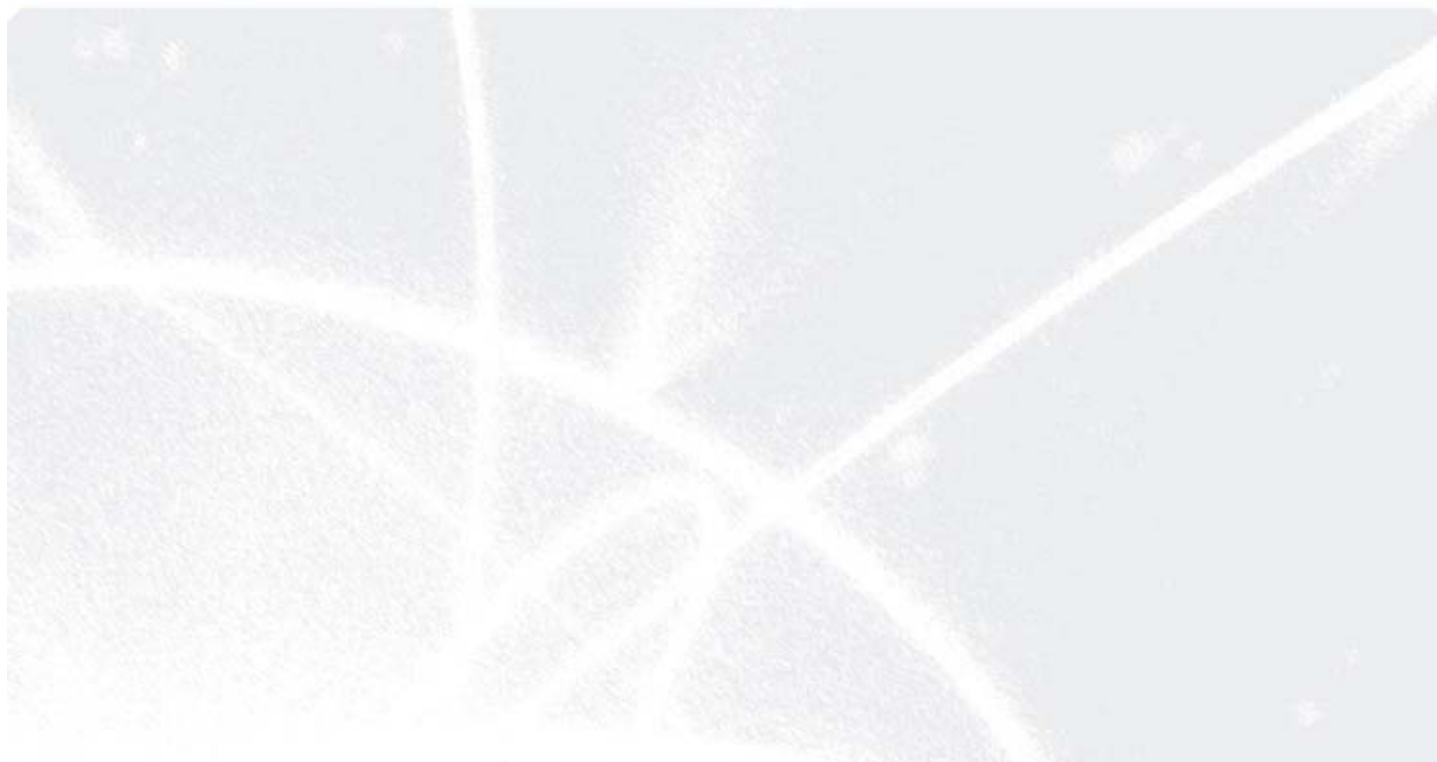


Vestlandsforskningsrapport nr. 5/2010

Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur

Delrapport 1: Oppsummering av kunnskapsstatus

Carlo Aall (red.)



Vestlandsforskning rapport

Tittel Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Delrapport 1: Oppsummering av kunnskapsstatus	Rapportnummer 5/2010 Dato 25.10.2010 Gradering Open
Prosjekttittel Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur	Antall sider 87 Prosjektnr 6191
Forskar(ar) Cecilie Flyen Øyen (prosjektleder ved SINTEF), Martin Miles (Bjerknessenteret), Sigurd Hafskjold (SINTEF), Stian Bruaset (SINTEF), Anders-Johan Almås (SINTEF), Gerd Kjølle (SINTEF), Oddbjørn Gjerd (SINTEF), Kyrre Groven (Vestlandsforskning), Eli Heiberg (Vestlandsforskning)	Prosjektansvarlig Carlo Aall (Vestlandsforskning)
Oppdragsgiver KS forskning	Emneord Klimatilpasning, klimasårbarhet, fysisk infrastruktur, kommune, fylkeskommune
Andre publikasjoner frå prosjektet Miles, M. (2010): <i>Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur Delrapport 2: Klimaanalyse</i> . Bergen: Bjerknessenteret. Aall, C. (red) (2010): <i>Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur . Delrapport 3: Egne analyser av sårbarhet overfor klimaendringer belyst med eksempler fra ulike kommuner</i> . VF-rapport xx/10. Sogndal: Vestlandsforskning. Aall, C. (red) (2010): <i>Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur Delrapport 4: Egne analyser av tilpasningsmuligheter belyst med eksempler fra ulike kommuner</i> . VF-rapport xx/10. Sogndal: Vestlandsforskning. Aall, C. (red) (2011): <i>Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur . Delrapport 5: Egne analyser av forutsetninger og barrierer for tilpasning til klimaendringer belyst med eksempler fra ulike kommuner</i> . VF-rapport 1/11. Sogndal: Vestlandsforskning. Aall, C. (red) (2011): <i>Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur . Sluttrapport</i> . VF-rapport 2/11. Sogndal: Vestlandsforskning.	
ISBN: 978-82-428-0300-9	Pris: 100 kroner

Forord

Dette er den første av fem planlagte delrapporter fra prosjektet "Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur" for KS-forskning som gjennomføres i et samarbeid mellom Vestlandsforskning, SINTEF og Bjerknessenteret. Den foreliggende rapporten gjelder oppsummering av kunnskapsstatus når det gjelder klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur. Følgende personer har deltatt i å skrive rapporten:

- Redigering og overordnet faglig ansvar: Carlo Aall (Vestlandsforskning)
- Arealforvaltning: Eli Heiberg (Vestlandsforskning), Martin Miles (Bjerknessenteret)
- Offentlige bygg: Cecilie Flyen Øyen (SINTEF), Anders-Johan Almås (SINTEF), Kyrre Groven (Vestlandsforskning)
- Vannforsyning og avløpshåndtering: Sigurd Hafskjold (SINTEF), Stian Bruaset (SINTEF)
- Offentlig transport og transportinfrastruktur: Kyrre Groven (Vestlandsforskning), Carlo Aall (Vestlandsforskning), Cecilie Flyen Øyen (SINTEF)
- Kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon: Cecilie Øyen (SINTEF), Oddbjørn Gjerd (SINTEF)

Sogndal/Bergen/Oslo/Trondheim 31. desember 2010

Carlo Aall (Vestlandsforskning)
prosjektleder

Innhold

TABELLER OG FIGURER	5
INNLEDNING.....	6
PRESISERING AV KOMMUNAL OG FYLKESKOMMUNAL INFRASTRUKTUR	8
KLIMASÅRBARHET I DAG	11
INNLEDNING.....	11
AREALFORVALTNING	11
BYGG	23
VANNFORSYNING OG AVLØPSHÅNTERING	27
TRANSPORT OG TRANSPORTINFRASTRUKTUR.....	28
KRAFTFORSYNING OG ELEKTRONISK KOMMUNIKASJON.....	38
KLIMASÅRBARHET I MORGEN.....	41
INNLEDNING.....	41
AREALFORVALTNING	41
BYGG	49
VANNFORSYNING OG AVLØPSHÅNTERING	53
TRANSPORT OG TRANSPORTINFRASTRUKTUR.....	54
KRAFTFORSYNING OG ELEKTRONISK KOMMUNIKASJON.....	61
TILPASNING TIL KLIMAENDRINGER.....	64
INNLEDNING.....	64
AREALFORVALTNING	64
BYGG	75
VANNFORSYNING OG AVLØPSHÅNTERING	77
TRANSPORT OG TRANSPORTINFRASTRUKTUR.....	78
KRAFTOVERFØRING OG ELEKTRONISK KOMMUNIKASJON	81
HOVEDKONKLUSJONER.....	85

Tabeller og figurer

FIGUR 1 ANALYSEMODELL.....	7
FIGUR 2 ÅRSAKER TIL NATURSKADE 1980 – 2009 (STATENS NATURSKADEFOND, ÅRSMELDING 2009).....	12
FIGUR 3 FORDELINGEN AV ERSTATNINGSUTBETALINGER FRA STATENS NATURSKADEFOND PÅ OBJEKTER. GJENNOMSNIITT 2000-2004 (GJENGITT I ECON 2006)	13
FIGUR 4 ANTALL OMKOMNE I SKREDULYKKER, FORDELT PÅ SKREDTYPE (NASJONAL SKREDDATABASE, NGU, GJENGITT I NGU MFL 2006).....	16
FIGUR 5 REGISTRERTE NATURSKADER PÅ HOVEDVEGNETTET I PERIODEN 1975 – 2005 (PETKOVIC OG LARSEN, 2009)	17
FIGUR 6 SKREDHENDELSER PÅ DET NORSKE HOVEDVEINETTET MELLOM 1996 OG 2004 FORDELT PÅ REGIONER (ETTER HARILA 2006, I PETKOVIC OG LARSEN, 2009)	18
FIGUR 7 JORDBRUKSAREAL I DRIFT, I PROSENT AV LANDAREAL I ALT, ETTER FYLKE (HTTP://WWW.SSB.NO/JORDBRUK/)	20
FIGUR 8 URBANISERING OG EFFEKT PÅ AVRENNINGSMENGDE OG INTENSITET.	27
FIGUR 1: FORDELING MELLOM RIKSVEGER, FYLKESVEGER OG KOMMUNALE VEGER I 2010 (KM). KILDE: MILJØVERNDEPARTEMENTET, 2010	29
FIGUR 2: RIKSVEGNETTET I 2010 OG RIKSVEGER SOM BLE FYLKESVEGER I 2010. KILDE: STATENS VEGVESEN	30
FIGUR 4. FYLKESVISE TALL FOR VEDLIKEHOLDSETTERSLEP PÅ FYLKESVEGER I 2004. MILLIONER KRONER. KILDE: STATENS VEGVESEN (2005)	32
FIGUR 5 PÅKJENNING AV KLIMA PÅ ASFALTDEKK LEVETID (AURSAND, 2008)	33
FIGUR 6: HAVNESTATISTIKK 2009, NORSKE HAVNER RANGERT ETTER TOTAL GODSMENGDE (MILL. TONN). KILDE: SSB.....	35
FIGUR 11 VEKSTESONG I NORGE, GJENNOMSNIITTSVERDIER FOR REFERANSEPERIODEN. (B) FORANDRINGER I VEKSTESONGEN FOR SCENARIEPERIODEN 2021-2050 SAMMENLIGNET MED REFERANSEPERIODEN	46
FIGUR 12 EKSEMPEL FOR BØLGEMODELLERING MED SWAN (SIMULATING WAVES NEARSHORE).....	80
 TABELL 1 TEMA SOM VIL BLI ANALYSERT	8
TABELL 2 ANTALL BYGNINGER OG BOSATTE PERSONER INNEFOR KARTLAGTE OMRÅDER FOR 200-ÅRS FLOM OG 500 ÅRS FLOM (RIKSREVISJONEN 2010)	15
TABELL 3 BYGNINGER OG BOSATTE PERSONER INNENFOR OMRÅDER SOM ER KARTLAGT SOM AKTSOMHETSOMRÅDER FOR STEIN- OG SNØSKRED (RIKSREVISJONEN 2010).....	19
TABELL 4 LEDNINGSNETT: LEGGINGSPERIODE OG ANDEL AV TOTAL LENGDE. 1.1.2007 (VANNRAPPORT 114, FOLKEHELSEINSTITUTTET)	28
TABELL 1. VEDLIKEHOLDSETTERSLEP PÅ FYLKESVEGNETTET I 2004, FORDELT PÅ ULIKE VEGELEMENTER (MILL. KR). KILDE: STATENS VEGVESEN (2005)	31
TABELL 5 HVORDAN DE ULIKE MATERIALENE BLIR PÅVIRKET AV KLIMAENDRINGER (LERFALD OG HOFF, 2007).	56
TABELL 6 ØVRE OG NEDRE VERDIER FOR HAVNIVÅSTIGNING OG STORMFLO (100 ÅRS RETURNIVÅ) MEDREGNET USIKKERHETER I HAVNIVÅSTIGNING (KLIMA 2100)	57
TABELL 7 EFFEKTER OG MULIGE KONSEKVENSER BASERT PÅ KLIMAFREMSKRIVNINGER FOR PERIODEN FREM MOT 2100 (NVE, 2010)	62
TABELL 8 FORUTSETNINGER OG BARRIERER FOR LOKAL KLIMATILPASNING MED REFERANSE EKSTERN OG INTERN I FORHOLD TIL KOMMUNEN SOM ORGANISASJON OG GEOGRAFISK ENHET	72
TABELL 9 KONKLUSJONER FOR KLIMASÅRBARHET I FORHOLD TIL DAGENS KLIMA.....	85
TABELL 10 KONKLUSJONER FOR KLIMASÅRBARHET I FORHOLD TIL MORGENDAGENS KLIMA	86
TABELL 11 KONKLUSJONER FOR TILPASNING TIL KLIMAENDRINGER	87

Innledning

Om prosjektet

Denne rapporten inngår i prosjektet "Klimaendringenes konsekvenser for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur" for KS-forskning som skal utrede følgende to forhold:

- *Sårbarhetsstudie*: vurdere konsekvenser klimaendringene vil få for kommunal og fylkeskommunal infrastruktur.
- *Tilpasningsstudie*: vurdere tiltak som kan gjennomføres innenfor kommunale sektorområder og innen kommunal og regional planlegging, gitt eksisterende klimaframskrivninger

Med fysisk infrastruktur mener vi følgende:

- Arealforvaltning
- Vannforsyning
- Avløps- og overvannshåndtering
- Offentlige bygg
- Offentlig transport
- Transportinfrastruktur
- Kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon

Med *kommunal* fysisk infrastruktur mener vi følgende:

- Infrastruktur *eid* av kommuner eller fylkeskommuner (for eksempel offentlige bygg).
- Infrastruktur som disse har et primæransvar for å *drive* (for eksempel infrastruktur knyttet til vann, avløp og renovasjon).
- Annen offentlig infrastruktur der dette er *indirekte* relevant for kommunesektoren (for eksempel ledningsnett for kraftoverføring).

I et tidligere klimatilpasningsprosjekt for KS-forskning ble det utviklet en modell som skiller mellom klima- og samfunnsendringer (jf figuren under). Denne modellen ble utviklet i KS-prosjektet "Storm, skred, flom og oljeutslipp – ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid" ¹ ledet av Vestlandsforskning, og er senere videreutviklet i prosjektet "Lokal klimatilpasning og klimasårbarhet i Norge" (NORADAPT)² ledet av CICERO. Det er to viktige poeng med en slik todelt modell: Å få fram at samfunnets framtidige klimasårbarhet er en sumeffekt av hvordan klimaet og samfunnet endrer seg, og å få fram skillet mellom en virknings- og årsakssinnretning av klimatilpasningsarbeidet. Et ensidig fokus på den partielle effekten av klimaendringer kan lede oppmerksomheten ensidig i en virkningsinnretning, forstått som tiltak rettet inn mot en gitt virkning av klimaendringer (eks bygge rasvoller mot ras). Et fokus også på samfunnsendringer kan gjøre det enklere også å legge til grunn en årsakssinnretning, forstått som å gjøre noe med årsaken til at samfunnet blir rammet av naturskade utløst av klimaendring - for eksempel i tilfellet "ras" og det å styre utbyggingsmønsteret vekk fra mulige rasutsatte områder.

Ut fra figuren på neste side skal prosjektet gjøre følgende analyser:

1. Hva er situasjonen *i dag* med hensyn på sårbarhet for klimapåvirkning?
2. Hvordan kan forventede *framtidige klimaendringer* angitt ut fra et utvalg relevante *klimafaktorer* påvirke den samlede klimasårbarheten?
3. Hvordan kan forventede *framtidige samfunnsendringer* forsterke eller svekke virkningen av klimaendringer?
4. Hva er sumeffekten av (2) og (3)?
5. Hvilke *strategier* og *tiltak* kan kommunene eller fylkeskommunene sette i verk for å forebygge uønskede virkninger av klimaendringer?

