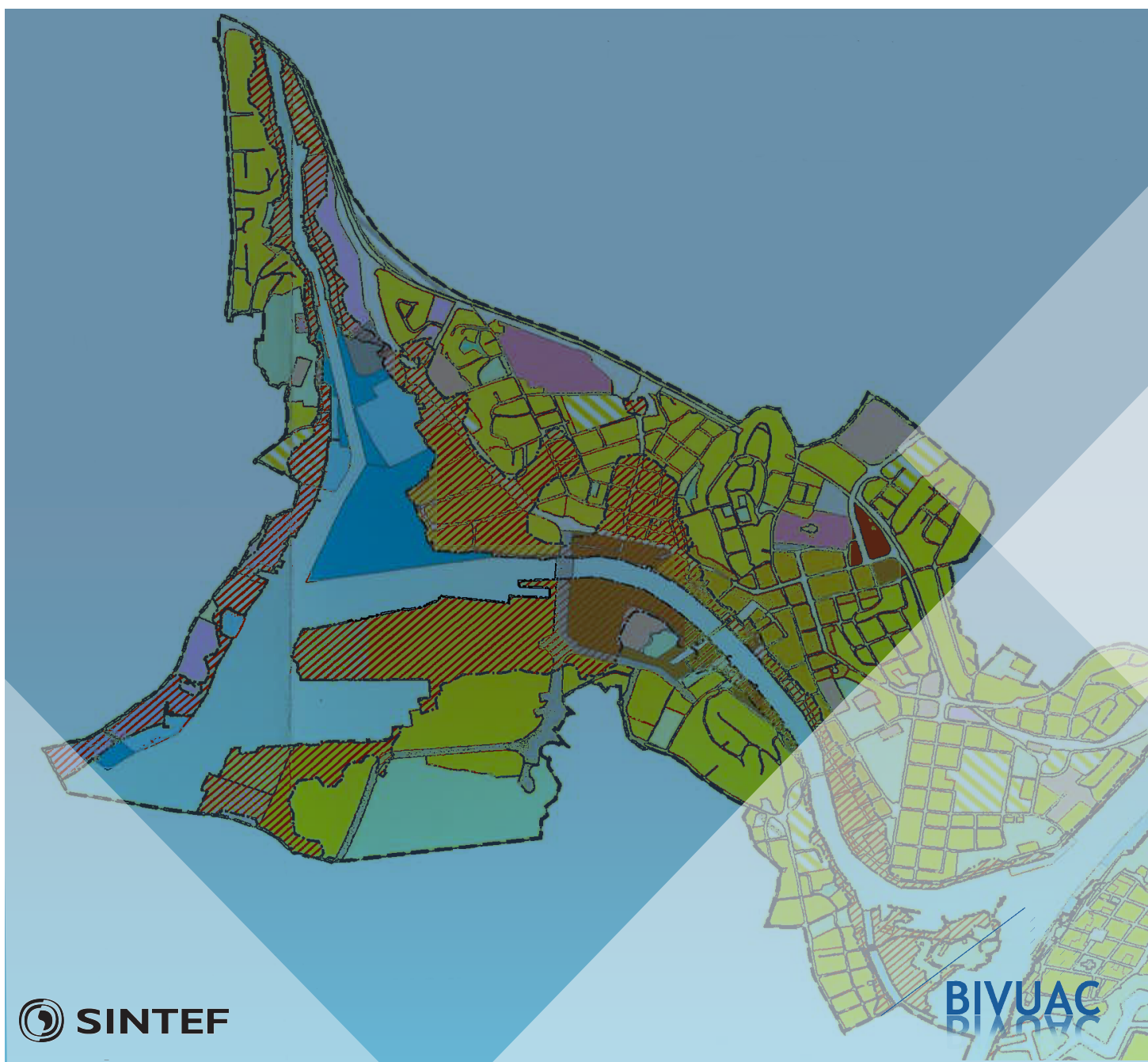


# Bygninger og infrastruktur – sårbarhet og tilpasningsevne til klimaendringer



SINTEF Fag

Cecilie Flyen, Sofie Elisabet Mellegård, Trond Bøhlerengen, Anders-Johan Almås,  
Kyrre Groven og Carlo Aall

## **Bygninger og infrastruktur – sårbarhet og tilpasningsevne til klimaendringer**

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Fag 28

Cecilie Flyen, Sofie Elisabet Mellegård, Trond Bøhlerengen, Anders-Johan Almås,  
Kyrre Groven og Carlo Aall

**Bygninger og infrastruktur – sårbarhet og tilpasningsevne til klimaendringer**

Emneord: bygninger, infrastruktur, klima, klimaendringer, klimatilpasning, sårbarhet,  
usikkerhet

Prosjektnummer: 102000044

ISSN 1894-1583

ISBN 978-82-536-1431-1 (pdf)

© Copyright SINTEF akademisk forlag 2014

Materialet i denne publikasjonen er omfattet av åndsverklovens bestemmelser. Uten særskilt avtale med SINTEF akademisk forlag er enhver eksemplarframstilling og tilgjengeliggjøring bare tillatt i den utstrekning det er hjemlet i lov eller tillatt gjennom avtale med Kopinor, interesseorgan for rettighetshavere til åndsverk. Utnyttelse i strid med lov eller avtale kan medføre erstatningsansvar og inndragning, og kan straffes med bøter eller fengsel.

Illustrasjon, omslag: Frå kommunedelplan for Fredrikstad byområde 2011–2013

Mindre justering i publikasjonsliste frå prosjektet og forfatteroppsett 13.4.2015

SINTEF akademisk forlag

SINTEF Byggforsk

Forskningsveien 3 B

Postboks 124 Blindern

0314 OSLO

Telefon: 22 96 55 55

Faks: 22 96 55 08

[www.sintef.no/byggforsk](http://www.sintef.no/byggforsk)

[www.sintefbok.no](http://www.sintefbok.no)

## Forord

Den foreliggende rapporten er en sluttrapport fra prosjektet «Buildings and Infrastructure – Vulnerability and Adaptive Capacity to Climate Change» (BIVUAC). Prosjektet har vært finansiert av Norges forskningsråd under programmet NORKLIMA/KLIMAFORSK i perioden 2010–2014. Prosjektet har hatt som mål å studere virkningene av ekstremværhendelser på bygninger og tilhørende infrastruktur for vannforsyning og avløp, samt å drøfte mulige tiltak for å forebygge slike virkninger. Rapporten gir en sammenstilling av funn fra studien av kommunecase og bygningcase, med hovedvekt på bygninger og grensesnittet mot VA-infrastruktur. Den gir en oversikt over hver enkelt case, og drøfter funnene mot hverandre. Samtlige publikasjoner i prosjektet er angitt i kapittel 8.

Prosjektet er et samarbeid mellom SINTEF Byggforsk og Vestlandsforskning. SINTEF Byggforsk har hatt prosjektledelsen, og denne rapporten omfatter i hovedsak SINTEF Byggforsk sin del av prosjektet. Prosjektet har sett på virkningene av forskjellige typer ekstremværhendelser, primært nedbørsrelaterte, på bygninger og tilhørende infrastruktur for vannforsyning og avløp i byer og distriktsområder. Hoveddelen av Vestlandsforskings arbeid er et PhD-studium av usikkerhets- og risikostyring, med planlagt ferdigstilling i 2015 av en artikkelbasert avhandling ved NTNU, Institutt for geografi.

Vi takker for et nært og godt samarbeid med Vestlandsforskning som samarbeidspartner i prosjektet. En spesiell takk til Kyrre Groven, som har utarbeidet kapittelet om klimatilpasning i Trondheim kommune. Videre takker vi Norges forskningsråd for finansiering, og for god oppfølging underveis. Vi ønsker også å takke flere av våre kolleger ved SINTEF Byggforsk for verdifulle bidrag og støtte. Trond Bøhlerengen har gjennomført tilstandsanalyser av bygningene i de kvalitative casestudiene. Han har videre vært SINTEF Byggforsks kvalitetssikrer på øvrige deler av arbeidet. Reidun Dahl Schlanbusch har deltatt med beskrivelser av kommunecasene. Angelika Hansen har vært språklig bearbeider og har bidratt til rapportens lesbarhet og prosjektets økonomiske styring.

De viktigste bidragene til rapporten kommer fra alle de som har satt av tid og villig har delt sine erfaringer med oss gjennom intervjuer, møter og befaringer av prosjektene. Vi takker for alle innspill fra sentrale personer innenfor ledelsen i kommunal plan- og byggesak, øvrige kommunale representanter, byggherrerepresentanter, og sist, men ikke minst, representanter for brukere av bygningene. Den informasjonen vi har fått fra dem, er grunnleggende og har gjort oss i stand til å bygge opp prosjektet og rapporten. Vi håper vi har tatt vare på den tilliten de har vist oss.

Oslo, 1. desember 2014

Anders Fylling  
Forskningsjef  
SINTEF Byggforsk

Cecilie Flyen  
Prosjektleder  
SINTEF Byggforsk

## Sammendrag

Denne rapporten er en sluttrapport for forskningsprosjektet BIVUAC: *Buildings and Infrastructure – Vulnerability and Adaptive Capacity to climate change*. Rapporten oppsummerer bakgrunnen for prosjektet, og dokumenterer forskningsarbeidet, resultatene og konklusjonene. De tre overordnede forskningsspørsmålene for prosjektet er:

1. Hva er den totale klimasårbarheten i den norske bygningsmassen for ekstreme værhendelser?
2. Hva er de iboende usikkerhetene i natur og samfunn i forhold til den totale klimasårbarheten til bygningsmassen i Norge for ekstreme værhendelser?
3. Hvilke tiltak kan iverksettes for å adressere den totale klimasårbarheten i den norske bygningsmassen for ekstreme værhendelser, når usikkerheten i natur og samfunn også blir tatt med i betraktningen?

Hovedmålet med prosjektet har vært å analysere sammenhengen mellom iboende tilpasningskapasitet i eksisterende bygd miljø og forventede klimapåkjenninger i utvalgte klimascenarier. Det er gjort analyser av både kommuner, bygningsobjekter og kommunal infrastruktur på vann- og avløpsnett. Undersøkelsene har gitt et rikt, kvalitativt materiale og mange funn knyttet til kommunal praksis og samhandling, samt innsikt i hvilke konkrete problemstillinger bygningsobjektene står overfor i møte med et endret klima. Prosjektet er gjennomført som kvalitative casestudier i kombinasjon med litteraturstudier, dokumentstudier, gjennomgang av historiske data om norsk offentlig rammeverk, laster og standarder på gitte tidspunkter for konstruksjon av utvalgte bygninger, byggskadestatistikk, klimascenarier, usikkerhet m.m. Utvalget av case representerer urbane og distriktsurbane bygninger og vann- og avløpsinfrastruktur med geografisk spredning, varierende klimautfordringer, forskjeller i størrelse, befolkning osv. Informasjonen i casebeskrivelsene er basert på en forenklet tilstandsanalyse på stedet, dokumentanalyse (avhengig av tilgang på dokumenter) og intervjuer (avhengig av tilgang på informanter), samt faglig vurdering av byggeskikk og tilstand på byggetidspunkt.

Tre kommuner i Norge er analysert for å kartlegge kommunal praksis: Oslo, Trondheim og Fredrikstad. *Oslo* kommune har nedfelt et overordnet fokus på klimatilpasning, og har innarbeidet en rekke føringer for klimatilpasning i planverket. Disse føringene er imidlertid spredt utover et stort antall planer, og det er vanskelig å få oversikt. Nettverket Framtidens byer har hatt stor betydning for kommunens arbeid med klimatilpasning. Et poeng som framheves i strategiarbeidet, er behovet for utvikling av tverrsektorielt samarbeid på temaområdet klimatilpasning. Kommunen er også tydelig på at det er behov for kompetanseheving. I *Trondheim* kommune har ideen om klimatilpasset overvannshåndtering fått oppslutning, både politisk og administrativt. Det fremste uttrykket for denne ambisjonen er at de sentrale prinsippene bak den nye retningen er nedfelt som juridisk bindende bestemmelser til kommuneplanens arealdel og i førende sektorplaner. Videre har mye blitt oppnådd gjennom tverrsektorielt samarbeid for å integrere overvanns- og klimahensyn i planleggingen. Den delen av konseptet som samsvarer med økonomiske hensyn knyttet til kapasitetsbegrensninger i avløpsnett og renseanlegg, har lettest for å vinne gehør. De pågående endringene i overvannsforvaltningen må derfor ikke ensidig tolkes som et uttrykk for klimatilpasning. *Fredrikstad* kommune mangler formalisert samhandling mellom etatene. Klimarelatert kompetanse på VA-siden kunne med hell ha vært bedre innarbeidet i planer og veiledere. Både på plansiden, på byggesakssiden og på VA har kommunen lenge vært en viktig drivkraft for klimatilpasning av bygd miljø og infrastruktur. Det er et behov for tilbakeføring av erfaringer fra VA til plan (spesifikt mellom plan, byggesak og VA). Imidlertid bærer kommunens overordnede planer noe preg av at samordning mellom etatene ikke er godt nok ivaretatt. Kommunen har vært aktivt involvert i en rekke forskningsprosjekter på miljø- og klimaområdet gjennom flere år, og er med i Framtidens byer. Til

tross for påpekte behov for videreutvikling av samhandling mellom etatene, er det likevel tydelig at Fredrikstad kommunes aktive deltakelse i forskningsprosjekter har hatt stor betydning for deres kompetanseutvikling og utvikling av systemer for å møte klimaendringene.

I prosjektet er det også utført en GAP-analyse av fem bygninger i de tre kommunecasene. Alle objektene har vært utsatt for fuktskader. Analysens hensikt har vært å synliggjøre avstanden mellom bygningenes faktiske tilstand/robusthetsnivå og nødvendig/påkrevd robusthetsnivå for å takle dagens klima og framtidige klimaendringer. Analysen vurderer hvilke deler av bygningene som er spesielt sårbare for forventede klimaendringer. På grunnlag av GAP-analysen, samt analysen av plan- og byggesaksarbeidene i kommunene, foreslår rapporten ulike tiltak for best mulig å kunne takle klimapåkjenninger i form av ekstremvær som kan forventes å komme. I rapporten oppsummeres utfordringer og anbefalte tiltak. Det skilles mellom bygningsobjekt, prosess og institusjon. Både samfunnsendringer og klimaendringer er tatt med. Vi har allerede i dag en utfordring med store skader ved ekstremværehendelser. Slike skader er ofte svært kostbare å utbedre. Med et framtidig klima som gir hyppigere ekstremvær, vil følgelig skadeomfanget, hyppigheten av slike skader og variasjonen i skadetyper øke.

Analysene fra Oslo, Fredrikstad og Trondheim gir grunnlag for å komme med noen videre anbefalinger når det gjelder kommunal praksis og samhandling. VA-enhetenes kompetanse og praktisk innsikt i skadefrekvenser, årsaksforhold og knutepunkter for skadeforekomster er av stor betydning. Det gjelder ikke bare for forståelse og skadeforebygging av VA-infrastruktur, men også for bygningsmassen generelt. Anvendelse av denne kompetansen i planutvikling og byggesaksbehandling, basert på utstrakt samhandling mellom etatene, er av stor viktighet for å optimalisere gjennomføring av ROS-analyser og implementering i planer og annen virkemiddelutvikling. Framtidens byer representerer stor kompetanseheving i de deltakende kommunene, og det er tydeliggjort gjennom denne studien at slike prosjekter har stor betydning for kommunal utvikling og praksis. Videreføring og spredning av resultater fra Framtidens byer og andre tilsvarende prosjekter vil være avgjørende også for kommuner som ikke har deltatt. De problemene man står overfor knyttet til overvannshåndtering, fordrøyning av store vannmengder ved ekstremnedbørshendelser og langvarig nedbør med store nedbørmengder, vil øke hvis kapasiteten i overvannssystemene ikke økes samtidig med tiltak for å minske vannmengdene som i dag ledes til overvannsnett. Erfaringene fra dette prosjektet viser at flere tiltak kan settes i verk. Lokal fordrøyning, frakobling av taknedløp på overvannssystemet, krav om bruk av permeable overflater til fordel for tette overflater for å forsinke vannmengdene m.m. er tiltak av stor viktighet for å minske skadeomfanget både på overvannsnett og tiliggende infrastruktur, og på bygningsmassen som utsettes for urban flom.

Et samlet inntrykk etter undersøkelsene av casene er at økt fokus på klimarelaterte problemstillinger og strengere krav i byggeteknisk forskrift ikke nødvendigvis har ført til mer robuste løsninger i kommunal planlegging og forvaltning på VA området, og at endringer i lovverket alene ikke er nok til å endre forvaltning og praksis. Dette er i tråd med funn fra annen forskning. Mange kommuner henger etter i arbeidet med utvikling av ROS-analyser som ble lovpålagt i 2010, og innarbeiding av fokus på klimapåkjenninger og -endringer i planer, andre virkemidler og byggesaksbehandling er tilsvarende lite utviklet. Dette påfører aktørene en merbelastning ved at de må innhente informasjon om risiko og sårbarhet knyttet til klimarelaterte problemstillinger på egen hånd, noe som gir varierende og tilfeldig kvalitet. Dermed overføres et lovpålagt kommunalt ansvar til aktørene, og den institusjonelle sårbarheten knyttet til klimaendringer øker. Kommunen aksepterer det aktørene utfører, ved denne uformelle overføringen av ansvar. Hvis det skjer en klimarelatert hendelse, vil kommunen stå ansvarlig, uavhengig av hvem som har utført risiko- og sårbarhetsanalysen. Det er behov for både kommunale ROS-analyser, innarbeiding av klimarelaterte problemstillinger i planer og andre virkemidler, og aktørenes lokale ROS-analyser knyttet til enkelttiltak og reguleringer.

Treghet i utvikling av kommunale ROS-analyser og virkemidler med fokus på klimarelaterte problemstillinger underbygger videre et klart behov for at kommunenes gjennomføring av ROS-analyser, plan- og virkemiddelutvikling blir fulgt opp av statlige og/eller regionale myndigheter, som fylkesmannsembetene og/eller fylkeskommunene. Tilsvarende bør aktørenes etterfølgelse av plan- og bygningslovens bestemmelser på klimarelaterte problemstillinger i større grad følges opp. Det er naturlig at dette blir et tema i det kommunale tilsynsarbeidet.

# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>4</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>10</b>
1.1 Oversikt .....	10
1.2 Prosjektets mål og problemstillinger .....	10
1.3 Organisering.....	11
1.4 Avvik fra søknaden.....	11
1.5 Gjennomføring av prosjektet.....	12
1.6 Metodisk tilnærming .....	13
Datatilfang .....	13
Metode – caseundersøkelser .....	14
GAP-modell og -analyse.....	15
<b>2 Teoretiske refleksjoner som grunnlag for det empiriske arbeidet</b> .....	<b>17</b>
2.1 Bakgrunn .....	17
2.2 Naturlig sårbarhet og institusjonell sårbarhet.....	18
2.3 Utvikling av nasjonalt plan- og bygningsrelatert lovverk.....	21
Verktøy .....	21
Driverne .....	21
Forhåndskonferanser.....	22
2.4 Usikker tilpasning eller tilpasning til usikkerhet? .....	25
2.5 Kommunale virkemidler for klimatilpasning.....	29
Virkemiddel.....	29
Plan .....	29
Byggesak .....	29
Tilsyn .....	30
<b>3 Presentasjon av kommunecasene</b> .....	<b>31</b>
3.1 Oversikt og bakgrunn.....	31
3.2 Klimaendringer og framskrivninger for kommunecasene .....	31
Hverdagsvær, ekstremt mye dårlig vær og ekstremvær .....	31
Valg av klimaparametere .....	31
3.3 Hvordan blir klimaet i Fredrikstad, Trondheim og Oslo?.....	32
Økt temperatur og nedbør i landet .....	32
Oslo kommune.....	32
Trondheim kommune .....	33
Fredrikstad kommune.....	35
3.3 Kommunecase og kommunale virkemidler .....	35
Problemstillinger.....	35
Felles utfordringer knyttet til bygninger og infrastruktur .....	36



	Overvannsnett og utskiftningsstakt .....	36
3.4	Oslo kommune.....	38
	Forutsetninger .....	38
	Planer og reglement .....	39
	Overvannsarbeidet i etatene .....	41
	Eksempel på tiltak – Midgardsormen .....	42
3.5	Trondheim kommune .....	43
	Forutsetninger .....	43
	Planer og reglement .....	43
	Overvannsarbeidet i etatene .....	47
	Eksempel på tiltak – Fredlybekken .....	51
3.6	Fredrikstad kommune.....	52
	Forutsetninger .....	52
	Planer og reglement .....	53
	Overvannsarbeidet i etatene .....	56
	Eksempel på tiltak – Fredrikstad Mekaniske Verksted .....	59
<b>4</b>	<b>Drøfting av kommunecasene.....</b>	<b>61</b>
4.1	Sentrale spørsmål .....	61
4.2	Utfordringer .....	61
4.3	Kartlegging av sårbarhet .....	62
4.4	Strategier og tiltak .....	62
4.5	Institusjonelle spor .....	62
4.6	Kommunens arbeid med klimatilpasning .....	63
4.7	Drivere og hemmere .....	63
<b>5</b>	<b>Presentasjon av bygningscasene .....</b>	<b>64</b>
5.1	Utvalg .....	64
5.2	Bygningscase 1 .....	64
	Status .....	64
	Utforming og relevans .....	66
	Hva gjaldt da bygningen ble oppført .....	66
	Skadehendelser og utbedringer.....	66
	GAP-analyse av bygningscase 1 .....	68
5.3	Bygningscase 2 .....	69
	Status .....	69
	Utforming og relevans .....	69
	Hva gjaldt da bygningen ble oppført .....	69
	Skadehendelser og utbedringer.....	69
	GAP-analyse av bygningscase 2 .....	71
5.4	Bygningscase 3 .....	72
	Status .....	72
	Utforming og relevans .....	72

	Hva gjaldt da bygningen ble oppført .....	73
	Skadehendelser og utbedringer.....	73
	GAP-analyse av bygningscase 3 .....	74
5.5	Bygningscase 4.....	75
	Status .....	75
	Utforming og relevans .....	76
	Hva gjaldt da bygningen ble oppført .....	76
	Skadehendelser og utbedringer.....	77
	GAP-analyse av bygningscase 4 .....	78
5.6	Bygningscase 5.....	79
	Status .....	79
	Utforming og relevans .....	80
	Hva gjaldt da bygningen ble oppført .....	80
	Skadehendelser og utbedringer.....	80
	GAP-analyse av bygningscase 5 .....	80
<b>6</b>	<b>Drøfting av bygningscasene.....</b>	<b>82</b>
<b>7</b>	<b>Konklusjoner .....</b>	<b>84</b>
	7.1 Utvalg og metode .....	84
	7.2 Kommunal praksis.....	84
	7.3 Utfordringer og tiltak – kommunal praksis og andre myndigheter .....	85
	7.4 Erfaringer fra bygningscasene .....	85
	7.5 Utfordringer og tiltak – bygninger .....	88
<b>8</b>	<b>Publiseringsliste.....</b>	<b>89</b>
<b>9</b>	<b>Referanser.....</b>	<b>90</b>
	<b>Vedlegg 1 Endringer fra prosjektbeskrivelsen .....</b>	<b>94</b>
	<b>Vedlegg 2 Forslag til kursopplegg for klimatilpasning.....</b>	<b>96</b>

# 1 Innledning

## 1.1 Oversikt

Vi presenterer først prosjektets mål og problemstillinger. Deretter presenteres prosjektets organisering, samt forskningsdesign og metodikk. Videre gis en teoretisk drøfting av viktige begreper og kunnskapsbakgrunn for det empiriske arbeidet i prosjektet basert på litteraturgjennomgang i prosjektet. Så gis det en innføring i de ulike kommune- og bygningscasene som er analysert i prosjektet, før det hele oppsummeres i et drøftingskapittel. Vedleggene dokumenterer det vitenskapelige arbeidet som er gjennomført i prosjektet.

## 1.2 Prosjektets mål og problemstillinger

Hovedmålet med prosjektet har vært å utvikle en såkalt GAP-modell som demonstrerer sammenhengen mellom iboende tilpasningskapasitet i eksisterende (og framtidig) bygd miljø, inkludert vann- og avløpsinfrastruktur, og dagens klimapåkjenninger og forventede klimalaster i utvalgte klimascenarier.

Opprinnelig var planlagt fokus på bygningscase, men grunnet vanskelig tilgjengelig informasjon og mange funn innenfor kommunal planlegging og VA-praksis har den empiriske innsamlingen også dreid seg mer mot kommunal praksis og offentlige virkemidler. Dette har gitt et mer omfangsrikt, kvalitativt materiale og mange funn knyttet til kommunal praksis og samhandling, mens det planlagte fokuset på bygningsnivå har ikke latt seg gjennomføre fullstendig som planlagt.

Delmål:

- Kartlegge sårbarhet og tilpasningskapasitet i et utvalg av bygnings- og infrastrukturcase (vann- og avløp), for å identifisere indikatorer for klimarobusthet;
- Etablere den kombinerte usikkerheten i både natur- og samfunnsrelaterte aspekter, for å utvikle tilpasningsstrategier for klimaendringene, rettet mot byggesektoren;
- Foreslå tiltak for beslutningsstøtte for å øke robustheten i urbant og distrikts-urbant bygd miljø og vann- og avløpsinfrastruktur fra forskjellige perioder/av forskjellige årsklasser;
- Spre kunnskap opparbeidet i prosjektet til spesifikke målgrupper, inkludert utdanningsformål.

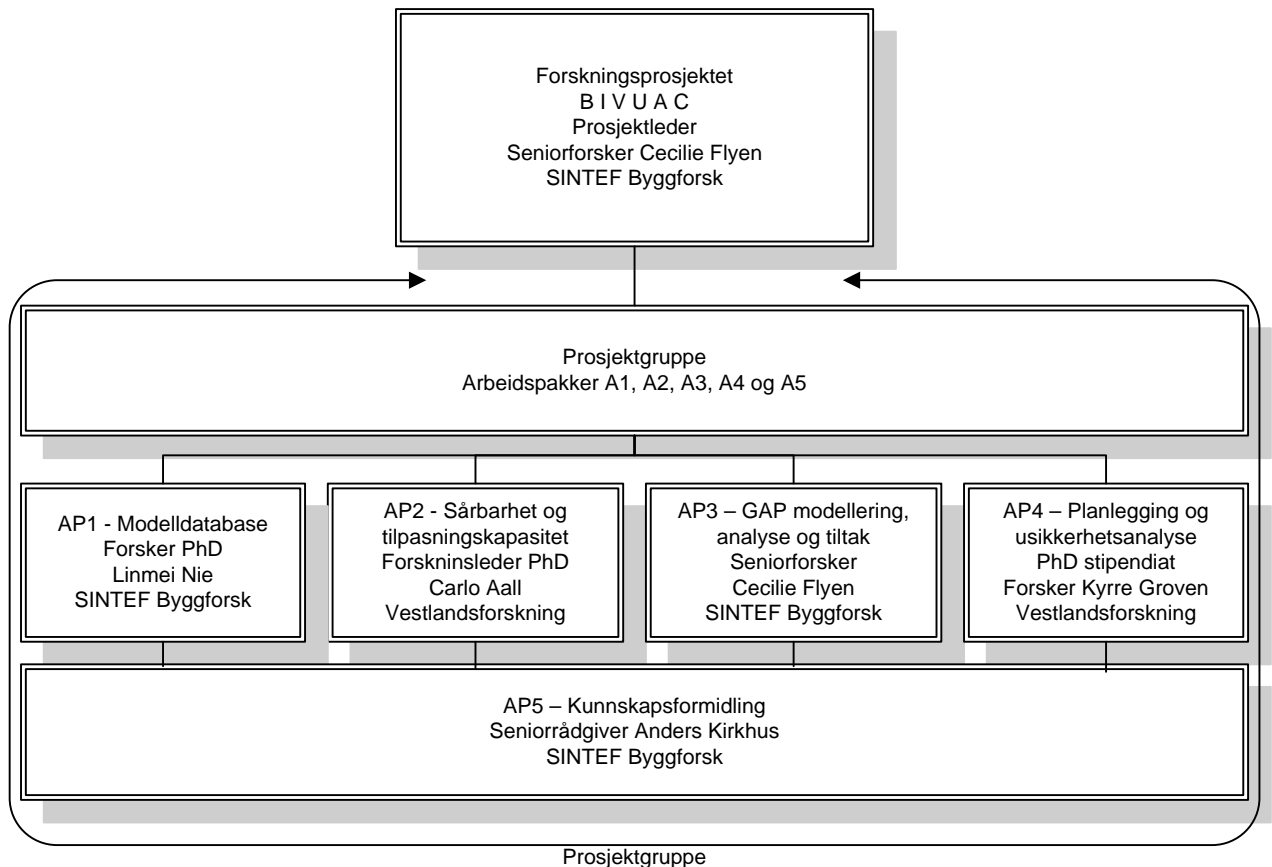
Målgrupper for resultatene i prosjektet er bygg- og infrastruktureiere og utviklere, profesjonelle aktører i byggeprosessen, offentlige plan- og bygningsmyndigheter på statlig, regional og lokalt nivå, myndigheter for samfunnsikkerhet, lovgivende myndigheter mfl.

De tre overordnede forskningsspørsmålene for prosjektet er:

1. Hva er den klimasårbarheten i den norske bygningsmassen for ekstreme værhendelser?
2. Hva er de iboende usikkerhetene i natur og samfunn for å beskrive klimasårbarheten til bygningsmassen i Norge for ekstreme værhendelser?
3. Hvilke tiltak kan iverksettes for å redusere klimasårbarheten i den norske bygningsmassen for ekstreme værhendelser, når usikkerheten i natur og samfunn også blir tatt med i betraktningen?

### 1.3 Organisering

Prosjektet har vært et samarbeid mellom SINTEF Byggforsk (prosjektledelse) og Vestlandsforskning. Prosjektet har vært ledet av Cecilie Flyen fram til august 2013 og etter den tid av Sofie Elisabeth Mellegård. Følgende forskere ved SINTEF har i tillegg vært knyttet til prosjektet: Linmei Nie, Trond Bøhlerengen og Dr Anders-Johan Almås. Ved Vestlandsforskning har prosjektet vært ledet av Professor Carlo Aall. I tillegg har Kyrre Groven deltatt som doktorgradsstipendiat knyttet til Geografisk institutt ved NTNU. Den opprinnelige prosjektstrukturen er vist i figur 1. I det videre beskriver vi kort det som har vært gjennomført i prosjektet.



Figur 1: Prosjektorganisering

### 1.4 Avvik fra søknaden

Prosjektperioden har blitt forlenget grunnet lang sykemelding av prosjektleder, skifte av prosjektleder og forsinkelser i doktorgradsarbeidet. Dette har påvirket framdrift og endelig ferdigstillelse av prosjektet. Oversikt over hvilke konsekvenser dette har medført for prosjektet:

- Endring av innholdet i prosjektet (mindre vekt på klimascenarier, innsamling av empirisk materiale på case har vært tidkrevende og utfordrende).
- Endring av innholdet i avhandlingen (mer vekt på overvannsbehandling og problemstillinger «rundt» bygninger).
- Forsinkelser i prosjektet har påvirket ferdigstilling av sluttrapport (arbeidspakke 5) og doktorgradsavhandling (arbeidspakke 4)

Alle forsinkelser og medfølgende endringer i prosjektet har vært løpende rapportert til Forskningsrådet.

## 1.5 Gjennomføring av prosjektet

Målsettingen med arbeidspakke 1 har vært å etablere et teoretisk grunnlag gjennom litteraturgjennomgang av lovverk og offentlig rammeverk, gjøre et caseutvalg og gjennomgå nedskalerte klimascenarier for utvalgte caseområder. Arbeidspakken er delt i følgende aktiviteter:

Arbeidspakke 1: Sårbarhet og tilpasningskapasitet

Opgavene i denne arbeidspakken har vært delt opp i følgende aktiviteter:

AP 1.1 Teoretisk grunnlag for modelldatabase

- Velge ut regionale klimascenarier for Norge, basert på forskningsfunn fra tidligere prosjekter med fokus på bygninger og infrastruktur, historiske data, tilgjengelig informasjon om lovverk, utvikling av vitenskapelige modeller og nødvendige tilpasninger for anvendelse i prosjektet;
- Spesifisere kravene som er relevante for klimascenarier (f.eks. regioner, klimavariabler, nedskalering i forhold til tid og rom);
- I denne arbeidspakken har det ligget store utfordringer knyttet til oppløsning av nedbørsintensitet for beregninger på infrastrukturen.

AP 1.2 Caseforberedelser og datainnsamling

- Velge ut casestudieområder avhengig av forskjellige bygningstyper, konstruksjonsår, klimaforhold og geografisk lokalisering. Digitale data for bygning, VA-anlegg, overflatetopografi og arealdisponering er nødvendig informasjon for videre analyser;
- Samle inn historiske skadedata for bygninger og VA-anlegg i utvalgte case. Samarbeid med plan- og byggesakssektoren og VA-sektoren, i tillegg til forsikringsselskap, vil være en viktig del av datainnsamlingen;
- Her har Oslo, Fredrikstad og Trondheim vært valgt ut som caseområder på bygningssiden, og Fredrikstad, Trondheim og Sandnes på infrastrukturen.

Arbeidspakke 2: Sårbarhet og tilpasningskapasitet

Opgavene i denne arbeidspakken var delt opp i følgende aktiviteter:

AP 2.1 Kartlegging av sårbarhet og klimatilpasningskapasitet

- Kartlegge sårbarhet og behov for rehabilitering og tilpasning i utvalgte case.

AP 2.2 Kvalitativ analyse av case

- Etablere en baseline for status ved byggetidspunkt og dagens situasjon for eksisterende bygninger og VA-anlegg;
- Lage kriterier for rehabilitering/oppgradering og usikkerhetsanalyse.

Arbeidspakke 3: Gap-modellering og analyse – tiltak

Målsettingen med denne arbeidspakken var å identifisere gapet mellom iboende og nødvendig robusthetsnivå for utvalgte case, for å modulere en generalisert GAP-modell, gjennomføre en konsekvensanalyse og utarbeide strategier og beslutningsstøttende retningslinjer for eksisterende bygd miljø basert på caseutvalget. De to foregående arbeidspakkene har supplert input til GAP-modellen.

- Identifisere tilpasningskriterier basert på historiske data og framtidig scenariebaseret robusthetsnivåer;
- Analysere tiltak for økt robusthet og klimatilpasningskapasitet i eksisterende og framtidig bygd miljø og VA-infrastruktur.

Arbeidspakke 4: Planlegging og usikkerhetsanalyse (PhD-studie)

Denne arbeidspakken har fokusert på hvordan forskjellige usikkerhetsaspekter relatert til klimaendringer og ekstremvær blir tolket i byggesektoren, og bidratt med forslag til kommunal

planlegging og beslutningstaking i lys av usikkerhet. Arbeidspakken har vinklet seg mer mot overflatevannshåndtering og relaterte problemstillinger enn opprinnelig skissert.

- Kjerneelementer: Dialoggrupper innenfor de forskjellige utvalgte caseområdene vil samle aktører fra alle nivåer i bygge- og VA-infrastruktursektorene. Det vil omfatte byggenæringen (arkitekter, entreprenører, ferdighusprodusenter), plan- og byggesaksmyndigheter, VA-myndigheter, eiere og brukere av bygninger;
- Scenarier som viser forskjellige utviklingsstier for både naturlig og samfunnsøkonomisk sårbarhet vil bli presentert for aktørene.
- En nasjonal undersøkelse innenfor de relevante sektorene, kombinert med en vurdering av tilgjengelig forskningskompetanse.
- Usikkerhetstypologi og modell vil bli utviklet for å strukturere gruppediskusjonene. Disse dialogene vil gi tilbakemeldinger om justering av usikkerhetsmodellen og scenariene;
- Resultatet av disse aktivitetene vil bli anbefalinger om hvordan bygnings- og infrastruktursektorene kan tilpasse seg til antatte endringer i ekstreme værforhold.

#### Arbeidspakke 5: Spredning av kunnskap/resultater

Med utgangspunkt i den brede sammensetningen av prosjektgruppen, er det et klart behov for å rette forskningsresultatene mot hensiktsmessige målgrupper. Spredning av kunnskap er gjennomført som en kontinuerlig prosess gjennom hele prosjektet, i tett samarbeid mellom arbeidspakkene, bl.a. gjennom foredrag og deltakelse på konferanser.

Resultater fra forskningsprosjektet (se også vedlagt prosjektbeskrivelse):

- Vitenskapelig artikkel i et internasjonalt tidsskrift med referee-system, innlegg i fagtidsskrift og deltakelse ved vitenskapelige konferanser;
- Konklusjoner fra arbeidspakke 1, 2 og 3 og en overordnet avsluttende antologi basert på publikasjonene og dekkende for hele prosjektet vil bli publisert i SINTEF Byggforsk publikasjonsserie;
- Utvikling av forelesningsserie for utdanningsformål;
- Publikasjon via partnernes elektroniske hjemmesider;
- Presentasjon av endelige resultater tilgjengeliggjøres for NORKLIMA-seminar.

Publiseringsliste er vist i kapittel 8.

Kompetanse fra prosjektet vil også bli innarbeidet ved nyutvikling og revisjon av eksisterende anvisninger i SINTEF Byggforsk kunnskapssystemer/Byggforskserien, som har 4 500 abonnenter og et langt høyere antall brukere i byggenæring og -sektor.

## 1.6 Metodisk tilnærming

### Datatilfang

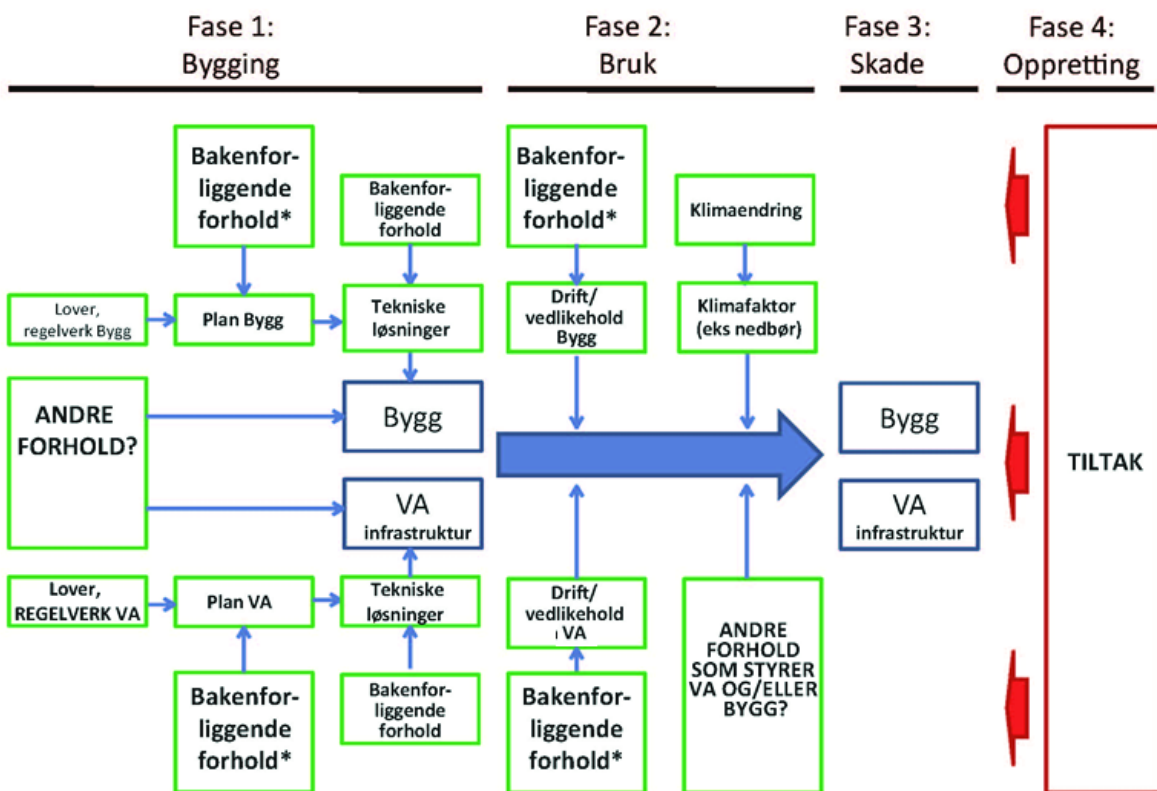
Prosjektet er gjennomført som kvalitative casestudier i kombinasjon med litteraturstudier, dokumentstudier, gjennomgang av historiske data om norsk offentlig rammeverk, laster og standarder på gitte tidspunkter for konstruksjon av utvalgte bygninger, byggskadestatistikk, klimascenarier og usikkerhet. Kvalitative casestudier omfatter intervjuer og dialoggrupper på flere nivåer både innenfor byggenæring og kommunal plan- og byggesakssektor.

Prosjektet har brukt lett tilgjengelige data for klimaframskrivninger, nemlig et utredningsmateriale sammenstilt av Bjerknessenteret for KS FoU (Miles og Richter, 2011), som gir data nedskalert til såkalte nedbørs- og temperaturregioner i Norge (i hovedsak på fylkesnivå).

Bygninger og VA-infrastruktur er behandlet parallelt i arbeidspakkene, og det er satt et eget fokus på grensesnittet mellom bygninger og infrastruktur.

