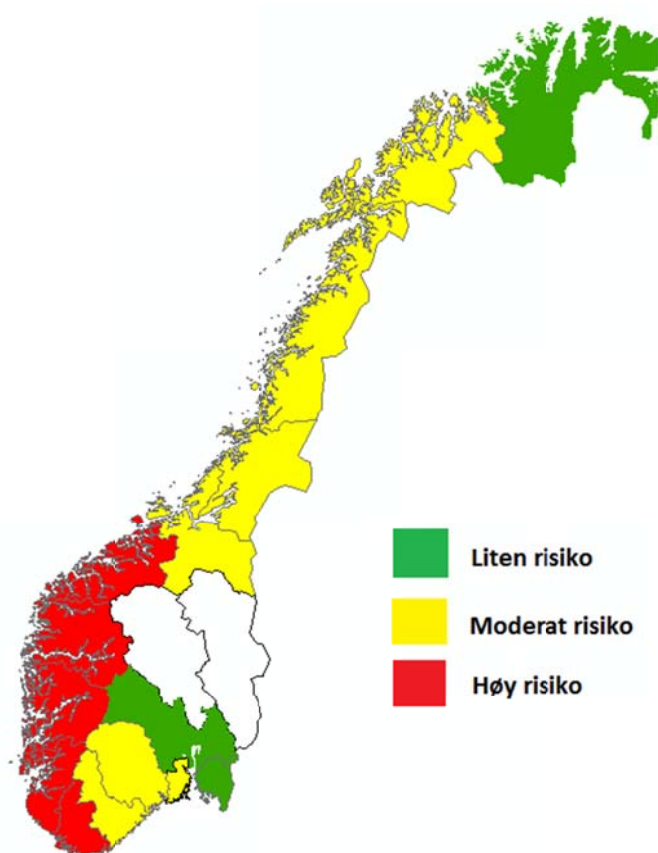
Figur 3.2 a

Antall bygninger i Norge som ligger mindre enn en meter over dagens havnivå (Almås og Hygen 2011)



Figur 3.2 b

Antall bygninger i ulike fylker som er plassert mindre enn en meter over dagens havnivå (Almås og Hygen 2011)



Fylke	Antall bygninger (< 1m)	Gjennomsnittlig worst case havnivåstigning [m] (Vasskog mfl. 2009)
Hordaland	19490	1,1
Rogaland	7897	1,15
Møre og Romsdal	12147	1,05
Sogn og Fjordane	6119	1,05
Vest-Agder	5563	1,15
Nordland	16718	0,9
Troms	8607	0,9
Aust-Agder	5593	1
Telemark	3619	0,95
Sør-Trøndelag	5823	0,85
Nord-Trøndelag	5698	0,8
Vestfold	4102	0,9
Østfold	4140	0,85
Finnmark	1495	1
Akershus	1436	0,8
Oslo	892	0,8
Buskerud	646	0,8

Figur 3.2 c

Risikokart basert på potensielle konsekvenser for bygninger i Norge ved forventet (worst case) fremtidig havnivåstigning (Almås og Hygen 2011)

3.3 Anbefalte tiltak

Studiene har avdekket et høyt antall bygninger som ligger i risikosonen for å bli påvirket i større eller mindre grad av forventet havnivåstigning frem mot år 2100. Siden grad av konsekvens for både tekniske, økonomiske og sosiale parametere vil variere for ulike lokaliteter og bygningstyper, bør det igangsettes bredere studier for å kunne si mer om kostnader for potensielle skader. Arbeidet bør gjennomføres på et nasjonalt plan, men med lokale case studier, slik at det kan utvikles en felles metodikk for sårbarhetsanalyser som kommunene selv kan gjennomføre. Videre bør det utvikles retningslinjer, tiltaksplaner og beredskapsplaner som enkelt kan implementeres på fylkes- og kommunenivå. Målet bør være at alle kommuner med kystlinje, på sikt, kartlegges og får utarbeidet tiltaksplaner. Metodikken bør også inkludere andre klimaparametere i tillegg til havnivåstigning, for eksempel økt nedbør, slik at det forholdsvis enkelt kan gjennomføres en fullstendig analyse av klimatilpasning for bygningsmassen på kommunenivå.

Når det gjelder aktuelle tiltak må vi skille mellom tiltak for eksisterende bebyggelse og nybygg. For eksisterende bebyggelse vil følgende tiltak være aktuelle:

- Fuktsikring
- Vanntetting
- Endret bruk av kjeller/1.etasje
- Flytting av bygg
- Rivning
- Utbedring av fundamenter og byggegrunn
- Beredskap – byggeier (pumper, sandsekker, flomsikring)
- Beredskap – samfunn (trenet personell og tilstrekkelig materiell ved stormflo etc.)

Når det gjelder etablering av ny bebyggelse innenfor risikozonen for havnivåstigning, bør det innføres byggeforbud i risikozonen. Dersom dette ikke er mulig må det stilles strenge krav til for eksempel vanntetthet og fundamentering for konstruksjoner som kan bli stående i vann. I tillegg må det gis retningslinjer for valg av materialer og orientering av bygningen. Aktuelle tiltak og omfang vil variere mellom kommunene.

En annen positiv effekt ved å innføre streng regulering på bebyggelse i strandsonen er muligheten for allmenn atkomst til strandlinjen. Etablering av for eksempel promenader langs sjøkanten vil både fungere som tiltak for å møte klimaendringene samtidig som det gjør strandsonen tilgjengelig for allmennheten.

Ved planlegging av nye bygninger og installasjoner fokuseres det ofte på forventet levetid. For en bygning er denne typisk 60-100 år. Det kan derfor være vanskelig å forestille seg at havnivåstigningen i år 2100 skal ha noen betydning for bygninger som oppføres i dag, og som har nådd sin levetid lenge før år 2100. Da er det viktig å huske på at oppføring av et bygg også setter premisser for utvikling av omkringliggende bygninger og infrastruktur. Opparbeidet infrastruktur blir gjerne beholdt i ekstra lang tid. I tillegg vil havnivåstigningen være en kontinuerlig prosess, og er ikke resultat av at en bryter skrus på i år 2100. Dette, i kombinasjon med klimaforskernes varsku om hyppigere ekstremvær, tilsier at plassering av nye bygninger i fremtiden vil bli meget avgjørende for hvor bærekraftig bygningsmassen og infrastrukturen langs kysten blir for våre etterkommere.

4 Årsmiddeltemperatur

4.1 Prosesser

Små endringer i årsmiddeltemperatur har konsekvens for råterisiko som beskrevet i kapittel 8, og risiko for begroing. I tillegg vil endring i utetemperaturen påvirke energibehovet til oppvarming av bygninger. Høyere årsmiddeltemperatur vil gi et lavere oppvarmingsbehov for bygninger. Vi har benyttet kravsnivået i NS 3700:2010 *Kriterier for passivhus og lavenergihus – Boligbygninger* for å illustrere konsekvensene av endring i årsmiddeltemperatur.

NS 3700:2010 stiller krav til oppvarmingsbehov etter lokalt klima. Energibehovet til oppvarming skal beregnes etter reglene i NS 3031:2007 med lokale klimadata. Med lokale klimadata er her ment standardisert gjennomsnittsklima for kommunen. Vi har benyttet klimadata for kommunesentret. Krav i NS 3700:2010 til høyeste beregnet netto energibehov til oppvarming avhenger av årsmiddeltemperaturen til kommunen der boligen skal føres opp. I tillegg er energikravet avhengig av oppvarmet del av BRA, men vi har kun sett på klimaparameteren.

Krav i NS 3700:2010 til netto energibehov til oppvarming skiller mellom kommuner med årsmiddeltemperatur over og under 6,3 °C. For bolig over 250 m² gjelder følgende krav for passivhus:

- $\geq 6,3$ °C: 15 kWh/(m²·år)
- $< 6,3$ °C: $15 + 2,1 \cdot (6,3 - \theta_{ym})$ kWh/(m²·år)

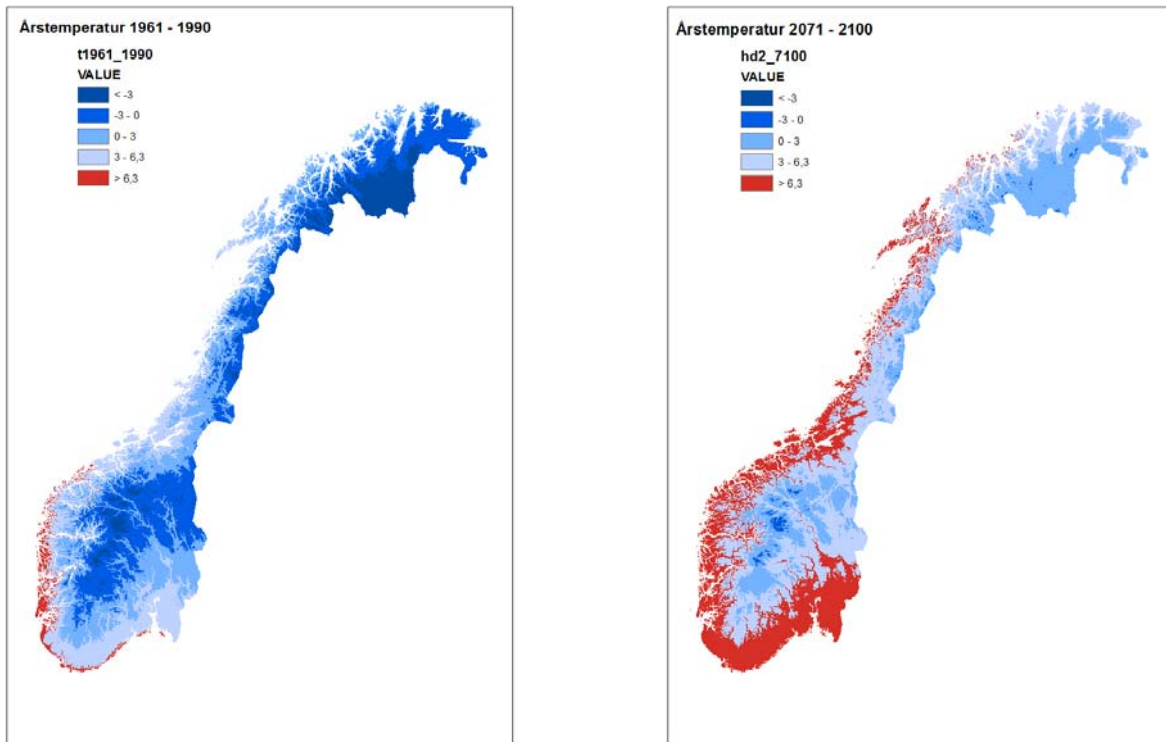
Dvs. at jo kaldere årsmiddeltemperatur under 6,3 °C, jo høyere netto energibehov til oppvarming tillater NS 3700:2010.

4.2 Konsekvenser

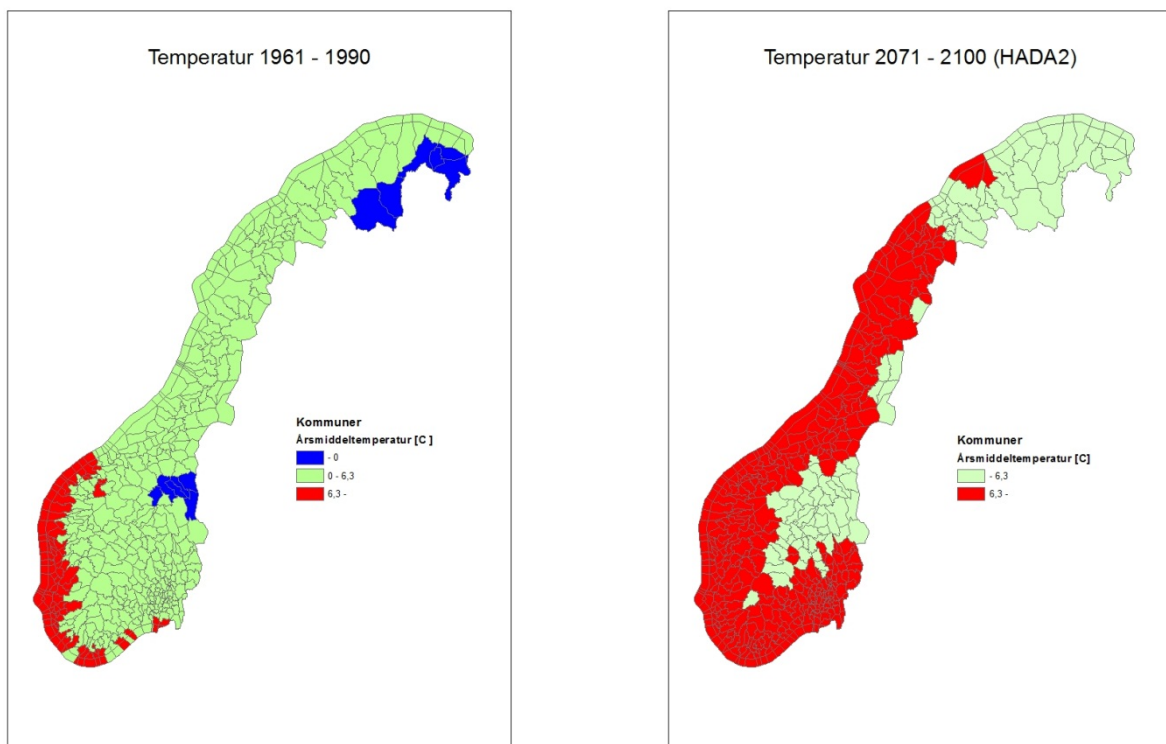
Vi har illustrert endring i årsmiddeltemperatur med konsekvensen for kravsnivået til tillatt energibehov til oppvarming for passivhusboliger.

Endring i årsmiddeltemperatur er vist i figur 4.2 a. Figur 4.2 b viser effekten for norsk kommuner med bakgrunn i passivhuskravet til energibruk. Mens 70 kommuner har årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C med dagens normalperiode, vil 341 kommuner passere denne grensa med scenarioet for 2071-2100, se tabell 4.2 a. Konsekvens for passivhuskravet for noen utvalgte steder er vist i tabell 4.2 b. Tabellen oppgir krav til høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming av boliger for de aktuelle stedene.

Årsmiddeltemperaturøkningen vist i figur 4.2 b har altså betydning for energikravet til boligbygninger. Potensielt berørt antall bygninger er vist i figur 4.2 c og d. I dag befinner ca. 360 000 boligbygninger seg i kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C. Det utgjør 25 % av det totale antallet boligbygninger i dag. Andelen vil øke til 90 % av boligbygningene for scenarioet 2071-2100, dvs. i overkant av 1 300 000 boligbygninger. Tellingen av berørte boligbygninger forutsetter at alle eksisterende boligbygninger blir berørt av passivhuskravet, noe som selvsagt ikke er realistisk. Tallene illustrerer likevel omfanget av boligbygninger berørt av temperaturøkningen.