Situasjonen *i dag* når det gjelder hvordan samfunnet blir påvirket av klima er en naturlig inngang til å diskutere virkninger av mulige framtidige klimaendringer. En typisk problemstilling her gjelder etterslepet i vedlikehold av infrastruktur som veger og offentlige bygninger.

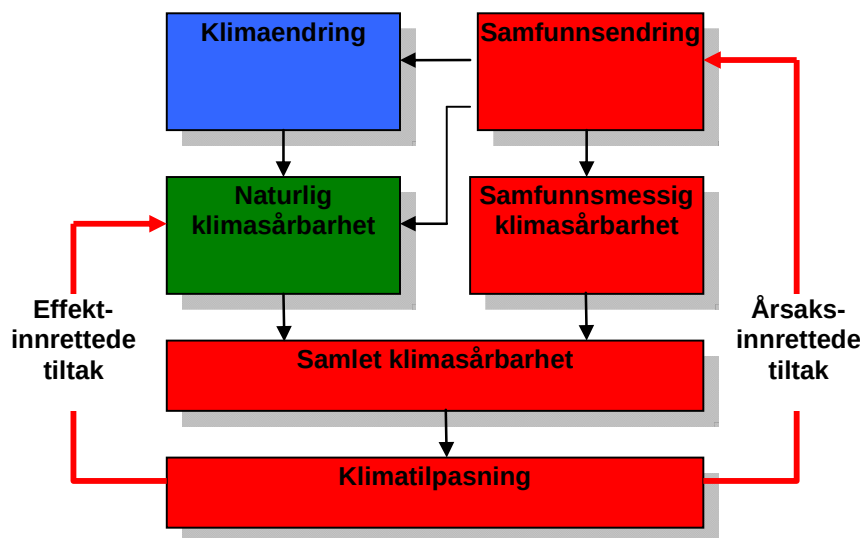
Når det gjelder *klimafaktorer* vil vi ta utgangspunkt i følgende parametre: havnivåstigning, stormflo, nedbør, flom, skred, temperatur og ekstrem vind. Vi vil benytte de klimaframskrivningene som ble sammenstilt av Norsk klimasenter på oppdrag fra NOU klimatilpassing (Hanssen-Bauer et al. 2009)³. Disse vil bli drøftet og supplert der

¹ <http://www.ks.no/tema/Samfunnsansvar/Klima-og-miljo/Kommunene-og-klimautfordringene---ansvar-og-sikring/>

² <http://www.vestforsk.no/index.html/prosjekt/lokal-klimatilpasning-og-klimasaarbarhet-i-norge-noradapt>

³ *Klima i Norge 2100*, se http://www.regjeringen.no/upload/MD/Kampanje/klimatilpasning/Bilder/NOU/Klima-Norge-2100_lavoppl_2opplag_okt2009.pdf

det er nødvendig ut fra en vurdering av klimafaktorer som kan være spesielt relevante i forbindelse med våre studier.



Figur 1 Analysemodell

Om rapporten

I anbudsutlysningen fra KS står bl.a. følgende:

Som en innledende del av arbeidet ønsker vi at det utføres en kunnskapsgjennomgang av allerede gjennomførte, pågående og planlagte forsknings- og utredningsprosjekter og programmer som er relevante for prosjektets problemstillinger.

Den foreliggende rapporten omfatter dette punktet. Rapporten er organisert som følger:

- *Først* gir vi en presisering av de ulike kategoriene av kommunal og fylkeskommunal infrastruktur.
- I den *andre* del oppsummerer vi kunnskapsstatus som gjelder hvordan *dagens* klima påvirkere kommunal infrastruktur. Et sentralt spørsmål her er forholdet mellom vedlikehold og omfang og kvalitet på den fysiske infrastrukturen.
- I den *tredje* del oppsummerer vi kunnskapsstatus om hvordan *morgendagens* klima kan påvirkere kommunal infrastruktur. I dette ligger også en oppsummering av foreliggende kunnskap om hvordan samfunnsendringer kan gjøre kommunal infrastruktur mer eller mindre eksponert for klimapåvirkning.
- Den *fjerde* og *siste* delen oppsummerer kunnskapsstatus om *klimatilpasning*.

For alle punktene over gjelder at vi tar mål av oss å gi en samlet oppsummering av kunnskapsstatus innen norsk forskning og utredning. Videre vil vi gi en begrenset gjennomgang av utenlandsk forskning som omfatter land med tilsvarende utfordringer som Norge. I begge tilfeller vil vi oppsummere avsluttede arbeider, men også så langt mulig omtale pågående og nylig startede prosjekter for dermed å ta med problemstillinger og tema som man kan forvente ny kunnskap om i nær framtid.

Kapitlene i andre, tredje og fjerde del som omhandler temaet "arealforvaltning" (jf omtale under) er mer omfattende enn de øvrige kapitlene. Det skyldes at vi her har lagt inn en omtale av mer generelle problemstillinger knyttet til det å drive med lokal og regional klimatilpasning. Deler av denne diskusjonen må sees på som en drøfting av forutsetninger for å drive med klimatilpasning i forhold til kommunal og fylkeskommunal infrastruktur.

Presisering av kommunal og fylkeskommunal infrastruktur

Tabellen under gir en samlet framstilling av den tematiske innretningen i prosjektet.

Tabell 1 Tema som vil bli analysert

Kategorier av infrastruktur	Direkte relevant: Eid/drevet av kommuner	Direkte relevant: Eid/drevet av fylker	Indirekte relevant: Eid/drevet av andre
1. Arealforvaltning	Kommunearealplan	Fylkesarealplan	Ikke relevant
2. Bygg	Skoler, administrasjonsbygg, helseinstitusjoner, kommunale boliger, o.a.	Videregående skoler, administrasjonsbygg, o.a.	(Private boliger behandlet under "arealforvaltning")
3. Vannforsyning og avløpshåndtering	Kommunale og interkommunale anlegg	Ikke relevant	Ikke relevant
4. Transport og transportinfrastruktur	Kommunale veger, kommunale havner, transport som del av tjenesteproduksjon	Fylkeskommunale veger, kollektivtransport	Ikke omfattet
5. Kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon	Ikke relevant	Ikke relevant	Leverandør til kommunale/fylkeskommunale bygg og tjenesteproduksjon

Arealforvaltning

Arealforvaltning skiller seg fra de andre temaene gjennom først og fremst å være et aspekt ved de andre temaene. Arealforvaltning er et typisk årsaksinnrettet virkemiddel ved at arealplanlegging kan påvirke graden av eksponering for klimapåvirkning for fysisk infrastruktur. Risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS) knyttet til arealplanen er ett slikt virkemiddel. Et annet kan være å sette av hensynssoner i arealplanen ut fra en ROS, der det for eksempel legges begrensninger på oppføring av bygninger og annen infrastruktur. Men det er også mulig å se for seg arealmessige konsekvenser i Norge av klimaendringer i *utlandet*. Vi vil i denne sammenhengen konsentrere oss om én slik kategori av konsekvenser: Endring av verdien av dyrka og dyrkbar mark. Klimaendringer i andre land enn Norge kan føre til at den globale matvaresikkerheten blir svekket, noe som igjen kan øke prisen på matvarer og i siste instans øke verdien av dyrka og dyrkbar mark i Norge. Her er det også relevant å peke på konfliktpotensialet i forhold til utslippsdelen av klimapolitikken, der man ut fra prinsippet om transportreduserende arealplanlegging kan ønske å planlegge boliger på sentrumsnær dyrka mark, mens man ut fra hensynet til faren for redusert global matvaresikkerhet ønsker å ta vare på jordbruksarealer av høy kvalitet.

Bygg

Private boliger, og da spørsmålet om *lokalisering* av disse, blir dekt av temaet arealforvaltning, slik at temaet *bygg* avgrenses til kommunale og fylkeskommunale bygg av typen skoler, helseinstitusjoner, administrasjonsbygg mv. Her vil det være lokalisering, utforming, materialbruk og vedlikehold av bygg som vil være i fokus. Videre vil vi også berøre spørsmålet om offentlig bygningskontroll/tilsyn og spørsmålet om lokal tilpasning versus nasjonal standardisering når det gjelder utforming og materialbruk av bygg. Kommunen innehar mange roller i forbindelse med bygget miljø; byggherre og -eier for egne bygg og iverksetter av plan- og bygningslovens bestemmelser gjennom planlegging og byggesaksbehandling. Gjennom sin forvaltning av egen bygningsmasse gir kommunen også viktige signaler til publikum, blant annet i forhold til valg av gode, klimatilpassete løsninger.

Vannforsyning og avløpshåndtering

Vannforsyning og avløpshåndtering (VA) omfatter i denne rapporten de kommunale systemene som trengs for å forsyne innbyggerne med godt drikkevann og ta hånd om avløpsvannet. Systemene omfatter renseanlegg og transportsystemer, som bla.a. består av rør, pumpestasjoner, bassenger og overløp. Gjenskaffelsesverdien av de kommunale VA-systemene i Norge ble i 2001 estimert til over 400 mrd NOK⁴.

⁴ Opplysningsutvalget for VA-ledningsnett – www.ovalinfo.no

Transport og transportinfrastruktur

Transportnettet er en viktig del av den kommunale og fylkeskommunale infrastrukturen, noe som også er forsterket gjennom den gjennomførte reformen hvor fylkeskommunen har fått ansvaret for hoveddelen av det som tidligere var klassifisert som riksveger. Vegnettet utgjør ikke bare en stor del av de verdier som forvaltes, men er også av avgjørende betydning for verdiskapning og øvrig samfunnsaktivitet. Vegnettet er stedvis sårbart for ekstreme værforhold som kan forårsake ras, flom, snøfokk mm. Klimaendringer med hyppigere og mer ekstreme værforhold vil dels forsterke dagens problemer, dels skape problemer på steder som hittil har vært forskånet. Dårligere regularitet med økonomisk tap og dårlig forutsigbarhet for næringslivet er én alvorlig konsekvens av stengte veger. Betraktet dimensjonen med samfunnsendring, vil arealet som omfattes av vegnettet også bli benyttet av annen infrastruktur. I dag ligger mye av vann- og avløpsledninger lokalisert til veggrunnen, mens det i framtiden vil være langt flere aktører som vil ønske å benytte dette arealet. Dette gjelder blant annet rør for fjernvarme, elektronisk infrastruktur (bredbånd), el.- og telekabler. Når det gjelder havner og kaianlegg er disse dimensjonert til dagens havnivå og ut fra bølgepåvirkninger som opptrer med gitte årsintervall. Ved klimaendringer kan vi få både en endring av havnivået og kraftigere og hyppigere ekstremværsituasjoner enn disse anleggene er dimensjonert for. Det har også vært en utvikling i dimensjonen på fartøyene og dette vil også kreve en oppgradering av en rekke kai- og havneanlegg.

Med kommunal og fylkeskommunal transport mener vi følgende: Den delen av kollektivtransporten som eies, drives eller på annen måte forvaltes og styres av kommuner og fylkeskommuner (dvs i praksis all kollektivtransport på sjø og veg, og på skinner i byer, mens jernbane og fly er et statlig ansvar); skoleskyss; helsetransport; og reiser i forbindelse med pleie og omsorg (for eksempel hjemmehjelp). Disse påvirkes hovedsakelig av klima på en indirekte måte gjennom tilstanden til transportinfrastrukturen. En tilleggsdimensjon ved transport er knyttet til beredskap: Stengte veger betyr i verste fall at både varetransport og persontransport må innstilles. Der det mangler alternative transportmuligheter kan lokalsamfunn bli isolert slik at krisetiltak må iverksettes. Eksempelvis kan det være behov for å sette opp kollektive kriseruter ved stenging av transportårer.

Kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon

I utlysningen er informasjonsteknologi nevnt som ett av de tema man ønsker utredet. Vi har tolket dette til å omfatte *kraftforsyning og elektronisk kommunikasjon*, et område som Justis- og politidepartementet definerer å høre inn under kritisk infrastruktur; dvs. anlegg og systemer som er helt nødvendige for å opprettholde samfunnets kritiske funksjoner som igjen dekker samfunnets grunnleggende behov og befolkningens trygghetsfølelse⁵.

Kraftforsyningen er forskjellig fra de andre infrastrukturen som behandles i dette prosjektet da kommunene ikke har direkte påvirkning på infrastrukturen, men likevel må håndtere (deler av) konsekvensene som kan oppstå som følge av hendelser her.

Kraftforsyningen kan i grove trekk struktureres i to hovedfunksjoner. Den første er produktet energi (i hovedsak elektrisitet i Norge, men også noe produksjon av fjernvarme i enkelt større byer og tettsteder). Dette kan sammenlignes med andre varer og tjenester i samfunnet, slik som drikkevann, helsetjeneste og teletjeneste. Den andre hoveddelen består av den fysiske infrastrukturen som produserer og distribuerer elektrisk kraft eller fjernvarme til sluttbrukerne. Eksempler på dette er demninger, kraftstasjoner, transformatorer, kraftlinjer og rør til transport av varmt vann.

Kraftnettet deles ofte inn i tre nivåer:

- Sentralnettet er hovedveiene i kraftsystemet og knytter produksjon og forbruk i ulike deler av landet sammen. Sentralnettet omfatter også utenlandsforbindelsene, og har vanligvis spenningsnivå 300 – 420 kV.
- Regionalnettene har normalt spenningsnivå 33 – 132 kV og er bindeleddet mellom sentralnettet og distribusjonsnettene. Kraftkrevende industri og hoveddelen av kraftproduksjonen er knyttet til regionalnettene og sentralnettet.
- Distribusjonsnettene sørger normalt for distribusjon av kraft til sluttbrukere innen husholdninger, tjenesteyting og industri. Distribusjonsnettene har normalt spenninger på 11 – 22 kV, men kraften transformeres ned til 230 V for levering til vanlige kunder.

Det samlede linjennettet i Norge er omtrent 300 000 km. De fleste nettselskapene er helt eller delvis eid av en eller flere kommuner. Statnett SF, som eier om lag 87 % av sentralnettet, er eid av staten.

⁵ NOU 2006:6 *Når sikkerhet er viktigst*, se <http://www.regjeringen.no/nb/dep/jd/dok/nouer/2006/nou-2006-6/5/1.html?id=157439>

Kommuner og fylkeskommuner eier om lag 52 % av produksjonskapasiteten i Norge. Staten, gjennom Statkraft SF, eier om lag 36 % og private selskaper om lag 12 %. Kraftforsyningen er underlagt en rekke lover og forskrifter, i første rekke håndhevet av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) og Direktoratet for Samfunnssikkerhet og beredskap (DSB). NVE er underlagt Olje- og energidepartementet og har blant annet en sentral rolle i beredskapen mot flom og vassdragsulykker, leder den nasjonale kraftforsyningsberedskapen, og står for monopolreguleringen av nettselskapene. DSB er tilsvarende underlagt Justis- og politidepartementet. DSB forvalter blant annet tilsynet med kraftforsyningen gjennom "Lov om tilsyn med elektriske anlegg".

Samfunnet blir stadig mer avhengig av informasjonsteknologi, og er derfor mer og mer sårbart for manglende mobildekning eller brudd på datakommunikasjon. Noen enkle eksempler er kommunikasjon via telenett, mobilnett og datanett, men et slikt brudd vil også påvirke trafikkstyringssystemer og dermed avvikling av trafikal kommunikasjon (f.eks. tog og flytrafikk), kommunikasjon for å sikre sivil beredskap osv. Det er i tillegg en gjensidig avhengighet mellom kraftsystemet og de IT-systemer som benyttes for å styre og overvåke kraftsystemet.

Klimasårbarhet i dag

Innledning

Klima er en viktig faktor i all planlegging og drift av fysisk infrastruktur. Vi har alltid måttet tilpasse oss et tøft klima i Norge. Det nye i dagens debatt er at vi i tillegg risikerer å måtte tilpasse oss mer eller mindre ukjente *endringer* i klimaet. Samtidig er det klart at i mange sammenhenger har vi kanskje ikke gjort jobben godt nok i å tilpasse oss *dagens* klimatiske forhold. Et viktig stikkord her er "vedlikeholdsetterslep". Vi vil derfor belyse følgende spørsmål for kapitlene som gjelder fysisk infrastruktur: Hva vi vet om eventuell etterslep i vedlikeholdet; hvor "stort" er etterslepet; hvordan arter etterslepet seg (hva er det vi mer konkret ikke har gjort godt nok); og hvilke problemer ser vi som følge av dette eventuelle etterslepet. Det er viktig å avgjøre hvor sårbar samfunnet er i dag i forhold til dagens klima før vi går løs på diskusjonen om mulige tilleggsutfordringer knyttet til et framtidig endret klima. Kanskje er det slik at dagens sårbarhet er vel så stor som den tilleggsutfordringen morgendagens klima kan representere? I dette kapitlet skal vi derfor oppsummere foreliggende kunnskap om de utfordringene *dagens* klima gir når det gjelder kommunal og fylkeskommunal infrastruktur.