Dette har gitt bred innsikt og muligheter til å kartlegge praksis om hvordan klimatilpasning blir ivarettatt ved hjelp av:

- Empirisk innsamling med utgangspunkt i utvalgte case, og prosjektbaserte kvalitative intervjuer med fokus på prosjektets mål og omfang. Praksiskartlegging og praksisutvikling. Strategisk utvalg av prosjekter gjennomført i tett samarbeid mellom arbeidspakke 1 og 2;
- Analyse av optimale løsninger for økt robusthet og klimatilpassningskapasitet i eksisterende og framtidig bygd miljø og VA-infrastruktur.



\* Eks. politiske prioriteringer, administrativ kapasitet

Figur 2: Analysemodell

### Metode – caseundersøkelser

Caseundersøkelsene i studien omfatter tre norske kommuner og er basert på dokumentanalyser av tilgjengelig informasjon på kommunenes hjemmesider, faglige rapporter (avhengig av tilgang på dokumenter) og intervjuer i hver case. I kommunene er det gjennomført totalt elleve dybdeintervjuer med nøkkelpersoner i plan- og byggesaksavdelingene og vann- og avløpsetater fordelt som vist i tabell 1. Det er i prosjektet utviklet intervjuguider med hensikt å kartlegge forvaltning og praksis knyttet til klimatilpasning, klimaendringer og kravsetting i forhold til disse termene.

Det er gjennomført tre intervjuer i Oslo, tre intervjuer i Trondheim og fem i Fredrikstad.

Et av prosjektets ambisjoner har vært å velge ut bygninger som gjenspeiler de fem hovedendringene i plan- og bygningslovgivning og tekniske forskrifter fra 1940-tallet fram til i dag. Utvalget er avgrenset til bygd miljø med byggskader forårsaket av ekstremværhendelser eller ekstremt (mye) dårlig vær, lange perioder med nedbør etc. og er primært knyttet til nedbør, fuktighet og overvannshåndtering. Utvalget omfatter det bygde miljø med forskjellig teknisk tilstand for å belyse effekten av ulike vedlikeholds- og rehabiliteringsregimer. Studien er avgrenset til flerboligbygg innenfor eierformene sameie og borettslag.

Informasjonen i casebeskrivelsene er basert på en forenklet tilstandsanalyse på stedet, dokumentanalyse (avhengig av tilgang på dokumenter) og intervjuer (avhengig av tilgang på informanter), samt faglig vurdering av byggeskikk og tilstand på byggetidspunktet. Utvalget av casene er ment å være med på å illustrere klimapåkjenninger på bygninger og VA-infrastruktur knyttet til ekstremvær eller ekstremt mye dårlig vær. Med «ekstremt mye dårlig vær» menes et vær som kan forårsake skade, selv om det ikke innfrir meteorologenes definisjon av ekstremvær.

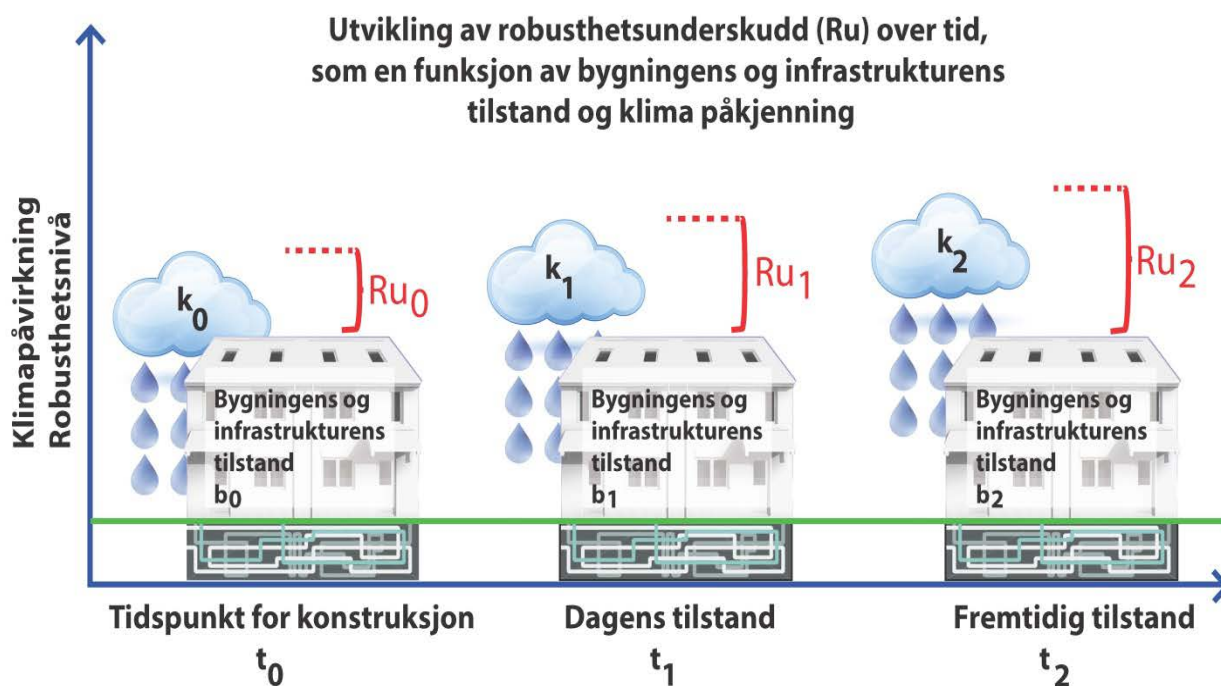
Tabell 1: Tabellen viser antall bygningscase i kommunene, byggeår og gjeldende byggeforskrift ved søknad om tillatelse til tiltak.

Kommune	Antall bygningscase	Byggeår	Byggeforskrift (BF)/ Teknisk forskrift (TEK)
Oslo	1	2008	TEK -95/97
Fredrikstad	1	1953	BF 1949
	1	1996/-97	TEK -85/87
Trondheim	1	1974	1965
	1	2004	TEK -95/97

## GAP-modell og -analyse

Hensikten med analysen er å avdekke gapet mellom bygningens faktiske tilstand (iboende robusthet) og nødvendig «påkrevd robusthet», forstått som kravene klimaet stiller. Dette gapet har vi valgt å kalle robusthetsunderskudd ( $R_u$ ). Figur 3 viser i tre illustrasjoner – for byggetidspunkt, nåtid og framtid – hvordan  $R_u$  kan variere som funksjon av både klimapåkjenningene og tilstanden til bygningen.





Figur 3: Robusthetsunderskuddet  $R_u$  kan variere som funksjon av både klimapåkjenningene og tilstanden til bygningen. Modellen er utviklet i prosjektet av Vestlandsforskning og SINTEF Byggforsk, illustrasjon SINTEF Byggforsk

I figuren er det lagt til grunn at klimapåkjenning ( $k$ ) ved byggetidspunktet var den samme som i dag, men vil øke i framtiden ( $k_0 = k_1 < k_2$ ). Videre er det forutsatt at bygningens tilstand ( $b$ ) er lik for nåtid og framtid, men dårligere enn ved byggetidspunktet ( $b_0 > b_1 = b_2$ ). I dette eksemplet øker robusthetsunderskuddet fra byggetidspunktet og fram til i dag fordi bygningen over tid har blitt mindre robust til å motstå klimapåkjenning, for eksempel på grunn av mangelfullt vedlikehold ( $Ru_0 > Ru_1$ ), mens videre økning ( $Ru_1 < Ru_2$ ) kommer av klimaendringer alene.

Det er bare for dagens situasjon ( $t_1$ ) vi kan fastslå det faktiske robusthetsunderskuddet. Derfor er det  $Ru_1$  som skal forklares i WP3, og som dermed er avhengig variabel. Det skjer ved å studere en rekke påvirkningsfaktorer (uavhengige variabler) fra byggetidspunkt og fram til i dag. Disse kan være av nasjonal karakter (lovverk), men de fleste er lokale og vil variere fra case til case.

## 2 Teoretiske refleksjoner som grunnlag for det empiriske arbeidet

### 2.1 Bakgrunn

Fokus på klimatilpasning for å møte framtidens forventede klimaendringer har internasjonalt så langt i størst grad vært rettet mot utviklingsland. Det er ofte blitt antatt at klimatilpasning i utviklede land med høyere økonomisk, teknologisk og institusjonell kapasitet vil være mer eller mindre uproblematisk. Flere studier viser imidlertid at utviklede land også har sårbarheter knyttet til mennesker og samfunn, både på grunn av eksponering for klimaendringer og grunnet mangel på klimatilpasningskapasitet (Morrow, 1999; O'Brien, et al., 2004; Øyen, et al., 2010; Aall, et al., 2012; Kvande, et al., 2013; Almås, 2013).

Som andre vestlige land er heller ikke nødvendigvis Norge godt forberedt på endringer i klimapåkjenninger og økning i antall og virkningsgrad av ekstremværhendelser forårsaket av global oppvarming (O'Brien et al., 2006; IPCC, 2007; 2014). Flere ekstremværhendelser med store menneskelige og materielle skader de siste årene, som nyttårsorkanen på Vestlandet i 1992, stein og jordskredet i Hatlestad terrasse i Bergen i 2005, flommen i Ålen/Gaularvassdraget i 2011 og flommer i Gudbrandsdalslågen i 1995, 2011 og 2013, illustrerer at heller ikke Norge er forskånet for omfattende ekstremværhendelser.

Disse tilfellene viser også behovet for å forstå avgjørende faktorer for sammenhengen bak tilpasningskapasitet, kartlegge hvordan vi forbereder, takler og tilpasser oss klimaendringer, samt å utvikle klimatilpasningskapasiteten i samfunnet. Selv om slike katastrofer til en viss grad øker fokuset på klimapåkjenninger generelt, og ekstremværhendelser spesielt, viser det seg at den institusjonelle hukommelsen er kort. Et eksempel er 100-metersbeltet med byggeforbud som ble innført i Gjøvikregionen ned mot Mjøsa etter Stor-Ofsen, ekstremflommen som rammet store deler av innlandet i Sør-Norge i 1789. Dette beltet er etter hvert likevel blitt bebygget. Da Vesle-Ofsen inntraff (ekstremflom i 1995), ble det samme området evakuert grunnet flommen. Når en ny 100-årsflom tilsvarende den som rammet området i 1995 kommer igjen, vil store deler av strandsonen i Gjøvik stå under vann<sup>1</sup>. Det er også eksempler på at ekstremværhendelser kan virke som drivere på lovverk og offentlig forvaltning. Nyttårsorkanen på Nord-Vestlandet i 1992 var en viktig årsak til det sterke fokuset på kvalitet i bygd miljø ved lovendringen i 1995/-97. Næss et al. (2005) framhever at lovverk og tekniske forskrifter i seg selv ikke nødvendigvis vil være tilstrekkelig til å sikre at nødvendige endringer av praksis finner sted. Men hva skyldes dette?

Ekstreme værhendelser kan ha store konsekvenser for både infrastruktur og det bygde miljø. Likevel har fokus for det meste av forskningen vært hverdagsværrets påvirkning på bygd miljø. I Norge har fuktbelastningen fra daglige klimapåkjenninger så langt blitt ansett som den største utfordringen til robustheten av det bygde miljø (Lisø og Kvande, 2007). Usikkerhet og tilpasningskapasitet overfor klimaendringer i eksisterende bygd miljø og infrastruktur har ikke vært et omfattende tema i tidligere forskning. Forskingen har først og fremst vært rettet mot løsninger til bruk i framtidige konstruksjoner, og da relatert til forventede endringer i hverdagsvær.

OECD-rapporten *Cities and Climate Change* (OECD, 2010) påpeker at visse trekk ved urbane samfunn og byer gjør dem spesielt sårbare for klimaendringer i større grad enn mindre urbaniserte strøk. Dette er knyttet til hvordan urban stabilitet og robusthet er avhengig av komplekse nettverk og

---

<sup>1</sup> [www.oa.no](http://www.oa.no). Lest 22.5.2013. Kildehenvisning til NVEs flomkart for 10-, 20- og 100-årsflom for Gjøvik

infrastruktur som sørger for grunnleggende tjenester som transport, rent vann, avløpshåndtering og energiforsyning. I tillegg er mange av disse tjenestene ofte gjensidig avhengige av hverandre.

Virkningene av de nye klimamodellene som presenteres i den femte hovedrapporten fra FNs klimapanel IPCC, forventes blant annet å bremse den økonomiske veksten, gjøre det vanskeligere å bekjempe fattigdom, og forlenge eksisterende fattigdom, samt skape ny fattigdom både i utviklingsland og i utviklede land (IPCC, 2014). I hovedrapporten fastslås det videre at man gjennom urban klimatilpasning kan utvikle robusthet og bidra til bærekraftig utvikling. Urbane områder huser mer enn halve verdens befolkning, og mye av klodens bygde verdier og økonomiske aktiviteter. Det er også i disse områdene at det bor flest mennesker, de økonomiske aktivitetene som pågår er mest utsatt for risiko for klimaendringer, og klimagassutslippene som genereres av urbane aktiviteter og innbyggere er størst. Hurtig urban vekst og utvikling av store byer i land med lav og mellomstor inntekt har medført rask vekst av utsatte urbane områder og uformelle bosetninger. Mange av disse områdene er i høy grad utsatt for ekstremværhendelser. Byer er sammensatt av internt avhengige systemer som kan bli utviklet til å støtte andre klimatilpasningstiltak gjennom effektiv kommunal forvaltning og styring. Det kan igjen åpne for synergier mellom investeringer i infrastruktur, arealbruk og beskyttelse av økosystemer. Urbane tilpasningstiltak som samtidig fører til utslippsreduksjoner er kraftige og ressurseffektive måter å adressere klimaendringer på og til å realisere bærekraftige utviklingsmål.

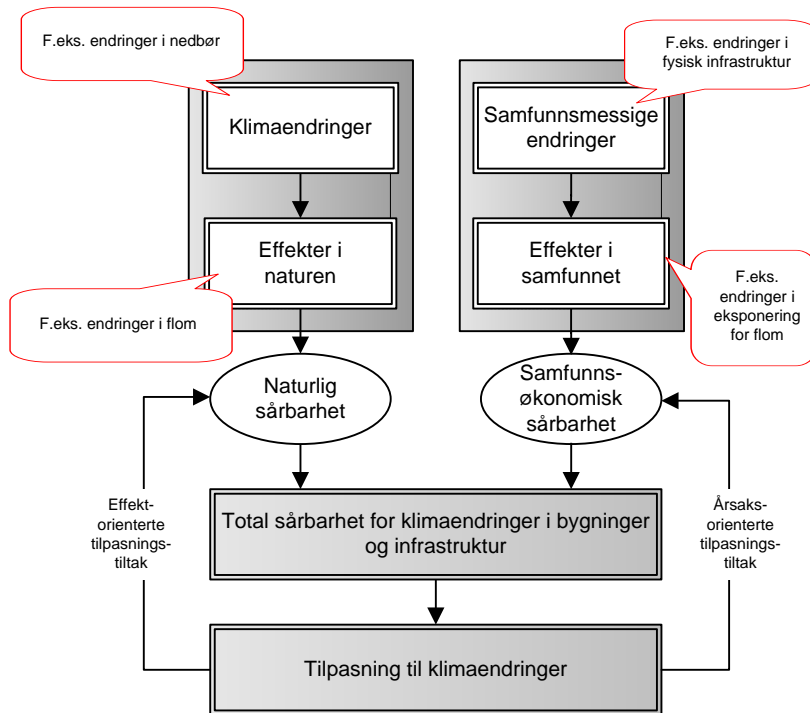
## 2.2 Naturlig sårbarhet og institusjonell sårbarhet

Sårbarhet og robusthet er to uttrykk for den evnen bygd miljø og infrastruktur har til å takle klimapåkjenninger. Dette må kartlegges for å kunne identifisere hvilke tiltak som er nødvendige for å møte klimaendringer. Det har vært forsket lite på den relative avstanden mellom kapasiteten i den norske bygningsmassen og vann- og avløpssystemene til gjeldende krav i standarder og lovverk om den kombinerte effekten av forventede endringer i hverdags- og ekstremvær. Følgelig er det også uvisst hvorvidt bygningsmassen og infrastrukturen er i stand til å tåle de kalkuleerte klimapåkjenningene knyttet til forskjellige klimascenarier, og hvilke klimatilpasningsstrategier og tiltak som er påkrevd.

Når man analyserer sårbarhet for klimaendringer, er det viktig å skille mellom sårbarhet utløst av endringer i klimaforhold, i dette tilfellet ekstremværhendelser i varierende grad, og sårbarhet utløst av endringer som gjør samfunnet mer eller mindre utsatt for klimapåkjenninger. I prosjektet anvendes begrepene «naturlig sårbarhet» og «sosio-økonomisk sårbarhet» for å skille mellom disse to konseptene. Dette beskriver også to ulike utgangspunkt for tilpasningsstrategier: En årsaks- og en virkningsinnrettet strategi som tar utgangspunkt i henholdsvis den sosio-økonomiske og den naturlige sårbarheten (jf. figur 4). En tilpasningsstrategi som retter seg utelukkende mot den naturlige sårbarheten (manifestert i form av for eksempel flom), vil gjerne være mer virkningsinnrettet; det vil si bestå i å avdempe virkningene av flommen (for eksempel bygge flomvoller, styrke varslingsrutiner, bedre gjenoppbyggingskapasiteten). En tilpasningsstrategi rettet inn mot den sosio-økonomiske sårbarheten vil søke å endre de prosessene i samfunnsutviklingen som gjør samfunnet eksponert for klimapåvirkning (for eksempel endre utbyggingsmønsteret vekk fra flomutsatte vassdrag eller vindutsatte høyder).

Eksisterende tilpasning til geografiske variasjoner gir en god indikasjon på evnen til å tilpasse seg endringer i klimaet i framtiden. Sårbarhet overfor klimaendringer kan forstås som samfunnets (manglende) evne til å sikre viktige verdier når man står overfor klimaendringer. Sårbarhet kan også ses som potensial til å tåle negative effekter. I hvilken grad bygninger gjennom sin utforming imøtekommer bestemte krav eller standarder (som krav til sikkerhet, bestandighet, ytelse, komfort, brukerkrav) stilt overfor dagens klimautfordringer (inkludert klimatiske ekstremhendelser), er en

manifestasjon av byggesektorens sårbarhet. Videre kan byggesektorens sårbarhet også beskrives som forhold og endringer i sektoren som fører til dårlig tilpassede bygninger.



Figur 4: En analytisk tilnærming til klimasårbarhet og klimatilpasning (Groven, 2005; Groven et al., 2008; Heiberg et al., 2008).

Klimaendringer vil forsterke sårbarheten i det bygde miljøet. Ekstremværet Dagmar på Nord-Vestlandet i 2011 og nyttårsorkanen i 1992 var kraftige påminnelser om behovet for tilpasning til et endret klima der denne typen hendelser kan bli vanligere. Endringer i klimaet vil påvirke hvor vi kan bosette oss, og vil ha betydning for plassering og utforming av bygninger og infrastruktur i Norge. Men klimaendringene vil også påvirke det som allerede er bygd. Om lag 80 prosent av bygningsmassen som finnes i dag, vil fortsatt stå i 2050 (Almås, et al., 2011). Vi må derfor sikre en tilpasning til klimaendringene som bidrar til å opprettholde eller øker den forventede levetiden eksisterende bygningsmasse og infrastruktur har i dag. Et stort etterslep i vedlikehold hemmer tilpasning til klimaendringer, og mangel på etterleving av regelverk, vedlikehold og kompetanse i byggenæringen svekker klimatilpasningskapasiteten.

På grunn av muligheten for hyppigere ekstremværehendelser som følge av klimaendringer, og dermed også større klimarelatert belastning, kan både VA-infrastruktur og bygd miljø utsettes for sterkere belastninger enn det var bygd for. Det kan igjen påvirke evnen til å tåle vanlige klimapåkjenninger (Lisø, 2006). Det er sannsynlig at oppgradering av eksisterende infrastruktur og bygninger er nødvendig for å tåle større klimapåkjenninger. Hverdagsvær og ekstremvær vil på forskjellige måter gjennom belastning over lang tid kontra stor belastning over kort tid, påvirke bygningsmassens og infrastrukturens robusthet som gjensidig vil øke sårbarheten for klimapåkjenninger og -endringer (Aall, 2011b). Naturlig sårbarhet i bygningsmassen og infrastrukturen er knyttet til klimapåkjenninger som vind og regn (direkte), og flom og jordskred (indirekte).

Det er fastslått gjentatte ganger at klimaendringene vil føre til mer ekstremvær (IPCC, 2014). Ekstremvær medfører store utfordringer for det bygde miljø. Lisø og Kvande (2007) fastslår at risiko for ekstremvær oftere bør legges til grunn ved dimensjonering og geografisk plassering av bygninger. Lisø og Kvande viser til flere eksempler på dette: ekstreme vindlaster på utsatte steder, stormflo og

skadeflom, og høy nedbørsintensitet i sårbare områder med begrensede naturlige fordrøyningsmuligheter. Klima 2000 ved SINTEF Byggforsk viste imidlertid at skadeutbetalinger fra forsikringsselskapene etter ekstremvær er meget små i forhold til det totale årlige byggskaedomefanget i Norge, og at bekjempelse av fuktskader bør ha sterkest fokus også under et nytt klimaregime. Videre sannsynliggjør funnene fra Klima 2000 at fuktpåkjenninger i ulike former både i dag og i framtiden vil gi de største utfordringene for robustheten til det bygde miljøet. Mer nedbør og høyere temperaturer kan eksempelvis gi økt fare for uønsket biologisk vekst på og i bygningskonstruksjoner over hele landet (Lisø og Kvande, 2007).

Mange faktorer er ikke direkte relatert til bygningens robusthet og klimasårbarhet, men påvirker likevel sårbarheten i infrastruktur og bygd miljø. Disse faktorene kan indirekte påvirke bygningers og infrastrukturens evne til å takle klimapåkjenninger, gjennom hvordan institusjonelle eller organisatoriske forhold påvirker utvikling, bygging, drift og vedlikehold. Sosio-økonomisk sårbarhet som påvirker bygd miljø, kan identifiseres på mange forskjellige nivåer i samfunnet og virker i forskjellige stadier av levetiden til bygninger og infrastruktur. Slik sårbarhet kan finnes både innenfor og utenfor rammen av plan- og bygningsdefinisjonen. Påvirkningsfaktorer innenfor denne rammen kan være lover og offentlig rammeverk, planlegging og forvaltning, byggeprosess og forvaltning av eksisterende bygninger og infrastruktur. Konkrete eksempler er utvikling og iverksetting av lover og andre virkemidler, risikovurdering, planlegging og lokalisering av bygninger og infrastruktur, involvering og samarbeid mellom aktører, fokus i byggeprosessen, samt vurdering av plassering, drift og vedlikehold av eksisterende bygningsmasse og infrastruktur. Andre påvirkningsfaktorer som influerer på bygningsmassens og infrastrukturens sårbarhet og robusthet omfatter økonomi, globalisering, markedskrefter og trender, demografisk utvikling og utbyggingspress, politisk styring, kompetanse og anvendelse av denne, holdninger osv.

Det er økende erkjennelse for at institusjonelle, økonomiske og teknologiske ressurser er avgjørende for evnen til å gjennomføre tiltak for tilpasning til lokale klimavariasjoner på kort sikt, samt å tilpasse seg klimaendringer på lang sikt (IPCC, 2001; Yohe og Tol, 2002; Næss, et al., 2005). Hvordan faktiske institusjonelle funksjoner og relasjoner påvirker slik tilpasning, er imidlertid mindre kjent (Eakin og Lemos, 2006). Som tiltak for å iverksette statlige og kommunale vedtak er noen generelle institusjonelle funksjoner blitt videreutviklet for å ivareta behovet for klimatilpasning, for eksempel betydningen av lovgivningen, i tillegg til politikk og offentlige institusjoner (Tompkins og Adger, 2005). Imidlertid kan den institusjonelle organiseringen av en sektor fungere som en barriere for å ta klimahensyn og svekke effektiviteten ved å fremme klimatiltak gjennom lovgivningen, som demonstrert for byggsektoren i England (Sorrell, 2003). Derfor må tilpasningshandlinger skje gjennom et samspill mellom kollektive og individuelle beslutninger (Tompkins og Adger, 2005) og samfunnsmessige endringer som påvirker slike interaksjoner.

Kommunenes tekniske avdelinger i planlegging og bygging ble drastisk redusert på slutten av 1990-tallet og i begynnelsen av 2000-tallet. En større kvalitativ studie blant kommuner og ferdighusprodusenter konkluderte med at tilsvarende tekniske avdelinger som før reduksjonen må gjeninnføres for å kunne utføre oppgaver som er nødvendige for å få til et framtidig klimatilpasset bygd miljø (Eriksen, et al., 2007). Studiene viste også at kommuner stiller få krav til klimatilpasning, og kun noen få kommuner har innarbeidet retningslinjer for klimatilpasset design. Kommunens klimarelaterte kunnskap har blitt nedskalert over en lang periode, og ifølge studien er det et faktum at denne kunnskapen er avgjørende for å oppnå robuste bygninger tilpasset de lokale klimautfordringene. Konklusjonene peker bl.a. på viktigheten av å utvikle egnede verktøy som klimasonekartlegging og innarbeiding av lokale klimabelastninger i utbyggingsplaner og lokaler planer, og samtidig støtte arkitekter og bygningskonsulenter ved utforming av framtidens bygninger.

BIVUAC-prosjektet handler om sårbarhet for og tilpasning til klimaendringer i byggesektoren når det gjelder ekstremværhendelser. Prosjektet baserer seg på følgende områder: Kunnskap om Norges bygde miljø og tilhørende infrastruktur for vannforsyning og avløp; kunnskap om virkningen av klimaforandringer på det bygde miljø og tilhørende infrastruktur for vannforsyning og avløp; kunnskap om og erfaring med det norske offentlige rammeverket vedrørende bygd miljø og infrastruktur, planprosesser og strukturer på alle nivåer, inkludert aktører og interessegrupper i byggeindustrien; kunnskap om usikkerhetsanalyser relatert til sårbarhetsvurderinger og beslutningsprosesser, samt kunnskap om de nyeste klimascenariene og om nedskaleringsmodeller.

## 2.3 Utvikling av nasjonalt plan- og bygningsrelatert lovverk

### Verktøy

Den norske lovgivningen knyttet til bygd miljø har vært et historisk viktig verktøy for myndighetene, som har påvirket og formet det norske samfunnet opp gjennom tidene.

### Drivere

Den opprinnelige driveren bak opphav til og endringer i bygningslovgivning kom som følge av behovet for å begrense branner i byer. Begrensning av branner begynte allerede i middelalderen, da byer i Norge ble pålagt rettslige bestemmelser gjennom Bjarkøyretten, Nordens eldste bylov fra rundt 1100-tallet. Hensikten med loven var å minske brannfare og unngå bybrann i Trondheim (som den gang het Nidaros og var hovedstad). Rundt 170 år seinere kom Magnus Lagabøtes bylov av 1276, som regulerte gater og bebyggelse. Også i denne loven var hovedfokus å unngå bybrann gjennom en begrensning i bruken av ild og lys. Grunnet de store og hyppige brannene var forordninger i begynnelsen av 1800-tallet alltid begrenset til virkeområder som skulle gjenreises etter en brannkatastrofe og var dermed ikke gjennomgripende for offentlig regulering og kontroll på landsbasis. De få bestemmelsene som fantes i denne perioden, var tilfeldige og ble spredt gjennom lokale bygnings- eller politiforordninger eller laugsartikler. Trangboddhet i mørke og uventilerte hus ga også opphav til en sunnhetslovgivning som var av stor betydning for utvikling av bygningsretten i forrige århundre. Lovene om brannforsikring av bygninger gjennom murtvangsloven i 1904 ble oppfattet av samtiden som et systemskifte og dødsstøtet for trebyen som fenomen. Loven innførte krav om mur bebyggelse i samtlige norske byer og ble påskyndet etter storbrannen i Ålesund i 1904. For å sette fart i bygging med tegl innførte Norges Brannkasse en gradert premietariff etter byggemåte, der murbygninger ble gitt premiefortrinn (SINTEF Byggforsk, 2007).

I perioden mellom 1814–1845 fremmet så Justisdepartementet et forslag om en samlet bygningslovgivning for alle landets byer. Lovforslagets prinsipper gjenspeiles i dagens bygningslovgivning. Allerede den gang møtte lovforslaget motbør i høringsrunder hos de lokale myndighetene. Argumentet var at landets klima, terrengforhold og næringsveier var så forskjellige rundt om i Norge at det rett og slett ikke lot seg gjøre å lage en felles lov. På 1800-tallet ble dette argumentet gjentatt gang på gang når forslag om bygningslover eller endring av eksisterende lover ble behandlet av Stortinget (SINTEF Byggforsk, 2007).

Den sterke ekspansjonen i den private byggevirksomheten i Oslo etter 1814 førte til økt behov for offentlig kontroll. I 1827 ble landets første moderne bygningslov for Oslo vedtatt, etterfulgt av Bergen i 1830 og Trondheim i 1845.

Først i 1949 ble den første tekniske byggeforskriften innført. I 1965 opplevde de norske kommunene en større omveltning da plan- og bygningslovgivningen ble omformet til et mer ytelsesbasert og

generelt rammenivå. Endringen ble delvis forårsaket av en økt frekvens i endringer på grunn av et sterkt ekspanderende fokus på byggematerialer (Bratberg, 1995). I 1985 ble det gjennomført en forenklet og desentralisert beslutningsprosess. Endringen omfattet også innlemming av arealplanlegging. Den nye norske plan- og bygningsloven av 1985 har fram til gjeldende forskrift gjennomgått to større endringer/revisjoner.

Nyttårsorkanen i 1992 førte til økt fokus på samfunnets sårbarhet knyttet til bygninger og infrastruktur. Orkanen avdekket et sterkt behov for økte kvalitetskrav og var en viktig driver bak lovendringen i 1995/97. Nedskalering av kommunenes tekniske aktiviteter på nittitallet hadde svekket lokale plan- og bygningsmyndigheters evne til å garantere gjennomføringen av lovbestemmelser, og ført til en uklar ansvarsfordeling mellom kommuner og private aktører (Nørve, 2005). Endringen i -95 krevde ansvarsfordeling, kontroll, riktig kompetanse og kvalifikasjoner i byggeprosjekter og førte til en radikal endring av søknadsprosesser for norske kommuner (Øyen, et al., 2005). En klar fordeling av ansvar og roller, implementering av intern og uavhengig kontroll, og kommunalt tilsyn i byggeprosjekter ble gjeninnført.

Tidligere ble kunnskap om lokale forhold innlemmet i byggeprosjekter av både profesjonelle aktører og gjennom saksbehandling i kommunene. Innføring av et rigid ansvarssystem overførte flertallet av ansvarsoppgavene fra kommunene til fagfolk i byggenæringen (Berg, 2005; Nørve, 2005; Øyen, et al., 2005). Grundig kontroll i byggeprosessen skulle sikre tilstrekkelige ferdigheter hos aktørene og oppfylle målet om økt bygd kvalitet. Selv om dette løste flere problemstillinger knyttet til kommunens ansvar for enkelttiltak, forsvant en viktig del av nødvendig kvalitetssikring på et tidlig stadium ved at kommunens muligheter til å innarbeide lokale problemstillinger i starten av byggeprosessen ble svært begrenset.

## **Forhåndskonferanser**

For å bøte på mangelen av at hensyn til de lokale forholdene ikke ble tatt med i byggeprosessen/tidligfasen, ble det innført oppstartsmøter for planlegging og såkalte forhåndskonferanser for byggesaker (Berg, 2005; Nørve, 2005; Øyen, et al., 2005). Målet med oppstartsmøter/forhåndskonferanser var å informere aktørene om de kommunale intensjonene i den lokale arealplanleggingen, gjennomføring av lovens bestemmelser, og om lokale forhold. Offentlig tilsyn ble formalisert, noe som førte til rutineendringer knyttet til godkjenningsprosesser for kommuner (Eakin, et al., 2011). Selv om målet var å redusere antall feil på planleggingsstadium og i selve byggeprosessen (Nørve, 2005; Øyen, et al., 2005), ble fukt og klimatilpasning ikke bredt inkorporert tidligere og heller ikke i lovendringene som ble effektuert i 1997.

Hovedformålet med de siste lovendringene i 2008/10 var å forenkle en upassende, uoversiktlig og usystematisk lovgivning. En helhetlig gjennomgang skulle gi enklere og raskere prosesser og legge grunnlag for bl.a. kortere behandlingstid, mindre skadeomfang og reduserte kostnader. De seneste endringene gir kommunen ansvaret for at det blir utviklet risiko- og sårbarhetsanalyser. En vurdering av lokale klimaforhold og kartlegging av potensielle risikoer som følge, er relevant for bygningsmassen og er et viktig skritt for å få et klimatilpasset bygd miljø. Styrkingen av klimafokus i den siste endringen ble primært drevet av forskning (Lisø og Kvande, 2007), og lovgivende forberedende arbeid understreker at klimarelaterte problemstillinger manglet i tidligere versjoner av lovgivningen.

De seneste endringene tar sikte på å effektivisere plan- og bygningslovgivningen. En rekke nylig introduserte klimarelaterte temaer er nå inkludert både i plan- og bygningsloven kap.3, byggeteknisk forskrift (TEK10), og prosessuelle regler (SAK10). Krav til obligatoriske risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS) utført av lokale myndigheter er innført, for bedre å sikre klimarelaterte aspekter i

planleggingsprosessen. TEK10 krever at nye bygninger i tilstrekkelig grad skal beskyttes mot skader eller naturlige påkjenninger gjennom riktig plassering av bygningen, prosjektering og konstruksjon. I tillegg bør byggeplassen og tilstøtende terreng ikke utsettes for følgeskader eller betydelig risiko. Figur 5 gir en sammenstilt oversikt av den norske plan- og bygningslovgivningen, med drivere for lovutvikling.



DRIVERE	PLAN- OG BYGNINGSLOV Forskrifter og veiledninger	PLAN- OG BYGNINGSMYNDIGHETER	BYGNINGSKONTROLL
<b>1800</b>			
<b>Store branner og hendelser</b>	<b>Bylover</b>	<b>Forskrifter</b>	
1841, 1842, 1844 Trondheim	Første moderne bygningslov implementert 1827 – Oslo 1830 – Bergen 1845 – Trondheim	Forskrifter og veiledninger for byer: Oslo, Bergen og Trondheim	1800 – 1965 Offentlige myndigheters ansvar å sikre at omsøkte byggeprosjekter er tegnet og bygd i overensstemmelse med lov og forskrifter. Utført av lokale myndigheter
	<b>Alminnelig lov</b>		
	1845 – Alminnelig bygningslov for urbane områder/byer i Norge		
1860 – Storbrann Stavanger, 250 gårder brant	1860 – 1. lovrevisjon: Planlegging av brente områder		
1880 – Helseutfordringer	1869 – 2. lovrevisjon: Kommuneforskrifter		
<b>1900</b>			
1904 – Storbrann Ålesund, 850 bygninger brant. Den største brannkatastrofen i norsk historie	1904 – Murtvangloven (tidligere murtvang i enkelte bylover fra 1624)		
	<b>Alminnelig lov for alle byer og urbane områder</b>		
1924 – 1965 Materialer innarbeidet. Komplisert og omfattende lovgivning	1924 – Felles bygningslov for samtlige byer og tettbygde strøk (bygningkommuner) 1924 – Kommunelov	1928 – Forskrifter 1949 – Forskrifter vedtatt i overensstemmelse med loven av 1924	
	1965 - Omlegging til en mer generell og ytelsesbasert Plan- og bygningslovgivning	1969 – Forskrifter	1965 – 1985 Offentlig myndigheters kontroll omgjort fra obligatorisk til valgfri (bygningskontrollen). Lokale myndigheter har tilsynsrett
	1985 – Ny Plan- og bygningslov Forenkling og desentralisert beslutningsprosess. Arealbruksplanlegging innlemmet	1985 – Forskrifter	1985 – 2010 Ansvar for å sikre at omsøkte byggeprosjekter er tegnet og bygd i overensstemmelse med lov og forskrifter delegert i sin helhet til private aktører; arkitekter, konsulenter, entreprenører. Lokale myndigheter har tilsynsrett
1992 – Ekstremvær Nyttårsorkan Nord-Vestlandet			
1995 – Ekstremvær Flom Østlandet (Vesle-Ofsen)	1995/-97 – 1. lovrevisjon: Ansvarsreform og prosessuell lovendring	1997 – Forskrifter TEK 97, GOF 97, SAK 97	
<b>2000</b>			
	2008/-10 Ny Plan- og bygningslov	2010 Reviderte forskrifter TEK 10 og SAK 10	

Figur 5: Sammenstilling av norsk plan- og bygningslovgivning, med drivere for utvikling av lovverket, illustrasjon SINTEF Byggforsk.

## 2.4 Usikker tilpasning eller tilpasning til usikkerhet?

Spørsmål knyttet til usikkerhet har hele tiden vært et sentralt tema i klimadebatten. Dermed er spørsmålet om hvordan man skal beskrive og forholde seg til klimausikkerheter avgjørende for både utforming og utfall av klimapolitikkutforming (Dessai, et al, 2007). Schneider og Kuntz-Duriseti (2002: 549) skisserer to alternativer for hvordan man kan forholde seg til klimausikkerhet. Det første er å redusere usikkerheten gjennom vitenskapelige undersøkelser (*predict-then-act*), det andre er å forvalte usikkerhet ved å integrere den i politikktutforming (*reflect-then-act*).

Den første tilnærmingen anvender en *vent og se-modus*, som innebærer at samfunnet bør avvente store handlinger til usikkerheten er redusert til et nivå som gjør det mulig å velge nøyaktig politiske tiltak for å møte utfordringen i spørsmålet (Lempert, et al., 2004; Dessai og van der Sluijs, 2007 ). Anvendelsen av *vent og se* i klimapolitikken er blitt kritisert av mange og kan oppsummeres i to hovedpunkter (Jaeger, et al., 1998; Dessai, et al., 2009). Klimaendringene innebærer en mer uklar beslutningskontekst, og innebærer en dypere usikkerhet enn andre politikkområder. Lempert, et al., (2004: 2) utdyper det første punktet: «Klimaendringene er assosiert med radikalt ulike beslutningssammenhenger, geografiske skalaer og tidsskalaer. Det består av mange forskjellige typer politiske problemstillinger som involverer mange ulike typer aktører, og er dermed ikke en gang teoretisk optimaliserbar.» Lempert, et al. utdyper også det andre punktet (Op.cit.: 2): «Klimaendringene er knyttet til forhold av dyp usikkerhet hvor beslutningstakere ikke vet eller ikke enes om systemmodeller, de tidligere sannsynlighetsfordelinger for innganger til systemmodeller og deres avhengighetsforhold og/eller verdisystemer som benyttes til å rangere alternativer.»

Flere alternative tilnærminger til en *vent og se-modus* har blitt lagt fram. En tidlig gjennomgang av mange av disse finnes i den tredje hovedrapport fra IPCC (2001); tilnærminger som kan bli sortert under alternative *reflect-and-act*. Den grunnleggende ideen i de fleste av disse metodene er å foreta en dypere refleksjon omkring den iboende usikkerheten, og samtidig handle, selv om usikkerhetene er store. Behovet for å utvikle et alternativ til en *vent og se-tilnærming* når det gjelder klimapolitikken er veldig tydelig presentert hos Schneider og Kuntz-Duriseti (2002: 54): «I håndteringen av usikkerhet i vitenskap eller på den politiske arena må politikere vanligvis vurdere to alternativer, er det første alternativet å redusere usikkerheten gjennom datainnsamling, forskning, modellering, simulering og så videre. Dette arbeidet er karakteristisk for normale vitenskapelige studier. Men den skremmende usikkerheten rundt de globale klimaendringene og behovet for å ta beslutninger før usikkerheten er løst, gjør det første alternativet vanskelig å oppnå. Politikerne har dermed kun et alternativ: å styre usikkerhet snarere enn å mestre den. Dermed gjenstår det andre alternativet: å integrere usikkerhet i politikktutforming.»

Et ofte referert alternativ til en *vent-og-se-tilnærming* er den såkalte «robuste beslutninger»-tilnærmingen (Rosenhead, 1989), som på slutten av 1990-tallet og tidlig 2000 ble videreutviklet av Robert Lempert og kollegaer. Denne tilnærmingen ble utviklet for anvendelse innenfor klimapolitiske sammenhenger (Lempert, et al, 1996; Dessai, et al., 2009). Ifølge Lempert og Collins (2007) hviler robuste beslutningsprosesser (RDM) på følgende kriterier: Robuste beslutningsprosesser, bruk av flere forskjellige syn på framtiden, samt å reversere rekkefølgen av tradisjonell beslutningsanalyse i en iterativ prosess basert på et sårbarhets-og-respons-alternativ heller enn en *vent-og-se-tilnærming*. Ifølge Moser (2004) synes RDM-metoder mest hensiktsmessige når usikkerheten er dyp, i motsetning til når den er godt karakterisert, og når det er et rikt sett av beslutningsalternativer. Videre vil metodene egne seg når beslutningsutfordringen er så kompleks at beslutningstakerne trenger simuleringsmodeller for å spore potensielle konsekvenser av sine handlinger gjennom mange plausible scenarier.

