

**SINTEF Byggforsk**
**Oslo**

Forskningsveien 3b, 0373 Oslo  
Postboks 124 Blindern, 0314 Oslo  
Telefon: 22 96 55 55  
Telefaks: 22 69 94 38

**Trondheim**

Høgskoleringen 7b  
7465 Trondheim  
Telefon: 73 59 33 90  
Telefaks: 73 59 33 80

E-post: byggforsk@sintef.no  
Internettadresse: www.sintef.no/byggforsk  
Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

Oppdragsgiver  
**Statens bygningstekniske etat**

Oppdragsgivers adresse  
Postboks 8742 Youngstorget  
0028 OSLO

Oppdragsgivers referanse  
Lisbet Landfald  
Kari-Anne Pape Simenstad

Prosjektnr./arkivnr. 3B0325	Dato 24.02.10	Rev.dato 26.02.2010	Antall sider 64	Antall vedlegg	Gradering Åpen	Forfatter(e) Cecilie Flyen Øyen <sup>1</sup> , Anders-Johan Almås <sup>1,2</sup> , Hans Olav Hygen <sup>3</sup> og Igor Sartori <sup>1</sup>
Prosjektleder Cecilie Flyen Øyen	Sign.	Ansvarlig linjeleder Kim Robert Lisø	Sign.	Kvalitetssikrer Kristin Holthe	Sign.	

**Oppdragsrapport**

# Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing

Kort sammendrag			
Denne rapporten presenterer en overordnet klima- og sårbarhetsanalyse for Norge, utført etter oppdrag fra Statens bygningstekniske etat som grunnlag for Klimatilpassingsutvalget og deres arbeid med en ny Norsk Offentlig Utredning (NOU) om klimatilpassing.			
Hovedtrenden for klimaendringene fram mot år 2100 er et varmere, våtere og villere klima. Dette vil kunne 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 anbefalte tiltak for å redusere mulige konsekvenser for følgende parametere; Råteskader, årsmiddeltemperatur, graddagstall, snølast, våt vinternebbør, sesongnedbør, vind, slagregn, frostskafer, frostmengder, permafrost, flom og havnivåstigning. Risiko for råteskader er brukt som case for å vise hvilke data som er mulig å hente ut for de ulike parametrene. Her finnes relativt gode tall på fylkesnivå.			
For de andre parametrene har vi funnet landsdekkende tall koblet mot enkelte fylker. Når det gjelder skred, flom og havnivåstigning har vi benyttet nøkkeltall fra andre kilder og i tillegg gitt anbefalinger for tiltak og videre utredninger.			
Byggverkets adresse			Byggeår
	Metode Utredning, GIS-kart- og GAB-analyse. Klimascenarier.	Emneord Klima, klimatilpassing, sårbarhet, GAB-register, flom, nedbør, havnivåstigning	Filnavn Klima og sårbarhetsanalyse NOU.doc

Utdragsvis eller forkortet gjengivelse av rapporten er ikke tillatt uten SINTEF Byggforsks spesielle godkjenning. Hvis rapporten skal oversettes, forbeholder SINTEF Byggforsk seg retten til å godkjenne oversettelsen. Kostnader belastes oppdragsgiver.

<sup>1</sup> SINTEF

<sup>2</sup> NTNU

<sup>3</sup> Meteorologisk Institutt

# Innholdsfortegnelse

---

<b>Innholdsfortegnelse .....</b>	<b>2</b>
<b>Forord.....</b>	<b>3</b>
<b>Sammendrag med hovedkonklusjoner .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Formål, omfang og begrensninger .....</b>	<b>9</b>
1.1 Oppdragsbeskrivelse .....	9
1.2 Forutsetninger og begrensninger .....	9
<b>2. Bakgrunn .....</b>	<b>11</b>
2.1 Klimaendringer og bygget miljø .....	11
2.2 Endrete krav i plan- og bygningsloven .....	12
2.3 Bygningsstatistikk .....	13
2.4 Bygningsinformasjon – Matrikkelen .....	18
2.5 Fra Klima i Norge 2100 og Klimakur 2020 .....	20
2.6 Fra Klima 2000 .....	21
2.7 Fra den svenske Klimat- og sårbarhetsutredningen (SOU) .....	27
2.8 Klimaprojeksjoner .....	29
2.9 Klimatiske hovedtrekk i Norge .....	29
2.10 Regionale klimaprojeksjoner .....	30
<b>3. Metode og gjennomføring .....</b>	<b>32</b>
3.1 Metodikk .....	32
3.2 Konkretisering av behov .....	32
<b>4. Overordnet klima- og sårbarhetanalyse .....</b>	<b>34</b>
4.1 Generelt .....	34
4.2 Potensiell risiko for råteskader .....	34
4.3 Temperatur og graddagstall .....	41
4.4 Snølast og økning i våt nedbør vinterstid .....	43
4.5 Flom og ekstremnedbør – endringer i sesongnedbør .....	47
4.6 Vind og slagregn .....	52
4.7 Frostskader .....	53
4.8 Frostmengder .....	55
4.9 Permafrost .....	57
4.10 Skred .....	60
4.11 Havnivåstigning .....	61
<b>Referanser .....</b>	<b>63</b>

## Forord

Regjeringen har oppnevnt et offentlig utvalg som nå utreder samfunnets sårbarhet og tilpasningsbehov som følge av klimaendringene (Klimatilpassingsutvalget, se [www.nou-klimatilpassing.no](http://www.nou-klimatilpassing.no)). Utvalgets arbeid skal resultere i en Norsk Offentlig Utredning (NOU) innen 1. november 2010. Denne utredningen belyser mulige konsekvenser av klimaendringer på bygninger, og skal danne grunnlag for vurderinger knyttet til dette området i NOUen.

Klimaendringene kan få dramatiske konsekvenser for det bygde miljø. Et funksjonelt og pålitelig bygget miljø er en viktig forutsetning for samfunnets økonomiske vekst og utvikling. Parallelt med tiltak for reduksjon av klimagassutslipp er det nødvendig med tilpasningstiltak for et klima i endring. Med et fokus på å oppnå en betydelig reduksjon av byggskader og -feil vil vi oppnå et langt mer bærekraftig bygget miljø, som er bedre rustet for å møte de klimaendringene som kommer.

Alle vurderinger av mulige konsekvenser av klimaendringer er basert på et gitt klimascenario for Norge for perioden 2071-2100. Resultatene må brukes med varsomhet.

Denne rapporten er utført etter oppdrag fra Statens bygningstekniske etat (BE), på vegne av utvalget. SINTEF Byggforsk retter en stor takk til Statens bygningstekniske etat, Klima- og forurensningsdirektoratet (tidligere SFT), Statens Kartverk, Meteorologisk Institutt og kolleger i SINTEF Byggforsk for godt samarbeid.

En spesiell takk rettes til utvalgsmedlem Sverre A. Larssen for mange gode diskusjoner.

*Oslo*, 24. februar 2010  
For SINTEF Byggforsk

Kim Robert Lisø  
Forskningsjef

Cecilie Flyen Øyen  
Prosjektleder

## Sammendrag med hovedkonklusjoner

Hovedtrenden for klimaendringene fram mot år 2100 er et varmere, våtere og villere klima. Dette vil kunne få dramatiske konsekvenser for bygningsmassen dersom det ikke gjennomføres grundigere sårbarhetsanalyser og iverksettes tiltak for å møte utfordringene. I denne rapporten har vi vurdert konsekvenser av klimaendringer og anbefalt tiltak for å redusere konsekvenser for følgende parametere; Råteskader, årsmiddeltemperatur, graddagstall, snølast, våt vinternedbør, sesongnedbør, vind, slagregn, frostskaider, frostmengder, permafrost, flom og havnivåstigning. Risiko for råteskader er brukt som case for å vise hvilke data som er mulig å hente ut for de ulike parameterne. Her finnes relativt nøyaktige tall på fylkesnivå. For de andre parameterne har vi funnet landsdekkende tall koblet mot enkelte fylker. Når det gjelder skred, flom og havnivåstigning har vi benyttet nøkkeltall fra andre kilder og i tillegg gitt anbefalinger for tiltak og videre utredninger.

Gjennom arbeidet har vi opparbeidet en unik database med koblinger mellom den norske bygningsmassen og klimaprojeksjoner for Norge. Metodikk og gjennomføringsgrunnlag er på plass, men det har innenfor ressursene i dette prosjektet ikke vært mulig å gjennomføre kjøring av alle datasettene på grunn av kapasitets- og ressursbehov. Datagrunnlaget har derfor et stort potensial for uthenting av nøkkeltall. Det krever både stor datakapasitet og et relativt stort tidsforbruk å gjennomføre en så bred analyse. En videre analyse av parameterne vil bli videreført blant annet i doktorgradsarbeidet til en av forfatterne ved NTNU/SINTEF, i samarbeid med Meteorologisk Institutt.

### Hovedfunn

I denne rapporten er det gjort beregninger for historiske klimadata (normalperioden 1961-1990) og *scenarier for fremtidig klima* (scenarieperioden 2071-2100) og hvordan klimaendringer vil påvirke bygget miljø i Norge. De to periodene kan også omtales som ”nåsituasjon” og ”situasjonen i år 2100”. Det er gjort fremskrivninger basert på tre ulike modeller (klimascenarier), men vi har valgt å konsentrere oss om en modell (Had-A2, se *Klima i Norge 2100*, Norsk klimasenter, 2009) for å begrense informasjonsmengden som blir presentert her.

Hadley/A2, Had-A2, er en eksempelframskrivning med klimamodellen *HadAm3H* og utslippsscenarioet A2. *Utslippsscenarioer* er framskrivninger av menneskeskapte utslipp av klimagasser og partikler som påvirker klimaet. De bygger på antakelser om demografisk, økonomisk og teknologisk utvikling. Scenario A2 tilsier delt verden med høy befolkningsvekst og mindre bekymring for rask økonomisk utvikling. 15 milliarder mennesker i 2100. Atmosfærens CO<sub>2</sub>-innhold er på 836 ppm i 2100 (for nærmere informasjon om modellgrunnlag, se *Klima i Norge 2100*).

### *Råterisiko*

- 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 denne klassen
- For Oslo fylke vil stort sett alle bygningene gå fra klasse ”moderat råterisiko” til ”høy råterisiko”
- Omlag 190 000 bygninger eller godt over halvparten av bygningsmassen i Hordaland fylke ligger i dag i områder med potensiell høy råterisiko
- I år 2100 vil rundt 220 000 bygninger av dagens bygningsmasse ligge i høy råterisikoklasse.

Dette er forholdsvis dramatiske scenarietall med tanke på at fuktskader, og herunder også råteskader, i dag utgjør en meget høy andel av antall byggskader (se Byggforskserien Byggforvaltning 700.110).

### *Årsmiddeltemperatur*

Hovedtrenden mot år 2100 er en økning i årsmiddeltemperatur og dermed en reduksjon i graddagstall for de fleste bygninger i Norge. Disse to parameterne har en avgjørende betydning for varmetapet til en bygning.

- Endringene vil medføre et lavere energibehov for romoppvarming

- Omtrent 2,5 millioner bygninger kan få en økning i årsmiddeltemperatur på ca 3,4 grader.

#### *Snølast og våt vinternedbør*

- Mengden våt vinternedbør vil øke i fremtiden. Dette vil kunne få store konsekvenser i områder hvor det ligger snø om vinteren. Omtrent 600 000 bygninger er i risikozonen, gitt vurdert klimascenario.
- Bygninger i både Oppland og Hedmark er spesielt utsatt.
- Større snølast grunnet tyngre snø, mer oppdemming av vann og høyere risiko for vanninntrenging i bygninger er noen av de mulige konsekvensene.

#### *Nedbør*

Det vil bli en økning i nedbør for alle de fire årstidene i fremtiden i store deler av landet. Men det er relativt stor forskjell på hvor stor økningen blir i de ulike landsdelene. Dette vil stille strengere krav til logistikk og planlegging av utførelse både for nybygging og oppgradering av bygninger. Fuktsikker byggeprosess og tildekking i byggefasen blir enda viktigere i fremtiden. En kombinert økning i nedbør og en svak økning i vindstyrker i enkelte områder vil gi større slagregnbølastning på bygninger.

#### *Frost*

- Omtrent 30 000 bygninger i Finnmark vil kunne bli mer utsatt for frostskafer i fremtiden, mens det i resten av landet blir lavere risiko for frostskafer
- En positiv trend er at alle de fleste største byene havner i risikoklasse "lav". Her finnes store mengder teglstein- og betongbygninger som i dag er i klasse "moderat" eller "høy".

Det blir en kraftig nedgang i frostmengder for enkelte fylker.

- Omtrent 900 000 bygninger over hele landet vil kunne få spesielt stor nedgang i frostmengde
- I tillegg til redusert varmetap vil også behovet for frostisolering av fundamenter reduseres.
- Permafrosten kan forsvinne stort sett på hele fastlandet i Norge, det er omtrent 6700 bygninger i denne risikozonen,
- Permafrosten vil sannsynligvis svekkes noe på Svalbard, men sannsynligvis ikke så mye at det vil påvirke fundamentering av eksisterende bebyggelse i stor utstrekning frem mot 2100. På Svalbard er ca 1000 bygninger i risikozonen. Det anbefales likevel en gjennomgang og vurdering av fundamentering i eksisterende bygningmasse.

#### *Havnivåstigning og flom*

Alle bygninger som ligger under 1 meter fra dagens havnivå vil være i risikozonen for fremtidige klimaendringer. Her kan konsekvensene være store. Å fremskaffe nøkkeltall for antall bygninger gjennom kjøring av informasjon fra matrikkelen mot en tredimensjonal kartmodell er fullt mulig, men krever tid og stor datakapasitet.

Mer nedbør og hyppigere ekstremnedbør vil gi store utfordringer for overvannshåndtering og tiltak mot flomskader ved elver og bekker. Grundigere analyser kreves her.

#### **Anbefalinger for videre arbeid**

- De ulike parametrene beskrevet i analysen er velegnet som informasjonskilde til fylkeskommunale og kommunale sårbarhetsanalyser
- Krav til ROS-analyser i ny plan- og bygningslov er et viktig trekk

Det bør gjennomføres sårbarhetsanalyser for alle landets kommuner for de ulike parametrene beskrevet i denne rapporten. I tillegg må klimadataene vi har tilgjengelig i dag anvendes i mye større grad ved planlegging, prosjektering og utførelse av bygninger og annen infrastruktur. Hovedutfordringen er ikke nødvendigvis at klimaet blir forverret, men heller at lokalklimaet ikke blir tatt nok hensyn til i design- og byggefasen for dagens prosjekter. Generelle krav til kommunal

gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser er et viktig grep i den nye plan- og bygningsloven som vil ha stor betydning for planutvikling og ikke minst bygningsplassering, samt ivaretagelse av byggesak i tiden fremover. Dette fordrer både ressurser, kompetanse og tilgang til klimarelatert informasjon på et nivå som kommunene kan gjøre seg nytte av i sine planer. ROS-analyser vil sette kommunene i stand til å planlegge langt mer fremtidsrettet ift klimaendringer enn de har hatt mulighetene til, men det vil kreve ressurser. Samtidig vil det gi aktørene i byggeprosessen et langt bedre verktøy til god planlegging og prosjektering, og ikke minst til god plassering av bygninger. Økt fokus på klimatilpasning i planlegging og byggesaksbehandling gjennom ROS-analyser og implementering i planverk, utvikling av veiledere, klimatilpasning som tema i forhåndskonferanser, godkjenning av tiltak og gjennom tilsyn vil gi klimatilpasning og sårbarhet i bygget miljø et nødvendig løft i myndighetenes iverksetting av plan- og bygningsloven. Bevisstheten om behovet for klimatilpasning er blant aktørene Ikke minst vil det være et viktig signal på alle myndighetsnivåer (stat, fylke og kommune) at klimatilpasning gis et politisk fokus som et overordnet strategisk fokusområde for utvikling av det bygde miljø.

Det må i fremtiden stilles meget strenge krav til en mer robust byggeskikk. Med robust byggeskikk menes her blant annet geografisk differensiert bygningsutforming. Bygningsutformingen må ivareta hensyn til lokale klimapåkjenninger og det store spranget i variasjoner av påkjenninger grunnet store forskjeller i klima selv innen korte avstander. Utvikling og implementering av fagområdet klimatilpasning, samt et styrket fokus på *klimadesign av bygninger* (energi, klima og miljø) må implementeres i mye større grad i byggenæringen enn det som er tilfelle i dag. Det vil i stadig økende grad bli behov for kompetanse innen bygningsfysisk prosjektering, byggskader og klimatilpasning av bygninger. Det må også bli strengere krav til dokumentasjon av materialer som er testet og godkjent for lokal klimapåkjennning. Reguleringsplaner og retningslinjer for bygging og oppgradering må i langt større grad ta hensyn til dagens klima og fremtidens klimascenarier. Retningslinjer for design av bygninger finnes blant annet i SINTEF Byggforsk sine byggdetaljblader. Det er allerede behov for mer utstrakt bruk av slike anvisninger kombinert med en klimatilpasning av byggdetaljene, og det må bli et viktig fokusområde fremover.

Enda strengere krav til utførelse og kontroll av fuktsikker byggeprosess bør iverksettes. Spesielt gjelder dette for lavenergibygg som har mye isolasjon og organisk materiale (for eksempel treverk) da uttørkingen i slike konstruksjoner ofte går tregt. Fuktsikring med telt over byggeplass er et tiltak som bør benyttes i langt større grad enn i dag.

Strengere krav til lavenergibygnings bør fortsatt ha stort fokus. Med en temperaturøkning i fremtiden vil dagens energikrav bli enklere å nå, ambisjonene for lavenergibygg bør derfor økes. Dagens snølaststandard bør evalueres med tanke på fremtidens klimascenarier. Et tillegg til standarden med ulike klimaprojeksjoner er et tiltak som kan være aktuelt. Det bør også utvikles et interaktivt snølast-varsel for alle kommunene i Norge som baseres på løpende klimadata. Bygninger som er i risiko for takkollaps kan dermed kartlegges fortløpende.

Slagregnindeksen for Norge bør videreutvikles og resultatene implementeres i Byggforskserien. Selv om frostsikkerisikoen reduseres for bygninger i Norge bør det ikke bygges mindre robust av denne grunn. Dette fordi det i dag er forholdsvis store skader forbundet med frost, spesielt gjelder dette for innvendig etterisolering av gamle teglsteinsbygninger. Strenge krav til design og utførelse bør opprettholdes og baseres på bygningsfysiske betraktninger. For Finnmark bør det gjøres videre utredninger for frostsikkerisikoen. Når det gjelder permafrost bør både bygningsmassen på Svalbard og deler av Finnmark evalueres.

Det bør gjøres sårbarhetsanalyser for skred og ras i alle norske kommuner som er utsatt. Resultatene fra slike sårbarhetsanalyser må implementeres i reguleringsplanene til kommunene. Relatert til erfaringer fra flom både i større og mindre vassdrag, er plassering av nye bygninger et svært aktuelt temaområde å arbeide videre med. Likeså vurdering av utvikling av flomsikring i områder der den

eksisterende bygningsmassen kan være i faresonen for ny flom. Her vil preventive tiltak som utvikling av sikring for eksisterende bygningsmasse være viktig, og sannsynligvis ikke tiltak relatert til endringer av enkeltbygninger eller bygningskonstruksjoner i eksisterende bygningsmasse.

Det bør også gjøres en videreutvikling av det arbeidet som er gjort i denne analysen på havnivåstigning, med en nasjonal utredning av antall bygninger som er i risikozonen for havnivåstigning som mål. Her kan man oppnå svært gode og nøyaktige tall for hver enkelt kommune i landet med kystlinje, basert på matrikkelen og en tredimensjonal kartmodell.

Alle hovedkonklusjonene for ivaretagelse av klimatilpasning fra Klima 2000 vil fortsatt være av høy aktualitet (Lisø og Kvande, 2007, s.17):

- *Styrking av kommunalt tilsyn for å redusere omfanget av byggskader og byggefeil. Den tekniske kapasiteten til kommunene, som ble bygget ned med reformen av plan- og bygningsloven av 1997, må bedres både for å kunne utføre tilsyn og for at kommunene skal kunne påta seg et større ansvar for å sikre en klimatilpasset og fuktsikker bygningsmasse.*
- *styrket ivaretagelse av klimatilpasning og fuktsikring i plan- og bygningsloven, teknisk forskrift og veiledning, med blant annet lovkrav om at temaet blir trukket inn i kommunal planlegging, byggesaksbehandling (forhåndskonferanse) og tilsyn*
- *statlig tilrettelegging for nettverk av ressursinstitusjoner som kan bistå kommunene og aktørene i byggenæringen med informasjon, læring og samarbeid om klimatilpasning og fuktsikring av bygninger*
- *utarbeidelse av geografisk differensierte løsninger og anvisninger for ulike klimasoner/-utfordringer i Byggeforskserien*
- *styrket fokus på klimatilpasning i kommunal planutvikling, gjerne gjennom utarbeidelse av kommunale klimasonekart eller innarbeiding av klimasoner og lokale påkjenninger i reguleringsplanene for tilrettelegging av lokal klimatilpasning og fuktsikring i byggeprosessen*
- *formalisering av kompetanse på kommunenivå gjennom for eksempel utvikling av veiledere*
- *forsterket lokal fokus på klimarelaterte problemstillinger og fuktutfordringer i forhåndskonferanser, byggesaksbehandling og tilsyn.*

De overordnede konklusjonene i *Klima 2000* for implementering av tiltak på institusjonelt nivå er også av stor betydning for å lykkes i arbeidet med klimatilpasning av bygget miljø. Følgende konklusjoner i boken *Klimatilpasning* (Lisø og Kvande, 2007, s.17) er direkte sitat: *En vellykket implementering av planer for klimatilpasning på nasjonalt nivå er imidlertid avhengig av at noen få nøkkelinstitusjoner evner å sette i gang både statlige regulerings tiltak og virkemidler på lokalt nivå for å redusere klimasårbarheten. Eksempler på slike nøkkelinstitusjoner kan være Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap og Statens bygningstekniske etat. Mulige tiltak kan være:*

- *informasjonskampanjer rettet mot lokalpolitikere, for å initiere tiltak i kommunene for bedre å ivareta klimatilpasning og fuktrelaterte problemstillinger*
- *utforming av retningslinjer for gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser i kommunene relatert til mulige klimascenarier som flom, stormflo, snøskred, jordskred, ekstremnedbør og vind*
- *utforming av mal for kommunal veileder for klimatilpasningstiltak, på linje med andre veiledere kommunene benytter i sitt plan- og byggesaksarbeid*

Det er åpenbart at det vil ligge et stort ansvar for oppgradering og klimatilpasning av den eksisterende bygningsmassen på byggherrer i hele landet, private og offentlige, profesjonelle og uprofesjonelle. Derfor er det av stor betydning at informasjon om hvordan byggherrer på alle nivåer bør innrette seg for å oppnå mest mulig robuste bygninger tilgjengeliggjøres og brukes. Mange tiltak vil ikke nødvendigvis koste så mye. Jevnlig ettersyn og vedlikehold av bygningsmassen vil gi større trygghet

og minsket sårbarhet. Samtidig vil det kunne være av stor betydning for mange byggherrer å få konkrete innspill til hvordan de kan ivareta bygningene sine på en best mulig måte. Her vil kontinuerlig oppdatering og utvikling av anvisninger i Byggforskserien, snølastvarsling for måking av tak og tilsvarende systemer kunne ha stor betydning.



## 1 Formål, omfang og begrensninger

### 1.1 Oppdragsbeskrivelse

Regjeringen har oppnevnt et offentlig utvalg<sup>4</sup> som skal utrede samfunnets sårbarhet og tilpasningsbehov som følge av klimaendringene (Klimatilpassingsutvalget). Utvalgets arbeid skal resultere i en Norsk Offentlig Utredning (NOU) om klimatilpassing i Norge. Denne rapporten belyser konsekvenser av klimaendringer på bygninger, som grunnlag for vurderinger knyttet til dette området i NOUen til Klimatilpassingsutvalget. Resultatene beskriver klima og sårbarhetssituasjonen for bygninger i Norge, og er basert på temarelaterte betraktninger i forhold til eksisterende bygget miljø og valgte klimascenarier nedskalert for Norge. Rapporten er utarbeidet på grunnlag av en klima- og sårbarhetsanalyse gjennomført som et samarbeid mellom SINTEF Byggforsk og Meteorologisk institutt i Oslo.

Klimaendringene kan få dramatiske konsekvenser for det bygde miljø. Et funksjonelt og pålitelig bygget miljø er en viktig forutsetning for samfunnets økonomiske vekst og utvikling. Parallelt med tiltak for reduksjon av klimagassutslipp er det nødvendig med tilpasningstiltak for et klima i endring. Med et fokus på å oppnå en betydelig reduksjon av byggskader og -feil vil vi oppnå et langt mer bærekraftig bygget miljø, som er bedre rustet for å møte de klimaendringene som kommer.

Rapporten omfatter en overordnet og enkel klima- og sårbarhetsanalyse (utredning) for bygninger, og inneholder følgende:

- **Behov:** Utredning av behov for en satsning om innhenting av kunnskap om klimatilpassing knyttet til bygninger
- **Analyse:** En overordnet og enkel klima- og sårbarhetsanalyse for Norge som inneholder:
  - Hvor mange berørte bygninger (anslagsvis)
  - I hvilke geografiske områder
  - Under hvilke typer av klimaendringer (havnivå, flom, nedbør, vind, råte, snølast etc)Analysen er gjennomført ved hjelp av eksisterende metoder for klimasårbarhet og geografisk differensiert utforming av bygninger.
- **Tiltak:** Overordnede tiltak for å redusere klimasårbarhet i norsk byggenæring og styrke tilpasningsevnen for bygninger, samt en oversikt over områder der det er behov for ytterligere dybdestudier og analyser.