Figur 4.2 a
Luftas midlere årsmiddeltemperaturer, θ_m (°C), for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



Figur 4.2 b
Kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C (kommunesentret) i normalperiode 1961-1990 og for scenario 2071-2100

Tabell 4.2 a

Fylke	Kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C (1961-1990)	Kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C (2071-2100)		
Østfold	- Hvaler	- Halden - Moss - Sarpsborg - Fredrikstad - Hvaler - Aremark	- Marker - Rømskog - Trøgstad - Spydeberg - Askim - Eidsberg	- Skiptvet - Rakkestad - Råde - Rygge - Våler - Hobøl
Akershus		- Vestby - Ski - Ås - Frogn - Nesodden - Oppegård - Bærum - Asker	- Aurskog-Høland - Sørums - Fet - Rælingen - Enebakk - Lørenskog - Skedsmo	- Nittedal - Gjerdrum - Ullensaker - Nes (Akershus) - Eidsvoll - Nannestad - Hurdal
Oslo		- Oslo		
Hedmark		- Kongsvinger - Hamar - Løten - Stange	- Nord-Odal - Sør-Odal - Eidskog - Grue	- Åsnes - Våler - Elverum
Oppland		- Gjøvik - Østre Toten	- Vestre Toten	- Jevnaker
Buskerud		- Drammen - Kongsberg - Ringerike - Hole - Nes - Gol	- Sigdal - Krødsherad - Modum - Øvre Eiker - Nedre Eiker	- Lier - Røyken - Hurum - Flesberg - Rollag
Vestfold	- Tjøme	- Horten - Holmestrand - Tønsberg - Sandefjord - Larvik	- Svelvik - Sande - Hof - Re - Andebu	- Stokke - Nøtterøy - Tjøme - Lardal Hvaler
Telemark		- Porsgrunn - Skien - Notodden - Siljan - Bamble - Kragerø	- Drangedal - Nome - Bø - Sauherad - Tinn - Hjartdal	- Seljord - Kviteseid - Nissedal - Fyresdal - Tokke - Vinje
Aust-Agder	- Risør - Arendal	- Risør - Grimstad - Arendal - Gjerstad - Vegårshei	- Tvedestrand - Froland - Lillesand - Birkenes - Åmli	- Iveland - Evje og Hornnes - Bygland - Valle

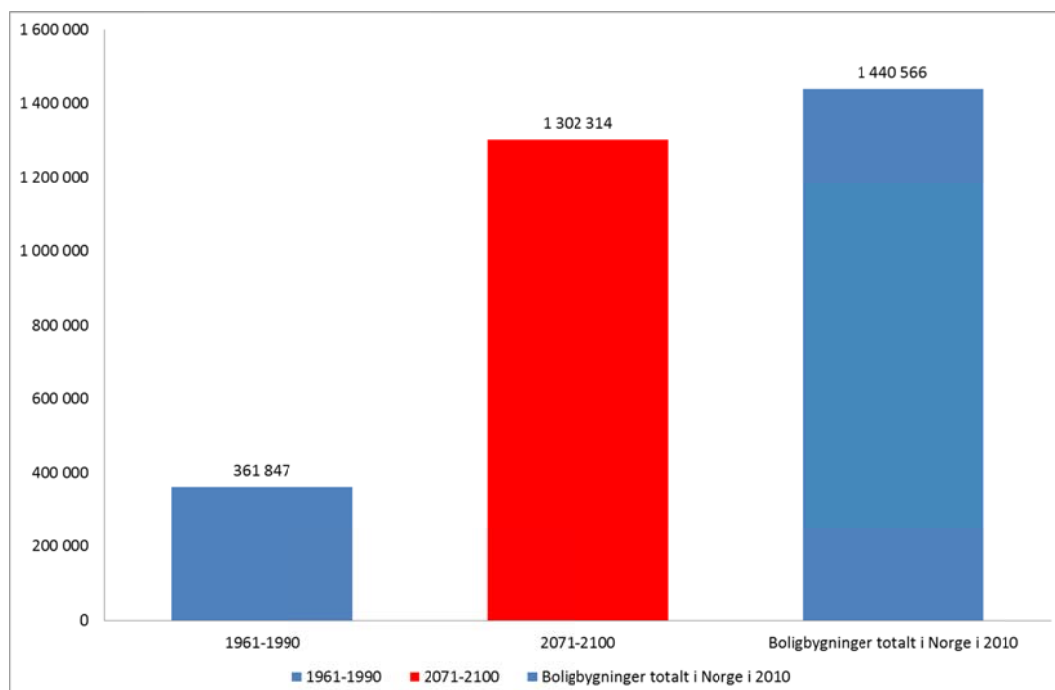
Tabell 4.2 a, forts.

Fylke	Kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C (1961-1990)	Kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C (2071-2100)
Vest-Agder	<ul style="list-style-type: none"> - Kristiansand - Mandal - Flekkefjord - Songdalen 	<ul style="list-style-type: none"> - Kristiansand - Mandal - Farsund - Flekkefjord - Venesla
Rogaland	<ul style="list-style-type: none"> - Eigersund - Sandnes - Stavanger - Haugesund - Sokndal - Hå - Klepp - Time - Sola - Randaberg 	<ul style="list-style-type: none"> - Eigersund - Sandnes - Stavanger - Haugesund - Sokndal - Lund - Bjerkreim - Hå - Klepp
Hordaland	<ul style="list-style-type: none"> - Bergen - Etne - Sveio - Bømlo - Stord - Fitjar - Tysnes - Kvinnherad - Fusa - Os - Austevoll 	<ul style="list-style-type: none"> - Bergen - Etne - Sveio - Bømlo - Stord - Fitjar - Tysnes - Kvinnherad - Jondal - Odda - Ullensvang
Sogn- og Fjordane	<ul style="list-style-type: none"> - Flora - Gulen - Solund - Hyllestad 	<ul style="list-style-type: none"> - Flora - Gulen - Solund - Hyllestad - Høyanger - Vik - Balestrand - Leikanger - Sogndal
Møre og Romsdal	<ul style="list-style-type: none"> - Ålesund - Sande - Herøy - Stranda - Stordal 	<ul style="list-style-type: none"> - Molde - Kristiansund - Ålesund - Vanylven - Sande - Herøy - Ulstein - Hareid - Volda - Ørsta - Ørskog - Norddal

Tabell 4.2 a, forts.

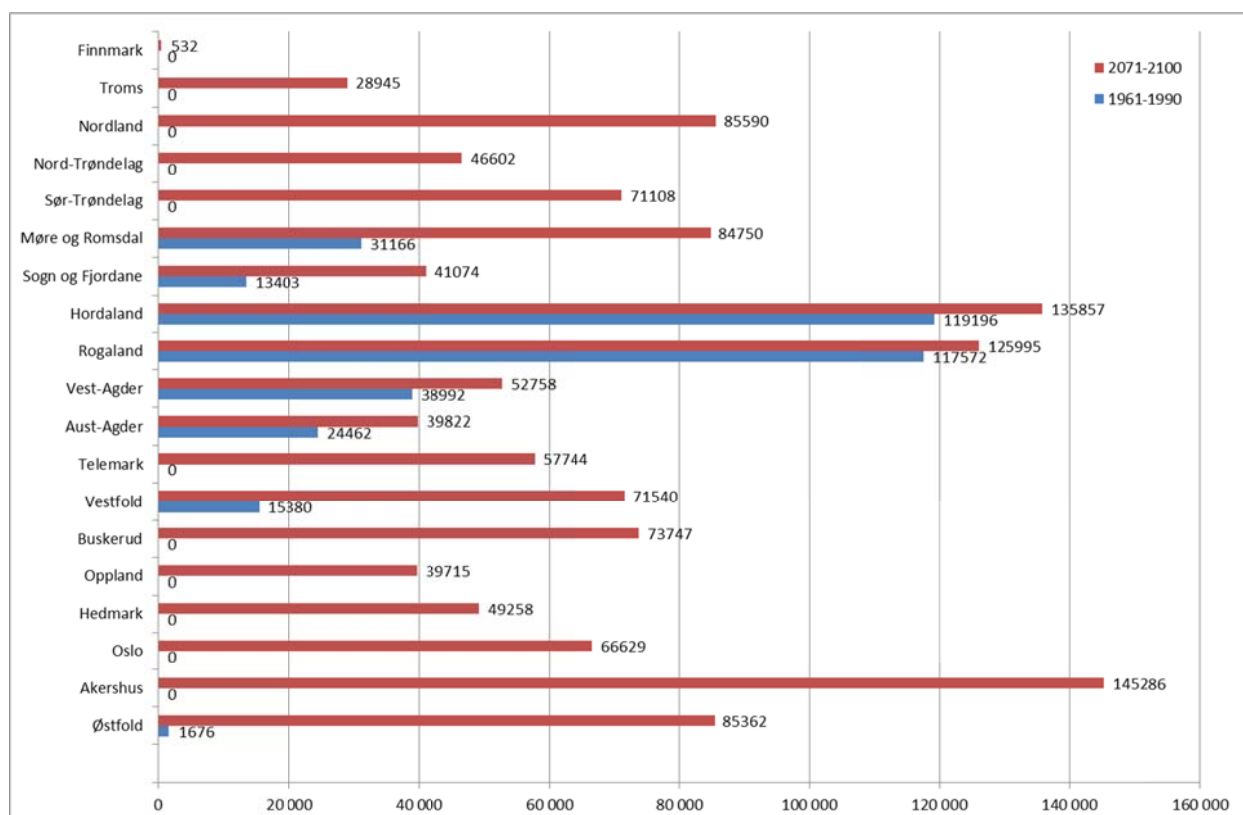
 Kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C (kommunesentret) i 1961-1990 og scenario 2071-2100

Fylke	Kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C (1961-1990)	Kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C (2071-2100)		
Sør-Trøndelag		- Trondheim - Hemne - Snillfjord - Hitra - Frøya - Ørland - Agdenes	- Rissa - Bjugn - Åfjord - Roan - Osen - Orkdal	- Midtre Gauldal - Melhus - Skaun - Klæbu - Malvik - Selbu
Nord-Trøndelag		- Steinkjer - Namsos - Meråker - Stjørdal - Frosta - Leksvik - Levanger	- Verdal - Mosvik - Verran - Namdalseid - Inderøy - Snåsa - Grong	- Høylandet - Overhalla - Fosnes - Flatanger - Vikna - Nærøy - Leka
Nordland		- Bodø - Narvik - Bindal - Sømna - Brønnøy - Vega - Vevelstad - Herøy - Alstahaug - Leirfjord - Vefsn - Dønna - Nesna - Hemnes	- Rana - Lurøy - Træna - Rødøy - Meløy - Gildeskål - Beiarn - Fauske - Sørfold - Steigen - Hamarøy - Tysfjord - Lødingen - Tjeldsund	- Evenes - Ballangen - Røst - Værøy - Flakstad - Vestvågøy - Vågan - Hadsel - Bø - Øksnes - Sortland - Andøy - Moskenes
Troms		- Harstad - Kvæfjord	- Skåland - Ibestad	- Karlsøy - Skjervøy
Finnmark				



Figur 4.2 c

Antall boligbygninger totalt for fastlands-Norge berørt av årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C. Tallene gjelder for eksisterende boliger i 2010. Anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.



Figur 4.2 d

Antall boligbygninger i de ulike fylkene berørt av årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C. Tallene gjelder for eksisterende boliger i 2010. Anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.

Tabell 4.2 b

Konsekvens for passivhuskravet på grunn av endring i årsmiddeltemperatur (1961-1990) til (2071-2100) for utvalgte steder

Sted	1961-1990		2071-2100	
	θ_{ym}	Krav i NS 3700:2010 til høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming	θ_{ym}	Krav i NS 3700:2010 til høyeste beregnede netto energibehov til oppvarming
	°C	kWh/(m ² ·år)	°C	kWh/(m ² ·år)
Oslo	5,5	17	9,8	15
Bergen	7,2	15	9,6	15
Stavanger	6,9	15	10,8	15
Kristiansand	6,5	15	10,4	15
Ålesund	6,6	15	9,5	15
Molde	6,2	15	9,3	15
Trondheim	4,9	18	8,1	15
Bodø	4,3	19	7,4	15
Tromsø	2,4	23	6,2	15
Lillehammer	2,8	22	6,2	15
Jessheim	3,7	20	7,9	15
Hamar	3,2	22	7,4	15
Røros	-0,5	29	3,6	21
Alta	0,8	27	5,1	18
Karasjok	-3,2	35	1,4	25

4.3 Anbefalte tiltak

Selv om projeksjonen viser en generell økning i temperaturen i hele Norge, og oppvarmingsbehovet dermed blir lavere, vil vi likevel anbefale at det stilles enda strengere krav til lavt energibehov for bygninger. Dette fordi målene om lavt energibehov vil bli enklere å nå. Innføring av passivhusstandard for bygninger er et av tiltakene som vil komme.

En annen effekt av økt temperatur, er større behov for kjøling. Komfortbehovene i samfunnet øker, og det er samtidig en kraftig økning i installering av kjøleeffekt i nye bygninger. Utviklingen er urovekkende med tanke på energibruken. Vi risikerer å måtte endre fokus fra å redusere behovet til *oppvarming* til å redusere behovet til *kjøling* når vi skal prosjektere og oppføre bygninger for fremtiden. Riktig design av bygningen, tekniske installasjoner og drift vil derfor bli enda viktigere i fremtiden.

Endring i årsmiddeltemperatur vil også få konsekvenser for frostmengder. Frostmengde brukes ved dimensjonering av frostsikring for ledninger, fundamenter og veier. Økt årsmiddeltemperatur vil gi reduserte frostmengder og dermed en reduksjon i behovet for markisolasjon såfremt dagens kravsnivå opprettholdes. Vi har ikke sett på klimaendringenes effekt på frostmengder i denne rapporten.

5 Årsnedbør

5.1 Prosesser

Nedbør er en betegnelse på vann i flytende eller fast form som treffer jordoverflaten. Alle former for vann som utfelles fra atmosfæren i form av enten yr, regn, sludd, hagl eller snø, betegnes som nedbør. Mengden er sterkt avhengig av den lokale topografien.

Årsnedbør (mm/år) gir et inntrykk av de utfordringer vi kan forvente for bygningsmassen knyttet til vann og fuktighet. Utfordringene er blant annet knyttet til flom, ras og nedbrytning av bygningsmaterialer. Tidligere studier anslår at 75 % av alle bygningskader skyldes fuktighet i en eller annen form (Lisø og Kvande, 2007).

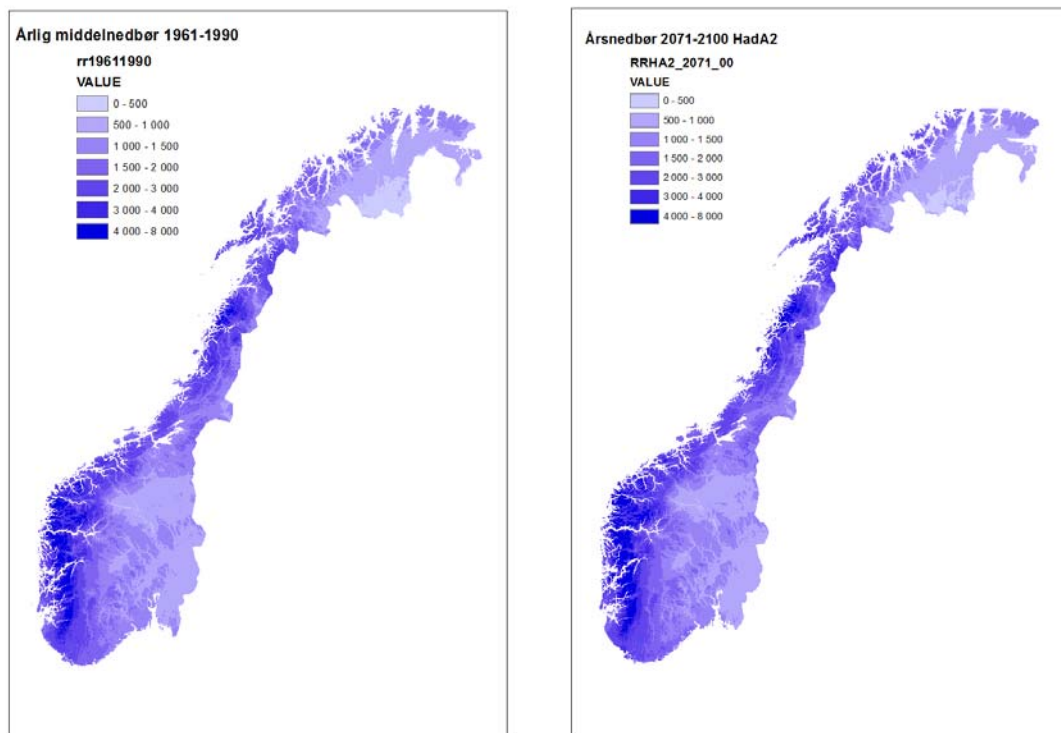
Etter korte og intense nedbørsperioder vil ledningsnettene for overvannshåndtering i byer og tettsteder bli belastet mer enn normalt. Dersom nedbørsmengdene er store nok, vil ledningsnettene bli overbelastet. Konsekvensene kan være skader på infrastrukturen for overvann og lokale oversvømmelser. Flere norske byer opplever problemer med dette allerede nå. En økning i antall slike fenomener eller en økning i nedbørsmengden vil øke risikoen for skader og oversvømmelser.