RDM vier mer oppmerksomhet til det å forholde seg til usikkerhet, og mindre til hvordan usikkerhet kan beskrives. Ifølge den siste IPCC hovedrapport (2014: 17) om hvordan risikoen for ekstreme

hendelser og katastrofer kan håndteres for å fremme effektiv klimatilpasning og håndtering av katastroferisiko, er hensiktsmessig og rettidig risikokommunikasjon avgjørende. Videre fastslår IPCC (2014: 17) at tydelig karakterisering av usikkerhet og kompleksitet styrker risikokommunikasjon. Selv om en rekke ulike usikkerhetstypologier er blitt foreslått og anvendt i litteraturen, har man ikke vært i stand til å enes om hva som er den beste måten å klassifisere usikkerhet på (Dessai, et al., 2007). I et spesialnummer av tidsskriftet *Global Environmental Change* (2007, vol. 17) om klimarelaterte usikkerheter, nevnes to framtrepende eksempler på slike klassifiseringssystemer. Ett er utviklet av Mehta og kolleger ved Institutt for utviklingsstudier (Mehta, et al., 2001), og ett er utviklet av Warren Elliott Walker ved Delft University of Technology i samarbeid med kollegaer fra andre universiteter (Walker, et al., 2003).

Mehta og kollegaene presenterer en fire-kategoriers typologi av usikkerhet som gjør det mulig å gjennomføre en dypere refleksjon rundt usikkerhet innebygd i problemer knyttet til forvaltningen av naturressurser (Mehta, et al, 2001).

De fire kategoriene er:

- Økologisk usikkerhet knyttet til hvordan vi forstår og beskriver økosystemet;
- Livsoppholdsusikkerhet, knyttet til hvordan vi forstår og beskriver forholdet mellom naturgrunnlaget og det lokale levebrød;
- Sosial og politisk usikkerhet, knyttet til hvordan endringer i sosio-politiske forhold kan føre til usikkerhet, f.eks. flere former for politisk handling eller utviklingsintervensjon som ved gjensidig påvirkning kan generere uventede utfall;
- Kunnskapsusikkerhet som følge av kunnskapssituasjonen for både leg- og vitenskapelig kunnskap.

I artikkelen «Defining uncertainty. A conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support» presenterer Walker, et al. (2003) en typologi for usikkerhet rettet mot behovene til politikktutforming ved store og komplekse usikkerhetssammenhenger. Denne typologien er sitert og anvendt i flere nyere arbeider om klimarelatert politikktutforming (Van der Keur et al., 2008; Dessai og van der Sluijs, 2007; Swart, et al., 2009; Curry, 2011; Refsgaard, et al., 2012). Walker, et al. (2003) antyder en tredelt kategorisering av usikkerhet:

- Naturrelatert usikkerhet knyttet til spørsmålet om usikkerhet skyldes mangelfull kunnskap eller iboende variabilitet av de fenomenene som blir beskrevet;
- Plassering av usikkerhet, knyttet til spørsmålet om hvor i modellen usikkerheten manifesterer seg, relatert til kontekst, modell, innspill, parameter eller utfall;
- Nivå av usikkerhet, knyttet til hvor usikkerheten manifesterer seg trinnvis på spekteret mellom årsaksbestemt kunnskap og total uvitenhet, og varierer mellom statistisk usikkerhet, scenariobasert usikkerhet, anerkjent uvitenhet og total uvitenhet.

På denne bakgrunnen kan vi skille mellom fire hovedkategorier for hvordan forholde seg til usikkerhet i en klimasammenheng, jf. tabell 2. Kategori (1) representerer en tilnærming som har dominert en naturfaglig og teknokratisk tilnærming, med fokus avgrenset til økologiske usikkerheter, og en «predict-then-act»-tilnærming. I en tidlig fase av klimadebatten var dette synet nærmest enerådende. Denne svært avgrensede tilnærmingen har blitt utvidet i flere etapper; først ved at andre usikkerheter enn de som er lokalisert i økosystemet blir inkludert – nemlig usikkerheter knyttet til konsekvenser av klimaendringer i samfunnet og hvorvidt samfunnet evner å gjennomføre effektive klimatiltak (type 2). Parallelt med denne utvidelsen kom det fram ulike forslag til hvordan man kan forholde seg til usikkerhet, i tabellen fanget opp under overskriften «reflect-then-act». I litteraturen er det brukt en rekke ulike betegnelser. I hovedsak søker de å fange opp en mer refleksiv tilnærming som peker på handlingsalternativer også når usikkerheten er stor – det vi i tabell 2 har betegnet som «bred refleksjon».

Tabell 2: Alternative måter å forholde seg til klimausikkerhet på

		Hvordan handle under klimausikkerheter	
		Predict-then-act (handle bare når usikkerheter kan kvantifiseres og er lave)	Reflect-then-act (handle selv om usikkerheter er store eller ukjente)
Hvordan beskrive klima-usikkerheter	Smalt perspektiv (økologiske usikkerheter)	(1) Smal prediksjon	(3) Smal refleksjon
	Bredt perspektiv (inkludere samfunnsmessig usikkerhet)	(2) Bred prediksjon	(4) Bred refleksjon

I en analyse for KS FoU gjennomført av Vestlandforskning, Bjerknessenteret og SINTEF om klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur, ble det utviklet en metode for vurdering av usikkerhet til bruk i kommunenes arbeid med klimatilpasning (Aall, 2011a). Et viktig poeng var å gjøre det enklere for beslutningstakere å forholde seg til usikkerhet når man skal utvikle strategier og tiltak for klimatilpasning. Ett hovedgrep var derfor å søke vekk fra usikkerhet «i» til usikkerhet «for». Usikkerhet «i» henspiller for eksempel på det å analysere usikkerheten i klimaprognosene, mens usikkerhet «for» henspiller på den usikkerheten beslutningstakeren opplever når det skal fattes beslutninger om strategier og tiltak for klimatilpasning. Disse to dimensjonene – «i» og «for» – trenger nemlig ikke å være like. En stor variasjonsbredde i nedskaleringer av klimaendringer trenger for eksempel ikke bety at usikkerheten er større enn i en situasjon med mindre variasjonsbredde. Hvis du som byggeier har et klimascenario som tilsier at du må tilpasse bygget ditt muligheten for både tørke og mye nedbør, så kan det være et bedre beslutningsgrunnlag enn om du måtte forholde deg til en form for gjennomsnittsverdi mellom disse to ytterpunktene; altså at du tilpasset deg for eksempel en moderat nedbørmengde og dermed kunne tenkes å oppleve problemer hvis det viste seg at klimaet ble enten veldig mye tørrere eller våtere. Usikkerheten «i» klimanedskaleringene er m.a.o. derfor ikke nødvendigvis større ved en stor enn en liten variasjonsbredde. Men usikkerheten «for» beslutningstakeren vil rimeligvis være større ved en stor variasjonsbredde.

I metoden utviklet for KS ble det foreslått en to-dimensjonal tilnærming til usikkerhet (jf. tabell 3). Den første aksene gjelder *lokalisering* av usikkerheten; det vil si hvor i klima, natur eller samfunn usikkerheten opptrer. Med «natur» menes økosystemer – for eksempel skoggrensen i fjellet eller vannføring i et vassdrag – og med «samfunn» menes den menneskeskapte delen av våre omgivelser, som byer, veier osv. Den andre aksene dreier seg om *type* usikkerhet. Her er det viktig ikke bare å skille mellom *grader* av usikkerhet (stor–liten), men også *kvalitative* forskjeller. Metoden skiller derfor mellom fire hovedtyper av usikkerhet:

- *Grunnleggende* usikkerhet: Vi kjenner ikke de grunnleggende årsak-virkningssammenhengene, eller disse sammenhengene styres utelukkende av tilfeldigheter.
- *Modell*usikkerhet: Vi har en grunnleggende innsikt når det gjelder årsak-virkning, men vi har ikke klart å utvikle gode nok modeller for å ta hensyn til disse forholdene på en tilfredsstillende måte i våre framtidsscenarier.
- *Skala*usikkerhet: Vi har en grunnleggende innsikt når det gjelder årsak-virkning, og vi har klart å modellere disse sammenhengene, men vi får store variasjoner mellom ulike framskrivinger når vi prøver å skalere ned.

- **Datausikkerhet:** Vi har en grunnleggende innsikt når det gjelder årsak-virkning, og vi har klart å modellere disse sammenhengene, men har ikke tilstrekkelig datagrunnlag til å få nok pålitelige resultater fra modellene.

Tabell 3 viser eksempler på de ulike typene usikkerhet.

Tabell 3: Forslag til en typologi for usikkerhet ved analyse av sårbarhet for klimaendringer og vurdering av mulige tiltak for tilpasning til klimaendringer. Illustrert for temaet «bygninger» (Aall, 2011b)

Typer usikkerhet	Lokalisering av usikkerheten		
	Klima	Natur	Samfunn
Grunnleggende usikkerhet	Ekstremvind (vi har ikke tilstrekkelig kunnskap om hva som styrer forekomsten av ekstremvind)	Skred (vi har ikke tilstrekkelig kunnskap om hva som styrer forekomsten av alle typer skred)	Internasjonal økonomi (vi har ikke tilstrekkelig kunnskap om hvordan den internasjonale økonomien vil utvikle seg de neste 100 årene, og hvordan dette vil virke inn på etterspørsel etter og bruken av bygninger i Norge)
Modellusikkerhet	Konsekvenser av ekstremvind (modellene klarer ikke å si godt nok om vi får mer ekstremvind)	Konsekvenser av skred (modellene klarer ikke å si godt nok om vi får mer skred for alle typer skred)	Utbyggingsmønstre og utforming av bygninger (vi har ikke gode nok modeller for å spå med 50-årsperspektiv hvordan det framtidige utbyggingsmønsteret og utformingen av bygninger vil bli)
Skalausikkerhet	Fordeling av generell nedbørsendring (stor variasjon mellom ulike klimamodeller i framskrivning av nedbør langs øst-vestaksen i Norge)	Fordeling av regnflom i mindre vassdrag (delvis som en følge av skalausikkerhet når det gjelder nedbør klarer vi ikke å si godt nok hvor nye forekomster av regnflom i mindre vassdrag kan opptre)	Fordeling av etterspørsel etter og bruken av bygninger (vi har ikke gode nok befolkningsprognoser med 50-årsperspektiv til å spå befolkningsutviklingen lokalt, og dermed også viktige rammer for etterspørsel etter og bruk av bygninger)
Datausikkerhet	Ekstremnedbør (manglende lokale registreringer av ekstremnedbør)	Skred (for de typene skred der vi har gode modeller og der skalausikkerheten også er lav, kan det mangle lokale data for å si noe mer presist om skredfaren)	Eksponering for klimapåvirkning i eksisterende bygningsmasse (vi mangler i mange tilfeller data om tilstand i bygningsmassen lokalt)

## 2.5 Kommunale virkemidler for klimatilpasning

### Virkemiddel

Med «virkemidler» mener vi i denne sammenhengen handlinger som kommunen kan gjennomføre for å ivareta et ønske om å redusere klimasårbarheten i bygninger. Vi omtaler tre typer virkemidler: planlegging – i hovedsak etter plan- og bygningsloven; byggesaksbehandling etter plan- og bygningsloven; og tilsyn og kontroll.

### Plan

De kommunale virkemidlene som brukes i dag, omfatter både juridisk bindende virkemidler og ikke-juridiske virkemidler. I de juridisk styrende virkemidlene inngår et planverk med en overgripende kommuneplan, delplaner samt reguleringsplaner. Lokale og kommunale bestemmelser og anbefalinger er eksempel på ikke-juridiske virkemidler.

### Byggesak

Når det gjelder byggesaksdelen av plan- og bygningsloven, kan de samme kravene som stilles til nybygg også stilles ved bruksendring eller når man oppgraderer hele eller deler av en bygning. Kommunens skjønn avgjør om arbeidene er omfattende nok til at hele bygningen blir vesentlig fornyet. Omfattende inngrep der bygningen blir vesentlig fornyet omtales oftest som hovedombygging og har en, i motsetning til bruksendring, i mange fall uklar grense. Uklarheten har bidratt til at kommuner i praksis ikke har stilt krav i oppgraderingsprosjekter som tilsvarer krav for nybygg. Mange byggherrer og prosjekterende er i tillegg uvitende om at slike krav gjelder både for vesentlige oppgraderinger av så vel mindre som for større bygningstyper.

I tidligere lovverk ble det stilt samme krav til hovedombygging som ved nybygging når bygningen, etter kommunens skjønn, ble vesentlig fornyet. Hovedombygging som begrep ble aldri nærmere definert i en forskrift til plan- og bygningsloven, og det ble heller ikke utarbeidet et grunnlag for saksbehandlere om hvordan grunnlaget for en definert hovedombygging skulle se ut.

I de siste endringene er *hovedombygging* fjernet som begrep. Nå skal tiltak på eksisterende byggverk prosjekteres og utføres i samsvar med bestemmelser<sup>2</sup>. Byggesaksdelen i loven trådte i kraft 1. juli 2010. Ifølge Kommunal- og Moderniseringsdepartementet er endringen en videreføring av tidligere lov. Departementet presiserer i rundskriv H-1/10 (KRD, 2010) at det må være en sammenheng mellom tiltak og krav og at det kun er relevante krav som blir stilt ved de delene som tiltaket gjelder. Først ved en hovedombygging blir «nybyggskrav» gjeldende for hele bygningen. Departementet presiserer i tillegg at en eventuell bruksendring vil utløse gjeldende bygningstekniske krav i den grad den nye brukeren er i behov for endringen ut fra hensyn til helse, miljø og sikkerhet. Det kan derfor stilles samme krav ved bruksendring som ved nybygging.

Etter de siste lovendringene faller fortsatt de aller fleste oppgraderingsprosjekter utenfor begrepet hovedombygging. Bygningen må gjennomgå relativt omfattende inngrep for at lovkrav skal kunne gjøres gjeldende. Muligheten for å kunne stille nybyggskrav til de delene av bygningen som fornyes, blir i praksis heller ikke brukt. Begrepet dispensasjon er i den nye loven skiftet ut med tillatelse og kan gis av kommunen «når det ikke er mulig å tilpasse byggverket til tekniske krav uten uforholdsmessige kostnader».

En tidligere utredning konkluderer med at det er uhensiktsmessig å samle regler om eksisterende bygninger i et eget regelverk for å nå målene om framtidig bærekraftig oppgradering av bygninger i

---

<sup>2</sup> Se første setning i § 31-2 i plan- og bygningsloven.

Norge (Evjenth et al, 2011). Eksisterende bygninger påvirkes av en rekke andre regelsett, der mange av forholdene ikke kun omfatter bygningstekniske, men også organisatoriske forhold. Ifølge rapporten fører en slik samling av regelverk til uklarheter i både forvaltningen og håndhevingen av regelverket. Rapporten gir følgende anbefalinger til utvikling knyttet til plan- og bygningsloven: a) en egen forskrift for eksisterende bygninger, b) krav også til mindre tiltak, c) sentrale begreper gis en klar definisjon, d) dispensasjon utløser krav om kompensasjon, e) energikravene baseres på levert energi og primærenergi

Videre antyder Evjenth et al (2011) at felles forskriftskrav heller ikke passer for prosjektering av både nyere og eksisterende bygninger grunnet at prosessene er vidt forskjellige. En egen forskrift for alle små tiltak er anbefalt da kravene vil kunne tilpasses de utfordringene som kan knyttes til komplekse og omfattende hovedombygginger. Kravene anbefales for mindre tiltak som ikke heller går inn under søknadspliktige tiltak som ved utskifting av dører eller vinduer.

### **Tilsyn**

Når det gjelder tilsyn, viser Nørve (2005) og Nørve og Øyen (2004) i to rapporter med fokus på revisjonen av plan- og bygningsloven i 1995/-97 til hvordan aktørene etterspurte kommunalt tilsyn. Aktørene så ikke poenget med utstrakt egenkontroll hvis ingen så dem «etter i kortene». Videre påpeker Nørve (2005) at flere av kommunene var opptatt av å gi aktørene anerkjennelse for det arbeidet som var nedlagt i prosjektene. Ressursmangel var i flere case hinder for å få igangsatt tilsyn.

## 3 Presentasjon av kommunecasene

### 3.1 Oversikt og bakgrunn

Dette kapitlet beskriver bakgrunn for klimaendringer og framskrivninger i kommunecasene, og gjør rede for felles utfordringer knyttet til klimarelatert sårbarhet og skader i bygd miljø og VA-infrastruktur. Videre gjennomgås kommunenes arbeid med klimatilpasning innenfor de to fagområdene, og hvilken sammenheng det er mellom dem.

En studie av overvannshåndtering i kommunene Oslo, Trondheim og Fredrikstad er valgt som egnede case for å kunne lage et bilde av hvor langt foregangskommuner har kommet på klimatilpasningsfeltet, i utforming av planer, vedtak og iverksetting av konkrete tiltak. Særlig i større byer viser eksemplene på tilpasning til klimaendringer innenfor overvannshåndtering at tiltakene har fått praktisk betydning. Dette fagområdet er derfor valgt som studieobjekt. Introduksjon av nye prinsipper for overvannshåndtering, som lokal fordrøyning og infiltrasjon av overvann og bevaring/gjenåpning av bekkeløp, arbeidsmetoder, igangsatt arbeid og konkrete tiltak, er belyst for hver av kommunecasene.

### 3.2 Klimaendringer og framskrivninger for kommunecasene

#### Hverdagsvær, ekstremt mye dårlig vær og ekstremvær

Vær er atmosfærens tilstand til enhver tid, eller variasjonen i atmosfærens tilstand fra dag til dag. Vær kan beskrives med parametere som representerer luftens fysiske tilstand, som temperatur, trykk, vanninnhold og bevegelse. Klima er derimot en beskrivelse av gjennomsnittsværet på et sted eller område etter statistisk bearbeiding.

Ekstremværehendelser oppleves og bedømmes ut fra egen objektivitet av mennesker bosatt i ulike deler av landet. Ekstremværehendelser varierer både i type, omfang og varighet. Ekstremt mye dårlig vær er ikke nødvendigvis et definert begrep. Lengre perioder med regn faller ikke inn under definisjonen ekstremværehendelse. Likevel kan nedbørsmengdene samlet sett være i samme størrelsesorden eller større enn ved et ekstremnedbørstilfelle. Slike værehendelser kan også forårsake ekstrem flom, ras eller skred.

Lokale, heftige regnskyll er heller ikke definert av Meteorologisk institutt som ekstreme værehendelser, selv om også de kan føre til større eller mindre skader og kan oppleves som ekstreme av de som blir utsatt for dem. Slike regnskyll omtales av meteorologene som konvektive regn og er av typen værehendelser som er mer uforutsigbare.

#### Valg av klimaparametere

I prosjektet InfraRisk (Impacts of extreme wather events on infrastructure in Norway) ble følgende klimapåkjenninger trukket fram som viktige når det gjelder type, omfang og frekvens av naturskadehendelser på infrastruktur (Dyrrdal, et al., 2013):

- Normalnedbør
- Ekstremnedbør
- Fryse-/tine-hendelser
- Snømengde
- Vind



I BIVUAC har fokus i første hånd vært på framskrivninger for de to første parameterne knyttet til nedbørsrelaterte naturskadehendelser med ekstremvær som den tyngst veiende parameteren.

Ekstremværehendelser er opphav til et stort antall skader på bygninger. Skadene dekkes ikke alltid av forsikringsutbetalinger. Lokale klimapåkjenninger over tid påvirker det bygde miljøet, og øker sårbarheten overfor ekstreme værehendelser.

I matrisen i tabell 4 systematiseres sammenhengene mellom gradvis/plutselig skade på bygninger, og hverdagsvær/ekstremvær.

Tabell 4: Hverdagsvær og ekstremvær

		Klima	
		Hverdagsvær	Ekstremvær
Bygg og VA infra-struktur	Klimapåkjønning (gradvis skade)	1. Hverdagsvær fører til gradvis nedbryting av bygg (eks. fukt), og disponerer bygninger for ekstremværskaade (eks. gjennom svekking i konstruksjoner)	2. Ekstremvær gir klimapåkjønning på bygninger, som i neste omgang gjør bygningen mer disponert for gradvis nedbryting (f.eks. ekstremvær gir skader i klimaskallet, som så baner vei for fuktskader)
	Naturskade (brå skade)	3. Ekstraordinært vær (intens vær som ikke blir definert som ekstremvær, eller uvanlige forekomster av hverdagsvær) fører til skade på bygninger, ev. disponerer bygninger for ekstremværskaade	4. Ekstremvær fører til direkte skade på bygninger (storm, flom, skred)

Hverdagsvær kan over tid føre til at bygninger blir svekket i den grad at de er mer utsatt for ekstremværskaade (1). Påvirkningen kan også gå den andre veien, der ekstremvær baner vei for gradvis skade, som når kraftig vind ødelegger klimaskallet med påfølgende fuktskaade som resultat (2). Intens regn eller uvanlige vær fenomener som ikke er definert som ekstremvær, er her omtalt som ekstremt mye dårlig vær og kan gi direkte skader eller disponere for seinere ekstremværskaader (3).

### 3.3 Hvordan blir klimaet i Fredrikstad, Trondheim og Oslo?

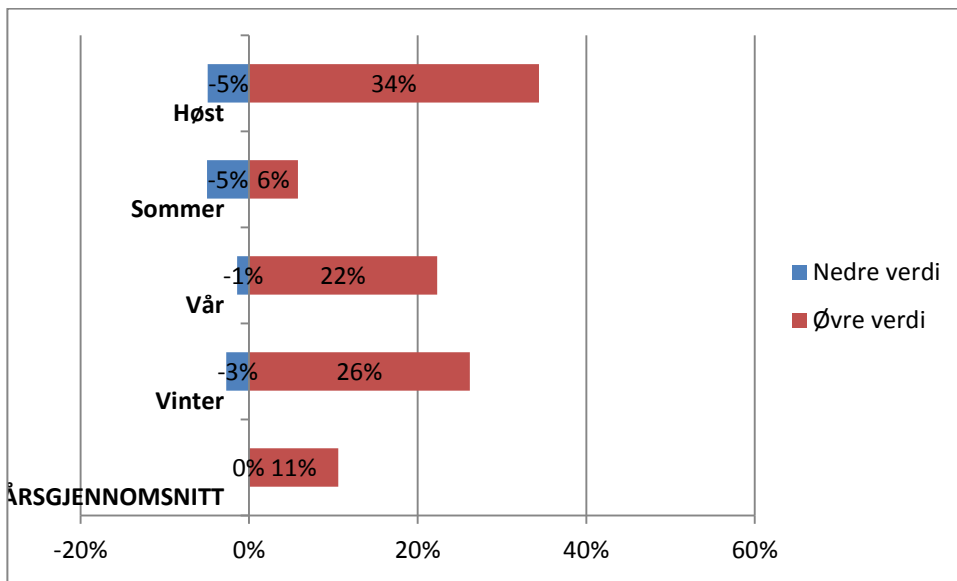
#### Økt temperatur og nedbør i landet

Temperaturberegninger utført for Norge viser en entydig økning i gjennomsnittstemperaturen gjennom hele året fram mot 2050 (Almås, 2013). Beregninger viser også økt nedbørsmengde. De siste hundre årene har allerede gitt en økning på 21 prosent mer nedbør i Norge. Antall dager med nedbør per år har økt med 42 (Alfsen, et al., 2013). Norge har dessuten ekstremt store klimavariasjoner, noe som illustreres godt ved å jamføre nedbørsmengden i Hordaland, der årlig gjennomsnitt i nedbør er 3 500 mm, med Oppland og deler av Finnmark, som kun har en nedbør på 300 mm på årlig basis. Fortsatt er det knyttet stor usikkerhet til hvordan klimaendringene vil påvirke oss lokalt, men totalt sett peker klimaforskningen på at ekstremer vil forsterkes for landet vårt. I praksis innebærer det at det kommer mer regn i allerede regnutsatte områder.

#### Oslo kommune

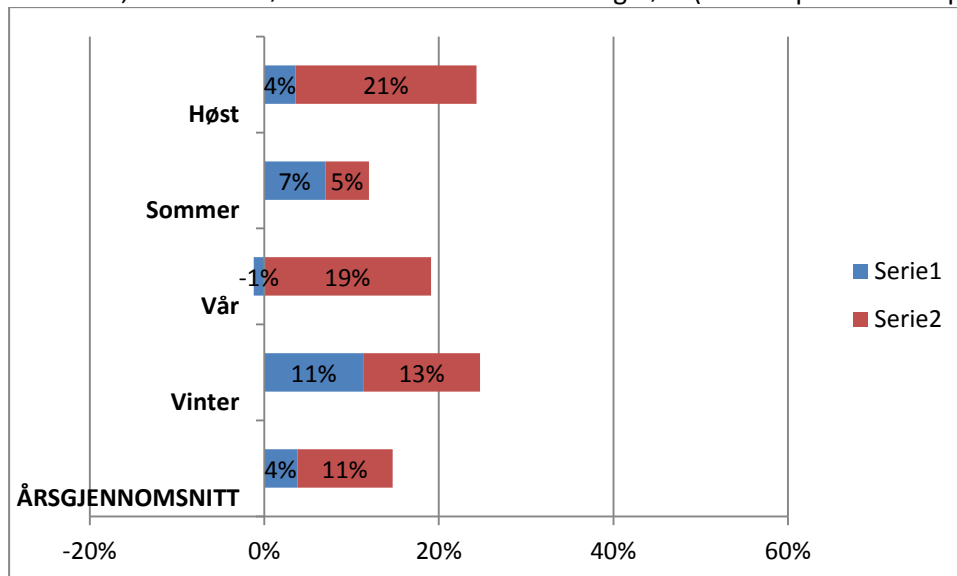
For Oslo kommune har vi brukt Østlandet som Proxy. Figur 6 viser forventede endringer i *normalnedbør* målt i prosent endring av forventet mm nedbør. Her ser vi at vi fram mot 2050 kan en vente relativt *liten* endring (0 prosent til + 11 prosent). Om vi splitter opp på de ulike årstidene, blir bildet noe annerledes. Da viser figuren at vi kan vente en endring på mellom - 5 og + 34 prosent om

høsten; om våren kan endringen bli fra – 1 prosent til + 22 prosent, og for vinteren kan endringen bli mellom - 3 prosent og + 26 prosent.



Figur 6: Prosentvis ventet endring i mm normalnedbør i 2050 sammenliknet med normalperioden 1961–1990 for Oslo kommune

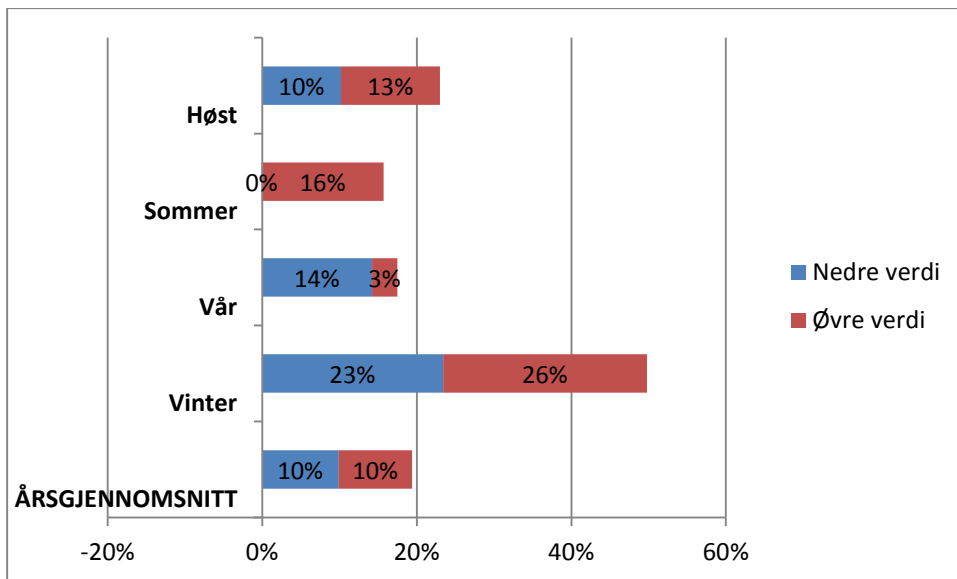
Figur 7 viser forventete endringer i *ekstremnedbør*. Ekstremnedbør er her definert som en døgnnedbør som er så stor at den blir overskredet bare én av hundre dager (99-prosentilen). Her ser vi at det fram mot 2050 er like sannsynlig å vente en økning på 4 prosent som 15 prosent året sett under ett, med noe større maksverdier for vinter og høst (+ 24 respektive + 25 prosent).



Figur 7: Prosentvis ventet endring for Oslo kommune i ekstremnedbør (99%-verdien) i 2050 sammenliknet med perioden 1961–1990, prosent endringer i mm-verdier

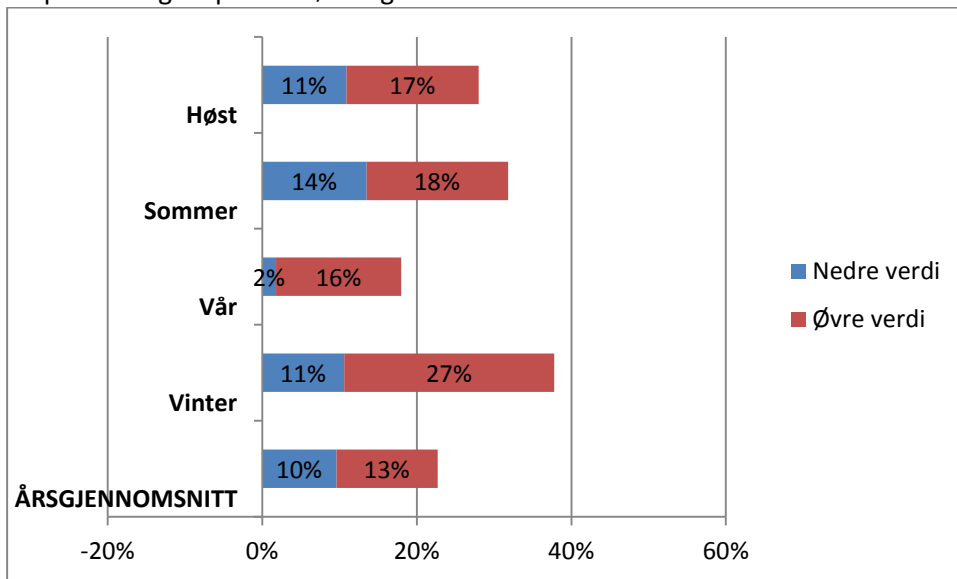
### Trondheim kommune

For Trondheim kommune har vi måttet bruke nabokommunen Melhus som proxy. Figur 8 viser forventede endringer i *normalnedbør* målt i prosent endring av forventet mm nedbør. Her ser vi at vi fram mot 2050 kan vente en noe større endring enn for Fredrikstad og Oslo, med mellom 10 og 20 prosent økning). Vinternedbøren kan forventes å øke prosentvis vesentlig mer, med verdier mellom 23 og 49 prosent økning. De øvrige årstidene er om lag som årsgjennomsnittet.



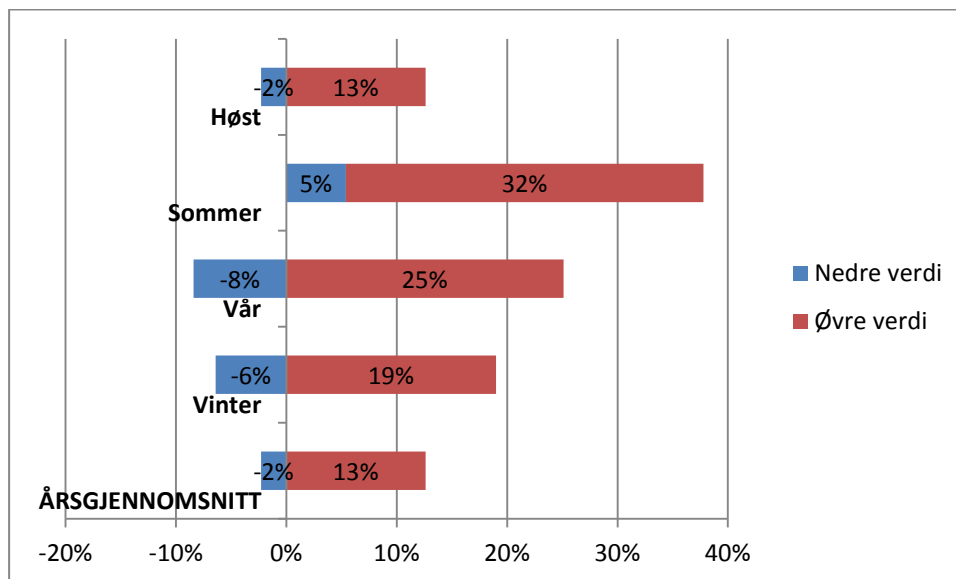
Figur 8: Prosentvis ventet endring i mm normalnedbør i 2050 sammenliknet med normalperioden 1961–1990 for Trondheim kommune

Figur 9 viser forventede endringer i *ekstremnedbør*. Ekstremnedbør er her definert som en døgnnedbør som er så stor at den blir overskredet bare én av hundre dager (99-prosentilen). Her ser vi at det fram mot 2050 er like sannsynlig å vente en økning på 10 prosent som 23 prosent året sett under ett, med noe mer dramatiske utslag for vinter og sommer – med maksverdier på henholdsvis 38 prosent og 32 prosent økning.

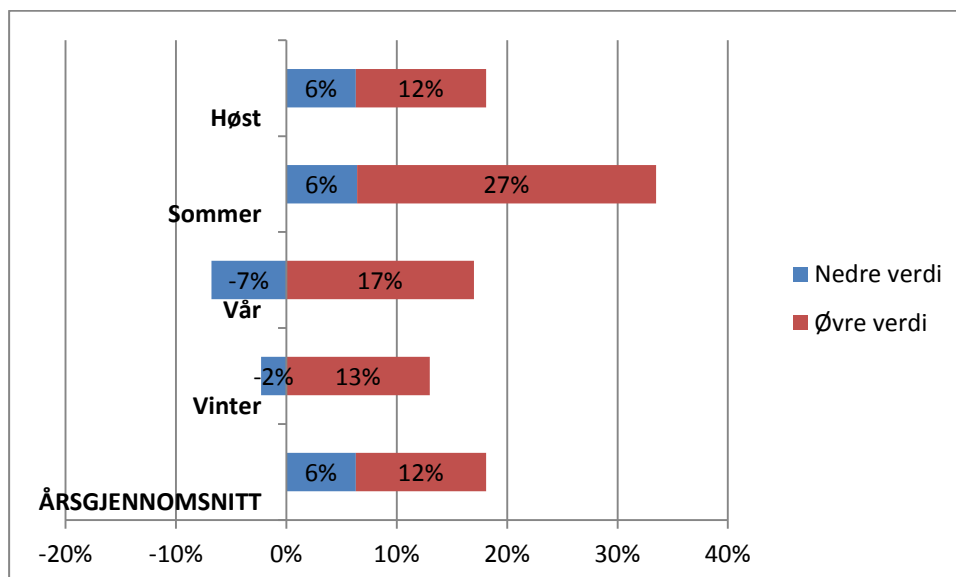


Figur 9: Prosentvis ventet endring for Trondheim kommune i ekstremnedbør (99%-verdien) i 2050 sammenliknet med perioden 1961–1990, prosent endringer i mm-verdier

## Fredrikstad kommune



Figur 10: Prosentvis ventet endring i mm normalnedbør i 2050 sammenliknet med perioden 1961–1990 for Fredrikstad kommune



Figur 11: Prosentvis ventet endring for Fredrikstad kommune i ekstremnedbør (99%-verdien) i 2050 sammenliknet med perioden 1961–1990, prosent endringer i mm-verdier

## 3.3 Kommunecase og kommunale virkemidler

### Problemstillinger

I det følgende gjennomgås beskrivelser av problemstillinger og relevante planer og regelverk for de tre utvalgte kommunene i BIVUAC. Gjennomgangen viser hvordan problemstillingen berører tjenesteenhetene i kommuneadministrasjonenes arbeid med klimatilpasning og overvannstematikk. I hver case trekkes utvalgte prosjekter fram for å illustrere kommunens pågående arbeid for å tilpasse seg dagens og framtidige utfordringer knyttet til klima.

## Felles utfordringer knyttet til bygninger og infrastruktur

### *Vedlikeholdsetterslep og kostnader*

I løpet av det siste tiåret har det i Norge vært stor oppmerksomhet knyttet til etterslep i vedlikehold av kommunale og fylkeskommunale bygninger. Resultatet har vært flere forskningsrapporter, offentlige utredninger og bruk av statlige virkemidler. Kostnader til reparasjon og vedlikehold er mest relatert til den eksisterende bebyggelsen. Vedlikehold er relevant i denne sammenhengen fordi bygninger som er dårlig vedlikeholdt, vil være mer sårbare for klimarelaterte skader enn bygninger der vedlikeholdet er godt. Det er viktig å drøfte problemstillinger knyttet til erfaringsbasert læring ved reparasjon som følge av flom og ekstrem nedbør, og hvordan man kan forebygge gjentakelse av skader i framtidig ekstreme vær-situasjoner.

I 2010 utarbeidet RIF (Rådgivende Ingeniørers Forening) rapporten *State of the Nation* (RIF, 2010). Den dokumenterte et betydelig vedlikeholdsetterslep på mer enn 800 millioner kroner innenfor 11 områder, deriblant offentlig infrastruktur for vann og avløp, samt kommunal bygningsmasse. Rapporten demonstrerte tydelig at offentlig bygningsmasse og infrastruktur ikke vil kunne møte framtidige klimautfordringer hvis drift og vedlikehold blir holdt på samme lave nivå i tiden framover. Dette førte til et økt fokus på vedlikehold i media og på politisk agenda, men tallene ble bekreftet i en oppdatering av rapporten i 2011 (RIF, 2011). Det arbeides med en ny rapport fra RIF (ferdigstillelse forventet i 2015), med hovedfokus på klimaendringer og kommunal bygningsmasse. Den vil i tillegg ta for seg de samme områdene som ble gjennomgått i 2010.

## Overvannsnett og utskiftningstakt

### *Innrapporterte tall fra kommunene*

Ifølge Fagforbundets beregninger<sup>3</sup> av kommunenes egenrapportering for 2008, er 83 prosent av innbyggerne i landet tilknyttet kommunale avløpsanlegg større enn 50 personekvivalenter (pe). Blant de som er tilknyttet små avløpsanlegg (mindre enn 50 pe), er private anlegg det vanligste. Heien (2009) framhever at det hersker noe usikkerhet omkring de innrapporterte tallene på avløpsanlegg sett mot befolkningsstatistikkene. Det kommunale avløpsnettet hadde i 2008 en gjennomsnittsalder på i underkant av 34 år, og en vesentlig del av nettet som er lagt før 1970, har ikke den funksjonsevnen som kreves i dag.

Heien (2009) fastslår at omkring 4,6 prosent av nettet ble etablert før 1940 (per 2008), mens 49 prosent ble lagt etter 1980. I tillegg er 8,2 prosent av det totale ledningsnettet rapportert som «ukjent» med hensyn til leggingstidspunkt. Det antas i artikkelen at denne andelen av ledningsnettet hovedsakelig er av eldre dato. Ukjent-kategorien har den høyeste utskiftningstakten med 2,4 prosent i 2008. Mangelfull standard på avløpsledningene vises ved et stort antall kloakkstopper og kjelleroversvømmelser i de fleste kommunene. Det illustrerer behovet for til dels store investeringer i bl.a. fornyelse av ledningsnettet.

### *Sammenlikning mellom de tre byene*

Tabell 5 viser en sammenlikning mellom de tre utvalgte casebyene i BIVUAC, der de mest relevante indikatorene med hensyn til sårbarhet for klimarelaterte skader er valgt ut. Sammenlikninger med nasjonale gjennomsnittstall er også tatt med.