### 1.2 Forutsetninger og begrensninger

Prosjektets kvalitetssikring baseres på SINTEF konsernets kvalitetssikringssystem som beskrevet i SINTEF konsernets styringssystem. Klima- og sårbarhetsanalysen omfatter bygninger i Norge, noe som innbefatter alt som er definert og registrert som bygninger Matrikkelen (det tidligere GAB-registeret). Anlegg og infrastruktur er ikke medtatt i analysen.

Rapporten er en analyse av hvordan eksisterende bygningsmasse blir påvirket av klimaendringer, og tar ikke hensyn til bygg som vil bli bygget fremover. Det er vanskelig å predikere hvor stor økning man har i bygningsmassen i årene fremover. Det er knyttet usikkerhet til at bygge- og anleggsnæringen er svært konjunkturutsatt. Tall fra Statistisk sentralbyrå<sup>5</sup> viser at sysselsettingen i næringen svinger kraftig. Sysselsettingen økte i perioden 1966 til 1988 fra rundt 80000 til 126000 i privat byggevirksomhet, og sankt så de neste fire årene med vel 30 prosent til et nivå som tilsvarte slutten av 1960-årene. I 2007 økte så sysselsettingen i næringen til 186000, i tillegg til innleid

<sup>4</sup> Klimaet endrer seg i Norge og resten av verden. Klimautfordringene er todelt: Vi må redusere utslipp for å begrense klimaendringene, og samtidig tilpasse oss et endret klima. Den siste utfordringen er utgangspunktet for NOU Klimatilpassing, et utvalg som utreder sårbarhet og konsekvenser av klimaendringene i Norge. Utvalget legger fram en norsk offentlig utredning (NOU) innen 1. november 2010.

<sup>5</sup> Kilde: [www.ssb.no/bygg](http://www.ssb.no/bygg)

utenlandsk arbeidskraft. Disse tallene er nær knyttet til produksjonsraten av bygninger, og byggevirksomheten ift nybygg gikk kraftig ned i 2009 sammenlignet med 2008. Det er stipulert at det i 2050 vil være 6,5 millioner innbyggere i Norge mot rundt 4,8 millioner i dag. En slik befolkningsvekst vil naturlig forandre både en økning av antallet boliger og andre bygninger. Våre konklusjoner og forslag til tiltak er i hovedsak knyttet til eksisterende bygningsmasse men gir også enkle betraktninger om nybygg og krav til bygningsutforming. Ettersom mange av forslagene til tiltak er rettet mot aktører og myndighetsutøvere i byggeprosessen, er de også i stor grad rettet mot ennå ubygget bygningsmasse.

Av hensyn til omfanget av prosjektet, er det gjort et begrenset utvalg av kilder til bakgrunnsstoff for analysen. Hovedkilder for arbeidet har vært publikasjoner fra Klima 2000 (SINTEF Byggforsk) og uttrekk av bygningsinformasjon for hele Norge fra matrikkelen (Statens Kartverk). Datagrunnlaget for klimainformasjon i denne rapporten er utdrag av innholdet i Klima Norge 2100 (Hanssen-Bauer et al., 2009). I tillegg til de nevnte hovedkildene har den svenske utredningen SOU 2007:60 *Klimat- och sårbarhetsutredningen* vært brukt som sammenligningsgrunnlag. Det er antatt at hovedkildene har tilstrekkelig teoretisk grunnlag og referanser, og prosjektet omfatter derfor ikke en teoretisk gjennomgang av publikasjoner på de tilhørende temaområdene.

Det er på temaområde flom hentet inn informasjon fra Norges Vassdrags- og energidirektorat NVE ([www.nve.no](http://www.nve.no)), og på temaområde ras og skred hentet informasjon fra forskningsprosjektet GeoExtreme<sup>6</sup> ([www.geoextreme.no](http://www.geoextreme.no)).

Dessverre har det ikke latt seg gjøre å telle opp antallet hus innen de ulike sonene presentert i alle temakartene med klimainformasjon. Hovedårsaken til dette er at det i den komprimerte perioden prosjektet skulle gjennomføres på etter innhenting av data fra matrikkelen og utvikling av tematiske kart for de forskjellige klimaparametrene, ikke var mulig å få gjennomført dette. En opptelling av bygg krever store dataressurser. Forsøk på å redusere behovet for datakapasitet ved å automatisere dette mislyktes dessverre.

Sårbarhetsanalysen er gjort for bygninger, men ikke anlegg, installasjoner eller infrastruktur. Konsekvenser av klimaendringer for øvrig infrastruktur (vann og avløp, veier, broer, ledningsnett etc.) er derfor ikke med i denne analysen. Heller ikke konsekvenser for landbruk (bortsett fra landbruksbygninger), fauna eller flora er omtalt.

---

<sup>6</sup> GeoExtreme er et samarbeidsprosjekt mellom forskningsinstitusjonene Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), Meteorologisk Institutt, Norges Geotekniske Institutt (NGI), CICERO Senter for klimaforskning og Bjerknessenteret

## 2. Bakgrunn

### 2.1 Klimaendringer og bygget miljø

Klimaet har alltid stilt strenge krav til norske bygninger, som gjennom historien i stor grad er utformet for å tåle lokale klimatiske utfordringer. Utformingen har derfor tradisjonelt vært geografisk, eller snarere klimatisk, betinget. Det er store forskjeller i hvilke klimapåkjenninger våre bygninger må tåle, avhengig av hvor i landet de er bygget, noe som har vært gjenspeilet bl.a. i variasjon av tekniske løsninger og valg av materialer. Slike variasjoner er ikke lenger like store som før, relatert til blant annet standardisering av bygningsutforming og industrialisering/effektivisering av bygningsproduksjonen. Nye materialer og økt teknisk kompetanse har videre ført til en voldsom utvikling av byggemetoder, bygningsdeler og -komponenter. Likevel viser funn i programmet Klima 2000 ved SINTEF Byggforsk (Lisø og Kvande, 2007 og Eriksen et al., 2007) at lokale klimavariasjoner fortsatt fordrer geografisk differensiert utforming og stiller store krav til lokal kompetanse for å oppnå et bygget miljø som er godt tilpasset stedlige forhold.

- Eksisterende bygninger har høy grad av byggskader som oppstår i byggeprosessen
- Det er knyttet stor grad av usikkerhet til fleksibilitet til å ivareta tilpasning til klimavariasjoner i byggeindustrien
- Forverrete klimaforhold forventes, og derved økende påkjenning på bygninger generelt og bygningers klimaskall spesielt
- Med bakgrunn i kunnskap om byggskadestatistikken i Norge, kan man spørre seg om vi bygger godt nok tilpasset dagens forhold?
- Kan vi forvente å bygge godt nok tilpasset et forverret klima?

Eriksen et al. påpeker i sin artikkel *Adaptation processes in a developed country context* (2009) at bevissthet om klimatilpasning har til nå i stor grad primært fokusert på utviklingsland. Det har vært antatt at klimatilpasning i industriland som Norge vil være relativt uproblematisk, på grunn av finansiell, teknologisk og institusjonell kapasitet. Eriksen et al. viser til nyere studier som viser at industriland også har sårbare områder og grupper, og at Norge som andre vestlige samfunn ikke nødvendigvis er godt forberedt på klimaendringer. Ekstreme klimahendelser som orkanen på Nord-Vestlandet ved nyttår 1991/-92 påførte samfunnet store materielle omkostninger, og orkanen i Louisiana/USA i 2005 som forårsaket mange dødsfall og menneskelige lidelser i tillegg til store materielle ødeleggelser. Dette viser behovet for å forstå mekanismer og behov for klimatilpasning. Det understreker videre behovet for å gjennomføre dybdestudier og konsekvensanalyser som denne rapporten er et eksempel på, for kartlegge områder for videre forskningsbehov og fremme tiltak for å øke robustheten i samfunnets generelt og bygninger spesielt mot klimaendringer.

Avslutningsrapporten fra programmet Klima 2000 ved SINTEF Byggforsk (Lisø og Kvande, 2007) påpeker at klimaendringene fordrer drastiske tiltak for å kunne sikre et godt tilpasset bygd miljø. Den har et spesielt fokus på klimaendringer og påvirkning på bygget miljø, juridisk og samfunnsrelatert rammeverk og offentlige tiltak på alle nivåer, og på aspekter i sammenheng med samfunnssikkerhet og bygget miljø. En funksjonell og pålitelig infrastruktur og bygget miljø er en viktig forutsetning for samfunnets økonomiske vekst og utvikling. En sentral oppgave er å ivareta samfunnets interesser i det bygde miljøet, herunder også sikkerhetsmessige, kulturhistoriske, miljømessige og arkitektoniske verdier. Konkrete tiltak for å øke robustheten slik at bygningsmassen vil være best mulig rustet til å møte klimaendringene vil være av stor samfunnsmessig betydning. Det vil samtidig forde at alle aktører, offentlige og private, forvaltere og byggherrer/eiere, prosjekterende, kontrollerende og utførende gjør en innsats for å møte utfordringene knyttet til klimaendringer.

Parallelt med det åpenbare behovet for tiltak for reduksjon av klimagassutslipp er det nødvendig med tilpasningstiltak for et klima i endring. Klimautfordringene i byggenæringen er en konstant utfordring – som må ha konstant fokus. Kunnskapsheving og tilpasning er et løft næringen ikke kan klare alene

og som det offentlige derfor må satse kraftig på. Regelverket, sammen med SINTEF Byggforsk kunnskapssystemer, bør bli enda mer sentrale i klimapolitikk rettet mot byggenæringen.

Deler av landet som tidligere ikke har vært definert som spesielt utsatt, kan nå bli utsatt for skadelige hendelser som følge av ekstremvær. *Samfunnsgevinsten* er åpenbar. Bare de økonomiske verdiene som bygninger og infrastruktur representerer er enorme. Bygningers levetid er vanligvis beregnet til 50 til 100 år, men mange bygninger blir langt eldre enn dette. Med utviklingen av juridisk rammeverk, offentlig forvaltning på plan- og byggesakssiden, byggemetoder, teknisk utvikling og bruk av nye materialer og materialsammensetninger, har man fått en gradvis endring av byggeskikken. Det er åpenbart at bygninger som er bygget i forskjellige perioder vil ha forskjellige behov for klimatilpasningstiltak. Kulturminner vil ha helt spesielle behov i forhold til klimatilpasning som vi ikke kommer nærmere inn på i denne rapporten.

Det er et klart behov for fysiske tiltak for klimatilpasning av den eksisterende bygningsmassen. Det er også klart at teknisk utforming av nye bygninger, gjennomføring av byggeprosessen og ikke minst plassering av bygninger i større grad enn tidligere vil bli av avgjørende betydning. Flere alvorlige ekstremværhendelser, ras- og flomulykker relatert til klimapåkjenninger har de siste årene ført til store materielle ødeleggelser og tap av menneskeliv. Dette viser at utfordringene innen klimatilpasning i byggesektoren er stor, og er av stor viktighet i forhold til menneskers trygghet, liv og helse.

## 2.2 Endrete krav i plan- og bygningsloven

Eksisterende bygningsmasse er av svært varierende alder og er bygget i henhold til forskjellig juridisk rammeverk, som har vært i gradvis endring og utvikling fra de første norske bygningslovene kom i begynnelsen av 1800-tallet. Plan- og bygningsloven var igjennom en stor endring i 1995 (iverksatt i 1997). Endringene var da primært av organisatorisk art, med små innholdsmessige endringer. Den viktigste endringen besto i en formell overføring av ansvaret for prosjektering, utførelse og kontroll til aktørene i byggeprosessen. Det ble innført et system for ansvarsrett styrt av Statens Bygningstekniske etat (og lokal ansvarsrett styrt av kommunene). Krav til kontroll av prosjektering og utførelse ble formalisert. Gjennomføringen av byggesaksprosessen ble lagt totalt om. Kommunen skulle ikke lenger kontrollere prosjekteringsgrunnlaget, men sjekke at tiltaket var belagt med tilstrekkelig kompetanse iht. hvilken tiltaksklasse tiltaket var plassert i. Tiltaksklasse gjenspeiler kompleksitet og risikograd/konsekvens av feil i et tiltak (Nørve, 2005 og Øyen et al., 2005). Et viktig mål med endringene var å øke kvaliteten i det som bygges og unngå byggskader.

Det er igjen en gjennomført en endring av plan- og bygningsloven, med et større fokus på innholdsmessige endringer. Denne gangen er hensikten med lovendringene er å oppnå samfunnsmessige besparelser ved effektivisere og gjøre planbehandlingen i kommunene mer forutsigbar for brukerne. Man ønsker dessuten å få en bedre utnyttelse av offentlige myndigheters ressursinnsats<sup>7</sup>. Den nye plan- og bygningsloven er i ferd med å settes i kraft. Nye plandel ble iverksatt fra 1. juli 2009, mens ny byggesaksdel ikke er iverksatt ennå. Et funn i Klima 2000 var at det ikke var kraftige nok intensiver i plan- og bygningsloven til å initiere kommunal planlegging som ivaretok klimatilpasning. Det ble også påpekt at det ikke var tydelig nok fokus på fuktrelaterte problemstillinger verken i loven eller teknisk forskrift (Eriksen et al., 2007). De endringene som gjennomføres gjennom iverksettingen av den nye plan- og bygningsloven signaliserer et endret fokus på klimaendringer. Det settes bl.a. krav til kommunalt utviklete risiko- og sårbarhetsanalyser. Mange fylkeskommuner er i ferd med å sette krav til slike ROS-analyser i forbindelse med de kommunale planprosessene, og bistår også kommunene i slikt arbeid. Det er også flere og flere kommuner som

<sup>7</sup> Kilde: <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dok/rundskriv/2003/t-203-om-endringer-i-plan-og-bygningslov.html?id=279284>

igangsetter utvikling av ROS-analyser, og som ser verdien i relasjon til planutvikling og kommunikasjon av klimarelaterte krav rettet mot aktørene i byggeprosessen.

### 2.3 Bygningsstatistikk

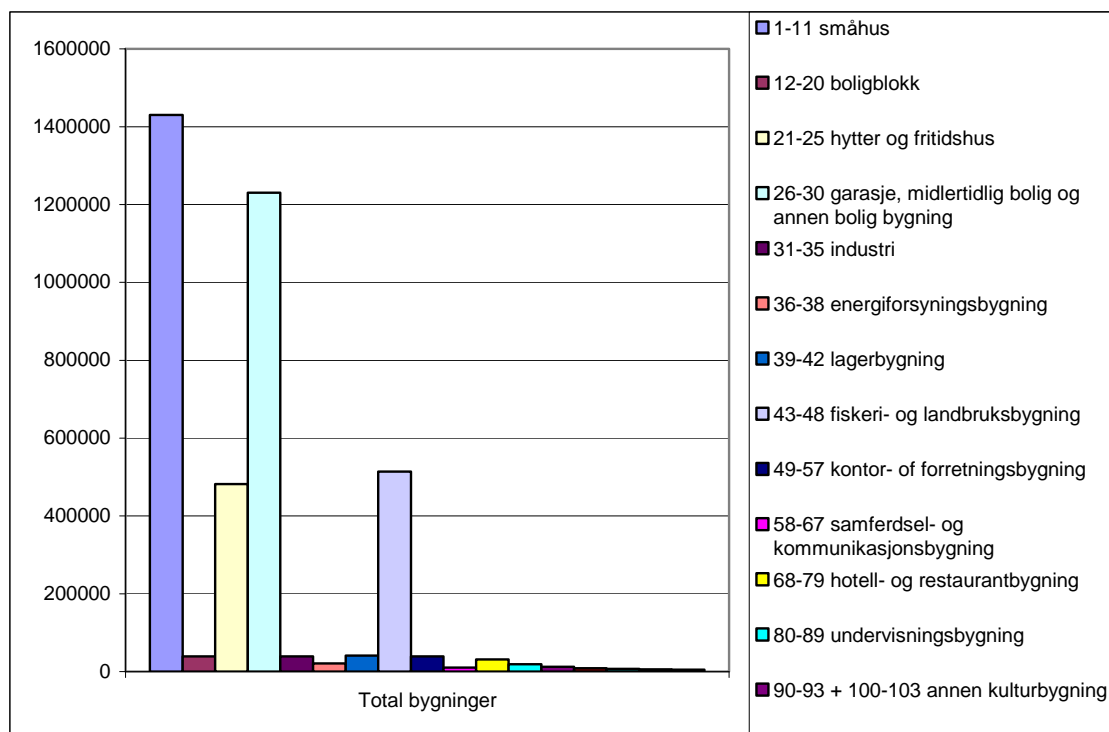
Foreløpige tall fra Statistisk Sentralbyrå<sup>8</sup> for 2009 viser at byggevirksomheten gikk kraftig ned sammenlignet med 2008, og at nedgangen er sterkest for andre bygg enn boliger, med 26 prosent mindre bruksareal. For boliger gikk igangsatt bruksareal tilsvarende ned med 20 %. Det ble registrert igangsatt 3,2 millioner kvadratmeter bruksareal til næringsbygg og bygninger til offentlig sektor i 2009, noe som er 28 prosent mindre bruksareal enn i samme periode i 2008. Når det gjelder bygging av boliger, ble 19 497 nye boliger påbegynt i perioden januar til desember i 2009. Dette er en nedgang på 24 prosent sammenlignet med 2008. Det er også stor nedgang i bygging av fritidsboliger og boliggarasjer. Her er det registrert påbegynt bygging av 1 005 800 kvadratmeter bruksareal, og dette er en nedgang på 19 prosent sammenlignet med 2008.

Nybyggproduksjonen i 2009 har i gjennomsnitt 13,9 prosent lavere enn i 2008, og er tilbake på om lag samme nivå som i 2005. Det har vært ulik utvikling for produksjonen innenfor nybygg og rehabilitering. Et interessant trekk i tallene fra SSB er at rehabiliteringsvirksomheten øker kraftig for andre år på rad, og er 9,6 prosent høyere i 2009 sammenlignet med 2008. Det er ofte tidligere sett at rehabiliteringsgraden øker når økonomien blir strammere. Rehabilitering av eksisterende bygningsmasse med tanke på klimatilpasning er imidlertid et område vi ikke har så stor oversikt over. Det er likevel naturlig å anta at det i eksisterende bygningsmasse er et stort behov for rehabilitering med fokus på klimatilpassende tiltak.

Figur 2.3.1 viser en oversikt over antall bygninger fordelt etter bygningstyper for hele Norge (inklusive Svalbard). Det statistiske materialet er utarbeidet etter gjennomgang av bygningsinformasjon i matrikkelen fra Statens Kartverk. Ettersom det er visse variasjoner i tallmaterialet fra matrikkelen og det tallmaterialet Statistisk Sentralbyrå (SSB) benytter som grunnlag for sin bygnings- og boligstatistikk, vises det også en oversikt over forskjellene mellom det som er bergningsgrunnlaget for denne rapporten og for SSB. Det fremheves at tallmaterialet fra matrikkelen, som benyttes som grunnlag her, er fra et uttrekk gjort i månedsskiftet januar/februar 2010, mens SSB sin tall er pr. januar 2008. Dette kan forklare at det er visse forskjeller, i tallmaterialet. En annen forklaring på forskjellene kan også være forskjellige definisjoner av enkelte bygningstyper. Se også kap. 2.4 Bygningsinformasjon – Matrikkelen, figur 2.4.1.

---

<sup>8</sup> Kilde: [www.byggeindustrien.no](http://www.byggeindustrien.no)



**Figur 2.3.1** Diagrammet viser en oversikt over Norges bygningsmasse fordelt etter bygningstype. Nummeret som er angitt foran benevnelsen for bygningstypen henviser til bygningstypekodene i matrikkelen. Det er her slått sammen flere bygningstyper i kategorier som er av lik karakter, som f.eks. eneboliger og rekkehus (Kilde: Matrikkelen, Statens Kartverk).

### Nøkkeltall bygningsstatistikk

- I Norge er det per januar 2010 registrert 3,93 millioner bygninger i matrikkelen, herav 1,44 millioner, eller 37 prosent, boligbygninger.
- I SSB sin bolig- og bygningsstatistikk var det per januar 2008 registrert noe over 3,8 millioner bygninger hvorav ca 38 prosent boligbygninger
- Det var iht. SSB sin bygnings- og boligstatistikk per januar 2008 nærmere 2,3 millioner boliger i Norge, herav 1,2 millioner eneboliger. I 2001 var det 2,3 bosatte per bolig. Nesten åtte av ti husholdninger eier sin bolig.
- Det er registrert omlag 482 000 hytter og bygninger som benyttes til fritidsboliger i Norge i følge matrikkelen pr januar 2010.
- Noe over 1,2 millioner bygninger, eller 30 prosent av bygningene, er garasjer, uthus, anneks og lignende knyttet til boliger og fritidsboliger (matrikkelen)
- Av om lag 752 000 næringsbygninger er nærmere 514000 bygninger eller 68 prosent klassifisert som fiskeri- og landbruksbygninger registrert i matrikkelen.
- Det er iht. matrikkelen nærmere 21000 energiforsyningsbygninger i Norge.
- Undervisnings- og idrettsbygninger utgjør noe over 39000 bygninger, og det er i matrikkelen registrert mer enn 7000 bygninger for religiøse aktiviteter i landet.

Figur 2.3.1 viser at den definitivt største andelen av bygninger i Norge er kategorien småhus, som omfatter eneboliger, eneboliger med hybel eller sokkelleilighet, våningshus, vertikaldelt og horisontaldelte tomannsboliger, våningshus som vertikaldelt og horisontaldelte tomannsboliger, rekkehus, kjede- og atriumhus, terrassehus og andre typer småhus med tre eller flere boliger. Tabell 2.3.2 gir mer nøyaktige tall som utfyllende informasjon til figur 2.3.1.

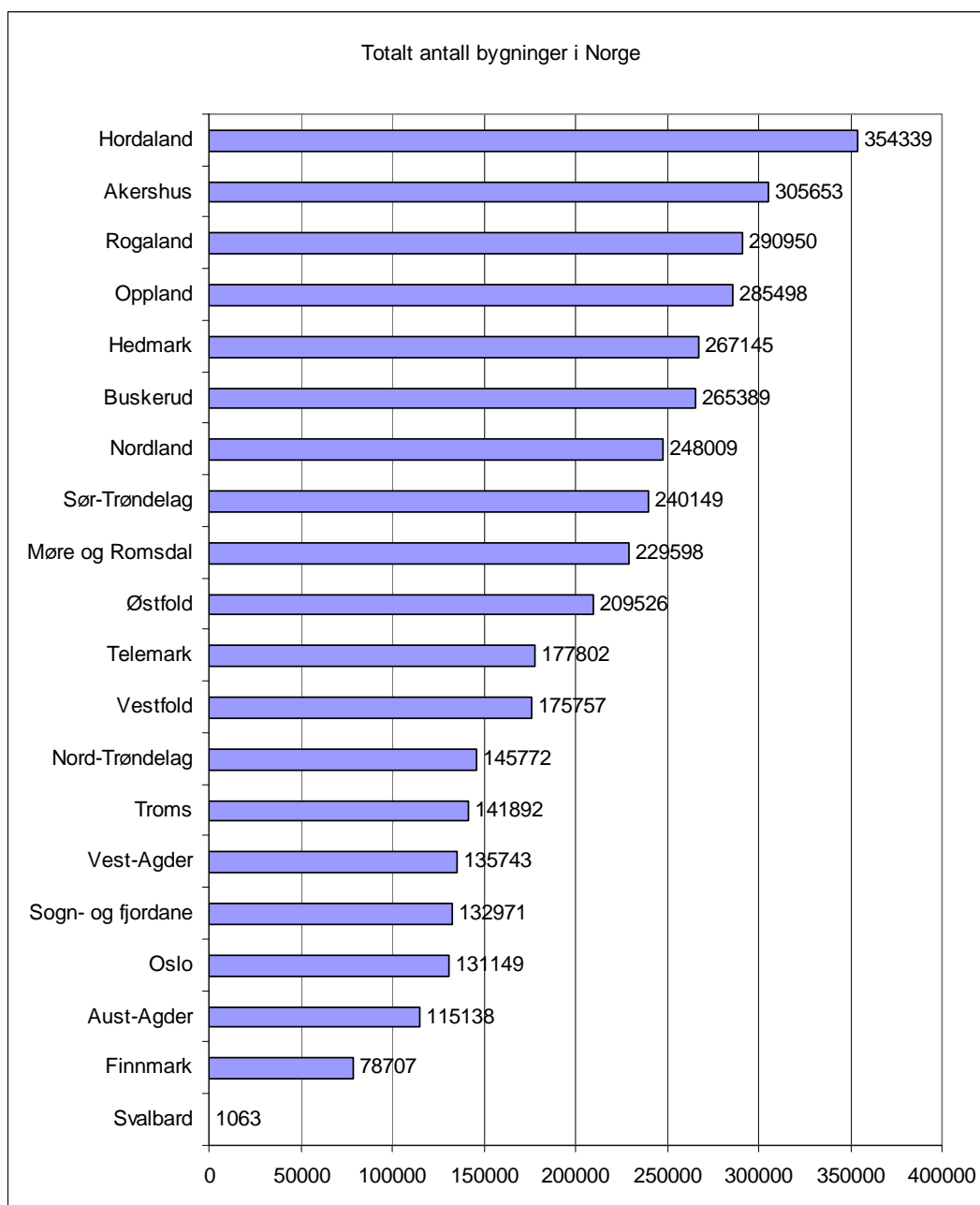
<b>Bygningstype</b>	<b>Total bygninger</b>
1-11 småhus	1430365
12-20 boligblokk	38363
21-25 hytter og fritidshus	482044
26-30 garasje, midlertidig bolig og annen bolig bygning	1230407
31-35 industri	38859
36-38 energiforsyningsbygning	20672
39-42 lagerbygning	40940
43-48 fiskeri- og landbruksbygning	513623
49-57 kontor- og forretningsbygning	38772
58-67 samferdsels- og kommunikasjonsbygning	10272
68-79 hotell- og restaurantbygning	31270
80-89 undervisningsbygning	18640
90-93 + 100-103 annen kulturbygning	12248
94-99 idrettsbygning	8210
104-109 bygning for religiøse aktiviteter	7228
110-117 helsebygning	5546
118-126 fengsels- og beredskapsbygning o.a.	4791
<b>Total Norge</b>	<b>3932250</b>

Tabell 2.3.2 Oversikt over antall bygninger fordelt etter bygningstype for hele Norge inklusive Svalbard

Boligmassen i Norge er i stor grad privateid. Nesten 80 prosent av norske husholdninger eier sin egen bolig, noe som utgjør 1,84 millioner boliger hvorav 1,2 millioner eneboliger. I tillegg kommer en stor andel av de 1,2 millioner garasjer, uthus, anneks o.l. knyttet til boliger og fritidshus som også er privateide. Det er rimelig å anta at størsteparten av de nesten 482 000 bygningene som anvendes som fritidsboliger også er i privat eie. Det er med andre ord svært mange såkalte ikke-profesjonelle byggherrer som disponerer og eier en svært stor andel av bygningsmassen i Norge, og som har ansvaret for generelt vedlikehold og bl.a. klimatilpasning av sine bygninger. Øvrig bygningsmasse er eid av byggherrer med mer eller mindre varierende grad av profesjonalitet, boligbyggelag, offentlige og private profesjonelle byggherrer. En svært stor andel av norske småhus (eneboliger, rekkehus og mindre flermannsboliger) er bygget i treverk.