Arealforvaltning

Innledning

Omtalen er avgrenset til kunnskapsstatus om dagens sårbarhet for naturskade som er knyttet til lokalisering av fysisk infrastruktur og til jordbruksdrift. Forhold som gjelder vedlikehold og kvalitet på infrastruktur er behandlet under kapitlene om de ulike delene av infrastrukturen. Under sårbarhet for naturskade har vi delt omtalen inn i naturskadekategoriene flom, stormflo, skred og ras og vind/storm.

Med sårbarhet for naturskade forstår vi både naturlig sårbarhet i betydningen prosesser i naturen som for eksempel hyppighet av skred, og samfunnsmessig sårbarhet. Et eksempel på samfunnsmessig sårbarhet er andelen av bygninger som befinner seg i skredutsatte områder.

En del av den samfunnsmessige sårbarheten er institusjonell sårbarhet forstått som manglende evne til å gjennomføre tiltak for å tilpasse seg til klimaendringer ved ulike institusjoner, for eksempel som følge av uklare ansvarsforhold. Denne typen sårbarhet vil bli omtalt i kapitlet om tilpassing til klimaendringer.

Innenfor jordbruk er det også relevant å vurdere sårbarhet for dagens klima i et videre perspektiv enn det som gjelder naturskade. Utviklingen i næringen har trolig endret sårbarheten for dagens klima, for eksempel ved at det brukes tyngre utstyr som gjør innhøsting i nedbørrike perioder vanskeligere. Slike problemstillinger er behandlet i kapitlet om klimasårbarhet i morgen og knytter seg til landbrukets samfunnsmessige sårbarhet.

Materialet vi bygger på er delvis forskning om klimaendringenes betydning for naturskadesituasjonen, som i flere tilfeller har tatt utgangspunkt i og beskrevet sårbarheten for dagens klima. Noen av disse arbeidene har hatt spesiell fokus på fysisk infrastruktur. Annet materiale er naturfaglige forskningsprosjekter om naturskade som har fokusert på geofare, flom osv. Statistikk over utbetalinger fra Statens naturskadefond og Norsk naturskadepool, og Riksrevisjonens undersøkelse av myndighetens arbeid med å forebygge flom- og skredfare er andre viktige kilder.

Kunnskapsstatus om lokalisering av fysisk infrastruktur

To offentlige utredninger om sårbarhet de senere årene (NOU 2000:24 og 2006:6) har spesielt hatt fokus på sårbarheten for infrastruktur, men ikke spesielt knyttet til klimaendringer.

En viktig kilde for omtalen her er resultatene fra prosjektet Storm, skred, flom og oljeutslipp - ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid ("naturskadeprojektet") som var bestilt av KS og ble utført av Vestlandsforskning i samarbeid med Østlandsforskning, Norges Geotekniske Institutt og Universitetet i Stavanger (Groven mfl 2008). I prosjektet inngikk bl.a. en utredning om dagens sårbarhet for ulike naturskader. Resultatene er gjengitt i omtalen av de ulike naturskadekategoriene i det videre

Det er gjennomført flere kunnskapsoppsummeringer de senere årene som inneholder vurderinger av sårbarhet for naturskade i dagens klima. Den ene er et arbeid som Cicero og COWI gjorde for Nordisk Ministerråd i 2008, om betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming frem mot 2100 (Cicero og COWI, 2008). De gjennomgikk også naturskadesituasjonen i dag, og konkluderer med at det er orkaner og flom/oversvømmelser

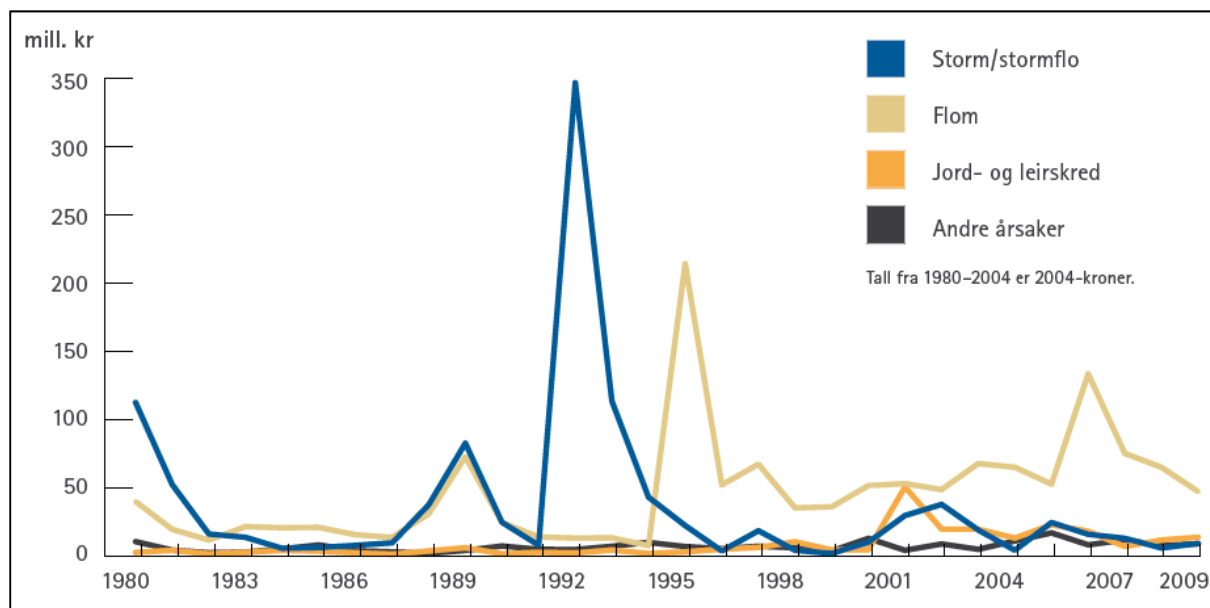
som forårsaker de største kostnadene i de nordiske landene dag, blant annet fordi dette er naturulykker som alle de nordiske landene er eksponert for og som inntreffer relativt regelmessig.

En kunnskapsoppsummering som Cicero, Vestlandsforskning og ECON Pöyry gjorde for Klimatilpassingsutvalget om konsekvenser av klimaendringer inneholder et eget kapittel om naturskade som også beskriver dagens situasjon (Aaheim mfl 2009).

Econ gjorde en vurdering for Statens Landbruksforvaltning om hva endringer i samfunnet vil bety for naturskadeordningen (Econ 2006). Studien ser på utviklingen 30 år tilbake og 30 år frem i tid for endringer i levekår, næringsgrunnlag og andre forhold som påvirker befolkningens sårbarhet for naturulykker. I følge Econ (2006) er urbaniseringen antakelig den enkeltfaktor som bidrar sterkest til å øke sårbarheten for naturskader, spesielt for flom og skredulykker, hovedsakelig fordi konsentrasjonene av mennesker, bygninger og andre objekter som kan bli skadet gjør at skadeomfanget blir større når en ulykke skjer. Videre har endringer i næringsstruktur, utvikling av infrastruktur og økt velstand endret vår sårbarhet for naturskader.

Statistikk over utbetalinger av erstatninger for naturskade gir et godt bilde av hvilke type naturskade som forårsaker de største skadene, hvilke type skade som oppstår og hvor. I Norge har vi en todelt ordning når det gjelder erstatning ved naturskade, som gir opphav til to ulike statistikker. Naturskade defineres i lovens forstand som skade på gjenstander som direkte skyldes skred, storm, flom, stormflo, jordskjelv eller vulkanutbrudd. I henhold til naturskadeforsikringsloven (Lov 1989-06-16 nr. 70) blir alle bygninger og løsøre som forsikres mot brannskader i private forsikringer, automatisk også forsikret mot naturskade. Ordningen administreres av Norsk Naturskadepool hvor alle skadeforsikringsselskaper i Norge er medlemmer. Naturskadeforsikringsloven omfatter ikke motorvogn, småbåter, skip og en del andre objekter. Erstatningen for disse avhenger av ordinære forsikringsdekninger. Erstatning på verdier som ikke kan brannforsikres (for eksempel veier og dyrket mark), dekkes gjennom Statens naturskadefond i henhold til Lov om sikring mot og erstatning for naturskader (Lov 1994-03-25 nr. 07). Loven dekker kun skade som følge av naturskader og dekker ikke skade som direkte skyldes lyn, frost eller tørke, nedbør eller isgang. Det samme gjelder skade som skyldes angrep av insekter, dyr, bakterier, sopp eller liknende (Aaheim mfl 2009).

De statelige naturskadeerstatningene finansieres med årlige bevilgninger over statsbudsjettet. Figur 1 viser utbetalingene over statens naturskadefond i perioden 1980 til 2009. De største naturskadeutbetalingene i perioden var etter orkanen på Nordvestlandet i 1992 og storflommen på Østlandet i 1995. Til sammen utløste disse hendelsene 405 millioner kroner i erstatninger fra Naturskadefondet. I henhold til Naturskadefondets årsrapport for 2009 ble 520 erstatningssaker, pluss 31 klagesaker behandlet i 2009. Totalt ble det tilkjent erstatning for 43,8 mill kroner (Statens naturskadefond, årsmelding 2009).



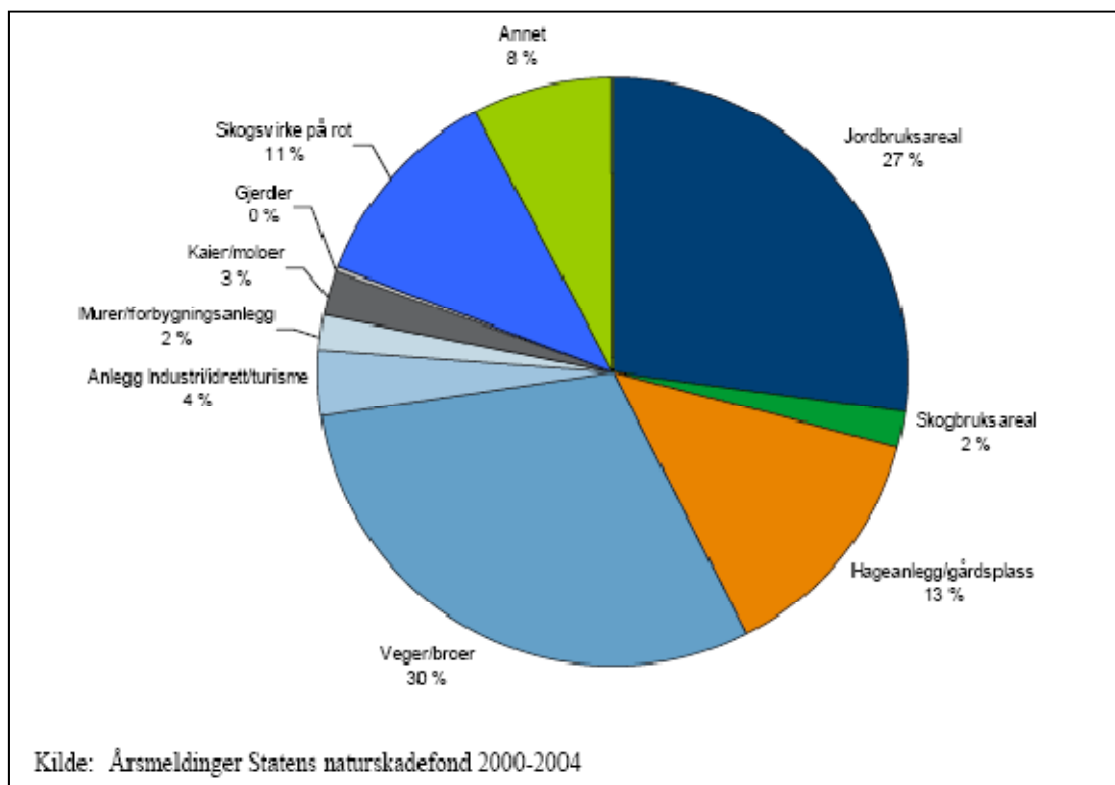
Figur 2 Årsaker til Naturskade 1980 – 2009 (Statens naturskadefond, årsmelding 2009)

Skadeårsak og hyppighet viser stor variasjon mellom landsdeler, fylker og kommuner. Statens naturskadefond undersøkte hvordan naturulykker/hendelser slo ut på erstatningsstatistikken i fem fylker for perioden 2000 til 2009. Tallene viser at flom utgjør omtrent like stor skadeårsak som alle andre årsaker til sammen. De fem fylkene

er fordelt over hele landet – med svært ulike klimasoner og topografi: Finnmark lengst i nord, sørlandsfylket Aust-Agder, byfylket Oslo, innlandsfylket Oppland og vestlandsfylket Møre og Romsdal.

Finnmark er i perioden nesten ikke berørt av naturskade som utløser erstatning etter naturskadeloven. En årsak kan, i følge statens naturskadefond, være at fylket har en arealbruk og byggestil som er tilpasset en røff natur. Oslo er et byfylke og ligger lite utsatt i forhold til tradisjonelle naturskadehendelser som f.eks. flom på de områder naturskadeloven dekker. Oppland har med ujevne mellomrom flommer knyttet til det store vassdraget i fylket, og lavtliggende arealer med bebyggelse og næringsvirksomhet. Møre og Romsdal ligger utsatt til for storm/stormflo og skredproblematikk, den store orkanen i 1992 rammet særlig dette fylket. Likevel ser vi at det over tid er flom som er den typiske skadeårsaken også i dette fylket (Statens naturskadefond, årsmelding 2009).

Ser vi på utbetalingene til naturskadeforsikring (Norsk Naturskadepool) er storm den naturskadetypen som utløser størst forsikringsutbetalinger i Norge, også når vi ser bort fra nyttårsorkanen i 1992, som ble omtalt som en hendelse med 200 års returperiode (Groven mfl 2008). Som det går fram av figuren under utgjør erstatning fra Statens naturskadefond for skade på broer og veier de største utbetalingene de fleste år. Er dette bare private veier? Den nest største posten er skade på jordbruksareal. Vi minner om at skade på bygninger ikke omfattes av Statens naturskadefond.



Figur 3 Fordelingen av erstatningsutbetalinger fra Statens naturskadefond på objekter. Gjennomsnitt 2000-2004 (gjengitt i ECON 2006)

Econ (2006) drøfter sårbarheten for blant annet transport- kraftforsyning og el-kommunikasjons- infrastrukturen. Når det gjelder veinettet mener ECON at utbyggingen av veinettet og den økte transportmengden av gods og mennesker gjort samfunnet mer sårbart for naturskader, ettersom det er flere veier og flere personer eller bedrifter som kan bli rammet. Samtidig vises det til Sårbarhetsutvalget (NOU 2000:24) som konkluderer med at vegnettet er robust i og med at det som regel finnes alternative veier hvis en strekning faller ut, for eksempel som følge av et skred. Det vegnettet som er mest sårbart er kyststamvegen og stamvegnettet i Nord-Norge ettersom vegene her ofte ligger i rasutsatte og værharde områder og ofte krysser fjorder og andre naturlige hinder. På disse stedene er omkjøringsmulighetene som regel meget begrensede, eller mangler helt. Utbyggingen av omfanget av veinettet i Norge i løpet av de siste 30 årene kan i seg selv ha gjort oss mer sårbare for naturskader, ettersom flere kilometer med vei i seg selv øker sårbarheten for flom, ras og andre naturskader. På den annen side kan de nye veiene være i bedre stand til å motstå naturskader enn de gamle.

Groven mfl (2008) peker på at økt avhengighet av hyppige og punktlig transport gjør oss mer sårbare for brudd og driftsforstyrrelser i samferdselssystemene. Større krav til framkommelighet kan også øke presset for å holde veger, jernbane og båtruter oppe, også i ekstremvær. Kritisk infrastruktur som kraftforsyning og elektronisk

kommunikasjon er ifølge Econ (2006) sårbar ettersom dagens samfunn er svært avhengig av at disse funksjonene fungerer som normalt. Samtidig er strukturen i norsk kraftforsyning og i elkom-sektoren slik at sårbarheten ikke vurderes som spesielt stor, til stor del avhengig av en desentralisert produksjon og forekomst av alternative nett mv. For den enkelte, en bedrift eller et lokalsamfunn kan imidlertid konsekvensene av et langvarig utfall av kraftforsyningen være betydelende.