Etter lengre perioder med mer nedbør enn normalt vil naturlige vannføringskanaler (bekker og elver) også bli overbelastet. Konsekvensene kan være erosjon, ras og oversvømmelser. Økte nedbørsmengder i fremtiden vil øke risikoen for oversvømmelser av bekker og elver. Hyppigere ekstremnedbør vil i tillegg øke frekvensen av slike flommer.

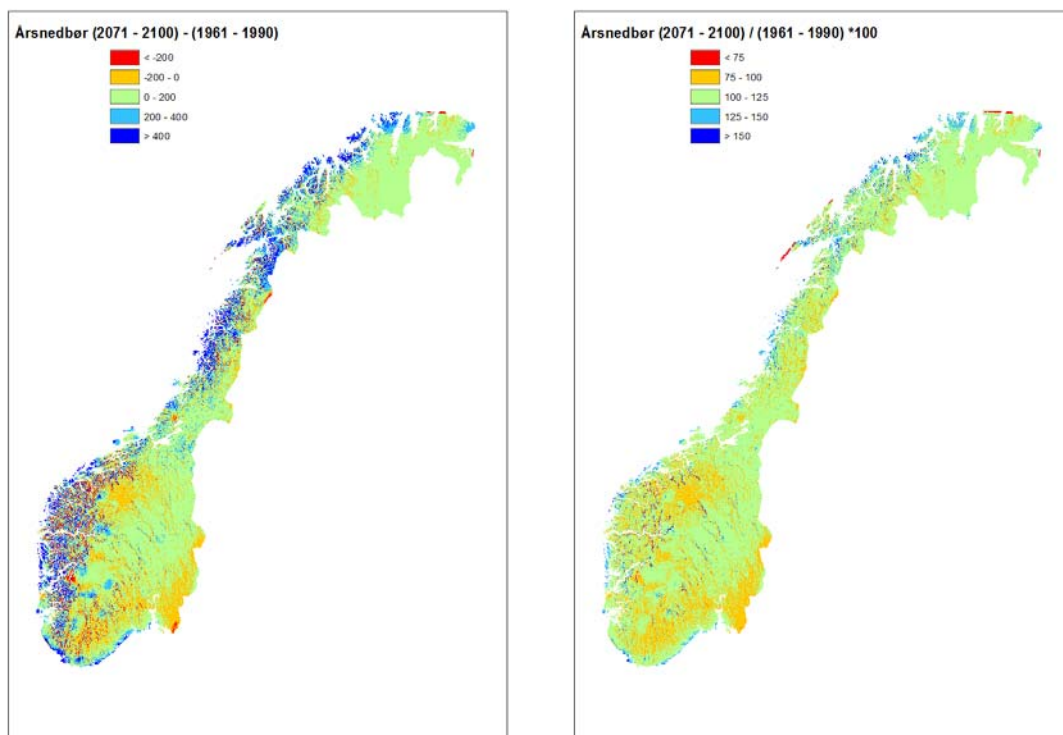
5.2 Konsekvenser

Figur 5.2 a og b viser endring i normal årsnedbør fra dagens normalperiode 1961-1990 til projeksjonen for 2071-2100. De største økningene i mm nedbør kommer i områder som allerede har de største nedbørsmengdene i dag. Dette gjelder i første rekke for kysten langs Vestlandet og Nordland.

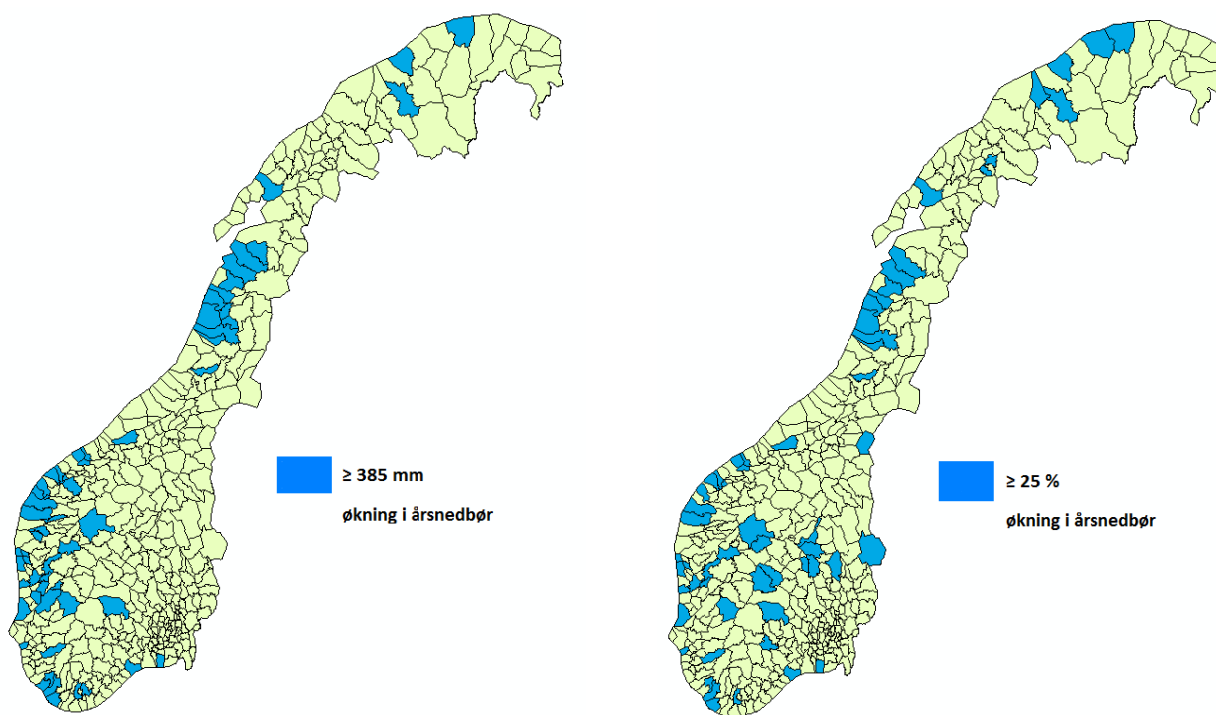
Ser vi på prosentvis endring, er det områder med mindre nedbørsmengder i dag som også får betydelige økninger i årsnedbør. Denne effekten er vist i figur 5.2 c-e hvor vi har sett på konsekvensene av nedbørsøkning på > 25 %. Figurene viser også en sammenligning med nedbørsøkning på >385 mm. Sammenligningen med > 385mm er valgt fordi både > 25 % og > 385 mm i økt nedbør berører 58 kommuner, dvs. 13,5 % av landets kommuner. Fremstillingen viser at Buskerud, Oppland og Hedmark har en stort antall bygninger som blir berørt av en betydelig økning i årsnedbør (> 25 %).



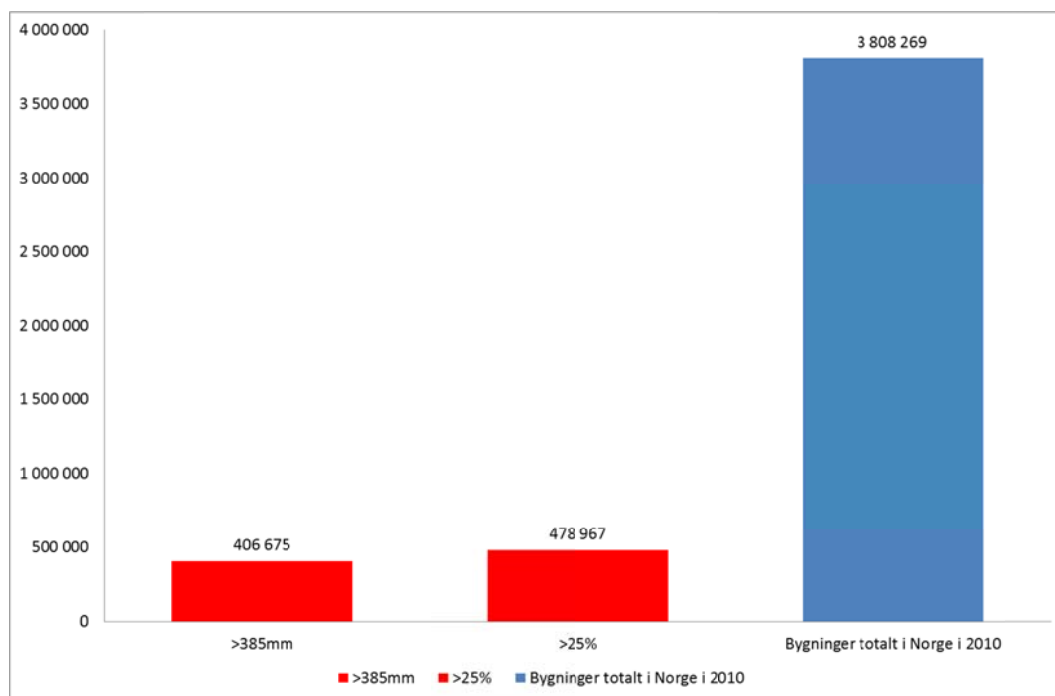
Figur 5.2 a
Normal årsnedbør (mm) for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



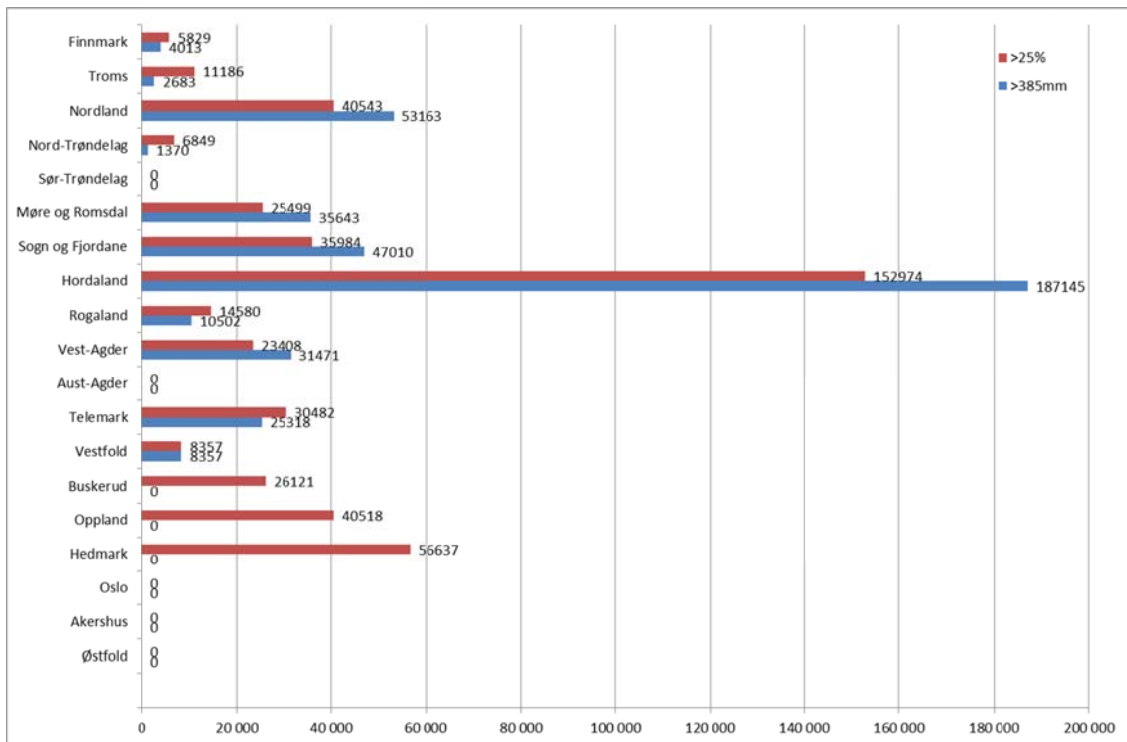
Figur 5.2 b
Endring i normal årsnedbør fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.
Endring i mm (venstre) og relativt (høyre)



Figur 5.2 c
Kommuner med økning i årsnedbør på > 385 mm og > 25 % (kommunesentret) fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100



Figur 5.2 d
Antall bygninger totalt for fastlands-Norge berørt av endring i årsnedbør på > 385 mm eller > 25 %. Tallene gjelder for eksisterende bygninger i 2010. Anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.



Figur 5.2 e
Antall bygninger i de ulike fylkene berørt av endring i årsnedbør på > 385 mm eller > 25 %. Tallene gjelder for eksisterende bygninger i 2010. Anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.

5.3 Anbefalte tiltak

Vi anbefaler utarbeidelse av beredskapsplaner for kommuner i Norge som er i risikozonen for flom. Dette gjelder ikke bare kommuner langs de største elvene på Østlandet, men også for kommuner langs mindre elver og vassdrag i det ganske land. Bygninger som ligger i risikozonen for flom de neste 100 årene bør gjennomføre tiltak for å redusere potensiell skade. Dette kan være å bytte til stikkrenner med større dimensjoner, etablere elveløp for flomvann eller barrikader for å redusere påvirkningen av flomvannet.

Når det gjelder nybygging må reguleringsplanene sette klare begrensninger på hvor et byggverk kan oppføres. De samfunnsøkonomiske konsekvensene av en flom er så store, at det bør ikke gis tillatelse til å oppføre byggverk i risikozonen for en 100års-flom.

De store norske byene og tettstedene som har en større infrastruktur for overvannshåndtering, bør også gjennomgå en evaluering med hensyn til fremtidige nedbørmengder. Vi anbefaler at overvannshåndteringen i mest mulig grad gjøres naturlig i byområder. Dette kan for eksempel gjøres ved å etablere grønne områder, naturlig drenering og andre lokale tiltak. Det er i mange urbane miljøer store problemer med håndtering av overvann ved ekstremnedbør på grunn av underdimensjonerte rørsystemer. Resultatet er ofte vanninntrenging i kjellere og underetasjer. Selv om dette er en utfordring for infrastrukturen på vann og avløpsiden, påvirker det i stor grad bygningsmassen og påfører tidvis skader for store beløp.

Når det gjelder tiltak for selve bygningsmassen, er det helt klart at kravene til robuste konstruksjoner må bli strengere i fremtiden. Økt nedbør vil gi større risiko for inntrenging av vann, og derfor må ytterkonstruksjonene (vegger, tak, vinduer, kjeller) tåle den økte påkjenningen. Det må også stilles strenge krav til at produkter som benyttes, er dokumentert egnet for et fremtidig norsk klima. Grundig bygningsfysisk prosjektering blir enda viktigere i fremtiden.

6 Sesongnedbør

6.1 Prosesser

Nedbørsmønsteret innvirker i stor grad på planlegging av byggeprosess. For å unngå byggskafer og samtidig oppnå en fuktsikker byggeprosess, må planleggingen av utførelse gjøres på basis av klimadata for nedbør. Nedbørsmengdene varierer i dag til dels betydelig med årstiden.

6.2 Konsekvenser

6.2.1 Oppsummert

Figurene i pkt. 6.2.2–6.2.5 viser endring i nedbørsmengder for de ulike årstidene og endringer i antall dager med nedbør > 5 mm. Endringer i antall dager med nedbør > 5 mm er interessant fordi det påvirker tiltak for fuktsikker bygging.