### Fylkesvis fordeling av bygninger

Når vi ser på den fylkesvise fordelingen av bygninger (se figur 2.3.3), er Hordaland med sine nærmere 355000 bygninger det fylket som har størst antall bygninger. Det er fylker med stor befolkning og et høyt antall småhus og fiskeri- og landbruksbygninger som ligger øverst i oversikten. Overraskende nok ligger Oslo, som er det fylket med desidert høyest folketall i Norge, på en tredjeplass nedenfra på oversikten. Her må årsaksforklaringen være at Oslo har et stort antall høyhus og blokker, som senker antallet bygninger dramatisk. Ettersom det ikke ligger informasjon om materialbruk knyttet til bygningene inne i matrikkelen, har vi ingen mulighet til å si noe om andelen trehus kontra betong, stål og glass i konstruksjonene. Det er likevel naturlig å anta at det i områder med størst befolkningskonsentrasjon og dermed størst utstrekning av urban bebyggelse, er flere bygninger i betong, tegl/murverk og stål enn i de øvrige områder



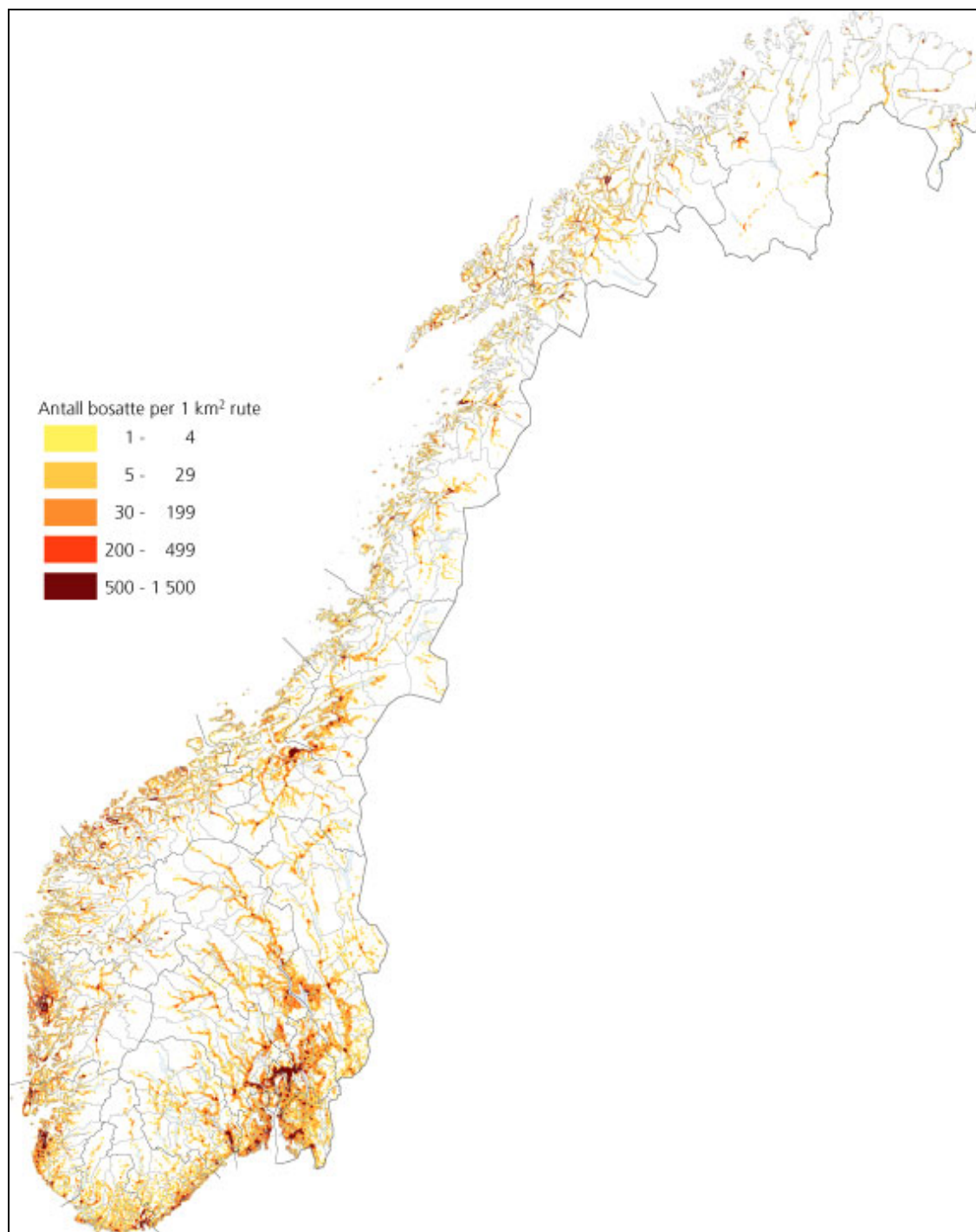
Figur 2.3.3 Diagrammet viser fylkesvis fordeling av bygningsmasse angitt i antall bygninger.

Nærmere åtte av ti personer bor i tettbygde strøk. Det er 929 tettsteder i hele landet og det er særlig stor vekst i antall bosatte i tettsteder med mellom 2 000 og 20 000 innbyggere. Oslo og Akershus er de fylkene som har høyest andel bosatte (88,1 prosent) i tettbygde strøk, mens Hedmark har den laveste (53,6)<sup>9</sup>. Kartet vist i figur 2.3.4<sup>10</sup> illustrerer godt hvor spredt bygd Norge er, med størst befolkingskonsentrasjon på Østlandet og rundt bysentra i Sør-, Vest- og Midt-Norge. Befolkningsmønsteret gjenspeiler i stor grad bygningsmønsteret og fordelingen av bygninger i Norge.

<sup>9</sup> Kilde: <http://www.ssb.no/norge/bef/>

<sup>10</sup> Kilde: [www.ssb.no](http://www.ssb.no)





*Figur 2.3.4 Det er størst befolkningskonsentrasjon i det sentrale Østlandsområdet, og langs kysten fra svenskegrensen mot Sør- og Vestlandet, videre nordover mot Midt-Norge. I Nord-Norge er det en tydelig konsentrasjon rundt Tromsø, resten av landsdelen er relativt tynt befolket sett i relasjon til resten av landet. Kilde: <http://www.ssb.no/norge/bef/01-3bosetting.jpg>*

### **Materialbruk**

Tilgang på materialer og klimatiske forutsetninger har opp gjennom historien vært to av de viktigste faktorene ift byggematerialer. Med et barskt klima, med store lokale variasjoner grunnet geografiske

og topografiske forhold, har byggeskikken i Norge utviklet seg forskjellig avhengig av variasjonen i klimatiske påkjenninger. Den gode tilgangen på tre har gjort at tre har blitt brukt til husbygging de fleste steder i landet, noe som har gitt utvikling av en rik trehustradisjon. Utviklingen reflekterer skiftende stilarter og moteretninger i inn- og utland, men viser også at utviklingen i økonomi og levestandard har påvirket utviklingen.

Trevirke preger stadig norsk byggeskikk sterkt, og med unntak av tettere bebyggelse i de mest urbane strøkene er trevirke fortsatt det materialet som benyttes i størst grad i norske bygninger. Dette gjelder særlig boliger, garasjer, boder, hytter/fritidshus og fiskeri- og landbruksbygninger. I dag er 75 - 80 prosent av alle nybygde boliger trehus, bygget i bindingsverk i tre. Ser man på kategorien småhus er andelen trehus over 98 prosent. Lavere servicebygninger i en til to etasjer blir også ofte bygget i tre. Bindingsverk i tre brukes også i stor grad som i utfyllende lette yttervegger og som innvendige skillevegger i bygninger hvor bærekonstruksjonen består av betong og/eller stål (Edwardsen og Ramstad, 2006).

## 2.4 Bygningsinformasjon – Matrikkelen

Matrikkelen er Norges offentlige register over grunneiendommer (eiendomsregister), og 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. Matrikkelen har nå fullt ut erstattet GAB-registeret (komplett pr april 2009). Den nye loven om eiendomsregistrering (matrikkeloven) med tilhørende forskrift skal sikre *”at det blir ført eit einsarta påliteleg register (matrikkelen) over alle faste eigedommar i landet, og at grenser og eigedomsforhold blir klarlagde”* (Miljøverndepartementet, 2010 a og b). Matrikkel forskriften gir utfyllende retningslinjer for eiendomsregistrering og føring av matrikkelen, og går bl.a. nærmere inn på hvem som kan føre informasjon og hvem som skal ha innsyn til informasjon i matrikkelen. Det er den enkelte kommune som har ansvaret for innlegging av bygningsinformasjon i matrikkelen, basert på igangsettingssøknader, ferdigattester osv. som blir sendt inn til byggesaksavdelingene.

Det er gjort et stort arbeid i kommunene for å komplettere informasjon i matrikkelen, der det tidligere var ufullstедigheter i GAB-registeret. Dette gjelder bl.a. informasjon om byggeår, som tidligere bare var reell for bygninger bygget etter 1982. Vi har i dette arbeidet bare benyttet bygningsrelatert informasjon fra matrikkelen.

Hver informasjonslinje i matrikkelen refererer til en bygning, som er unikt identifisert ved sitt bygningsnummer. I matrikkelen er det registrert informasjon for hver gang det er byggemeldt for en bygning, dvs. for igangsettingssøknad, igangsettingstillatelse, oppstart av bygging samt alle eventuelle senere endringer, tilbygg, påbygg osv. Det er også lagt inn informasjon om hvorvidt bygninger er brent, revet osv. Hver bygning kan dermed ha opptil flere linjer i matrikkelen. Matrikkelen utgjør en enorm database selv om man bare trekker ut ren bygningsinformasjon. Det er videre knyttet en del kodet informasjon til hver bygning, som angir parametere som bygningstype (som f.eks. enebolig, forretning, kraftstasjon, lager, fiskeri- eller landbruksbygning, garasje, hytte), byggeår, plassering (kartkoordinater), brutto- og nettoarealer osv. Det er ikke knyttet informasjon til materialbruk eller andre kvalitetsrelaterte verdier til bygningsinformasjonen i matrikkelen.

Hver linje i databasen henviser til en bygning med et unikt bygningsidentifikasjonsnummer. Informasjonen i databasen kan sorteres etter bygningsidentifikasjonsnummer slik at man samler alle linjer som refererer til samme bygning. Ved å filtrere vekk alle bygninger som er identifisert som ikke-eksisterende (revet, brent osv.), sitter man igjen med informasjon om alle eksisterende bygninger. Dette er et nøyaktighetsarbeid av høy viktighet for å unngå å telle noen bygninger flere ganger eller å telle med bygninger som ikke lenger eksisterer. Disse operasjonene er gjennomført automatisk ved bruk av programvare utviklet i Matlab5 av SINTEF Byggforsk for dette prosjektets behov og hensikt

spesielt. Tellingen er basert på tekstfiler fra Statens Kartverk med bygningsinformasjon sortert etter kommuner og fylker.

De følgende to felt i matrikkelen inneholder nøkkelinformasjon for korrekt telling av bygninger. Hver av inneholder numeriske kodeverdier, se listen nedenfor for kodeidentifikasjon.

*Løpenummer (LOPENR):*

0 = hovedbygning

Ethvert tall annet enn 0 betyr endring, dvs. Påbygg, tilbygg eller rehabilitering av en slik grad at det er søknads- eller meldepliktig.

*Aktuell bygningsstatuskodeidentifikasjon (AKT\_BYGNINGSTATUSKODEID):*

0 = *Rammetillatelse* = prosjekt godkjent

1 = *Igangsettingstillatelse* = arbeid oppstartet

2 = *MidlertidigBrukstillatelse* = midlertidig brukstillatelse

3 = *Ferdigattest* = Bygning godkjent for innflytting

4 = *TattIBruk* = Tatt i bruk, tilsvarer verdi 3 men uten formell melding /ferdigattest

5 = *MeldingssakRegistrerTiltak* = Melding om mindre tiltak uten krav til søknad

6 = *MeldingssakTiltakFullfort* = Melding om ferdigstillelse av mindre tiltak

7 = *IkkePliktigRegistrert* = Bygning uten søknads- eller meldeplikt ( f.eks. < 15m<sup>2</sup>)

8 = *BygningGodkjentForRevetBrent* = Tillatelse til riving/fjerning

9 = *BygningRevetBrent* = Ødelagt eller brent

10 = *ByggingAvlyst* = Tiltak avlyst, aldri bygget

11 = *BygningFlyttet* = Bygning flyttet, f.eks. laftebygning

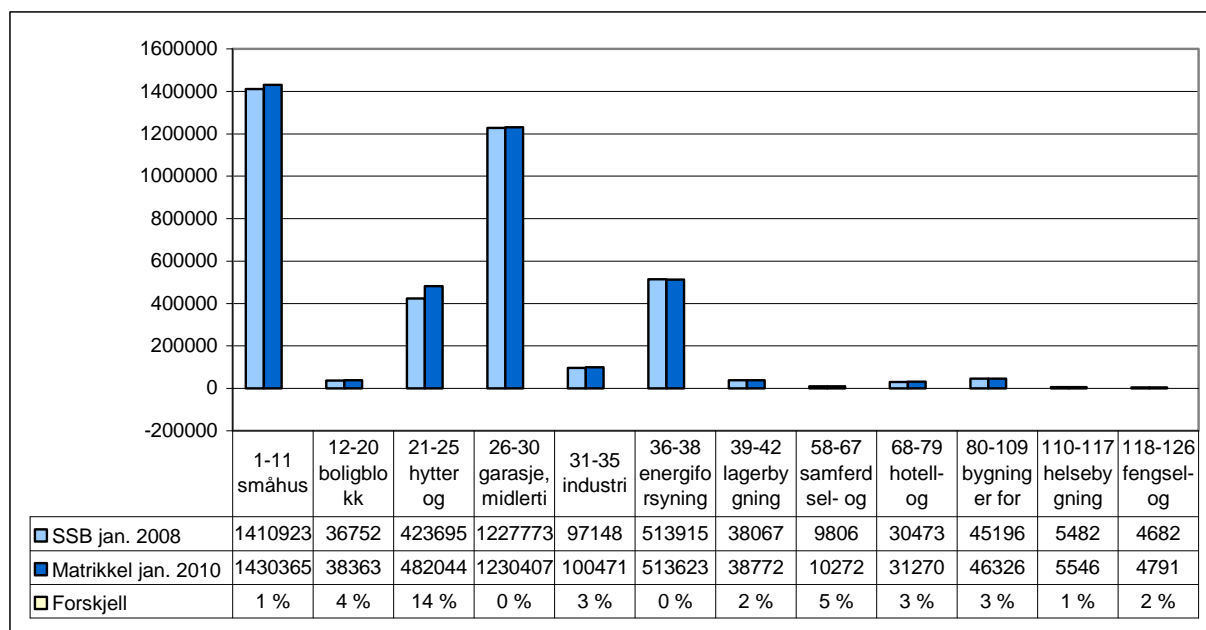
12 = *BygningsnrUtgatt* = Bygningsnummer utgått (registrerings spørsmål)

I dette prosjektet var det nødvendig å telle antallet eksisterende bygninger, bygninger under oppføring samt bygninger som er gitt byggetillatelse (som er under bygging eller vil bli bygget i nær fremtid), for å få registrert det mest oppdaterte antallet nye bygninger i tallgrunnlaget som prosjektet baserer vurderingene for fremtidsprosjeksjoner på. Alle linjer som refererer til samme bygning har vært vurdert samlet, og hver enkelt bygning er bare med i tellingen hvis de fyller følgende logikk (relatert til kodeidentifikasjonslistene foran):

Bare linjer med løpenummer (LOPENR) = 0 er tatt med i betraktningen, og alle har aktuell bygningsstatuskodeidentifikasjon (AKT\_BYGNINGSTATUSKODEID) < 8.

Sammenligning med tall fra Statistisk Sentralbyrå (SSB) sin bolig- og bygningsstatistikk:

SSB publiserer på data for antall av eksisterende bygninger i Norge på sine hjemmesider, som oppdateres hvert år. I SSB sin statistikk er arealer og annen relevant informasjon for nye bygninger inkludert, mens for eksisterende bygningsmasse er antallet bygninger eneste tilgjengelige informasjon. For å muliggjøre uttrekk av informasjon som er mer rikholdig for eksisterende bygningsmasse i uttrekket fra matrikkelens database, har det vært nødvendig å utvikle programvare i dette prosjektet. Samtidig har det vært verdifullt å sammenligne resultatene med SSB sin statistikk, for å validere programvaren, se figur 2.4.1.



*Figur 2.4.1* Diagrammet viser bygningsantall fordelt etter bygningstyper for hele landet. Lyse blå stolper viser antallet eksisterende bygninger i SSB sin bolig- og bygningsstatistikk for januar 2008 og mørke blå stolper viser antallet eksisterende bygninger og godkjente tiltak/planlagte nye bygninger i dette prosjektets uttrekk fra matrikkelen for januar 2010. Det er for alle bygningstyper registrert et tilsvarende eller høyere antall bygninger for matrikkelen enn for SSB. Tallene før teksten som angir bygningstype viser til kategorier fra matrikkelen som er slått sammen i hovedkategorier av bygningstyper.

SSB har sitt tallgrunnlag fra matrikkelen på samme måte som dette prosjektet, men det understrekes at formålet med SSB sin statistikk er å presentere antallet eksisterende bygninger, mens den informasjonen som foreligger etter å ha benyttet egenutviklet programvare for å tolke uttrekket fra matrikkelen i tillegg inkluderer data om bygninger som er under konstruksjon eller som er godkjent for bygging hos kommunen (aktuell bygningsstatuskodeidentifikasjon lik 0 og 1, se i listen foran). I tillegg er SSB sin bolig- og bygningsstatistikk fra januar 2008, mens uttrekket fra matrikkelen er gjort i januar 2010 og derfor sannsynligvis også har et høyere antall ferdigstilte bygninger registrert. Det er derfor naturlig å forvente høyere antall bygninger fra uttrekket av matrikkelen enn fra SSB sin statistikk. Dette kan forklare den generelle forskjellen på tilnærmet 2 % mellom tallene fra SSB og matrikkeluttrekket. Likevel er det en bemerkelsesverdig forskjell på hele 14 % mellom SSB og matrikkelen i kategorien for hytter og fritidshus. Det er rimelig å anta at det både har vært stor vekst i antallet nybygde hytter i perioden januar 2008 til januar 2010, samt at det er et stort antall omsøkte og godkjente hytter som er i planlagt og /eller under bygging.

## 2.5 Fra Klima i Norge 2100 og Klimakur 2020

Forskningsstrategien *Kunnskap for klima* fra styringsgruppen i det strategiske forumet *Klima21*, ble overlevert regjeringen 1. februar 2010. Klima21 er en oppfølging av Klimaforliket i Stortinget i 2008 (Styringsgruppen for Klima21, 2010). Ettersom Klima21 er en forskningsstrategi med fokus på kunnskapsinnhenting, er den ikke benyttet som grunnlag i denne rapporten.

Etatsgruppen Klimakur 2020 skal vurdere virkemidler og tiltak for å oppfylle klimamålet om å redusere de norske utslippene av klimagasser med 15 til 17 millioner tonn innen 2020. Utredningen ble overlevert 17. februar 2010. Den vil danne grunnlag for regjeringens vurdering av klimapolitikken,

som skal legges fram for Stortinget i 2010. Klimakur 2020 har ikke vært benyttet som grunnlag i denne rapporten.

## 2.6 Fra Klima 2000

### Behov for klimatilpasning

Norske gode byggetradisjoner og -praksis er godt utprøvd og dokumentert gjennom SINTEF Byggeforsk sine anvisninger, og alt skulle ligge godt til rette for at vi bygger godt klimatilpassete bygninger i 2010. Sluttrapporten fra det store forskningsprogrammet Klima 2000 ved SINTEF Byggeforsk (Lisø og Kvande, 2007) viser at det ikke er urimelig å påstå at gode byggetradisjoner og praksis til en viss grad blir neglisjert i jakten på kostnadseffektive løsninger. Dermed vil de samme kostnadseffektive løsningene helt klart også kunne være i strid med gode klimatilpassede løsninger. Rapporten til Eriksen et al. (2007) om klimatilpasning i typehussektoren viser på samme måte at mange huskjøpere ikke prioriterer klimatilpasning og tekniske løsninger når de bestiller ferdighus. Kvande og Lisø viser til at klimaet i Norge er ekstremt variert, at det hvert år fører til omfattende skader på det bygde miljø og at levetiden til materialer og konstruksjoner avhenger sterkt av de lokale klimaforholdene. Videre viser de til at sammenhengen mellom materialers egenskaper, konstruksjoners virkemåte, bygningers utforming og geografiske plassering, og klimapåkjenningsene de blir utsatte for er svært kompleks. Det store utvalget av materialer og systemløsninger på markedet, sammen med omfanget av byggskader i Norge illustrerer klart at det er et stort behov for klarere kriterier og bedre anvisninger for prosjektering og utførelse av kritiske konstruksjonsdetaljer knyttet til bygningers ytre klimaskjerm.

Sluttrapporten fra Klima 2000 konkluderer bl.a. med at klimaendringer som følge av global oppvarming ytterligere vil forsterke sårbarheten til bygninger og annen infrastruktur. Endringer i klimaet vil ha ulik virkning på ulike typer bygninger, avhengig av bruk, størrelse, utforming, oppbygging, materialvalg og lokalisering. Generelt forventes det at fremtidens bygningskonstruksjoner i deler av landet må tåle enda større ytre klimapåkjenninger enn i dag, og at dette spesielt vil være knyttet til fuktpåkjenninger. Det bygde miljø har en forventet levetid fra omkring 60 til over 100 år. Vi må allerede nå ta hensyn til økte og endrete klimabelastninger på bygninger som oppføres de neste tiårene, dersom den forventede levetiden skal opprettholdes og nytt bygget miljø skal være bærekraftig slik at negativ påvirkning på klimaet fra bygget miljø blir så lavt som mulig. Nye og forbedrede metoder for å vurdere risiko knyttet til mulige virkninger av endringer i lokale klimaforhold er nødvendige for tidlig å kunne gjennomføre effektive klimatilpasningstiltak.

Det er i mange tilfeller nødvendig å fraråde bruk av bestemte tekniske løsninger eller materialsammensetninger, fordi løsningene ikke er tilpasset klimaet på stedet. Klimaet kan være så barskt at det begrenser konstruksjonens levetid eller funksjonalitet. Eriksen et al. (2007) viser til at typehus ofte bygges på samme måte, uavhengig av hvor i landet de bygges. Dette kan føre til klimarelaterte skader som følge av at bygningene ikke i stor nok utstrekning er bygget for de påkjenningsene de er utsatt for. Et annet aspekt ved å bruke samme løsninger over hele landet kan være at man bygger mindre bærekraftig ved å bruke dyrere og mer robuste løsninger enn man strengt tatt behøver.

Figur 2.6.1 viser et eksempel på lokal klimatilpasning fra Nordkapp kommune. Riktig plassering av bygninger vil bli enda viktigere i fremtiden.

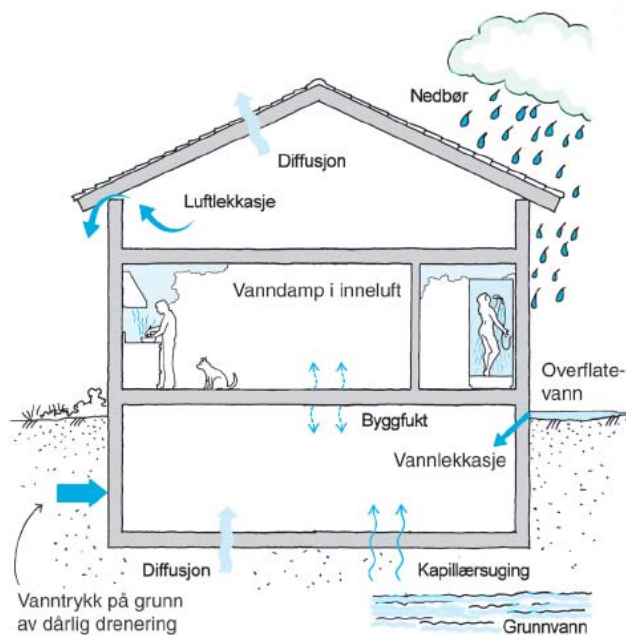


Figur 2.6.1 Eksempel på lokal klimatilpasning fra Nordkapp kommune. Bygningene er plassert i ly mellom to knauser ute på odden. Foto: Tore Kvande, SINTEF Byggforsk.

### Klimatilpasning

Det følgende er direkte utsnitt fra boken Klimatilpasning av Lisø og Kvande (2007), kapittel 1 – Klimatilpasning. Det er kun gjort enkelte justeringer i teksten.