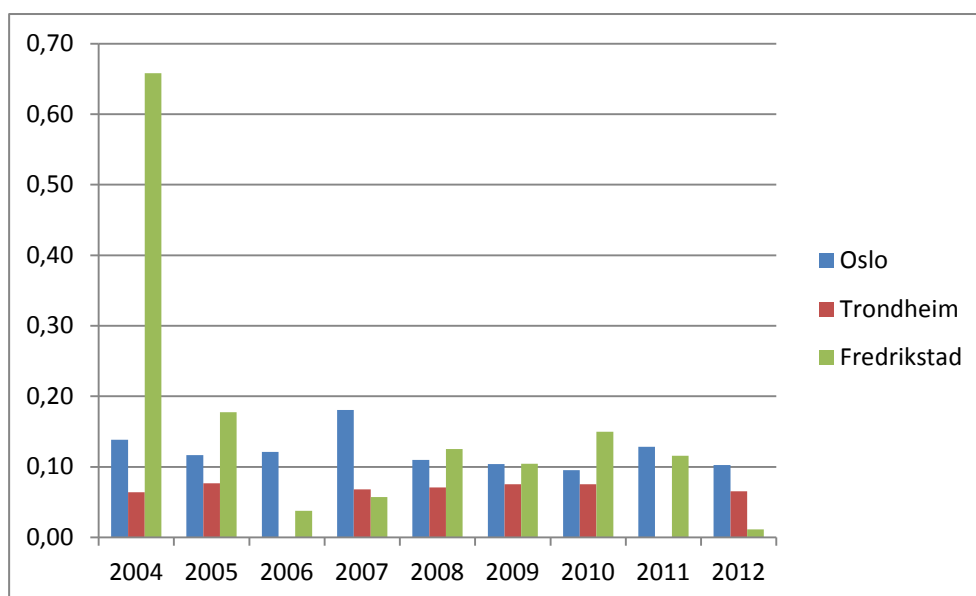
---

<sup>3</sup> Gradvis eldre kommunalt avløpsnett. Artikkel på Fagforbundets nettside v/Karianne Hansen Heien fra 29.09.2009. Lest 08.04.2014: [http://www.fagforbundet.no/sst/Vann-og-avlop/?article\\_id=41069](http://www.fagforbundet.no/sst/Vann-og-avlop/?article_id=41069)

Tabell 5: Nøkkeltall for avløpsnett i Oslo, Trondheim og Fredrikstad 2012: Tilknyttede innbyggere, lengde, andel separatanlegg, alderssammensetning og fornyelsestakt. Kilde: SSB

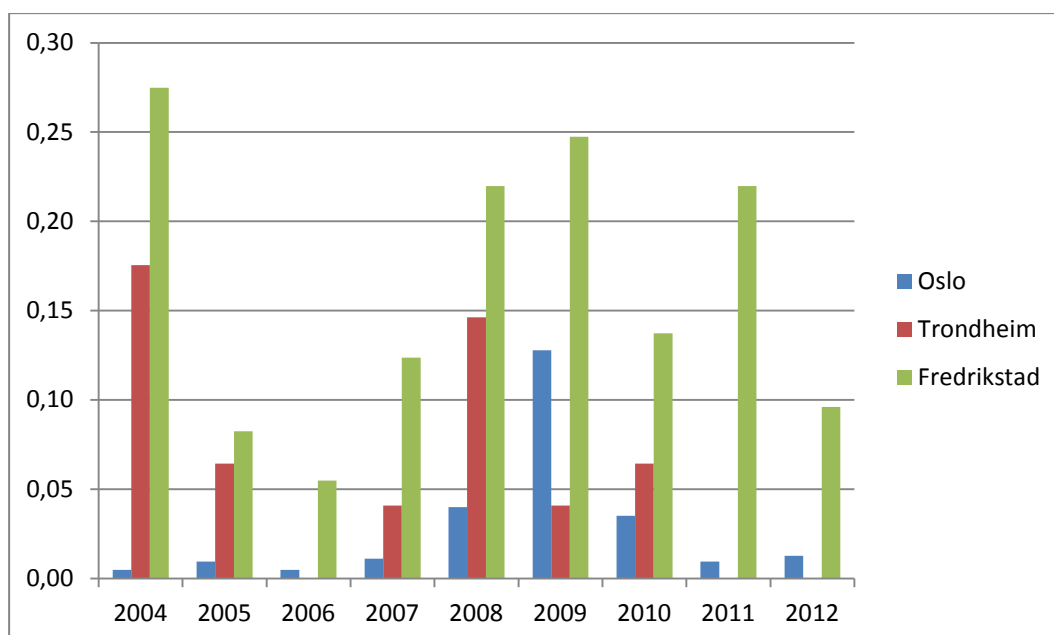
Kommune	Innbyggere tilknyttet kommunalt avløp	Lengde ledningsnett totalt (km)	Andel av ledningsnett som er separat overvannsnett %	Andel av ledningsnett som er fra 1980 eller seinere %	Andel av ledningsnett som er fornyet årlig siste tre år %
Oslo	625 339	1 395,3	51	27	1,67
Trondheim	170 838	704,5	65	43	0,69
Fredrikstad	72 778	614,1	49	52	0,87

Diagrammet i figur 12 viser antall kloakkstopper i avløpsledninger og kummer per km avløpsnett i kommunene, noe som gir sammenliknbare tall på tvers av kommunene.



Figur 12: Antall kloakkstopper i avløpsledninger og kummer per km avløpsnett i Oslo, Trondheim og Fredrikstad (2004–2012). Kilde: SSB

Som vist av figur 12, så utmerker 2004 seg som et ekstremt år for Fredrikstad, med hele 404 kloakkstopper (0,66 per km nett). Allerede året etter var antall hendelser nede på ca. en fjerdedel av dette, og i 2006 var det bare 23 kloakkstopper i Fredrikstad (0,04/km). Både Oslo og Trondheim har en mye jevnere utvikling. I løpet av niårsperioden har det i snitt vært 170 kloakkstopper årlig (0,12 per km nett), med maksimum i 2007 på 252 (0,18/km) og minimum i 2010 på 133 (0,10/km). I Trondheim har antallet hendelser ligget temmelig stabilt rundt 50 per år (i snitt 0,07 kloakkstopper per km avløpsledninger).



Figur 13: Antall avsluttede erstatningssaker om kjelleroversvømmelser per 1 000 innbyggere der kommunen har erkjent erstatningsplikt. Oslo, Trondheim og Fredrikstad (2004–2012). Kilde: SSB

Forekomsten av kjelleroversvømmelser varierer mer fra år til år enn kloakkstopper. Det henger sammen med at det er en mer direkte følge av klimavariasjoner enn tilfellet er for tilstoppinger av avløpsnett. Diagrammet i figur 13 viser hvor mange erstatningssaker etter kjelleroversvømmelser som har blitt avsluttet det enkelte år, og der kommunen har erkjent erstatningsansvar. Tallene er fordelt per 1 000 innbyggere for å kunne sammenlikne på tvers av kommunene. Fordi slike saker kan gå over lang tid, er det slik at en oversvømmelse kanskje ikke vises i dette materialet før et år eller to etter at den faktisk skjedde. Figur 13 viser at Fredrikstad er den av de tre casebyene som har de største utfordringene med kjelleroversvømmelser gjennom tidsperioden, mens Trondheim har ligget høyere enn Oslo alle år, med unntak av 2009 (det mangler riktignok data for Trondheim for årene 2006, 2011 og 2012).

### Deltakelse i Framtidens byer

Fra høsten 2010 til våren 2012 deltok kommunene Trondheim, Fredrikstad og Oslo i et prosjekt om kartlegging av flomveier med Framtidens byer, NUSB og Statens kartverk. Prosjektet innebar bl.a. utprøving av tilgjengelige data og GIS-verktøy for formålet. For Trondheim har dette resultert i «Aktsomhetskart flomfare og havstigning» og for Oslo kommune «Aktsomhetskart for sekundære flomveier».

## 3.4 Oslo kommune

### Forutsetninger

Oslo har sin geografiske beliggenhet innerst i en fjord. Byen strekker seg utover en forsenkning i terrenget som ble dannet etter den geologiske tidsperioden perm. Alt land i kommunen som nå ligger lavere enn 210 meter over havet, lå under havoverflaten under istiden for ca. 10 000 år siden. Isen førte med seg store mengder sand, som i dag ligger som rygger i landskapet. Flere av slettene i byen var tidligere fast leirbunn i sjøen. Slettene oppsto da feltet sank ned i permtiden. I disse områdene siver saltvann fortsatt bort, noe som gjør at leiren kan forandre karakter og rase ut, som igjen vanskeliggjør både bolig- og banebygging. De sentrale delene av kommunen ligger på et underlag av skifer og "knollekalk". Sistnevnte danner rygger i bylandskapet, mens skiferen ligger i senkningene mellom ryggene. Under disse lagene ligger alunskifer, som også inneholder noe uran.

Alunskiferen skaper problemer, da den kan ese ut og skade infrastruktur og bygningsfundamenter. Oslo er i dag Europas raskest voksende hovedstad. Folketallet i Oslo og Akershus kan i henhold til Planstrategi og planprogram for areal og transport i Oslo og Akershus øke med 350 000 i løpet av 20 år<sup>4</sup>. Ifølge SSB hadde byen 626 953 innbyggere pr. 1. april 2013. Nettoinnflyttingen til Oslo har økt kraftig de siste ti årene.

I en kartlegging av miljøutfordringer og kompetansebehov i Oslo (Thaulow, 2010) konkluderes det med et økt behov for kompetanse i kommunen, og at det er et økt behov for «radikal tverrfaglig» FoU. Oslo kommune arbeider aktivt med såkalt blågrønn struktur, bl.a. ved gjenåpning av bekker og elver som tidligere er lagt i rør.

## **Planer og reglement**

### ***Oversikt***

Oslo er både fylke, kommune og hovedstad, og er i en spesiell situasjon når det gjelder lokal forvaltning og byutvikling. Oslo opererer med en rekke planer som berører kommunens ulike forvaltningsorganer. Kommuneplanen er overordnet og har tilhørende temakart for støy, luftforurensning, naturmiljø, kulturvern, storulykke og blågrønn struktur. Videre er kommunens områder delt inn i kommunedelplaner. Alle arealer avsatt til formålet bygging er inkludert i mer eller mindre detaljerte reguleringsplaner. I tillegg til planer er det flere normer og føringer.

Følgende av kommunens planer og strategier er relevante for klimatilpassningsarbeidet:

- Byøkologisk program 2011–2026 (vedtatt 2011) – Bymiljøetaten
- Handlingsplan miljø og klima 2012–2015 (vedtatt 2012)
- Planstrategi og planprogram (vedtatt 2012)
- Regional areal- og transportplan for Oslo og Akershus (vedtatt 2013), Miljøverndepartementet
- Kommuneplan for Oslo – Oslo mot 2025, juridisk arealdel (vedtatt 2008)
- Kommuneplan for Oslo – Oslo mot 2030, juridisk arealdel (under høring)
- Blågrønn Struktur «Grønt plan» – temakart tilhørende Kommuneplan (under høring)
- Strategi for overvannshåndtering (vedtatt 2014), Vann- og Avløpsetaten

### ***Oslo mot framtiden***

Utkastet til ny kommuneplan for Oslo er overordnet og gir de store hovedtrekkene for byens framtidige arealdisponering. Planen bygger videre på kommuneplanen mot 2025 fra 2008, og tilrettelegger for et utbyggingsmønster innenfor byggesonen basert på prinsipper for samordnet areal- og transportutvikling. Arealdelen har flere generelle bestemmelser knyttet til ulike temaer som anses for å være viktige å sikre på et overordnet nivå. Det gjelder bl.a. overvannshåndtering, støy og luft, universell utforming, kultur og naturmiljø, estetikk og byutforming. Vedlegg tilhørende arealdelen består av notater der bl.a. konsekvens- og ROS-analyser er utdypet.

### ***Blågrønn struktur – Grøntplan for Oslo***

I 2010 ble Oslos nye og reviderte blågrønne kommunedelplan oversendt til politisk behandling og vil tre i kraft ved godkjenning av bystyret. Planen er utarbeidet av Plan- og bygningsetaten etter loven av 1985, og er en overordnet plan inndelt i fire delplaner som dekker hele Oslo kommune, se figur 14. Den er et resultat av nært samarbeid mellom plan- og bygningsetaten og bl.a. Friluftsetaten og Vann- og avløpsetaten. Grøntplanen er en tematisk kommunedelplan med juridisk bindingskraft etter plan- og bygningsetaten som omhandler blågrønn struktur innenfor Oslos byggesone.

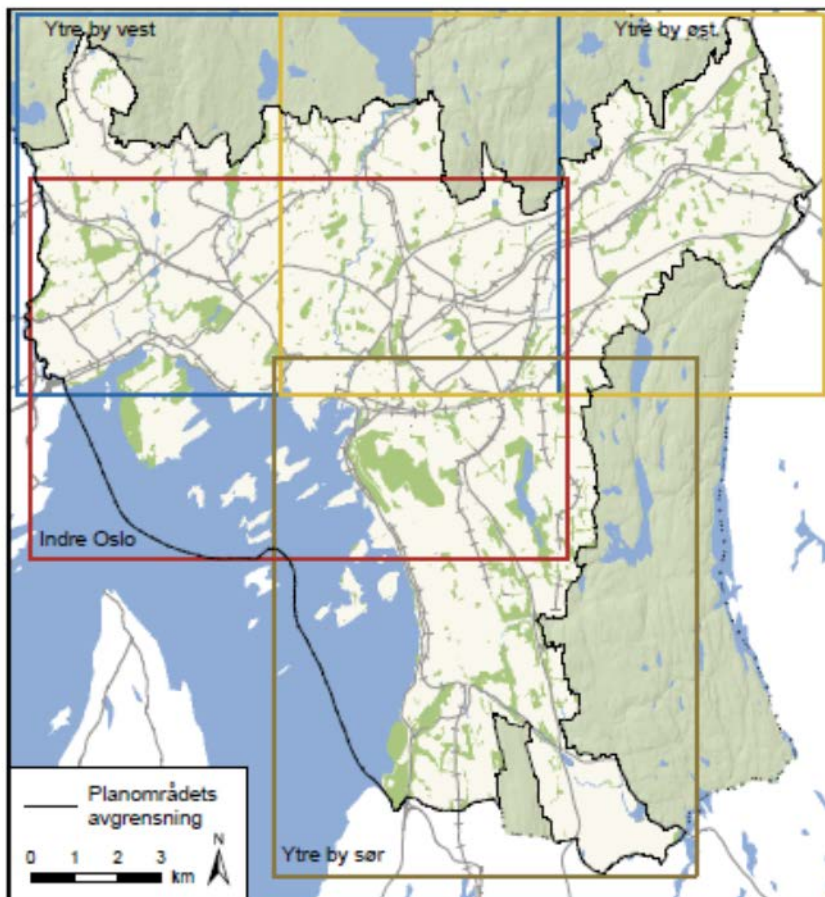
---

<sup>4</sup>[http://www.regjeringen.no/upload/MD/2011/vedlegg/planlegging/regional\\_planlegging/pstrategi\\_atp\\_osloakersh\\_hoeringsutkast.pdf](http://www.regjeringen.no/upload/MD/2011/vedlegg/planlegging/regional_planlegging/pstrategi_atp_osloakersh_hoeringsutkast.pdf)



Planen skal gi overordnede bestemmelser og retningslinjer som ivaretar de blågrønne verdiene ved alle tiltak etter plan- og bygningsloven, og bl.a. sørge for lokal overvannshåndtering innenfor hele byens byggesone. En arealplan skal gi en oversikt over juridisk bindende arealbruk med tilhørende bestemmelser og retningslinjer innenfor natur- og friområder, hovedturveinnett, vassdrag, park, gravlunder og kolonihager.

Videre skal grøntplanen sikre at strekninger langs eksisterende bekker, elver, vann, dammer og tjern i både byggesoner og byggefrie belter langs vann holdes åpne. Det gis også forslag til gjenåpning av utpekte lukkede elvestrekninger og sidebekker.



Figur 14: Temakart for Blågrønn struktur, Grøntplan for Oslo for blågrønn struktur i Oslos byggesone – tilhørende Kommuneplan (under høring 2015)

### **Byøkologisk program**

Byøkologisk program 2011–2026 er en revidert utgave av tidligere byøkologiske program som gjaldt fram til 2014. Programmet beskriver den overordnede miljøpolitikken for Oslo kommune. Klimatilpasning er ikke direkte nevnt i oversikten over de tiltakene som planen skal ha fokus på men omtales bl.a. under temaer som bevaring og styrking av blågrønn struktur.

Under kommunens «Byøkologiske program» er klimatilpasning utredet. Behovet for mer kunnskap er understreket. En sentral utfordring er å sikre at byen er godt rustet til å håndtere økte nedbørsmengder og flomvann. Videre er det behov for kartlegging og risikovurdering av økt nedbør og fare for flom og skred. Planlegging av infrastruktur og byutvikling langs fjorden må ta hensyn til framtidig havnivåstigning og stormflo<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> [http://www.miljo.oslo.kommune.no/miljopolitikk\\_og\\_miljostyring/miljopolitikk/](http://www.miljo.oslo.kommune.no/miljopolitikk_og_miljostyring/miljopolitikk/)

### **Handlingsplan miljø og klima 2012–2015**

Økende fortetting og forsegling av overflater forsterker behovet for grønne områder, som er viktig for avrenning av regnvann. Kommunen ønsker i større grad å benytte lokale løsninger for overvannshåndtering, og bruke overvann som en ressurs i bylandskapet, samt å åpne tidligere rørførte bekkeløp. Det vil bidra til å redusere presset på avløpssystemet og samtidig skape en grønnere by. Regionens sterke befolkningsvekst og de globale klimaendringene medfører store utfordringer. Det framheves i handlingsplanen for miljø og klima (2012–2015) at det bør foreligge en plan for overvannshåndtering før nye arealer blir foreslått for utbygging (spesielt ved større utbyggingsprosjekter). Det er for å hindre erosjon, og fordi større utbygginger krever større kapasitet for håndtering av overvann ved tett dekke av overflaten over større områder.

På grunn av klimaendringene kan ikke kommunene lenger basere seg på kun historiske data når de skal vurdere sårbarhet for ekstremnedbør, skred og flom. Et viktig mål for Oslo kommune er å utarbeide en klimatilpasningsstrategi basert på modeller om framtidsklimaet. I Framtidens Byers handlingsplan for kommunen 2011–2014 står det at kommunen, med sine utfordringer med befolkningsvekst og mulige klimaendringer, utvikler tilpasningsstrategier gjennom et temanettverk på tvers av etater. Det står at «temanettverket bør fremme gjennomføringen av risiko- og sårbarhetsanalyser på ulike områder og generelt gi støtte til forskning og utvikling av sektorvise tilpasningsstrategier i regionen»<sup>6</sup>.

## **Overvannsarbeidet i etatene**

### **Sektormyndighet**

Vann- og avløpsetaten (VAE) har fått i oppgave å være kommunens sektormyndighet for overvann gjennom den nye strategien for overvannshåndtering i hele Oslo som ble vedtatt i 2014. Siden 2012 har flere etater i Oslo kommune arbeidet i fellesskap for å legge til rette for Oslos framtidige overvannshåndtering. Strategien stadfester et felles mål for Oslo kommune og legger vekt på viktige oppgaver som må ivaretas for å møte framtidige klimaendringer. Fortetting av tomter og økt tetthet på overflaten som begrenser naturlig fordrøyning av vann i grunnen, er et økende problem flere steder.

Da myndigheten til forvaltning av plan- og bygningsloven ble overført til Plan- og bygningssetaten (PBE), ble det pålagt å legge ved en forhåndsuttalelse fra VAE i hver byggesak. Forhåndsuttalelsen er VAEs verktøy for å sikre at deres faglige interesser som ledningseier av de offentlige ledningene blir sikret på forsvarlig måte. Ansvarlig søker må legge forhåndsuttalelsen ved igangsettelsessøknaden. Søknaden behandles av PBE. Forhåndsuttalelsen henviser til Norsk standard og tekniske anbefalinger, men har i praksis få lovfestede krav å støtte seg til. I september 2013 utga VAE en veileder til byggesak. Veilederen inneholder informasjon om framgangsmåten for å søke, samt hvilke krav som stilles til innsendt dokumentasjon.

VAE har hjemmel i sanitærreglementet, som er en avtale mellom vann- og avløpsetaten og den enkelte abonnenten. I sanitærreglementet er for eksempel mengden tilført overflatevann regulert, slik at noen klimatilpasningshensyn kan tas inn under dette reglementet. I praksis er det vanskelig å håndheve sanitærreglementet. Lovverket som støtter vann- og avløpsbestemmelser, er fragmentert og uoversiktlig, og håndhevingen er under diskusjon og delvis kritikk. VAE mener at vann og avløp ikke er godt nok ivaretatt som fagtema i lovverket. Det er vann- og avløpsbestemmelser i forurensningsloven, i vannressursloven og noe i plan- og bygningsloven. Det finnes ikke noe krav om

---

<sup>6</sup>Under Byøkologisk program, mål 1.5

[http://www.miljo.oslo.kommune.no/klima\\_og\\_energi/prosjekter\\_og\\_tiltak/article142677-35773.html](http://www.miljo.oslo.kommune.no/klima_og_energi/prosjekter_og_tiltak/article142677-35773.html)  
(kartlegging av sårbarhet for klimaendringer)

tilbakeslagsventil på sårbare vanninntak i norske forskrifter, det er kun nevnt i Norsk standard. I NS 1717 står det beskrevet at en tilbakeslagsventil skal monteres til vanninntak i visse sårbarhetsklasser, for eksempel på bensinstasjoner og i laboratorier. De fleste land i Europa krever det, men ikke Norge. VAE henviser til standarden og til kravet i TEK10 om å unngå forurensning, men har ikke annen hjemmel i lovverket eller myndighet til å kreve at tilbakeslagsventil blir montert.

Ansvar i kommunens plan- og bygningsetat inkluderer, men er ikke begrenset til, ansvar for areal- og transportplanlegging, utforming og behandling av reguleringsplaner, program for planarbeid med behandling av konsekvensutredninger integrert i reguleringsplanen, behandling av byggesaker og oppfølging av ulovligheter og tilsyn. Fram til 1997 hadde Vann- og avløpsetaten (VAE) myndighet til å forvalte plan- og bygningsloven og tilhørende forskrifter i kommunen. VAE-etaten utførte kontroll og tilsyn på byggeplasser i stort omfang, med ni faste kontrollører. Myndigheten ble overført til Plan- og bygningsetaten (PBE) i 1997. slik at tilsynet som VAE før utøvde på byggeplass, ikke lenger var deres mandat.

### **Organisering og samarbeid**

Det er Plan- og bygningsetaten som har det overordnede ansvaret for å planlegge for bruken av arealene i kommunen. Andre etater, som Bymiljøetaten, legger også føringer for områdebruk og har bl.a. har ansvar for byens Byøkologiske program (vedtatt 2011) og den grønnstrukturplanen som gjelder for hele Groruddalen. Nylig ble en strategi for overvannshåndtering vedtatt av et enstemmig bystyre, der Vann- og avløpsetaten har fått i oppgave å være kommunens sektormyndighet. Tre ulike etater har ansvar, Plan- og bygningsetaten, Bymiljøetaten og Vann- og avløpsetaten.

Etter 1997 har kontrollansvaret tilfalt søkeren, og kommunen skal føre tilsyn. En rapport fra SINTEF Byggforsk (Holthe et al., 2008) viste at dette tilsynet var mangelfullt for noen år tilbake, i høy grad fordi PBE, som i dag, manglet sanitærkompetanse. Rapporten viste at det ble gjort svært mye feil i utførelsene og at tilsynet manglet. Vann- og avløpsetaten i Oslo bekrefter at tilsynet fortsatt er mangelfullt på sanitærsiden, og etterspør tilsyn der deres problemstillinger blir ivaretatt. Som påvist i rapporten fra 2006, påpeker VAE at det ikke er noen ansatte i tilsynsenheten i kommunen som har kompetanse på sanitær, og de kan bare vise til plan- og bygningsloven. Kommunen kan kun stille krav knyttet til sanitær som er relatert til eget sanitærreglement. Det blir sett som et stort problem at etatene ikke sitter samlet, at de ikke er kjent med sakene og ikke samarbeider tett nok. Kommunen framhever at privatisering av kontrollen kan være til ulempe for tiltakshavere, ettersom de har liten kontroll med hva som skjer av oppfølging på byggeplassen, og eksternt innleide kontrollører (tredje parts kontroll) er kostbart. Mulige årsaker til byggskader som kommunen trekker fram, er økt markedspress, færre tilsyn og tidspress/krav om at det må bygges flere boliger forttere.

### **Eksempel på tiltak – Midgardsormen**

Midgardsormen er det største avløpsprosjektet i Norge. Prosjektets hovedmål er å forebygge at avløpsvann renner ut i Akerselva, en elv som leder ut direkte til havnebassenget i Oslofjorden. Tiltaket er startet for å utbedre det snart 150 år gamle avløpssystemet, og er et av de viktigste grepene som Oslo har satt i gang for å møte framtidige klimautfordringer. Den store kulverten er dimensjonert for å håndtere store nedbørmengder. Prosjektet Midgardsormen skal sikre et moderne avløpsanlegg med den kapasiteten og kvaliteten som en omfattende byutvikling i Oslo krever. Prosjektet styres av Vann- og avløpsetaten i Oslo kommune. Kostnadsrammene er satt til 1,3 milliarder kroner. Prosjektet er beregnet å ferdigstilles i løpet av 2014. Systemet vil fungere som et avskjærende avløpssystem. Det skal hindre at overvann fra plutselige og kraftige nedbørmengder blandes med kloakk og renner over i overløp som forurenser både nedre del av Akerselva og hele sjøområdet utenfor Bjørvika. Det stilles høye miljøkrav til vannkvalitet for Oslo som følge av beslutninger i både Fjordbyvedtaket og Byøkologisk program.

## 3.5 Trondheim kommune

### Forutsetninger

Trondheim er en av de kommunene i landet som de seinere årene har hatt størst oppmerksomhet rundt overvannshåndtering og sårbarhet for klimaendringer. Dette delkapittelet gjør rede for kommunens arbeid med overvannshåndtering og klimasårbarhet, og hvilken sammenheng det er mellom dem. Overvannshåndtering er valgt som studieobjekt fordi dette er det kommunale ansvarsområdet som viser de tydeligste eksemplene på praktisk betydning av tilpasning til klimaendringer, særlig i de større byene. Særlig gjelder det spørsmålet om introduksjon av nye prinsipper for overvannshåndtering, som lokal fordrøyning og infiltrasjon av overvann, og bevaring/gjenåpning av bekkeløp. Skal man danne seg et bilde av hvor langt foregangskommuner har kommet på klimatilpasningsfeltet, både med hensyn til utforming av planer, samt vedtak og iverksetting av konkrete tiltak, er en detaljert studie av overvannshåndtering i en by som Trondheim en egnet case. Nedenfor følger en gjennomgang av relevante planer og regelverk. Deretter gjør vi rede for hvordan de mest berørte tjenesteenhetene i kommuneadministrasjonen arbeider med klimatilpasning og overvannstematikk. Videre brukes prosjektet for åpning av Fredlybekken som en illustrerende overvannscase.

### Planer og reglement

#### Oversikt

Under følger en omtale av tre planer og to reglement som legger rammene for klimatilpasningsarbeidet og overvannshåndteringen i Trondheim. Disse er:

- Energi- og klimahandlingsplan (vedtatt 2010)
- Hovedplan avløp og vannmiljø 2013–2024 (vedtatt 2013)
- Kommuneplanens arealdel 2013–2024: Bestemmelser og retningslinjer (vedtatt 2013)
- Sanitærreglement for Trondheim kommune, med vekt på Norm T-07 «Tilbakeslag i bygning fra avløpsledning eller høy vannstand i sjø» (vedtatt 2005)
- VA-norm for Trondheim, med vekt på vedlegg 5 «Beregning av overvannsmengde – Dimensjonering av ledning og fordrøyningsvolum» og vedlegg 13 «Krav til innhold i overordnet VA-plan» (vedtatt 2007).

#### Energi- og klimahandlingsplan

Arbeidet med klimatilpasning i Trondheim er forankret i Energi- og klimahandlingsplan for Trondheim kommune, som ble vedtatt 2010 (Trondheim kommune, 2010). Det meste av planen er viet utslippsreduksjoner, men skisserer også kommunens klimatilpasningsstrategi, og omtaler fire fokusområder:

- Kartlegge Trondheim kommunes klimasårbarhet
- Konsekvenser av havnivåstigning i Trondheim
- Håndtering av mer ekstrem nedbør som følge av klimaendringer
- Ras og klimaendringer

Under temaet *konsekvenser av havnivåstigning* hører bl.a. å vurdere konsekvenser for kommunal planlegging og myndighetsutøvelse, samt å modellere konsekvenser for avløpsnett. *Håndtering av ekstrem nedbør* innebærer utarbeiding av mer omfattende krav knyttet til overvannshåndtering, og å integrere overvannsplanleggingen i arealplanleggingen. Dette settes i sammenheng med revisjon av hovedplan for avløp og vannmiljø. Videre er det vedtatt å etablere flomplaner for urbane deler av kommunen, det vil si kartlegging av flomveier ved ekstreme hendelser når de konvensjonelle avløpssystemene ikke klarer å ta unna vannet. Den planlagte åpningen av Fredlybekken ved Lerkendal er også innlemmet ved at man som del av tiltakspakken vil vurdere hvordan bekkåpningsprosjektet kan bidra til klimatilpasning i området. Tiltak innenfor fokusområdet *ras og*

*klimaendringer* dreier seg om å skaffe kunnskap om hvordan klimaendringer påvirker faren for ras i kommunen, med særlig vekt på et endret vinterklima og faren for kvikkleireskred, samt vurdering av følger for arealbruk. Klimatilpasningsarbeidet i Trondheim er knyttet til deltakelsen i prosjektet Framtidens byer (2009–2014).

Kommunen har foretatt to egevalueringer av oppfølgingen av energi- og klimahandlingsplanen. I den siste evalueringen fra april 2013 går det fram at alle klimatilpasningstiltakene er igangsatt. Det å integrere klimatilpasning i kommunal planlegging har stått sentralt, noe som har fått konsekvenser for revidering av kommuneplanens arealdel og ny hovedplan for avløp og vannmiljø (se under). Videre står det i evalueringen (Trondheim kommune, 2013a) at det er behov for mer omfattende gjennomgang av klimasårbarhet i Trondheim, fordi det bl.a. er framkommet ny kunnskap om sammenhenger mellom klimaendringer og ekstremvær, og fordi framtidige klimaendringer kan bli større enn tidligere antatt.

### **Kommuneplanens arealdel**

De overordnede overvannsstrategiene som er gjengitt ovenfor, finner vi igjen i kommuneplanens arealdel (KPA) 2012–2024<sup>7</sup>. Kommunen stiller i dag krav om en ledningsplan som viser løsninger for vann og avløp i reguleringsplaner. Det er svært varierende hva som leveres av ledningsplaner og hvorvidt vann- og avløpstekniske løsninger samordnes med arealbruk. Rådmannen har foreslått at det utarbeides en overordnet VA-plan i forbindelse med alle reguleringsplaner. VA-planen må utrede ulike problemstillinger knyttet til overvann, spillvann og vannforsyning.

Planbeskrivelse og overordnet ROS-analyse for Trondheim kommune (2012) omtaler kommunens kartlegging av flomveier, det vil si de veiene vannet tar når kapasiteten til det normale avrenningssystemet overskrides. Kartlagte flomveier inngår i *aktsomhetskart flomfare og havstigning*<sup>8</sup>. ROS-analysen har ikke tatt hensyn til klimaendringer i sin omtale av *flomveier og overvann*, men under temaet *flom i vassdrag* vises det til at klimaendringer ifølge NVEs retningslinjer gir grunn til å være mer på vakt mot flom, erosjon og skred. Aktsomhetskartet bygger på flomsonekartlegginger av Nidelven og Gaula som NVE utførte i 2001, og de omfatter ikke vurderinger av endret flomfare på grunn av klimaendringer. Temaet *havnivåstigning og stormflo* i den overordnede ROS-analysen bygger på framskrivninger publisert av det nasjonale klimatilpasningssekretariatet i 2009. Planbeskrivelsen gjør bruk av klimaframskrivninger i avsnittet om *havnivåstigning, stormflo og bølgepåvirkning*, og gir klimaendringer og fortetting som begrunnelser for å innlemme hensyn til flomveier i arealplanleggingen og for overvannsreducerende tiltak. Fortetting og forventede klimaendringer vises til som store utfordringer for kapasiteten til overvannshåndteringen. Ytterligere økt urbanisering er også identifisert som en belastning for vannets naturlige kretsløp. Overvannsreducerende tiltak er kravsatt ved alle utbygginger.

Det viktigste bidraget i kommuneplanens arealdel for å sikre en hydrologisk orientert overvannshåndtering er nedfelt i de juridisk bindende bestemmelsene som legger føringer for overvannshensyn i arealplanlegging og tiltak av alle slag. Naturverdier, landskap, kulturminner og friluftsinnteresser langs vassdrag skal ivaretas. Ivaretagelse av et vegetasjonsbelte langs alle vassdrag med årssikker vannføring, er trukket fram som et tiltak for å motvirke erosjon og tjene som flomsikring. Etablerte tiltak i kommuneplanen er bl.a. gjenåpning av lukkede vannveier i den grad det er praktisk mulig, og forbud mot bekkelukking. Samordnet arealplanlegging på overvannsområdet, samt infiltrasjon av overvann, skal sikres der det er mulig.

<sup>7</sup> <http://trondheim.kommune.no/content/1117731328/Kommuneplanens-arealdel-2012-2024>

<sup>8</sup> <http://www.trondheim.kommune.no/content/1117735713/Aktsomhetskart-flomfare-og-havstigning>

Grønne overvannsløsninger i kombinasjon med tradisjonelle overvannsløsninger ønskes vurdert i alle utbygginger. Kommunen setter krav til at det for alle planforslag med bebyggelse og anlegg skal utarbeides overordnet vann- og avløpsplan etter kommunens VA-norm. Ved utbygging av mer enn fire boenheter, og for alle øvrige bygninger og anlegg der overordnet VA-plan ikke foreligger, skal vann- og avløpsløsninger avklares med kommunen. Ved behov kan overordnet VA-plan kreves utarbeidet. Naturlige flomveier skal kartlegges og i størst mulig grad bevares, og det skal avsettes areal for nye flomveier etter behov.

### **Hovedplan for avløp og vannmiljø**

Hovedplan for avløp og vannmiljø 2013–2024<sup>9</sup> (Trondheim kommune, 2013b) ble vedtatt i mai 2013. Planen dekker de tre områdene kommunalt avløp, avløp fra spredt bebyggelse og vannmiljø, og beskriver status, lovpålagte krav, selvpålagte mål og en tiltaksplan med kostnadsramme og tidsplan. Her er det et økt fokus på vannkvalitet (delvis som følge av EUs vannrammedirektiv), nye perspektiver knyttet til følgene som klimaendringer ventes å ha på avløpssystemene, og utfordringer som følger av utbygging gjennom fortetting. Fortetting vil gi økt press på eksisterende avløpsinfrastruktur. Sju hovedutfordringer påpekes i planen, i uprioritert rekkefølge: (1) fornyelse og effektivisering av ledningsnett, (2) overvannshåndtering, (3) samordning med annen infrastruktur, (4) forurensningsutslipp fra avløpsnett, (5) renseanlegg, (6) vannmiljø utover direkte avløpsrelaterte påvirkninger og (7) spredt bebyggelse.

Det skisseres i alt ni typer rammebetingelser som hovedplanen må utformes med hensyn til. Eksempler er organisering av avløpsvirksomheten, lovverk, utslippstillatelser og byutvikling. Klimaendringer er en av disse rammebetingelsene, og det tas høyde for økte temperaturer, havnivåstigning, flere ekstreme nedbørshendelser, mer nedbør totalt og at mer av nedbøren vil komme i form av regn. Økning i antall tilbakeslag, større flom- og oversvømmelsehendelser, økt innlekking av sjøvann på avløpsnett og økte forurensningsutslipp til vassdrag og sjø via overløp forventes hvis avbøtende tiltak på avløpssystemene ikke iverksettes. Nedbør, havnivå og snø-/vintersituasjon er temaer som behandles nærmere. Det pekes bl.a. på at det ikke finnes framskrivninger av hvordan korttidsnedbøren, som er dimensjonerende for avløpssystemene, vil endres.

### **Avløpssystemet i Trondheim**

Trondheim har vel 1 100 km kommunale avløpsledninger med gjennomsnittsalder på ca. 30 år. Det meste er bygd etter 1950, men det finnes ledninger fra 1860-tallet som ennå er i bruk. Kvaliteten på ledningene er svært variabel. I hovedsak er avløpsnett fra før 1965 bygd etter fellessystemet (ettrørssystem som samler både spillvann/kloakk og overvann) og nyere deler etter separatsystemet (torørssystem). Fordi deler av separatsystemet ikke virker etter hensikten, oppstår det overrenning av kloakk til overvannsledningen, med forurensning av vassdrag/sjø som resultat. Det er også punkter der fortynnet råkloakk slippes direkte ut til vassdrag eller sjø ved kapasitetsoverstigelse i forbindelse med kraftig regn eller snøsmelting. En stor mengde private avløpsanlegg med ukjent tilstand antas også å være en viktig kilde til vannforurensning. Kommunen har estimert at 6 prosent av forurensningene i avløpsvannet aldri når fram til renseanlegg (2010-tall). Det er en halvering fra ca 12 prosent ti år tidligere, et resultat av målrettede tiltak. Ytterligere forbedringer vil i større grad kreve kostbare ombygginger av avløpssystemet, for eksempel slik det er planer om ved gjenåpning av Fredlybekken.

Planmessig fornyelse av avløpsnett startet først på 1990-tallet, så det er et stort vedlikeholdsetterslep på området. I perioden 2003–2012 ble det i gjennomsnitt skiftet ut eller renoverert 6 km avløpsledning hvert år, det vil si at 0,6 prosent av ledningsnett ble fornyet årlig. Mål

<sup>9</sup> <http://www.trondheim.kommune.no/content/1117736272/Hovedplan-avlop-og-vannmiljo>

om årlig fornyelse trappes opp. Men selv med en slik utskiftningstakt vil det ta 50–100 år før man har fullført omlegging til separatsystem i Trondheim. Ved utskiftning av ledninger følges en strategi om langsiktig ombygging til separatsystem i de fleste soner. Samtidig beholder man fellessystem der det er hensiktsmessig, som i det historiske bysentrumet og der overvannet er svært forurenset.

En ROS-analyse for det kommunale avløpssystemet som ble laget som grunnlagsmateriale for hovedplanen, kartlegger at 13 av i alt 49 identifiserte uønskede hendelser/usikre forhold blir vurdert å være på høyt risikonivå (rødt område). Det første forholdet har fått benevnelsen «forebygge mot konsekvenser av klimaendringer/økt nedbør». Fortetting og klimaendringer vil gi betydelig økning i toppbelastningene når det gjelder overvann, og vil forsterke kapasitetsproblemene som allerede i dag preger særlig den delen av avløpsnettets som er bygd som ettrørssystem. Hyppigere tilbakeslag av kloakk i kjellere og økt vannforurensning via overløpsutslipp vil bli de viktigste følgene om det ikke settes inn avbøtende tiltak. Også områder med torørssystem vil oppleve kapasitetsproblemer av samme grunn. Uten tiltak vil det føre til økte problemer med overvann i kjellere og flere lokale tilfeller av flom på overflaten. Forurensning av overvann, særlig fra sterkt trafikkerte veier, forringer i dag vannkvaliteten i vannforekomstene, men her er kunnskapsgrunnlaget mangelfullt.

Kommunale strategier for å møte utfordringene på overvannsfeltet går bl.a. ut på å:

- Redusere avrenningstoppene i ledningssystemer og åpne vannveier
- Separere overvannet gjennom videre utbygging av torørssystem
- Begrense tilførte overvannsmengder til ledningsnettets fra ny bebyggelse, fortetting og rehabilitering
- Forsinke og fordrøye overvann lokalt før det føres til ledninger og bekker. Øke tilførselen av overvann til grønne arealer og infiltrasjon til grunnen når det er mulig
- Bevare eksisterende bekkeløp og gjenåpne lukkede bekkeløp
- Legge til rette for blå-grønt bybilde (vann i dagen)
- Oppfordre til utprøving av grønne overvannsløsninger (det er for lite kunnskap om disse løsningene til å kunne stille krav om slike)
- Innføre utredningsplikt for tiltak som berører kartlagte flomveier, og stille særlige krav til planlegging og utforming av slike tiltak

Klimaendringer er et av flere premisser som ligger til grunn for utforming av hovedplan for avløp og vannmiljø, men er ikke omtalt som en av de sju hovedutfordringene. Sammen med fortetting utgjør økt nedbør og nedbørintensitet hovedbegrunnelsen for at overvannshåndtering er identifisert som hovedutfordring 2. Strategier og tiltaksplan må derfor leses som svar på komplekse utfordringer, der klimaendringer utgjør en del av problembeskrivelsen.

### **VA-norm for Trondheim**

VA-normen for Trondheim er basert på en mal for VA-norm utviklet av Norsk Vann. Den inneholder generelle bestemmelser som er felles for alle kommuner og en rekke spesifikke tilleggskrav for Trondheim.

I vedlegg til VA-normen stilles det krav om at det i alle reguleringsplaner, med unntak av de som bare omfatter boliger med fire boenheter eller mindre, skal lages en VA-plan som utarbeides av personell med VA-faglig kompetanse. Planen skal gjennom utredninger, plantegninger m.v. avdekke og søke å løse eventuelle brukerkonflikter knyttet til VA-infrastrukturen og gjøre rede for en rekke sider ved vannforsyning, spillvann og overvann.

Det stilles krav til overvannsreducerende tiltak i alle utbygginger, men kravene avhenger av størrelsen på utbyggingen, avløpssystem og resipientforhold. Overordnet VA-plan skal kartlegge fordrøyningsbehov, vise en løsning for helhetlig overvannshåndtering med konkrete tiltak, vurdere

muligheter for reetablering/åpning av bekkeløp, samt utrede hensyn til sårbare resipienter og naturlige flomveier. Videre stilles det krav om at fordrøyningsbassenger i kombinasjon med ulike overflatebaserte overvannstiltak skal vurderes i alle utbygginger, i tillegg til at sikre flomveier skal ivaretas eller etableres. Overvann skal i den grad det er mulig tilbakeføres til grunnen og til vegetasjon så nær kilden som mulig. En separat omtale av nedgravde og overflatebaserte overvannsløsninger viser hvordan kommunen kommuniserer fordeler og ulemper med de to tilnærmingene.

## Overvannsarbeidet i etatene

### **Avdelinger og etater**

- *Kommunalteknikk* har fire avdelinger, hvor *Vann og avløp* er viktig i denne sammenhengen. Avdelingen eier og forvalter VA-infrastrukturen og har ansvar for overordnet drift av VA-systemet og planlegging/prosjektering av anlegg.
- *Byplankontoret* har ansvar for planlegging og utvikling av byens fysiske omgivelser gjennom overordnede strategier, areal- og transportplanlegging og reguleringsplanlegging.
- *Byggesakskontoret* skal, som ledd i sitt arbeid med behandling av søknader om byggetillatelse, blant annet ivareta miljøhensyn og sikre utbygging i samsvar med ønsket byutvikling.