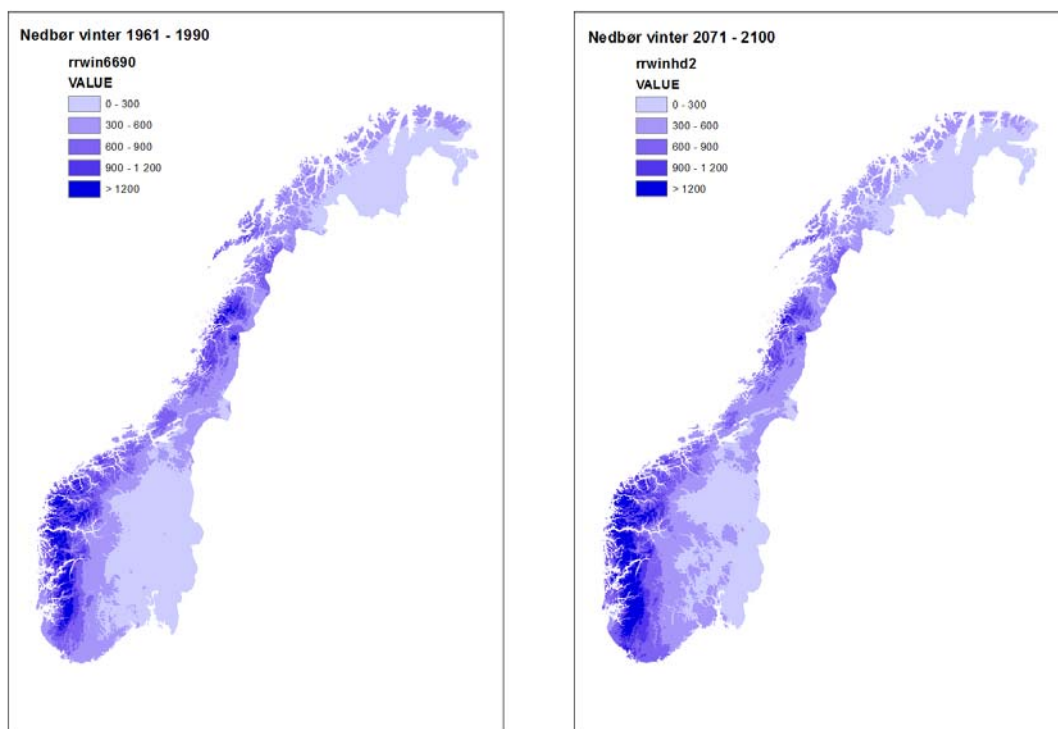
Tabellene i pkt. 6.2.2–6.2.5 viser hvilke kommuner som får større endringer i den tørre byggeperioden i de ulike årstidene. Med tørr byggeperiode er her ment dager med < 5 mm nedbør. Med større endringer har vi lagt til grunn en endring på 7 dager eller mer i antall dager med nedbør > 5 mm. Konsekvensene for byggeperioden er oppsummert i tabell 6.2.1 Oversiktene er baserte på antall dager med nedbør i kommunesentrene. Sør-Norge opplever de største endringene om vinteren i form av økt antall dager med nedbør. Nord-Norge vil oppleve en reduksjon i antall nedbørsdager om vinteren, men en økning sommer og høst. Forventet endring i antall dager med nedbør om våren er liten for hele landet.

Tabell 6.2.1

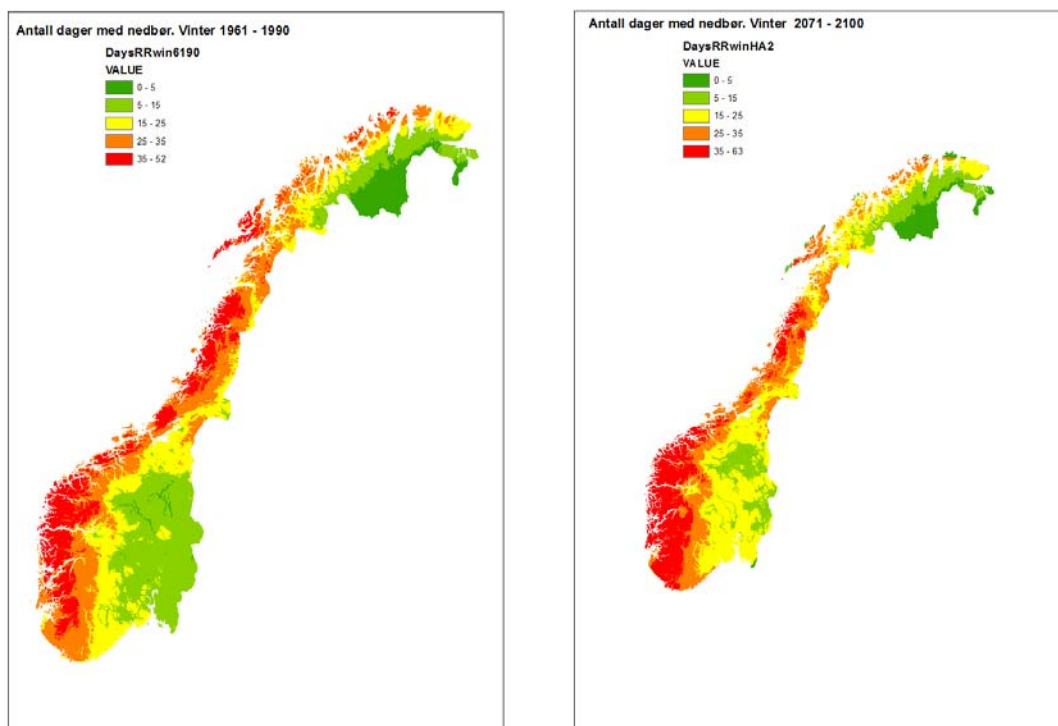
Antall kommuner i hvert fylke berørt av betydelig **økning** eller **reduksjon** i antall dager med sesongnedbør (7 dager eller mer). Endringene er fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.

Fylke	Antall kommuner med store endringer i antall dager med nedbør >5mm							
	Vinter		Vår		Sommer		Høst	
	Økning ≥ 7 dager	Reduksjon ≥ 7 dager	Økning ≥ 7 dager	Reduksjon ≥ 7 dager	Økning ≥ 7 dager	Reduksjon ≥ 7 dager	Økning ≥ 7 dager	Reduksjon ≥ 7 dager
Østfold	0	0	0	0	0	6	0	1
Akershus	1	0	0	0	0	0	0	0
Oslo	0	0	0	0	0	0	0	0
Hedmark	4	0	0	0	0	0	0	0
Oppland	11	0	0	0	0	0	0	0
Buskerud	10	0	0	0	0	0	0	0
Vestfold	3	0	0	0	0	0	0	0
Telemark	12	0	0	0	0	2	0	0
Aust-Agder	12	0	0	0	0	2	0	0
Vest-Agder	14	0	0	0	0	3	0	0
Rogaland	19	0	0	0	0	0	0	0
Hordaland	30	0	0	0	0	0	0	0
Sogn- og Fjordane	13	0	2	0	2	0	3	0
Møre og Romsdal	6	0	2	0	4	0	1	0
Sør-Trøndelag	0	1	0	0	0	0	0	0
Nord-Trøndelag	0	0	0	0	0	0	1	0
Nordland	0	1	0	0	12	0	22	0
Troms	0	4	0	0	5	0	18	0
Finmark	0	1	0	0	4	0	4	0

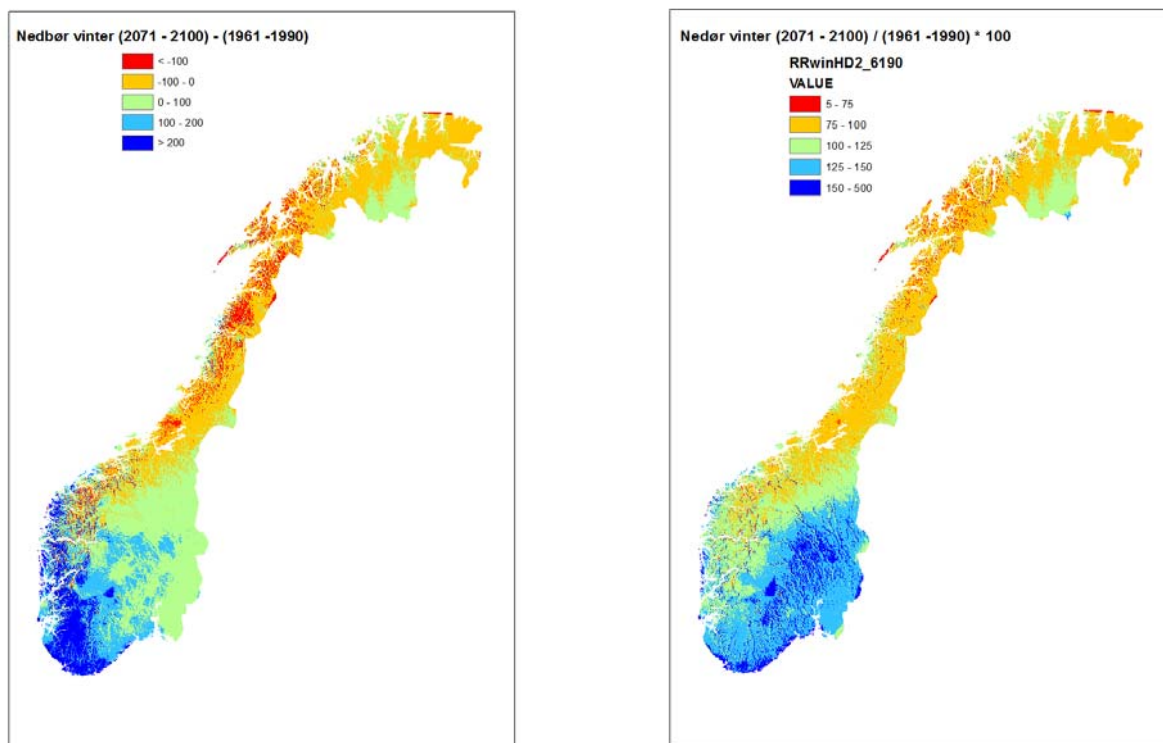
6.2.2 Konsekvenser - Vinter



Figur 6.2.2 a
Normal vinternedbør (mm) for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



Figur 6.2.2 b
Antall dager med vinternedbør (> 5 mm) for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



Figur 6.2.2 c

Endring i normal vinternedbør fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.
Endring i mm (venstre) og relativt (høyre)

Tabell 6.2.2

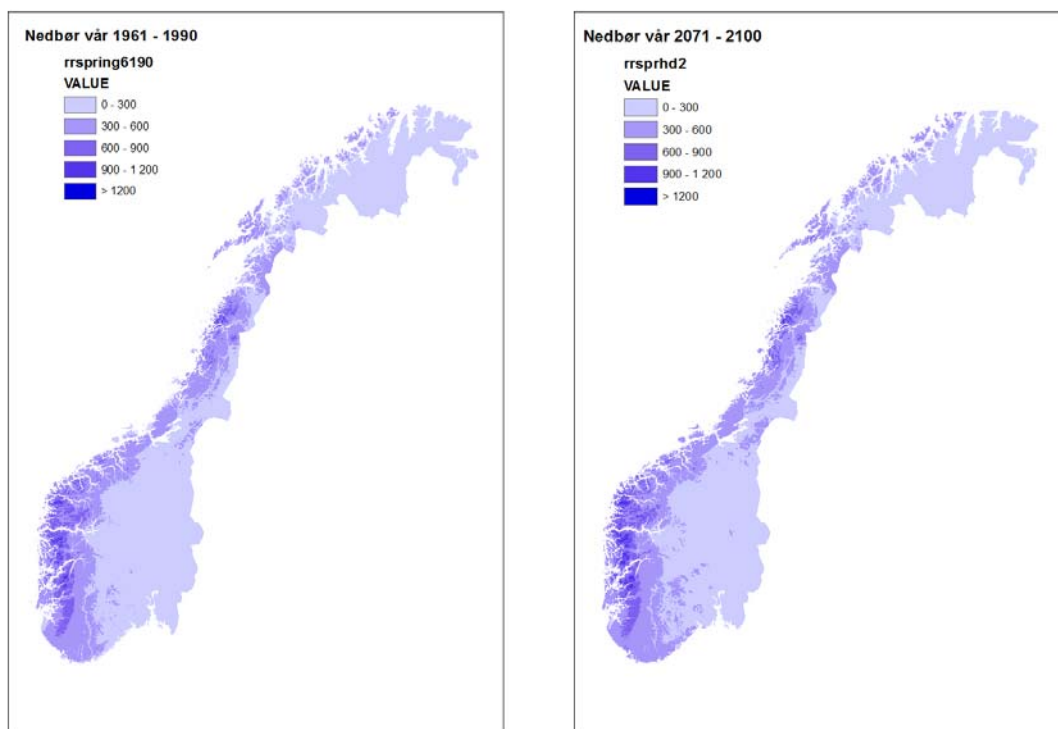
Kommuner fylkesvis som er berørt av betydelig **økning** eller **reduksjon** i antall dager med vinternedbør > 5 mm (7 dager eller mer). Endringene er fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.

Fylke	Kommuner med reduksjon i tørr byggetid på ≥ 7 dager	Kommuner med økning i tørr byggetid på ≥ 7 dager
Østfold		
Akershus		- Hurdal
Oslo		
Hedmark		- Ringsaker - Trysil - Åmot - Engerdal
Oppland		- Lillehammer - Øyer - Gausdal - Østre Toten - Lunner - Gran - Søndre Land - Nordre Land - Etnedal - Nord-Aurdal - Vestre Slidre
Buskerud		- Drammen - Flå - Gol - Ål - Hol - Øvre Eiker - Lier - Flesberg - Rollag - Nore og Uvdal
Vestfold		- Sandefjord - Larvik - Tjøme
Telemark		- Skien - Siljan - Bamble - Kragerø - Bø - Tinn - Hjartdal - Seljord - Kviteseid - Nissedal - Fyresdal - Tokke

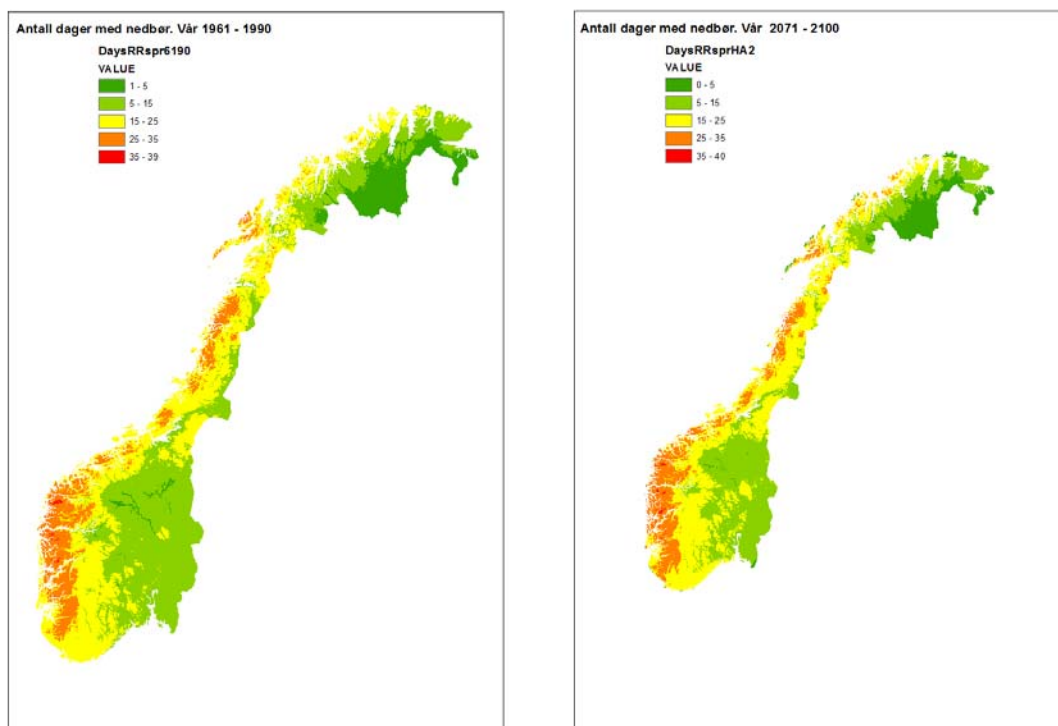
Tabell 6.2.2, forts.