*Klimatilpassede bygninger og bygningskonstruksjoner* benyttes her som fellesbetegnelse for konstruksjoner som planlegges, prosjekteres og utføres for å motstå ulike typer av ytre klimapåkjenninger – fra nedbør, snøavlagring, vind, solstråling og temperatur. Figur 2.6.2 viser vanlige fuktkilder og fukttransportformer i bygninger.



Figur 2.6.2 Betegnelsen bygningens ytre klimaskjerm omfatter tak, terrasser, yttervegg over terreng, yttervegg mot terreng og golv på grunnen med ringmur. Her er i tillegg vist vanlige fuktpåkjenninger og – transportformer. Kilde: Fig 11 Byggdetaljer 421.132

### Ekstremvær og ”hverdagsvær”

Klimaendringene vil føre til mer ekstremvær. Ekstremvær medfører store utfordringer for det bygde miljø, og i en del tilfeller bør risiko for ekstremvær legges til grunn ved dimensjonering og geografisk

plassering av bygninger. Eksempler her kan være ekstreme vindlaster på utsatte steder, stormflo og skadeflom, og høy nedbørsintensitet i sårbare områder med begrensede naturlige fordrøyningsmuligheter. Skadeutbetalinger fra forsikringsselskapene etter ekstremvær er imidlertid meget små i forhold til det totale årlige byggskaedomfanget i Norge. Våre undersøkelser viser at det er kampen mot fuktskader som bør ha sterkest fokus også under et nytt klimaregime. Det er fuktpåkjenninger i ulike former som både i dag og i fremtiden vil gi de største utfordringene for robustheten til det bygde miljø. Mer nedbør og høyere temperaturer kan eksempelvis gi økt fare for uønsket biologisk vekst på og i bygningskonstruksjoner over hele landet. I Norge er det først og fremst kysten fra Rogaland og nordover til Finnmark som rammes av ekstremvær.

Eksempler på ekstremvær (fra *Klimatilpasning av bygninger*, Lisø og Kvande, 2007)

- ◆ Orkanen på Nordvestlandet nyttårsdagen 1992 forårsaket skade på nesten 34 000 private eiendommer og kostet forsikringsselskapene 1,3 milliarder kroner. Ett menneskeliv gikk tapt. Hovedtyngden av skadene var relatert til tak og taktekning, først og fremst grunnet mangelfull forankring.
- ◆ Kombinasjonen snøsmelting og nedbør førte i juni 1995 til en flomkulminasjon av sjeldne dimensjoner på Østlandet. Flommen førte til over 6.800 meldte skader og ca. en milliard kroner i forsikringsutbetalinger.
- ◆ Store snølaste på tak bidro vinteren 1999/2000 til at flere større bygninger i Nord-Norge brøt sammen. Ulykken ved Bardufoss samfunnshus, hvor taket falt ned og krevde 3 menneskeliv, var den mest alvorlige ulykken. De viktigste årsakene til dette sammenbruddet var både feilkonstruksjon av taket fra den gang bygningen ble oppført, og større snølast på taket enn det taket var dimensjonert for.
- ◆ På Østlandet og Sørlandet regnet det kraftig i lengre perioder høsten 2000. Den langvarige nedbørsbelastningen forårsaket skader på bygninger som tidligere ikke har vært utsatt for skader.
- ◆ Flommen i Trøndelag i januar og februar 2006 og januarstormen Narve samme år medførte til sammen forsikringskader for ca. 181 millioner kroner fordelt på over 2.800 skader. (Kilde: [www.fnh.no](http://www.fnh.no) og [www.met.no](http://www.met.no))

Ingen av disse enkeltstående vær-situasjonene kan tilskrives klimaendringene, men de er en påminnelse om hvor sårbart samfunnet er overfor store klimavariasjoner og ekstremt vær.

### Klimapåkjenninger og byggskader

Analyser av byggefeil er nødvendige for å videreutvikle prosjekteringsverktøy, løsninger og forebyggende tiltak som skal sikre funksjonsdyktige klimaskjerm. For å belyse sårbarheten til ulike typer av materialer og konstruksjoner under varierende klimaeksponering, er det utført en omfattende analyse av empiriske data knyttet til gransking av prosessforårsakede byggskader. SINTEF Byggforsk sitt elektroniske byggskaidearkiv viser at:

- 3/4 av skadene skyldes fuktpåvirkning.
- 2/3 av skadene opptrer i tilknytning til bygningens klimaskjerm.
- 1/4 av skadene skyldes nedbør alene.
- 1/3 av skadene i tilknytning til yttervegger over terreng skyldes nedbør alene.
- 1/2 av skadene i tilknytning til tak og terrasser skyldes nedbør alene.

Byggskaidearkivet blir nå videreført og implementert i *Nasjonal database for byggkvalitet*, et SINTEF-prosjekt delfinansiert av det statlige *Byggekostnadsprogrammet*. En nasjonal satsning på reduksjon av byggskader, gjennom systematisk kunnskapsformidling og erfaringstilbakeføring, kan gi samfunnsøkonomiske besparelser i milliardklassen. Resultatet, en egen nettside som skal være næringens kunnskapsbase for byggkvalitet, skal samle kunnskap og erfaringer knyttet til byggskaideutviklingen i Norge.

I tillegg til nasjonale erfaringstilbakeføringssystemer, ser vi et klart behov for videreutvikling av systemer for informasjonsutveksling også internt hos nasjonale tiltakshavere, kataloghuskjeder og entreprenørbedrifter. Dette vil være et viktig grep for å formalisere og styrke lokalkunnskap samt å lære av byggefeil.

Temaet klima- og fuktrelaterte byggskader er videre utdypet i håndboken *Klimatilpasning av bygninger*, kapittel 3 (Lisø og Kvande, 2007).

### **Fuktpåkjenninger gir spesielle utfordringer i byggeprosessen**

Tradisjonelt har systematisk evaluering av sikkerhet mot fuktskader vært viet liten oppmerksomhet i byggebransjen. Fukttekniske spørsmål blir håndtert som kun ett av mange problematiske elementer under byggeprosessen, og blir ofte undervurdert eller uteglemt. Stadig strengere krav til økonomi, fremdrift og kvalitet, kombinert med store mengder nedbør i byggeperioden, viser seg også å være vanskelig å forene med kravene til god fuktsikring av bygninger.

En stadig fortetting av utbyggingsområder, med sterk økning av tette flater, endrer avrenningsmønsteret for overvann dramatisk. Med økt hyppighet av store nedbørmengder vil dette oftere kunne føre til flom med fare for inntrengning av vann i lavereliggende bebyggelse. I fuktsikring av konstruksjoner mot grunnen inngår en rekke tiltak hvor etablering av system for lokal håndtering av overvann er ett. Å håndtere overvannet lokalt, for eksempel ved infiltrasjon på overflaten eller ved å fordrøye avrenningen i lokale magasiner, gjør at belastningen på det offentlige ledningsnettet reduseres og at risikoen for flomskader ved mye regn går ned. Systemer for lokal overvannshåndtering må i økende grad etableres både i tilknytning til nye og eksisterende bygninger.

Fuktforhold i bygningsmaterialer som følge av ytre klimafaktorer, er avgjørende for materialer og konstruksjoners funksjonalitet og bestandighet. Dagens store utvalg av materialer og systemløsninger kan komplisere prosessen med å velge fuktsikre løsninger. Det er derfor et klart behov for å øke kunnskapsnivået om følger av fuktpåkjenning, slik at mer pålitelige anvisninger kan utarbeides, og bedre løsninger utvikles.

I alle byggeprosesser må det så tidlig som mulig utarbeides en plan for fuktsikker byggeprosess. En god plan må omfatte hele byggeprosessen inkludert underleverandører. For å sikre at en slik plan blir utarbeidet og fulgt, bør beskrivelsestekster for alle bygg inneholde et punkt som synliggjør tiltakshaverens forventning om fuktsikker byggeprosess og værbeskyttet bygging.

### **Nye metoder for geografisk differensiert utforming**

Økt kunnskap om klimatilpasning og mulige virkninger av klimaendringer på bygningers funksjonsdyktighet kan delvis oppnås gjennom å utvikle forbedrede metoder for vurdering av klimaets innvirkning på klimaskjermens robusthet. Inngående kunnskap om materialer, konstruksjoner og klimapåkjenninger, både historiske klimadata og scenarier for klimaendring, er nødvendig i denne sammenhengen. Resultatene fra Klima 2000 har bidratt til mer nøyaktige retningslinjer for bygningsfysisk prosjektering. Nye og forbedrede metoder for geografisk differensiert utforming av klimaskjerm er utviklet, i nært samarbeid med NTNU og Meteorologisk institutt. Metodene omfatter:

- frostnedbrytningsindeks for porøse bygningsmaterialer
- indeks for vurdering av potensialet for råte i trekonstruksjoner i ulike klima
- nytt slagregnkart for Norge
- nytt frostmengdekart



Disse klimaindeksene og -kartene kan benyttes som verktøy for å komme fram til nye ytelseskrav og vurdere nedbrytningshastigheter, i et endret klima, ved å inkorporere data fra klimaendringsscenarioer på regionalt og lokalt nivå.

Historiske klimadata er også brukt til å belyse utfordringer som oppstår når internasjonale standarder tas i bruk på nasjonalt nivå, uten at de justeres i forhold til varierende lokale klimaforhold.

Temaet klimadata og klimaindeksener er videre utdypet i boken *Klimatilpasning* (Lisø og Kvande, 2007), kapittel 2.

### **Bruk av klimadata og -indekser for bygningsfysisk prosjektering**

Stedsspesifikke klimadata og -indekser har bare i begrenset grad vært brukt som underlag for geografisk differensierte vurderinger av en gitt teknisk løsnings egnethet i et gitt klima. Klimaindeksene og -kartene som presenteres i denne boka, er et første skritt i retning av slik bruk, og de kan anvendes som underlag for risikovurderinger knyttet til bygningers funksjonsdyktighet under fremtidige endrede klimaforhold.

Klimaindeksener som gjør det mulig å analysere klimaskjermens funksjonsdyktighet eller nedbrytningshastighet kan være et viktig element i utviklingene av tilpasningstiltak. Vurdering av endret potensial for råte i trekonstruksjoner, basert på sammenlikninger mellom historiske klimadata for normalperioden 1961-1990 og klimascenarioer for perioden 2021-2050, er et eksempel på bruk av klimadata for bygningsteknisk prosjektering.

Påliteligheten til klimaindeksener eller klimadifferensierte anvisninger avhenger sterkt av den geografiske spredningen av observasjonsstasjonene. Det norske stasjonsnettverket er ikke optimalt fordelt, slik at det fullt ut kan ta høyde for lokale variasjoner, men det gir likevel en solid plattform for den videre utviklingen av metoder for geografisk differensiert utforming.

### **Klimatilpasning og samfunnsikkerhet i offentlig forvaltning**

Regjeringen oppnevnte i 1999 et offentlig utvalg for å utrede samfunnets sårbarhet og beredskap. Utvalget la frem sin innstilling i juli 2000 (NOU 2000:24). Naturkatastrofer forårsaket av ekstremt uvær, skred, stormflo eller ras blir her definert som en del av trusselbildet, med hensyn til utfordringer for samfunnsikkerheten under normale fredsforhold. Klimapåkjenninger og ekstremværhendelser er faktorer det er viktig å ta hensyn til ved utforming av det bygde miljø.

I forhold til samfunnsmessige risikoer knyttet til klimapåkjenning og klimaendringer, kan multidisiplinære metoder for risikoanalyse være et viktig virkemiddel i en mer aktiv og dynamisk måte å sikre en byggeprosess med høy kvalitet og et mer bærekraftig bygd miljø. Risikoanalysene må benyttes sammen med anvisninger for prosjektering som tar høyde for både dagens lokale klimaforhold og mulig framtidig endret klima.

I større, komplekse byggeprosjekter er det en tradisjon for å bruke risikoanalyser som et verktøy. Denne tradisjonen har ikke spredt seg fra storskala til mer ”triviell” byggevirksomhet som for eksempel småhusbygging. Moderne verktøy for risikoanalyser bør nå tas i bruk innenfor større deler av byggenæringen.

En vellykket implementering av planer for klimatilpasning på nasjonalt nivå er imidlertid avhengig av at noen få nøkkelinstitusjoner evner å sette i gang både statlige reguleringstiltak og virkemidler på lokalt nivå for å redusere klimasårbarheten. Eksempler på slike nøkkelinstitusjoner kan være Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap og Statens bygningstekniske etat. Mulige tiltak kan være:

- informasjonskampanjer rettet mot lokalpolitikere, for å initiere tiltak i kommunene for bedre å ivareta klimatilpasning og fuktrelaterte problemstillinger
- utforming av retningslinjer for gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser i kommunene relatert til mulige klimascenarier som flom, stormflo, snøskred, jordskred, ekstremnedbør og vind
- utforming av mal for kommunal veileder for klimatilpasningstiltak, på linje med andre veiledere kommunene benytter i sitt plan- og byggesaksarbeid

Vår erfaring viser at formalisert og sentralisert styring av byggeprosessen begrenser mulighetene for lokal klimatilpasning og fuktsikring så lenge aktørene i byggeprosessen mangler systemer for å ivareta lokalkunnskap. Det er et klart behov for:

- Styrking av kommunalt tilsyn for å redusere omfanget av byggskader og byggefeil. Den tekniske kapasiteten til kommunene, som ble bygget ned med reformen av plan- og bygningsloven av 1997, må bedres både for å kunne utføre tilsyn og for at kommunene skal kunne påta seg et større ansvar for å sikre en klimatilpasset og fuktsikker bygningsmasse.
- styrket ivaretagelse av klimatilpasning og fuktsikring i plan- og bygningsloven, teknisk forskrift og veiledning, med blant annet lovkrav om at temaet blir trukket inn i kommunal planlegging, byggesaksbehandling (forhåndskonferanse) og tilsyn
- statlig tilrettelegging for nettverk av ressursinstitusjoner som kan bistå kommunene og aktørene i byggenæringen med informasjon, læring og samarbeid om klimatilpasning og fuktsikring av bygninger
- utarbeidelse av geografisk differensierte løsninger og anvisninger for ulike klimasoner/-utfordringer
- styrket fokus på klimatilpasning i kommunal planutvikling, gjerne gjennom utarbeidelse av kommunale klimasonekart eller innarbeiding av klimasoner og lokale påkjenninger i reguleringsplanene for tilrettelegging av lokal klimatilpasning og fuktsikring i byggeprosessen
- formalisering av kompetanse på kommunenivå gjennom for eksempel utvikling av veiledere
- forsterket lokal fokus på klimarelaterte problemstillinger og fuktutfordringer i forhåndskonferanser, byggesaksbehandling og tilsyn.

### **Ansvar for klimatilpasning**

Ansvar for å oppnå høyere kvalitet på det som bygges og å ivareta det samfunnsmessige sikkerhetsaspektet, ligger på flere organisatoriske nivåer og er fordelt på alle aktørene gjennom hele byggeprosessen. På statlig nivå ligger ansvaret for lovutforming og overordnede tiltak. På kommunalt nivå ligger et ansvar for å vurdere konsekvensene av et endret klima. På foretaksnivå ligger ansvaret for konkret iverksetting av tiltak for å sikre det bygde miljø gjennom å ta hensyn til lokale klima- og fuktrelaterte problemstillinger i planlegging, prosjektering og bygging. Etter revisjon av godkjenningkatalogen i 2003 ble ansvarsområdene forenklet, men det er stadig aktørene som sitter med ansvaret for det arbeidet de utfører. For å øke kvaliteten og bedre sikkerheten i byggeprosessen må det iverksettes tiltak på alle nivåer.

Temaet fuktsikker byggeprosess er videre utdypet i håndboken *Klimatilpasning av bygninger* (Lisø og Kvande, 2007), kapittel 4.

**Klima 2000 (2000-20007)**

Programmets hovedmål har vært å utvikle løsninger og prosesser som bidrar til økt bestandighet og økt pålitelighet ved ytre klimapåkjenninger. Programmet har også studert mulige virkninger av klimaendringer, og drøftet hvordan samfunnet best kan tilpasse seg. Programmet har vært et viktig ledd i arbeidet med å utvikle og revidere anvisninger i byggenæringens kvalitetsnorm, Byggforskserien, og som underlag for videreutvikling av retningslinjer for produktdokumentasjon i form av tekniske godkjenninger og sertifiseringer. I denne boken presenteres overordnede resultater fra programmet, med spesielt fokus på kritiske løsninger, metoder for bruk av klimadata og anvisninger for geografisk differensiert design.

**Utvalgte resultater fra Klima 2000**

- ◆ Nye metoder for geografisk differensiert utforming av bygninger
- ◆ Nye klimadata og -indekser for bygningsfysisk prosjektering
- ◆ Nye anvisninger for beslag mot nedbør
- ◆ Ny anvisning for vindforankring av fleksible takbelegg
- ◆ Forbedrede metoder for vurdering av mikrobiologisk vekst i bygninger
- ◆ Ny beregningsmetode for vurdering av risiko for muggsoppvekst
- ◆ Nye og forbedrede anvisninger for utvendige kledninger
- ◆ Nye anbefalte krav til vindsperrer
- ◆ Nye geografisk differensierte anvisninger for regntett fasadepuss
- ◆ Nye løsninger for ringmurer
- ◆ Nye verktøy og metoder for fuktsikker byggeprosess
- ◆ Nye retningslinjer for værbeskyttet bygging
- ◆ Forbedrede og mer presise funksjonskrav for sentrale elementer i klimaskjermen
- ◆ Forbedrede beregningsmetoder for vurdering av snølast på tak
- ◆ Snøinndrevsikre rafteløsninger
- ◆ Videreutvikling av metoder for avanserte fuktregninger
- ◆ Etablering av elektronisk byggskaedarkiv
- ◆ Fundament for implementering av geografisk differensierte anbefalinger og anvisninger i Byggforskserien

**2.7 Fra den svenske Klimat- og sårbarhetsutredningen (SOU)**

Den nasjonale svenske klima- og sårbarhetsutredningen som ble publisert 1. oktober 2007 (SOU, 2007), konkluderte med at Sverige vil bli kraftig påvirket av klimaendringene og at tilpasning til klimaendringene burde igangsettes umiddelbart. En av hovedanbefalingene var at kommuner og fylkeskommuner/fylkesmannsembeter (länsstyrelser) burde få økt ansvar og statlig støtte for å gjennomføre kostnadskrevenne tiltak i stor skala. Det er naturlig å anta at funnene i den svenske utredningen er overførbare til norske forhold.

- Utredning gir en oversikt over sårbarhetsområder og en overordnet kostnadsestimering
- Utredningen er gjennomført i samråd med berørte aktører, bl.a. myndigheter, kommuner, næringsliv, vitenskapelige institusjoner og enkeltorganisasjoner
- Over 300 000 bygninger i Sverige ligger i områder med høy risiko for ras, skred og erosjon
- Bygninger til en verdi av mellom 30 og 100 mrd SEK er i faresonen i dette hundreåret dersom tiltak ikke iverksettes
- Oversvømmelse av bebyggelse kan forårsake skader for over 100 mrd SEK

Utredningen kom med en tipunks liste med hovedanbefalinger, hvorav de som berører bygget miljø er gjengitt her (oversatt til norsk):

1. Det er nødvendig å igangsette tilpasning til klimaendringene i Sverige. Hovedtrekkene i klimascenariene er, til tross for usikkerheter, tilstrekkelig robuste til å benyttes som underlag.
2. Risiko for oversvømmelser, ras, skred og erosjon øker på mange steder så mye at det er behov for å øke innsatsen for forebyggende tiltak. Statlig finansiering av klimatilpasningstiltak bør iverksettes som støtte for storskala kostnadskrevende innsats.
9. Fylkeskommunene bør få en sentral rolle i klimatilpasningsarbeidet. Et særskilt klimatilpasningsutvalg bør opprettes i hvert fylke, for å forsterke støtten til kommunene.
10. Det foreslås at det opprettes et nytt institutt for klimaforskning og -tilpasning.

### **Øvrige hovedkonklusjoner fra den svenske utredningen**

3. Skogstilveksten øker kraftig, forutsetningene for jordbruksproduksjon forbedres. Imidlertid kreves det tilpasningstiltak for å minimere skadene og bevare biologisk mangfold.
4. Østersjøen risikerer dramatiske forandringer av økosystemene. Klimaendringene forverrer dagens situasjon og arbeidet med å minske utslippene bør intensiveres.
5. Vannkvaliteten i sjøer og vassdrag vil forringes, noe som krever innsats for å opprettholde en god drikkevannskvalitet.
6. Tilvoksing av fjellområdene kan påvirke både reinnæring og fjellturisme.
7. Det varmere klimaet påvirker helsen og leder til flere dødsfall på grunn av varmebølger og økt smittespredning.
8. Sveriges energibalanse vil ha en gunstig påvirkning gjennom minsket varmebehov og økt vannkraftpotensial.

### **Hovedfunn under delutredning om bygninger**

Den svenske klima- og sårbarhetsutredningen er basert på delutredninger. Bilag 17 – Byggnader i förändrat klimat er en underlagsrapport om bygninger utviklet av det svenske Boverket ved Nikolaj Tolstoy. Denne underlagsrapporten har tatt for seg bebyggelsens sårbarhet for klimaforandringer og ekstremvær utenom oversvømmelser, ras og skred samt overflatevann. Underlagsrapporten går inn på svært detaljerte temaområder på bygningsdelsnivå som klimaskall, takmaterialer, fasadematerialer, vinduer, grunnforhold og energiforsyning.

Det antas i rapporten at det er av større betydning å se på eksisterende enn til nå ubygget bebyggelse fordi den eksisterende bebyggelsen skal bevares i mange år fremover, mens man har muligheten til å innvirke på plassering og utførelse av bygninger som ennå ikke er bygget. Et sårbart fokusområde er kystsonen i Sverige, som for tiden har størst utbyggingspress. I kystsonen befinner om lag en av Sveriges fire til fem millioner bygninger seg, og det er forventet at store deler av kommende befolkningsøkning vil bosette seg i kystsonen som omfatter 5 kilometer land inn fra havet. Andelen av hus som er bygget innen 100 m fra stranden er fordoblet fra 70-tallet til slutten av 90-tallet. Kystsonen er bebygget med strandnær bebyggelse i ca 30 prosent av kystlinjen. Som i Norge, er det en stor andel småhus og eneboliger i Sverige. En stor andel av disse er bygget i tre.

Det foreslås i den svenske utredningen flere forslag til endringer av *Plan- och bygglagen*. Kommunene har i dag et generelt ansvar for skadeserstatning ved skader som oppstår pga. forsømmelser i myndighetsutøvelse vedrørende manglende planlegging eller risikooversikt (feilaktig eller forsømt planlegging eller byggetillatelsesvedtak). Hvis bygninger påføres skader som kan relateres til slike unnlaterelser ift. risiko for oversvømmelser, ras, skred og erosjon fra myndighetenes side, foreslås det å utvide myndighetenes erstatningsansvar fra 10 til 20 år, for å ivareta byggherrenes interesser. Videre foreslår man å styrke länsstyrelsen (fylkesmannsembetet) med en klimatilpasningsdelegasjon som skal samordne og være en pådriver i arbeidet med klimatilpasning (ROS-analyser, følge opp kommunalt arbeid med klimatilpasning, kunnskapsutvikling osv.). Det er videre fremhevet at länsstyrelsens rolle i planleggingen er viktig. Når det gjelder detaljplanlegging og bygningslovgivning fremheves det at det

er viktig at hensyn til ivaretagelse av vann gjøres tidlig i planleggingsprosessen både i forhold til plassering og bygging.

## 2.8 Klimaprojeksjoner

En klimaprojeksjon er en beskrivelse av fremtidens klima basert på antagelser om hvordan verden vil endre seg de neste 100 årene. Denne typen endringer omtales som scenarier, og omfatter i denne sammenhengen blant annet utslipp av klimagasser, befolkningsvekst og teknologisk utvikling. Disse scenariene benyttes som en del av grunnlaget i for beregninger i klimamodeller.

Tidligere omtalte vi både sosioøkonomiske scenarier og resultater av klimamodellene som scenarier. For noen år siden ble det en enighet i å skille de ulike typene informasjon: Scenarier er beskrivelser av tenkte utviklinger, med tenkte tilhørende utslipp av drivhusgasser. Resultatet av klimamodeller omtales nå som klimaprojeksjoner.

IPCC (2007) brukte i hovedsak fire ulike scenarier. Følgende beskrivelse av scenariene er hentet fra Miljøverndepartementets hjemmeside:

### Scenario A1:

Dette scenarioet tar utgangspunkt i en verden med svært rask økonomisk vekst og tidlig introduksjon av ny og mer effektiv teknologi. Verdensbefolkningen vokser frem til midten av århundret, før den sakte reduseres. Samspillet mellom regionene styrkes. Produksjon og personlig inntekt øker, samtidig som vi opplever mer kulturelt og sosialt samkvem.

### Scenario A2:

I dette utviklingsscenarioet er ulikhetene større. Vi er opptatt av egenart og beskytter lokal identitet. Befolkningsmønstrene forblir ulike, og antall mennesker i verden øker konstant. Den økonomiske og teknologiske utviklingen er både tregere og mer fragmentert enn i de andre scenariene. Det er A2-familien som viser de mest alvorlige klimaendringene.

### Scenario B1:

Dette scenariet beskriver en mer enhetlig verden, som raskt føres i retning av en service- og informasjonsøkonomi. Det bidrar til redusert materielt behov. I likhet med scenario A1 vokser verdensbefolkningen frem til midten av århundret, før tallet sakte reduseres. Fokus er på at globale løsninger bidrar til økonomisk, sosial og miljømessig bærekraft, og større grad av rettferdighet. Forbruket reduseres og vi introduseres for miljøvennlig teknologi. Det iverksettes ikke ytterligere initiativer for klimahåndtering. Scenariene i B1-familien viser de minst alvorlige klimaendringene.