### **Kommunalteknikk**

Overvannsstrategiene slik de framstår i hovedplan avløp og vannmiljø og i kommuneplanens arealdel, har blitt til gjennom en prosess over flere år. Det er vann- og avløpsavdelingen i etaten Kommunalteknikk som har vært pådriver for dette strategiarbeidet. På lang sikt er det satt et mål om at overvannssystemet for hele byen skal over på et separatsystem. «*Vi skifter ikke ut mer enn kanskje én prosent av ledningsnettets vårt årlig, så det er en femti- til hundreårsstrategi. Så i tillegg til det er vi nødt til å gjøre en god del andre ting for å bøte på problemene vi har. Og da er det jo det at vi er nødt til å begrense tilførsel av overvann til ledningsnettets. Det ene er å begrense de totale mengdene, men det viktigste er å redusere toppen som kommer ved store regnhendinger*» (sitat fra intervju med prosjektleder på VA-kontoret i kommunen). Informanten peker på de kombinerte utfordringene som følger av målet om fortetting innenfor eksisterende avløpsinfrastruktur, i tillegg til større flomtopper pga. mer/kraftigere regn og endrete smeltesituasjoner, og hvilke krav kommunen har vedtatt å legge på utbyggere for å bøte på situasjonen. Kommunen ser nødvendigheten av å gjøre mer enn bare å separere på hundre års sikt. Alle utbyggere må begrense overvannsmengdene sine, men det settes ikke konkrete krav til hvordan. Mange bygger fordrøyningsbasseng på egen tomt. Disse fylles når det regner mye og tømmes sakte.

Det er en nedre grense for størrelsen på de utbyggingene som får krav om å håndtere overvann på egen grunn. Utbygginger som er så små at avrenningen ikke overskrider én liter per sekund, slipper å innføre fordrøyningsiltak. Kommunalteknikk har stort sett satt grensen ved utbygginger med mer enn 500 m<sup>2</sup> tette flater. I praksis betyr det at bygging av en enkelt enebolig ikke utløser krav om fordrøyning, og det samme gjelder ofte for tomannsboliger. Ved oppføring av en firemannsbolig i rekke (eller større utbygginger) må det dokumenteres hvordan overvann skal holdes tilbake på egen grunn. For å få også de minste utbyggerne til å bidra, har det vært diskutert å innføre en avkryssingsliste der man kan velge minst ett av flere alternative tiltak. Det ligger dårlig til rette for infiltrering fordi det er leirgrunn i store deler av kommunen, noe som har ført til at denne ordningen foreløpig ikke er innført. Det stilles ikke bare krav til utbyggere, men settes også inn tiltak i kommunal regi for å senke hastigheten på overvannet, særlig ved å holde bekkeløp åpne. I tillegg til å forby nye bekkelukninger i forbindelse med alle regulerings- og ombyggingssaker, arbeides det med å gjenåpne bekker som tidligere er lagt i rør.



*Grønne overvannstiltak* eller *overflatebaserte overvannsløsninger* er betegnelser på prinsipper for overvannshåndtering der man gjerne ønsker å ivareta flere hensyn, som behovet for fordrøyning (inkludert skadeforebygging), vannkvalitet, biologisk mangfold og estetikk.<sup>10</sup> Nedgravde fordrøyningsbassenger fyller bare det første av disse formålene, men har til gjengjeld den fordelen at de kan redusere avrenningstopper selv om grunnen er vannmettet eller frosset. Selv om infiltrering, regnbed og andre grønne overvannsløsninger er løsninger for å innfri kravene til håndtering av overvann på egen grunn, er de ikke veldig utbredt blant utbyggerne. Utbyggerne velger som regel tradisjonelle, nedgravde løsninger, som plastkassetter eller overdimensjonerte rør som slipper vannet sakte ut.

Krav om bestemte fordrøyningsløsninger for å fremme bruken av grønne overvannsløsninger, eller krav om grønne tak, stilles ikke fordi man ikke har tilstrekkelig kunnskap om hvordan slike løsninger fungerer med det klimaet og de grunnforholdene man har i Trondheim. Det er en utfordring at hver huseier skal investere i, bygge og drifte et overvannsanlegg, både organisatorisk, praktisk og kostnadmessig. Lange vintre gjør at løsninger basert på at vegetasjonen holder tilbake vannet ikke nødvendigvis fungerer optimalt i de lokale klimaforholdene. Snø og is kan også være en utfordring. Gresskleddede forsenkninger på begge sider av veiene er et vanlig fordrøyningsstiltak i en del andre land. Slike forsenkninger kan sikkert fungere så lenge de ikke er åpenbare steder å plassere snø. Ved smelting av snø kan de by på problemer, med tilfrysing om natten og smelting om dagen, slik at hele kanalen der vannet skulle strømme fylles opp med snø og is, og det oppstår flomsituasjoner. Denne problemstillingen er ikke så vanlig andre steder i Europa, og tiltakene blir vanskelige å kopiere. Økonomiske aspekter må også vurderes. Mange små anlegg blir sett på som lite kostnadseffektivt. Frykt for driftsproblemer og uforutsette effekter av åpne løsninger er også til stede.

Det er knyttet usikkerhet til hvor stor effekt ulike typer tiltak har. Mangel på modeller og måter å dokumentere fordrøyningseffekten oppleves som et problem, både av VA-myndighetene og konsulentene. Forsikringsselskapene stiller krav om dokumentasjon på at et anlegg er godt nok til for eksempel å holde unna en tjuårsflom. Så lenge det ikke finnes beregningsmodeller som er tilpasset norske forhold, eller erfaringstall som gir grunnlag for å si hvor stor fordrøyningseffekt et gitt tiltak har, bidrar det til at kommunen ikke ønsker å stille krav om grønne overvannsløsninger.

*Vannkvaliteten i vassdragene* henger sammen med overvannshåndteringen. På lengre sikt kan det vise seg at det blir kravet til vannkvalitet, og ikke primært behovet for fordrøyning, som vil motivere en overgang til mer bruk av grønne overvannsløsninger. Kommunen har erfaringer fra områder der det har blitt arbeidet systematisk med å fjerne kilder til kloakkforurensning av vassdrag, uten at man har klart å innfri kravene som stilles til vannkvaliteten. Dette kan henge sammen med andre forurensningskilder, som bygningsmaterialer, dekk, salting av vei osv. I denne sammenhengen vil typen fordrøyning kunne virke positivt på filtrering av vannkvaliteten. Det oppnås imidlertid ingen effekt av de tradisjonelle bassengene som velges i dag, ettersom de bare sender det samme vannet videre. Etablering av regnbed vil ha en langt større positiv effekt på vannkvaliteten, men manglende filtrering ved tradisjonelle bassenger er foreløpig ikke definert som et problem av kommunen.

Det har vært en gradvis prosess med å innføre nye prinsipper for overvannshåndtering i Trondheim. Det finnes ingen spor av slik tenkning i den forrige hovedplanen for avløp fra 1995. Krav om håndtering av overvannet har blitt praktisert de siste fem–sju årene (siden 2006–2008). Dette var forårsaket av enkelthendelser i form av regnskyll som førte til store skader, men også som en nasjonal trend. I etterkant av hundreårsregnet i august 2007 ble det nedsatt en prosjektgruppe med deltakelse fra enhetene Kommunalteknikk og Trondheim bydrift for å dokumentere og analysere

---

<sup>10</sup> Lokal overvannshåndtering (LOH) eller lokal overvannsdiskonering (LOD) er uttrykk som ofte blir brukt om denne typen løsninger, men disse omfatter også underjordiske magasiner og andre lukkede løsninger.

hendelsesforløp og skadeomfang, og foreslå tiltak for å forebygge kjelleroversvømmelser i framtiden. Det har funnet sted et holdningsskifte rundt overvannshåndtering, men det finnes fortsatt «gamle ringrever» som tenker mer tradisjonelt om disse spørsmålene. Større grad av tverrfaglighet har hatt mye å si for det skiftet som har kommet, men det ser også ut til å være tett knyttet til nyansettelser.

Tverrsektorielt samarbeid blir sett på som en viktig forutsetning for omlegging til en mer hydrologisk orientert overvannshåndtering. Kommunalteknikk har vært pådriver for å få integrert overvannshensyn i arbeidet til andre kommunale etater, som Byplankontoret, Byggesakskontoret og Enhet for idrett og friluftsliv (som har ansvar for parkene i byen). Da kommunen begynte å stille krav overfor enkeltutbyggere, opplevde de at avdeling Vann og avløp på Kommunalteknikk kom for sent inn i prosessen. Forhold mellom Vann og avløp og utbyggerne ble håndtert ganske seint i prosessen, da alt var ferdig tegnet, og ledningsstrekkele skulle tegnes på kartet. Dermed var det ingen mulighet for at overvannshåndteringen ble koordinert med arealplanleggingen, som allerede var ferdig. Mulighetene for å gjøre noe annet enn å bygge et nedgravd basseng, fantes egentlig ikke. Her har Vann og avløp jobbet mot planenheten for å øke bevisstheten om at disse problemstillingene må innarbeides tidligere i prosessen. Samordning av overvannshåndtering og andre hensyn i arealplansammenheng har blitt regelfestet som egen bestemmelse i kommuneplanens arealdel (§16-2 første ledd). Dette viser at Kommunalteknikk har møtt forståelse i kommuneorganisasjonen for behovet for tverrsektorielt samarbeid på området. Det har vært enkelt å etablere samarbeid på tvers av etatene i kommunen.

### **Byplankontoret**

Byplankontoret er en viktig kommunal aktør innenfor klimatilpasning og overvannshåndtering, særlig ved at det har det koordinerende ansvaret for utformingen av overordnede planstrategier og ved å være veilednings- og godkjenninginstans for reguleringsplaner. Våre to informanter på Byplankontoret er henholdsvis saksbehandler for private reguleringsplaner og tidligere prosjektleder for rullering av kommuneplanens arealdel.

De siste 15–20 årene har alle reguleringsplaner nesten uten unntak blitt utformet i privat regi. Mens Byplankontoret tidligere gjorde utredninger til reguleringsplanene, driver de nå veiledning og kvalitetskontroll rettet mot konsulentfirmaer, arkitektkontorer og andre som utarbeider reguleringsplaner. Som en følge av dette har Byplankontoret etablert en nettbasert veileder for utarbeidelse av reguleringsplan<sup>11</sup>, som går igjennom de ulike fasene fra oppstart via planskisse og komplett planforslag til behandling. Veilederen beskriver ansvarsfordeling og tilbyr ulike hjelpeverktøy for hvert steg i prosessen.

*Overvannshensyn* ble ifølge den intervjuede saksbehandleren et tema ved Byplankontoret etter en intern omorganisering i 1992, da reguleringsseksjonen ble opprettet. Det ble overført to personer dit fra Vann- og avløpsetaten, for å ivareta VA-spørsmål i reguleringsplanene. Kommunen har siden redegjort for vann og avløp i alle reguleringsplaner. I praksis ble det slutt på bekkelukking på 1990-tallet. Tidlig på 2000-tallet («over ti år siden») startet praksisen med å kreve vann- og avløpsvurdering i alle plansaker. Ordningen ble innført før man hadde lovhjemmel til å gjøre det. Gjennom en lovendring ga Miljøverndepartementet kommunene formell rett til å kreve vann- og avløpsplan som del av reguleringsplaner, men knyttet dette til en betingelse om at kommunen etablerte en veileder for utarbeidelse av reguleringsplan.

*Klimatilpasning* som en integrert del av reguleringsplanleggingen ble for alvor satt på dagsorden rundt 2008. Det skjedde i forbindelse med regulering av Ranheimsfjæra, et reguleringsområde som går helt ned til sjøen og ligger mellom en fredet elv og en bekk. Plasseringen gjorde at både

---

<sup>11</sup> <http://www.trondheim.kommune.no/reguleringsplanveileder/>

havnivåstigning og flom ble aktualisert. Som et resultat av dette arbeidet ble det opprettet en tverrfaglig gruppe om havnivåstigning. Tverrsektorielt samarbeid om reguleringsplaner har fra omkring 2010 blitt organisert gjennom interne *samråd*. Samrådene er ukentlige møter med faste deltakere fra bl.a. Byplankontoret, Kommunalteknikk, og Miljøenheten. Regulerings saker som skal drøftes, blir meldt inn av den aktuelle saksbehandleren etter fastsatte regler slik at de faste medlemmene på forhånd får mulighet til å avklare viktige spørsmål i sine respektive etater. En viktig motivasjon er at kommunen ved rådmannen skal kunne snakke med én tunge utad. Dette tverrfaglige arbeidet har hevet kvaliteten på reguleringsplanene i Trondheim. Overvannshåndtering og klimatilpasning er spørsmål som blir mye omtalt på samrådsmøtene. Fordrøyning av overvann blir rutinemessig diskutert i alle saker der man bygger ned store flater som før har vært grønne, og det legges vekt på at man også får konsulentene som utarbeider reguleringsplanene til å tenke på overvannshåndtering.

Arbeidet med siste rullering av kommuneplanens arealdel (KPA) pågikk i to år før den ble politisk vedtatt i 2013. Ettersom rullert KPA vedtas hvert fjerde år, er revideringen en kontinuerlig prosess som foregår halve tiden. Arbeidet ble organisert gjennom en arbeidsgruppe med åtte–ti medlemmer fra ulike kommunale enheter, som så knyttet til seg en rekke ressurspersoner innenfor spesifikke fagområder. Til sammen var mer enn 40 kommunalt ansatte direkte involvert i prosessen. Selv om KPA innebærer omregulering av nesten 2 000 dekar matjord til boligformål, legger den vedtatte planbeskrivelsen (Trondheim kommune, 2012) rammene for en forsterket fortettingspolitikk<sup>12</sup>. Fortettingen innebærer større andel tette flater og utfordringer med økte avrenningstopper. Disse utfordringene blir tematisert i planbeskrivelsen under klimatilpasning og ROS-analyse.

### **Byggesakskontoret**

Hovedoppgaven til Byggesakskontoret er å se til at de mange fagområdene som involveres i byggesaker blir ivaretatt av kompetente foretak med ansvarsrett. For byggesaksmyndighetene er det avgjørende hvilken av de tre kategoriene av søknadsplikt et tiltak faller inn under. Lovverket skiller mellom tiltak *uten søknadsplikt*, tiltak som krever søknad og tillatelse og som kan forestås av *tiltakshaver*, og tiltak som krever søknad og tillatelse, og der søknad, prosjektering, utførelse og kontroll må forestås av *foretak med ansvarsrett*. Krav til søknaden avhenger av størrelse og kompleksitet på tiltaket. Tiltakshaver er selv ansvarlig for at bygningsmassen er i samsvar med regelverket, og Byggesakskontoret blir bare involvert i de sakene der det kommer klager. Dette kan ha betydning for overvannshåndtering. Blant annet er det også i mindre tiltak knyttet problemstillinger til overvannshåndtering. Det er opp til den enkelte tiltakshaver om takvannet ledes til eget drenerende masselag rundt grunnmuren, ned til drenerør og så føres videre, eller om det kobles til en konkret avløpsledning direkte. Kommunen får ofte henvendelser fra naboer som klager over at naboens garasjetak kaster avløpet ut på naboens oppkjørsel hvor det fryser og fører til problemer.

I større søknadspliktige tiltak skal i prinsippet alle fagområder være dekket med ansvarsrett (foretak godkjent av Direktoratet for byggkvalitet). Ved bygging av enebolig eller et mindre utbyggingsfelt benyttes ofte et ferdighusfirma som tar på seg alle relevante ansvars- og fagområder selv. I slike tilfeller stoler kommunen på at foretaket er kompetent, og at det er vant til å håndtere overvannsproblemstillinger på en eneboligtomt eller et mindre utbyggingsfelt. Når det er tale om større utbyggingsfelt, ligger det ofte utbyggingsavtaler til grunn, der Kommunalteknikk stiller

---

<sup>12</sup> Det legges til grunn en at det ved fortettingsprosjekter rundt lokalsentrene og langs gode kollektivårer skal gjelde et krav om minimum seks boliger per dekar for områder større enn 1,5 dekar. For alle områder i framtidig boligbebyggelse og områder større enn seks dekar i eksisterende bebyggelse, settes det krav om minst 6 boliger per dekar (et tidligere maksimumskrav om fem boliger per dekar ble fjernet), og ved regulering av boliger i områder for sentrumsformål skal det være minst ti boliger per dekar. For næringsareal forutsettes det også høy arealutnyttelse (min. 140 % BRA i områder med god gang-/kollektivtilgjengelighet).

detaljerte tekniske krav til VA-anlegget. På den måten kan kommunen sikre kvalitetskontroll på det tekniske anlegget før de overtar ansvaret for å drifte VA-infrastrukturen videre. Ved de største utbyggingsfeltene er det profesjonelle aktører på høyt nivå som står bak. Da knytter kommunen normalt rekkefølgebestemmelser til reguleringsplanene, med til dels strenge krav til utvikling av det offentlige infrastrukturnettet (veier, gang- og sykkelstier, ledningsnett osv.).

Organiseringen av Byggesakskontoret følger en tredeling mellom saksbehandlere, administrativt personale og en juridisk avdeling. Det er 20–25 byggesaksbehandlere fordelt på to like store grupper, som deler det geografiske nedslagsfeltet mellom seg (øst og vest for Nidelva). Juristene arbeider særlig med klagesaker, ulovlighetsoppfølging og kvalitetssikring av utgående vedtak (avslag, dispensasjoner m.m.). Tre årsverk på byggesakskontoret er satt av til tilsyn (se nedenfor).

Tverrsektorielt samarbeid er særlig sterkt utviklet mellom Byggesakskontoret og Byplankontoret, ettersom de to enhetene sitter blandet i samme kontorlandskap. Den hyppige dialogen går spesielt ut på å drøfte tolkning og formulering av bestemmelser. Byggesak har også en del kontakt med Kommunalteknikk, og det oppleves at det er enkelt å ta kontakt med Vann og avløp. Det er også et par ansatte på Byggesakskontoret som har VA-faglig bakgrunn, deriblant en koordinator rett under bygningssjefen, slik at enheten har intern kompetanse på området.

Overvannsspørsmål ikke et prioritert område for byggesak, til tross for den korte avstanden til Kommunalteknikk og tilgjengelig VA-kompetanse internt. Byplankontoret mener det ikke er så store problemer med problemstillinger knyttet til overvann, og flom oppfattes ikke som et akutt sårbarhetstema for Trondheim. Kommunalteknikk deler oppfatningen om at Trondheim ikke er spesielt sårbar verken for elveflom eller «urban flom» (overvann på avveier). Det begrunnes med at Nidelven ikke utgjør en flomtrussel fordi vassdraget er regulert, og at byen skråner ned mot sjøen eller Nidelven slik at overvann renner av ganske fort. Det hindrer ikke at overvannsspørsmål representerer en utfordring, særlig i lys av framtidig fortetting og klimaendringer. Når Byggesakskontoret ikke synes å prioritere overvannsspørsmål særlig høyt, kan begrenset kapasitet være én forklaring. Byggesaksbehandlerne oppfatter at det etter hvert er blitt så mange kravområder å følge opp detaljert i byggesaker at det vil sprengte alle tidsrammer hvis de skal prioritere å føre tilsyn eller sikre seg at alt er på plass. Dette gjør det vanskelig å vekte for eksempel vann og avløp og overvann opp mot andre åpenbare forhold, som HMS. VA er ikke tema for tilsyn gjennomført av Byggesakskontoret, selv om tilsyn skal kunne dekke alle ansvarsområder som berøres av en utbygging. Det ser ut til at dette oppfattes som et fagområde som tilhører enheten Kommunalteknikk, og at disse har godt overblikk over hva som skjer på byggeplassene når det gjelder bygging av overvannsinfrastruktur. Byggesak har heller ikke befatning med overordnede krav til infrastruktur, noe som begrunnes med at de som offentlig instans kommer nokså sent inn i prosessen fra plan til ferdig utbygging.

I motsetning til flomfare er fare for kvikkleireskred et spørsmål som står langt oppe på dagsorden hos byggesaksbehandlerne. Det er mye leirgrunn i kommunen, og et mulig skred i et tett bosatt område som Bakklandet betegnes av flere informanter som et skrekkszenario. Det stilles strenge krav til dokumentasjon knyttet til geoteknikk. Aktsomhetsområder er etablert i store deler av byen, der det stilles krav om geoteknisk undersøkelse selv for mindre tiltak. For privatpersoner er kostnaden ved slike utredninger så store at det i praksis fungerer som et bygge- og deleforbud, selv om omsøkte tiltak egentlig vil være i tråd med kommunens fortettingspolitikk.

### **Eksempel på tiltak – Fredlybekken**

Det vedtatte prosjektet for gjenåpning av Fredlybekken på Nardo/Nidarvoll i Trondheim illustrerer en rekke av de mulighetene og fordelene grønne overvannsløsninger kan innebære, men også noen av de hindringene denne typen overvannshåndtering kan støte på. Fredlybekken er derfor anvendt som

en overvannscase. Den viser hvordan Trondheim kommune arbeider med slike spørsmål og kan kaste lys over allmenne utfordringer knyttet til overvannshåndtering. Fredlybekken er en sidebekk til Nidelven. Nedre del av dalen dominert av ca. 60 prosent tette flater og bygninger (for en stor del nærings- og servicebygg) og ca. 40 prosent gress- eller grusdekket areal (NGU, 2007). Øvre (østre) deler av Fredlydalen er utbygd med eneboliger, rekkehus og blokker fra 1950-tallet til 1980-tallet.

Planlegging av sanering av gammelt ledningsnett i Fredlybekkområdet har pågått over mange år. Et av hovedmålene for prosjektet er å redusere forurenset utslipp til Nidelven og bedre vannkvaliteten i elva, forbedre bortledning av regnvann og sikre eiendommer mot oversvømmelser og skadeflommer. Et annet mål er å etablere sammenhengende grønnstruktur og turveier i området i tråd med kommuneplanens arealdel. I 2009 gjennomførte Multiconsult en forstudie på oppdrag fra Trondheim kommune for å undersøke om det ville være mulig å åpne Fredlybekken og etablere sammenhengende grøntdrag/turvei mellom Utleirvegen/Nardosenteret i øst og Nidelven i vest (Multiconsult, 2009). Forstudien konkluderte med at det ville være mulig å åpne deler av bekken og lage sammenhengende gangvei/grønnstruktur for hele området. Bekkeåpningsprosjektet har flere formål, både forurensningskontroll, flomsikring, tilrettelegging av rekreasjonsområde og biologisk mangfold, slik det går fram av forprosjektrapporten (Multiconsult, 2013).

En viktig del av tiltaket vil gå ut på å separere fellessystem i nedre deler av Stubban avløpssone. På den måten vil man også dra nytte av separatsystem lenger oppe som i dag er uvirksomt. Tiltaket innebærer etablering av 2 km nytt hovedløp for overvann, der halvparten er tenkt som åpen bekk, en løsning som gir bedre flomsikring enn i dag. Bekkeløpet dimensjoneres for tohundreårsflom pluss 20 prosent, og alternative flomløp er utredet.



Figur 15: Utsnitt av plantegning fra «Forstudie Fredlybekken» (Multiconsult, 2009)  
Planprosess og politiske vedtak

Plantegningen i figur 15 viser hvordan man i forstudien i 2009 konkluderte med hensyn til hvilke deler av Fredlybekken som var egnet som åpen bekk (blå, heltrukket linje), og hvor det kunne være aktuelt å etablere grøntdrag og gangsti (grønn skravur).

### 3.6 Fredrikstad kommune

#### Forutsetninger

Fredrikstad kommune er en kystkommune med en rik historie, der funn fra bosetninger er datert tilbake til steinalderen. Store deler av landskapet preges av grunnfjellsgranitt og marine avleiringer, ideell grunn for innbyggere som i lang tid livnært seg på jordbruk. Så seint som i 1994 ble Fredrikstad kommune utvidet ved en sammenslåing av fem mindre kommuner. I dag dekker kommunen ca. 290 km<sup>2</sup>, der flertallet av kommunens innbyggere bor i Fredrikstad by. Fram til 2050 forventer kommunen en befolkningsøkning på rundt 50 000 personer. En slik økning legger stort press på kommunens

planlegging når det gjelder trygg og sikker utbygging. Fredrikstad er langt framme når det gjelder arbeid med klimatilpasning og var først ut av kommunene i Norge med å få laget en klimatilpasningsanalyse.

## **Planer og reglement**

### **Oversikt**

Under følger en omtale av planer som legger føringer i større og mindre grad for klimatilpasningsarbeidet og overvannshåndteringen i Fredrikstad.

- Klima- og energiplan for Fredrikstad kommune 2013–2017 (vedtatt 2013)
- Framtidens byer – byer med lavest mulig klimagassutslipp og godt bymiljø, Fredrikstad rullert handlingsprogram (2012–2014)
- Kommuneplan 2011–2023 Arealdelen (vedtatt 2012)
- Kommunedelplan for Fredrikstad byområde 2011–2013 (vedtatt 2011)
- Kystsoneplan for Fredrikstad kommune 2009–2020 (vedtatt 2011)
- Handlingsplan 2013–2016 og Budsjett 2013 (vedtatt 2012)
- Hovedplan VA 2008–2028 (vedtatt 2008)
- Overvannsrammeplan (vedtatt 2007)

### **Klima- og energiplan for Fredrikstad kommune 2013–2017**

Klima- og energiplan for Fredrikstad kommune er utarbeidet som et grunnlag og styringsverktøy for videreutvikling av kommunens planutvikling. Planprogrammet, som ble vedtatt i 2013, er rullert to ganger. Det har hovedfokus på utslippsreduksjoner med intensjon om å få gjennomført både klima- og energisparetiltak. Tilpasning til framtidige klimatiske forhold er ifølge planen «viktig og omfattende arbeid som skal gjøres som en egen plan».

### **Byer med lavest mulig klimagassutslipp og godt bymiljø 2012–2014**

Handlingsprogrammet for byer med lavest mulig klimagassutslipp og godt bymiljø er utviklet gjennom et bredt tverrfaglig arbeid i kommunens interne organisasjon og har i liten grad involvert eksterne aktører. I en evalueringsrapport gjennomført av Rambøll i 2011 på oppdrag av MD ble det konkludert med at programmet for Framtidens byer har medført et vesentlig løft for byens klimatilpasningsarbeid. Imidlertid peker rapporten på forbedringsforslag med ønske om økt samarbeid på lokalt, regionalt og nasjonalt nivå.

Ifølge den nye utgaven av programmet er klimatilpasning «*et tema man må arbeide kontinuerlig videre med å ta opp igjen med jevne mellomrom. Klimatilpasning er – dessverre – ikke et tema som kan reduseres til en form for engangs skippertak, både fordi utfordringene fordrer langsiktige tiltak i et samarbeid med mange og ulike aktører, og fordi kunnskapen både om utfordringenes karakter og hvordan møte de samme utfordringene utvikler seg sterkt*». Videre har programmet et mål om å forankre arbeidet i kommunens overordnede plansystem gjennom å innarbeide viktige aspekter i kommunens juridisk bindende planverk. Handlingsprogrammet gir et helhetlig bilde av klimaarbeid innenfor fire innsatsområder (med tilhørende beskrivelser om utvikling og sentrale trekk). Programmet inneholder også forslag til videre utredninger som vil være med på å styrke kommunens beslutningsgrunnlag.

### **Kommuneplan 2011–2023**

Kommunens rulleringsarbeid for arealdelen har pågått samtidig med utvikling av kommuneplanens samfunnsdel, kommunedelplan for sentrale byområder og delplan for kystsonen som ble igangsatt under forrige bystyreperiode. Delplanene inngår derfor ikke i den overordnede planen, men er basert på samme grunnlag og ivaretar forhold som gjelder den attraktive kystsonen og områdene innenfor grensen til Fredrikstad by.

Klimatilpasningsarbeid i kommuneplanen for Fredrikstad er definert som «Den evnen et system har til å tilpasse seg klimaendringer – inklusive klimavariasjoner og ekstremere – for å begrense potensielle skader, dra fordeler av mulighetene eller håndtere konsekvensene». I samfunnsdelen (under rullering) er målsettingene å prioritere kunnskap, kultur og klima som i hovedsak betyr reduksjon av klimagassutslipp.

Kommunens oppdaterte risiko- og sårbarhetsarbeid bygger videre på ROS-analysen som ble gjennomført og avsluttet i 1998. Analysen tok for seg temaene avløp og renovasjon, brann-, eksplosjons- og industriuhell, elektrisitet og kraftforsyning, transport, helsemessig og sosial beredskap, natur- og miljøkvaliteter. Etter erfaringer med større leirfall i områder langs Glomma, foretok kommunen på begynnelsen av 90-tallet en evaluering av risiko for kvikkleirskred med sikte på å vurdere behov for stabiliserende og erosjonssikrende tiltak langs elvebredden. Deler av planområdet ligger under marin grense. Det er ikke foretatt registreringer eller kartlegginger av grunnforhold i planarbeidet. Det henvises til NVEs registreringer for mer informasjon om forhold til kvikkleireras. I gjeldende kommunebestemmelser stilles det krav til dokumentasjon av sikker byggegrunn for nybygg. Risiko- og sårbarhetsanalysen er en farekartlegging for hele kommunen og er utgangspunkt for vurdering av nye tiltak. For alle pliktige tiltak som krever en konsekvensutredning (KU), vil en egen ROS-analyse legges til grunn. Kommunen begrunner at historiske data for å tallfeste sannsynlighet ikke gir det beste grunnlaget for å vurdere framtidige hendelser.

Flere bekker renner gjennom sentrale deler av Fredrikstad. Mange bekker er lukket over kortere eller lengre strekninger. Kommuneplanen tar hensyn til sentrale myndigheters vektlegging av bekkens funksjon i landskapet, og anbefaler forbud mot videre lukking av bekker også i bebygde områder. Samtidig arbeider kommunen med tilbakeføring og åpning av bekker til naturlig tilstand, noe som er anbefalt både for biologisk mangfold og for bedre håndtering av overvann ved intense nedbørsperioder.

Kommunen har gjennom tidligere forskingsprosjekter fått utført beregninger av klimaparameterne temperatur, nedbør, råteskader, frostskafer og havnivåstigning for framtidige klimascenarier mellom 2071–2100 for fire klimaendringsscenarier. Beregninger viser en entydig temperaturøkning i gjennomsnitt for hele kommunen for alle årstider fram mot 2050. Det er forventet noe mindre nedbør om sommeren, mens beregningene viser en økning i nedbør om høsten. Innenfor hele fylkeskommunen er det beregnet mindre enn halvparten av verdiene for ekstremnedbør jamført med landets vestlige kystområder, og i kommunen forventes ikke større endringer i disse forholdene (Miles and Richter, 2011).

I 2008 ble landheving, havstigning og stormflo som følge av temperaturøkninger, beregnet for kommunen i perioden fram til 2100. Se tabell 6. Til tross for stor usikkerhet i beregningene har kommunen valgt å bruke de høyeste inngangsdataene som grunnlag i kommuneplanen. I kommunens saksbehandling legges de høyeste nivåene med hundre års stormflo til grunn for arealsoner der særskilte risiko- og sårbarhetsvurderinger må ivaretas. I kommuneplanen heter det at «Kommunens valg av tilnærming til framtidig havnivå tar hensyn til både usikkerhet og det ansvar kommunen har i forhold til saksbehandling og mulige skader eller ulykker som kan skyldes et forhøyet havnivå». Grunnlaget for planarbeidet berører i hovedsak sentrumsnære områder, bebyggelse langs kommunens største elv, sentrumsområder og utsatte områder langs kysten.

Tabell 6: Viser sammenhengen mellom landheving og havnivåstigning

Relativt år 2000	2050	2050	2050	2100	2100	2100
Kommune	Landheving (cm)	Beregnet havstigning i cm (usikkerhet -8/+14 cm)	100 års stormflo (usikkerhet -8/+14 cm)	Landheving (cm)	Beregnet havstigning i cm (usikkerhet -20/+35cm)	100 års stormflo (usikkerhet -20/+35 cm)
Kommunecase	19	12 (4–26)	172 (164–186)	38	52 (32–87)	217 (197–252)

Et stigende hav vil få store konsekvenser for bygninger som ligger nær havnivåflaten, men også bygninger som ligger lenger fra sjøkanten med beregninger om stormflo på godt over 2 meter. Risikoen for korrosjonsskader på fundamenter og oversvømmelse i kjellere er stor. Omfattende fukt- og råteskader vil også bli en del av skadebildet. Det er beregnet at mer enn 1 000 bygninger blir direkte berørt ved 1 meter havnivåstigning for kommunen. I sentrumsområdene vil ca. 20 bygninger bli berørt ved 1 meters havnivåstigning, mens tallet øker til 60 bygninger ved 2 meters stigning (Aall, 2011a).

I kommuneplanen legges det til grunn en svak økning i nedbør og økning i nedbørsintensitet. På årsbasis vil den svake økningen i regn trolig ikke være et stort problem. Økt intensitet forventes imidlertid å føre til kapasitetsproblemer på eksisterende ledningsnett som ble bygd under andre forhold. Økt utbygging, steinsetting og asfaltering gir endrede nedbørsfelt, større arealer med ikke permeabel grunn og større avrenningsintensitet som kan føre til skader nedstrøms. Det ligger en utfordring i å sikre flomveier ved ekstremnedbør i allerede utbygde områder eller ved ytterligere fortetting. I Fredrikstad kommune forventes også hyppigere flomsituasjoner som følge av en kombinert nedbørsintensitet og havnivåstigning.

I dag beregnes bygningsmassen i kommunen å ligge innenfor en middels råterisikoklasse. Beregninger viser at i 2100 vil samtlige bygninger i kommunen være utsatt for høy råterisiko dersom forventede klimaendringer slår inn. Strengere krav til detaljering, utførelse og materialbruk blir viktigere i framtiden (Aall et al., 2011b).

### **Kommunedelplan for Fredrikstad byområde**

I delplanen for sentrum har kommunen tatt høyde for framtidig klimaendring, der fokus på bl.a. økt havnivåstigning og økt stormflo er sentrale. Sonene for flom er i siste rullering utvidet fra 2 meter til 2,5 meter for hele kommunen. Hensynssone for flom (figur 16) og hensynssone for gjennomføring (figur 17) er to av fe, temaer der klimahensyn er vektlagt i den nye delplanen for sentrumsnære områder.

En sårbarhetsvurdering i den nye kommuneplanen drøfter overvann, havnivåstigning, stormflo, flom og erosjon, skred, ekstremvære, radon, støy- og luftforurensning, høyspent- og transportsystemet. Hensynssoner, jf. Pbl § 11-8, er innført i planbestemmelsene for flomfare, skredfare, høyspenningsanlegg, friluftsliv, grøntstruktur, landskap, naturmiljø og kulturmiljø.

ROS-analyser er først og fremst knyttet til ras og flom langs vannveier. Store deler av den bebygde og kultiverte delen ligger på elvesletta på mellom 10 og 20 meter over havet. Etter høy springflo på slutten av 80-tallet og storflommen i 95, har en minimums byggehøyde blitt innført for hele kommunen.

Teknisk drift for vann og avløp styrer etter en overordnet hovedplan for å sikre helsemessig drikkevann og for å medvirke til god vannkvalitet i omgivelsene. Teknisk drift i kommunen har sammen med eksterne konsulenter utarbeidet en omfattende hovedplan for håndtering av vann og



avløp. Planen ble ferdigstilt i 2008 og gjelder fram til 2028. Hovedplanen erstattet planen fra 2001 og har som mål å få fram en sammenheng mellom mål, tiltak og kostnader. Planen skal fungere som et styringsverktøy for å nå kommunens ambisjoner med vann- og avløpstjenesten, få oversikt over aktuelle tiltak, prioritere tiltak på lang og kort sikt, ivareta koordinering og utbygging av infrastruktur, ta hensyn til eventuelle endringer i samfunnsutviklingsmønster og få nødvendig oversikt over investeringsnivå og gebyrutvikling i kommunen.

### **Overvannsrammeplan**

I 2007 ble det for kommunen utarbeidet en overvannsrammeplan med den hensikt å øke bevisstheten omkring overvannsproblematikk og hvordan den skulle håndteres av både kommunen og private utbyggere. Planen kom som følge av økende urbanisering i kommunen. Hovedprinsippene i planen er at det ved utbygging skal gjennomføres tiltak slik at maksimal avrenning ikke øker utover dagens avrenning. En vurdering av flomveier for flomsituasjoner utover dimensjonerende avrenningssituasjoner skal vurderes og overvann skal håndteres lokalt.

For nye utbyggingsarealer stilles krav til områderegulering og detaljregulering. Kommunens hovedplan for vann og avløp må legges til grunn i planlegging av nye vann- og avløpsanlegg, og lovpålagte forskrifter må følges, i tillegg til VA-normen. For områder langs vassdrag inntil 100 meter fra strandlinjen, kan arbeider og tiltak etter PBL § 1-6 ikke finne sted før reguleringen er på plass. Det er fortsatt mulig å få tillatelse til å bygge inntil 10 meter fra bekkekant på eksisterende, bebygde tomter. En ny flomgrense på kote + 2,5 m, tilsvarende hundreårs stormflo er en økning med 0,5 m. Bygninger under kote + 2,5 må utføres med vannsikre installasjoner eller kunne tåle oversvømmelser.

Vann- og avløpsetaten deltar ikke i møter som forhåndskonferanser, men gir kun skriftlige uttalelser i forbindelse med omsøkte byggesaker. I de tilfellene der VA-etaten blir innkalt til møter, er det ofte for å svare på hvor utbygger skal gjøre av overflatevannet når bygningen nesten står ferdig bygget.

## **Overvannsarbeidet i etatene**

### ***Flere seksjoner ivaretar klima og energi***

Økt fokus på klimarelaterte problemstillinger i Fredrikstad har ikke kun kommet som følge av ras eller andre historiske eller lokale hendelser, men er ifølge kommunen selv basert på nasjonale føringer som har påvirket hvordan kommunen arbeider med planutvikling. Kommunens overordnede planarbeid for kommunedelplan innenfor klima- og energi ledes av Seksjon for miljø- og samfunnsutvikling. I samarbeid med Regulering og tekniske tjenester og Seksjon for utdanning og oppvekst har kommunen mulighet til å øke kunnskapen om klimaproblematikk for nåværende og kommende generasjoner. Samarbeidet har også som mål å drive en klimavennlig politikk for areal- og transport, utslipp knyttet til drift av bygg, tjenester som avfallshåndtering, vann- og avløp. En prosjektgruppe med representanter fra de tre seksjonene skal styre over åtte arbeidsgrupper med hvert sitt tema i klima- og energiplanen.

Hensyn til klimasårbarhet i privat fremmede planer for nye boligfelt i kommunen varierer. Det finnes flere tilfeller av private reguleringsplaner som ikke har fulgt gjeldende kommuneplan når de kommer til vann- og avløpsetaten for uttalelse. Eksempelvis overses tydelig opptegnede hensynssoner rundt for eksempel bekker for å ivareta sårbarheten ved store nedbørmengder. I noen tilfeller er disse hensynssonene ikke engang tatt med på reguleringsforslaget til utbygger.

Ifølge kommunen er det i dag ikke et utbredt behov for ytterligere kompetanseheving i kommunen selv for å ivareta oppgaver knyttet til temaer som omhandler klimatilpasning.

### **Plan- og byggesakskontoret**

På 1950-tallet var det ingen bestemmelser som tok hensyn til ekstremværhendelser og konsekvenser som følge av dette. Før 1965 fantes ikke noen overgripende bygningslov med fokus på ekstremværhendelser. Før sammenslåingen til en større kommune var det få innbyggere i de enkelte landkommunene, og det var glissent mellom husene. Et eksempel på en sak i 1946 viser at tillatelser den gangen var sterkt knyttet opp til forsyningsnemnda. Argumentet for å gi byggetillatelse den gang var at byggherren kunne dokumentere at han hadde tilstrekkelig tilgang til byggematerialer. Andre hensyn, som arealvern, kulturlandskapsvern og antikvariske hensyn, var vern som historisk ble lagt til grunn for etablering av nye byggeområder. I tidligere plansaker hadde som regel den mest detaljerte planen gyldighet foran de mindre detaljerte. Rutinene er endret, og nå er det tidspunktet for når planen er vedtatt som gjelder.

Kommunen har fokus på flom, og det gis ikke tillatelse til å koble overflatevann til kommunens avløpsnett. I forbindelse med byggesaker gis det opplysninger om hvordan overflatevann skal håndteres og at det skal ivaretas på egen grunn for ikke å forårsake skader på omkringliggende bebyggelse. Det blir informert om hvor takvannet skal ledes, og håndtering av overflatevannet er innført som et kontrollpunkt i saksbehandlingen for å sikre at det er ivaretatt før det gis igangsettingstillatelse. Fredrikstad kommune har innført en restriktiv holdning og stiller krav til vannskadesikre installasjoner i saksbehandlingen. I særlig utsatte områder, som langs vassdrag, gjøres det individuelle vurderinger. Det er også begrensninger i hva som gis av tillatelser til tiltak i eksisterende bygninger innenfor slike områder. Eksempelvis gjøres det vurderinger ved ønske om bruksendring for kjellerlokaler. Kravene i hvert enkelt tiltak knyttes til eiendommen etter gårds- og bruksnummer. Tiltaket må også ivareta krav i overordnede planer.