Nedbør i form av regn er den vesentligste årsak til *flom*, men flom kan ha flere ulike årsaker. NVE deler inn ulike flomtyper etter snøflom, regnflom (enten etter langvarig regnvær eller etter skybrudd), isgangsflommer, jökullhlaup, flom som skyldes ras eller oppdemning og flom kombinert med stormflo (Roald 2007). De ulike typene av flom opptrer i ulike deler av landet og har ulike forløp. De store vårflommene kommer ofte gradvis, dekker ofte store områder og har gjerne stort volum. De skyldes snøsmelting ofte i kombinasjon med noe regn. I ytre strøk på Vestlandet, i Trøndelag og Nordland kan kraftige regnvær gi store vinterflommer (Roald 2007).

Nest etter storm/stormflo er det flom som utgjør de største samfunnsmessige kostnadene, både i Europa og i Norge. De fleste år er det flom som er den største skadeårsaken i Norge. Det var også tilfellet i 2009, da det ble tilkjent 25,8 mill. kroner i erstatning etter flomskader (Statens naturskadefond, årsmelding 2009). I tillegg til de økonomisk beregnede skadene kommer skader i form av angst og ubehag, forurensing og problemer med vannforsyning og fare for helseskade (NOU 1996:16). I nyere tid har Norge vært rammet av særlig store flommer i 1967, 1987 og 1995. Flommen på Østlandet i 1995 forårsaket 6.900 skader og utbetaling av 1.8 milliarder kroner i erstatning (Roald mfl 2007). Én person omkom (Aaheim mfl 2009).

Inngrep i vassdrag og utbygging i vassdragsnære områder kan både påvirke risikoen for flom og påvirke skadevirkningene av en flomsituasjon. Etter storflommen i 1995 tok NVE initiativ til et stort forskningsprosjekt om flom. Prosjektet HYDRA omfattet en rekke ulike prosjekter med ulike problemstillinger, og ble avsluttet i 2000 med sluttrapporten "Flommen kommer" (Eikenæs mfl 2000). Resultatene fra HYDRA når det gjelder menneskelig påvirkning i form av arealbruk, regulering, flomforebygging etc var at mange tiltak kan ha øket risikoen for flom. Andre tiltak, som vannkraftregulering har i mange tilfeller redusert flomtopper.

Et typisk eksempel på at menneskelig påvirkning har øket flomfaren er urban flom som skyldes at flater er asfaltert og dreneringsveier lagt i rør slik at både avrenningshastighet og avrenningsveier og kapasitet er ulikt det naturlige. Store deler av avløpsnettene fra boliger går sammen med dreneringsnett for overflatevann. En vesentlig del av skadene fra slike flommer kommer fra tilbakeslag fra avløpet inn i kjellere (Groven mfl 2008).

Utbygginger og anlegg nær vassdragene vil også medvirke til en flom forårsaker større økonomisk skade. I forbindelse med riksrevisjonen undersøkelse av myndighetens arbeid med å forebygge flom- og skredfare (Riksrevisjonen 2010) fikk NGI i oppdrag å utarbeide en oversikt over hvor mange bygg og personer det er i områder som NVE har kartlagt som utsatt for flomfare (flomsonekart). Flomsonekartleggingen omfatter de delene av de største vassdragene som har størst risiko for flomskade. Mindre elver og vassdrag er ikke dekket av den nasjonale kartleggingen.

Tabellene under viser en fylkesvis oversikt over hvor mange bygg og personer det er i områder som er kartlagt for 200-årsflom og 500 års flom per november 2008. Tabellene viser at det er flest bygg i flomsone på Østlandet, der en har kartlagt flest strekninger av vassdrag, og færrest i Aust-Agder og Troms. Det har ikke vært noen kartlegging i Oslo og Vestfold. Tabellen til venstre viser at det er over 7.500 bygninger og omkring 22.000 personer som er bosatte innenfor kartlagte flomsone for 200-årsflom. Bygninger i tabellen omfatter 6.298 boliger, 115 skoler, 34 sykehus, 380 fritidsboliger og 733 hotell. Hedmark er det fylket som har flest bygninger i kartlagte 200-års flomsone, og Buskerud har flest bosatte personer. I områder som er utsatt for 500-års flom øker antallet boliger med over 2.500, slik det framgår av tabellen til høyre. Det er over 10.000 bygninger og omkring 31.000 personer som bor innenfor kartlagte flomsone for 500-årsflom. Hedmark, Buskerud og Akershus vil bli spesielt hardt rammet av en 500 års flom.

I HYDRA-prosjektet ble skadene på veiene etter flommen i 1995 i Oppland og Hedmark vurdert (Eikenæs mfl 2000). Kostnadsdataene skiller ikke mellom riks- og fylkesveier, men det forventes at riksveiene er mer utsatt for skader, fordi dette er hovedårer som ofte er lagt i dalførene langs de store elvene. Fylkesveiene ligger ofte lenger vekk fra elva og er dermed mindre flomutsatt. På den annen side holder riksveiene en høyere standard slik at de er bedre egnet til å motstå erosjon og setninger. Fylkesveiene har svakere drenering og er mer sårbare for flomvann (omtalt i ECON 2006).

Tabell 2 Antall bygninger og bosatte personer innefor kartlagte områder for 200-års flom og 500 års flom (Riksrevisjonen 2010)

Fylke	Kor mange bygningar	Kor mange personar
Hedmark	1 402	3 323
Buskerud	1 313	4 222
Sogn og fjordane	848	2 177
Sør-Trøndelag	601	2 061
Telemark	516	1 696
Oppland	479	1 029
Akershus	477	1 567
Vest-Agder	466	1 722
Møre og Romsdal	372	768
Nord-Trøndelag	320	1 023
Finnmark	215	449
Hordaland	137	317
Rogaland	131	458
Nordland	125	314
Østfold	107	799
Troms	49	109
Aust-Agder	2	0
Totalt	7 560	22 034

Kjelde: Norges Geotekniske Institutt

Fylke	Kor mange bygningar	Kor mange personar
Hedmark	1 791	4 202
Buskerud	1 589	5 427
Akershus	1 475	5 565
Sogn og Fjordane	903	2 303
Sør-Trøndelag	801	2 633
Telemark	766	2 593
Vest-Agder	590	2 100
Oppland	550	1 212
Møre og Romsdal	469	1 087
Nord-Trøndelag	397	1 254
Finnmark	258	551
Nordland	168	382
Rogaland	164	563
Hordaland	144	331
Østfold	107	799
Troms	80	193
Aust-Agder	3	3
Totalt	10 255	31 198

Kjelde: Norges Geotekniske Institutt

Stormflo er ekstremt høy vannstand i sjøen, og oppstår som en kombinasjon av astronomiske / gravimetriske faktorer (springflo pga tidevannskreftene som månen og sola øver på sjøen) og meteorologiske faktorer (kraftig lavtrykk og oppstuvning av vann langs kysten pga. vind). De meteorologiske effektene dominerer særlig i Skagerakområdet og avtar nordover, der de gravimetriske komponentene dominerer. Høy vannstand utretter størst skade når det samtidig er grov sjø. Dette er en vanlig kombinasjon fordi fenomenet oppstår i forbindelse med sterke lavtrykk og vind, noe som gjenspeiles i navnet "stormflo" (Aaheim mfl 2009).

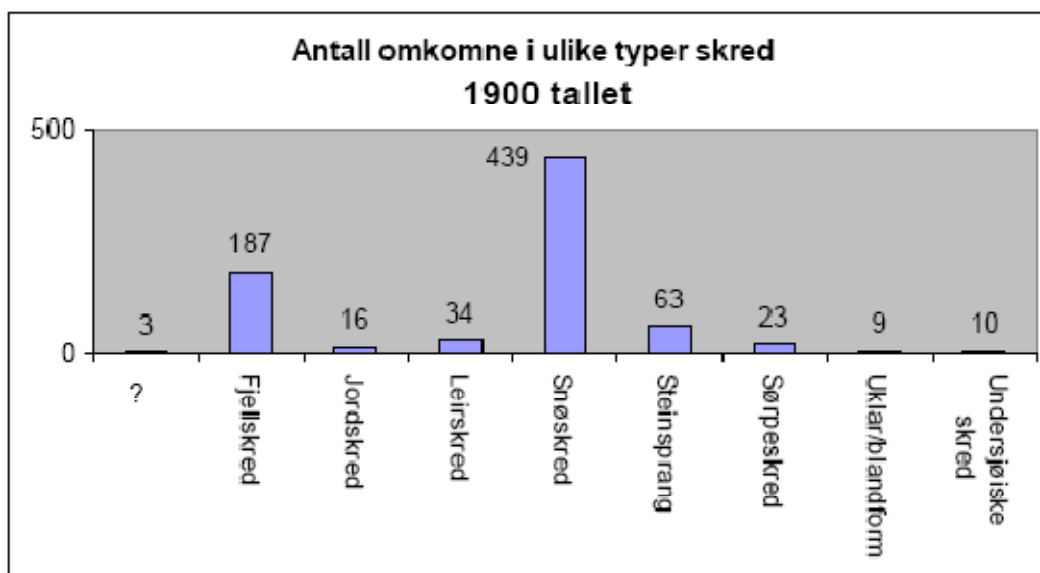
På grunn av bratt terreng langs kysten og få lavereliggende parti, er Norge lite utsatt for stormflo sammenlignet med mange andre land. Trass i at vi er relativt lite sårbare for forbigående ekstreme vannstands nivåer i Norge, er det mange historiske eksempler på at stormflo har gjort stor materiell skade og tatt menneskeliv (Aaheim mfl 2009).

Statens naturskadefond samler erstatningsutbetalingene til storm og stormflo i en kategori. Utbetalingene gjennom Norsk Naturskadepool i forbindelse med stormflo i perioden 1994-2006 viser store variasjoner fra år til år, ettersom det kan gå flere år mellom de alvorligste stormfloepisodene. I gjennomsnitt for perioden er det utbetalt vel 19 mill kr per år i naturskadeforsikring pga. stormflo, det vil si relativt beskjedne skadebeløp. Utbetalinger på nærmere 100 mill. kr i 2000, for en stor del knyttet til uværet Tora på Sørlandet og i Rogaland i oktober samme år, viser likevel at ødeleggelsespotensialet ved stormflo kan være stort (Groven mfl 2008). Samfunnsendringer som kan påvirke sårbarheten for stormflo er ifølge Groven mfl (2008) sentralisering som kan bety utbyggingspress på sentrumsnære arealer, bla sjønære tomter som kan være utsatte for havnivåstigning og stormflo. Det siste problemet forsterkes i seg selv av en tendens mot at befolkningen trekker mot sjøen, og at dette vil prege plasseringen av både boliger, fritidsbebyggelse og reiselivsanlegg.

Det er vanlig å dele skred inn i tre hovedkategorier; Snøskred, steinscred og løsmassescred som igjen er delt inn i underkategorier. Steinscred er fellesbetegnelse for fenomener der selve berggrunnen blir ustabil og kommer i bevegelse. Etter en skala fra små til svært store volumer, brukes betegnelse steinsprang, steinscred og fjellskred. (NGU mfl 2006).

I 2002 tok NGU initiativ til og ansvar for etablering og drift av Nasjonal skreddatabase, i faglig og økonomisk samarbeid med en rekke berørte direktorater. Her samles kjent informasjon om alle typer stedfestede historiske skred og risikoområder (herunder ustabile fjellparti). Det er etablert et eget nettsted med kartbasert innsyn i

databasen: www.skrednett.no. Kartinnsynet gir mulighet for stedfestet informasjon om konsekvenser av ulike typer skred for infrastruktur knyttet til samferdsel, bygninger og jordbruk. Fysisk infrastruktur er utsatt for skade fra alle de ulike hovedtyper av skred. I løpet av de siste 150 årene er det registrert omkring 2.000 dødsfall på grunn av skred i Norge (Jaedicke mfl 2009). I NGU mfl (2006) er det gjengitt statistikk over de 784 som omkom i løpet av 1900-tallet. Det var snøskred som tok livet av flest personer i hundreårsperioden fra 1900 – 2000, fulgt av fjellskred. For snøskredulykkene vedkommende skjedde de fleste store ulykkene i første halvdel av århundret, der bebyggelse ble rammet. Siden den tid er bosettingen i mange marginale og skredutsatte områder avviklet. Dette gjenspeiles i statistikken for 2. halvdel av århundret, der antall omkomne i snøskred mot bebyggelse viser en klar nedgang. Snøskredulykker i våre dager er i stor grad knyttet til friluftsliv, i tillegg til Vassdalen-ulykken som rammet under en militærøvelse i 1986. For fjellskredenes vedkommende, er dødstallene i all hovedsak knyttet til de tre ulykkene i Loen (1905, 1936) og Tafjord (1934) der de omkomne ble tatt av tsunamibølger. Statistikken viser videre at det var skred mot bebyggelse som tok flest liv i hundreårsperioden. Det omkom 445 mennesker i skred mot bebyggelse (57 %), 110 personer (14 %) omkom gjennom friluftaktiviteter, mens 49 personer (6 %) mistet livet pga. skred mot vei (NGU 2006). Basert på historiske data kan vi statistisk forvente 2-3 store fjellskred, 2-3 store leirskred og 3-4 store snøskred i løpet av de neste 100 årene (www.skrednett.no).



Figur 4 Antall omkomne i skredulykker, fordelt på skredtype (Nasjonal skredatabase, NGU, gjengitt i NGU mfl 2006)

I historisk tid har de virkelig store skredkatastrofene som er kjent fra Norge vært forbundet med kvikkleireskred (Midtre Gauldal i 1345, Verdal i 1893) og fjellskred med påfølgende flodbølger (Tjelle i 1759, Loen i 1905 og 1936, Tafjord i 1934) (Furseth 2006). I områder med marin leire kan det dannes kvikkleire når havsaltet som er med på å binde leiren sammen blir vasket ut over tid. Kvikkleire er meget ustabil og lett kan føre til katastrofale skred. I Norge har marin leire størst utbredelse i Trøndelag og på Østlandet, men er også vanlig mange steder i Nord-Norge og fins en del på Vestlandet og Sørlandet.

Ras kan starte av helt naturlige årsaker, men i våre dager er det oftest vi mennesker som forstyrrer den naturlige likevekten og lager forutsetninger for ras ved for eksempel oppfylling av masser, graving og økt tilførsel av vann. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har beregnet at 100.000 nordmenn bor i områder der det er fare for kvikkleireskred (Innbjør, 2008).

I følge NGU mfl (2006) utgjør fjellskred som setter opp en tsunami i trange fjorder den klart største trusselen for tap av menneskeliv og verdier i én enkelt naturulykke i Norge. De viser til de store fjellskredulykkene som førte til omfattende tsunami-skader i Loen og Tafjord i første halvdel av 1900-tallet der 186 mennesker mistet livet, og peker på at vi er langt mer sårbare for denne typen ulykker i dag. Etter den tid har samfunnsutviklingen i fjordene gått i retning av større konsentrasjon av bosetting og infrastruktur i strandsonen. Dette fører til at nye, uvarslede fjellskred vil føre til et skadeomfang som er mangedoblet i forhold til Tafjord og Loen. Arbeidet med Åknes/Tafjord-prosjektet har satt ny fokus på denne risikoen. Åknes-objektet synes i dag å være det

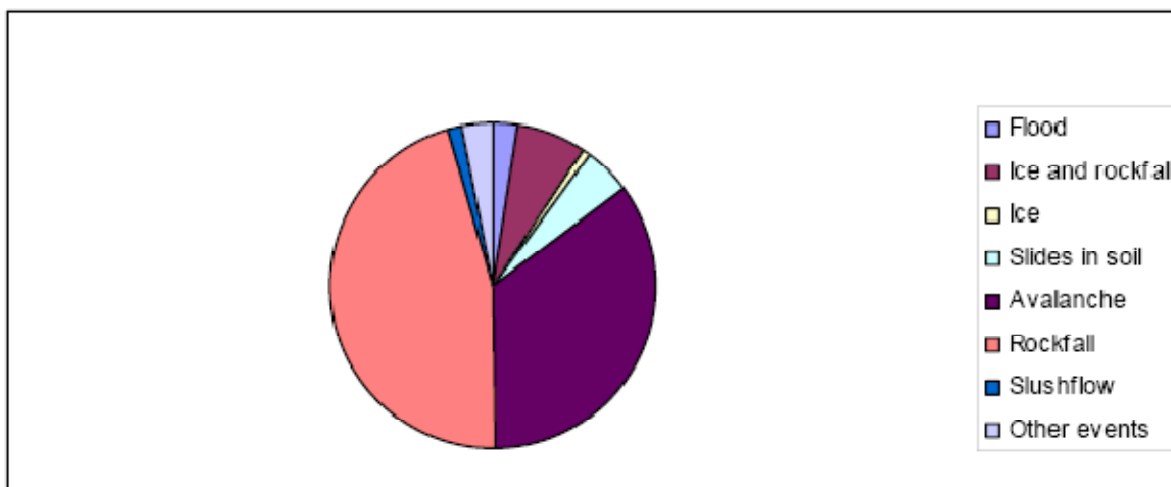
fjellskredobjektet som har det mest omfattende skadepotensialet i Vest-Europa, bortsett fra et mulig kollaps i vulkanen Vesuv med etterfølgende tsunami i Napolibukta (NGU mfl 2006).