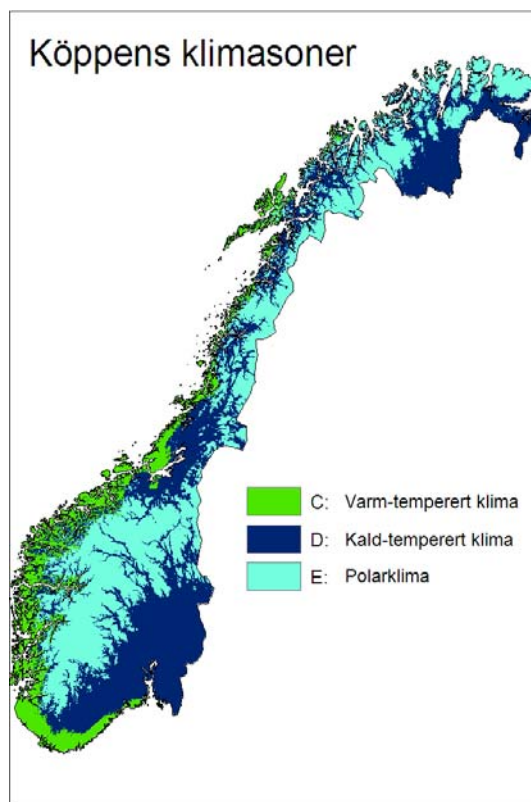
### Scenario B2:

I dette scenariet søker man lokale og regionale løsninger på sosiale, økonomiske og miljømessige utfordringer. Den økonomiske utviklingen er på et middels høyt nivå med variable teknologiske endringer. Befolkningen vokser konstant, men ikke like raskt som i scenario A2. Fokus på miljøvern og økt rettferdighet er til stede, men utfordringene håndteres på lokalt og regionalt nivå.

## 2.9 Klimatiske hovedtrekk i Norge

Forenklet kan en si at klima i Norge styres av tre faktorer: Topografi, breddegrad og avstand til kysten. Alle disse tre faktorene er svært tydelig i kart over normaltemperatur i Norge, her er det klart varmere i sør enn i nord, det er også klart varmere langs kysten enn i innlandet, og fjellområdene er klart kaldere enn daler og lavland. Når det gjelder temperatur er det tydelig at vestkysten av Norge får de største nedbørmengdene, mens det blir tørrere lengre inn i landet. Et eksempel her er Brekke i Sogn (ytterst i Sognefjorden) som har ca 3500 mm som normal, mens Skjåk har 278 mm som årsnormal.

Klimaet i Norge er karakterisert av store topografiske variasjoner og store klimatiske variasjoner innen til dels korte avstander. Köppens klimadata anvendt på Norge angir en inndeling i tre klimasoner. Sonen *varm-temperert klima* strekker seg i et belte langs kysten fra ytre Oslofjord helt nord til Troms. Disse områdene er preget av et maritimt klima med milde vintre og mye nedbør. Sonen *kald-temperert klima* dekker store deler av østlandsområdet fra svenskegrensen mot Vest-Agder/Rogaland, store deler av Trøndelag, deler av Nordland og Troms, samt Finnmarksvidda og indre deler av østre Finnmark. Her er det kaldere vintre og generelt et langt tørrere klima.



Figur 2.9.1 Norge inndelt i Köppens klimasoner slik klimaet er i dag (Kilde: met.no).

Sonen *polarklima* dekker primært fjellområdene i Sør-Norge, og strekker seg nordover langs svenskegrensen i Trøndelag, store deler av indre Nordland og Troms og store deler av Finnmark helt ut mot kysten (se figur 2.9.1). Polarklimaet kjennetegnes ved at middeltemperaturen i årets varmeste måneder er under + 10 °C, og svært kalde vintre. Inndelingen av klimaet i Norge etter Köppens klimaklassifisering viser et godt bilde på de store klimavariasjonene vi har i Norge i dag.

## 2.10 Regionale klimaproeksjoner

Å generere en regional eller lokal klimaproeksjon er en omstendelig prosess i flere steg. Det finnes også ulike metoder, her vil kun den metoden som er benyttet her beskrives. Første steg er å benytte en global klimamodell. Dette er modeller som gir et grovt bilde på utviklingen for hele kloden for periodene en undersøker. Disse klimamodellene kjøres av en rekke institutter i verden, og i denne rapporten er resultater fra modellene som benyttes ved Max Planck Institut<sup>11</sup> (MPI) og Hadley Center<sup>12</sup> (HAD). Resultatene fra disse modellene brukes så utgangspunkt og rammeverk for en regional klimamodell ved Meteorologisk Institutt. Den regionale klimamodellen sin oppgave er å prøve å fange

<sup>11</sup> Kilde: <http://www.mpimet.mpg.de/en/home.html>

<sup>12</sup> Kilde: <http://www.metoffice.gov.uk/climatechange/science/hadleycentre/>

inn lokale og regionale effekter av topografien. Det har vist seg at regionale klimamodeller ikke i tilstrekkelig grad klarer å fange opp topografiske effekter i Norge. For å bedre beskrive de lokale effektene har det ved Meteorologisk institutt blitt utviklet en metode for statistisk korreksjon av projeksjonene.

Ved Meteorologisk institutt er det utviklet en metode for å interpolere observasjoner fra målestasjonene til grid med 1 km oppløsning for Norge. Nettstedet Senorge.no viser kart generert på bakgrunn av disse gridene. Den samme metodikken er det mulig å anvende på projeksjoner av fremtidig norsk klima. Dette gjør det mulig å beregne ulike klimatiske indekser med 1 km for klimaprojeksjonene, og sammenlikne disse med historiske verdier.

De regionale klimaprojeksjonene er heftet med ekstreme usikkerheter. Den første usikkerheten er i scenariene, og valg av scenario. Her vet vi at ingen av scenariene gir et detaljert bilde av fremtiden, men trolig gir de en brukbar tilnærming. Det neste nivået i usikkerhet er global klimamodell, her er det mange modeller å velge i mellom, modellene valgt i denne undersøkelsen har vist seg å være omtrent midt i utvalget av modeller når det gjelder fremtidig utvikling. Før vi kommer til de lokale effektene introduseres ytterligere usikkerheter i valg metodikk for nedskalering. I denne rapporten er det valgt å bruke en dynamisk nedskalering, noe som introduserer usikkerheter ved valg av regionalklimamodell og hvordan denne settes opp. Videre kommer en ytterligere usikkerhet ved statistisk korreksjon av nedskalleringen, og metodikk for interpolasjon av projeksjoner til grid på 1 km oppløsning. Denne kaskaden av usikkerheter gjør det umulig å kvantifisere usikkerheter, det beste vi kan gjøre er å bruke flere kombinasjoner av modeller og scenarier.

### 3. Metode og gjennomføring

#### 3.1 Metodikk

Denne rapporten beskriver iht. oppdraget fra Klimatilpasningsutvalget og Statens bygningstekniske etat, klima- og sårbarhetssituasjonen for bygninger i Norge. Rapporten er basert på temarelaterte betraktninger i forhold til eksisterende bygget miljø og valgte klimascenarier nedskalert for Norge.

For å koble bygningsdata og klimadata er Matrikkelen benyttet. Eiendommene 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. Matrikelbetegnelsen 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 matrikelnummeret.

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. Ved å legge inn en terrengmodell av Norge i GIS-verktøyet fastsettes også den 3-dimensjonale komponenten, z-koordinaten. Denne er spesielt viktig i en konsekvensanalyse for havnivåstigning.

Klimadata for dagens situasjon, samt grenseverdier for ulike klimaparametere, viser hvilke bygninger som er påvirket av dagens klima. Når vi endrer klimadataene til scenarier for fremtidens klima, vil det fremgå i GIS-modellen hvilke bygninger som blir påvirket av endringene. Rapporten tar utgangspunkt i hvordan klimaendringer påvirker eksisterende bygningsmasse.

#### Mulige feilkilder

Primært knyttet til mulige feilkilder i matrikkelen.

#### Avgrensning

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

#### 3.2 Konkretisering av behov

Kombinasjonen av endrete klimapåkjenninger og mange byggskader relatert til dagens klimapåkjenninger utgjør en trussel for det bygde miljø. Ved å betrakte hvordan eksisterende bygningsmasse utsettes for klimapåkjenninger i fremtiden, kan man si noe om hvor bærekraftig dagens bygde miljø er ift plassering og eksponering for endringer i klimapåkjenningene. Dermed vil man også kunne si noe om hvor bærekraftig den eksisterende bygningsmassen i Norge er, vurdere overordnede tiltak for å bedre situasjonen til eksisterende bygningsmasse, samt gi noen råd om fremtidig utvikling av bygningsmassen.

Ansvar for å oppnå høyere kvalitet på det som bygges og å ivareta det samfunnsmessige sikkerhetsaspektet, ligger på flere organisatoriske nivåer og er fordelt på alle aktørene gjennom hele byggeprosessen samt byggherrer/byggeiere. På statlig nivå ligger ansvaret for lovutforming og overordnede tiltak. På kommunalt nivå ligger et ansvar for å vurdere konsekvensene av et endret klima. På foretaksnivå ligger ansvaret for konkret iverksetting av tiltak for å sikre det bygde miljø gjennom å ta hensyn til lokale klima- og fuktrelaterte problemstillinger i planlegging, prosjektering og bygging. Etter revisjon av godkjenningskatalogen i 2003 ble ansvarsområdene forenklet, men det er stadig



aktørene som sitter med ansvaret for det arbeidet de utfører. Det er et klart behov at øke kvaliteten i det bygde miljø og sikkerheten i byggeprosessen må bli bedre. For å oppnå dette må det iverksettes tiltak på alle nivåer, som involverer alle parter i byggeprosessen, inkludert brukere av bygningene og byggherrer.

Samfunnet har en klar interesse av at det bygde miljø er godt klimatilpasset, både gjennom de løsninger som er benyttet i bygningene, plassering, materialbruk og generell robusthet i bygget miljø. Samfunnskostnadene ved å ikke ha et godt klimatilpasset bygget miljø vil kunne bli svært høye, både for privatpersoner og samfunnet sett under ett. Det er flere eksempler på at det har gått menneskelig tapt i ulykker som er relatert til klimahendelser og bygninger som ikke holder stand. For å unngå slike uhell i fremtiden, og utvikle et bygget miljø som er best mulig rustet til å møte klimaendringene, er det behov for kunnskap om sammenhengen mellom klimaendringer og robustheten i det bygde miljø-

Analysen må derfor gi en overordnet oversikt over hvordan bygningsmasse blir berørt av klimaendringene, en gjennomgang av relaterte prosesser endringene vil kunne føre til og forslag til tiltak for å møte de forskjellige klimapåkjenningene ved å øke robustheten i det bygde miljø best mulig.

## 4. Overordnet klima- og sårbarhetanalyse

### 4.1 Generelt

Dette kapittelet er delt tematisk med hensyn til klimaendringenes påvirkning på ulike nedbrytningsprosesser for bygninger og bygningsmaterialer. For hver parameter er prosesser som påvirker bygningsmassen diskutert (for eksempel råteskader for trematerialer). Deretter presenteres tall over hvor mange og hvilke bygninger som vil få effekt av en klimaendring. Videre diskuteres konsekvenser før vi gir anbefalinger om tiltak.

Simuleringene for Norge er gjort for 2 normalperioder; 1961-1990 (som er vanlige å bruke i dag) og 2071-2100 som gir et fremtidig scenario (se kapittel 2.8 og 2.10 Klimascenarier). Klimaparametrene illustreres som Norgeskart for de to normalperiodene. For scenarieperioden 2071-2100 er kun en av projeksjonene medtatt (Had-A2) her i rapporten. Vi har også projeksjoner basert på to andre modeller (HADB2 og MPIB2), men for å begrense informasjonsmengden er de ikke tatt med her. Vi har beregnet antall bygninger for alle fylker i Norge når det gjelder effekt av endret råterisiko. For de andre parameterne er det gjort grovere overslag. For havnivåstigning kreves det mye arbeid og stor datakapasitet for å hente ut gode tall. Modellene for dette er klare, men tidsaspektet for ferdigstilling av denne rapporten gav begrensninger for uthenting av data. Kapittel 4.2 som omhandler råterisiko gir et bilde av hvilke data som kan hentes ut også for de andre parameterne (havnivåstigning, nedbør, frost etc.) for alle fylker og kommuner i Norge dersom tid og datakapasitet er tilstrekkelig.

### Nye metoder for geografisk differensiert utforming

Økt kunnskap om klimatilpasning og mulige virkninger av klimaendringer på bygningers funksjonsdyktighet kan delvis oppnås gjennom å utvikle forbedrede metoder for vurdering av klimaets innvirkning på klimaskjermens robusthet. Inngående kunnskap om materialer, konstruksjoner og klimapåkjenninger, både historiske klimadata og scenarier for klimaendring, er nødvendig i denne sammenhengen. Resultatene fra Klima 2000 har bidratt til mer nøyaktige retningslinjer for bygningsfysisk prosjektering. Nye og forbedrede metoder for geografisk differensiert utforming av klimaskjerner er utviklet, i nært samarbeid med NTNU og Meteorologisk institutt. Metodene omfatter:

- frostnedbrytningsindeks for porøse bygningsmaterialer (Lisø et al., 2007)
- indeks for vurdering av potensialet for råte i trekonstruksjoner i ulike klima (Lisø et al., 2006)
- nytt slagregnkart for Norge (Rydock et al., 2005, Lisø og Kvande, 2007)
- nytt frostmengdekart (Lisø, 2006)

Disse klimaindeksene og -kartene kan benyttes som verktøy for å komme fram til nye ytelseskrav og vurdere nedbrytningshastigheter, i et endret klima, ved å inkorporere data fra klimaendringsscenarier på regionalt og lokalt nivå.

Historiske klimadata er også brukt til å belyse utfordringer som oppstår når internasjonale standarder tas i bruk på nasjonalt nivå, uten at de justeres i forhold til varierende lokale klimaforhold.

### 4.2 Potensiell risiko for råteskader

#### Prosesser

Treverk har i århundrer vært det dominerende klednings- og bindingsverksmaterialet i hus og små bygninger i Norge. 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. 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 miljø.

Råte betegner i bygningssammenheng svekkelse av teknisk betydning i trevirke på grunn av soppangrep. Faren for råte i utvendige trekonstruksjoner over bakken er i stor grad avhengig av lokale klimaforhold, se kart over potensiell råtefare i Norge (figur 4.2.2.) 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 4.2.1 I et mildt og fuktig klima kan det over tid oppstå råteskader i en bygningskonstruksjon. Her fra en takkonstruksjon. Et varmere og våtere klima vil øke risikoen for råteskader. Foto: Anders-Johan Almås*

Scheffer (1971) utviklet en klimaindeks for det relative potensialet for nedbryting av trekonstruksjoner over bakken i USA.

Formelen består av en temperaturfaktor og en fuktfaktor:

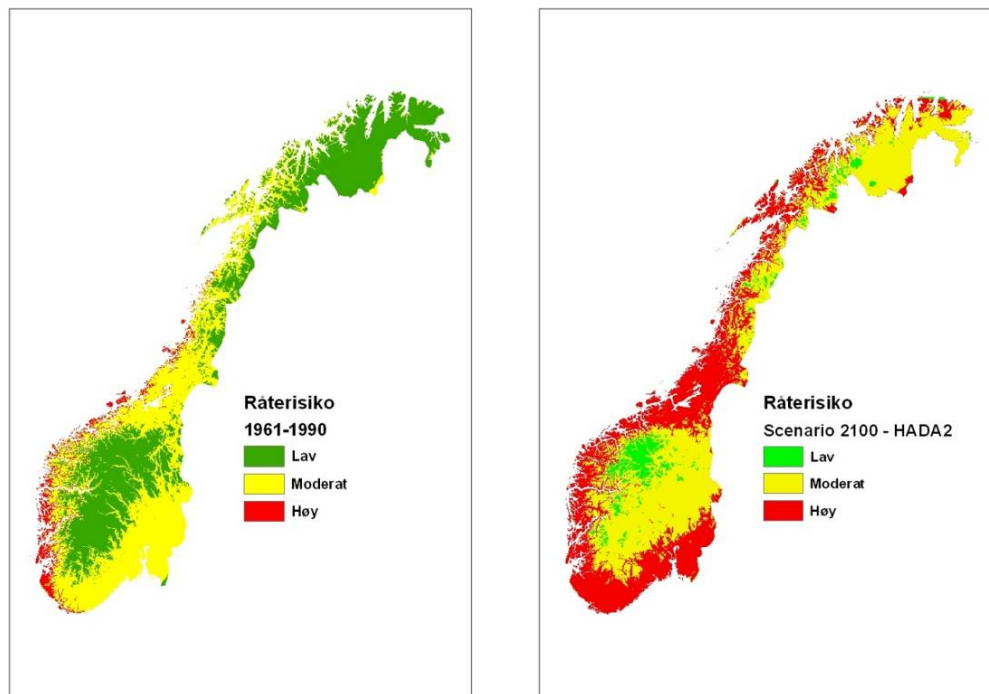
$$\text{Scheffer index} = \frac{\sum_{\text{Jan.}}^{\text{Dec.}} (T_{\text{mean}} - 2)(D - 3)}{16.7} \quad (1)$$

$T_{\text{mean}}$  er gjennomsnittlig månedstemperatur (°C). D er gjennomsnittlig antall av dager i måneden med 0,254 mm (1 inch) eller mer nedbør. Produktet blir summert for alle måneder i året og dividert med faktoren 16.7 for at indeksen skal ligge mellom 0 og 100 for USA. Nevneren ville vært omtrent 10 for Norge, basert på verdiene som er beregnet for de norske målestasjonene. Men, for relativ sammenlikning er det ikke gjort endringer i Scheffers formel ved utarbeidelsen av de norske kartene (Lisø et al., 2006).

Tre risikosoner for indeksen er definert; **liten** (lav) (0-35, minst gunstige klimaforhold for råte), **middels** (moderat) (35-65, middels gunstige klimaforhold for råte) og **høy** (over 65, klimaforhold som

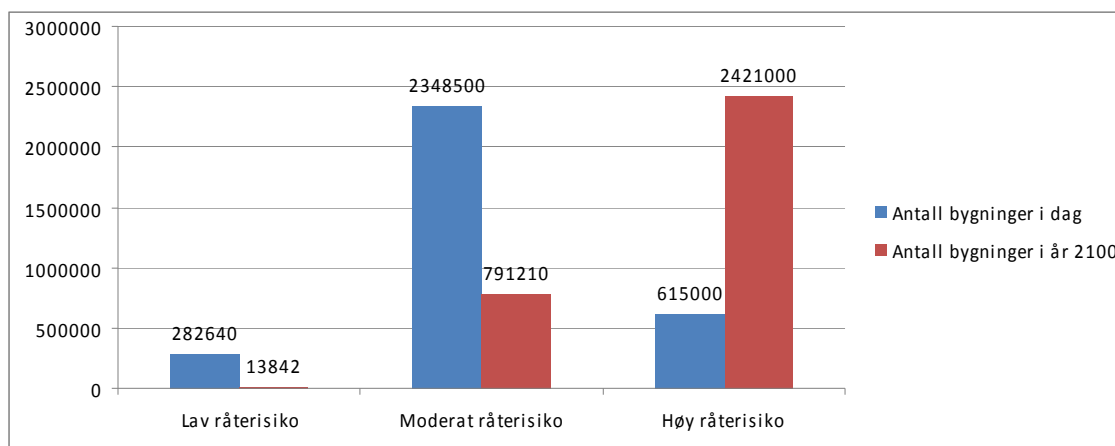
bidrar mest til råte). Se figur 4.2.2. Det vil si at en bygning med trekledning som er plassert i et område med for eksempel klimaindeks 40 vil ha moderat risiko for råteskader.

### Resultater og mulige konsekvenser



Figur 4.2.2 Potensiell råterisiko i Norge i dag og for år 2100. Vi ser at store deler av landet havner i høy råterisikoklasse i fremtiden (basert på Scheffer, 1971 og Lisø et al., 2006).

Figurene over 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 bygningsmassen er stor.



Figur 4.2.3 Antall bygninger totalt for fastlandet i 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 medtatt.

Vi ser av figuren over at det kan bli en dramatisk økning av bygninger i høy råterisikoklasse i år 2100. I dag ligger ca 615 000 bygninger i områder med høy råterisiko. I år 2100 vil antall bygninger i klasse "høy" være over 2,4 millioner. I tillegg kommer alle nybygg. Trenden vil være at hovedmassen av bygningene i Norge flytter seg fra moderat råterisikoklasse til høy råterisikoklasse. Som vi også ser av kartene over råterisiko, så vil de fleste store, norske byene havne i råterisikoklasse "høy" i år 2100.

#### Potensiell feilkilde

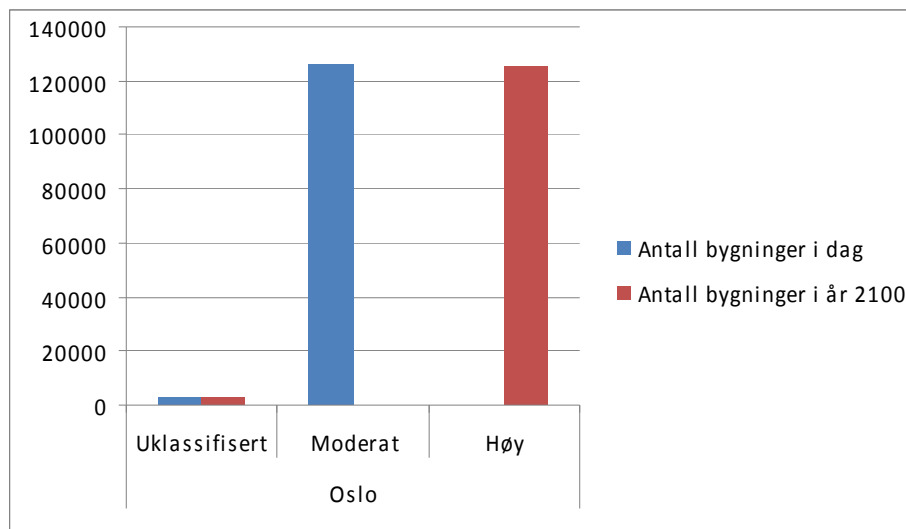
Ca. 300 000 bygninger er ikke klassifisert for råteklasse. Dette skyldes uklare grenser mellom bygningsdata og klimadata i modellen.



*Figur 4.2.4 Kraftig råte observert ca 15 – 20 cm opp på stående kledning. Bildet viser også at vannbordbeslaget ikke er avsluttet inn under veggens vindsperrsjikt. Eventuell fuktighet på vindsperrren vil dermed kunne finne veien ned i underliggende konstruksjoner.*

#### *Råtecase 1: Oslo fylke*

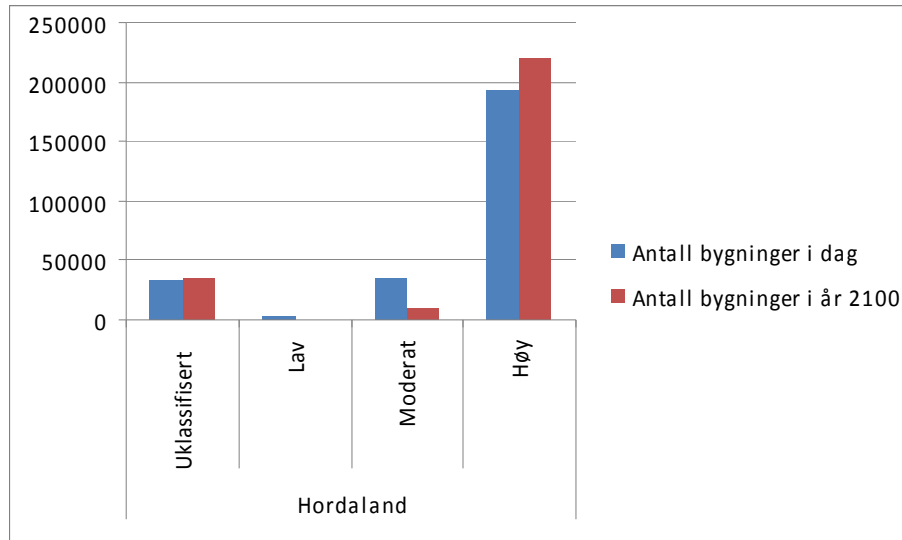
Oslo er et av fylkene som får en dramatisk økning av bygninger i høy råterisikoklasse. I dag ligger 126 000 bygninger i råterisikoklasse middels. I 2100 vil knappe 300 bygninger fortsatt ligge i moderat råterisikoklasse, mens hele 125 700 bygninger vil havne i potensiell råterisikoklasse høy, se figur 4.2.4.



*Figur 4.2.4 Antall bygninger for Oslo i de ulike risikonsonene for dagens normalperiode og for år 2100. Tallene gjelder kun for dagens bygninger, anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke medtatt.*

### Råtecase 2: Hordaland fylke

Store deler av bygningsmassen i Hordaland fylke (ca 190 000) ligger i dag i områder med høy råterisiko. I fremtiden vil enda flere bygninger (ca. 220 000) ligge i høy råterisikoklasse.