I tidligere lovgivning ble det ikke stilt formelle krav til plassering av bygninger med hensyn til direkte klimapåkjenninger. Mange av kommunens bygninger er likevel godt skjermet og utenfor områder utsatt for ras. I dagens byggesaksbehandling stiller kommunen krav til geotekniske undersøkelser for hver eneste bygning innenfor områder markert som risikoområder for rasfare. Kommunen stiller ikke krav til permeable overflater ved søknadstidspunktet. Det mangler i dag verktøy for å stille krav til hvordan overflater i nær forbindelse med bygningen blir behandlet. Slike arbeider blir ikke fanget opp av lovverket, og det er for eksempel ikke søknadspiktig å legge gatestein i en oppkjørsel. Det har tidligere ikke vært stilt noen krav til materialbruk utover det som står i forskriftene. I begynnelsen av 1900-tallet ble det diskutert om murtvangsloven skulle innføres, men byen hadde ikke god råd den gangen, så derfor ble den ikke innført. Kravene om bruk av tegl kom som følge av fare for brann og ikke av klimahensyn. I dag stiller kommunen krav til både robusthet i konstruksjoner og vannsikker konstruksjon i områdene under 2,5 meter.

### **Kommunalteknikk**

Underdimensjonering av gamle rørsystemer er omfattende i kommunen. Alle rørsystemer for kloakk og overvann ble tidligere planlagt og utført som et fellessystem. 1/3 av kommunes ledningsnett er i 2013 fortsatt basert på fellessystem. I dag skifter kommunen ca. 200 km ledningsnett hvert år. Det utgjør ca. 1 prosent av det totale ledningsnettet. Sammenlagt vil det ta kommunen 29 år før hele ledningsnettet er utskiftet med dagens framdrift. Taktene på utskifting av avløpsnettet og kvaliteten på tjenestene er i høy grad avhengig av nivået på kommunale gebyrer. I dag praktiserer kommunen finansieringen av tjenestene knyttet til vannforsyning og avløpshåndtering gjennom selvkostprinsippet. Grunnlaget for gebyrene i kommunen beregnes ut fra et tiltaksnivå som gir den tekniske driften mulighet til å utøve god kontroll med tiltakene som blir gjennomført. Dette fører også til at servicenivået opprettholdes eller forbedres noe uten uforholdsmessig økning av gebyrer. Gebyrene deles i tre deler. Det betales engangsgebyr for tilknytning, årsgebyr beregnet ut fra det totale årlige forbruket i kommunen, og en variabel del beregnet på grunnlag av målt eller stipulert forbruk i henhold til gjeldende enhetspris (kr/m<sup>3</sup>).

De siste tiårene har det vært ført registrering av oversvømmelser på private bygninger. Ekstraordinære hendelser i september 2002 førte til stort skadeomfang som ble behandlet i rettsapparatet og ble bedømt som hendelser som ikke kunne forutses. Retningslinjer for håndtering av overvannstiltak ble utarbeidet og innarbeidet i gjeldende kommuneplan. Dimensjoneringskriterier er anvist i en ny veileder fra NORVAR ([www.norskvann.no](http://www.norskvann.no)).

Tre påfølgende tilfeller med konvektiv nedbør sommeren 2008 forårsaket omfattende oversvømmelser og medførte massive avisoppslag. Beboerne i det utsatte området dannet en egen forening med hovedmål om å få kommunen til å skifte ut det gamle ledningsnett. Kommunen har ikke ressurser til å dimensjonere for slike vannmengder. Strategien i kommunen er å infiltrere småregn og fordrøye større mengder med nedbør. Politikere tok affære og skrudde opp gebyrene kraftig slik at nødvendige utbedringer for å unngå ytterligere kjelleroversvømmelser i området ble gjennomført.

Økt velstand har bidratt til fortetting og økt utnyttelsesgrad i området, og har medført bygging også på de omkringliggende fjellknausene. Harde takflater, asfalterte garasjeinnkjørsler og steinsatte gangarealer har erstattet tidligere permeable overflater som absorberende mark, delvis dekket med lyng og småkratt. Manglende vedlikehold har gjort at veigrøfter har seget igjen. Grøftene blir nå brukt til parkeringsareal for beboerne i området. Det er ikke kartlagt hvor mange grøfter som er tette pga. manglende vedlikehold. Ifølge kommunen hadde en utbedring av grøfter alene ikke kunnet lede bort alt overflatevannet. En mulighet for å unngå flom på bebygd areal kunne ha vært å anlegge en større fordrøyningsdam.

Kommunen har gjennom hovedplanen iverksatt planarbeider for å redusere faren for framtidige oversvømmelser. Et overordnet prinsipp for overvannshåndteringen er å ikke endre eller øke den maksimale avrenningen fra det arealet som omfattes av utbyggingen. Prinsippet skal implementeres i kommuneplaner, reguleringsplaner og i den enkelte byggesaken. Hvis nødvendig skal det bygges et fordrøyningsbasseng. To, spesielt utsatte områder i kommunen har blitt tiltaksvurdert, og konkrete planer er blitt utarbeidet og iverksatt for å redusere flomfaren i disse områdene. Gjennom en generell separering av avløpsnett vil det framtidige arbeidet fortsette å ha fokus på lokale flomreduserende tiltak. Ved nye tiltak der overvann ved bygninger og veibbygg berøres, forutsettes det at naturbaserte løsninger vurderes. Kostnadene for tiltakene må dekkes av tiltakshaver.

I den opprinnelige utarbeidelsen av hovedplan hadde kommunen et kapasitetsproblem med å bidra til utviklingen av planen i den grad de ønsket. Arbeidet med å vedlikeholde og revidere planen er nå i hovedsak overført til kommunens egne ansatte. Prøvetaking i bl.a. rensestasjoner utføres fortsatt av et eget, interkommunalt selskap, som i sin tur gir innspill for videreutvikling av hovedplanen. Prioriteringer av aktiviteter som skal iverksettes eller ytterligere forsterkes, er nedfelt i hovedplanen. Det er behov for samordning og optimalisering av samlede tiltak på VA-området i kommunen i planperioden. FREVAR KF og Teknisk drift gjennomfører årlige fagmøter for avklaring av grensesnitt mellom prosjekter, og for å foreta felles prioriteringer og prising av tjenester. Her avklares også format og grensesnitt mellom ulike tekniske, miljømessige og økonomiske data som bør inngå i framtidig planarbeid, herunder vurdering og anbefaling av egnede fagverktøy. Videre omforenes man i disse møtene om retningslinjer for hvordan data skal samles inn og lagres for best mulig benyttelse i planarbeidet. Kommunen samarbeider med interessegrupper som har søkt om tilkobling til kommunalt VA-nett for å finne gode løsninger. Er gebyrberegningsmodell for å beregne gebyrnivå fram til 2020 er under utvikling.

Grunnlaget for planen bygger på en digital plattform der fokus er å samle data av god kvalitet i en database. Informasjonen skal være utgangspunkt for å analysere problemstillinger og foreslå tiltak. I tillegg skal informasjonen kunne brukes i framtidig arbeid med oppdateringer, revisjoner og

prioriteringer. Fylkesmannen har parallelt bedt om at informasjonen skal kunne brukes som faktagrunnlag for ny utslippstillatelse for Fredrikstad kommune. Det er forutsatt at hovedplanen skal rulleres jevnlig.

Overordnede tiltak dimensjoneres for et 100-års perspektiv, omfanget av tiltak vurderes i et 20-års perspektiv og gebyrutviklingen skal beregnes for hvert fjerde år. I forbindelse med VA-planens rulling i 2013, ble planen inndelt i 25 like deler. Hensikten med inndelingen er å få forenklet arbeidet med å systematisere og kartlegge problemområder der felles rørsystem fortsatt dominerer. Inndelingen av hovedplanen er overført til et digitalt kartsystem (GIS), der alle hendelser blir registrert som et punkt på kartet. Kommunen plottet inn alle meldinger om oversvømmelser i bygningen. Hendelsene som blir registrert, varierer, og kommer fra ulike kilder. Felles for innmeldingene er at de blir registrert med hvilken type skade som bygningen er utsatt for og på hvilket tidspunkt skaden inntraff.

Hovedplanen lister opp strategiske aktiviteter som bør iverksettes eller ytterligere forsterkes i den gjeldende perioden. Her nevnes blant annet samordning og optimalisering av samlede tiltak på VA-området i kommunen, avklaring av grensesnitt mellom Teknisk drift og andre kommunale foretak for å tilrettelegge for en felles prioritering og prissetting av tjenester, avklaring av aktiviteter knyttet til fagverktøy og metode for innsamling av hensiktsmessige data som kan brukes i framtidig planarbeid, samt videreutvikling av gebyrberegningsmodellen for å bedre planlegge tiltak på grunnlag av beregnet inntekt.

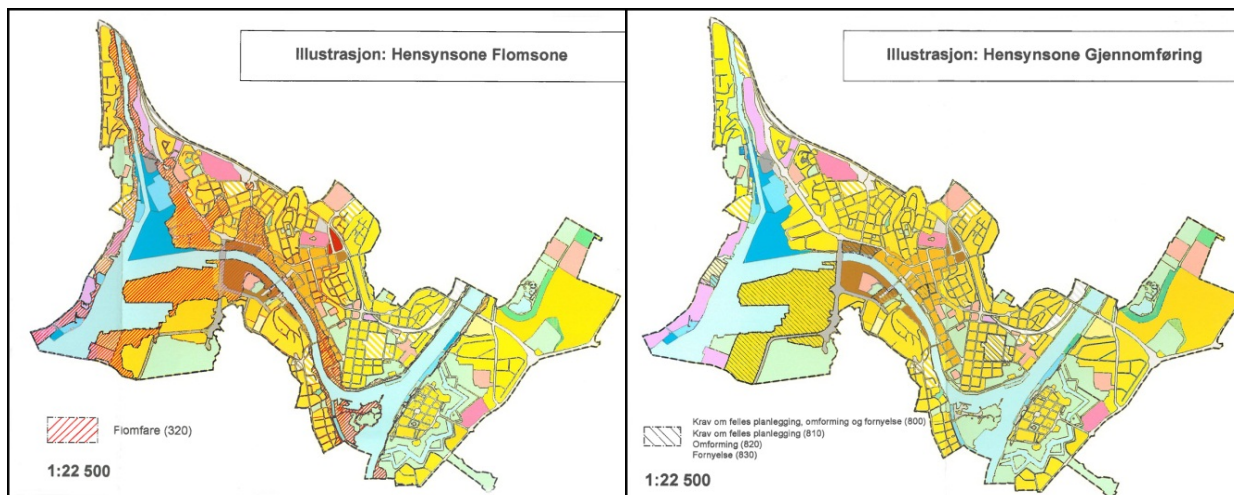
I 2007 ble en brosjyre med overskriften «Viktig å vite om kjelleroversvømmelser» utarbeidet og utgitt av kommunens avdeling for teknisk drift – vei og vann og avløp. Brosjyren er rettet mot private huseiere. Den viser i bilder, skisser og tekst hva som kan forårsake kjelleroversvømmelser og hvordan eiere av bygninger selv kan forebygge hendelser for å beskytte seg mot vannskader. Det gis også råd om hva eier bør foreta i tilfelle de rammes av uønsket vanninntrenging i huset ved flom.

Kommunen har mål om å ferdigstille kartlegging av flomveier i Fredrikstad i 2013. Arbeidet startet i Framtidens byer. Fredrikstad by er scannet med laser utført fra småfly. Byen er digitalisert og delt i et rutenett der hver rute får en høyde. Dette skal gi svar på hvilken vei vannet renner.

Utvalgte bygningscase i i Fredrikstad denne studien er lokalisert sentrumsnært. De utvalgte bygningene ligger i et område som er forholdsvis flatt og omringet av fjellknauser. Infiltrasjon i området er i utgangspunktet begrenset, da området i hovedsak dekkes av fjell og leirmark. Området har i de siste tiårene vært preget av overvannsproblematikk, og utvalgte bygninger i caseområde har ved flere tilfeller vært utsatt for store nedbørmengder over kort tid. Vannmengdene førte til at det foreldede og underdimensjonerte rørsystemet ble fylt og at arealer langs bekken svømte over. Området har både etterslep i utskifting av et underdimensjonert fellessystem og underdimensjonert kapasitet til å borttransportere store vannmengder. De intensive regnmengdene har medført at bekken, som leder gjennom området, blir overfylt.

### **Eksempel på tiltak – Fredrikstad Mekaniske Verksted**

Et godt eksempel på samarbeid er en mulighetsstudie for FMV. Der samarbeider kommunens avdeling for miljø- og samfunnsutvikling tett med private byggherrer med klimatilpasning av framtidige boligfelt i sentrumsnære områder. Prosjektet er i en oppstartsfasen. Fredrikstad kommune har sammen med Værste AS og Jotne Eiendom AS tatt initiativ til mulighetsstudien for det over 800 dekar store området der Fredrikstad Mekaniske Verksted tidligere lå. I den nye kommunedelplanen for Fredrikstad byområde 2011–2013 vises dette området innenfor hensynssone for flom (se figur 16) og gjennomføring (se figur 17), med krav om felles planlegging, omforming og byfornyelse mellom kommune og private utbyggere.



Figur 16: Hensynssoner for flom

Figur 17: Hensynssoner for gjennomføring

Mulighetsstudien skal belyse mulighetene for bærekraftig utvikling og gi innspill til framtidige og pågående planprosesser i kommunen. I den nyere sentrumsplanen er dagens tilnærming å integrere elveløpet som en del av bybildet, istedenfor å se vannet som en avgrensning mellom de ulike delene av byen. En ny bru over Glomma har medført at sentrale områder innenfor flomsone, som tidligere var lite attraktive for boligbygging, nå har blitt en drivkraft for utvikling i byen. Byutviklingsprosessen skal også bidra til at næringslivsaktører, politikere og kommunens administrasjon skal få økt innsikt i muligheter og kunnskap om metodisk tilnærming. Kommunen mener at det fortsatt er et stykke igjen for å få ansvarliggjort planleggere og utbyggere, og at det tar tid å få gjennomslag for at overvann kan være et problem. Ifølge Fredrikstad kommune er utbygger ikke oppmerksom på problemstillinger rundt bygningenes sårbarhet for ulike typer klimaparametere. Kommunen har foreløpig ikke utviklet noen gode rutiner for å opplyse utbyggere om slike hensyn.

Utbyggere som kjøper areal for utbygging, er interessert i få omsatt investeringene etter oppsatt tidsplan. Tiltak for overvannshåndtering kan være fordyrende og er mange ganger ikke tatt med i budsjetteringen. Hvis ikke klimasårbarheten blir ivaretatt av utbygger, er det kommunen eller kjøper som sitter igjen med eventuelle problemer.

## 4 Drøfting av kommunecasene

### 4.1 Sentrale spørsmål

En relativt stor andel av norske kommuner opplyser at de er opptatt av å forebygge negative konsekvenser av klimaendringer. For eksempel finner Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap i sin nyeste kommuneundersøkelse at 31 prosent av kommunene i løpet av fireårsperioden 2007–2011 har gjennomført en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) om konsekvenser av klimaendringer (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2012: 11). Samtidig er dette antallet overraskende lavt tatt i betraktning at kravet om gjennomføring av kommunale ROS-analyser ble innført i plan- og bygningsloven i 2010.

For å få innsikt i hvor kommunenes arbeid med tilpasning til klimaendringer står i dag, er det flere spørsmål som er nyttig å stille, og som vi har søkt å finne svar på gjennom den kvalitative undersøkelsen i dette prosjektet:

1. Hvordan kartlegger kommunene egen klimasårbarhet på VA-området?
2. I hvilken grad blir identifisert sårbarhet fulgt opp med strategier og tiltak?
3. Hvordan setter klimatilpasningsarbeidet institusjonelle spor etter seg i de berørte kommunale enhetene, for eksempel i form av endrede rutiner, regler eller forståelsesrammer?
4. Hvordan arbeider kommunene med klimatilpasning i praksis? Dreier det seg om en tilpasning til *dagens* klima, eller bygger arbeidet på en analyse av hvordan klimaet vil arte seg flere tiår inn i framtiden (scenariebasert)?
5. Hvilke tiltak gjennomfører kommunene, som kan tolkes som uttrykk for en genuin forberedelse til endrede klimaforhold? Gjennomfører de også tiltak av andre årsaker, som av legitimeringshensyn får merkelappen klimatilpasning festet på seg?
6. Hva er det som fremmer og hemmer de omstillingsprosessene vi studerer?

I det følgende kommer en kort oppsummering av funn for de tre kommunecasene i prosjektet, før en avsluttende drøfting av hvordan kommunene arbeider.

### 4.2 utfordringer

- De tre kommunene har varierende størrelse, men har alle komplekse problemstillinger, og er hurtig voksende.
- Fortetting av bebygd areal, og økt tetting av overflater, bringer med seg problemstillinger knyttet til overvannshåndtering.
- Befolkningsvekst legger press på kommunal planlegging for trygg og sikker utbygging i attraktive boligområder. Attraktive områder er ofte knyttet til utsatt lokalisering nær vassdrag, hav og sårbare områder.
- Problemstillinger knyttet til skillet mellom kommunal planutvikling og saksbehandling, og kommunalteknikk/VA-etat, er synlig i alle kommunene, men er tydeligere jo større kommunen er. Det er behov for tettere tverretattlig samarbeid, for å få bedre koordinering av kompetanse og utnyttelse av erfaringer knyttet til grensesnittet mellom VA-infrastruktur og bygninger (overvannshåndtering og påkjenning på bygninger).
- Det er vist i flere utredninger, rapporter, kommunale strategidokumenter og planer at kommunene har stort behov for å tenke nytt, arbeide med forskning og utvikling, strategier for klimatilpasning og tiltak, og ikke minst at det er et stort behov for kompetanseutvikling.

### 4.3 Kartlegging av sårbarhet

- Alle tre kommunene har deltatt i Framtidens byer, og Fredrikstad har deltatt i en rekke forskningsprosjekter. Det er sannsynlig at dette har gitt kommunene et fortrinn i å bringe klimatilpasning inn som et viktig tema i planleggingsarbeidet.
- Kommunene legger historiske data til grunn for å tallfeste sannsynlighet. Deltakelse i Framtidens byer og kartlegging av kommunenes arbeid med klimatilpasning tydeliggjør et behov for utvikling av en strategi basert på modeller for framtidsklima, i motsetning til å forholde seg til historiske klimadata som har vært det vanlige.
- Videre er det tydeliggjort at det er viktig å utvikle verktøy for kartlegging av klimasårbarhet, blant annet ved hjelp av ROS-analyser. Kommunene har utviklet en rekke overordnede planer som ivaretar forskjellige aspekter ved klimatilpasning, men dette er noe uoversiktlig og mangler helhet og sammenheng i alle tre kommuner.
- Kommunene forventer at arbeidet med Framtidens byer, som avsluttes i 2014, vil bidra til å gi større sammenheng og oversikt. Dette er en viktig arena for de deltakende 13 kommunene. De øvrige av landets rundt 430 kommuner har imidlertid fortsatt et stort og udekket behov for tilsvarende input når det gjelder kompetanse og analysekapasitet. Videreføring og spredning av resultater fra Framtidens byer er derfor åpenbart viktig. Ifølge den nye utgaven av programmet for Framtidens byer, har programmet medført et betydelig løft for arbeidet med klimatilpasning.

### 4.4 Strategier og tiltak

- Overordnet planverk har innarbeidet klimatilpasning som tema i en rekke planer i alle kommunene.
- Framtidens byer anbefaler at det utvikles en overordnet klimatilpasningsstrategi og at ROS-arbeidet inngår som en del av dette. Behovet for utvikling av strategier og kunnskapsutvikling er understreket i flere av kommunenes planer og i flere forskningsrapporter. Fredrikstad kommune har utviklet en egen klimatilpasningsanalyse, som den første kommunen i Norge.
- Det framheves i alle kommunene et behov for utvikling av tverrsektorielt og tverretatlig samarbeid på temaområdet klimatilpasning.
- Det er innført krav om forhåndsuttalelse fra VA-etaten i hver byggesak i kommunene, som skal vedlegges igangsettingssøknaden. Det er imidlertid et problem i alle kommunene at det er få lovfestede krav knyttet til VA-systemet
- Alle kommunene har gjennomført konkrete tiltak for å bidra til mindre problemer med urban flom ved konvektive regn og ekstremnedbørshendelser. Åpning av bekkedrag og Midgardsormen skal gi effektiv og miljøvennlig håndtering av overvann for å unngå flommer som følge av nedbør og kloakkinfiltasjon i overvannet i Oslo. Frikobling av taknedløp med fordrøyning på egen tomt er tiltak i Fredrikstad, og kravsetting til fordrøyningsanlegg på store byggetiltak er tiltak i Trondheim.

### 4.5 Institusjonelle spor

- Det er et merkbart økt generelt fokus på klimatilpasning i kommunene.
- Det er et tilsvarende økt fokus på problemstillinger og sårbarhet knyttet til overvann og overvannshåndtering.
- Det er gjennomført en endring av rutiner i forbindelse med byggesak. Vi har sett eksempler på tiltak som å innføre krav til VAE-uttalelse ved alle byggesaker (uttalelse til igangsettingssøknaden fra Vann- og avløpsetaten). Et annet eksempel: I tidligere plansaker brukte Fredrikstad kommune som regel den mest detaljerte planen foran de mindre detaljerte. Nå er rutinen endret, og man benytter vedtakstidspunktet som underlag, slik at de sist oppdaterte planene er de gjeldende.

## 4.6 Kommunens arbeid med klimatilpasning

- Plan- og byggesaksetatene i kommunene samarbeider generelt bedre enn tidligere, primært knyttet til samlokalisering. Det uttrykkes likevel fra VA-siden at VA-relaterte problemstillinger kunne ha vært langt bedre innarbeidet i planene, og tatt opp som tema i tilsyn. Manglende kompetanse på VA-teknikk i plan- og byggesaksavdelingene er noe av forklaringen på dette
- Planutviklingen har et merkbart økt fokus på klimatilpasning og blågrønn tankegang. Det er tydelig at deltakelse i Framtidens byer og tilsvarende initiativ har bidratt til dette.

## 4.7 Drivere og hemmere

- Drivere:
  - o Deltakelse i Framtidens byer og andre forskningsprosjekter
  - o Ildsjeler med spesiell kompetanse og interesse for klimatilpasning. Dette gir også økt sårbarhet, da kompetansen knyttes til enkeltpersoner.
  - o Store skadehendelser knyttet til ekstremhendelser: Behov for økt fokus på klimatilpasning grunnet konkrete tilfeller av ekstremnedbør med store konsekvenser for VA-systemer og bygningsmasse. Dette har i enkelte kommuner medført økt bevissthet både i kommunens administrasjon og hos innbyggere/kunder som etterspør bedre tilpasning.
  - o Hovedplaner for overvannshåndtering finnes i alle tre kommuner.
  - o Det gjennomføres tilsyn med fokus på klimatilpasning, vann- og avløp og/eller overvannshåndtering i Fredrikstad kommune. Unnlatelser straffes med bøter.
- Hemmere:
  - o Mangel på formaliserte og uformelle tjenesteveier og/eller samlokalisering av etatene og deres respektive faggrupper i kommunene. Der dette er endret, har det vært en positiv utvikling.
  - o Kompetansen i kommunene er sårbar fordi den er knyttet til enkeltindivider, og mye kunnskap er såkalt taus. Det betyr at det er behov for formalisering/strukturering/dokumentering av individuelt knyttet kunnskap.
  - o Det er for få muligheter til å hjemle kommunale krav på VA-siden.
  - o Vann- og avløpshensyn er uklart håndtert i lovverket, og ikke ivaretatt i pbl.
  - o Overvannsfokuset er ikke tydelig nok i kravsetting til utbyggere, og et klart og tydelig fokus på overvannshåndtering og VA-relaterte problemstillinger mangler både i saksbehandling og tilsyn.
  - o Alle tre kommuner deler frykten for å pålegge utbyggere løsninger der kostnaden ikke står i forhold til samfunnsnyten. Det hemmer gjennomføring av større tiltak i privat regi. Imidlertid har Fredrikstad kommune innført høyere gebyrer for å kunne finansiere tiltak i identifiserte problemområder i ulike deler av kommunen, som gir synlige resultater.
  - o Det gjennomføres ikke tilsyn med fokus på klimatilpasning, vann- og avløp og/eller overvannshåndtering i kommunene, med unntak av Fredrikstad.
  - o Kommunene etterlyser nøyaktige nedskaleringer av scenarier for klimaendringer for bedre å kunne innrette strategier og tiltak etter framtidige klimapåkjenninger. Dette er under utvikling.

Kommunene har nedfelt et overordnet fokus på klimatilpasning og innarbeidet en rekke føringer for klimatilpasning i planverket. Føringerne er imidlertid spredt utover et stort antall planer, og det er vanskelig å få oversikt. Framtidens byer har hatt stor betydning for kommunenes arbeid med klimatilpasning. Et poeng som framheves i strategiarbeidet, er behovet for utvikling av tverrsektorielt samarbeid på temaområdet klimatilpasning. Kommunene er også tydelige på at det er behov for kompetanseheving.



## 5 Presentasjon av bygningscasene

### 5.1 Utvalg

I det videre presenteres utvalgte bygningscase i prosjektet. Utvalget er avgrenset til flerboligbygninger som har vært utsatt for byggskader forårsaket av lange perioder med regn eller værhendelser opplevd som ekstremvær.

Tabell 7: Oversikt over utvalgte bygningscase i prosjektet

CASE fra utvalgte kommuner				
Case 1 1950-tall (Byggeforskrift av 1949)	Case 2 1960-70-tall (Byggeforskrifter av 1969)	Case 3 1980-tall (TEK 85/87)	Case 4 1990-tall (TEK 97)	Case 5 2000-tall (TEK 97)
Firemannsbolig. Ferdigstilt i 1953	Rekkehusboliger, del av et større boligområde. Ferdigstilt i første halvdel av 1970- tallet	Flerboligbygg. Ferdigstilt i 1997	Boligblokk, kvartalstruktur. Ferdigstilt i 2008	Kjedet rekkehus (2 etg., loft og kjeller). Ferdigstilt i 2004

### 5.2 Bygningscase 1

#### Status

Bygningen er en firemannsbolig påbegynt i 1952. Den ble tatt i bruk i 1953. Bygningen består av to etasjer pluss kjeller og kaldt loft. Konstruksjoner over terreng er utført av bindingsverk i tre med ukjent isolasjonsnivå. Bjelkelag vender mot kaldt loft og uisolert kjeller. Kjeller er utført med støpte vegger og golv i betong. Kjelleren rommer boder og vaskerom med innvendige skillevegger i treverk. Det er ingen innredede oppholdsrom i kjelleren. Kjellerarealene brukes til det formålet som opprinnelig var tiltenkt kjelleren (lagerrom og vaskerom).

Deler av bygningen over terrengnivå framstår som godt vedlikeholdt (nylig malt, vinduer skiftet ut, beslåtte piper, ny taktekning og nye takrenner og nedløpsrør). Ved befaringstidspunktet er det ikke observert at det er utført noen spesielle fuksikringstiltak rundt bygningen eller utenfor kjellerveggene. Omkringliggende terreng er tilsynelatende urørt og er utført med lite eller ikke noe fall fra sokkel. Det er ingen tegn til at dreneringen er fornyet ([foto 1, 2 og 3](#)). Tidligere tilkoblede taknedløp til det kommunale avløpsnett er frigjort, og takvannet ledes ned på terreng ([foto 4](#)). Kjellerarealene er ved tilstandsbefaringen tørre og godt ventilerte. Synlig ny støp etter opphugging tilsier at det er lagt inn nye avløpsrør under den sentralt plassert korridoren mellom radene av boder på hver side ([foto 5](#)). Bygningen ligger i et strøk med asfalterte arealer (gater/veier/parkeringsarealer). Slike tette overflater fører til at det blir behov for å håndtere store nedbørmengder i form av overflatevann, i motsetning til tidligere, da en større del av vannet ble naturlig infiltrert ned i grunnen gjennom permeable masser.



**Foto 1 (SINTEF Byggforsk)**  
 Dårlig fall på terreng fra huset. Vi ser også at nedløpsrøret fra tak er koblet bort fra røret som går under terreng. Takvannet slippes rett ned på bakken ved sokkelen. Vannet burde ha vært ledet bort fra bygningen. Ingen tegn på at dreneringen er fornyet.



**Foto 2 (SINTEF Byggforsk)**  
 Utenfor inngangsparti. Tett overflate med lite fall fra huset. Ingen fornyet drenering synlig.



**Foto 3 (SINTEF Byggforsk)**  
 Tilsvarende situasjon som på foto 1 og 2. Lite fall på terreng fra bygningen. Ingen tegn på fornyet drenering. Takvannet slippes ned direkte på terreng ved sokkel.



**Foto 4 (SINTEF Byggforsk)**  
 Detalj fra frikoblet taknedløp viser vannet som fryser vinterstid.



**Foto 5 (SINTEF Byggforsk)**  
 Fra innvendig kjellergang midt i bygningen. Her ligger fornyet avløpsrør. Spor i golvet viser at det er gjennomført tiltak. Kjellerveggene er av støpt betong. Kjelleren har vært utsatt for vann ved flere tilfeller, men det er ikke synlige skader på vegger eller betonggolv.

## Utforming og relevans

Bygningen er tidstypisk. Gjennom hele 1950-tallet ble rekkehus og firemannsboliger av denne typen oppført i store deler av landet. Typisk trekonstruksjon i yttervegger, etasjeskillere og tak, mens kjellerveggene var i støpt betong. Utvendige fuktsikringstiltak ut fra datidens byggeskikk og regler var utført med drenerende masser tilbakefylt direkte mot betongvegg.

## Hva gjaldt da bygningen ble oppført

Byggeforskriften av 1949 hadde krav til både varmeisolering og fuktsikring. Trehus i denne perioden ble ofte oppført med 4" (98 mm) bindingsverksvegger og trebjelkelag. Graden av isolering var varierende, avhengig av hva man hadde tilgang til av bygningsmaterialer. Eksempler på isolasjon er sagflis/sagmugg og mineralull. Generelt la man stor vekt på lufttetthet, ved bruk av ett eller flere lag panel og/eller papp på begge sider av veggene. Vinduer var oftest utført med varevinduer, med god fugetetting i form av «dyttestrie». Kjellerkonstruksjoner ble oppført av støpt betong eller lettbetongblokker. Lavblokker ble ofte bygd i murt lettbetong av typen porebetong eller lettklinker, med etasjeskillere, samt kjellervegger og -golv, i støpt betong. Takkonstruksjoner ble ofte oppbygd i tre, som oppfôret tretak eller skrå tretak over kalde loft, isolasjon i loftsbjelkelag eller utlagt på betongdekket. Betongbygninger, innvendig isolert med treullsementplater eller lettbetong i form av porebetong eller lettklinker, var også vanlige etter hvert. Innvendig utfôring med isolert bindingsverk kunne også forekomme. Golv mot grunnen ble som regel utført i støpt betong på underlag av drenerende masser, men uten isolasjon eller fuktsperre.

## Skadehendelser og utbedringer

Det har ikke vært registrert spesielle problemer med fukt eller vann i kjelleren fra bygningen var ny og fram til år 2000. Fram til nå har kjelleren vært brukt til lagerrom, men tidligere også til vaskekjeller. *Det har etter 2000 vært flere tilfeller av vanninntrenging i kjelleren.* I 2000 var det en regnfull sommer (lang nedbørsperiode) som medførte vanninntrenging i kjelleren. I 2002 ble det registrert et tilfelle med tilbakeslag av kloakkinfisert vann via sluk i kjelleren. Dette skjedde i en periode med intens nedbør. Det ble da konkludert fra takstmann/forsikringsselskap at det kommunale avløpsnettets ikke hadde kapasitet å ta unna alt vannet. I 2008 ble det registrert flere tilfeller av vann i kjelleren, også dette i forbindelse med intens nedbør. Antakelse fra forsikringsselskapet var også denne gangen at det skyldtes manglende kapasitet på kommunalt avløpsanlegg. Det er uenighet mellom kommunen og forsikringsselskapet om årsaksforhold.

Synlige innslag av tidligere fuktskader vistes i form av saltutslag på nedre del av yttervegger. Både betongvegger, golv og skillevegger mellom bodene, laget av tre, hadde likevel holdt seg relativt bra ([foto 6](#) og [foto 7](#)). [Foto 8](#) viser tydelige tegn på at det har vært fuktoppsug i trevegg mot bod. I det gamle vaskerommet er det nedfelt sluk i golvet. Etter disse skadetilfellene har det blitt montert tilbakeslagsventil i sluk ([foto 9](#)).



Foto 6 (SINTEF Byggforsk)  
Typisk rom i kjeller. Treveggen til høyre har merker etter oppfukning i underkant. Ellers ikke noen alvorlige skader.



Foto 7 (SINTEF Byggforsk)  
Typisk detalj fra dør. Tredørene har ikke synlige tegn til å ha tatt skade fra vann i kjelleren.



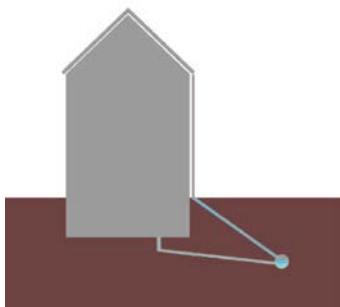
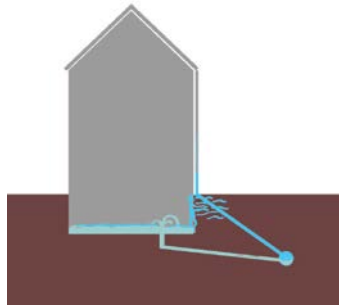
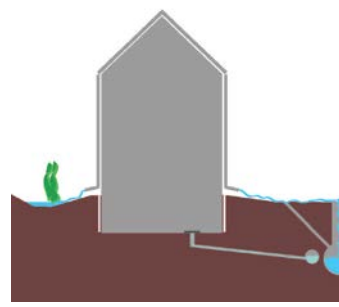
Foto 8 (SINTEF Byggforsk)  
De er synlige merker etter oppfukning i nedre del av delevegger av tre. Det kan være en fordel å skille de skadeusatte organiske materialene fra underlaget slik at det er lettere å tørke ut etter en vanninntrengning. Veggene kan eksempelvis monteres på oppklossing av fuktbestandig materiale. Alternativt unngå å bruke treverk.



Foto 9 (SINTEF Byggforsk)  
Fra rom brukt som vaskerom i kjeller. Det er ingen synlige tegn til skader etter tidligere og gjentatte oppfuktninger. Det er montert nytt sluk med tilbakeslagsventil i kjellerarealene.

Kjellerarealene er i dag brukt som lagringsplass. Arealene har aldri vært tiltenkt som boligrom/oppholdsrom, og er heller ikke egnet til det i dag. Løsningene med støpt betong i yttervegger, bærevegger og i golv er imidlertid robuste løsninger med tanke på fuktpåkjenninger. Faren for skader i forbindelse med vann inn i kjelleren omfatter derfor primært skilleveggene mellom ulike rom og boder. Fram til nå har det likevel ikke oppstått skader, annet en at flere av veggene har synlige merker etter tidligere oppfukning. Det er derfor ikke nødvendig med innvendige tiltak i dag. Utvendig fuksikring rundt kjellerveggene kan bli nødvendig etter hvert (oppgraving og montering av grunnmursplater e.l. og tilbakefylling med drenerende masser). Begrenset skadenivå og dagens bruk av kjelleren som lagerrom tilsier likevel at dette ikke er tiltak som haster. I det aktuelle området etter siste skadetilfelle i 2008 har kommunen gjennomført utskifting av det foreldede rørr nett og etablert separat anlegg for kloakk og overvann.

## GAP-analyse av bygningscase 1

Situasjon ved byggetidspunktet	Gjeldende situasjon	Framtidig situasjon
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Byggeforskriften av 1949 hadde krav til både varmeisolering og fuktsikring.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nedløp frikoblet, men vann ledes ikke bort fra bygningen.</li> <li>○ Ikke fornyet drenering</li> <li>○ Mangelfullt fall fra bygningen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Nedløp må frikobles og vann ledes bort fra bygningen.</li> <li>○ Mer permeable områder rundt bygningen på sikt</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Bygningen og uteområder er for det meste utformet etter gjeldende tekniske krav i 1952.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Flere skadetilfeller med vanninntrenging i kjelleren og tilbakeslag av kloakk etter intens nedbør.</li> </ul>	

Figur 18: Bygningscase 1. Oversikt over tre alternative løsninger – byggetidspunktet, gjeldende situasjon og framtidig situasjon. Kilde: SINTEF Byggforsk

Byggeforskriften av 1949 hadde krav til både varmeisolering og fuktisolering. I bygningscase 1 er både bygningen og tilhørende uteområder tilsynelatende utformet etter tekniske krav som ble stilt i lover og forskrifter i 1952. Søknadspliktige tiltak var den gangen underlagt kommunalt tilsyn. Dagens situasjon gjenspeiler en bygning som ved flere tilfeller har vært utsatt for vanninntrenging i kjeller, med tilbakeslag i kloakk etter intense nedbørstilfeller. Tilbakeslag skyldes i disse tilfellene utilstrekkelig kapasitet i det kommunale nettet som ved byggetidspunktet var utformet som ett fellesanlegg. Etter skadetilfellene har en kombinasjon av utilstrekkelig drenering rundt bygningen og nedløpsrør koblet direkte på det kommunale nettet i tillegg medført innsig av vann i kjellerveggene. Tross relativt store vannmengder i kjelleren ved flere tilfeller, viser bygningen små eller ingen permanente skader etter skadetilfellene. Fellesanlegget er etter skadetilfellene oppgradert til separert svart- og gråvann, som medfører en betydelig økning av kapasiteten for å drenere overflatevann. En framtidig optimal løsning innebærer bortledning av vann lenger fra bygningskroppen og fasadelivet. Dagens løsning med frikobling av vannet direkte inntil bygningskroppen er ikke er i tråd med god praksis eller gjeldende regler.

Drenering, komplettering av og utskifting av membran og utskifting fra asfalt til permeable materialer i direkte tilknytning til bygningen, vil bidra til å unngå framtidig innsig av vann gjennom kjellerveggen. Fall fra bygningen med eventuelle fordrøyningsarealer vil være tiltak som er med på å forhindre ytterligere innsig av vann.

Bygningen er utformet og bygd i tråd med de tekniske kravene som var gjeldende på byggetidspunktet i 1952. Det gjelder også bygningsmessige tiltak for fuktsikring av konstruksjoner mot terreng (kjellervegger og -golv). Tilliggende infrastruktur (avløpssystem) synes å ha fungert tilfredsstillende fram til år 2000, da skader første gang inntraff. Terrengnet rundt bygningen har imidlertid mangelfullt fall, slik vanlig byggeskikk på byggetidspunktet tilsa. Takvannet var opprinnelig ført i rør ned under terreng, og sannsynligvis ført inn på lokalt kloakknnett. Dette er uheldig, men var trolig ikke brudd på datidens bestemmelser. Nedløpene er nå skiftet ut og slipper takvannet rett ned

på bakken inn mot sokkelen. Takvannet er ikke ledet/ført bort fra bygningen. Det er ikke i tråd med verken datidens eller dagens regelverk og byggeskikk.

Det viktigste er å sikre at overflatevann renner bort fra bygningen med tilstrekkelig fall. I tillegg må det sikres av nedløpsvann fra tak ledes på terreng bort fra bygningen. Fornyelse av dreneringen vil være nødvendig på sikt. Dagens og framtidige klimapåkjenninger i form av store/større mengder nedbør og overflatevann tilsier at VA-løsningen for dette området må forbedres.

## 5.3 Bygningscase 2

### Status

Bygningen er en del av et større boligområde bygd først på 1970-tallet. Boligene er utformet som rekkehusboliger, beliggende på et stort åpent areal, hovedsakelig flatt, men med deler av området i svakt skrånende terreng. Store deler av utearealene er asfaltert, med noen mindre grøntområder imellom. Det har vært flere hendelser med vanninnsig i kjellere. I tillegg har det vært tilfeller av tilbakeslag av vann og kloakk opp av golvsluk i kjelleretasjen.

### Utforming og relevans

Bygningene i dette borettslaget er tidstypiske for 1970-tallet. Se [foto 10](#). De består av lette trehuskonstruksjoner i to etasjer, samt underetasje opprinnelig ment som lagerrom, vaskerom m.m. Seinere har man innredet kjellerrommene til oppholdsrom. Underetasjen har vegger av mur eller betong, og med støpt plate på mark. Ut fra byggetidspunktet er det drenert byggegrunn, men trolig med begrenset eller ikke noe isolasjon og/eller fuktsperre i golvet, siden rommene opprinnelig var ment som uisolerte lagerrom. Avrenning av takvann via nedløpsrør er ført ned i rør i byggegrunnen, sannsynligvis koblet til avløpssystem eller system for overvannshåndtering.

### Hva gjaldt da bygningen ble oppført

Bygningene er oppført etter Byggeforskrifter av 1969, med typisk 48 x 98 mm isolerte bindingsverksvegger, og antatt 150 mm isolasjon i loftsbjelkelag eller skrå tretak. Det var den gang generelle krav om fuktsikring av bygninger, og om at fukt og vann ikke skulle trenge inn i eller gjennom konstruksjonsdeler. Anbefalinger i datidens anvisninger viste løsninger med fall på terreng fra bygningen, samt drenerende sjikt utenfor kjellervegger og under golv, og drensledninger.