En interdepartemental arbeidsgruppe, under ledelse av Landbruks- og matdepartementet, har sett nærmere på hvordan samfunnet bør møte utfordringen med store fjellskred som kan utløse flodbølger. Arbeidsgruppen var sammensatt av Norges geologiske undersøkelse (NGU), koordinator, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskapsplanlegging (DSB), Statens landbruksforvaltning (SLF), Statens vegvesen, Jernbaneverket og Statens kartverk. (NGU mfl. 2006). Utredningen behandlet behovet for å håndtere risiko for store fjellskred i Norge, og tilrådde bl.a. ytterligere kartlegging for å avdekke ustabile fjellparti og oppfølging med detaljundersøkelser og sikringstiltak i de områder som har størst skadepotensialet. Utredningen anslo at 10-15 objekter på landsbasis er forbundet med så stor risiko at det bør iverksettes omfattende overvåkings- og beredskapstiltak, evt. andre sikringstiltak, men understreket at det er stor usikkerhet knyttet til dette anslaget og at bare en systematisk kartlegging kan avklare dette nærmere.

Som en del av prosjektet GeoExtreme ble det gjort beregninger av risikoen som skred representerer ovenfor både materielle verdier og menneskeliv innenfor avgrensede områder i Norge (Kelman mfl. 2009). Beskrivelsen her er hentet fra Aaheim mfl (2009). Beregningene i prosjektet er gjort for dagens klima. Analysen omfatter et utvalg av områder som til sammen illustrerer de viktigste skredprosessene i Norge, nemlig Tromsdalen (snø, stein, løsmasse), Hjelledalen (snø, stein, løsmasse), Otta (stein, løsmasse) og Romerike (kvikkleire, grunne utglidninger). Resultatene tyder på at den økonomiske risikoen summert over alle områder og skredtyper tilsvarer et gjennomsnittlig årlig tap på om lag 5 millioner kroner. Dette inkluderer tap knyttet til strukturelle skader på alle typer bygninger, tap av innbo i boliger, samt skader og opprydding knyttet til vei. I følge beregningene finner vi det største forventede tapet i Tromsø. De tre andre områdene kommer relativt likt ut. Snøskred er beregnet til å representere den største økonomiske risikoen, etterfulgt av løsmasseskred og deretter grunne utglidninger i kvikkleireområder, mens kvikkleireskred og steinsprang gir de laveste forventede tapene. Kostnadene knyttet til skred på vei er nærmest ubetydelige i forhold til skader på bygninger, men tap i forbindelse med stengning av vei er ikke tatt med.

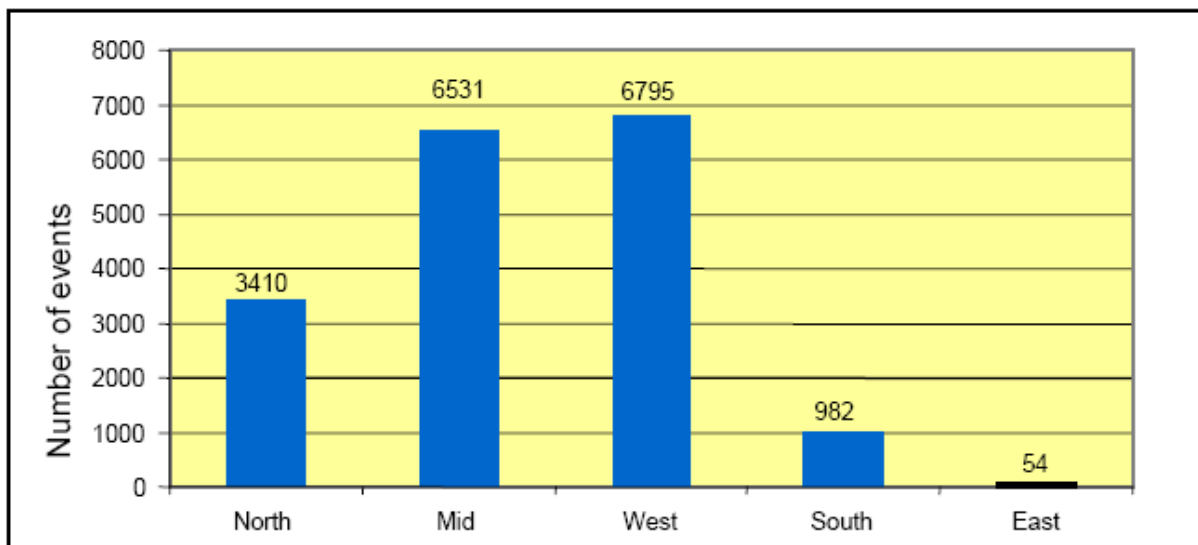
Også for menneskeliv tilsier resultatene at de høyeste forventede tapene er i Tromsdalen. Deretter følger Hjelledalen, Otta og Romerike. Snøskred dominerer resultatene enda mer enn for materielle skader, og etterfølges av løsmasseskred, steinsprang og kvikkleireskred. Det er kun personer i boligbygg som er tatt med i disse beregningene. Totalt for alle områder og skredprosesser tyder resultatene på at man kan forvente i gjennomsnitt ett dødsfall per to til tre år.

Statens vegvesen registrerer systematisk alle skredhendelser som forårsaker stenging eller nesten-stenging på den del av vegnettet de har ansvar for. Fylkes- og kommuneveger og private veier er ikke inkludert. De vanligste naturskadene som skaper problem for trafikksikkerhet og drift på det norske riksveinettet, er ifølge Petkovic og Larsen (2009) snøskred, steinsprang og flom.



Figur 5 Registrerte naturskader på hovedvegnettet i perioden 1975 – 2005 (Petkovic og Larsen, 2009)

På hovedvegnettet var det omkring 18.000 skredhendelser i perioden 1996 -2004, eller omkring 2 000 hendelser årlig.



Figur 6 Skredhendelser på det norske hovedveinettet mellom 1996 og 2004 fordelt på regioner (Etter Harila 2006, i Petkovic og Larsen, 2009)

Det er gjennomført to norske studier av kostnader knyttet til stenging av veier på grunn av skred. Bråthen mfl (2008) har studert 17 rasutsatte vegstrekniner og beregnet de årlige brukerkostnadene som følge av rasstenging. Analysen er begrenset til å omfatte de mest umiddelbare trafikantkostnadene knyttet til tids- og kjøretøykostnader ved omkjøring. Rapporten konkluderer med at brukrulempene på de 17 veistrekningene kan forsvare investeringer i rassikringstiltak på rundt 2 mrd kr.

Tretvik og Odeck (2004) studerte samfunnsøkonomiske konsekvenser av vegstengninger som følge av snøskred. Analysene inkluderte ulykkeskostnader, vedlikeholdskostnader, investeringskostnader og brukerkostnader. De konkluderer bl a med at brukerkostnadene knyttet til rasstengte veier varierer sterkt fra sted til sted som følge av varierende trafikkmengde og alternative rutevalg. Mange raspunkter ligger i griskrendte strøk med lite trafikk, noe som medfører at de aggregerte brukerkostnadene ved vegstengning mange steder er lave.

I kjenner ikke til undersøkelser av hvordan skred skader eller har skadet annen infrastruktur. Skred i fjordene kan true undersjøiske installasjoner som kabler og rørledninger (www.skrednett.no).

Riksrevisjonen (2010) ga NGI i oppdrag å utarbeide en oversikt over hvor mange bygg og personer det er i områder som NVE har kartlagt som ligger innenfor aktsomhetsområde for stein- og snøskred. Den fylkesvise fordelingen av bygninger som ligger innenfor de kartlagte aktsomhetsområdene (per november 2008) viser at det er flest bygg i i Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane og Nordland. Det er få områder som er kartlagt i Aust-Agder, Vest-Agder, Telemark, Oppland og Nord-Trøndelag. Av kartet går det fram at det ikke foreligger aktsomhetskart for Østfold, Akershus, Oslo, Hedmark, Buskerud og Vestfold, det vil si i 6 av 19 fylke. Tabellen under viser at over 40 000 bygninger ligger innenfor områder som er kartlagte aktsomhetsområder for stein- og snøskred. Vel 24 000 av disse er boliger der det bor rundt 72.000 mennesker. Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane er de fylkene med flest bygninger og innbyggere i aktsomhetsområder for stein- og snøskred. Omkring 60 % av de som bor i potensielt skredutsatte områder, bor i disse to fylkene. I tillegg til boliger omfatter bygningene i tabellen også 40 sykehus, 167 skoler, 15.135 fritidshus og 1.358 hotell.

Groven mfl. (2008) har gitt en oversikt over erstatningsutbetalingene ved *stormskader* og hvordan ulike typer av infrastruktur er utsatt for stormskader fra Norsk naturskadepool. Storm er den naturskadetypen som utløser størst forsikringsutbetalinger i Norge, også når vi ser bort fra nyttårsorkanen i 1992, som ble omtalt som en hendelse med 200 års returperiode. De årlige utbetalingene fra naturskadeforsikringen gjennom Norsk Naturskadepool til dekning stormskader i perioden 1994-2006 var i gjennomsnitt på 139 mill. kr fordelt på ca 4.000 skadetilfeller (34.000 kr per skade). Stormfelling av skog er blant de viktigste økonomiske konsekvensene av storm. Hadde statistikken blitt ført to år lenger tilbake i tid hadde bildet sett dramatisk annerledes ut, ettersom vi da hadde fått med skadene som fulgte av nyttårsorkanen som rammet kysten fra Hordaland til Nord-Trøndelag 1. januar 1992. Det året utbetalte Norsk Naturskadepool 1,29 milliarder kroner i erstatninger etter stormskader, dvs. ni ganger høyere enn snittet for perioden 1994-2006. (Groven mfl. 2008).

Tabell 3 Bygninger og bosatte personer innenfor områder som er kartlagt som aktsomhetsområder for stein- og snøskred (Riksrevisjonen 2010)

Tabel 4 Bygninger og busette personar Innanfor kartlagde aktsemdsområde for stein- og snøskred		
Fylke	Kor mange bygningar	Kor mange personar
Møre og Romsdal	12 051	23 224
Sogn og Fjordane	10 547	19 423
Nordland	5 391	8 108
Troms	4 959	9 645
Hordaland	3 975	6 455
Finnmark	1 191	2 937
Rogaland	1 180	1 305
Sør-Trøndelag	786	630
Vest-Agder	252	73
Telemark	193	142
Nord-Trøndelag	81	114
Aust-Agder	77	68
Oppland	75	29
Totalt	40 758	72 155

Kjelde: Norges Geotekniske Institutt

I følge samme rapport er byggskaider ved storm er i stor grad knyttet til fuktskaider som følge av skade på "klimaskjermen" (taktekking, bordkledning) som igjen baner veg for fukt som trenger inn i konstruksjonen. Stormskade på el-nettet oftest resultat av at vindfelte trær faller over kraftlinjene og fører til linebrudd og/eller kortslutning. Flygende gjenstander, som bygningsdeler, kan også gi slik skade. I ekstreme tilfeller vil sterk vind kunne føre til at master, festebolter mm gir etter. Linjebrudd og kortslutninger kan også være knyttet til ising og sjøsprøyt der ikke vind alene er skadeårsak. Vegtrafikk er sårbar for sterk vind, særlig på fjelloverganger og bruer. I tillegg til at kjøretøy kan blåse av vegen på utsatte partier, hemmes trafikken av at snøfokk og sjøsprøyt hindrer sikt (Groven mfl. 2008).

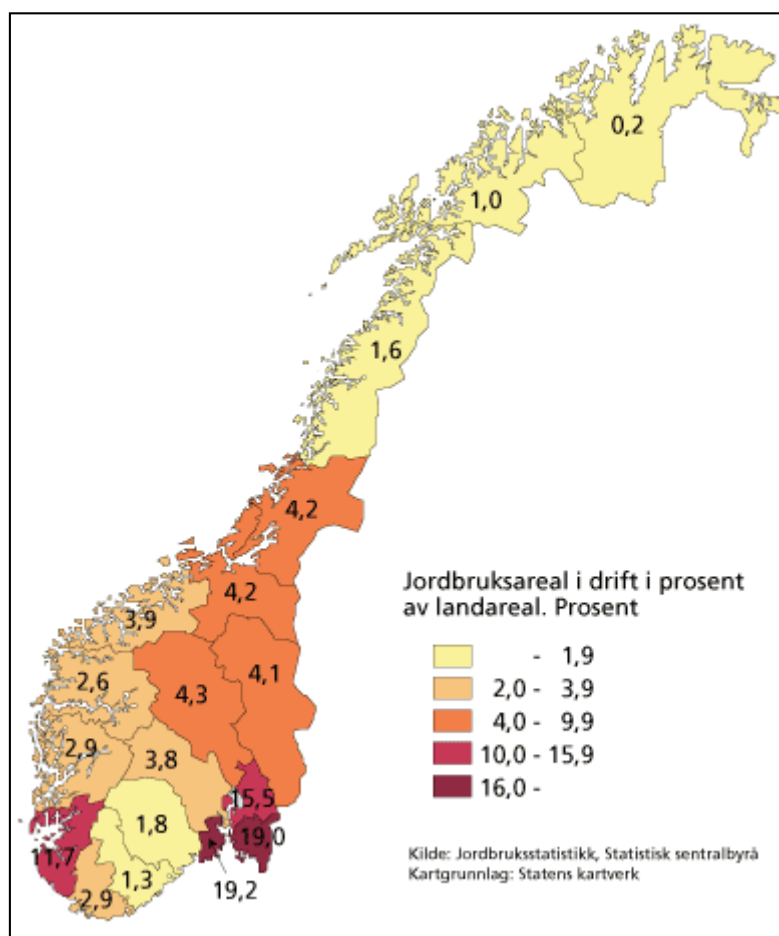
Konsekvensene ekstremvær kan ha på lokalsamfunn er belyst i en studie av sosioøkonomiske effekter av nyttårsorkanen på Nordvestlandet i 1992 (Teigland 2002). Studien hadde imidlertid ikke spesiell fokus på fysisk infrastruktur, men tok for seg 20 indikatorer som viste utviklingen innenfor demografi, sysselsetting, offentlig sektor, privat sektor og visse næringer (skogbruk, reiseliv og varehandel) i de 30 mest berørte kommunene. For de valgte indikatorene er det registrert svært få virkninger av orkanen. Påviselige effekter avgrenser seg i hovedsak til skogbruket. En viktig grunn til at orkanen ikke fikk større samfunnsøkonomiske konsekvenser til tross for betydelige samlede skadebeløp, er at de store skadene berørte en begrenset del av innbyggerne og at den robuste økonomien var i stand til å absorbere virkningene. Gode naturskadeerstatningsordninger og ekstra statlige bevilgninger gjorde sitt til at effektene av orkanen ble svært begrenset i forhold til andre endringsprosesser i kommunene.

Som for andre naturskadekategorier kan samfunnsutviklingen, ikke minst gjennom lokalisering av fysisk infrastruktur påvirke sårbarheten for storm. Vi kjenner ikke til undersøkelser om hvor stor andel av bygninger og annen fysisk infrastruktur som er lokalisert slik at de er utsatt for vind og stormskade, eller om andelen vindeksponert infrastruktur har endret seg.

Kunnskapsstatus forvaltning av dyrka og dyrkbar jord

Jordbruksarealene i Norge utgjør bare 3,4 % av fastlandsarealet i Norge og begrenses av en rekke faktorer; først og fremst at mye av arealet i Norge ligger så høyt over havet at vekstsesongen er for kort, men også av terrengforhold og tynt jorddekke (Rognstad og Steinset, 2008). Klimaet gir gunstige nedbørsforhold, men langs kysten fra Vestlandet og nordover kan mye nedbør i innhøstingsperioden begrense hvilke vekster som kan dyrkes (Rognstad og Steinset, 2008). Viktige jordbruksdistrikter kan være utsatt for forsommertørke. Det kjølige klimaet virker gunstig inn på forekomsten av plantesykdommer og skadedyr, men begrenser hvilke vekster som kan dyrkes i ulike deler av landet. I følge Statistisk sentralbyrå var det i 2006 omtrent 190.000 landbrukseiendommer i Norge. Av disse var 56 % kombinerte jord- og skogeiendommer, 37 % var jordbrukseiendommer uten produktivt

skogareal, og 6 % var skogeiendommer uten jordbruksareal (Rognstad og Steinset, 2008). Til sammen har ca 450.000 personer fast bosetting på eiendommene, noe som tilsvarer snaut 10 % av Norges befolkning.