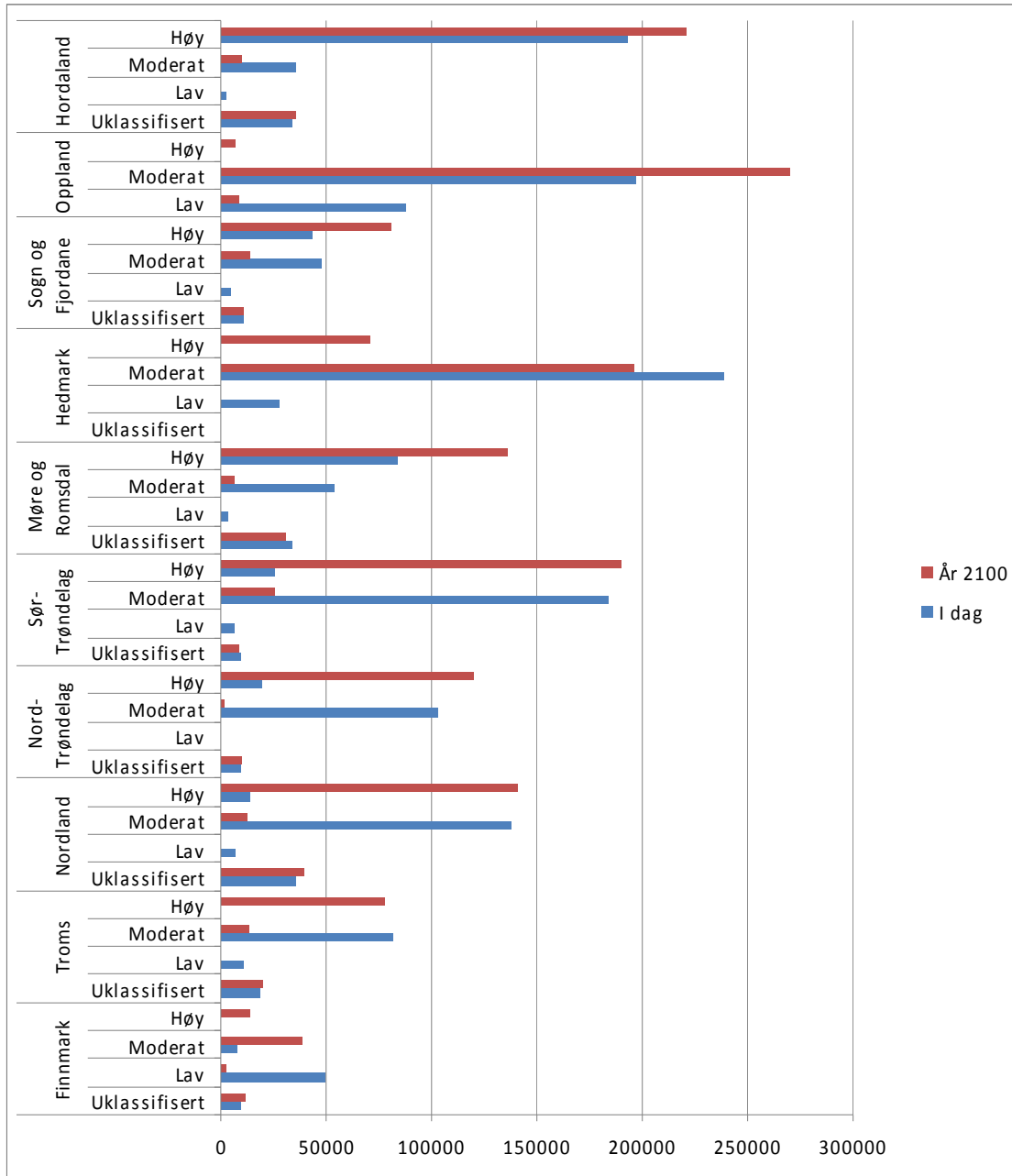


Figur 4.2.5 Antall bygninger for Hordaland i de ulike risikozonene for dagens normalperiode og for år 2100. Tallene gjelder kun for dagens bygninger, anslag for nybygg frem til år 2100 er ikke medtatt.

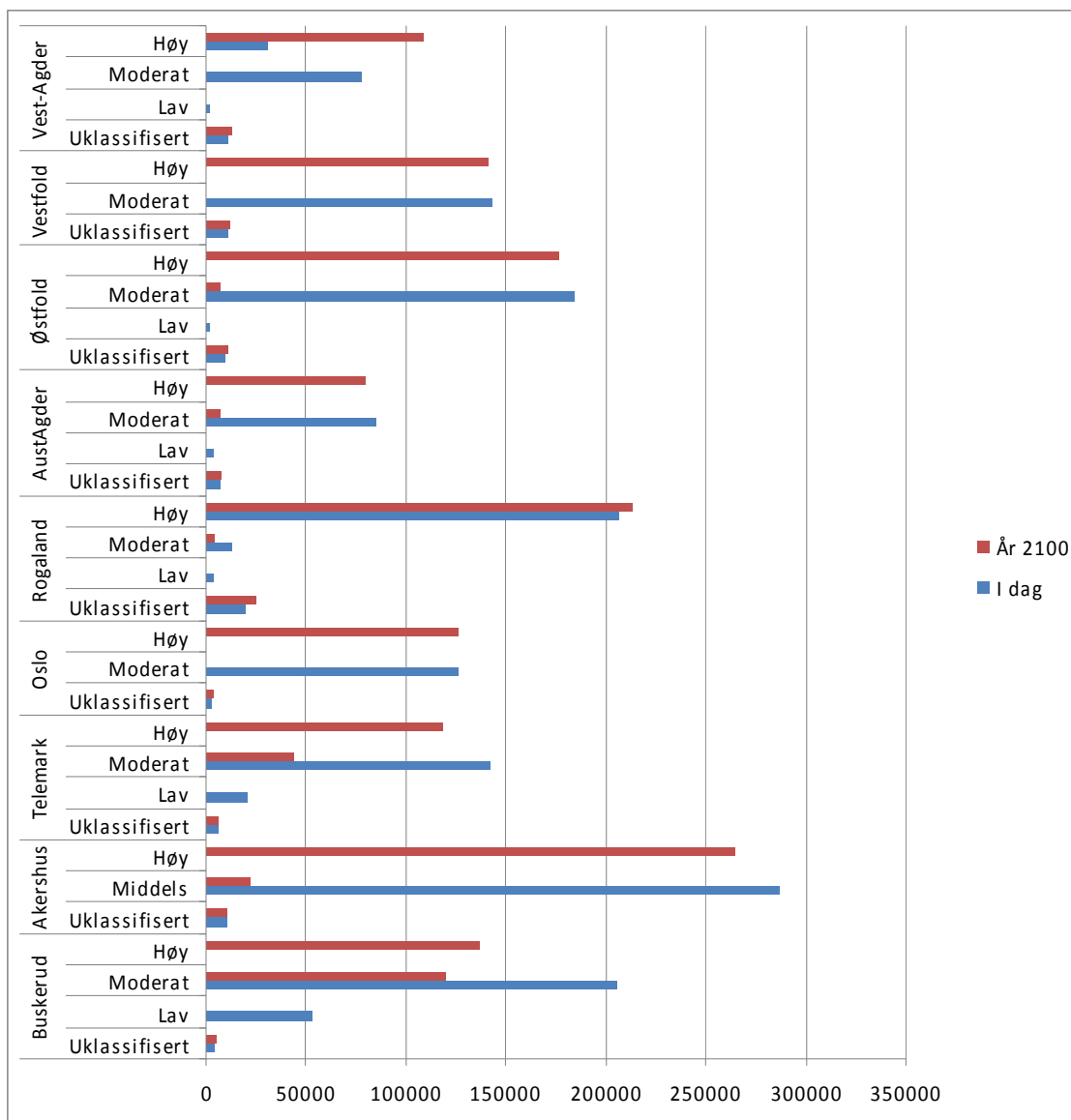
Det kan virke som dette ikke er en spesielt dramatisk endring, men man skal være klar over at de bygningene som i dag ligger i høyrisikozonen i Hordaland vil få en enda høyere råteindeks i fremtiden. Det kunne derfor for enkelte av fylkene være fornuftig å operere med en ekstrem-klasse som ligger over klasse høy. Dette er ikke gjennomført i arbeidet med grunnlaget for denne rapporten, se figur 4.2.5.

## Øvrige fylker

Figur 4.2.6 viser antall bygninger i de ulike råterisikoklassene for i dag og for år 2100 (basert på et Had-A2 Scenario).



Figur 4.2.6 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 medtatt.



Figur 4.2.7 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 nybygging frem til år 2100 er ikke medtatt.

### Anbefalte tiltak

Det er et åpenbart behov for offentlige krav til klimatilpassete bygg og at klimatilpassing inngår som en obligatorisk del av planlegging, prosjektering og bygging. Fremtidige krav til et bygget miljø som er bedre klimatilpasset må utformes. I områder som kommer i en høyere risikoklasse for råteskader må det stilles strenge krav til robuste konstruksjoner. Det bør utvikles klimasonekart som kobles til anbefalte byggdetaljer, for eksempel SINTEF Byggforsk sine byggdetaljblader. Valg av produkt 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. Fuktsikker byggeprosess må også gis mer fokus. Dette setter krav til alle aktørene i byggeprosessen.



Mulige tiltak vil være utvikling av regional og lokal klimainformasjon for fylkeskommuner og kommuner for støtte til gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser og innarbeiding i planverk (lokale råteskadekart, indekser, forslag til nivå for geografisk differensierte løsninger med henvisninger til bl.a. anvisninger fra SINTEF Byggforsk som er relatert til klimasoner etc.). Kommunal kompetanse om lokale klimapåkjenninger relatert til klimascenarier blir enda viktigere enn før. Videre vil et utvidet fokus på fuktsikker byggeprosess bli nødvendig, knyttet til erfaringer fra områder med høy råterisiko i dag. Her vil lokale erfaringer blant håndverkere, prosjekterende, konsulenter og kommunale plan- og byggesaksbehandlere være av avgjørende betydning. Fokus på byggskader som i dag er relatert til fukt (står for 75 % av byggskadene) vil være tilsvarende viktig. Behovet for gjennomarbeidet og kvalitetsmessig god kontroll og et aktivt kommunalt tilsyn i byggeprosessen vil bli enda viktigere enn tidligere. Aspekter som klimaplanlegging, prosjektgjennomgang og værbeskyttet bygging er alle tiltak som tidligere har blitt beskrevet som viktige og som vil bli ytterligere aktualisert. Sesongplanlegging ift når man bygger har alltid vært viktig, men sett i forhold til sesongfordeling av nedbør i fremtiden vil dette bli mer utfordrende med et endret klima. Se kapittel 4.4 *Snølast og endring av våt vinternedbør* og kapittel 4.5 *Flom og ekstremnedbør – Endringer i sesongnedbør*.

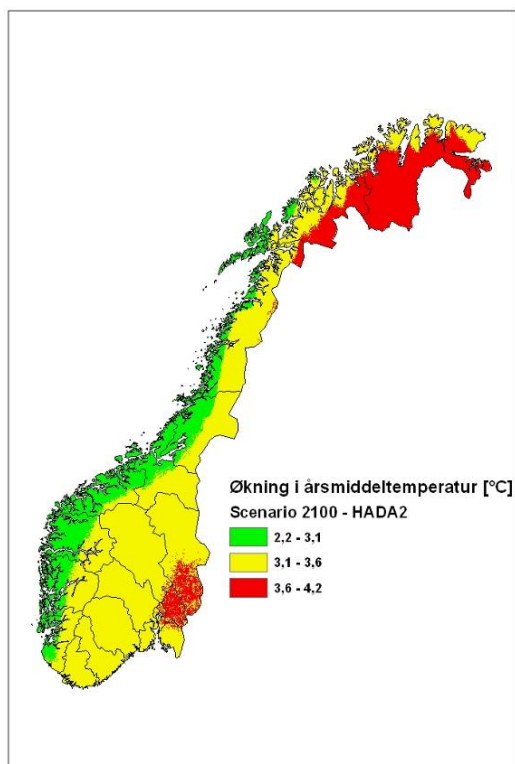
### 4.3 Temperatur og graddagstall

#### Prosesser

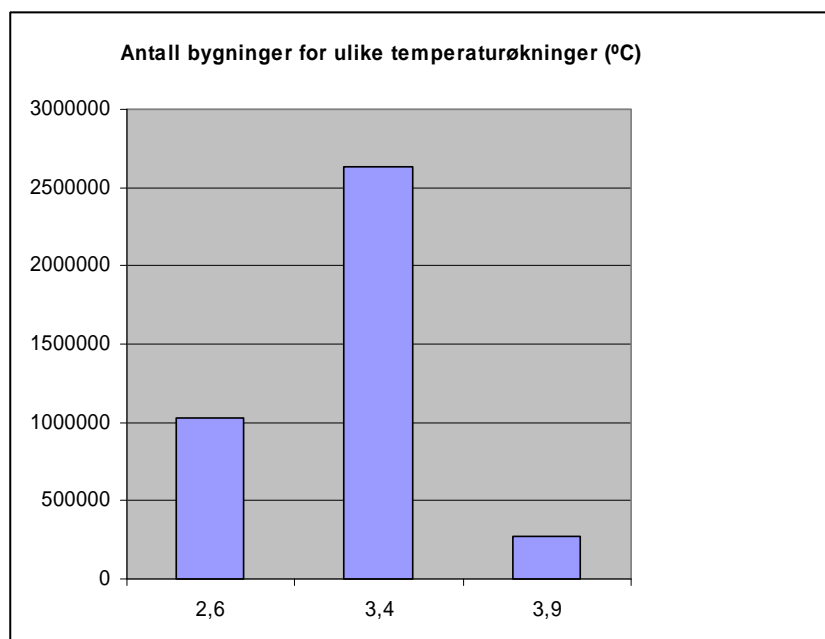
Små endringer i årsmiddeltemperatur har ingen direkte dramatisk konsekvens for nedbrytning av bygningskomponenter, bortsett fra råterisiko som beskrevet i kap. 4.2.

*Men*, utetemperaturen benyttes i energiberegninger for bygninger, og derfor vil endring i årsmiddeltemperatur påvirke energibehovet til en bygning. Høyere årsmiddeltemperatur vil gi et lavere oppvarmingsbehov for bygninger.

*Graddagstallet (G)* for fyringssesongen er lik summen av den gjennomsnittlige temperaturredifferansen mellom inne- og uteluft for hver enkelt dag i fyringssesongen. Ved beregning av graddagstallet settes den gjennomsnittlige innetemperatur til 17 °C. Graddagstallet er et uttrykk for hvor lang og kald fyringssesongen er på stedet (Kilde: SINTEF Byggforsk byggdetaljer).

**Resultater og mulige konsekvenser**


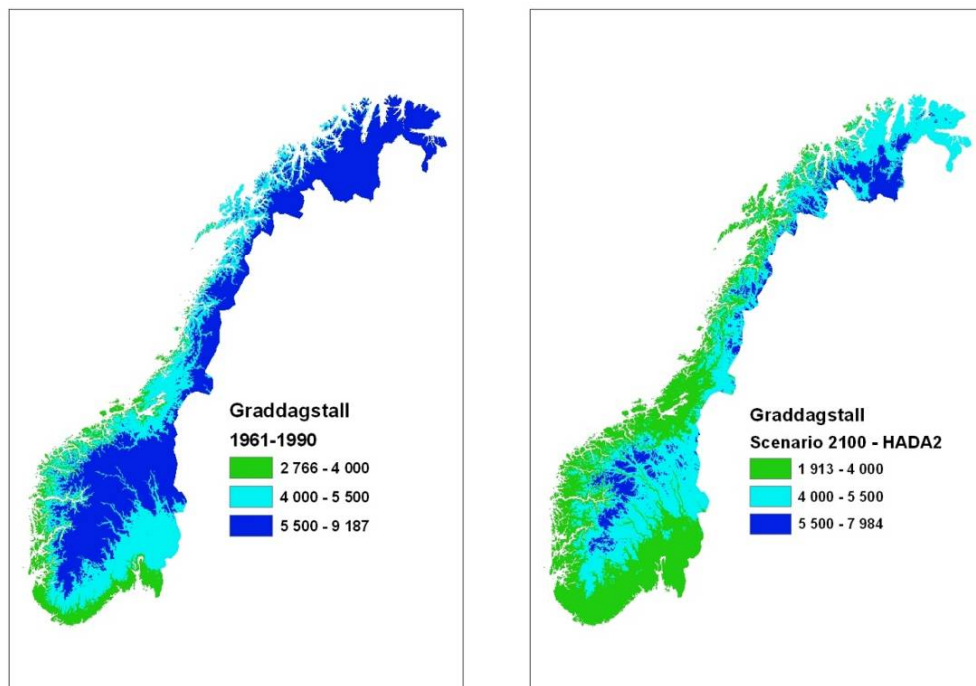
Figur 4.3.1 Økning i årsmiddeltemperatur for Norge frem til år 2100 (Scenario Had-A2). Vi ser at det er en økning i hele landet. Høyest økning finner vi i Finnmark og på Østlandet.



Figur 4.3.2 Antall bygninger for ulike temperaturøkninger frem mot år 2100 (Had-A2).

Vi ser av figur 4.3.2 at omtrent 1 000 000 (1 million) bygninger på fastlandet i Norge vil få en økning i årsmiddeltemperatur på ca 2,6 °C fram til år 2100. Ca 2,5 millioner bygninger får en økning på omtrent 3,4 °C og resterende 280 000 bygninger får så høy som ca. 3,9 °C økning.

Økningene vil medføre et lavere energibehov til oppvarming. Andre problemstillinger relatert til temperaturøkning vinterstid med økt forekomst av temperaturer som svinger rundt 0 °C og dermed hyppigere episoder med frysing og tining behandles i kapittel 4.4 *Snølast og økning i våt nedbør vinterstid* og kapittel 4.7 *Frostskader*.



Figur 4.3.3 Graddagstall for Norge basert på historiske data (1961-1990) og et scenario for år 2100 (HADA2). Vi ser at graddagstallene minker for stort sett hele landet, dvs oppvarmingsbehovet for bygninger blir redusert.

### Anbefalte tiltak

Siden det mest sannsynlig vil bli en generell økning i temperaturen i hele Norge og oppvarmingsbehovet dermed blir lavere bør 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 er satt i gang. Standarden fokuserer primært på romoppvarming.

## 4.4 Snølast og økning i våt nedbør vinterstid

### Prossesser

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 stor belastning på taket (se kapittel om økning i våt nedbør vinterstid).

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

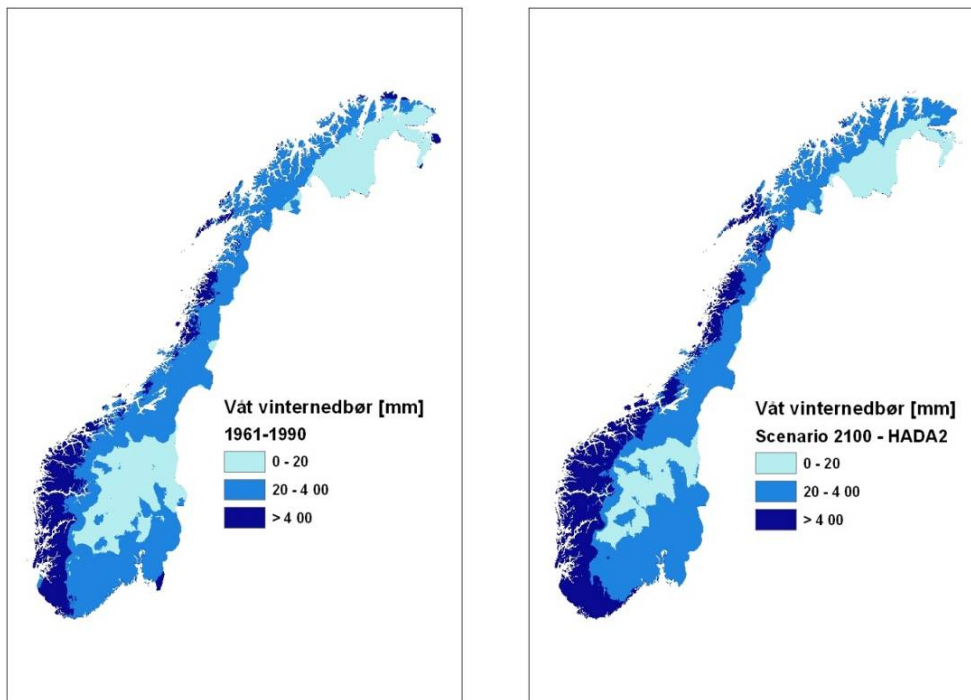
dårligere dreneringsevne på grunn av frost. Dermed må vannet finne andre veier. I verste fall finner vannet veien inn i en bygning. Dette kan også øke vanntrykket på grunnmur som allerede er utsatt for frostsprengning. Kombinasjonen av økte forekomster av svingninger rundt 0 °C med frostsprengning og inntrengning av fukt, mer våt nedbør om vinteren og smeltevann som renner ukontrollert vil ha klart negativ innvirkning på konstruksjoner av puss, murverk og grunnmurskonstruksjoner.

NS 3491-3 er standarden som benyttes for å beregne snølast. Standarden kom i 2001. Denne angir 50års snølast (karakteristiske snølast på mark) for de ulike kommunene i Norge. Disse verdiene har et sikrere statistisk grunnlag enn verdiene i tidligere standard for beregning av snølast (NS 3479, tillegg D). Noen kommuner fikk ingen økning i det hele tatt ved innføring av ny standard i 2001, mens enkelte kommuner fikk en vesentlig økning (opptil en dobling).

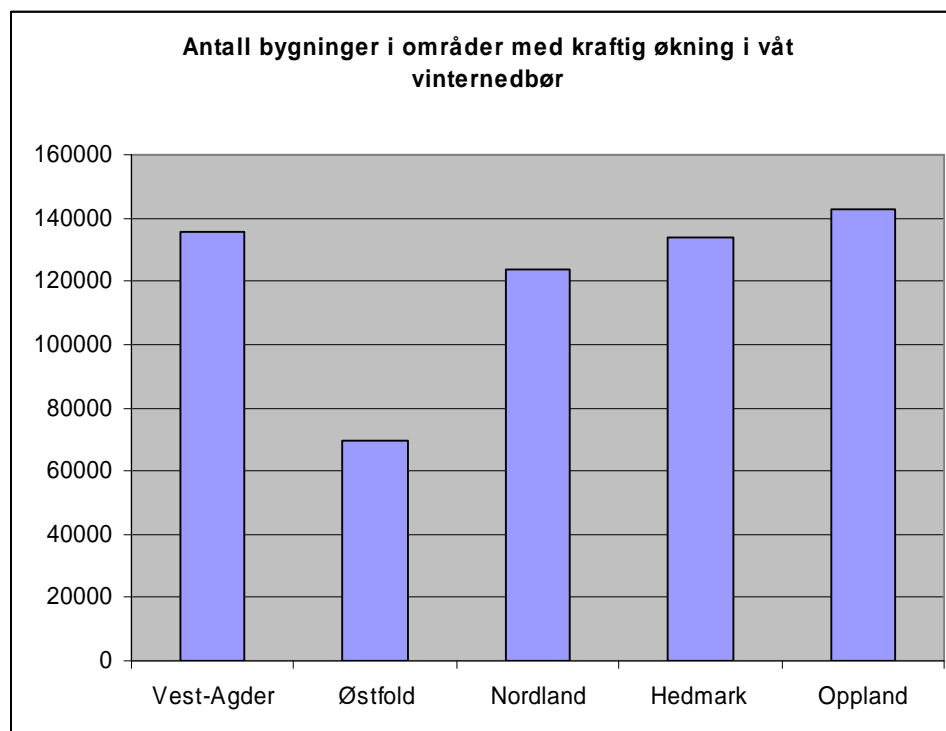
Standarden gjelder for nybygging. Eksisterende bygningsmasse fra før 2001 er dimensjonert for datidens snølaststandarder. Det har vært flere fatale takkollapser i Europa på grunn av store snølast. Også i Norge har liv gått tapt. Fremtidens klimascenarier vil være avgjørende for hvilke snølast vi kan forvente de neste hundre årene.



*Figur 4.4.1 Bygging av boliger i Sjetnemarka, Sør-Trøndelag vinterstid. I utførelsesfasen er bygget svært utsatt for klimapåkjenninger, og det er viktig at bygningskroppen lukkes raskest mulig. Foto: Tore Kvande*

**Resultater og mulige konsekvenser**


Figur 4.4.2 Våt vinternedbør i Norge for normalperioden 1961-1990 og et fremtidsscenario for år 2100. Vi ser at mengde våt vinternedbør vil øke i store deler av landet.



Figur 4.4.3 Antall bygninger i områder med kraftig økning i våt vinternedbør.

Som vi ser av figuren ligger omtrent 600 000 bygninger i Norge i områder som får kraftig økning i våt vinternedbør. For Hedmark og Oppland er kanskje økningen mest dramatisk, siden det i disse fylkene stort sett ligger snø hele vinteren gjennom. For Vest-Agder, Østfold og Nordland vil det være områder hvor det er ingen eller mindre mengder snø om vinteren. Men også i disse fylkene er det områder som i perioder har forholdsvis store mengder snø.

I enkelte perioder frem mot år 2100 vil noen områder kunne oppleve en økning i snømengden, selv om hovedtrenden er mindre snø og mer våt nedbør i vintermånedene (se figur 4.4.4 Illustrasjonsfoto).



*Figur 4.4.4 Plassering av bygninger er av stor betydning for hvordan snøen legger seg på taket. Her et bilde fra en hytte i Hessdalen, Sør-Trøndelag, der mesteparten av snøen på taket har blåst av og det danner seg fonner rundt hytta og opp langs fasaden på baksiden. Foto: Cecilie Øyen*

### **Anbefalte tiltak**

Snølaststandarden som benyttes for dimensjonering av tak bør ta hensyn til fremtidig klimaendring. En gjennomgang 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.

I tillegg bør det etableres et snølastvarsel for kommunene i Norge. Dette varselsystemet må baseres på løpende klimadata, slik at man til en hver tid kan vite hvilke bygg 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 en hver tid er i risikozonen. Aktuelle tiltak som snømåking etc. kan iverksettes deretter.

## 4.5 Flom og ekstremnedbør – endringer i sesongnedbør

### Prosesser

#### Flom

Etter korte og intense nedbørperioder vil ledningsnettene for overvannshåndtering i byer og tettsteder bli belastet mer enn normalt. Dersom nedbørsmengdene er store nok, vil ledningsnettene bli overbelastet. Konsekvensene er skader på infrastrukturen for overvann og lokale oversvømmelser. Flere norske byer opplever problemer med dette. 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) bli overbelastet. Konsekvensene er erosjon 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.