### Skadehendelser og utbedringer

Det er opplyst at det gjennom mange år har vært registrert hendelser med *vanninnsig* i kjellere, senest flere ganger på 2000-tallet. Dette skjer typisk i forbindelse med *sterk nedbør* (stor regnintensitet). Det har også forekommet ved nedbør på frosset byggegrunn (ved tele). Rundt flere av rekkehusene har det derfor blitt drenert på nytt (oppgraving, montering av grunnmursplater, tilbakefylling med drenerende masser, ev. kombinert med utvendig isolering av kjellervegger som kombinasjon av fuktsikring og etterisolering), se [foto 11](#).



Foto 10 (SINTEF Byggforsk)  
Bygningene ligger på et hovedsakelig flatt terreng, men noen deler av området er svakt skrånende .



Foto 11 (SINTEF Byggforsk)  
Ny drenering med montering av grunnmursplater og tilbakefylling med drenerende masser.

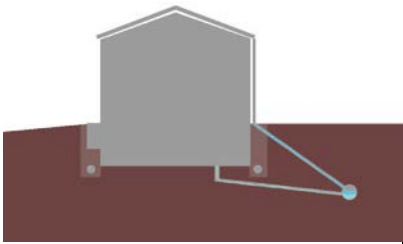
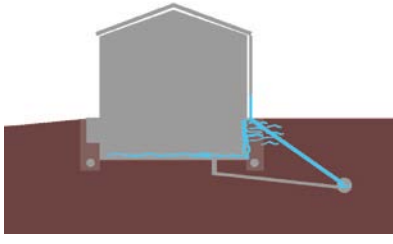
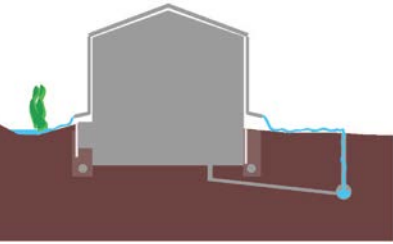


Foto 12 (SINTEF Byggforsk)  
Foto viser endret terrengutforming langs gavlveggen.



Foto 13 (SINTEF Byggforsk)  
Fotoet viser nedløp som er tilkoblet kommunalt overvannssystem.

## GAP-analyse av bygningscase 2

Situasjon ved byggetidspunktet	Gjeldende situasjon	Framtidig situasjon
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Byggeforskriften i 1969 med generelle krav om fuktsikring. Vann og fukt skal ikke trenge gjennom konstruksjonsdeler og anbefalte løsninger med fall på terreng og drenerende sjikt utenfor kjellervegg og under golv. Drensledninger</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ny drenering rundt bygningene for å unngå vanninnslag</li> <li>Endret terrengutforming for å unngå at vann trenger inn gjennom kjellervegg</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Nedløp må frikobles og vann ledes bort fra bygningen</li> <li>Mer permeable områder rundt bygningen på sikt</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Manglende fall på store deler av terrenget rundt bygningene ved byggetidspunktet</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flere skadetilfeller med vanninnslag i kjellere i forbindelse med stor nedbørsintensitet og nedbør ved tele i bakken</li> </ul>	

Figur 19: Bygningscase 2. Oversikt over tre alternative løsninger – byggetidspunktet, gjeldende situasjon og framtidig situasjon. Kilde: SINTEF Byggforsk

Bygningene i bygningscase 2 er i stor grad utformet i henhold til de kravene og reglene som gjaldt på byggetidspunktet. Byggeforskriftene i 1969 stilte generelle krav om fuktsikring, der løsninger skulle motstå inntrenging av vann gjennom konstruksjonsdelene. Det ble også anbefalt løsninger med drensledninger og fall på omkringliggende terreng, og drenerende sjikt utenfor kjellervegg og under golv. Avvik fra gjeldende byggeforskrifter ved byggetidspunktet i den aktuelle casen er uheldige og dårlige fallforhold på terrengoverflater i bygningens direkte omgivelser. Terrengforholdene har tidligere ikke gitt særlige problemer. Men etter hvert som klimapåkjenningene har kommet i form av hyppig og sterk nedbør, har utformingen medvirket til inntrenging av vann i kjellere. De økte klimapåkjenningene har også medført at byggeier måtte foreta nødvendige utskiftninger av drenerende materialer og tettesjikt, samt utforme og tilpasse terrenget rundt bygningene. I likhet med bygningscase 1 vil forslag til framtidige tiltak være at nedløp frikobles og vann ledes bort fra bygningen. I tillegg vil ytterligere frilegging av permeable områder rundt bygningen bidra til bedre sikring mot innsig av vann ved store mengder nedbør over kort tid.

Løsningen for fuktsikring av konstruksjoner mot grunnen (kjellervegger, golv på grunnen, generell drenering) ser ut til å være utført etter de kravene og reglene som gjaldt på byggetidspunktet. Etter hvert som klimapåkjenninger med hyppigere og sterk nedbør har økt, har problemene med vanninntrenging i kjellere også økt, slik at man har funnet det nødvendig å gjøre utbedringstiltak. Det hører med i bildet at alderen på bygningene/borettslaget uansett tilsier at fornyelse av det opprinnelige dreneringssystemet har vært nødvendig («gått ut på dato»).

*Drenering og fuktsikring alene er imidlertid ikke nok.* Store deler av overflatene har etter hvert blitt tildekket av tette belegg (asfalterte flater på parkeringsplasser, tilførselsveier o.a.). De tette overflatene gjør at det i dag er dårligere muligheter for infiltrering av overvann ned i grunnen enn det var da bygningene ble oppført på begynnelsen av 1970-tallet. For å tilfredsstille dagens og



framtidens krav til fuktsikring, er det behov for en mer helhetlig løsning av overvannshåndteringen i hele boområdet.

## 5.4 Bygningscase 3

### Status

Bygningen ligger nær en bekk/elv som går i et dalsøkk like ved. Bygningen ligger i skrått terreng, med underetasjen delvis under, delvis over terreng. Det er utvendig kjellernedgang. Se [foto 14](#). De nærmeste omkringliggende arealene er gressbevokst. Ved store nedbørmengder blir vannet naturlig infiltrert i grunnen, men mengden gjør at bakken likevel blir mettet. I tillegg svulmer bekken opp og fyller opp dreneringen som skal lede bort vann fra bygningen.

Bygningen er en firemannsbolig fra 1997 oppført med trekonstruksjoner i to etasjer pluss kjeller og kaldt loft. Konstruksjonene over terreng er i bindingsverk av tre, antatt 148 mm isolert bindingsverk. Bjelkelag mot kaldt loft og kjeller antas å være isolert med 200 mm mineralull. Kjelleren er utført med murte blokker av lettklinker, og støpt betonggulv antatt med isolasjon og fuktsperre.

### Utforming og relevans

De byggetekniske løsningene med trekonstruksjon over terreng og kjeller av murt lettklinker er tidstypiske for 1980- og 1990-tallet. Underetasjen er primært ment brukt som lagerrom, men man har vært i ferd med å etablere oppholdsrom. Kjelleren var uferdig ved tidspunktet for befaringen. På frontsiden av bygningen er det gårds plass på høyde med overkanten kjellerveggene, og med terrengoverflate som har dårlig fall fra bygningen. På motsatt side (vestsiden, ned mot bekken) er det terreng i nivå med kjellergolvet, og som også har dårlig fall bort fra bygningen, se [foto 15](#). Begge gavlveggene ligger mot skrått terreng, og har godt fall på tilliggende terrengoverflate langs veggen. Kjellernedgangen i nordenden ligger utsatt til for vannansamling, med trapp ned til repos utenfor kjellerdøra, uten beskyttende takoverbygg, se [foto 16](#). Alle taknedløp er ført i rør ned under terreng, sannsynligvis koblet inn på lokalt avløps- eller overvannsnett, se [foto 17](#).



Foto 14 (SINTEF Byggforsk)  
Dårlig fall på terreng fra huset. Kjellerinngangen er plassert med fare for at overflatevann kan finne veien inn ved store nedbørmengder eller smeltevann. Vi ser også at taknedløpene er ført ned under terreng i rør.



Foto 15 (SINTEF Byggforsk)  
På nedsiden av bygningen hvor hele kjellerveggen ligger over terreng, er det dårlig fall på terrenget fra bygningskroppen.



Foto 16 (SINTEF Byggforsk)  
Utsatt kjellerinnngang uten beskyttende takoverbygg.  
Stor risiko for vannansamling utenfor og inntrenging av vann ved sterk nedbør eller snøsmelting



Foto 17 (SINTEF Byggforsk)  
Taknedløp går ned i terreng. Ikke noe fall fra terreng bort fra bygningen.

## Hva gjaldt da bygningen ble oppført

Byggeforskrift av 1987 gjaldt fram til 1997. Trehus i denne perioden er typisk oppført med 148 mm isolerte bindingsverksvegger og 200 mm isolasjon i bjelkelag mot kaldt loft og kjeller. Kjellergolv i oppvarmede rom hadde fuktsikring med varmeisolasjon og fuktsperre på drenert underlag. Vi regner med at det er bygd slik også her. Det var videre krav til utvendig fuktsikring av kjellervegger, samt håndtering av overflatevann. Samme løsning ble brukt for småhus (eneboliger), rekkehus og flerfamilieboliger.

## Skadehendelser og utbedringer

Bygningen ligger åpent til, med gode avrenningsforhold bort fra bygningen. Det er likevel for lite fall på oversiden av bygningen, der det framkommer tydelige spor av fuktpåkjenninger i øvre del av kjellerveggen under inngangspartiet, se [foto 18](#). Området rundt bygningen er grøntareal med gode muligheter for infiltrasjon i grunnen. Store vannansamlinger fra tette terrengoverflater kan derfor ikke være medvirkende årsak til problemene med tilbakeslag i avløpssystemet her. Det er to innganger fra terrenget inn i underetasjen. På begge steder leder en trapp ned til kjellerdør. Dørene ligger utsatt til for vannansamlinger og oversvømmelse, se [foto 19](#). Kjellerveggene er utført med murte lettklinkerblokker og med ubehandlede overflater. Innvendig er himlingene påført gipsplater. Det var synlige tegn på inntrenging av fukt i overgangene mellom vegger og golv i flere av rommene. Det tyder på inntrenging av vann utenfra. Rom som var i ferd med å ombygges til oppholdsrom, hadde fått skader i isolert bindingsverk. Derfor var disse veggene åpnet slik at de kunne tørke opp. Kjelleren under hele huset er neppe egnet til annet enn lagerrom. Man må frigjøre taknedløp fra rør ned i terreng. Det må monteres tilbakeslagsventil. Lokalt må det sikres at overflatevann og kloakk legges i separate røranlegg.

De registrerte problemene med vanninntrenging i kjelleren har sammenheng med store nedbørsmengder. Vannet kommer inn i kjelleren bl.a. i form av *tilbakeslag via golvs luk*, noe som kan tyde på at kapasiteten til avløpsnett ikke har vært tilstrekkelig. Vann fra taknedløpene er ført i rør under terreng, sannsynligvis tilkoblet avløpssystem, men dette er ikke dokumentert.

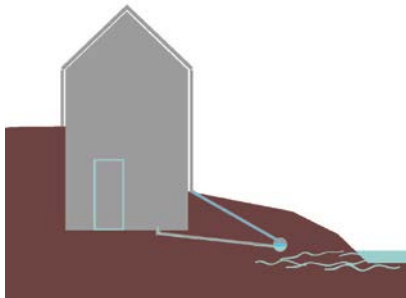
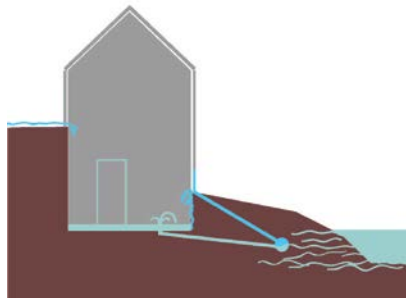



Foto 18 (SINTEF Byggforsk)  
Tydelige spor av fuktinntrenging i øvre del av kjellerveggen



Foto 19 (SINTEF Byggforsk)  
Kjellernedgangen er utsatt for vanninntrenging hvis den ikke holdes fri for snø og is om vinteren. Det er dårlig fall på terrenget rundt bygningen.

### GAP-analyse av bygningscase 3

Situasjon ved byggetidspunktet	Gjeldende situasjon	Framtidig situasjon
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Byggeforskrift av 1987 (TEK 87) stilte krav til utvendig fuktsikring av kjellervegger, samt håndtering av overflatevann. Samme løsning ble brukt for småhus (eneboliger), rekkehus og flerfamilieboliger.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Flere tilfeller av inntrenging av vann gjennom kjellervegger, som er bygd av lettklinkerblokker</li> <li>Tilbakeslag fra avløpsnett</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utforme terrenget på oversiden av bygningen med fall fra huset</li> <li>Frikoble nedløpsrør for å unngå tilbakeslag og innsig av vann i konstruksjonen</li> <li>Overbygg over innganger i underetasjen og bedre tilpasning for å unngå inntrenging av vann i kjellerrom ved hyppig regn eller rask snøsmelting.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Utformingen av innganger gir stor fare for vanninntrengning ved stor nedbørsmengde</li> <li>Nedløp fra tak er tilkoblet det kommunale vann- og avløpsnettet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dårlig fall fra bygningen på oversiden</li> </ul>	

Figur 20: Bygningscase 3. Oversikt over tre alternative løsninger – byggetidspunktet, gjeldende situasjon og framtidig situasjon. Kilde: SINTEF Byggforsk

Bygningscase 3 er ferdigstilt under byggeforskriftene som gjaldt fra 1987 til 1997. Forskriftene stilte krav til både utvendig fuktsikring av kjellervegger og håndtering av overflatevann. I den aktuelle bygningscasen er inngangene plassert og uformet slik at de ligger utsatt til, med stor fare for vanninntrengning ved stor nedbørsmengde eller rask snøsmelting. I tillegg ligger bygningen mindre

enn 10 meter fra nærmeste bekk, som er lagt i rør nedstrøms for bygningens plassering. Nedløpene fra taket er tilkoblet kommunalt vann- og avløpsnett. Drensledningen ligger mellom bekken og bygningen, og vil ved stor vannmengde i bekken ligge under vannivået i bekken. Vann har ved flere tilfeller trengt inn i kjellerveggen av lettklinkerbetong. I hovedsak har vannskadene oppstått som følge av tilbakeslag av kloakk i nedløpsrør og innvendig avløp. Oversiden av bygningen er utformet med lite eller ikke noe fall fra bygningen. Membranen har høyst sannsynlig ikke vært høy nok til å hindre vann fra å trenge inn i ytterveggskonstruksjonene. Framtidige tiltak må sørge for tilstrekkelig fall på terrenget nærmest bygningen. Inngangene bør overdekkes og utformes slik at ikke vann kan samles og renne direkte inn på golvet i underetasjen. Nedløpsrør bør frikobles for å unngå ytterligere inntrenging av vann, og grunnmuren bør fuktsikres tilstrekkelig.

Løsningene med støpt betong i yttervegger, i bærevegger og i golv er langt mer robuste løsninger med tanke på fuktpåkjenninger og vanninntrenging utenfra enn tilsvarende trekonstruksjoner. Det er synlige skader på innvendige lettvegger og synlige oppfuktede områder øverst på innsiden av ytterveggene.

Det er imidlertid ingen umiddelbare tegn som tilsier at man må drenere på nytt nå. Det viktigste er å sikre at overflatevann renner bort fra bygningen. Fornyelse av dreneringen vil være nødvendig på sikt. Kjelleren er i bruk som lagerplass. På grunn av bygningens beliggenhet nær ett bekkedar, og derav følgende risiko for oversvømmelse, vil kjelleren også i framtiden primært være egnet som lagerrom/bod. Den er ikke egnet som boligrom.

## 5.5 Bygningscase 4

### Status

Den utvalgte bygningen er en av boligblokkene i et helt kvartal oppført under samme byggetillatelse (TEK 2007). Den aktuelle boligblokken ble ferdigstilt i 2008 og var den siste i rekken av bygninger som ble ferdigstilt i samme kvartalet. Bygningsmassen er regulert til varierende høyde med balkonger ut mot omkringliggende gater. I søknaden var det krav om redegjørelse av utforming, material- og fargevalg, ikke som tilpasning til klimatiske forhold, men av estetiske og arkitektoniske hensyn. Bygningen ligger i et område med leirgrunn og har stort sett asfalterte omkringliggende flater. Det betyr at bygningen er avhengig av at vannet blir ledet bort gjennom infrastruktur med tilstrekkelig kapasitet til å håndtere ekstreme vær-situasjoner med mye nedbør. Underetasjen, som knytter alle bygningene sammen, har et felles garasjeanlegg i to etasjer. Vegger og golv i parkeringsarealene er utført i betong. Arealet er ikke drenert. Nedkjøringen til anlegget er fuktsikret med en smal renne og rist. Rennet ([foto 20](#)) skal bl.a. håndtere snøsmelting og avrenning av biler og fottøy. Se [foto 21](#).

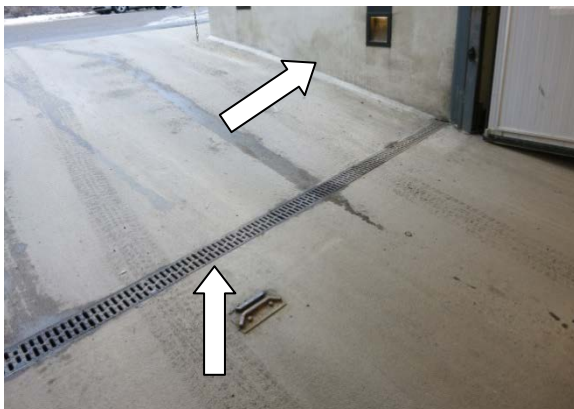


Foto 20 (SINTEF Byggforsk)  
Rist i nedkjøringen til parkeringsanlegg skal håndtere snøsmelting og avrenning fra biler og fottøy.



Foto 21 (SINTEF Byggforsk)  
Vann på garasjebolv fra avrenning fra biler og fottøy



Foto 22 (SINTEF Byggforsk)  
Flate tak utformet som oppholdsarealer



Foto 23 (SINTEF Byggforsk)  
Innvendig nedløp fra flatt tak

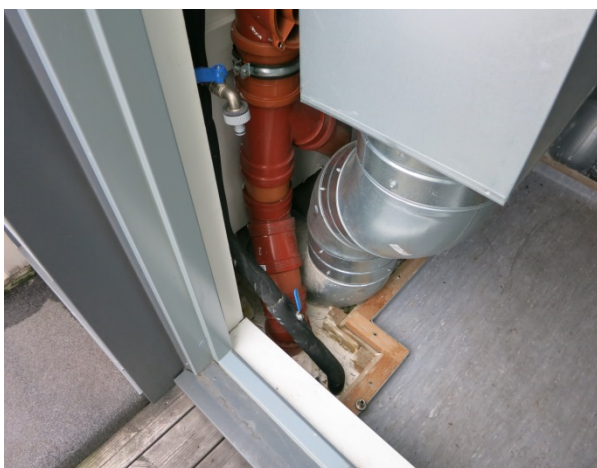


Foto 24 (SINTEF Byggforsk)  
Innvendig nedløp fra nytt sluk ble lagt inn gjennom garasjeanlegg

## Utforming og relevans

Bygningen er en typisk boligblokk fra midten av 2000-tallet med et hovedbæresystem av betong og stål. Utfyllingsvegger er utført med 250 mm isolert bindingsverksvegg, med utstrakt bruk av glass i store vinduer og i terrassedører. Blokken har tilgang til mange av leilighetene via svalganger. Svalganger og balkonger er utført i betong. Det er tett tak over svalgangen i øverste etasje. Balkongene er delvis overdekket med tett tak. Deler av de flate takene er utformet som utvendige oppholdsarealer (foto 22), og har innvendige nedløp (foto 23). Terrengoverflatene rundt bygningen er hovedsakelig dekket av asfalt, samt noe plen og en lekeplass i bakgården. Disse overflatene er samtidig tak over de underliggende parkeringsarealene. Det er fall på terrenget til sluk og nedløp. Nedkjøringen fra gatenivå til garasjeanlegg gir risiko for vanninntrenging ned i anlegget. På grunn av lekkasjeskader ble det etterinstallert nytt sluk og innvendig nedløp (foto 24).

## Hva gjaldt da bygningen ble oppført

Tekniske forskrifter av 1997 (TEK 97) ble vedtatt i 1995 og begynte å gjelde fra 1. juli i 1997. I denne nye forskriften ble store prosessuelle forandringer innført. Ansvarsrett ble pålagt private aktører og innført for søknad, samordning, prosjektering og utførelse. Det ble også innført krav om kontroll for kommunen for de samme områdene. Forhåndskonferanse ble formalisert som en del av byggesaksbehandlingen og anbefalt for privat planutvikling. Kommunen ble pålagt å føre tilsyn. Det

ble også innført krav til plassering og utforming av tiltak i utsatte områder. Kravene gjaldt i forhold til skred, flom, sjø, vind, ras, forurensning og vibrasjoner.



Foto 25 (SINTEF Byggforsk)

Slukrister for borttransportering av overvann i bakgården. Slukene blir fort fylt med organisk materiale og grus. Flere har allerede blitt skiftet ut for å øke kapasiteten.

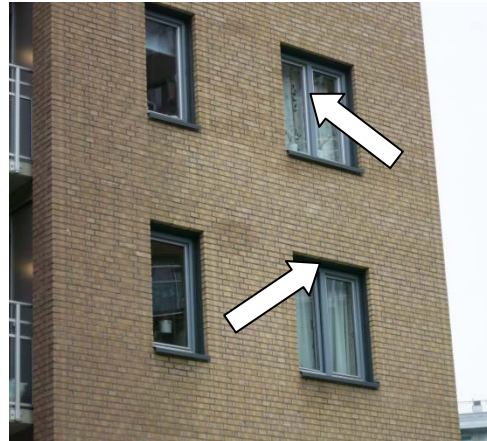


Foto 26 (SINTEF Byggforsk)

Mangelfull avrenning fra tak over svalgang og borttransportering av vann fra golv på svalganger har resultert i vannskader på teglforblendingen. Utbedring med takrenner er utført, men løsningen som gir vann fra golv på svalgangen, er ikke utbedret.

## Skadehendelser og utbedringer

Garasjeggolvene i parkeringsanlegget er ikke drenert. Vann og snø har kommet inn med biler, noe som resulterer i store vanddammer på garasjeggolvene. Det er utformingen av nedkjøringen som forårsaker inntrenging av vann, inntrengingen har ikke så mye med utvendig fuktsikring av bygningen å gjøre. Vannet som blir liggende ([foto 21](#)), får primært konsekvenser for brukbarheten av P-arealene. Overgangen mellom vegg og kjørebane er også utbedret med betong i skjøten ([foto 20](#)).

Opprinnelig var det ingen dreneringsrenne i nedkjøringsrampen til garasjen. Rennen ble montert i etterkant, men har begrenset kapasitet, og fylles lett opp av vann som kan renne ned i garasjen. Ved intens nedbør renner derfor vann inn i selve garasjeanlegget ([foto 24](#)). Drenering av rennen gikk videre til sluk i garasjen. Dette sluket ble sprengt og vannlekkasjer ble et problem. Det er stadig et problem med lekkasjer ned gjennom betongdekket til underliggende boder. Vann fra biler inne på øvre garasjedekke har tidligere gitt lekkasjer ned i taket i underliggende boder. Man har derfor asfaltert deler av dette garasjedekket, og etter dette har slike lekkasjer ikke blitt registrert.

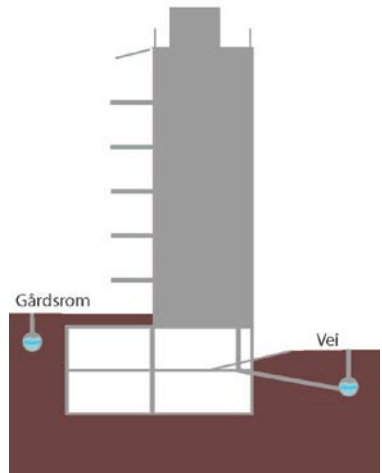
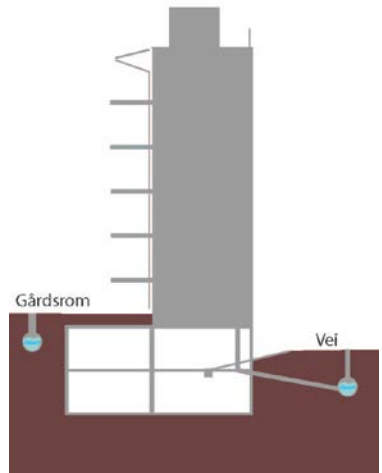
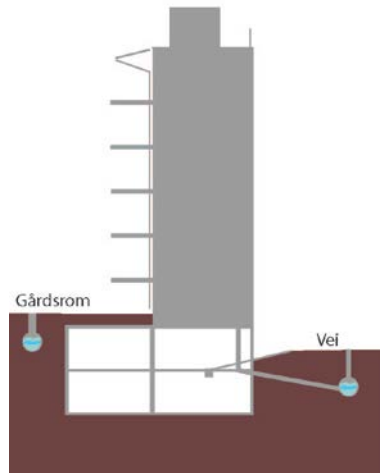
I bakgården har det vært for dårlig kapasitet på dreneringssystemet ved langvarig nedbør. Det har vært situasjoner der det har stått vann helt opp til slukristene i bakgården grunnet manglende dreneringskapasitet. Det har ført til fuktinntrenging bl.a. i vegger mot trapperom. Det har derfor vært nødvendig å utvide kapasiteten på nedløpsrør fra to av de utvendige slukene. Slukristene tettes fortsatt lett igjen av jord, løv og grus, [se foto 25](#). Det er derfor høyst nødvendig med jevnlig ettersyn. Med tanke på framtidige klimapåkjenninger må kapasiteten forbedres ytterligere, i tillegg til at løsningene fortsatt vil være avhengige av ettersyn.

Det er registrert fuktproblemer med teglforblendingen på grunn av manglende avrenning/bortledning av regnvann og smeltevann fra svalganger og tak, [se foto 26](#). Årsaken er prosjekteringsfeil. Det er opprinnelig ikke prosjektert løsning for håndtering av vann fra tak over øverste svalgang. Det i ettertid montert små renner som er ment å håndtere dette vannet. Løsningen er sårbar fordi den opplagt har begrenset kapasitet, og neppe vil fungere i situasjoner med kraftig nedbør. Løsningen, slik den opprinnelig var, ga åpenbart risiko for fuktskader på fasaden, og ville

derfor ikke kunne tilfredsstillende minstekrav til fuktsikring i gjeldende forskrift (TEK 97). Mangelfull utbedringsløsning, slik det er i dag, er sannsynlig mer kostbart enn å bygge riktig første gang.

Det er takterrasser hvor store deler av takarealet utenom terrassearealet var lett tilgjengelig og uten beskyttelse av membranen (takbelegget). Konsekvensen av ev. lekkasjer er stor. Det er derfor seinere montert beskyttende sjikt av trelemmer.

#### GAP-analyse av bygningscase 4

Situasjon ved byggetidspunktet	Gjeldende situasjon	Framtidig situasjon
		
<ul style="list-style-type: none"> <li>o TEK 97 med krav om ansvarsretter og kontroll. Kommunen med pålagt kontroll av plassering og utforming av tiltak i utsatte områder med hensyn til skred, flom, sjø, vind, ras, forurensning og vibrasjoner.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Montert renne for å ta unna vannavrenning fra biler og fottøy. Ikke tilstrekkelig god løsning. Underdimensjonert, dårlig kapasitet</li> <li>o Skiftet ut sluk i bakgården for å ta unna vann fra heftige regnskyll og lengre regnperioder</li> <li>o Ansatt vaktmester med lang erfaring og stor interesse for å drifte bygninger. Hyppig kontroll av sluk, tekniske anlegg trengs for å unngå vannsamlinger i bakgård og kjeller.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Ytterligere oppdimensjonering av sluk for å løse problematikken med flom i bakgården</li> <li>o Forbedrede løsninger for vannavrenning i parkeringsanlegg nødvendig</li> <li>o Fortsatt hyppig kontroll av sluk, tekniske anlegg for å unngå vannsamlinger i bakgård og innearealer/parkeringsanlegg under bakkenivå.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>o Manglende drenering i nedkjøring til parkeringsanlegg. Underdimensjonert og dårlig plassert dreneringsluk i bakgården.</li> <li>o Manglende overdekking over svalganger med underdimensjonert, feilplassert eller manglende avrenning fra svalganger.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>o Fuktskader på fasaden pga. avrenning fra tak</li> <li>o Flom i bakgård pga. underdimensjonert drenering</li> <li>o Store vannsamlinger i garasje pga. utilstrekkelig vannavrenning fra biler/fottøy</li> <li>o Innsig av vann langs vegger i trappehus under bakkenivå.</li> <li>o Dårlig tekking av takbelegg</li> </ul>	

Figur 21: Bygningscase 4. Oversikt over tre alternative løsninger – byggetidspunktet, gjeldende situasjon og framtidig situasjon. Kilde: SINTEF Byggforsk

Bygningscase 4 er utført under tekniske forskrifter som gjaldt fra 1997–2007. Bygningen ble ferdigstilt i 2008. Kravene ved bygningstidspunktet krevde ansvarsretter hos alle foretak for søknad, prosjektering, utførende og kontroll av disse funksjonene. Etter gjeldende forskrift for den aktuelle bygningscasen har kommunen pålegg om kontroll av plassering og utforming av tiltak i utsatte områder med hensyn til skred, flom, sjø, vind, ras forurensning og vibrasjoner.

Den utvalgte bygningen er en av fem bygninger i et kvartal med i alt 258 leiligheter sammenknyttet med et felles parkeringsanlegg i to etasjer under bakkenivå. Bygningen er tidstypisk. I TEK97 var det krav til både utvendig fuksikring av kjellervegger samt håndtering av overvann. Likevel kan man se konsekvenser av mangelfull prosjektering, kontroll og tilsyn: underdimensjonerte og dårlig plasserte sluk fra bakgård, manglende sluk og oppsamlingsplass for vann fra garasjeanlegg, underdimensjonerte hengrenner og manglende hengrenner på tak, og underdimensjonerte sluk på tak ved spesielle værforhold der våt vinternebbør kommer oppå et tykt lager med snø. Alle omtalte forhold kunne vært unngått ved utarbeidelse av en ROS analyse, noe som ikke ble gjort.

For hver og en av bygningene er det etablert et eget styre. I tillegg er det et ansvarlig styre for parkeringsanlegget, der en person fra hvert av styrene er representert. Styret er sammensatt av personer med god kompetanse på ulike felt: en juridisk kyndig person som er dreven på avtaler, en praktisk håndverker, en «godsnavner». I tillegg er det ansatt en vaktmester med lang erfaring i å drifte bygninger og som er uunnværlig for styret.

Utbedring av skadene basert på ettersyn og oppfølging fra styret har ført til at konsekvensene av skadene ikke ble mer omfattende. Ytterligere skader ved nedfuktet fasadetegl kunne ha ledet til mer omfattende frostsprengning vinterstid når temperaturene ligger og vipper rundt null. Nytt asfaltbelegg i garasjen er følge av lekkasjer gjennom dekket til nederste nivå. Styret er fortsatt bekymret for utilstrekkelig dimensjonering av sluk med tanke på endrede klimaforhold og ekstremnedbørshendelser, langvarige nedbørsperioder og våt vinternebbør.

## 5.6 Bygningscase 5

### Status

Bygningen er et toetasjes horisontaldelt rekkehus i kjede med loft og kjeller oppført i 2004, se [foto 27](#). Bygningen rommer seks boliger. Bygningen er oppført i trekonstruksjoner. Kjellerrommene er ikke utformet som oppholdsrom (under terreng, ikke vinduer eller rømningsveier). Det er isolerte kjellervegger (ukjent type, trolig kjellerveggsystem av isolasjonsblokker fylt med betong, og kledd med ubrennbare plater), samt plate på mark. Bygningen ligger i et nytt boområde. Det er gode avrenningsforhold på terrengoverflatene, som er åpne (ikke tildekket av tett asfalt ennå). Avløpsrørene fra takflatene er ført i rør ned i grunnen, trolig koblet til kommunalt overvannssystem, se [foto 28](#).



Foto 27 (SINTEF Byggforsk)  
Rekkehus over to etasjer med loft og kjeller. Byggeår 2004



Foto 28 (SINTEF Byggforsk)  
Nedløp tilkoblet kommunalt overvannssystem



## Utforming og relevans

Bygningen er en tidstypisk konstruksjon fra begynnelsen av 2000-tallet. Ved befaring og tilstandsanalyse så det ut til å være godt drenerende masser rundt bygningen.

## Hva gjaldt da bygningen ble oppført

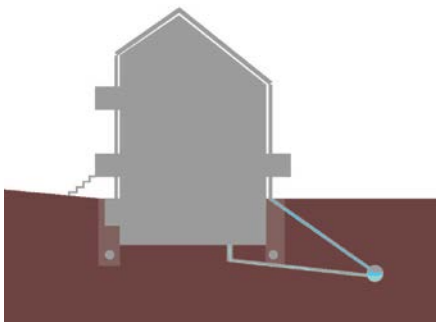
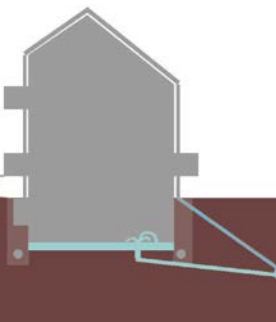
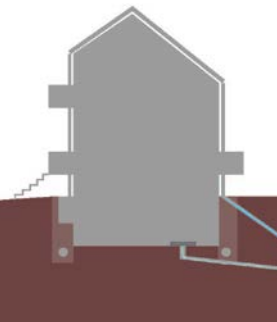
Bygningene er oppført etter Tekniske forskrifter fra 1997 (TEK 97), med typisk 200 mm isolert bindingsverk av tre i yttervegger over terreng, skrå isolerte tretak med 250 mm isolasjon mellom sperrer, og plate på mark med 250 mm isolasjon og fuktsperre av plastfolie mellom betong og isolasjon. Kjellerveggene er trolig av isolerte elementer med betong. Golvet skal ligge på drenerende masser, og terrenget. Utvendige fuktsikringstiltak for bygningen ser ut til å være i tråd med relevante forskriftskrav på byggetidspunktet. Løsningen oppfyller trolig dagens forskriftskrav til fuktsikring.

## Skadehendelser og utbedringer

I 2007 var det to større hendelser med inntrenging av vann på golvet i kjelleren som følge (29.7., nedbør 20 års gjentaksintervall, 13.8., nedbør > 100 års gjentaksintervall). Overflatevann kom inn som tilbakeslag gjennom sluk i kjellergolv, men var ikke infisert av kloakkvann. Årsak var manglende kapasitet på det lokale avløpsnett/overvannsnett. Det er montert tilbakeslagsventil etter denne hendelsen, noe som kommunen tilbød ved skadetilfellene.

Med tanke på framtidige klimapåkjenninger i form av intens nedbør har det vært behov for å forbedre kapasiteten til det lokale avløpsnett. Dette skal nå være utført av kommunen, og har vist seg å fungere tilfredsstillende så langt. Det må sikres at terrenget rundt bygningen har fall fra huset.

## GAP-analyse av bygningscase 5

Situasjon ved byggetidspunktet	Gjeldende situasjon	Framtidig situasjon
		
<ul style="list-style-type: none"><li>○ TEK 97</li><li>○ Utvendige fuktsikringstiltak for bygningen ser ut til å være i tråd med relevante forskriftskrav på byggetidspunktet</li><li>○ Løsninger oppfyller trolig også dagens forskriftskrav til fuktsikring</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Tilbakeslag fra avløpsnett</li><li>○ Dårlig fall fra bygningen på oversiden</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Vurdere alternative permeable materialer framfor asfalt for markdekking rundt bygningen</li><li>○ Sikre at terrenget rundt bygningen har fall</li><li>○ Frikoble nedløpsrør for å unngå tilbakeslag og innsig av vann i konstruksjonen</li></ul>

Figur 22: Bygningscase 5. Oversikt over tre alternative løsninger – byggetidspunktet, gjeldende situasjon og framtidig situasjon. Kilde: SINTEF Byggforsk

I den aktuelle bygningscasen er noe av det omkringliggende terrenget utformet med fall inn mot bygningen. Det har vært tilfeller med tilbakeslag av nedbørsvann i avløpsnett grunnet stort vanntrykk ved nedbørshendelser. I hovedsak har fukt- og vannskader oppstått som følge av slike tilbakeslag. Etablering av permeable materialer rundt bygningen, som markdekke, må vurderes som et framtidig tiltak framfor tette flater. Terrenget må utformes med fall ut fra bygningskroppen, og

nedløpsrør må frikobles fra overvannsnettets for å unngå tilbakeslag og innsig av vann. Tilbakeslagsventil er montert av kommunen.

## 6 Drøfting av bygningscasene

I BIVUAC-prosjektet er det utført en GAP-analyse av fem bygninger i de tre kommunecasene. Alle bygningene har vært utsatt for fuktskader. Analysens hensikt har vært å synliggjøre avstanden mellom bygningens faktiske tilstand/robusthetsnivå og nødvendig/påkrevd robusthetsnivå for å takle dagens klima og framtidige klimaendringer. Analysen vurderer hvilke deler av bygningene som er spesielt sårbare for forventede klimaendringer. På grunnlag av GAP-analysen foreslår rapporten tiltak for å takle påkjenninger som kan komme.

Mange av funnene i bygningscasene er felles for bygninger oppført under de ulike byggeforskriftene. De observerte skadene er svært typiske, basert på forskernes erfaringer fra tidligere byggskadeoppdrag. Siden byggeforskriftene ble innført i 1949, har det å bygge fuktsikkert i større eller mindre grad vært ivarettatt gjennom god kunnskap hos utbygger, krav og kontroll fra kommunens side eller ved at entreprenøren brukte sin erfaring og lokalkunnskap om klimaforutsetningene for å utføre robuste løsninger.

Økt fokus på klimarelaterte problemstillinger har i de seinere årene vært en drivkraft og har ført til strengere krav i lovgivning og forskrifter. Samtidig har økt kjøpekraft og etterspørsel etter boliger i urbane områder generelt ført til kvalitetsheving (Eriksen, et al., 2007). Det samme gjelder ikke nødvendigvis for tilpasning til lokale klimaforhold eller for sikring av boliger for framtidige klimapåkjenninger, noe som også framgår av casene oppført i seinere tid. Sårbarhet kan ses i samband med økt fortetting i urbane strøk, der man tar i bruk områder som tidligere ikke var sett på som egnet for bygging. Ofte krever disse arealene større investeringsvilje, omfattende grunnarbeid, mer avanserte tekniske løsninger og hyppig tilsyn for å sikre at de blir robuste løsninger som takler større nedbørmengder og våt vinternedbør. Når bygninger ferdigstilles med underdimensjonerte, mangelfulle eller feil utførte løsninger, vil det fordre større kunnskap hos eier for å kunne identifisere feilene og kreve utbedring. Løsninger som er lite robuste, krever også at eier må sørge for hyppigere og i mange tilfeller daglig kontroll av nedløp, sluk og tekniske anlegg for å unngå vanninntrenging og påfølgende skader, dersom løsningene ikke blir skiftet eller utbedret. I tillegg til og parallelt med endringer i loven har typehusnæringen vist en økende tendens til å fokusere på myndighetskrav og forskrifter, samt til å sentralisere prosjektering med bruk av like løsninger for hele landet (Eriksen, et al., 2007). Andre medvirkende årsaker kan være den større andelen arbeidskraft fra andre land, der praksis og utførelse skiller seg fra norsk praksis. Et totalinntrykk etter undersøkelsene av casene, er at økt fokus på klimarelaterte problemstillinger og strengere krav i teknisk forskrift ikke nødvendigvis har ført til mer robuste løsninger.