Fylke	Kommuner med reduksjon i tørr byggetid på ≥ 7 dager	Kommuner med økning i tørr byggetid på ≥ 7 dager
Aust-Agder		<ul style="list-style-type: none"> - Risør - Grimstad - Arendal - Tvedestrand - Lillesand - Birkenes - Åmli - Iveland - Evje og Hornnes - Bygland - Valle - Bykle
Vest-Agder		<ul style="list-style-type: none"> - Kristiansand - Mandal - Farsund - Flekkefjord - Vennesla - Songdalen - Søgne - Marnardal - Åseral - Audnedal - Lindesnes - Lyngdal - Hægebostad - Kvinesdal
Rogaland		<ul style="list-style-type: none"> - Haugesund - Sokndal - Lund - Bjerkreim - Klepp - Time - Gjesdal - Randaberg - Forsand - Strand - Hjelmeland - Suldal - Sauda - Rennesøy - Kvitsøy - Bokn - Tysvær - Karmøy - Utsira
Hordaland		<ul style="list-style-type: none"> - Bergen - Sveio - Bømlo - Stord - Fitjar - Tysnes - Kvinnherad - Jondal - Odda - Ullensvang - Ulvik - Granvin - Voss - Fusa - Samnanger - Os - Austevoll - Sund - Fjell - Askøy - Vaksdal - Modalen - Osterøy - Meland - Øygarden - Radøy - Lindås - Austrheim - Fedje - Masfjorden
Sogn- og Fjordane		<ul style="list-style-type: none"> - Flora - Solund - Hyllestad - Høyanger - Vik - Årdal - Luster - Fjaler - Førde - Naustdal - Bremanger - Vågsøy - Selje
Møre og Romsdal		<ul style="list-style-type: none"> - Herøy - Ulstein - Hareid - Volda - Ørsta - Midsund
Sør-Trøndelag	- Roan	
Nord-Trøndelag		
Nordland	- Øksnes	
Troms	<ul style="list-style-type: none"> - Harstad - Tromsø - Torsken - Berg 	
Finnmark	- Loppa	

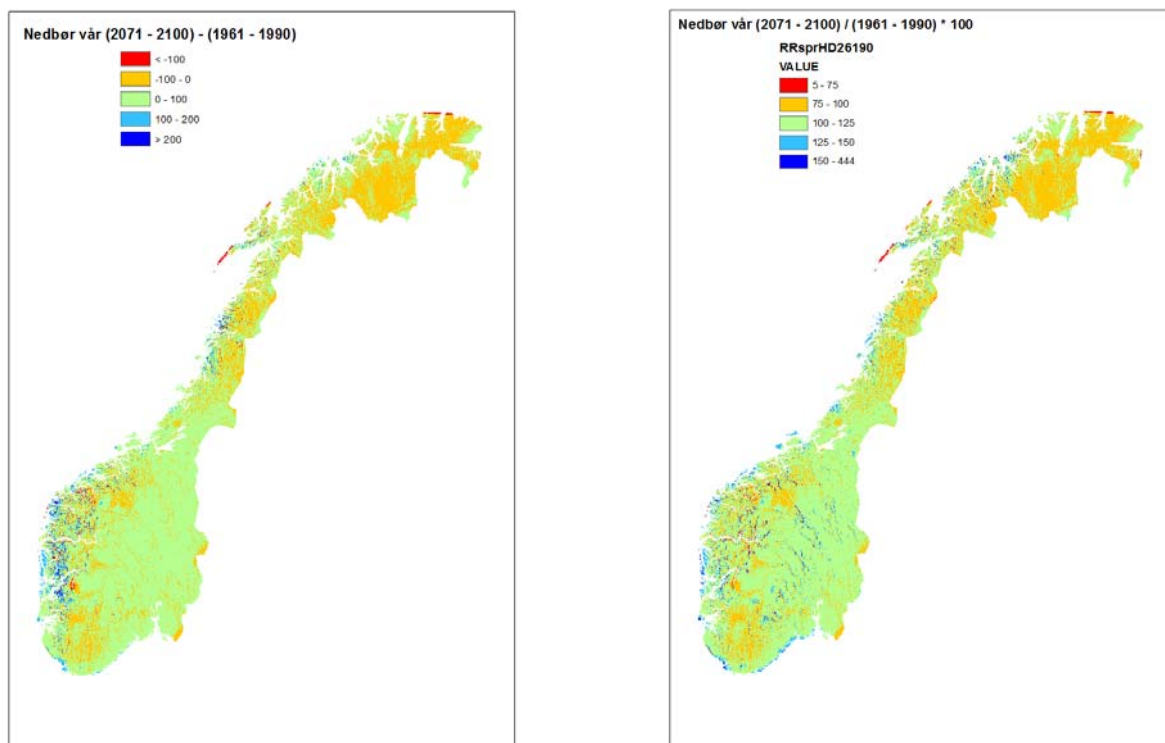
6.2.3 Konsekvenser - Vår



Figur 6.2.3 a
Normal vårnedbør (mm) for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



Figur 6.2.3 b
Antall dager med vårtedbør (> 5 mm) for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



Figur 6.2.3 c

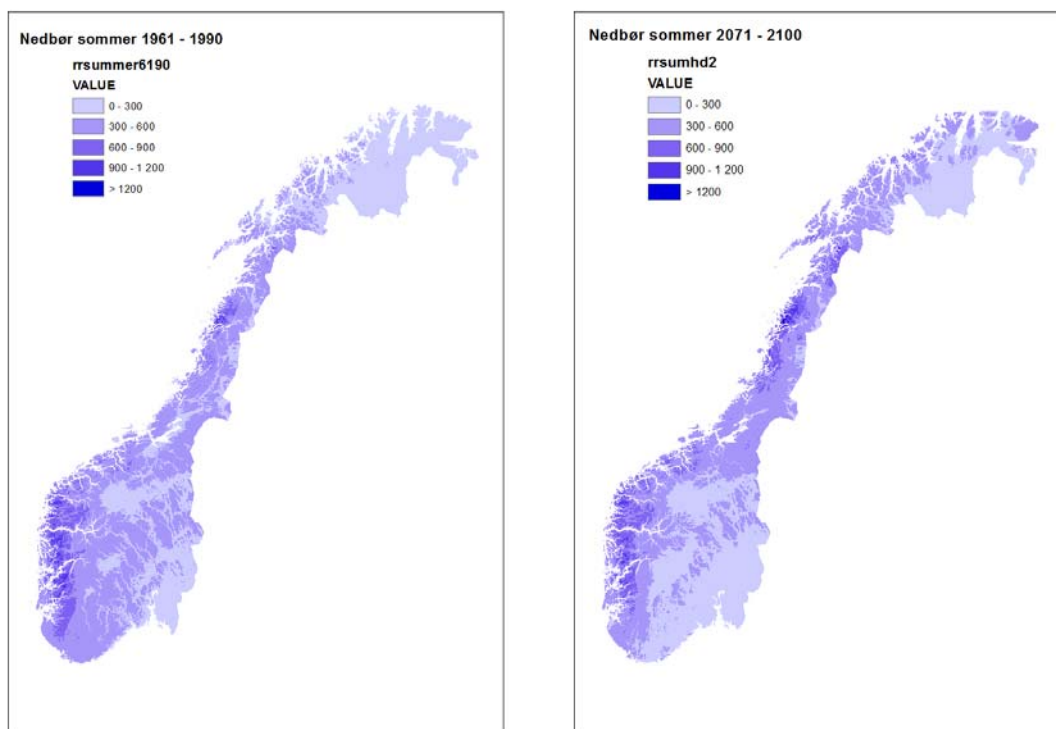
Endring i normal vårnedbør fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.
Endring i mm (venstre) og relativt (høyre)

Tabell 6.2.3

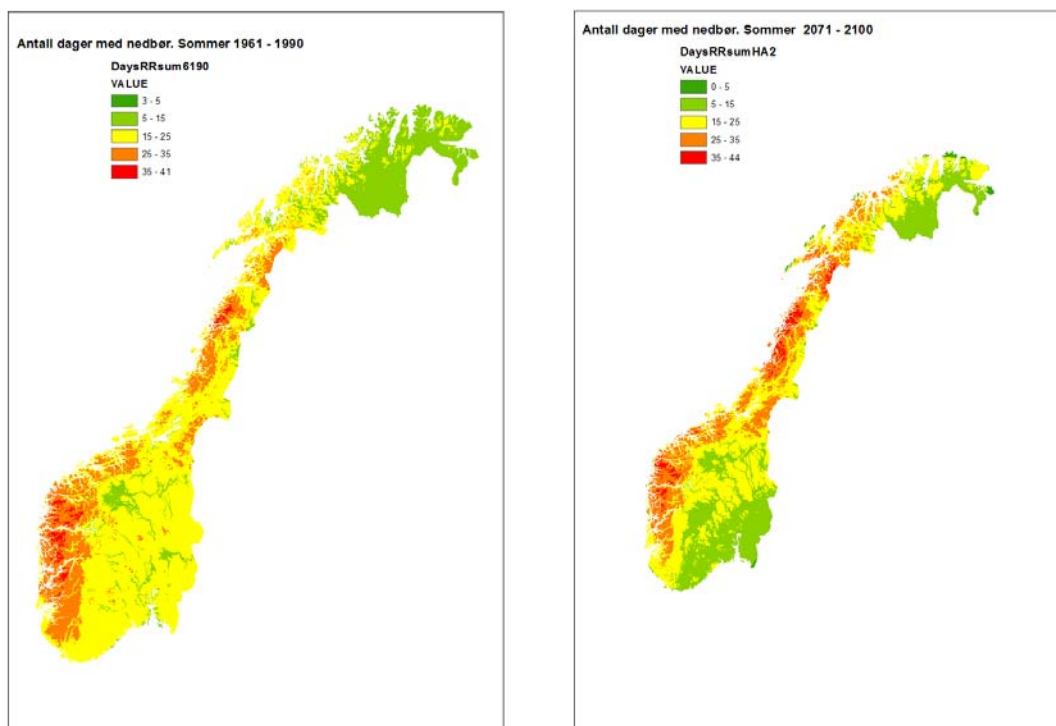
Kommuner fylkesvis som er berørt av betydelig **økning** eller **reduksjon** i antall dager med vårnedbør > 5 mm (7 dager eller mer). Endringene er fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.

Fylke	Kommuner med reduksjon i tørr byggetid på ≥ 7 dager	Kommuner med økning i tørr byggetid på ≥ 7 dager
Østfold		
Akershus		
Oslo		
Hedmark		
Oppland		
Buskerud		
Vestfold		
Telemark		
Aust-Agder		
Vest-Agder		
Rogaland		
Hordaland		
Sogn- og Fjordane	- Høyanger	- Luster
Møre og Romsdal	- Midsund	- Smøla
Sør-Trøndelag		
Nord-Trøndelag		
Nordland		
Troms		
Finnmark		

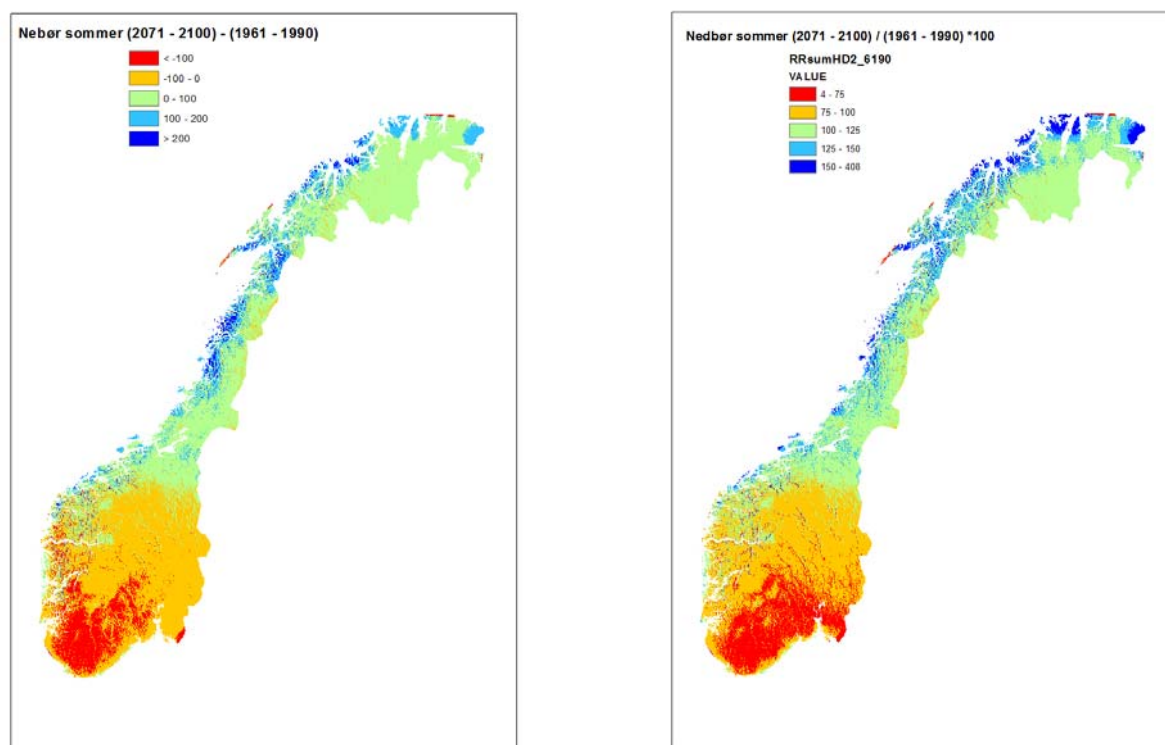
6.2.4 Konsekvenser - Sommer



Figur 6.2.4 a
Normal sommernedbør (mm) for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



Figur 6.2.4 b
Antall dager med sommernedbør (> 5 mm) for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



Figur 6.2.4 c
Endring i normal sommernedbør fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.
Endring i mm (venstre) og relativt (høyre)

Tabell 6.2.4

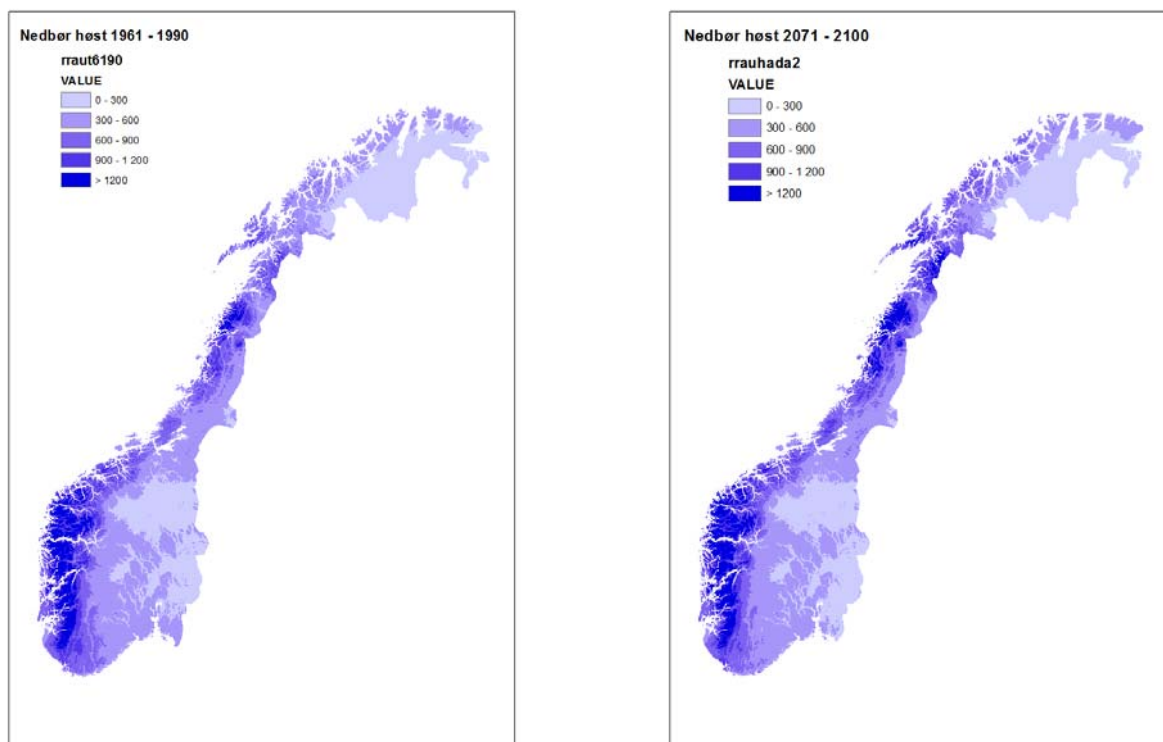
Kommuner fylkesvis som er berørt av betydelig **økning** eller **reduksjon** i antall dager med sommernedbør > 5 mm (7 dager eller mer). Endringene er fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.