Flommen på Østlandet i juni 1995 (Vesleofsen) er et eksempel på storflom i Norge. En mann døde, 7000 personer ble evakuert, og det ble gjort skader til en verdi av 1,8 milliarder kroner. I 1995 var det større snømengder i fjellet enn normalt. I begynnelsen av mai ble været varmere, og snøsmeltingen startet som normalt. Deretter ble det kaldere i fjellet, og snøsmeltingen ble forsinket. Så kom en kraftig temperaturøkning kombinert med mye nedbør i form av regn. Dette medførte at de store elvene på Østlandet gikk langt over sine bredder. Både elvene Glomma, Trysilelva, Gudbrandsdalslågen og innsjøen Mjøsa flommet over og påførte bygninger og infrastruktur store skader. Elva Mokså ved Tretten i Gudbrandsdalen brøt ut av sitt vanlige leie og fant et nytt leie gjennom tettstedet. Flere bygninger ble revet med av vannmassene eller totalskadd<sup>13</sup>.



Figur 4.5.1 Oversvømmelser i forbindelse med flommen på Østlandet i 1995 (Vesleofsen). Et varmere, våtere og villere klima vil medføre hyppigere og mer ekstreme flommer i fremtiden. Foto: NRK.

#### Økning i sesongnedbør

Et annet viktig aspekt for nedbørsmønsteret er planlegging av bygging. For å unngå byggskafer og oppnå en fuktsikker byggeprosess må planleggingen av utførelse gjøres på basis av klimadata for nedbør. Figurer under "Resultater og mulige konsekvenser" viser endring i nedbørsmengder for de ulike årstidene.

<sup>13</sup> Kilde: Wikipedia, Vesleofsen



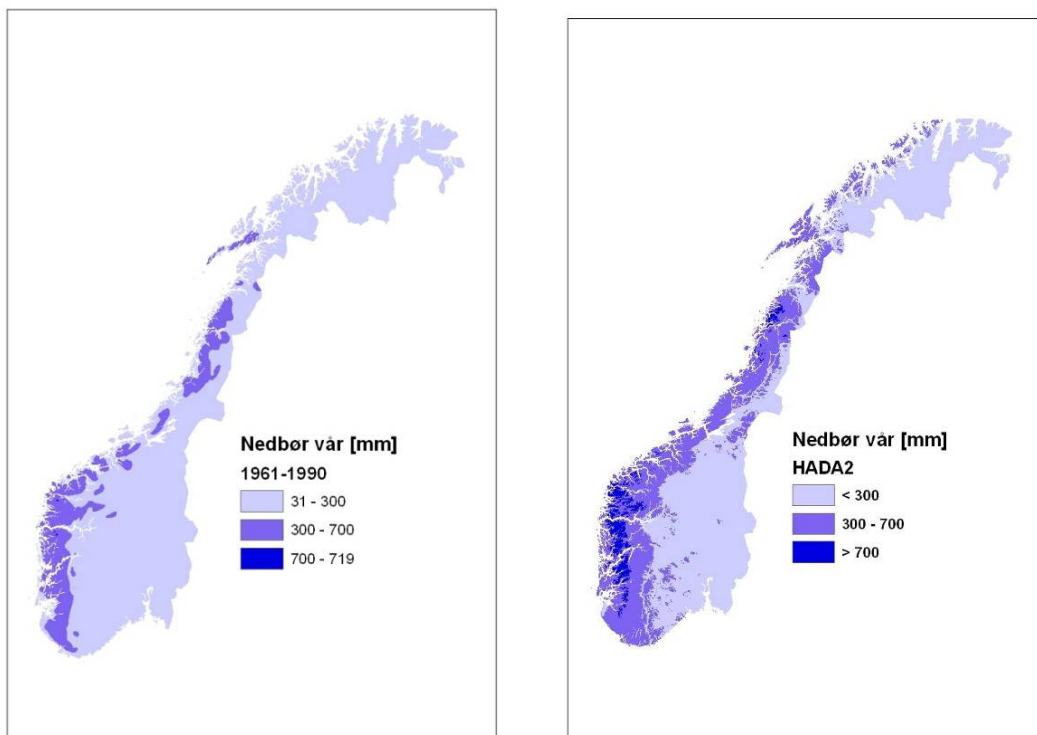
## Resultater og mulige konsekvenser

### Flom

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har gjort omfattende analyser av bygninger som ligger i risikozonen for flom. Spesielt gjelder dette for de store vassdragene på Østlandet. Et eksempel på flomsonekartlegging for Elverum (NVE) finnes som vedlegg til denne rapporten. I vårt arbeid med denne rapporten har vi ikke gjort analyser for flom, til det er data- og arbeidsmengden for stor. Vi anbefaler likevel at dette gjøres i fremtiden for alle norske kommuner.

### Økning i sesongnedbør

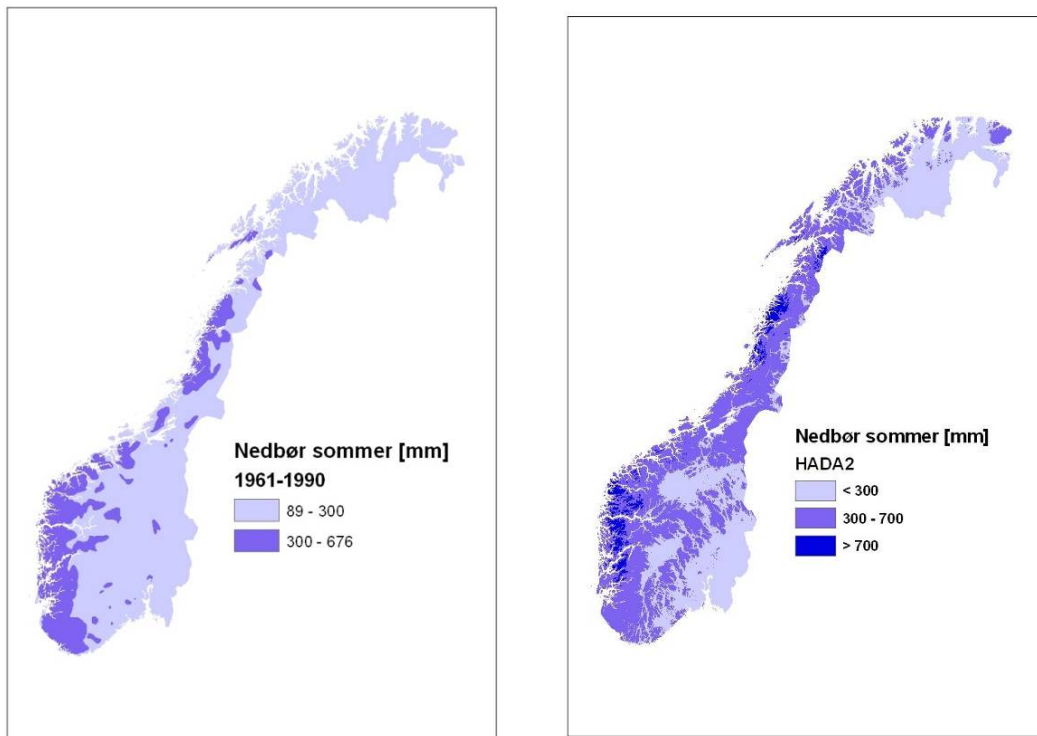
Vi har derimot sett på konsekvensen av økte sesongnedbør for bygningsmassen i Norge. Figurene under viser endring i nedbørsmengder for de fire årstidene basert på normalperioden 1961-1990 og et fremtidssenario for år 2100 (Had-A2).



Figur 4.5.2 Økning i sesongnedbør i vårsesongen for hele landet

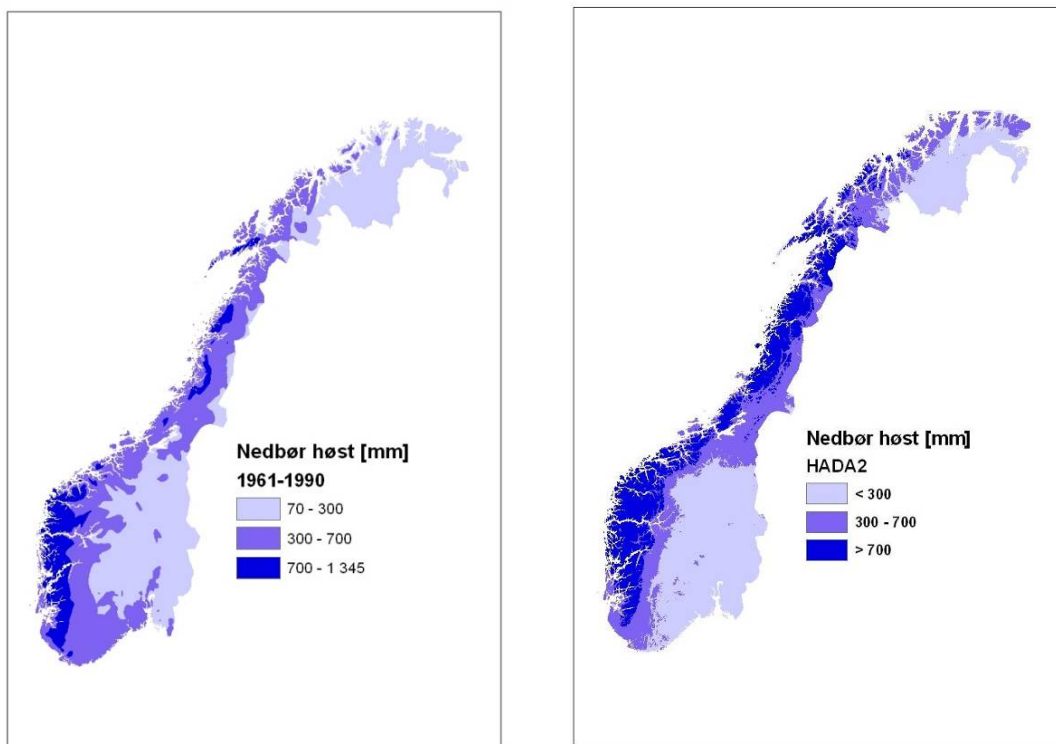
Vi ser at de største økningene i nedbør om våren er i indre deler av Sørlandet og Vestlandet og ytre deler av Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark. Dette bør tas i betraktning ved planlegging, prosjektering og oppføring av bygninger, samt ved oppgradering.





Figur 4.5.3 Økning i sesongnedbør i sommersesongen for hele landet

Sommersesongen er vanligvis sett på som den beste tiden å oppføre et bygg på, siden nedbørsmengden ofte er mindre enn i de andre årstidene og temperaturen er høy for uttørking. Kartet til høyre over viser derimot at det kan bli en dramatisk økning i nedbør om sommeren. Flere steder havner i høyeste nedbørsklasse, mens store deler av landet går fra den lave til den moderate nedbørsklassen. Dette gjelder blant annet indre deler av Sognefjorden, hele Trøndelag, indre deler av sør- og østlandet og store deler av Nordland og Troms. Planlegging av bygging i sikre, tørre perioder vil ikke lenger være like sikre som før. Større fokus til fuktsikker byggeprosess blir viktig for disse områdene i fremtiden.



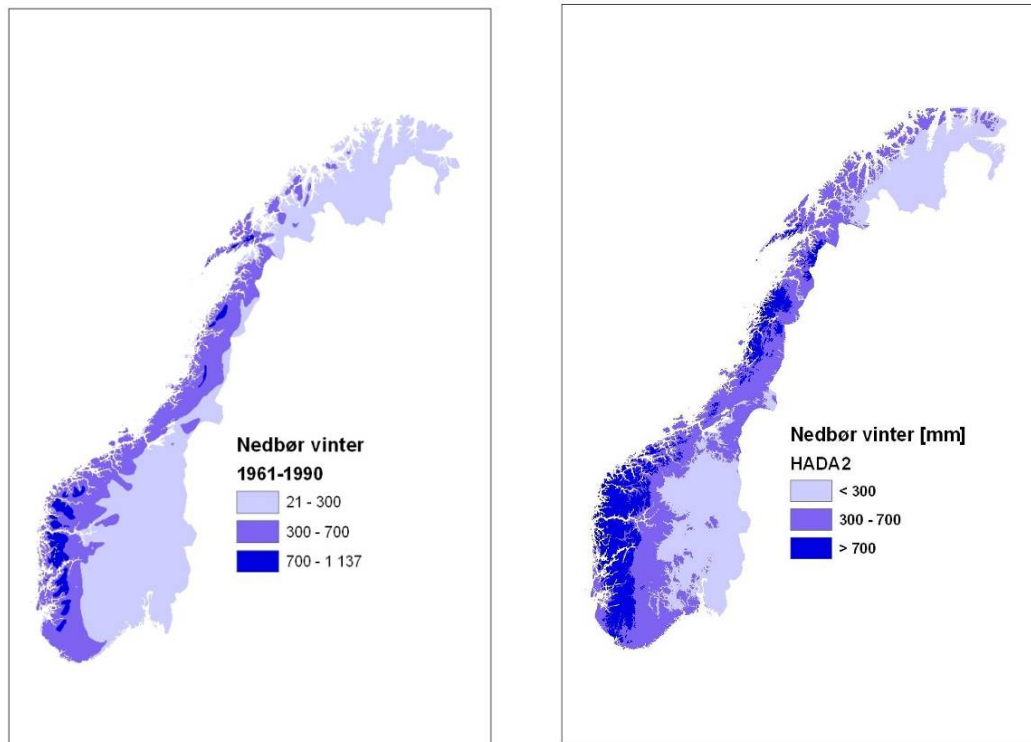
Figur 4.5.4 Økning i sesongnedbør i høstsesongen for hele landet

Høsten er kjent for store nedbørmengder, spesielt langs kysten. Vi ser av kartene over at det i fremtiden kan forventes kraftig økning i høstnedbøren fra Møre og Romsdal og nordover til nord-Troms. Disse områdene går fra moderat nedbørsklasse til høy nedbørsklasse.



Figur 4.5.5 Mildere klima og mer nedbør vil gi økt begroing og medfølgende økt behov for vedlikehold av bygninger. Foto: Tore Kvande, SINTEF Byggforsk

Inndekking av byggeplassen ved bruk av forskjellige typer løsninger for fuktsikker byggeprosess vil ha stor betydning for å unngå byggskader forårsaket av fuktinntrengning i konstruksjonene under oppføring.



Figur 4.5.6 Økning i sesongnedbør i vintersesongen for hele landet

Når det gjelder vinteren vil nedbøren kunne komme både som snø og regn (se kapittel 4.4 om økning i våt vinternedbør). Figurene over viser totalnedbør for vintersesongen. Vi ser at både Vest-Agder, Aust-Agder, deler av Telemark og Vestfold vil gå fra lav nedbørsklasse til moderat. Økning fra moderat til høy nedbørsklasse om vinteren vil bli tilfelle for indre deler av Rogaland, hele Vestlandet og deler av Nordland.

### Anbefalte tiltak

#### Flom

Det må utarbeides 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 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 nedbørsmengder. Vi anbefaler at overvannshåndteringen i mest mulig grad gjøres naturlig i byområder. Dette kan for eksempel gjøres ved å etablere grønne områder (for eksempel grønne tak), 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 vanninntrengning i kjellere og underetasjer. Selv om dette er en utfordring for infrastrukturen på vann og avløpssiden, påvirker det i stor grad bygningsmassen og påfører tidvis skader for store beløp.

#### Sesongnedbør

Det er en trend at nedbøren øker i alle de fire årstidene. Krav om fuktsikker byggeprosess blir derfor enda viktigere i fremtiden. Telt eller såkalte *weather protection systems* (WPS) bør benyttes i mye større grad enn i dag. Spesielt gjelder dette for passivhus og andre bygninger med mye isolasjon og organisk materiale (for eksempel treverk) i bygningsdelene. Her er risikoen for fuktskader ekstra stor ettersom uttørkingen går langsommere. 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 byggskaader som et resultat av fuktpåkjennning i byggeperioden er et problem som vil øke i omfang.

## 4.6 Vind og slagregn

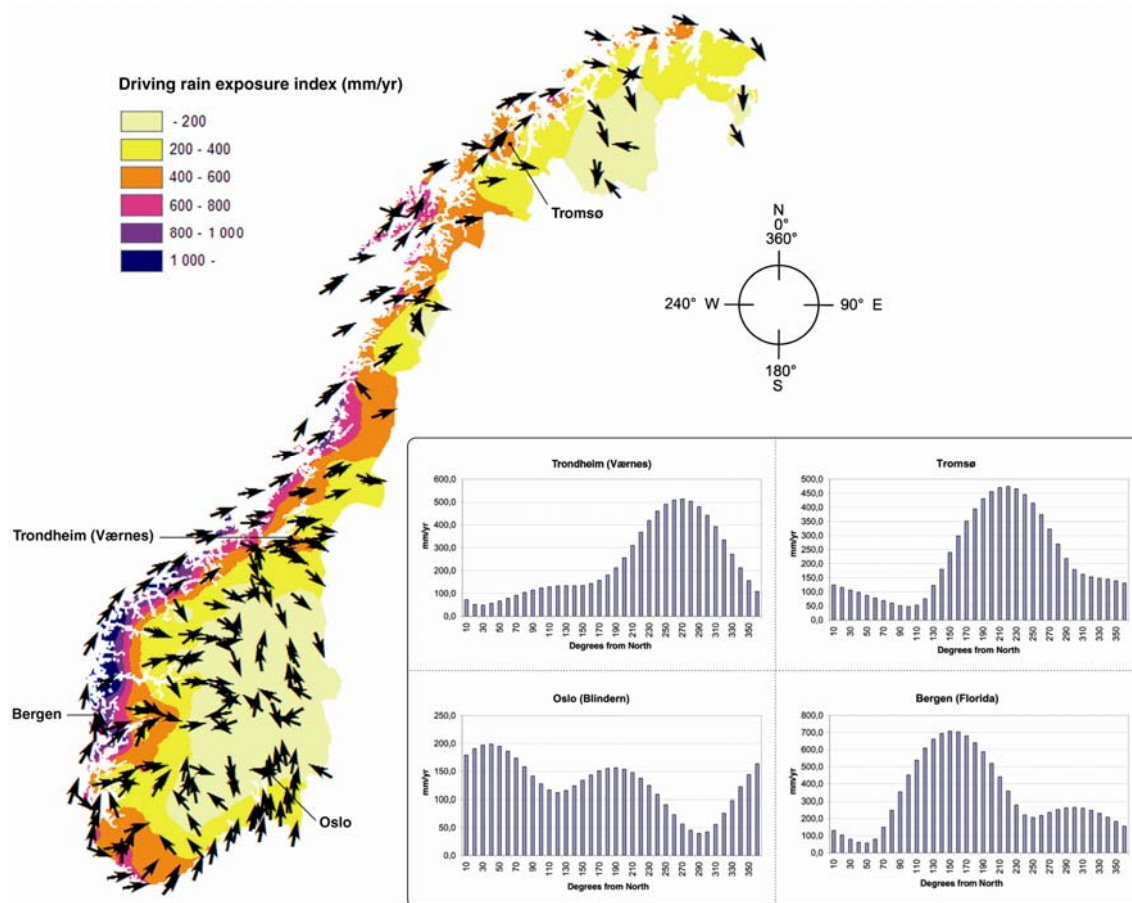
### Prosesser

Vindhastigheten påvirker bygninger på ulike måter. Store vindlaster vil kunne rive komponenter bort fra bygningen, noe som kan gi både personskader og materielle skader. Orkanen på Vestlandet og i Nord Norge 31. Desember 1991 medførte 33.000 rapporterte skader. Erstatningene beløp seg til 1,3 milliarder kroner. Kombinasjonen av vind og nedbør i form av regn gir slagregn på fasader. Slagregnet gir et vanntrykk på fasaden som øker risikoen for lekkasjer, og som kan føre til at nedbøren også kan ha retning oppover når det treffer veggen. Dersom slagregnmengden øker vil selvsagt risikoen for lekkasje også øke. I tillegg vil nedbrytningsprosesser som er avhengig av fuktighet akselerere når slagregnmengden øker.

### Resultater og mulige konsekvenser

Det er store usikkerheter knyttet til hvordan vindstyrke og retning vil endre seg i fremtiden. Noe økning i vindstyrke er sannsynlig, spesielt for kyststrøkene. Når vi i tillegg vet at nedbøren også vil øke noe, så vil slagregnmengdene i fremtiden trolig øke, men ikke dramatisk. På grunn av usikkerheter er det best å basere betraktninger rundt slagregn etter historiske data (1961-1990).

Figuren under viser et slagregnkart med dominerende vindretning kombinert med nedbørsmengde for hele landet. Et omfattende arbeid med kartlegging av slagregn er gjennomført hos SINTEF Byggeforsk, blant annet i prosjektet Klima 2000 (se tidligere referanser).



Figur 4.6.1 Slagregnkart for Norge med dominerende vindretninger og nedbør (Lisø og Kvande, 2007). Klimadata for dimensjonering mot regnpåkjønning er gitt i Byggforskserien Byggdetaljer 451.031.

### Anbefalte tiltak

Selv om det ikke blir en dramatisk økning i slagregnmengder i fremtiden, må fremtidige krav til klimatilpasset byggeskikk bli strengere. I dag er det mye slurv med både design og utførelse for å hindre slagregn i å trenge inn i bygningene. Spesielle hensyn må tas i områder med høy slagregnindeks. To trinns tetting av klimaskjermen bør bli standard, bortsett fra i spesielt tørre områder.

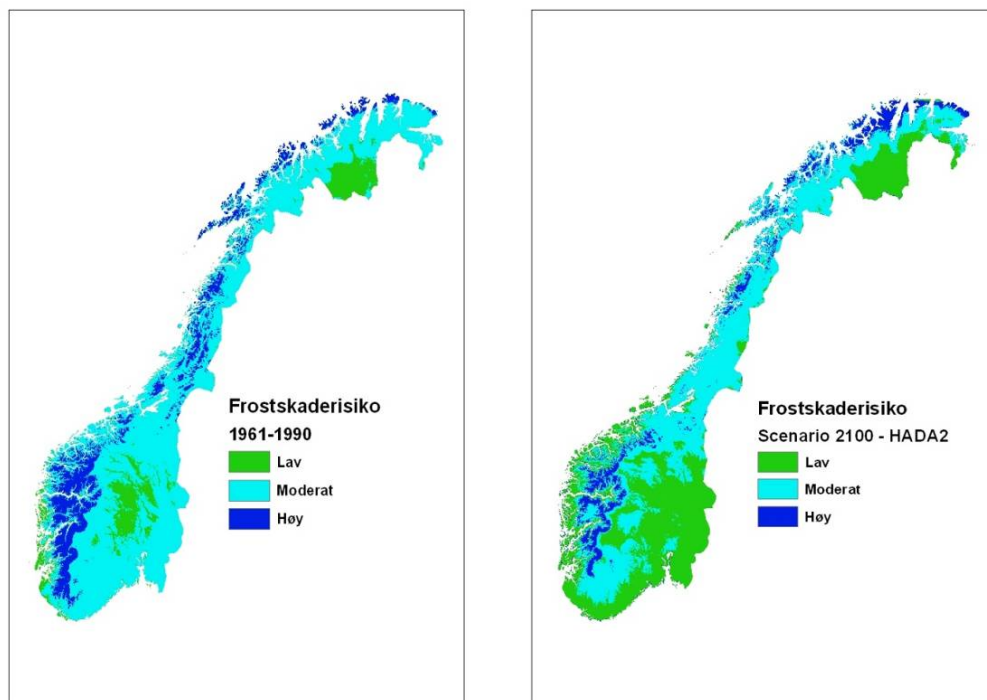
Det bør videreutvikles klimasonekart for slagregnpåvirkning som kobles til anbefalte byggdetaljer, for eksempel SINTEF Byggforsk sine byggdetaljblader. Valg av produkter og løsninger må i langt større grad tas av hensyn til hvilket klima det skal bygges i. Kontroll og godkjenning av bygningsmaterialer/komponenter må også skjerpes for å møte det fremtidige klimaet.

## 4.7 Frostskafer

### Prossesser

Bygninger med fasader bestående av mineralske, porøse materialer som for eksempel teglstein og betong vil være utsatt for frostskafer når perioder med nedbør i form av regn etterfølges av frostperioder.

## Resultater og mulige konsekvenser



Figur 4.7.1 Frostskaderisiko for bygninger i Norge. Vi ser at risikoen reduseres for store deler av landet dersom klimascenariet Had-A2 slår til.

Stort sett alle bygninger i hele landet vil få en reduksjon i frostsikaderisiko, bortsett fra deler av Finnmark hvor omtrent 30 000 bygninger vil bli mer utsatt for frostsikader i fremtiden. En positiv trend er at alle de store byene havner i risikoklasse "lav". Her finnes det store mengder teglstein og betongbygninger som i dag er i klasse "moderat" eller "høy". Det er likevel grunn til å opprettholde et fokus på muligheter for frostsprengning forårsaket av situasjoner med temperatursvingninger rundt 0 °C, kanskje spesielt i kombinasjon med økt våt nedbør om vinteren.

### Anbefalte tiltak

Siden risikoen for frostsikader sannsynligvis reduseres over store deler av landet vil ikke dette gi grunnlag for spesielle tiltak. Vi vet likevel at frostsikader i enkelte områder i dag er utbredt. Valg av materialer og design av bygningsdeler bør derfor fortsatt baseres på historiske klimadata og klimasoneinndeling. Det er ingen grunn til å lempe på kravene til robust bygging og oppgradering, men likevel viktig å presisere at årlig ettersyn og vedlikehold av grunnmurer og fasader vil være av stor betydning for å unngå skader og ulykker som følge av frostsprengning og nedfall av puss og deler av fasader.

I Finnmark bør det gjøres videre utredninger av bygningsmassen, siden frostsikaderisikoen vil øke her.