Figur 7 Jordbruksareal i drift, i prosent av landareal i alt, etter fylke (<http://www.ssb.no/jordbruk/>)

Vi har ikke funnet noen studier som systematiserer hvilken sårbarhet norsk jordbruk har for naturskade etter dagens klima. I tillegg de naturskadeårsakene vi har omtalt under omtalen av infrastruktur, kommer tørke i tillegg når det gjelder jordbruk. Det meste av landet har i normale år nok nedbør til å unngå betydelige tørkeskader, men for eksempel nordre Gudbrandsdalen har så lite nedbør at vanning av jordbruksarealet har vært drevet i generasjoner. Videre forekommer forsommertørke relativt ofte på Østlandet. Ellers er jordtype og vekst som dyrkes, viktig for vannbehovet. For grønnsaker og poteter der kvaliteten på avlingen er avgjørende for det økonomiske resultatet, er det viktig med mulighet for vanning. Fram til begynnelsen av 1990- tallet ga staten tilskudd til bygging av vanningsanlegg. I 2007 ble det på jordbruksbedriftene registrert 1,176 millioner dekar jordbruksareal som kunne vannes med eksisterende anlegg. I 2006 utgjorde jordbruksareal som faktisk ble vannet, 564 000 dekar (Rognstad og Steinset, 2008).

Erstatning for skade på jordbruksarealer var den nest største skadeutbetalingen fra Statens naturskadefond i 2009. Vel 12 mill kroner gikk til utbetaling for dette formålet, mens veier og broer, som var den største utgiftsposten, fikk vel 22 mill kroner (Statens Naturskadefond 2009). I gjennomsnitt for perioden 2000-2004 utgjorde skade på jordbruksareal 27 % av skadeutbetalingene (ECON 2006). Tørkeskade omfattes ikke av erstatningsordningen. Det er i hovedsak flom som er årsak til skade på jordbruksareal, og skadene består i avlingstap, erosjon og sedimentering. (ECON 2006). Jordforsk utarbeidet en rapport om skader på jordbruksarealer langs Glomma og Gudbrandsdalslågen etter flommen i 1995 (Øygarden, mfl 1996).

Endrede driftsformer i jord- og skogbruk kan ha påvirket sårbarheten for naturskader. Fra 1950-årene og framover har jordbrukspolitikken stimulert til kornproduksjon i de områdene av landet som har klima og topografi som er egnet til korn dyrking («kanaliseringspolitikken»). Dette gjelder det sentrale Østlandet og rundt Trondheimsfjorden. Det meste av produksjonen av melk og kjøtt fra husdyr som storfe, sau og geit (grovføretende husdyr) foregår i kysten av Trøndelag og i Nord-Norge. Parallelt med spesialiseringen mellom distrikter har det skjedd en spesialisering i den enkelte jordbruksbedrift. For en generasjon siden hadde de fleste bedrifter flere husdyrslag og

dyrket flere vekster. Mange jordbruksbedrifter har nå sluttet helt med husdyr, eller har bare ett slag. Også i planteproduksjonen har det skjedd en spesialisering i retning av én eller få vekster, delvis har dette sammenheng med endringene i husdyrholdet. Jordbruket har videre gjennomgått en omfattende mekanisering og effektivisering i løpet av de siste 50 årene (Rognstad og Steinset, 2008).

I følge Econ (2006) er det svært få analyser som har vurdert spørsmålene omtalt over. Econ drøfter spørsmålet hovedsakelig med utgangspunkt i resultater fra HYDRA (2000), sluttrapporten fra et stort forskningsprogram om flom. I følge Econ (2006) er det vanskelig å trekke noen entydige konklusjoner med hensyn til om jordbruk og skogbruk er blitt mer eller mindre sårbare overfor naturskader de siste 30 årene, ettersom ulike utviklingstrekk trekker i ulike retninger, og forholdene vil variere betydelig lokalt. Av utviklingstrekk som peker i retning av redusert sårbarhet peker de på at økt skogvolum kan ha dempet flom og effektene av dem. Utviklingstrekk som kan ha økt sårbarheten er en del nydyrking i flomutsatte arealer og økt bakkeplanering som kan ha økt risikoen for flommer. Mye tyder imidlertid på at endringene i løpet av de siste 30 årene totalt sett har vært marginale, selv om de kan ha vært betydelige enkelte steder. Selv om driftsformene i jordbruket er betydelig endret blant annet gjennom overgang fra beiteland til korndyrking på det sentrale Østlandet, er sårbarheten neppe særlig økt som følge av dette. Econ (2006) konkluderer med at utviklingen i jordbruk og skogbruk de siste 30 årene antakelig har gitt marginalt mindre sårbarhet for naturskade.

Konklusjon

Kunnskapsgjennomgangen viser at fysisk infrastruktur i store deler av landet er utsatt for naturskade som følge av flom og/eller skred, storm og stormflo ved dagens klima. De fleste år er det flom som er den største skadeårsaken i Norge, men skader etter storm kombinert med stormflo er det som har gitt de høyeste erstatningene. Det er store geografiske forskjeller når det gjelder hvilke områder som er særlig utsatt for ulike typer naturskade.

Østlandet utsettes med ujevne mellomrom for flommer knyttet til de store vassdragene og mange områder er sårbare for kvikkleireskred. Hedmark er det fylket som har flest bygninger i kartlagte 200-års flomsoner, og Buskerud har flest bosatte personer. Hedmark, Buskerud og Akershus vil bli spesielt hardt rammet av en 500 års flom (Riksrevisjonen 2010). Midt-Norge er utsatt for kvikkleireskred og særlig Sør-Trøndelag for flom. En relativ stor andel av skredhendelser på riksvegnettet forekommer i regionen, men det er ikke spesielt mange som bor i områder kartlagt som aktsomhetsområde for skred. Vestlandet ligger utsatt til for storm/stormflo og skredproblematikk, men er også utsatt for flomskader. Møre og Romsdal og Sogn og Fjordane er de fylkene med flest bygninger og innbyggere i aktsomhetsområder for stein- og snøskred. Omkring 60 % av de som bor i potensielt skredutsatte områder, bor i disse to fylkene. Nord-Norge: Nordland og Troms er utsatt for mange av de samme naturskadene som vestlandsfylkene, men store deler av Finnmark fremstår som lite utsatt for naturskade.

Mange trekk ved samfunnsutviklingen har påvirket hvor sårbart samfunnet og infrastrukturen er for naturskade. De økonomiske konsekvensene av naturulykker har øket som følge av at vi har en mer omfattende fysisk infrastruktur i dag enn tidligere. Dessuten er store deler av infrastrukturen mer verdifull enn tidligere, for eksempel har øket velstandsnivå resultert i boliger med større økonomisk verdi. På den andre siden gjør øket rikdom at vi kan bruke flere ressurser på å sikre oss mot naturskade. Lokalisering av fysisk infrastruktur til utsatte områder, som langs flomutsatte elver og i strandsoner som kan være utsatt for flodbølger og stormflo har øket sårbarheten. I følge Econ (2006) er urbaniseringen antakelig den enkeltfaktor som bidrar sterkest til å øke sårbarheten for naturskader, spesielt for flom og skredulykker, hovedsakelig fordi konsentrasjonene av mennesker, bygninger og andre objekter som kan bli skadet gjør at skadeomfanget blir større når en ulykke skjer. Hovedinntrykket er at sårbarheten for naturulykker har øket, men enkelte utviklingstrekk har virket i motsatt retning.

Samfunnsutviklingen, først og fremst urbaniseringen, har øket sårbarheten ved at skadeomfanget vil bli større når en ulykke skjer (Econ 2006), og fordi arealpress i byene og tendensen til å trekke bebyggelse mot sjøen gjør en større andel boliger utsatt for naturskade (Groven mfl, 2008). Samfunnsutviklingen i fjordområder har gått i retning av større konsentrasjon av bosetting og infrastruktur i strandsonen. Dette øker sårbarheten for store fjellskred med påfølgende tsunamier (NGU 2006). På den andre siden har sårbarheten for snøskred mot bebyggelse avtatt i løpet av 1900-tallet fordi en del marginal og skredutsatt bebyggelse er avviklet (NGU mfl 2006). Økt skogvolum og vassdragsreguleringer kan for eksempel ha dempet flom (Econ 2006).

Skade på *jordbruksareal* utgjør en betydelig andel av utbetalingene fra Statens Naturskadefond. I gjennomsnitt for perioden 2000-2004 utgjorde skade på jordbruksareal 27 % av skadeutbetalingene (Econ 2006). Det er lite kunnskap om hvordan samfunnsutviklingen generelt og de omfattende endringene i jordbrukets driftsformer har påvirket sårbarheten for naturskade i jordbruket. En vurdering basert i hovedsak på risiko for flom konkluderer

med at selv om driftsformene i jordbruket er betydelig endret har utviklingen i jordbruk og skogbruk de siste 30 årene antakelig har gitt marginalt mindre sårbarhet for naturskade (Econ 2006).

Referanser

- Bråthen, S. et.al (2008): Samfunnsøkonomisk verdi av rassikring. Noen beregninger knyttet til verdi av å unngå stengte veier. Rapport 0801. Molde: Møreforskning
- Cicero og COWI 2008. Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming. TemaNord 2008:507. Tilgjengelig på <http://www.cicero.uio.no/media/6168.pdf>.
- Econ 2006: Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen? Rapport 2006-085
- Eikenæs, O.; Njoes, A.; Oestdahl, T.; Taugboel, T. (eds) (2000): Flommen kommer... Sluttrapport fra HYDRA – et forskningsprogram om flom.
- Furseth, A., (2006). Skredulykker i Norge. Tun Forlag, Oslo.
- GeoExtreme, (2006). The 'GeoExtreme' Project, Status Report Jan. 2005-Sept. 2006, Project no.164885/S30 of the Research Council of Norway – RCN.
- Groven, K., H. H. Leivestad, mfl. (2008). Naturskade i kommunene. Sluttrapport fra prosjekt for KS. Vestlandsforskning-rapport nr. 4/2008. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Hanssen-Bauer, I., H. Drange, et al. (2009). Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing. Oslo, Norsk klimasenter.
- Innbjør (2008); Risikoanalyser i klimaendringenes tid, Publisert i Kommunal Rapport 17. april 2008
- Jordverngruppa 2008: Klimaskifte for jordvernet. Rapport fra jordverngruppa, overrakt Landbruks- og matdepartementet 08.01.08. Tilgjengelig på http://www.regjeringen.no/upload/LMD/Vedlegg/Brosjyrer_veiledere_rapporter/Rapport_Klimaskifte_for_jordvernet_korrigert140108.pdf
- Knutsen, H.(red.) 2009: Utsyn over norsk landbruk - Tilstand og utviklingstrekk 2009. Norsk Institutt for landbruksøkonomisk forskning. Tilgjengelig på <http://www.nilf.no/Publikasjoner/Utsynet/Bm/2009/UtsynetInnhold2009.shtml>
- Norges geologiske undersøkelse, Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Statens landbruksforvaltning, Statens vegvesen, Jernbaneverket og Statens kartverk (2006): Store fjellskred i Norge. Utredning for Landbruks- og matdepartementet. Tilgjengelig på http://www.regjeringen.no/upload/kilde/lmd/rap/2006/0004/ddd/pdfv/295307-fjellskred_i_norge2.pdf
- NOU 1996:16 "Tiltak mot flom"
- NOU (2000:24): Et sårbart samfunn, Justis- og politidepartementet.
- NOU (2006:6): Når sikkerhet er viktigst, beskyttelse av landets kritiske infrastruktur og kritiske samfunnsfunksjoner, Justis- og politidepartementet.
- Petkovic, G. and J. O. Larsen (2009). Climate Change – A Challenge for Norwegian Roads. Transportation Research Board 88th Annual Meeting. Washington, D.C.
- Riksrevisjonen 2010: Riksrevisjonens undersøkelse av myndighetens arbeid med å forebygge flom- og skredfare. Dokument 3:4 (2009–2010)
- Roald , L.2007: :Flom – ekstrem nedbør og konsentrert snøsmelting. Foredrag på fagmøte for NorACIA i CIENS 25.september 2007. Tilgjengelig på <http://acia.npolar.no/fagmoter/lars-a-roald-nve>
- Rognstad og Steinset, 2008: Landbruket i Norge 2007. Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig på http://www.ssb.no/emner/10/04/sa_landbruk/landbruk2007/kap2-jordbruk.pdf
- Kelman, Ilan, Bård Romstad and Håkon Sælen, 2009. Slip Slidin' Away: GIS-Based Risk Analysis for Landslides and Avalanches in Norway. Earthzine, (2009/01/27)
- Statens naturskadefond,2009: Årsmelding 2009
- St.meld. nr. 42 (1996-97) "Tiltak mot flom"
- Teigland, J. (2002). Sosioøkonomiske effekter av ekstremt vær i Norge - en studie av effekter i tid og rom av nyttårsorkanen 1992. VF-rapport 7/2002 . Sogndal, Vestlandsforskning.
- Tretvik, T. og J. Odeck (2004): The Challenges of Avalanches: Can their Impacts be Benefit-Cost Analysed? Paper presentert på AET European Transport Conference

www.skrednett.no Øygarden, L., Eggestad, H.O., Standring, W.J.F., Goffeng, G. & Vagstad, N. (1996) Flommen i 1995. Skader på jordbruksarealer langs Glomma og Gudbrandsdalslågen (The flood in 1995. Damage to agricultural areas along the Glomma and Gudbrandsdalslågen Rivers). Jordforsk rapport. 40 p. Jordforsk, Ås. ISBN 82-7467-185-6.

Bygg

Innledning

Stoffet som gjennomgås i dette kapitlet er samlet under temaene endringer i plan- og bygningsloven, klimapåkjenning og byggskaader, og etterslep i vedlikehold. Klimapåkjenning og byggskaader, og etterslep i vedlikehold er områder der det foreligger relativt mye forskningsrapporter og utredninger i Norge. Det vises videre til en rapport der det er utviklet en metode for å beregne hvordan dagens klimapåkjenninger og endringer i klimapåkjenningene vil påvirke den eksisterende bygningsmassen ift et gitt klimascenario.

Endringer i plan- og bygningsloven og ny teknisk forskrift

I den nye plan- og bygningsloven (MD, 2008) som trinnvis er gjeldende fra 1.7.09, 1.7.10 og 1.7.11, er det kommet inn krav til kommunal utvikling av risiko og sårbarhetsanalyse. Utover denne endringen er det ingen store endringer i loven som har relevans til klimaendringer og tilpasning av bygget miljø. I den nye tekniske forskriften om krav til byggverk (TEK 10: KRD, 2010) er kravene relatert til sikkerhet mot naturpåkjenninger noe utvidet, ift TEK 07 (KRD, 1997), og krav relatert til fukt (fukt fra grunnen, overflatevann og nedbør) er tydeligere spesifisert enn tidligere. Det er sannsynlig at dette styrker ivaretagelsen av klimapåkjenning på bygget miljø.

Klimapåkjenning og byggskaader

Norsk klima stiller store krav til plassering og utførelse av bygg. Lokal byggeskikk varierer fra sted til sted, og dette er i høy grad resultat av tilpasning til de store klimatiske variasjonene langs aksene kyst - innland, sør - nord og lavland - høyfjell. Dagens klimapåvirkning på bygningsmassen kommer klarest til uttrykk gjennom det store omfanget av byggskaade, som for en stor del oppstår ved at fukt trenger inn i konstruksjonen. Selv om ytre krefter som nedbør og vind utløser skadene, oppstår problemene oftest som følge av at huset er uheldig plassert eller har innebygde feil. Under følger en gjennomgang av norsk faglitteratur om klimapåkjenning og klimarelaterte skader på norske bygg under dagens klimatiske forhold.

Boka "Klimatilpasning av bygninger" (Lisø and Kvande 2007) presenterer hovedresultatene fra Klima 2000, et forskningsprosjekt i regi av SINTEF Byggforsk i perioden 2000-2007. Her blir det bl.a. gjort rede for de viktigste typene klimapåkjenninger bygningsmassen utsettes for, som vind, nedbør, slagregn, råte, frost, ising og snølast. Det pekes på at klimavariasjonene mellom ulike deler av landet er nedfelt i dimensjonerende laster gitt i NS 3491 for snø- og vindlast og for temperaturendringer, mens det ikke eksisterer noen tilsvarende lastinndeling eller prosjekteringsmetodikk når det gjelder dimensjonering mot fuktproblemer. Flere studier under Klima 2000 har tatt utgangspunkt i denne mangelen, bl.a. ved å dele inn landet i ulike soner basert på slagregnmengde, råtefare i utvendige trekonstruksjoner og fare for frostnedbryting av teglmurverk. Dette er arbeider som har gitt grunnlag for nye og reviderte anvisninger i Byggforskserien, det mest brukte kunnskapssystemet i byggenæringen. Lisø og Kvande (2007) gir bred omtale av byggskaader med bakgrunn i SINTEF Byggforsks byggskaadearkiv.