Fylke	Kommuner med reduksjon i tørr byggetid på ≥ 7 dager	Kommuner med økning i tørr byggetid på ≥ 7 dager
Østfold	- Aremark - Marker - Rømskog	- Askim - Eidsberg - Rakkestad
Akershus		
Oslo		
Hedmark		
Oppland		
Buskerud		
Vestfold		
Telemark	- Hjartdal - Vinje	
Aust-Agder	- Evje og Hornnes - Bygland	
Vest-Agder	- Åseral - Hægebostad	- Sirdal
Rogaland		
Hordaland		

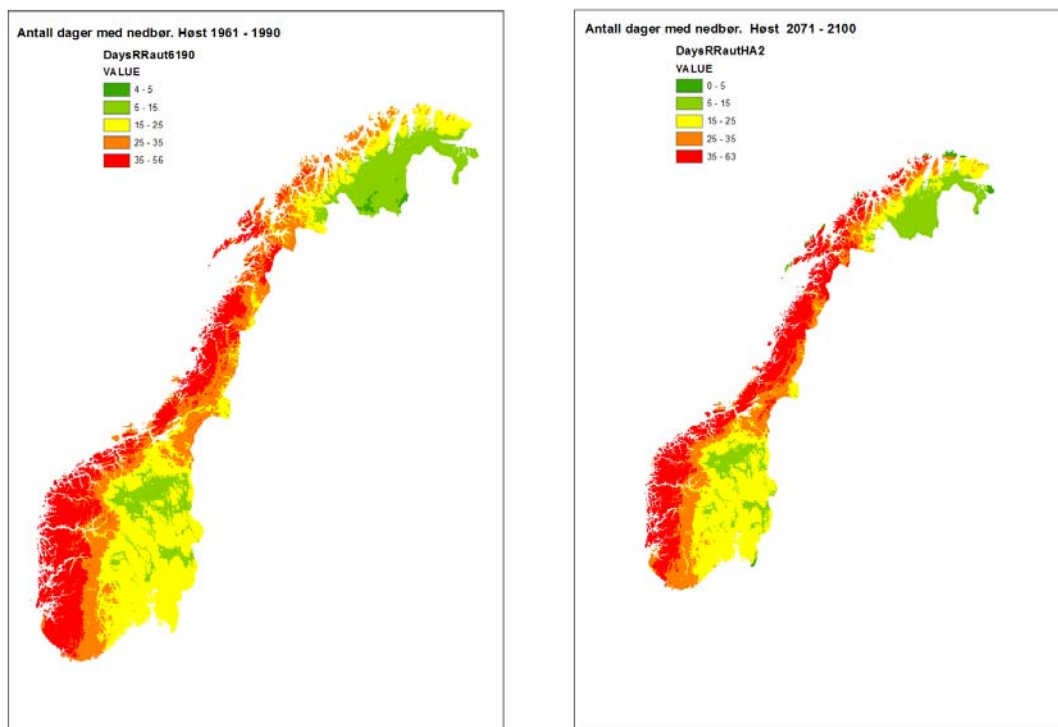
Tabell 6.2.4, forts.

Fylke	Kommuner med reduksjon i tørr byggetid på ≥ 7 dager	Kommuner med økning i tørr byggetid på ≥ 7 dager
Sogn- og Fjordane		- Høyanger - Luster
Møre og Romsdal		- Ulstein - Sandøy - Smøla - Midsund
Sør-Trøndelag		
Nord-Trøndelag		
Nordland		- Sømna - Herøy - Rødøy - Brønnøy - Dønna - Meløy - Vega - Lurøy - Værøy - Vevelstad - Træna - Vågan
Troms		- Kvæfjord - Salangen - Kvænen - Gratangen - Skjervøy
Finnmark		- Hasvik - Nordkapp - Lebesby - Måsøy

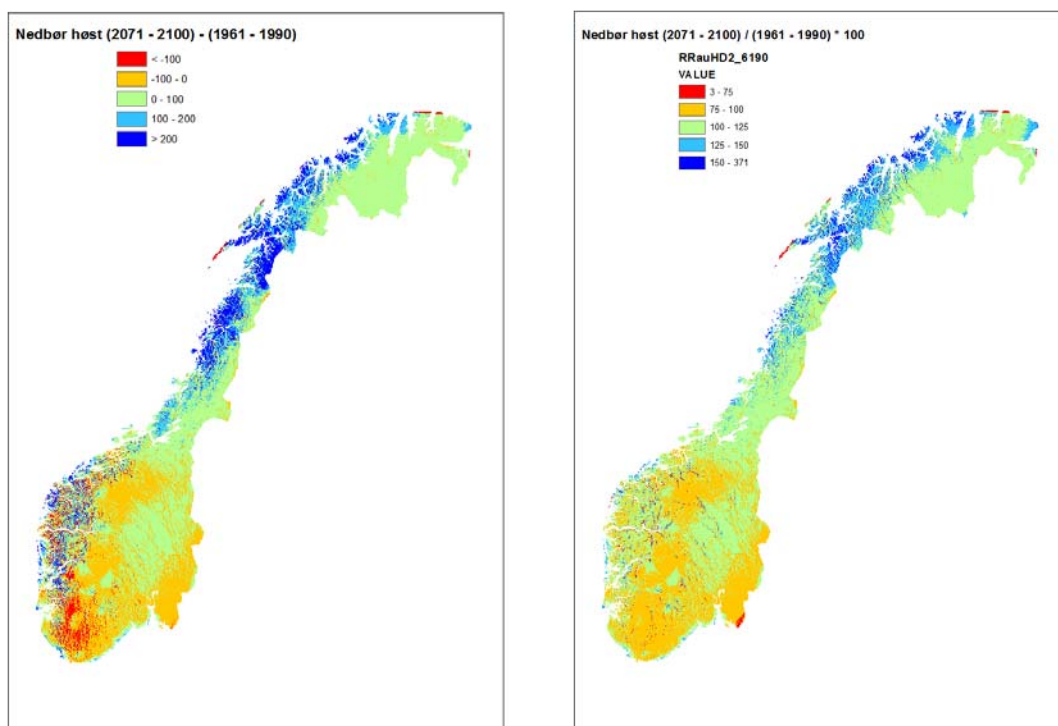
6.2.5 Konsekvenser - Høst



Figur 6.2.5 a
Normal høstnedbør (mm) for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



Figur 6.2.5 b
Antall dager med høstnedbør (> 5 mm) for normalperioden 1961-1990 og for scenario 2071-2100



Figur 6.2.5 c
Endring i normal høstnedbør fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.
Endring i mm (venstre) og relativt (høyre)

Tabell 6.2.5

Kommuner fylkesvis som er berørt av betydelig **økning** eller **reduksjon** i antall dager med høstnedbør > 5 mm (7 dager eller mer). Endringene er fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100.

Fylke	Kommuner med reduksjon i tørr byggetid på ≥ 7 dager	Kommuner med økning i tørr byggetid på ≥ 7 dager		
Østfold	- Aremark			
Akershus				
Oslo				
Hedmark				
Oppland				
Buskerud				
Vestfold				
Telemark				
Aust-Agder				
Vest-Agder				
Rogaland				
Hordaland				
Sogn- og Fjordane		- Høyanger	- Årdal	- Luster
Møre og Romsdal		- Midsund		
Sør-Trøndelag				
Nord-Trøndelag		- Meråker		
Nordland		- Narvik - Herøy - Vefsn - Hattfjelldal - Rana - Lurøy - Rødøy - Meløy	- Gildeskål - Beiarn - Saltdal - Sørfold - Steigen - Hamarøy - Tysfjord	- Lødingen - Tjeldsund - Evenes - Ballangen - Værøy - Vågan - Hadsel
Troms		- Harstad - Kvæfjord - Skånland - Bjarkøy - Ibestad - Gratangen	- Lavangen - Salangen - Målselv - Sørreisa - Dyrøy - Tranøy	- Torsken - Berg - Lenvik - Kåfjord - Skjervøy - Kvænangen
Finnmark		- Hasvik - Måsøy	- Nordkapp	- Lebesby

6.3 Anbefalte tiltak

Flest kommuner blir berørt av nedbørsøkning om vinteren. Flere dager med nedbør betyr behov for økt fokus på fuktsikker byggeprosess. Telt, eller såkalte Weather Protection Systems (WPS), bør benyttes i mye større grad enn i dag. Økt nedbør i tidligere tørre perioder på året fordrer også at man i større grad planlegger rekkefølge for utførelse av byggearbeider. Logistikk på byggeplassen blir av avgjørende betydning for å unngå lengre tids lagring utendørs av fuktsensitive materialer. Viktigheten av løsningsvalg som tåler fuktighet og som vil tørke opp igjen blir ytterligere forsterket. Mulighet for at det oppstår byggskafer som et resultat av fuktspåkjenning i byggeperioden er et problem som vil øke i omfang med økt nedbørspåkjenning.

7 Våt vinternedbør

7.1 Prosesser

Snøen som faller om vinteren legger seg på hustak og andre horisontale konstruksjoner. Dette gir en belastning på taket som vi kaller snølast. Dersom snølasten blir større enn det takkonstruksjonen er dimensjonert for vil det være stor risiko for kollaps. Våt snø er tyngre enn tørr snø. Et mildere klima vil derfor kunne gi større snølaste i enkelte områder. I tillegg vil kombinasjonen av snø på taket og nedbør i form av regn gi økt belastning.

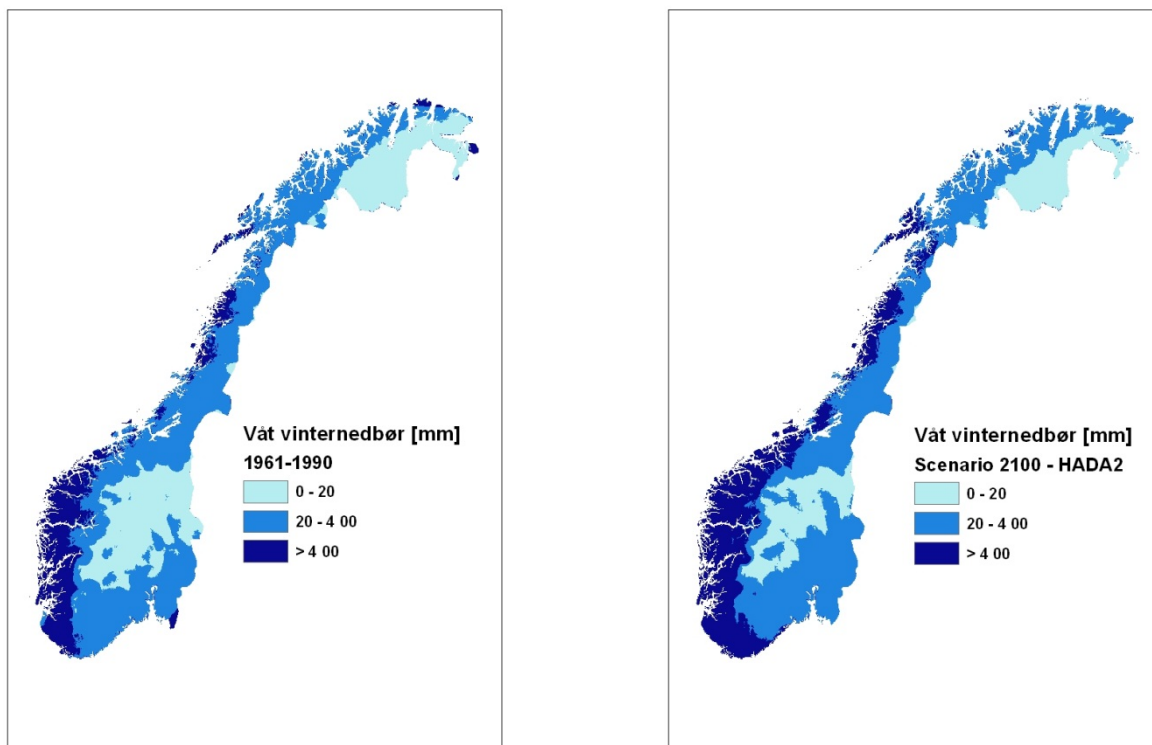
Et våtere vinterklima vil også medføre at snø og is demmer opp for større mengder vann som kan finne veien gjennom bygningskomponentene og trenge inn i bygningen. Om vinteren har bakken dårligere dreneringsevne på grunn av frost. Dermed må vannet finne andre veier. I verste fall finner vannet veien inn i en bygning. Dette kan også øke vanntrykket på grunnmur som allerede er utsatt for frostsprengning. Kombinasjonen av økte forekomster av svingninger rundt 0 °C med frostsprengning og inntrengning av fukt, mer våt nedbør om vinteren og smeltevann som renner ukontrollert, vil ha klart negativ innvirkning på konstruksjoner av puss og murverk, samt grunnmurskonstruksjoner. I tillegg vil utette ytterkonstruksjoner, som tak, vegger, vinduer, dører, terrasser og beslagsdetaljer, bli mer utsatte for vannlekkasjer.

7.2 Konsekvenser

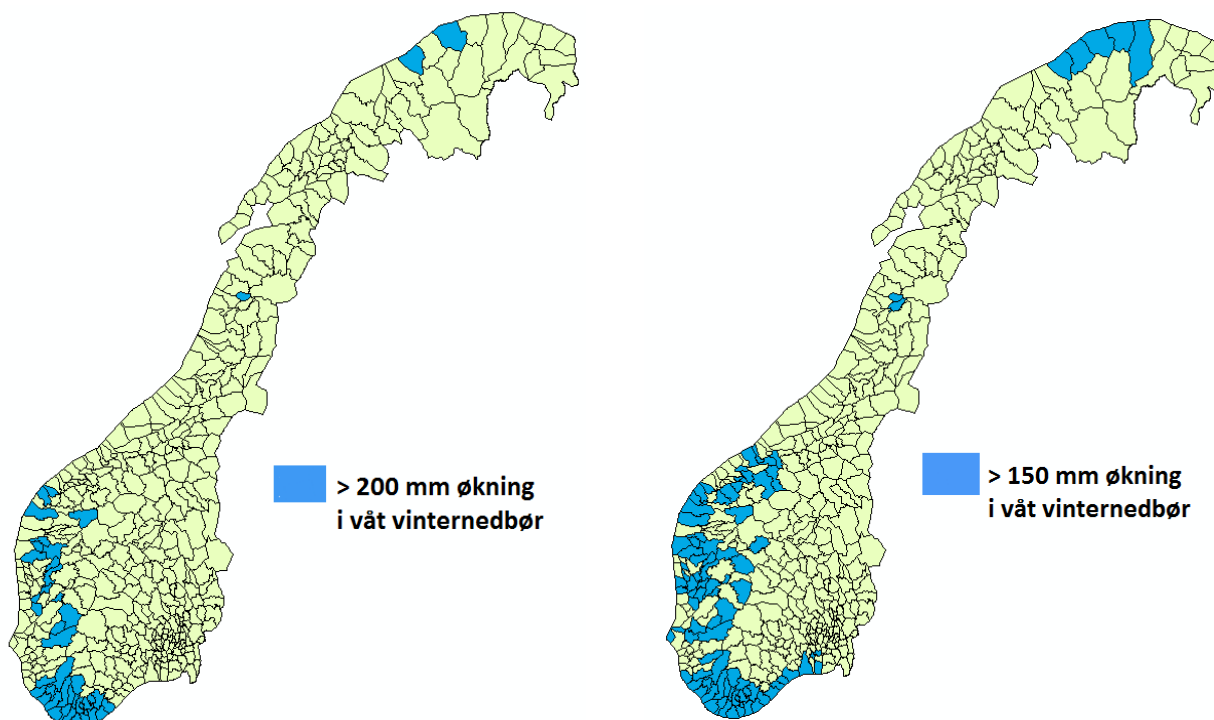
Endring i våt vinternedbør er vist i figur 7.2 a. Økningen blir størst langs sør- og vestkysten. Trenden framkommer tydeligere når vi ser på økning i kommuner med mye nedbør, figur 7.2 b. Vi har her tatt utgangspunkt i klimadata for kommunesentret.