I alle de fem casene er følgende problemer/utfordringer identifisert for framtidens forventede klimaendringer, både når det gjelder ekstremværhendelser og endringer i klimapåkjenning (alfabetisert rekkefølge):

- Fuktproblemer i konstruksjoner under terreng, for eksempel kjellere og grunnmurer
- Manglende drenering i nedkjøring til parkeringsanlegg
- Manglende overdekning over svalganger
- Manglende terrengfall bort fra bygningen
- Oppfukting av ytterveggskonstruksjoner som kun har ett-trinns regntetting, som murvegger
- Overbelastning på overvannsnett; tilbakeslag i avløpsnett inn til bygningsmassen, lokal flom med økt trykk på grunnmur og drenering
- Sopp og råteskader på grunn av et for fuktig klima

- Taknedløp; som blir tette, får tilbakeslag eller frostskafer, og som er tilkoblet det kommunale overvannsnett
- Tette overflater på terreng rundt bygningen
- Tette sluk på flate tak
- Ugunstige fallforhold på flate tak
- Ugunstig plassering av sluk på flate tak
- U hensiktsmessig eller feil utforming av innganger, med fare for vanninntrenging ved store nedbørsmengder
- Underdimensjonert og feilplassert dreneringssluk utvendig
- Utette overganger/fuger mellom bygningsdeler
- Utette vindusdetaljer der vannet trenger inn
- Utilstrekkelige taknedløp som medfører vanninntrenging i fasader med risiko for frost- og fuktskader
- Vedlikeholdsetterslep, som øker sårbarheten for klimapåkjenninger og økt klimabelastning

Den store forekomsten av fuktrelaterte byggskafer registrert i Norge er ofte omfattende og kostbare å utbedre. Et framtidig klima med økt hyppighet av nedbør vil følgelig føre til økt skadeomfang. For å få en økt robusthet i både nye og eksisterende bygninger, foreslår vi, med utgangspunkt i analysen av bygningscasene, følgende tiltak (alfabetisert rekkefølge):

- Anbefaling om bedre utforming av inngangspartier; overbygning for å unngå inntrenging av vann ved hyppig/heftig nedbør og snøsmelting, spesielt i nedbørsintensive områder
- Anbefaling om bedre utforming av terreng med fall ut fra bygningskroppen
- Anbefaling om å unngå tetting av permeable overflater og lokal fordrøyning ved behov
- Anbefaling om at representanter fra vann- og avløpsetater/teknisk etat og utførende part deltar på forhåndskonferanser ved behov
- Bruk av klimasoner for differensiering av krav til byggverk
- Hyppig kontroll av nedløp, sluk og tekniske anlegg for å unngå vanninntrenging og -skader
- Nødvendig med tilpasning av forvaltning og jevnlig og hyppigere ettersyn og vedlikehold av bygningsmassen, særlig ved valg av sårbare løsninger (som flate tak, mye tette overflater i direkte nærhet til bygningskroppen)
- Oppdimensjonering og mer hensiktsmessig plassering av sluk for å løse avrenningsproblemstillinger ved ekstremnedbør
- Strengere krav til utforming av flate tak, og alternative veier for nedløp som sikrer god avrenning fra tak og fasader
- Strengere krav til frikobling av nedløpsrør, spesielt i urbane strøk
- Strengere krav til drenerende arealer rundt bygningene, spesielt i urbane strøk
- Økt fokus på bygningsfysikk-faget, det vil si læren om varme- og fukttransport i bygninger
- Økt fokus på riktig materialbruk, spesielt med tanke på bestandighet
- Økt fokus på utforming av fuktsikre detaljer for bygninger hos arkitekt og utførende. Detaljene må være enkle å utføre i praksis, samtidig som de gir tilstrekkelig sikring mot dagens og framtidens klimapåkjenning
- Økt fokus på fuktsikker byggeprosess – fra idéstadiet til overlevering
- Økt fokus på fuktsikker drift og bruk av bygninger
- Økt fokus på eksisterende bygningsmasse
- Økt forskning på klimaendringenes konsekvenser for lokal byggeskikk

## 7 Konklusjoner

### 7.1 Utvalg og metode

Hovedmålet med prosjektet har vært å se på sammenhengen mellom iboende tilpasningskapasitet i eksisterende bygd miljø og forventede klimapåkjenninger i henhold til utvalgte klimascenarier. Det er gjort analyser av både kommuner, bygningsobjekter og kommunal infrastruktur på vann- og avløpsnett. Undersøkelsene har gitt et rikt, kvalitativt materiale og mange funn knyttet til kommunal praksis og samhandling, samt innsikt i hvilke konkrete problemstillinger bygningsobjektene står overfor i møte med et endret klima. Prosjektet er gjennomført som kvalitative casestudier i kombinasjon med litteraturstudier, dokumentstudier, gjennomgang av historiske data om norsk offentlig rammeverk, laster og standarder på gitte tidspunkter for konstruksjon av utvalgte bygninger, byggskadestatistikk, klimascenarier, usikkerhet m.m. Utvalget av case representerer urbane og distriktsurbane bygninger og vann- og avløps infrastruktur med geografisk spredning, varierende klimautfordringer, forskjeller i størrelse, befolkning osv. Informasjonen i casebeskrivelsene er basert på en forenklet tilstandsanalyse på stedet, dokumentanalyse (avhengig av tilgang på dokumenter) og intervjuer (avhengig av tilgang på informanter), samt faglig vurdering av byggeskikk og tilstand på byggetidspunktet.

### 7.2 Kommunal praksis

Når det gjelder kommunal praksis er tre kommuner i Norge analysert: Oslo, Trondheim og Fredrikstad. Oslo kommune har nedfelt et overordnet fokus på klimatilpasning, og har innarbeidet en rekke føringer for klimatilpasning i planverket. Disse føringene er imidlertid spredt utover et stort antall planer, og det er vanskelig å få oversikt. Nettverket Framtidens byer har hatt stor betydning for kommunens arbeid med klimatilpasning. Et poeng som framheves i strategiarbeidet, er behovet for utvikling av tverrsektorielt samarbeid på temaområdet klimatilpasning. Kommunen er også tydelig på at det er behov for kompetanseheving.

I Trondheim kommune har ideen om klimatilpasset overvannshåndtering fått oppslutning, både politisk og administrativt. Det fremste uttrykket for dette er at de sentrale prinsippene bak den nye retningen er nedfelt som juridisk bindende bestemmelser til kommuneplanens arealdel og i førende sektorplaner. Videre har mye blitt oppnådd gjennom tverrsektorielt samarbeid for å integrere overvanns- og klimahensyn i planleggingen. Den delen av konseptet som samsvarer med økonomiske hensyn knyttet til kapasitetsbegrensninger i avløpsnett og renseanlegg, har lettest for å vinne gehør. De pågående endringene i overvannsforvaltningen må derfor ikke ensidig tolkes som et uttrykk for klimatilpasning, slik man kan se tendenser til. Vi har identifisert en lang rekke barrierer for de åpne overvannsløsningene, de formene for overvannshåndtering som i tillegg til klimatilpasningsaspektet gir størst uttelling med tanke på vannkvalitet og biologisk mangfold. Hindringene er knyttet til bl.a. uferdig teknologi, udekt dokumentasjonsbehov, frykt for driftsproblemer og sjenerende forhold (lukt, insekter), arealkonflikter, ideologisk motstand mot erverv av privat eiendom, samt dårlige finansieringsløsninger for den «grønne» delen av de blågrønne strukturene. Det er sannsynlig at svak forankring av kommuneplanprosessen i deler av organisasjonen kan bidra til å bremse iverksettingen av nye regler på området. Omleggingen av overvannshåndteringen i Trondheim følger liknende mønster når det gjelder betydningen av utløsende hendelser.

I Fredrikstad kommune kunne mye klimarelatert kompetanse på VA-siden med hell ha vært bedre innarbeidet i planer og veiledere. Kommunen mangler fortsatt formalisert samhandling mellom etatene. Både på plansiden, på byggesakssiden og på VA har kommunen lenge vært en viktig drivkraft for klimatilpasning av bygd miljø og infrastruktur. Det kan se ut til at det er et behov for

tilbakeføring av erfaringer fra VA til plan (spesifikt mellom plan, byggesak og VA). Imidlertid bærer kommunens overordnede planer noe preg av at samordning mellom etatene ikke er godt nok ivaretatt. Kommunen har vært aktivt involvert i en rekke forskningsprosjekter gjennom flere år, og er med i Framtidens byer. Til tross for påpekte behov for videreutvikling av samhandling mellom etatene, er det tydelig at Fredrikstad kommunes aktive deltakelse i forskningsprosjekter har hatt stor betydning for kommunens kompetanseutvikling og utvikling av systemer for å møte klimaendringene.

### 7.3 utfordringer og tiltak – kommunal praksis og andre myndigheter

	Utfordringer	Tiltak
<b>Kommune</b>	<p>Stor variasjon i bevissthet og kunnskap om effekter og konsekvenser av ekstremvær</p> <p>Store kommuner: For liten grad av samkjøring av kunnskap og systemer for klimapåkjenninger</p> <p>Små kommuner: For lite ressurser til å prioritere klimatilpasning</p> <p>Noe diffust lovverk og regelverk som kommunene skal forholde seg til</p>	<p>Økt bevissthet rundt konsekvenser og mulige tiltak</p> <p>Løfte klimatilpasning i forhold til ansvarsområde</p> <p>Tydeligere formidling av hva som kan forventes av ekstremvær i framtiden og hva som kan gjøres for å forebygge</p> <p>Klarere regelverk</p>
<b>Myndighet</b>	<p>Ofte stor avstand og lite kommunikasjon mellom lovgivende myndighet og kommuner, byggeiere og prosjekterende</p> <p>Diffuse krav i lovgivningen når det gjelder tiltak for klimatilpasning og ROS-analyser</p> <p>Uklar ansvarsfordeling mellom myndigheter og tiltakshaver (kommune, fylkesmann, byggeier etc.)</p>	<p>Mer erfaringsoverføring fra kommuner, byggeiere og prosjekterende til lovgivende myndighet</p> <p>Klarere og mer ytelsesbasert regelverk for klimatilpasning</p> <p>Mer bruk av klimasoner i lover og regelverk</p> <p>Økt fokus på lokal byggeskikk og forventede endringer av denne som følge av klimaendringer</p>

### 7.4 Erfaringer fra bygningscasene

I BIVUAC-prosjektet er det utført GAP-analyser av fem bygninger i de tre kommunecasene. Alle bygningene har vært utsatt for fuktskader. Analysens hensikt har vært å synliggjøre avstanden mellom bygningens faktiske tilstand/robusthetsnivå og nødvendig/påkrevd robusthetsnivå for å takle dagens klima og framtidige klimaendringer. Analysen vurderer hvilke deler av bygningene som er spesielt sårbare for forventede klimaendringer. På grunnlag av GAP-analysen foreslår rapporten tiltak for å takle påkjenninger som kan komme. Følgende problemer/utfordringer er identifisert for framtidens forventede klimaendringer med ekstremværhendelser og endringer i klimapåkjennning (alfabetisert rekkefølge):

- Fuktp problemer i konstruksjoner under terreng, for eksempel kjellere og grunnmurer
- Manglende drenering i nedkjøring til parkeringsanlegg
- Manglende overdekning over svalganger
- Manglende terrengfall bort fra bygningen

- Oppfukning av ytterveggskonstruksjoner som kun har ett-trinns regntetting, som murvegger
- Overbelastning på overvannsnett; tilbakeslag i avløpsnett inn til bygningsmassen, lokal flom med økt trykk på grunnmur og drenering
- Sopp og råteskader på grunn av et for fuktig klima
- Taknedløp; som blir tette, får tilbakeslag eller frostskafer, og som er tilkoblet det kommunale overvannsnett
- Tette overflater på terreng rundt bygningen
- Tette sluk på flate tak
- Ugunstige fallforhold på flate tak
- Ugunstig plassering av sluk på flate tak
- U hensiktsmessig eller feil utforming av innganger, med fare for vanninntrenging ved store nedbørmengder
- Underdimensjonert og feilplassert dreneringssluk utvendig
- Utette overganger/fuger mellom bygningsdeler
- Utette vindusdetaljer der vannet trenger inn
- Utilstrekkelige taknedløp som medfører vanninntrenging i fasader med risk for frost- og fuktskader
- Vedlikeholdsetterslep, som øker sårbarheten for klimapåkjenninger og økt klimabelastning

Vi har allerede i dag en utfordring med høy forekomst av byggskader som følge av fuktpåkjenning i Norge. Slike skader er ofte svært kostbare å utbedre. Med et framtidig klima som gir større fuktpåkjenning enn i dag, vil skadeomfanget og hyppigheten av slike skader øke. For å øke robustheten i eksisterende og framtidig bygningsmasse foreslår vi følgende tiltak (alfabetisert rekkefølge):

- Anbefaling om bedre utforming av inngangspartier; overbygning for å unngå inntrenging av vann ved hyppig/heftig nedbør og snøsmelting, spesielt i nedbørsintensive områder
- Anbefaling om bedre utforming av terreng med fall ut fra bygningskroppen
- Anbefaling om å unngå tetting av permeable overflater og lokal fordrøyning ved behov
- Anbefaling om at representanter fra vann- og avløpsetater/teknisk etat og utførende part deltar på forhåndskonferanser ved behov
- Bruk av klimasoner for differensiering av krav til byggverk
- Hyppig kontroll av nedløp, sluk og tekniske anlegg for å unngå vanninntrenging og -skader
- Nødvendig med tilpasning av forvaltning og jevnlig og hyppigere ettersyn og vedlikehold av bygningsmassen, særlig ved valg av sårbare løsninger (som flate tak, mye tette overflater i direkte nærhet til bygningskroppen)
- Oppdimensjonering og mer hensiktsmessig plassering av sluk for å løse avrenningsproblemstillinger ved ekstremnedbør
- Strengere krav til utforming av flate tak, og alternative veier for nedløp som sikrer god avrenning fra tak og fasader
- Strengere krav til frikobling av nedløpsrør, spesielt i urbane strøk
- Strengere krav til drenerende arealer rundt bygningene, spesielt i urbane strøk
- Økt fokus på bygningsfysikk-faget, det vil si læren om varme- og fukttransport i bygninger
- Økt fokus på riktig materialbruk, spesielt med tanke på bestandighet
- Økt fokus på utforming av fuktsikre detaljer for bygninger hos arkitekt og utførende. Detaljene må være enkle å utføre i praksis, samtidig som de gir tilstrekkelig sikring mot dagens og framtidens klimapåkjenning
- Økt fokus på fuktsikker byggeprosess – fra idéstadiet til overlevering
- Økt fokus på fuktsikker drift og bruk av bygninger
- Økt fokus på eksisterende bygningsmasse
- Økt forskning på klimaendringenes konsekvenser for lokal byggeskikk

Basert på analysene, funnene og drøftingene i BIVUAC-prosjektet, gis en rekke anbefalinger for kommunal praksis og samhandling. VA-enhetenes kompetanse og praktisk innsikt i skadefrekvenser, årsaksforhold og knutepunkter for skadeforekomster er av stor betydning, ikke bare for forståelse og skadeforebygging av VA-infrastruktur, men også for bygningsmassen generelt. Anvendelse av denne kompetansen inn i planutvikling og byggesaksbehandling, basert på utstrakt samhandling mellom etatene, er av stor viktighet for å optimalisere gjennomføring av ROS-analyser og implementering i planer og annen virkemiddelutvikling. Framtidens byer representerer betydelig kompetanseheving i de deltakende kommunene, og det er tydeliggjort gjennom denne studien at slike prosjekter har stor betydning for kommunal utvikling og praksis. Videreføring og spredning av resultater fra Framtidens byer og andre tilsvarende prosjekter vil være avgjørende også for kommuner som ikke har deltatt. De problemene man står overfor knyttet til overvannshåndtering, fordrøyning av store vannmengder ved ekstremnedbørshendelser og langvarig nedbør med store nedbørsmengder, vil øke hvis kapasiteten i overvannssystemene ikke økes samtidig med at det gjennomføres tiltak for å minske vannmengdene som i dag ledes til overvannsnett. Erfaringene fra dette prosjektet viser at flere tiltak kan settes i verk. Lokal fordrøyning, frakobling av taknedløp på overvannssystemet, krav om bruk av permeable overflater til fordel for tette overflater for å forsinke vannmengdene m.m. er tiltak av stor viktighet for å minske skadeomfanget både på overvannsnett og tiliggende infrastruktur, og på bygningsmassen som utsettes for urban flom.

Et totalintrykk etter undersøkelsene av casene er at skjerpet fokus på klimarelaterte problemstillinger og strengere krav i teknisk forskrift ikke nødvendigvis har ført til mer robuste løsninger, og at endringer i lovverket alene ikke er nok til å endre forvaltning og praksis. Dette er i tråd med funn fra annen forskning, også innenfor andre disipliner. Mange kommuner henger etter i arbeidet med utvikling av ROS-analyser som ble lovpålagt i 2010, og innarbeiding av fokus på klimapåkjenninger og -endringer i planer, andre virkemidler og byggesaksbehandling er tilsvarende lite utviklet. Dette påfører aktørene en merbelastning ved at de må innhente informasjon om risiko og sårbarhet knyttet til klimarelaterte problemstillinger på egen hånd, noe som gir varierende og tilfeldig kvalitet. Dermed overføres et lovpålagt kommunalt ansvar til aktørene, og den institusjonelle sårbarheten knyttet til klimaendringer øker. Kommunen aksepterer det aktørene utfører, ved denne uformelle overføringen av ansvar. Hvis det skjer en klimarelatert hendelse, vil kommunen kunne stå ansvarlig, uavhengig av hvem som har utført risiko- og sårbarhetsanalysen. Det er behov for både utvikling av kommunale ROS-analyser og innarbeiding av klimarelaterte problemstillinger i planer og andre virkemidler. Aktørenes utvikling av lokale ROS-analyser knyttet til enkelttiltak og reguleringer er tilsvarende viktig. Dette understreker nødvendigheten av at kommunal gjennomføring av ROS-analyser, plan- og virkemiddelutvikling og forvaltning av plan- og bygningslovens bestemmelser til aktørene blir fulgt opp av statlige og/eller regionale myndigheter som fylkesmannsembeter og/eller fylkeskommuner. Slik oppfølging kan for eksempel gjennomføres som tilsyn av fylkeskommunene som planmyndighet og fylkesmannsembetene som byggesaksmyndighet, for å sikre at klimatilpasning blir ivaretatt gjennom lokal forvaltning på en forsvarlig måte.



## 7.5 utfordringer og tiltak – bygninger

	Utfordring	Tiltak
<b>Bygningsobjekter</b>	<p>Manglende robusthet på grunn av dårlig vedlikehold, feil prosjektering eller feil utførelse. Spesielt sårbare komponenter er: Takkonstruksjoner (vind- og snølast) Terrengutforming og drenering i forhold til konstruksjoner under terreng</p> <p>Ugunstig utforming av tak (nedløp og fallforhold) Taknedløp; som blir tette, får tilbakeslag eller frostskafer, og som er tilkoblet det kommunale overvannsnett</p> <p>Utilstrekkelige taknedløp, som medfører vanninntrenging i fasader med risk for frost- og fuktkskafer</p> <p>Ugunstig utforming av fasade (ett-trinns regntetting for overganger mellom bygningsdeler eller for bygningsdelen som komponent)</p> <p>Overbelastning på overvannsnett; tilbakeslag i avløpsnett inn til bygningsmassen, lokal flom med økt trykk på grunnmur og drenering</p>	<p>Varslingssystemer for ekstreme vind- og snøpåkjenninger som tar hensyn til byggeår og forventet dimensjonering av takkonstruksjon</p> <p>Sterkere fokus på vedlikeholdsarbeid. Relativt enkle arbeider kan forebygge stor skade.</p> <p>Økt fokus på robuste byggdetaljer, både ved planlegging og utførelse, spesielt når det gjelder flate tak, terrasser, fasade, terrengutforming og konstruksjoner under terreng.</p> <p>Bevisstgjøring rundt det faktum at lokal byggeskikk må endres for å møte framtidig klimapåkjønning.</p>
<b>Prosess</b>	<p>Høy fokus på inntjening i byggeprosjekter, noe som øker risiko for feil i prosjektering eller utførelse.</p> <p>Internkontrollsystemer som erstatning for ekstern kvalitetskontroll</p> <p>Lav prioritering av klimatilpasning i byggeprosjekter</p>	<p>Stabilisering av byggeaktiviteten, unngå jo-jo-effekt</p> <p>Mer bruk av tilfeldig, ekstern kontroll av byggeprosjekter</p> <p>Økt fokus på faget bygningsfysikk, inkludert klimatilpasning</p>

## 8 Publiseringsliste

### Vitenskapelige artikler/Konferanseartikler:

Campisano, A., Cutore, P., Modica, C., Nie, L.M. 2013. Reducing stormwater discharge to sewers by the use of domestic rainwater harvesting tanks. Conference proceedings of the Int. Conf. NOVATECH 2013, 23-27 June 2013, Lyon, France.

Campisano, A., Nie, L.M., Li, P.J. 2013. Retention performance of domestic rain water harvesting tank under climate change conditions. J. of Applied Mechanics and Materials, Vols. 438–439, (2013). Trans Tech Publications, Switzerland. ISSN-978-3-03785-882-0.

Groven, K. (2015). «Handtering av overvatn i norske kommunar: Ei undersøking om innføring av lokal overvasshandtering». Kart og plan 75(1): 8–23.

Groven, K. (2013). Eit politisk skred: Korleis naturskadeførebygging og klimatilpassing kom på dagsorden i Bergen. Mot en farligere framtid? Om klimaendringer, sårbarhet og tilpasning i Norge. L. M. Bye, H. Lein and J. K. Rød. Trondheim, Akademika forlag: 229–244.

Groven, K., C. Aall, et al. (2012). «Integrating climate change adaptation into civil protection: comparative lessons from Norway, Sweden and the Netherlands». Local Environment 17(6–7): 679–685

Nie, Linmei, Roald, Lars A., Mellegård, Sofie Elisabet, Maksimovic, C. 2013. Flood risk management in cold climate – experience in Norway. IAHS-AISH publication (Red book) No. 357. Floods: from Risk to Opportunity. pp. 198-207

Nie, L., Øyen, C.F., Groven, K., Aall, C. 2011 Risk and vulnerability assessment of the build environment. Int. Conf Sustainable Building 2011, Finland.

Nie, L.M., Skallebakke, O.P., Campisano, A., Marsalek, J. 2013. Integrated stormwater management as a long term strategy for reservation of sustainable building environment. Conference proceedings NOVATECH 2013, 23-27, June 2013, Lyon, France.

Øyen, C.F., Mellegård, S. 2012. Legal steps to achieve climate adaptation in the Norwegian built environment. Int. Conf CIB/RICS COBRA 2012, Las Vegas, USA.

Øyen, C.F., Mellegård, S. 2014. Residents' safety and rights in the face of climate change. Conference paper: International conference in the European Network for Housing Research ENHR, Edinburgh, Scotland 2014.

### Foredrag:

Cecilie Flyen Øyen. Informasjon om prosjektet Buildings and Infrastructure – Vulnerability and Adaptive Capacity – BIVUAC 2011.

Øyen, C.F., Mellegård, S. 2012. Legal steps to achieve climate adaptation in the Norwegian built environment.

Mellegård, S., Øyen, C.F. 2014. Klimatilpassing i Norge, hvor bygger vi? Nyeste klimarapporter og klimasoner som flytter seg. Hva er fremtiden? Foredrag, INPUT 14, Oslo.

Øyen, C.F., 2014. Hvordan takler eksisterende bygningsmasse og VA-infrastruktur klimaendringene. SINTEF-seminaret «Hus i hardt vær», Oslo.

## 9 Referanser

- Aall, C., Kanyama, A.C., Hovelsrud, G. 2012. Local climate change adaptation: missing link, Black Jack or blind alley? *Local Environment. The International Journal of Justice and Sustainability*, 17:6–7: 573–578.
- Aall, C. red. 2011a. *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Delrapport 4: Egne analyser av tilpasningsmuligheter belyst med eksempler fra ulike kommuner*. VF-rapport 2/2011. Sogndal: Vestlandsforsking
- Aall, C. red. 2011b. *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Sluttrapport*. VF-rapport 3/2011. Sogndal: Vestlandsforsking.
- Alfsen, K.H., Hessen, D.O., Jansen, E. 2013. *Klimaendringer i Norge – Forskernes forklaringer*. Oppsummeringsrapport fra klimaprogrammet NORKLIMA. Oslo: Norges Forskningsråd, Universitetsforlaget
- Almås, A.-J. 2013. *Climate adaptation and mitigation in the building sector: Towards a sustainable built environment*. Doctoral thesis. Department of Civil and Transport Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim
- Almås, A.J., Lisø, K.R., Hygen, H.O., Øyen, C.F. and Thue, J.V. 2011. An approach to impact assessments of buildings in a changing climate. *Building Research & Information*, 39:3: 227–238.
- Berg, T.F. 2005. *97-endringen i plan- og bygningsloven og ansvarsrollene: nye roller, det faglige ansvaret og styringen*. Vol. 385-2005. Oslo: NBI.
- Bratberg, T.T.V. 1995. *Bygningsloven 150 år: 1845–1995: lovens opprinnelse og utvikling*. Steinkjer: Kommunal- og arbeidsdepartementet i samarbeid med Forvaltningsmuseet i Steinkjer.
- Curry, J. 2011. Reasoning about climate uncertainty. *Climatic Change*, 108(4): 723–732.
- Dessai, S., O'Brien, K. and Hulme, M. 2007. Editorial: On uncertainty and climate change. *Global Environmental Change*, 17(1): 1–3.
- Dessai, S. and van der Sluijs, J. 2007. *Uncertainty and climate change adaptation – a scoping study*. Utrecht: Copernicus Institute for Sustainable Development and Innovation, University of Utrecht.
- Dessai, Hulme, Lempert and Pielke. 2009. Climate prediction: a limit to adaptation? In: W.N. Adger, I. Lorenzoni and K. O'Brien, eds. *Adapting to climate change: Thresholds, values, governance*. Cambridge: Cambridge University Press: 64–78.
- Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap. 2012. *Kommuneundersøkelsen 2012. Status for samfunnsikkerhets- og beredskapsarbeidet i kommunene*. Tønsberg: Direktoratet for samfunnsikkerhet og beredskap.
- Dyrddal, A.V., et al. 2013. *Impacts of extreme weather events on infrastructure in Norway (InfraRisk)*. NGI-rapport nr 20091808-01-R, 2013.
- Eakin, H., Eriksen, S.E.H., Eikeland, P.O. and Øyen, C.F. 2011: Public sector reform and governance for adaptation: Implications of New Public Management for adaptive capacity in Mexico and Norway, in *Environmental Management 2011* - 47:338–351.
- Eakin, H. and Lemos, M.C. 2006. Adaptation and the state: Latin America and the challenge of capacity-building under globalization. *Global Environmental Change*, 16(1): 7–18.
- Eriksen, E.H.S., Øyen, C.F., Kasa, S. og Underthun, A. 2007. *Klimatilpasning og fuktsikring i typehussektoren. Lokalkunnskap, beslutningsprosesser, markedspåvirkning og offentlig styring*. Prosjektrapport 3. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Evjenth, A., Sandvik, P., Almås, A.-J. og Bjørberg, S. 2011. *Grunnlag for, og krav om, utbedring av eksisterende byggverk*. Kluge Advokatkontor.
- Groven, K. 2005. Klimasårbarhet i bustadsektoren. Lokal sårbarhetskartlegging og klimatilpassing. VF-rapport 1/05. Sogndal: Vestlandsforsking.

- Groven, K., et al. 2008. *Naturskade i kommunene*. Sluttrapport fra prosjekt for KS. Vestlandsforskning-rapport nr. 4/2008. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Heiberg, E., et al. 2008. *Indikatorer for lokale klimasårbarhetsanalyser. Kunnskapsstatus og en skisse til metode for utprøving i norske kommuner*. Vestlandsforskning-rapport nr. 5/2008. Sogndal/Oslo: Vestlandsforskning / CICERO Senter for klimaforskning.
- Heien, K.H. 2009. «*Gradvis eldre kommunalt avløpsnett*». Artikkel på Fagforbundets nettside v/Karianne Hansen Heien fra 29.09.2009. Lest 08.04.2014: [http://www.fagforbundet.no/sst/Vann-og-avlop/?article\\_id=41069](http://www.fagforbundet.no/sst/Vann-og-avlop/?article_id=41069)
- Holthe, K, et al. 2008. Sanitæranlegg og vannskadesikkerhet – fokus på tilsyn, kontrollarbeid og kompetanse. Prosjektrapport 15-2008 SINTEF Byggforsk, Oslo.
- IPCC. 2001. *Climate change 2001: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IPCC. 2007. *Climate change 2007: The physical science basis*. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IPCC. 2014. *Climate change 2014: Impacts, adaptation and vulnerability*. Working Group II contribution to the IPCC Fifth Assessment Report – Final Draft Report. Geneva: Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Jaeger, C., Renn, O., Rosa, E. and Webler, T. 1998. Decision analysis and rational action. In: S. Rayner and E.L. Malone, eds. *Human choice and climate change*. Vol. 3. Columbus, OH: Battelle Press: 141–216.
- Johannessen, B. 2013. *Fredlybekken: Bekkeåpning og separering*. Foredrag ved VA-dagene i Midt-Norge, 31.10.2013, Trondheim kommune.
- Kingdon, J.W. 1984. *Agendas, alternatives, and public policies*. Boston: Little, Brown and Co.
- Kommunal- og regionaldepartementet 2010. Ikraftsetting av ny byggesaksdel i Plan- og bygningsloven. Rundskriv H-1/10, Det kongelige Kommunal og Regionaldepartement.
- Kommunal- og regionaldepartementet. 2004. *Velholdte bygninger gir mer til alle*. NOU 2004:22.
- Kristiansen, V. 2008. *Flomhendelser på nettet knyttet til spesielle værforhold. Erfaringer fra Trondheim kommune*. Foredrag på Miljø & Teknikk – Kommunalteknikk 2008, Trondheim kommune.
- Kvande, T. et al. 2013. *Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge – Videreføring av rapport 3B0325*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Lempert, R.J., Schlesinger, M.E. and Bankes, S. 1996. When we don't know the costs or the benefits: Adaptive strategies for abating climate change. *Climate Change*, 33: 235–274.
- Lempert, R.J., et al. 2004. Characterizing climate-change uncertainties for decision-makers – An editorial essay. *Climatic Change*, 65(1–2): 1–9.
- Lempert, R.J. and Collins, M.T. 2007. Managing the risk of uncertain threshold responses: Comparison of robust, optimum, and precautionary approaches. *Risk Analysis*, 27(4): 1009–1026.
- Lim, R.G. 1991. Rational analysis for a problematic world. *Journal of Behavioral Decision Making*, 4(3): 229–231. doi: 10.1002/bdm.3960040313.
- Lisø, K.R. 2006. Integrated approach to risk management of future climate change impacts. *Building Research & Information*, 34(1): 1–10.
- Lisø, K.R. og Kvande, T. 2007. *Klimatilpasning av bygninger*. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Mehta, L., et al. 2001. Editorial: Environmental governance in an uncertain world. *Ids Bulletin – Institute of Development Studies*, 32(4): 1–14.
- Miles, M. og Richter, K. 2011. *Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Delrapport 2: Klimaanalyse*. Bergen: Bjerknessenteret.

- Miljøverndepartementet, 2010. *Tilpassing til eit klima i endring*. NOU 2010:10.
- Miljøverndepartementet. 2012. *Følgeevaluering, Framtidens byer*. Rapport 2012. Rambøll.
- Morrow, B.H. 1999. Identifying and mapping community vulnerability. *Disasters*, 23(1): 1–18. doi: 10.1111/1467-7717.00102.
- Moser, S.C., ed. 2004. *Climate scenarios and projections: The known, unknown, and the unknowable as applied to California*. Aspen, Colorado: Aspen Global Change Institute.  
[http://www.agci.org/dB/PDFs/Publications/2006\\_CSP.pdf](http://www.agci.org/dB/PDFs/Publications/2006_CSP.pdf).
- Multiconsult. 2009. *Forstudie for åpning av Fredlybekken*. Trondheim: Trondheim kommune, Stabsenhet for byutvikling.
- Multiconsult. 2013. *Forprosjekt Fredlybekken. Beskrivelse av forprosjekt*. Trondheim: Trondheim kommune, Kommunalteknikk.
- NGU. 2007. *Måling og vurdering av gassutlekking fra den nedlagte avfallsyllingen i Fredlydalen, Trondheim kommune*. Rapport nr. 2007.014. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse.
- Nilssen, O. 2007. *Hva gjør Trondheim for å redusere antallet kjelleroversvømmelser etter et 100-årsregn sommeren 2007*. Foredrag i Norsk Vannforening 12.12.2007, Trondheim kommune.
- Næss, et al. 2005. Institutional adaptation to climate change: Flood responses at the municipal level in Norway. *Global Environmental Change*, 15: 125–138.
- Nørve, S. 2005. *Bedre kontroll over byggevirksomheten? En evaluering av kommunal iverksetting og byggeforetakenes endrede kontrollpraksis*. Prosjektrapport 390. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.
- O'Brien, K., et al. 2006. Climate change and disaster management. *Disasters*, 30(1): 64–80.
- O'Brien, K. 2012. Global environmental change II: From adaptation to deliberate transformation. *Progress in Human Geography*, 36(5): 667–676.
- O'Brien, K., Sygna, L. and Haugen, J.E. 2004. Vulnerable or resilient? A multi-scale assessment of climate impacts and vulnerability in Norway. *Climatic Change*, 64(1–2): 193–225.
- OECD. 2010. *Cities and climate change*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264091375-en>.
- RIF 2010. *State of the nation*. Rapport, Rådgivende Ingeniørers Forening.
- RIF 2011. *State of the nation - Tendenser*. Rapport, oppdatering. Rådgivende Ingeniørers Forening.
- Refsgaard, J.C., et al. 2012. The role of uncertainty in climate change adaptation strategies –A Danish water management example. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*: 1–23.
- Rosenhead, J.T., ed. 1989. *Rational analysis for a problematic world: problem structuring methods for complexity, uncertainty, and conflict*. Chichester: John Wiley and Sons.
- Schneider, S.H. and Kuntz-Duriseti, K. 2002. Uncertainty and climate change policy. In: S.H. Schneider, A. Rosencranz and J.O. Niles, eds. *Climate change policy: A survey*. Washington D.C.: Island Press.
- SINTEF Byggforsk. 2007. *Bygningslovgivning og byggebestemmelser fra første halvdel av 1800-tallet til 1930*. Byggforskserien 614.014. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Sorrell, S. 2003. Making the link: climate policy and the reform of the UK construction industry. *Energy Policy*, 31(9): 865–878. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00130-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00130-1).
- Swart, R., et al. 2009. Agreeing to disagree: uncertainty management in assessing climate change, impacts and responses by the IPCC. *Climatic Change*, 92(1): 1–29.
- Thaulow, H. 2010. *Kartlegging av miljøutfordringer og kompetansebehov i Oslo*. Sluttrapport. Vol. 3-2010. Oslo: CIENS, forskningscenter for miljø og samfunn.

- Tompkins, E.L. and Adger, W.N. 2005. Defining response capacity to enhance climate change policy. *Environmental Science & Policy*, 8(6): 562–571. doi: 10.1016/j.envsci.2005.06.012.
- Trondheim kommune. 2010. *Energi- og klimahandlingsplan for Trondheim kommune*. Trondheim.
- Trondheim kommune. 2012. *Planbeskrivelse. Kommuneplanens arealdel 2012–2024*. Vedtatt av Bystyret 21.03.13. Trondheim.
- Trondheim kommune. 2013a. *Energi- og klimahandlingsplanen for Trondheim kommune – Evaluering av status per april 2013*. Trondheim: Rådmannen.
- Trondheim kommune. 2013b. *Hovedplan avløp og vannmiljø 2013–2024*. Trondheim: Trondheim kommune, Byutvikling.
- Van der Keur, P., Henriksen, H.-J., Refsgaard, J.C., Brugnach, M., Pahl-Wostl, C., Dewulf, A. and Buiteveld, H. 2008. Identification of major sources of uncertainty in current IWRM practice. Illustrated for the Rhine basin. *Water Resources Management*, 22(11): 1677–1708.
- Walker, W.E. P., et al. 2003. Defining uncertainty: a conceptual basis for uncertainty management in model-based decision support. *Integrated Assessment*, 4: 5–17.
- Yohe, G. and Tol, R.S.J. 2002. Indicators for social and economic coping capacity – moving toward a working definition of adaptive capacity. *Global Environmental Change – Human and Policy Dimensions*, 12(1): 25–40.
- Øyen, C.F., et al. 2010. *Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpassing*. Rapport 3B0325. Oslo: SINTEF Byggforsk.
- Øyen, C.F., et al. 2005. *Forsterket fokus på estetikk? En evaluering av forvaltningsmyndighetenes og foretakenes praksis*. Prosjektrapport 381. Oslo: Norges byggforskningsinstitutt.

## **Vedlegg 1**

### **Endringer fra prosjektbeskrivelsen**

## Utfordringer og endringer i prosjektet

Hovedmålet i BIVUAC har vært å utvikle en modell som viser forholdet mellom iboende tilpasningskapasitet i eksisterende og fremtidige bygde miljø inkludert vann / avløp infrastruktur, nåværende klimabelast situasjoner og forventede klimabelastninger i henhold til utvalgte klimascenarier. Denne blir videre i prosjektet omtalt som GAP-modell. Opprinnelig var planlagt fokus på bygningscase, men grunnet vanskelig tilgjengelig informasjon og mange funn innenfor kommunal planlegging og VA-praksis har den empiriske innsamlingen dreiet mer mot kommunal praksis og offentlige virkemidler. Dette har gitt et rikt, kvalitativt materiale og mange funn knyttet til kommunal praksis og samhandling, men det planlagte fokuset på bygningsnivå har ikke latt seg gjennomføre fullstendig som planlagt.

På bakgrunn av utfordringer med å finne frem relevante bygningscase i prosjektet har den opprinnelige tanken med å utvikle en GAP-modell kun for bygninger blitt utvidet til å omfatte en GAP-analyse også for kommunene.

Utfordringer knyttet til utvalg av case (se metodekapittel for kriterier):

- Oppdrive case med relevante skader, bl.a. fordi noen av kommunene som ble forutsatt å supplere bygningscase i prosjektet, ikke hadde bygninger med registrerte skader eller ikke hadde tilstrekkelig oversikt over skader i eksisterende bygningsmasse og derfor ikke tilstrekkelige forutsetninger til å foreslå relevante bygningscase.
- Frembringe relevante case som passer inn i de metodiske kriteriene, og som kan belyse den institusjonelle sårbarheten knyttet til kommunal planlegging og forvaltning av plan- og byggesaken, samt kommunal VA-drift
- Finne utvalg av bygningscase som belyser hvordan forvaltning, drift og vedlikehold (FDV) har påvirket den enkelte bygnings klimatilpasningskapasitet, da informasjon og informanter om FDV har vært svært vanskelig å oppdrive. Komplette case som belyser alle metodisk skisserte sider i prosjektet har det ikke lyktes å innhente.
- Finne bygninger som representerer de ulike TEK-regimene fra 1949 og frem til nå.



## **Vedlegg 2**

### **Forslag til kursopplegg for klimatilpasning**

## **Bakgrunn**

Dette notatet viser et forslag til tema for kurs innen klimatilpasning av bygninger og infrastruktur. Vi har valgt å skille mellom kurs for kommuneplanleggere, byggeiere og myndigheter. Vi presenterer her et overordnet forslag til hvilke fokusområder vi anser som viktige for målgruppene, basert på vår forskning. Dette notatet er utarbeidet som et ledd i forskningsprosjektet, BIVUAC - *Buildings and Infrastructure – Vulnerability and Adaptive Capacity to Climate Change*, finansiert av forskningsrådet.

## **Kurstema for kommuneplanleggere**

1. Dagens klimapåkjenning og fremtidens forventede klimapåkjenning
  - a. Kort om teorigrunnlaget – Klimasystemet
  - b. Vær og klima
  - c. Ekstremvær og hverdagsvær
2. Sårbare objekter som er berørt av kommuneplanleggere
  - a. Bygninger og infrastruktur
  - b. Tilstandsanalyser
  - c. Dagens klimapåkjenning sammenlignet med fremtidens forventede klimapåkjenning
  - d. Generelle utfordringer og løsninger
  - e. Lokale hensyn
3. Risiko og Sårbarhetsanalyser (ROS)
4. Regelverk og krav
  - a. Plan og bygningsloven
  - b. Forsikring
5. Praktiske verktøy og veiledere
6. Diskusjon
7. Case-arbeid med presentasjon

## **Kurstema for objekteiere (bygg, veg, bane, vann, avløp etc)**

1. Dagens klimapåkjenning og fremtidens forventede klimapåkjenning
  - a. Kort om teorigrunnlaget – Klimasystemet
  - b. Vær og klima
  - c. Ekstremvær og hverdagsvær
2. Regelverk og krav
  - a. Plan og bygningsloven
  - b. Forsikring
3. Sårbarhet for nybygging og eksisterende byggverk
  - a. Byggdetaljer
  - b. Krav til prosjekterende og utførende
  - c. Krav til dokumentasjon
  - d. Drift og bruk
4. Tilstandsanalyser
5. Tiltak og forebygging
6. Diskusjon
7. Case-arbeid med presentasjon

## **Kurstema for myndigheter**

1. Dagens klimapåkjenning og fremtidens forventede klimapåkjenning
  - a. Kort om teorigrunnlaget – Klimasystemet
  - b. Vær og klima
  - c. Ekstremvær og hverdagsvær

- d. Konsekvenser for bygninger og infrastruktur
- 2. Kommuneplanleggeres og objekteieres (bygg, veg, bane, vann, avløp etc) utfordringer med klima- og sårbarhetsanalyser i praksis
  - a. Regelverk og krav
  - b. Ansvar og forsikring
- 3. Fremtidige løsninger for implementering i krav og regelverk
- 4. Diskusjon

# Bygninger og infrastruktur – sårbarhet og tilpasningsevne til klimaendringer

Rapporten analyserer hvordan bygninger og infrastruktur her i landet er rustet til å tåle større klimapåkjenninger i framtiden, og gir konkrete forslag til tiltak. To hovedinnfallsvinkler er brukt, med søkelys på kommunal overvannshåndtering i VA-etatene i Oslo, Trondheim og Fredrikstad, og på bygningsteknisk status for fem tidstypiske bolighus fra etterkrigstiden og fram til 1990-tallet.

Rapporten sammenfatter arbeidet i prosjektet «Buildings and Infrastructure – Vulnerability and Adaptive Capacity to Climate Change» (BIVUAC), hvor SINTEF Byggforsk og Vestlandsforskning har samarbeidet.