SINTEF Byggforsk har estimert at prosessforårsakete byggskaader i gjennomsnitt koster 4 % +/- 2 % av byggevirksomhetens netto produksjonsverdi (Ingvaldsen, 2008). Ot.prp. nr. 45 (2007-2008) "Om lov om planlegging og byggesaksbehandling" peker på at begrepet "byggfeil og byggskaader" er vanskelig å definere og tallfeste, og at SINTEF Byggforsks tall for byggskaade må betraktes som et omtrentlig overslag (Kommunal- og regionaldepartementet 2008:111). Uansett må det kunne slås fast at byggskaader årlig legger beslag på store økonomiske ressurser i både privat og offentlig sektor, og at mange av disse skadene er klimarelaterte.

Lisø mfl. (2006) gir en analyse av byggskaadearkivet ved SINTEF Byggforsk. Registeret omfatter vel 2.400 skadetilfeller for tiårsperioden 1993-2002, og av disse tilfellene gjelder 66 % skade på tak og/eller yttervegger, det som på fagspråket omtales som klimaskjermen til huset. 76 % av skadene gjelder fukt. I mange tilfeller er det snakk om gjentatte byggefeil, som vitner om mangelfull innsikt og manglende erfaringsoverføring. Artikkelen konkluderer med at studien støtter tidligere funn som viser at bygningsbransjen i for liten grad er i stand til å lære av sine feil og at erfaringsutvekslingen i bransjen er for dårlig. Studien av byggskaadearkivet er en god illustrasjon på at selv om vi lever i et land der klimaet setter bygningsmassen på store prøver, er problemene

klimapåvirkningen medfører for norske huseiere for en stor del resultat av dårlig planlegging, prosjektering, utførelse og vedlikehold av hus.

Kommunal- og regionaldepartementet la i 2009 fram en miljøhandlingsplan for bygg- og boligsektoren under tittelen Bygg for framtida (Kommunal- og regionaldepartementet 2009). Handlingsplanen er styringsinstrument for miljøsatsingen i sektoren, og gjelder for perioden 2009-2012. Planen dreier seg i hovedsak om reduksjon av klimagassutslipp og andre miljøbelastninger fra bygg- og boligsektoren. I siste kapittel "Tverrgående temaer som påvirker miljøtilstanden" er det tatt med et punkt om klimatilpasning, der det gis en summarisk oversikt over offentlig innsats på området.

SINTEF Byggforsk har utarbeidet en metode for klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge (Øyen mfl., 2010) der man har gjort tellinger på hvor mange av dagens bygninger i Norge som er utsatt for forskjellige klimapåkjenninger etter et utvalg klimaparametre. Tellingene er basert på klimadata for normalperioden 1961-90 (nåsituasjon) og scenarioperioden 2071-2100 (situasjonen år 2100), og bygningsinformasjon fra Matrikkelen (tidl. GAB-registeret). I prosjektet har man vurdert konsekvenser av klimaendringer og anbefalt tiltak for å redusere konsekvenser for bygget miljø på landsbasis, relatert til klimaparametre som råterisiko (kombinasjon av fuktighet og temperatur), årsmiddeltemperatur, graddagstall, snølast, våt vinternebbør, sesongnedbør, vind, slagregn, frost, permafrost, flom og havnivåstigning. Risiko for råteskader er "klimaparametere" det er gjort mest omfattende beregninger for. Rapporten gir en overordnet beskrivelse på nasjonalt nivå av hvordan dagens bygningsmasse er plassert på kartet i forhold til klimasoner innen de parametrene det er gjort beregninger for. Det er også gjort eksempelstudier et utvalg fylker. Rapporten viser hvordan denne type informasjon kan gjøres tilgjengelig også for bygningsmassen på kommunenivå (Almås mfl., 2010).

Etterslep i vedlikehold

Det har vært stor oppmerksomhet knyttet til etterslep i vedlikehold av kommunale og fylkeskommunale bygg i løpet av det siste tiåret, noe som har resultert i flere forskningsrapporter, en offentlig utredning og bruk av statlige virkemidler. Temaet er relevant i denne sammenhengen fordi bygninger som er dårlig vedlikeholdt vil være mer sårbare for klimarelaterte skader enn bygninger der vedlikeholdet er godt. Under vil vi referere resultater fra fire undersøkelser om vedlikehold av kommunale og fylkeskommunale bygninger: En spørreundersøkelse som Eiendomsforvaltningsutvalget gjennomførte i 2004, en beregning av vedlikeholdsetterslep i Nord-Trøndelag fra 2004 i regi av Forum for offentlige bygg og eiendommer (FOBE), en kartlegging utført av Multiconsult i 2008 og rapporten "State of the nation" som Rådgivende Ingeniørers Forening (RIF) publiserte i 2010. I tillegg til disse arbeidene har Eiendomsforvaltningsutvalget fått laget en omtale av sju andre rapporter fra perioden 2001-2003, tre av disse utgitt av Multiconsult. Vi har valgt å gi en framstilling av nyere arbeider og viser til kapittel 7.1.1 i NOU 2004:22 for en gjennomgang av de noe eldre undersøkelsene.

Eiendomsforvaltningsutvalget utarbeidet NOU 2004:22 "Velholdte bygninger gir mer til alle" (Kommunal- og regionaldepartementet 2004). Utvalget gjennomførte en spørreundersøkelse blant alle landets kommuner og fylkeskommuner av hvordan den administrative ledelsen vurderte tilstanden til den enkelte kommunens bygningsmasse, basert på en firedelt skala. Man registrerte et gjennomsnittlig nivå for fire bygningskategorier (skolebygninger, helsebygninger, kirkebygninger og øvrige bygninger) med hensyn til funksjonalitet, bygningsmessig tilstand, inneklima og tilgjengelighet. Andelen kommuner som ga positiv vurdering av bygningsmessig tilstand (dvs. god/tilfredsstillende eller meget bra tilstandsvurdering) var 90 % for helsebygninger, 67 % for skolebygninger, 59 % for kirkebygninger og 53 % for øvrige bygninger. Fylkeskommunene vurderer bygningsmassen sin å være noe bedre i stand enn det kommunene gjør. 12 av de 17 fylkeskommunene som har svart, dvs. 71 %, gir en positiv vurdering av bygningsmessig tilstand ved de videregående skolene, og for øvrige bygninger er det bare én av 15 fylkeskommuner som ikke vurderer tilstanden som positiv.

Forum for offentlige bygg og eiendommer (FOBE) under Norsk Kommunalteknisk Forening utarbeidet i 2004 en oversikt over etterslep i vedlikehold av fylkeskommunale og kommunale bygninger, kirker og veger i Nord-Trøndelag, etter initiativ fra KS Nord-Trøndelag (FOBE 2004). De siste årene før undersøkelsen brukte kommunene rundt 50 kr/m² ekskl. mva til vedlikehold av bygningsmassen sin. Sammenlignet med erfaringstall fra Norsk nettverk for Næringseiendom (NfN) gir dette et beregnet underforbruk til vedlikehold (etterslep) på 37 kr/m² og år. En tilstandsanalyse av én skole i hver av de 20 deltakende kommunene viser et gjennomsnittlig oppgraderingsbehov på ca 1.500 kr per m² inkl. mva.

På oppdrag fra KS FoU har Multiconsult kartlagt dagens bygningstekniske situasjon i kommunal sektor (Multiconsult 2008; Multiconsult and Price, Waterhouse, Coopers 2008). Arbeidet fokuserer på vedlikeholdsetterslepet i offentlige bygninger for ulike bygningsdeler eller hovedkomponenter.

Kartleggingsarbeidet fant sted i 116 kommuner og 11 fylkeskommuner og omfattet ca 10.000 bygninger på til sammen 12 mill. m², noe som svarer til ca 40 % av den kommunale og fylkeskommunale bygningsmassen i landet. Basert på innrapportering fra byggforvaltere og teknisk ledelse i kommunene er det foretatt en kvantitativ kartlegging av dagens tekniske tilstand etter prinsippene i Norsk Standard 3424 "Tilstandsanalyse av byggverk". Videre er det estimert samlet teknisk oppgraderingsbehov knyttet til å heve dagens tilstand opp på to ulike ambisjonsnivå (omtalt i rapporten som ambisjonsnivå A og B, og kan omtales som "fullgodt" og "akseptabelt"). Resultater fra Multiconsults kartlegging viser at den kommunale bygningsmassen grovt sett kan plasseres i tre like store kategorier, der en tredjedel har god/tilfredsstillende tilstand, en tredjedel er delvis utilfredsstillende og har behov for tiltak, mens en tredjedel er utilfredsstillende/dårlig med store tekniske behov. Kostnadene ved å rette på de mest prekære manglene er estimert til 60 milliarder kr, mens mer langsiktige tiltak (foreslått tidshorisont på ti år) for å heve tilstanden til akseptabelt og fullgodt nivå er vurdert til henholdsvis 34 og 82 milliarder kr (totalt 94 og 142 milliarder kr for de to ambisjonsnivåene). I tillegg kommer vel 1600 kirker pluss servicebygg som med sine om lag 1 mill m² har et estimert oppgraderingsbehov på ca 13 milliarder kr. Rapporten tallfester teknisk tilstand ved bygninger og hovedkomponenter ved hjelp av en tallverdi, tilstandsgrad, som er vektet per bygning ut fra kostnader ved den enkelte bygningsdel i dag. Skalaen går fra 0 til 3, der tilstandsgrad 0 står for "meget god tilstand" og 3 svarer til "meget dårlig tilstand". Et normalt ambisjonsnivå er ofte satt til 1,0. Vektet teknisk tilstand for alle bygningstyper og bygningsdeler er 1,3. Av bygningstyper er det kommunale boliger, kulturbygg og lager/garasjer/verksted som kommer dårligst ut (1,5), mens alders- og sykehjem kommer best ut (1,1). Tilstandsgrad sortert etter hovedkomponenter avdekker et særlig stort oppgraderingsbehov for VVS (1,4), mens bygningen som helhet får verdien 1,3. Materialet viser små geografiske variasjoner, men region Sør har noe dårligere vektet tilstandsgrad enn resten av landet. Små kommuner (< 5.000 innbyggere) kommer dårligere ut og mellomstore (5-20.000 innbyggere) kommer bedre ut enn snittet, med hhv. 1,4 og 1,2. Store kommuner og fylkeskommuner ligger på snittet, dvs. vektet tilstandsgrad lik 1,3.

RIFs "State of the Nation" er en overordnet tilstands- og behovsvurdering for norsk infrastruktur og bygg (RIF 2010). Ved hjelp av eksperter fra egen forening har RIF evaluert tilstanden i 11 områder innen bygg og infrastruktur. Det er gitt tilstandskarakter på en skala fra 1 til 5, oppgitt bevilget investeringsnivå i sektoren i 2009 sammenliknet med 2008 (positiv/uendret/negativ tendens), vurdert "framtidssikring" basert på tilstandskarakter, tendens og planlagt innsats fram til 2020 (positiv/uendret/negativ utvikling mot 2020) og en verdisetting av dagens anlegg (gjenskaffelseskostnad). Vi skal her kort gjøre rede for resultater fra kapittelet "Kommunale bygg".

Kommunale bygg omfatter skolebygg, barnehager, boliger, kulturbygg, kirker og andre kommunalt eide bygg, og utgjør til sammen en bygningsmasse på ca 32 millioner m². Kommunale bygg er blant de fire undersøkte områdene som kjennetegnes av størst etterslep (sammen med områdene avløp, riks- og fylkesveier og jernbane). Hovedfunn for kategorien kommunale bygg omtales slik:

Den kommunale bygningsmassen har et forfall over lang tid som har medført et stort etterslep i vedlikeholdet, og har derfor dårlig tilstand. I tillegg er det behov for funksjonelle ombyggingsbehov samt nybygg som følge av demografisk utvikling. Det anbefales igangsatt strategisk planlegging i en nasjonal oppgraderingsplan som ser totaliteten i sammenheng samt utrede effekten av sammenslåing til større byggforvaltningsenheter rent ressurs- og kompetansemessig. Uten en slik plan vil de negative tendenser også prege fremtidsperspektivet.

Tilstandskarakteren til kommunale bygg er basert på Multiconsult (2008) og er satt til 3 (på skalaen fra 1 til 5). Tallfestingen knyttes til denne generelle beskrivelsen:

Anlegget har en akseptabel, men ikke god standard. Det må forventes løpende vedlikehold for å opprettholde drift. Fremtidige investeringer er nødvendig.

Bevilget investeringsnivå viser en uendret tendens fra 2008 til 2009, mens vurdert framtidssikring viser en negativ utvikling mot 2020. Gjenanskaffelsesverdien på kommunale bygg (eks. kjøp av eiendom) anslås til 800-1000 milliarder kr.

Konklusjon

Felles for flere av undersøkelsene omtalt over er at ingen av dem spesifikt drøfter bygningenes sårbarhet for klimapåvirkning. Et unntak er metoden for gjennomføring av klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger, som kvantitativt vurderer sårbarhet relatert til utvalgte klimaparametre ift dagens bygninger. At flesteparten av rapportene ikke drøfter klimasårbarhet spesifikt henger blant annet sammen med at manglende vedlikehold ofte forbindes med forhold som ikke har med klimasårbarhet å gjøre, som estetisk forfall og dårlig innelima. Men selv når det ytre vedlikeholdet beskrives, følger det ingen vurdering av hvilken rolle klimapåvirkning spiller i denne

sammenhengen. Eksempelvis har Multiconsults undersøkelse fra 2008 ingen vurdering av hvor stor del av det identifiserte oppgraderingsbehovet som kan knyttes til sårbarhet for klimarelatert skade på bygningene. Til tross for tallrike rapporter om vedlikeholdsetterslep i den offentlige bygningsmassen, synes det å være et kunnskapshull når det gjelder sammenhengen mellom klimasårbarhet og forsømt vedlikehold av kommunale og fylkeskommunale bygg.

De omtalte undersøkelsene gir et bilde av en kommunal og fylkeskommunal bygningsmasse som jevnt over får for dårlig vedlikehold, uten at situasjonen kan sies å være prekær. Når det oppstår et vedlikeholdsetterslep på bygningene som helhet, er det rimelig å anta at dette også gjelder den værpåvirkede fasaden – klimaskjermen – og at dette får følger for skadeomfanget. Dette er i tråd med data fra gjennomgangen av SINTEF Byggforsks byggskadearkiv, der mangelfullt vedlikehold blir holdt fram som en av årsakene til det store byggskadeomfanget. Klima har tidligere ikke vært et fokusert tema i plan- og bygningslovgivningen, men her har det skjedd en endring i siste revisjon av lovverket. Klima er nå fremhevet tydeligere gjennom bl.a. krav til kommunal utvikling av ROS-analyser, og en tydeliggjøring av krav til fuktsikring av bygninger i teknisk forskrift.

Metoden utviklet ved SINTEF Byggforsk for å vurdere antall bygninger som utsettes for spesifikke klimaparametre ift gitte klimascenarier, gjør beregninger på nasjonalt nivå av hvordan eksisterende bygninger påvirkes av klimapåkjenninger, og gir også noen eksempler på tellinger på fylkesnivå. Rapporten viser også at det vil være mulig å gjøre tilsvarende tellinger av bygninger på kommunalt nivå, ut fra et valgt scenario. Det er bl.a. gjort beregninger av hvor mange bygninger som vil kunne utsettes for f.eks. økt fare for råteskader på nasjonalt nivå. Mye informasjon kan knyttes til beregninger på kommunalt nivå, basert på informasjon i matrikkelen (det tidligere GAB-registeret).