43 kommuner og ca. 280 000 bygninger vil oppleve en økning i våt vinternedbør på > 200mm. Med ett unntak ligger disse kommunene i Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland, Hordaland eller Sogn og Fjordane. Alle kommunene i Vest-Agder kommer innenfor denne sonen. Mange av kommunene berørt av økning i våt vinternedbør på >200mm har i liten grad snødekke hele vinteren. Konsekvensen av våt vinternedbør er dermed mindre enn for steder med samtidig snødekke.

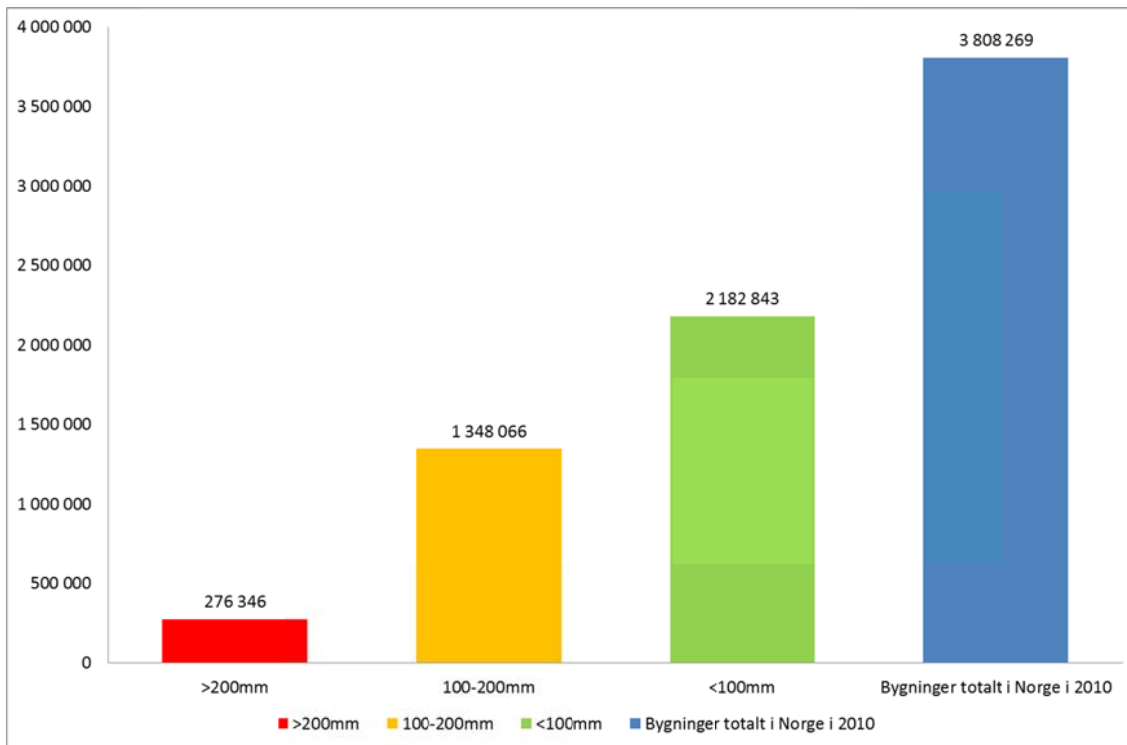
I sonen med 100-200 mm økning i våt vinternedbør finner vi 135 kommuner og ca. 1 300 000 bygninger, mens sonen < 100 mm berører 241 kommuner og ca. 2 200 000 bygninger. Oslo, Hedmark, Oppland, Buskerud, Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag er i mindre grad utsatt for økning i våt vinternedbør.



Figur 7.2 a
Våt vinternedbør i mm for normalperioden 1961-1990 og scenario 2071-2100.

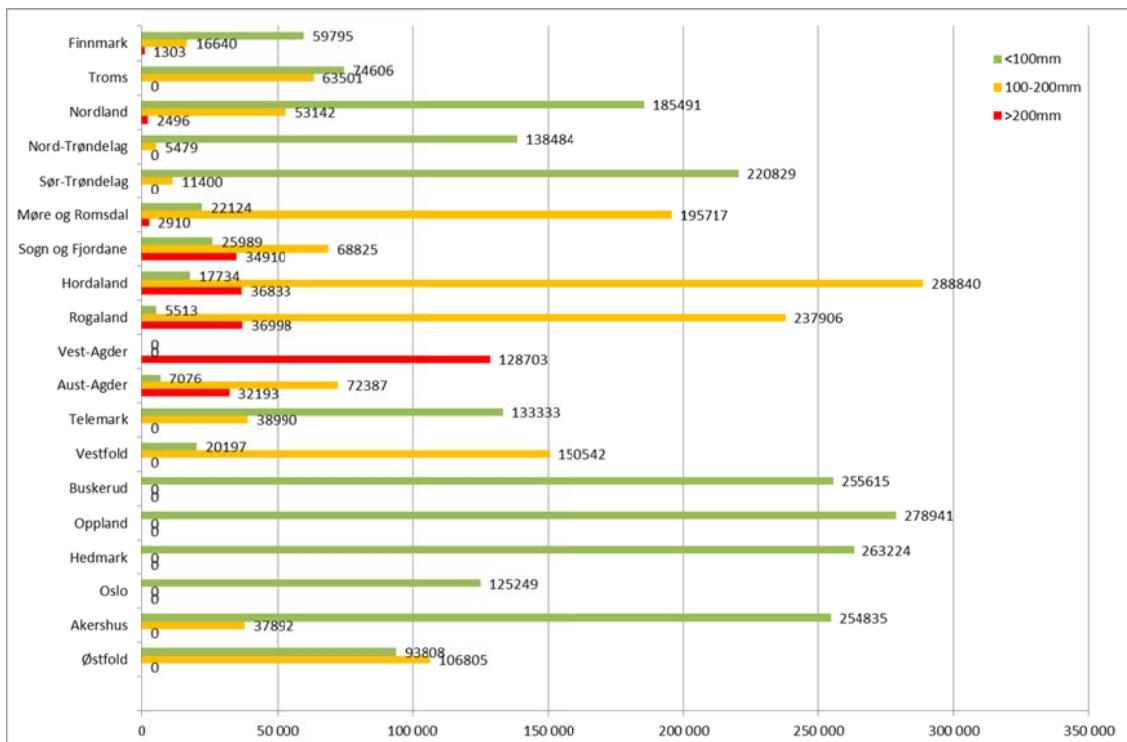


Figur 7.2 b
Kommuner (kommunesentret) med økning i våt vinternedbør fra normalperioden 1961-1990 til scenario 2071-2100



Figur 7.2 c

Antall bygninger totalt for fastlands-Norge berørt av endring i våt vinterneðbør. Tallene gjelder for eksisterende bygninger i 2010. Anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.



Figur 7.2 d

Antall bygninger i de ulike fylkene berørt av endringer i våt vinterneðbør i tre ulike klasser. Tallene gjelder for eksisterende bygninger i 2010. Anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.

7.3 Anbefalte tiltak

Snølaststandarden som benyttes for dimensjonering av tak bør ta hensyn til fremtidig klimaendring. En gjennomgang og eventuell revisjon av denne anbefales. Et tillegg med snølast for klimascenarier kan være aktuelt. Det er helt klart at det må stilles strenge krav til utførelse og design av bygninger i fremtiden. Robuste konstruksjoner som tåler hard belastning fra is, vann og snø må velges. Valg av løsninger må baseres både på dagens klima og fremtidens klima for det aktuelle området. Dette setter krav til videre utvikling av anvisninger og erfaringsdokumentasjon.

Det bør også etableres et snølastvarsel for kommunene i Norge. Dette varselsystemet må baseres på løpende klimadata, slik at man til enhver tid kan vite hvilke kommuner og/eller bygninger som er i risikozonen for overbelastning. I tillegg til klimadata må byggeår og datidens dimensjonerende snølast inngå i vurderingen. Et slikt verktøy vil gi de ulike kommunene og andre byggeiere en unik mulighet til å følge med på hvilke bygninger som til enhver tid er i risikozonen. Aktuelle tiltak som snømåking etc. kan iverksettes deretter.

I en videreutvikling av klima- og sårbarhetsanalysen bør en framstilling av våt vinternedbør når samtidig snødekke prioriteres. En slik sammenstilling vil gi en tydeligere oversikt over konsekvensene for snølast på tak i de ulike kommunene.

8 Potensiell risiko for råteskader

8.1 Prosesser

Levetiden til en trekledning er avhengig av kvaliteten på treverket, overflatebehandling, design og ikke minst klimapåkjenning. Når organisk materiale (for eksempel treverk) står i et varmt og fuktig miljø over en lengre periode vil det bli påvirket av nedbrytning i form av mugg- eller råtesopp. Råte betegner i bygnings-sammenheng svekkelse av teknisk betydning i trevirke på grunn av soppangrep.

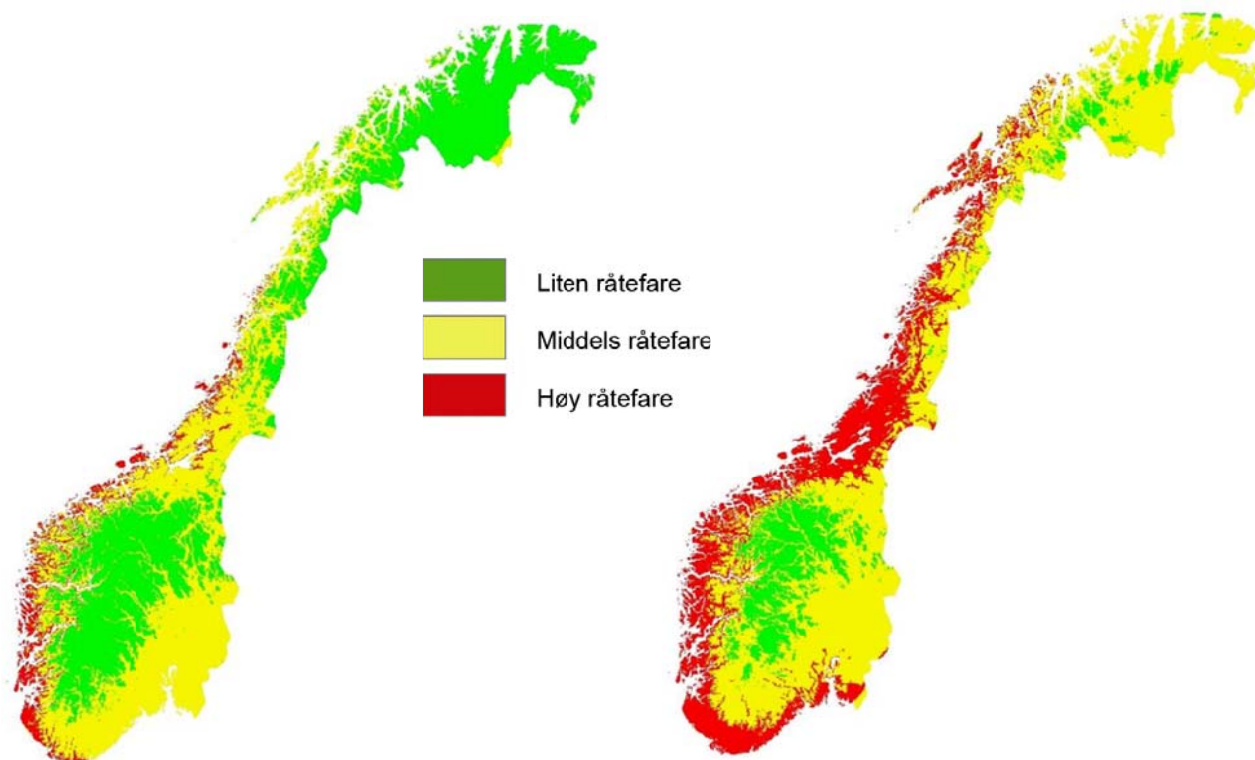
Fremtidens klima er forventet å bli varmere og våtere, noe som vil gi bedre vekstmuligheter for mugg- og råtesopp. Antallet småhus med trekledning er stort i Norge. Et våtere og varmere klima kan derfor gi betydelige konsekvenser for det bygde miljøet.

Klima- og sårbarhetsanalysen er basert på en indeks for vurdering av potensialet for råte i trekonstruksjoner i ulike klima utviklet av Scheffer (1971) og senere utviklet for norske forhold av Lisø mfl. (2006).

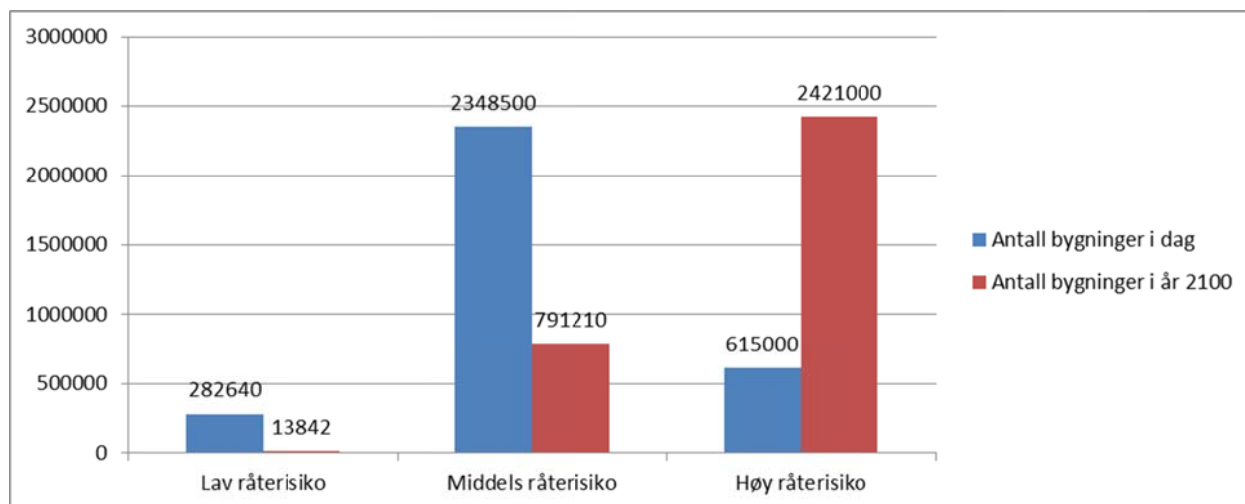
8.2 Konsekvenser

Faren for råte i utvendige trekonstruksjoner over bakken er i stor grad avhengig av lokale klimaforhold, se kart over potensiell råtefare i Norge (figur 8.2 a). Kartet fungerer som en generell veiledning til geografisk differensierte valg av trebeskyttelse i form av overflatebehandling, impregnering eller konstruktiv trebeskyttelse (Lisø og Kvande, 2007). Det er ikke tatt hensyn til topografien ved utarbeidelse av kartet. Lokale områder kan derfor være mer eller mindre beskyttet enn det kartet gir uttrykk for.