## 4.8 Frostmengder

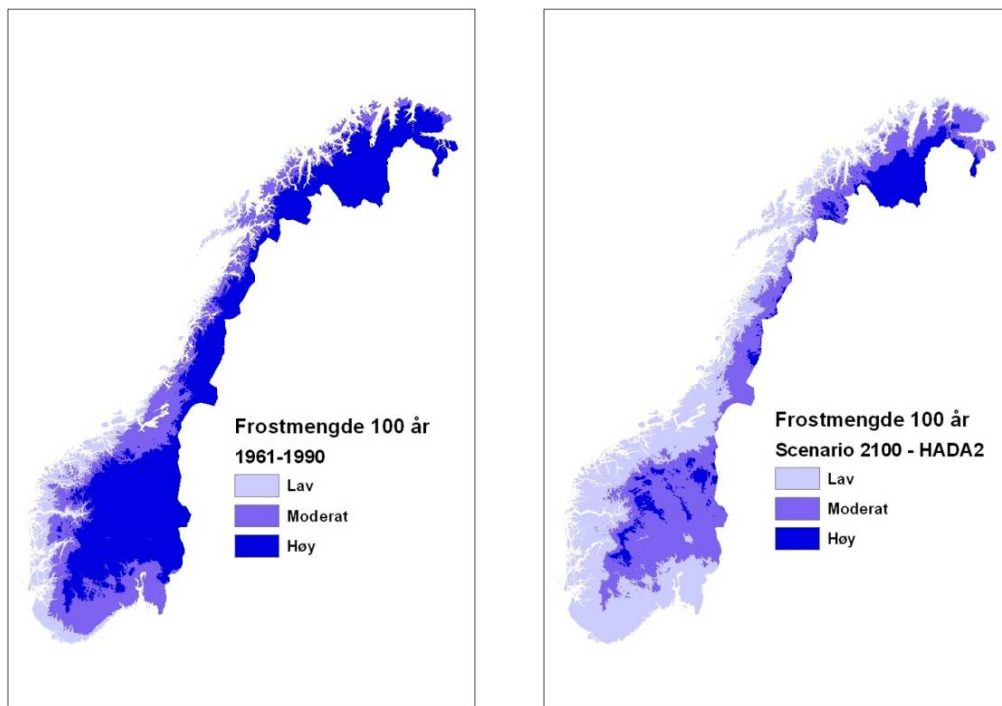
### Prosesser

Frostmengden er 24 ganger summen av differansen mellom 0 °C og daglig midlere utelufttemperatur, summert daglig i løpet av frosts sesongen, medregnet både positive og negative differanser.

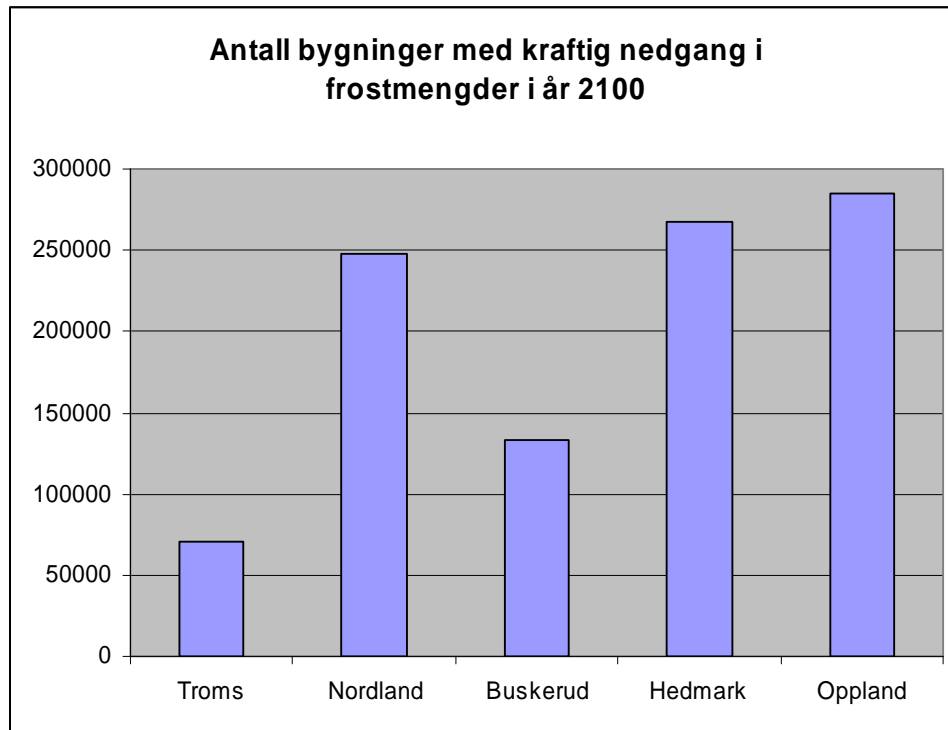
Benevnningen er h°C (timegrader). Frosts sesongen er perioden der midlere daglig utelufttemperatur er lavere enn 0 °C, sammen med alle fryse-/tineperioder i hver ende av denne perioden, hvis disse resulterer i netto frost.

Tallet sier noe om hvor stor frostpåkjenningen, eller frostmengden, er i området. Dette har betydning for frostsikring av fundamenter. I områder med store frostmengder må fundamentene isoleres mer for å hindre at kuldegradene når ned til fundamentene og forårsaker setningsskader.

### Resultater og mulige konsekvenser



Figur 4.8.1 Frostmengder for Norge med 100 års returperiode basert på normalperioden 1961-1990 og et scenario for år 2100. Vi ser at frostmengdene minker stort sett i hele landet.



Figur 4.8.2 Antall bygninger med kraftig nedgang i frostmengder. Tallene er vist for fylker som har spesielt stor nedgang.

#### Anbefalte tiltak

Det kan vurderes å revidere anbefalinger for frostisolering av fundamenter i fremtiden. Dette krever grundigere analyser. En reduksjon av frostisoleringen vil derimot øke varmetapet, noe som ikke er gunstig. Vi anbefaler derfor å opprettholde dagens frostisolering basert på historiske klimadata.

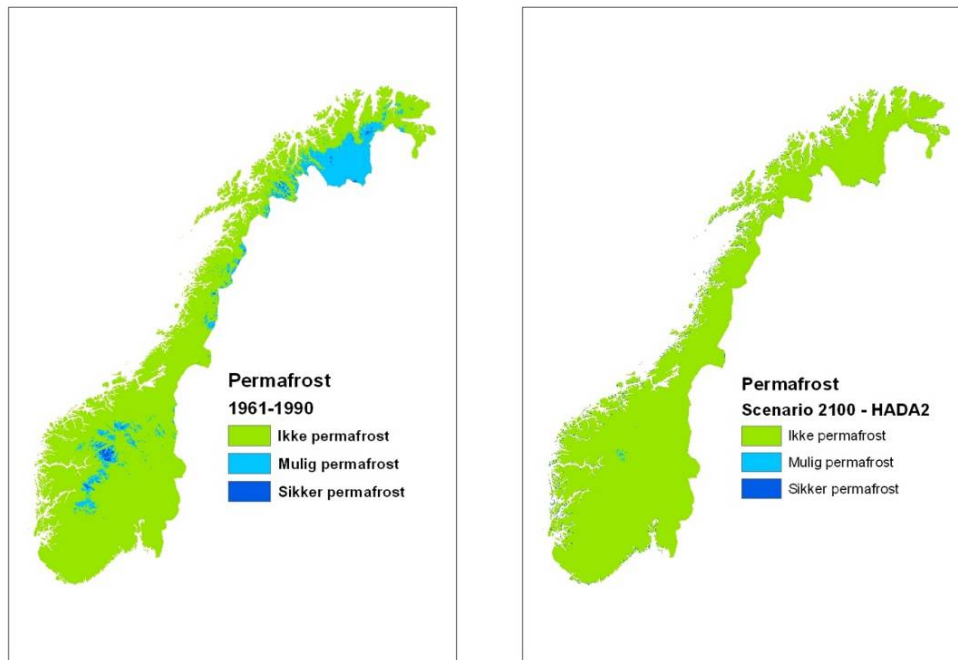


## 4.9 Permafrost

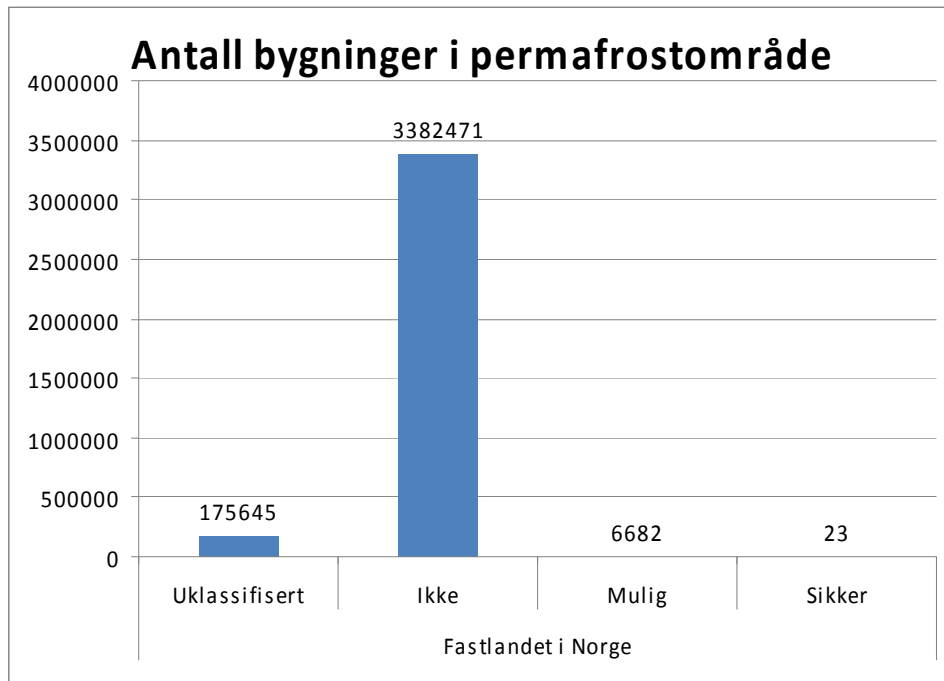
### Prosesser

Permafrost oppstår i kalde områder hvor det er frost i bakken hele året. I slike områder fundamenteres gjerne bygningene direkte på bakken eller på peler som går et lite stykke ned i bakken. Dersom det blir et varmere klima i fremtiden vil enkelte områder miste permafrosten. Dette vil medføre store setningsskader. I tillegg vil smelting og frysing kunne gi mekaniske skader på bygningsdeler. Permafrosten er også med på å stabilisere jord- og fjellmasser. Dersom permafrosten slipper taket vil jord- og fjellmassene bli ustabile noe som kan medføre at fjellsider raser ut.

### Resultater og mulige konsekvenser



Figur 4.9.1 Permafrost i Norge for normalperioden 1961-1990 og et fremtidig scenario for år 2100. Vi ser at permafrosten kan forsvinne helt fra fastlandet i Norge.

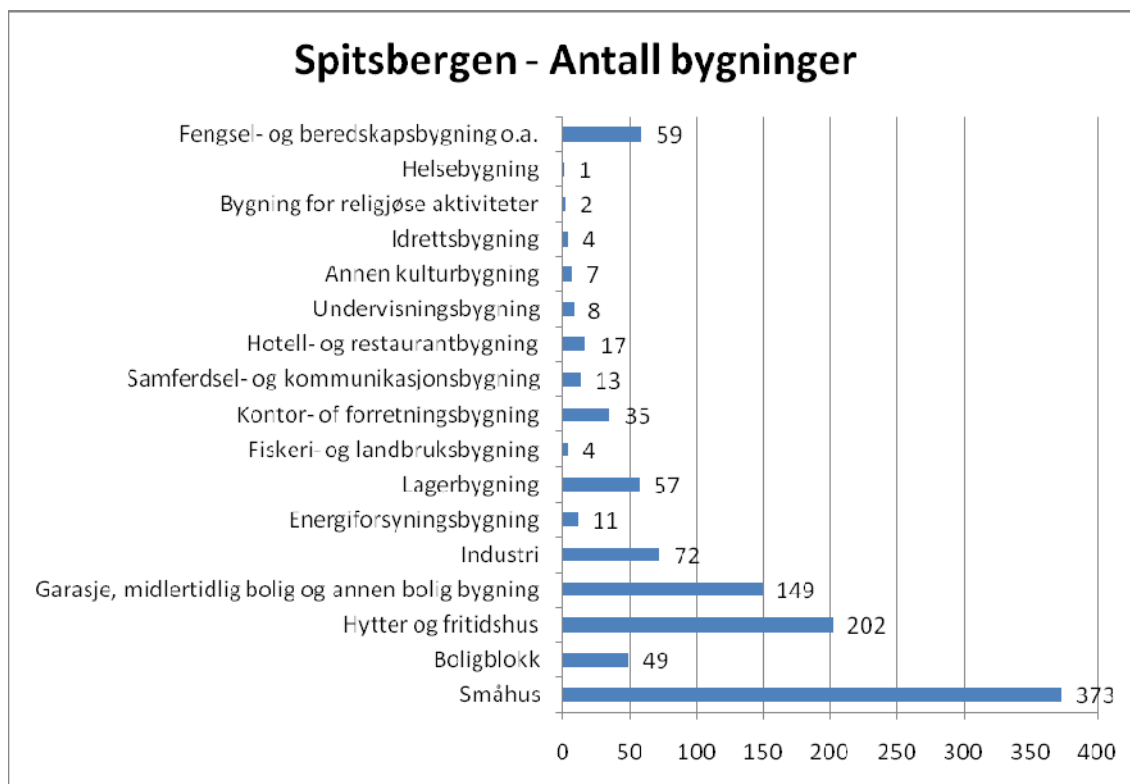


Figur 4.9.2 Permafrost i Norge for normalperioden 1961-1990 og et fremtidig scenario for år 2100. Vi ser at permafrosten kan forsvinne helt fra fastlandet i Norge.

Som vi ser av figuren ligger ca 6700 bygninger i permafrostområder på fastlandet i Norge. 23 bygninger ligger helt sikkert i permafrostområde, mens resterende 6682 bygninger er i klassen ”mulig permafrostområde”. Grunnen til at permafrost er delt i ”mulig” og ”sikker” klasse er at modellen baserer seg på målt lufttemperatur. Etablering av permafrost i bakken kan være avhengig av flere andre parametere. Men der lufttemperaturen er lav nok, vet vi med sikkerhet at det er permafrost i bakken.

#### Permafrostcase 1: Svalbard

På Svalbard er klimaet så kaldt at det er permafrost i alle områder hvor det finnes bygninger. Hovedkonsentrasjonen av bygninger på Svalbard ligger i Longyearbyen på Spitsbergen. Figur 4.9.3 viser fordeling av antall bygninger etter bygningstyper på Spitsbergen.



Figur 4.9.3 Diagrammet viser antall bygninger fordelt etter bygningstype på Spitsbergen, fra uttrekket i matrikkelen.

Det kan antas at alle bygningene ligger i permafrostområde (omtrent 1000 stk). De fleste bygningene er fundamentert på permafrost, det vil enkelt si at frosten i bakken stabiliserer fundamentet som holder bygningene oppe. De aller fleste bygningene i Longyearbyen er pælet, der pælene er slått så langt ned i bakken at man er sikre på at permafrosten holder pælene stabile, se figur 4.9.4. Pælene er frosset fast i grunnen på grunn av permafrosten. Man er i de siste årene begynt å slå pælene lenger ned i bakken enn tidligere på grunn av fare for at permafrosten tiner i øvre lag. For å unngå at solen tiner opp bakken under bygningene, bygges "skjørt" fra underkant av bygningens gulv og ned mot bakken. Gulvet ligger i god avstand mot grunnen, og gulvet er godt isolert for å unngå varmelekkasjer ned mot grunnen av samme årsak<sup>14</sup>.

Beregningene viser at selv med de mest ekstreme oppvarmingsscenariene så vil ikke bygninger "falle ned" på grunn av oppvarmingen. Årsakene til dette er at det tar veldig lang tid før oppvarmingen på overflaten "trenger ned" i grunnen, særlig på grunn av latent varme som skal tilføres for å smelte isrik grunn, og at byggenes levetid er begrenset (20 til 50 år). Pælene er fra 6 til 20 meter dype og blir derfor lite påvirket av oppvarmingen i levetiden til konstruksjonen (20 til 50 år) (Instanes et al., 2005). For nye prosjekter (for eksempel Kulturhuset i Longyearbyen) har man lagt inn en kjøleplate i grunnen for på kunstig måte holde grunnen avkjølt i byggets levetid. På denne måten unngås effekter av fremtidig oppvarming.

<sup>14</sup> Kilde: Intervjuer med Sysselmannen og med entreprenør i Longyearbyen i forbindelse med PhD-arbeidet til C.F. Øyen, foreløpig upublisert materiale



Figur 4.9.4 Pæling og spunting (skjøting av stokker) i forbindelse med nybygging, Longyearbyen, Svalbard.  
Foto: C.F. Øyen

### Anbefalte tiltak

Vi anbefaler at det utredes mer i detalj hvilke områder og hvilke bygg som er i risikosoner. Dette gjelder bygninger som er fundamentert på bakken i områder som i fremtiden ikke lenger vil ha permafrost. Bygningene i Longyearbyen på Svalbard og enkelte bygninger i Finnmark er eksempel på dette. Sikringstiltak for fundamenter og andre geotekniske tiltak er også aktuelle. På Svalbard er det blant annet prøvd ut en løsning med installasjon for kjøling av fundamentene på enkelte bygninger for å kunne motvirke en stabilitetsendring.

## 4.10 Skred

### Prossesser

Bygninger kan bli påvirket av både snøskred, leirskred, jordskred og steinsprang. Slike prosesser er ofte meget dramatiske, da de ikke bare forårsaker store materielle skader, men kan også medføre tap av menneskeliv. Mens større snøskred og jordskred kan være enklere å forutsi, er steinsprang og leirskred ofte latente prosesser som plutselig oppstår uten noen form for advarsler.

### Resultater og mulige konsekvenser

I et prosjekt kalt GeoExtreme har forskere fra fem institusjoner samarbeidet om å undersøke sammenhenger mellom klima og skred, hvordan utviklingen blir de neste 50 årene, hva skred og skredfare koster samfunnet, og hvordan samfunnet best kan forholde seg til problemstillingen.

Forskningsprosjektet GeoExtreme har undersøkt følgende fire hovedspørsmål:

- Hvilke metrologiske elementer utløser skred, og kan de variere i ulike deler av landet?
- Hvordan vil værelementene som utløser skred endre seg i et endret klima?
- Hvordan vil skredfaren i ulike deler av Norge endre seg?
- Hva blir de sosioøkonomiske effektene av endret skredfare?

Resultatene viser blant annet at snøskredfrekvensen antakelig vil øke i deler av Midt-Norge, og at hyppigheten av jordskred kan øke i store deler av Norge fra Trøndelag og nordover. Store deler av Sør-Norge får små eller ingen endringer i skredhyppigheten, selv om klimaet skulle føre til mer ekstremvær. Sunn fornuft og respekt for Plan- og bygningsloven kan avverge de fleste skadevirkningene. Klimaendringenes konsekvenser ble studert både på nasjonalt nivå og i detalj i studieområdene Otta, Tromsø og Hjelledalen. Rapporten konkluderer med at ca 48 000 eiendommer med en verdi på rundt 120 mrd kroner kan bli utsatt for snøskred eller steinsprang. (Kilde: Geoextreme.no)

I vår rapport er det ikke gjort utredninger eller analyser av bygninger i risikosone for skred.

### **Anbefalte tiltak**

Vi anbefaler at det gjøres risikovurderinger for hver enkelt kommune i Norge. Reguleringsplanene må gjenspeile sikringstiltak mot skred. Kartlegging av risikoområder og restriksjoner på oppføring av byggverk i slike områder er aktuelle tiltak. I tillegg bør det gjennomføres sikringstiltak for eksisterende bygningsmasse som ligger i risikozonen.

## **4.11 Havnivåstigning**

### **Prossesser**

Tradisjonelt sett har bebyggelse knyttet til sjøaktiviteter ved kaianlegg og bryggeområder blitt lagt til sjøkanten. Men i senere tid har også hoteller og signalbygninger blitt plassert i slike områder. Nærhet til sjøen er blitt en salgsvare.

Når havnivået stiger vil bygninger som ligger nær havoverflaten bli påvirket i form av vanntykk og oversvømmelser med påfølgende fuktskader både ved normalnivå og flomnivå. Havnivåstigningen vil også legge føringer for hvilke områder som er egnet for fremtidig bygging. Oversvømmelser i forbindelse med havnivåstigning vil kunne få store økonomiske konsekvenser.

De fleste av de største byene i Norge har kyststripe. I tillegg ligger store deler av den norske bygningsmassen langs kysten.



*Figur 4.11.1 Bryggen i Bergen er et eksempel på bebyggelse i risikozonen for havnivåstigning. Selv i dag oppstår oversvømmelser i forbindelse med springflo eller stormflo. Foto: Skjalg Ekeland, BA/ANB.*

**Resultater og mulige konsekvenser**

Det er knyttet store usikkerheter til havnivåstigningen. Estimaten varierer mellom de ulike landsdelene. I tillegg må man forvente en generell landheving. I dette arbeidet er bygningsdata og terrengdata satt sammen i en og samme modell. Tids- og datakapasitetsbegrensninger har derimot gjort til at vi ikke har klare tall for hvor mange og hvilke bygg som er i risikosonen. Det vi kan si er likevel at alle bygg og infrastrukturer som ligger lavere enn en meter over dagens havnivå (flo) er i risikosonen for å bli påvirket av havnivåstigning de neste 100 årene.

**Anbefalte tiltak**

Vi anbefaler at det gjøres en case-simulering for et av fylkene i Norge (for eksempel Nordland). Deretter bør det gjøres grundige analyser for hver enkelt kommune i Norge som har kyststripe. Det bør lages tiltaksplaner for eksisterende bygninger i risikosonen. Aktuelle tiltak er fuktsikring, vanntetting, vurdering av endret bruk etc.

I tillegg bør det enten forbys å bygge nye bygninger under en viss kotehøyde, eller stilles strenge krav til vanntetthet for konstruksjoner i slike områder. 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 promenader langs sjøkanten vil både fungere som tiltak for å møte klimaendringene samtidig som det gir allmennheten nærhet til strandsonen. Dette viser at plassering av bygninger vil bli enda viktigere enn før i kommuner med kyststripe.

## Referanser

---

**Edvardsen, K.I.** og Ramstad, T., 2007:

*Håndbok 53 Trehus (Trehusboka)*, revidert utgave, 2. opplag. SINTEF Byggeforsk, Oslo

**Eriksen, S., Øyen, C.F., Kasa, S.** og Underthun, A., 2007:

*Klimatilpasning og fuktsikring i typehussektoren. Delrapport fra FoU-programmet «Klima 2000»*, Prosjektrapport 3, SINTEF Byggeforsk, Oslo

**Eriksen, S., Øyen, C.F., Kasa, S.** and Underthun, A., 2009.:

Adaptation processes in a developed country context: the case of the housing sector in Norway, in Richard Klein (ed.) *Climate and Development 2*

**Hanssen-Bauer, I., H. Drange, E.J. Førland, L.A. Roald, K.Y. Børsheim, H. Hisdal, D. Lawrence, A. Nesje, S. Sandven, A. Sorteberg, S. Sundby, K. Vasskog** og B. Ådlandsvik (2009):

*Klima i Norge 2100*. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing, Norsk klimasenter, september 2009, Oslo

**Instanes, A., Anisimov, O., Brigham, L., Goering, D., Ladanyi, B., Larsen, J.O.** and Khrustalev, L. (2005) Arctic Climate Impact Assessment - Impact of a warming world. *Chapter 16. Infrastructure: Buildings, Support Systems and Industrial Facilities*. Cambridge University Press. pp. 907-944.

**Lisø, K.R.** og Kvande, T., 2007:

*Klimatilpasning av bygninger*, SINTEF Byggeforsk, Oslo. Sluttrapport fra Klima 2000

**Lisø, K.R., Kvande, T., Hygen, H.O., Thue, J.V.** and Harstveit, K., 2007:

A frost decay index for porous, mineral building materials, in E.H. Mathews (ed.) *Building and Environment*, 42(10), 3547-3555

**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

**Rydock, J.P., Lisø, K.R., Førland, E.J., Nore, K.** and Thue, J.V., 2005:

A driving rain exposure index for Norway, in E. Mathews (ed.) *Building and Environment*, 40(11), 1450-1458

**Lisø, K.R.**, 2006:

*Building envelope performance assessments in harsh climates: Methods for geographically dependent design*. Doctoral theses at NTNU 2006:185, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering

**Miljøverndepartementet**, 2010 a:

*LOV 2005-06-17-101: Lov om eideomsregistrering (matrikkellova)*. Ikrafttredelse 2010-01-01, Miljøverndepartementet.

**Miljøverndepartementet**, 2010 b:

*FOR 2009-06-26-864: Forskrift om eideomsregistrering (matrikkelforskriften)*. Ikrafttredelse 2010-01-01, Miljøverndepartementet.

**Norsk klimasenter:**

*Klima i Norge 2100*, Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing, redaktør Inger Hanssen-Bauer, endelig utgave september 2009

**Scheffer, T.C., 1971:**

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

**Styringsgruppen for Klima21, 2010:**

*Kunnskap for klima - Strategi for klimaforskning*. Rapport fra Styringsgruppen for Klima21. Klima21-sekretariatet, Forskningsrådet.

**Statens offentliga utredningar, 2007:**

*Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter - SOU 2007:60*. Det svenske Miljödepartementet, Klimat- och sårbarhetsutredningen.

**Tyrén, C.W., 2004:**

*Plan- og bygningsloven – Kommentarutgave*. 5. utgave. Universitetsforlaget.

**Øyen, C.F., Jerkø, S., Ovesen, H., 2005:**

*Forsterket fokus på estetisk utforming? En evaluering av forvaltningsmyndighetenes og foretakens endrede praksis*. Project report 381, the Norwegian Building Research Institute, Oslo, Norway