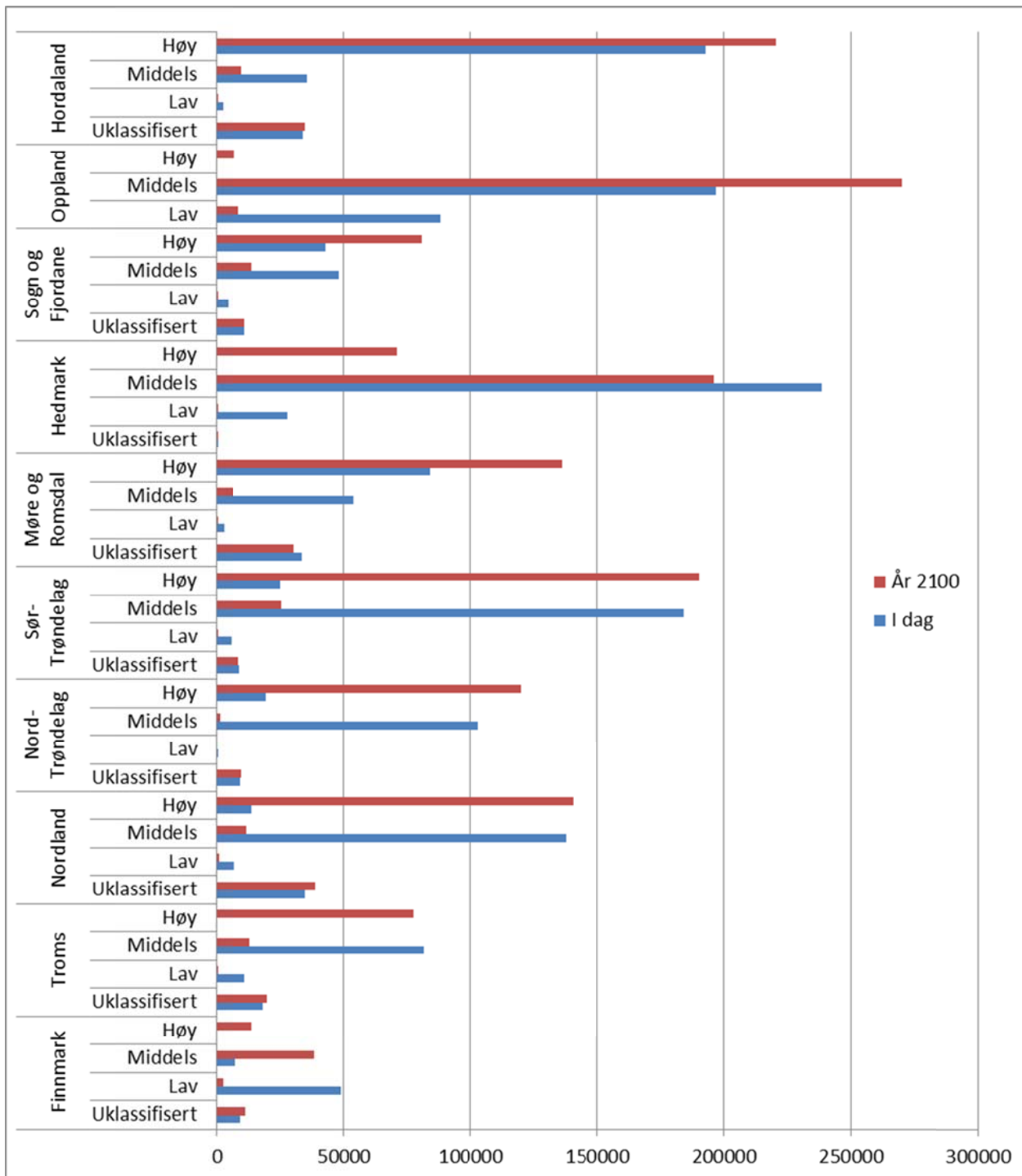
Figur 8.2 a-d viser at områder med potensiell høy risiko for råteskader utvides dramatisk i fremtiden (rødt område). Utvidelsen omfatter blant annet flere av de store norske byene med forsteder, hvor antall bygninger er stort. Med bakgrunn i dagens normalperiode ligger ca. 615 000 bygninger i områder med høy råterisiko. I år 2100 vil antall bygninger i klasse "høy" være over 2,4 millioner.



Figur 8.2 a
Potensiell råterisiko i Norge for normalperiode 1961-1990 og for scenario 2071-2100 (basert på Scheffer, 1971 og Lisø mfl., 2006)

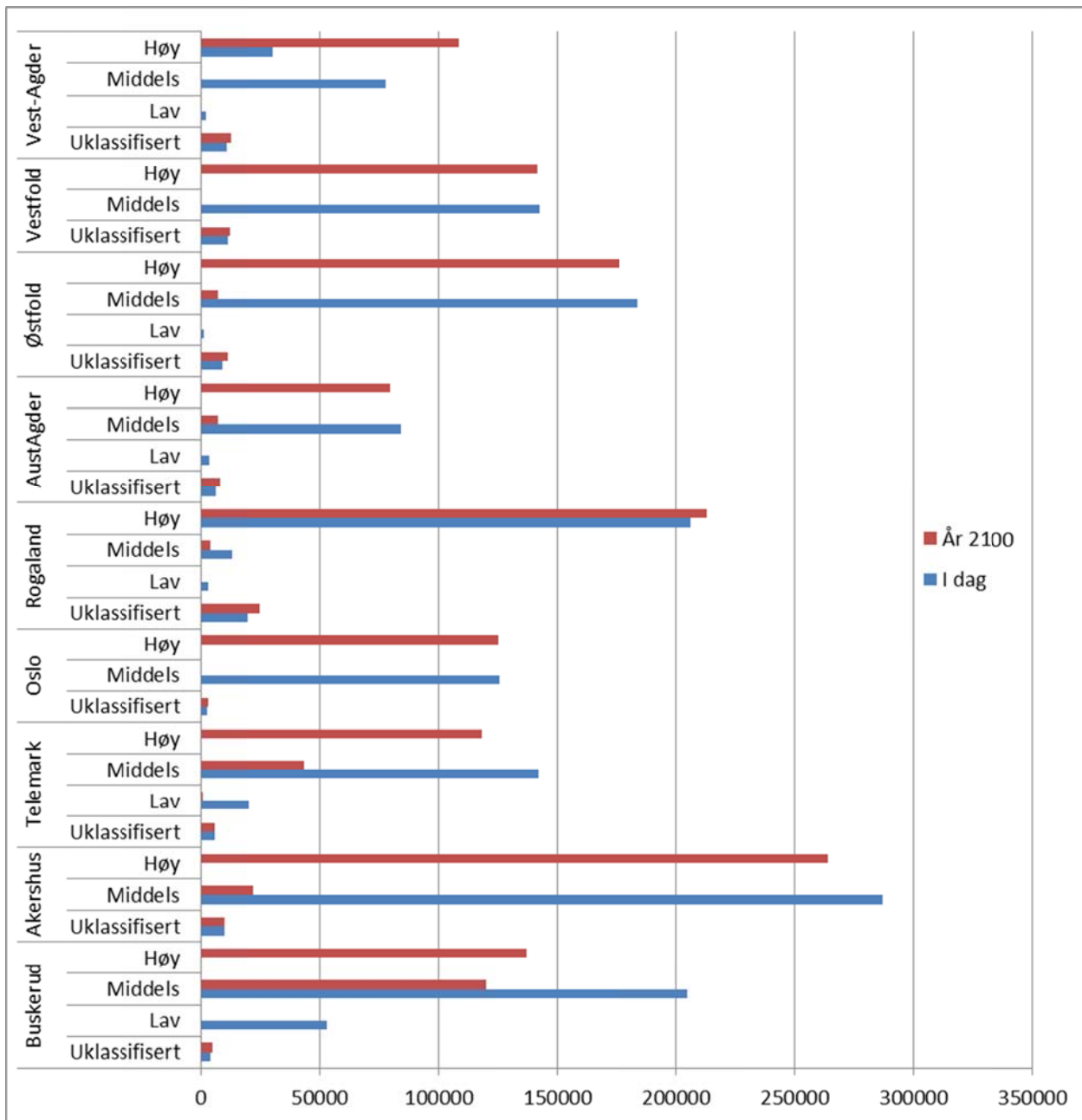


Figur 8.2 b
Antall bygninger totalt for fastlands-Norge i de ulike risikozonene for dagens normalperiode og for år 2100. Tallene gjelder kun for dagens bygninger, anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.



Figur 8.2 c

Antall bygninger fordelt etter fylker (Hordaland – Finnmark) og råterisikoklasser i de ulike risikozonene for dagens normalperiode og for år 2100. Tallene gjelder kun for dagens bygninger, anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.



Figur 8.2 d

Antall bygninger fordelt etter fylker (Vest-Agder - Buskerud) og råterisikoklasser i de ulike risikozonene for dagens normalperiode og for år 2100. Tallene gjelder kun for dagens bygninger, anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.

8.3 Anbefalte tiltak

Et fuktigere og mildere klima vil gi økt råtefare. Valg av produkter og løsninger må i langt større grad tas av hensyn til hvilket klima det skal bygges i. Kontroll og godkjenning av bygningsmaterialer/komponenter må skjerpes for å møte det fremtidige klimaet. I et fremtidig klima anbefaler vi valg av mest mulig vedlikeholdsgunstige fasadematerialer. Vi vil også poengtere økt behov for systematisk vedlikehold av utvendig trevirke på vår bygningsmasse og av tilstøtende bygningsmaterialer for å sikre funksjonalitet og lang levetid.

9 Oppsummering

Hovedtrenden for klimaendringene fram mot år 2100 er et varmere, våtere og villere klima. Utviklingen kan få dramatiske konsekvenser for bygningsmassen dersom det ikke gjennomføres grundigere sårbarhetsanalyser og iverksettes tiltak for å møte utfordringene. I denne rapporten har vi gjennomført en overordnet vurdering av konsekvenser av klimaendringer (gitt et klimascenario for perioden 2071-2100) og gitt skisseringsvise anbefalte tiltak for å redusere mulige konsekvenser for en rekke typer klimaparametere. Oppgitte tall for berørte bygninger gjelder for eksisterende bygninger per januar 2010. Anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke tatt med.

Havnivåstigning

- Omtrent 110 000 bygninger i Norge ligger i sonen "mindre enn én meter over dagens havnivå".
- Hordaland, Rogaland, Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane samt Vest-Agder er mest utsatt med tanke på havnivåstigning. Vurderingen baserer seg på forventet havnivåstigning og omfang av bygninger og bygningstyper som ligger nær dagens havnivå.
- Konsekvensnivået er minst for Buskerud, Oslo, Akershus, Finnmark og Østfold

Årsmiddeltemperatur

- Prosjeksjonen viser en generell økning i temperaturen i hele Norge. Konsekvensen er at oppvarmingsbehovet blir lavere mens kjølebehovet vil øke.
- Mens 70 kommuner har årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C med dagens normalperiode, vil 341 kommuner passere denne grensa med scenarioet for 2071-2100.
- I dag befinner ca. 360 000 boligbygninger seg i kommuner med årsmiddeltemperatur $\geq 6,3$ °C. Det utgjør 25 % av det totale antallet boligbygninger. Andelen vil øke til 90 % av alle boligbygningene i Norge for scenarioet 2071-2100, dvs. i overkant av 1 300 000 boligbygninger.
- Endring i årsmiddeltemperatur vil også få konsekvenser for frostmengder. Vi har ikke sett på klimaendringenes effekt på frostmengder i denne rapporten.

Årsnedbør

- De største økningene i mm nedbør per år kommer i områder som allerede har de største nedbørsmengdene i dag. Dette gjelder i første rekke kysten langs Vestlandet og Nordland.
- 58 kommuner vil bli berørt av en økning i årsnedbør på > 385 mm. Til sammen utgjør det i overkant av 400 000 bygninger.
- Også områder med mindre nedbørsmengder i dag vil få en betydelig økning i årsnedbør (> 25 %). Dette gjelder i første rekke kommuner i Buskerud, Oppland og Hedmark.
- 58 kommuner vil bli berørt av en økning i årsnedbør på > 25 %. Til sammen utgjør det nærmere 480 000 bygninger.

Sesongnedbør

- De største økningene i mm nedbør kommer om vinteren og høsten i områder som allerede har de største nedbørsmengdene i dag. Dette gjelder i første rekke for kysten langs Vestlandet og Nordland.
- Sør-Norge opplever de største endringene i økt antall dager med nedbør om vinteren.
- Nord-Norge vil oppleve en reduksjon i antall nedbørsdager om vinteren og en økning sommer og høst.
- Forventet endring i antall dager med nedbør er liten for hele landet om våren.

Våt vinternedbør

- Prosjeksjonen viser en generell økning i våt vinternedbør. Konsekvensen av våt vinternedbør på snødekke kan være en kraftig økning i snølasten på tak. Med tele i bakken gir våt vinternedbør utfordrende avrenningsforhold.
- 43 kommuner og ca. 280 000 bygninger vil oppleve en økning i våt vinternedbør på > 200mm. Med ett unntak ligger disse kommunene i Aust-Agder, Vest-Agder, Rogaland, Hordaland eller Sogn og Fjordane. Alle kommunene i Vest-Agder kommer innenfor denne sonen.
- 135 kommuner og ca. 1 300 000 bygninger vil bli berørt av 100-200 mm økning i våt vinternedbør.
- Oslo, Hedmark, Oppland, Buskerud, Sør-Trøndelag og Nord-Trøndelag er i mindre grad utsatt for økning i våt vinternedbør.

Potensiell risiko for råteskader

- I dag ligger omtrent 615 000 bygninger i Norge i råterisikoklasse "høy".
- I år 2100 vil hele 2,4 millioner av dagens bygninger ligge i klassen "høy".
- For Oslo vil stort sett alle bygningene gå fra klasse "moderat råterisiko" til "høy råterisiko". Dette omfatter i overkant av 125 000 bygninger.
- Ca. 190 000 bygninger i Hordaland fylke, dvs. godt over halvparten av bygningene, ligger i dag i områder med potensiell høy råterisiko
- I år 2100 vil rundt 220 000 bygninger av dagens bygninger i Hordaland ligge i høy råterisikoklasse.

Vi vil avslutningsvis få påpeke at denne rapporten fortsatt er å betrakte som et første steg i kartleggingen av klimaendringenes konsekvenser for den norske bygningsmassen. Ytterligere forskning på området vil gi nøyaktigere estimater for konsekvensene både når det gjelder kostnader og tiltak. Vi vil anbefale at det i det videre arbeidet gjennomføres detaljerte case studier i ulike kommuner, slik at det kan utarbeides en felles metodikk og tiltaksplaner som hver enkelt kommune kan implementere på en effektiv måte. Det bør også vurderes å utvikle tværfaglige klima- og sårbarhetsanalyser som også favner om andre objekter enn bygninger, for eksempel infrastruktur. Skredkompetanse og hydrologisk kompetanse bør tilknyttes arbeidet.

10 Litteratur

Almås, A.J. og Hygen, H.O.:

Impact of sea level rise on buildings in Norway towards 2100. *Building Research & Information*, (Paper submitted December 2011)

Lisø, K.R. og Kvande, T., 2007:

Klimatilpassing av bygninger, SINTEF Byggforsk, Oslo. Sluttrapport fra Klima 2000

Lisø, K.R., Hygen, H.O., Kvande, T. and Thue, J.V., 2006:

Decay potential in wood structures using climate data, in Richard Lorch (ed.) *Building Research & Information*, **34**(6), 546-551

NOU 2010:10

Tilpassing til eit klima i endring. Noregs offentlege utgreiingar, Oslo

NS 3031:2007

Beregning av bygningers energiytelse - Metode og data. Norsk Standard, Oslo

NS 3700:2010

Kriterier for passivhus og lavenergihus – Boligbygninger. Norsk Standard, Oslo

Scheffer, T.C., 1971:

A Climate Index for Estimating Potential for Decay in Wood Structures above Ground. *Forest Product Journal* **21**(10), 25-31.

Vasskog K., Drange H. og Nesje A. (2009): *Sea level rise – Estimations for future sea level rise in Norwegian coastal municipalities*. Report (in Norwegian). The University of Bergen - The Bjerknes Centre for Climate Research, Bergen, Norway.

Øyen, C., Almås, A-J., Hygen, H.O. og Sartori, I., 2010:

Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge. Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing. Oppdragsrapport 3B0325, SINTEF Byggforsk, Oslo



Teknologi for et bedre samfunn
www.sintef.no