Referanser

- Almås, A.-J., C.-F. Øyen, H.O. Hygen og K.R. Lisø (2010). Introducing a method for Climate Change Vulnerability Analysis of Buildings (CCVAB). I Richard Lorch (ed.) Building Research & Information (innsendt), FOBE (2004). Beregning av etterslep i vedlikehold av fylkeskommunale og kommunale bygninger, kirker og veger i Nord-Trøndelag. Oslo, Norsk Kommunalteknisk Forening, Forum for Offentlige Bygg og Eiendommer.
- Ingvaldsen, T. (2008). Byggskadeomfanget i Norge (2006). En vurdering basert på et tidligere arbeid og nye data. Prosjektrapport nr. 17. Oslo, SINTEF Byggforsk.
- Kommunal- og regionaldepartementet (1997). Tekniske forskrifter til plan- og bygningsloven 1997 (Byggteknisk forskrift TEK 07). Sist endret 01.2007. Lisø, K. R. and T. Kvande (2007). Klimatilpasning av bygninger. Oslo, SINTEF Byggforsk
- Kommunal- og regionaldepartementet (2004). NOU 2004:22 Velholdte bygninger gir mer til alle. Oslo.
- Kommunal- og regionaldepartementet (2008). Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift TEK 10). Sist endret 06.2010.
- Kommunal- og regionaldepartementet (2008). Ot.prp. nr. 45 (2007-2008) Om lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) (byggesaksdelen). Oslo
- Kommunal- og regionaldepartementet (2009). Bygg for framtida. Miljøhandlingsplan for bygg- og boligsektoren 2009-2012. Handlingsplan. Oslo.
- Lisø, K. R., T. Kvande, mfl. (2006). Learning from experience - an analysis of process induced building defects in Norway. Research in Building Physics and Building Engineering - Proceedings of the the 3rd International Building Physics Conference. Fazio, Ge, Rao and Desmarais (eds), Taylor & Francis Group, London: 425-432.
- Miljøverndepartementet (2008). Lov om planlegging og byggesaksbehandling. Sist endret 06/2010 (LOV-2010-06-25-48)
- Multiconsult (2008). Vedlikehold i kommunesektoren. Areal, tilstand, oppgraderingsbehov, vedlikeholdsstrategi. Appendiks 1. Oslo, Multiconsult på oppdrag fra KS.
- Multiconsult and Price Waterhouse Coopers (2008). Vedlikehold i kommunesektoren. Fra forfall til forbilde. Oslo, Multiconsult og Price Waterhouse Coopers.
- Øyen, C.F., A.-J. Almås, H.-O. Hygen og I. Sartori, 2010: Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredninger som grunnlag for NOU om klimatilpasning. Rapport laget på oppdrag for Statens bygningstekniske etat (BE) og Klimatilpasningsutvalget av SINTEF Byggforsk, Oslo.
- RIF (2010). State of the Nation. Oslo, Rådgivende Ingeniørers Forening.

Vannforsyning og avløpshåndtering

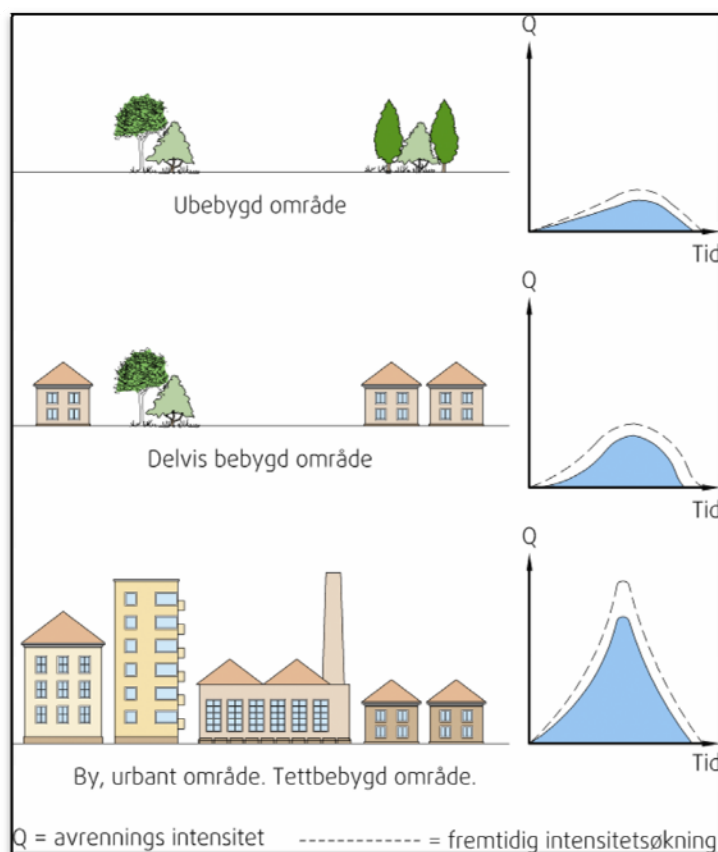
Innledning

State of the Nation (Rådgivende Ingeniørers forening - RIF, 2010) beskrev nylig tilstanden til VA-forsyningen. Avløp fikk karakter 2/5, mens vannforsyning fikk 3/5. Tilstandens tendens ble beskrevet som stabil (gul) for vannforsyning, og nedadgående (rød) for avløp. Samlet kostnad for å oppgradere til nivå 4 er estimert til 110 mrd NOK, mens kostnad for framtidig sikring er estimert til 70 mrd NOK.

Kunnskapsstatus avløp

Avløp inkluderer separatsystemer (overvann og spillvann i egne rør) og fellessystemer (overvann og spillvann i felles rør). I Kommune-Norge forvaltes overvann og kloakk under ett, dvs at anlegg planlegges, bygges og driftes samlet.

Fortetting av eksisterende bebygde områder og større andel tette flater som store tak og parkeringsplasser har gjort at overvannmengdene som ledes inn i avløpssystemet stadig øker. I dag ser vi at en del av løsningene som tidligere ble valgt for håndtering av overvann ikke er gode nok. Dette er vist skjematisk på figuren under.



Figur 8 Urbanisering og effekt på avrenningsmengde og intensitet.

Et annet viktig forhold i Norge, er at vi ligger i det som er definert som temperert (i sør) til temperert kaldt (i nord) klima. I disse klimasonene er det store værmessige forandringer gjennom året. VA-systemene må planlegges ut i fra dette, for eksempel ved at vannledninger må legges frostrfritt. Med økende gjennomsnittstemperaturer vil frostrfritt dyp bli grunnere, slik at man i framtida kan bygge anlegg som ligger grunnere og dermed er rimeligere å bygge.

State of the Nation (Rådgivende Ingeniørers forening - RIF, 2010) beskrev tilstanden til avløpsanlegg som dårlig, og at det er behov for økt ledningsfornyelse både for å erstatte eksisterende nett som er for dårlige, og på grunn av forventede framtidige klimaendringer. Avløpsrensaneanlegg har også behov for oppgradering, bl.a. på grunn av strengere krav i forurensningsforskriften.

Kunnskapsstatus vannforsyning

Vannverksregisteret (VREG) er en nasjonal database med årlig innsamling av data fra rapporteringspliktige vannverk. Noen nøkkeltall for ledningsnett er i følge Folkehelseinstituttet (Vannrapport 114, Rapport fra Vannverksregisteret, Drikkevannsstatus, data 2005 og 2006):

- Lengden av kommunalt drikkevannsnett er ca. 48 000 km
- 137 vannverk som forsyner 29 500 personer, har overflatevann som vannkilde, men mangler utrustning for å kunne drepe/inaktivere/fjerne sykdomsfremkallende mikrober.
- 67,4 % av vannverkene hadde tilfredsstillende resultater; 24,6 % usikker kvalitet og 8 % utilfredsstillende resultater.
- 407 (459) av 1580 vannverk har enten kun siling som eneste behandling, har behandlingsanlegg i reserve (har ikke kontinuerlig vannbehandling) eller har ikke behandlingsanlegg.

Lekkasjeandelen er i gjennomsnitt rundt 45 % ; dvs 45 % av det produserte vannet lekker ut fra systemet, (Opplysningsutvalget for VA-ledningsnett – www.ovalinfo.no). Ledningsnett lagt før 1975 kan forventes å være i dårlig forfatning. Dette utgjør ca 27 % av samlet lengde.

Tabell 4 Ledningsnett: Leggingsperiode og andel av total lengde. 1.1.2007 (Vannrapport 114, Folkehelseinstituttet)

	Før 1910	1910-1940	1941-1970	1971-2000	2001-	Ukjent	Sum
Antall km	500	1 600	11 300	25 800	4 100	4 900	48 200
Andel av antall km	1 %	3 %	23 %	54 %	9 %	10 %	100 %
Antall vannverk	52	139	863	1375	856	304	-

Konklusjon

VA-systemene er i en relativt dårlig forfatning. Trenden for tilstandsutvikling er generelt nedadgående. Dette betyr at sårbarheten i forhold til bl.a. klimapåvirkning øker og at ulike endringer (for eksempel klimaendringer) medfører svekkelse av ytelsen. Vi kan derfor forvente at VA-systemene vil oppleve flere og større problemer i framtida.

Referanser

Rådgivende Ingeniørers Forening RIF, 2010: State of the Nation

Opplysningsutvalget for VA-ledningsnett – www.ovalinfo.no

Myrstad L, Nordheim C F Einan B, 2010: Vannrapport 114, Rapport fra Vannverksregisteret, Drikkevannsstatus (data 2005 og 2006). Folkehelseinstituttet.

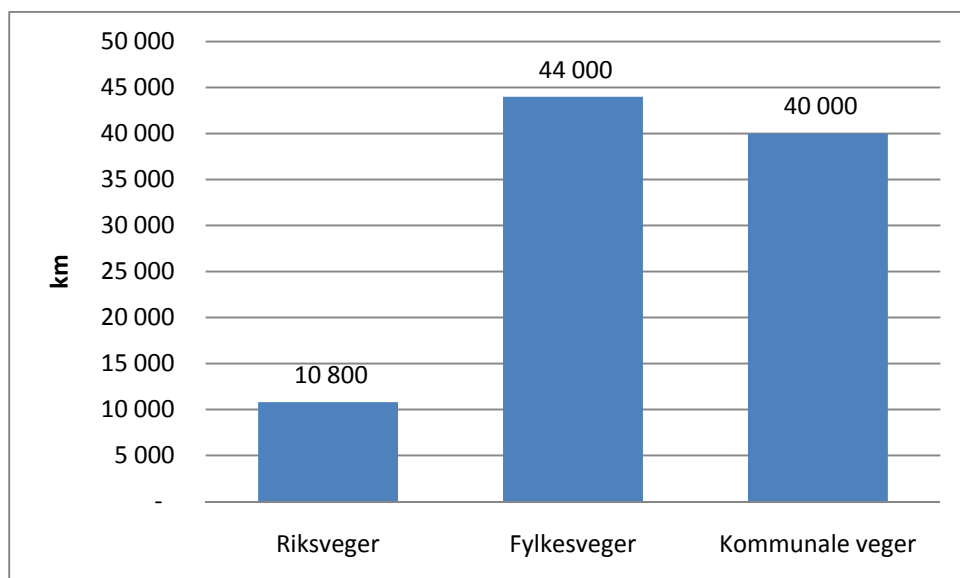
Transport og transportinfrastruktur

Innledning

I det videre omtaler vi først kunnskapsstatus når det gjelder klimasårbarhet for veger og havner; dernest kunnskapsstatus når det gjelder kommunal og fylkeskommunal transport.

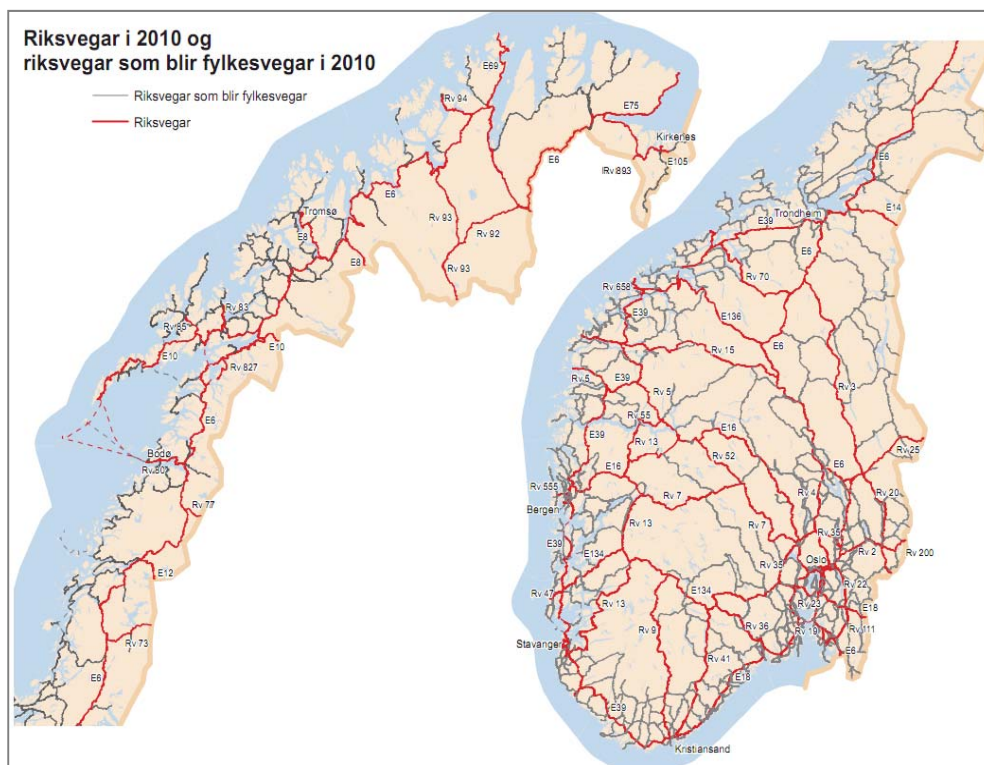
Kunnskapsstatus for kommunale og fylkeskommunale veger

Lengden på det offentlige vegnettet i Norge går fram av figuren nedenfor. Det er 44.000 km fylkesveger og 40.000 km kommunale veger, mens riksvegnettet er på knappe 11.000 km. Det er de to største kategoriene, fylkes- og kommuneveger, vi behandler i det som følger. I mange tilfeller skiller likevel ikke litteraturen mellom veger av ulikt offentlig eierskap. Derfor vil kunnskapsgjennomgangen ta for seg arbeider som også omhandler riksveger.



Figur 9: Fordeling mellom riksveger, fylkesveger og kommunale veger i 2010 (km). Kilde: Miljøverndepartementet, 2010

Forvaltningsreformen, som ble innført 1. januar 2010, hadde som formål å styrke fylkeskommunene som regionale utviklingsaktører. Et viktig ledd i reformen var å gi fylkeskommunene (og Oslo kommune) finansierings- og prioriteringsansvaret for 60% av det tidligere riksvegnettet. Det var ca 17.000 km tidligere riksveg, med tilhørende gang- og sykkelveger samt ferjeforbindelser, som på denne måten skiftet eier, slik at det nå er 44.000 km fylkesveger i landet (i Oslo var det tilsvarende ca 40 km riksveg som ble overført til Oslo kommune som kommunal veg). De viktigste riksvegene, til sammen 10.800 km, skal staten fortsatt ha ansvar for. Sammen med nasjonale havner, jernbaneknutepunkter og flyplasser utgjør disse vegene et nasjonalt transportnett. Den etablerte ordninga med at staten har ansvar for en felles vegadministrasjon for riks- og fylkesveger på regionalt nivå, ble ført videre med forvaltningsreformen. Dette innebærer at Statens vegvesens regioner administrerer riksvegsaker på vegne av staten og fylkesvegsaker på vegne av fylkeskommunene. En betydelig større del av den felles vegadministrasjonen står under fylkeskommunal ledelse fra 2010 sammenlignet med tidligere. Det er fylkesavdelingene under Statens vegvesen som er utførende ledd for felles vegadministrasjon, og som dessuten står for drift, vedlikehold og mindre investeringsprosjekter på riks- og fylkesvegnettet.



Figur 10: Riksvegnettet i 2010 og riksveger som ble fylkesveger i 2010. Kilde: Statens vegvesen⁶

Aall og Nordland (2003) viser til en forstudie for arbeidet med den forrige Nasjonal transportplan (for 2006-2015) om virkninger av klimaendringer for transportsektoren (Fjeld m.fl. 2002). Fjeld m.fl. (2002:26) konkluderer med at klimaendringer generelt vil "berøre løpende drift, vedlikehold og beredskap på eksisterende infrastruktur og trafikkavvikling - og konstruksjon og bygging av ny infrastruktur". Rapporten fremhever økt ressursinnsats til beredskap, reparasjon og forebyggende tiltak mot ras, utglidning, undergraving, oversvømmelse, flom og vindfall. Regionale forskjeller ift. klimaendringer som er relevante for transportinfrastrukturen, og hvilke mulige konsekvenser dette kan få vurderes også.

Som forarbeid til Nasjonal transportplan 2010-2019 ble den om talte forstudien (Fjeld m.fl. 2002) oppdatert i 2007 av en tverrfaglig arbeidsgruppe som besto av Avinor, Jernbaneverket, Kystverket og Statens vegvesen (Avinor m.fl. 2007). Rapporten bruker klimadata fra RegClim-prosjektet, basert på nedskaleringer av fire globale klimamodeller og bruk av tre utslippsscenario. Funnene basert på datakjøringene presenteres som ett mulig scenario for slutten av dette århundret. Temperatur, nedbør og havnivå vil øke i storparten av landet fra normalperioden 1961-1990 til scenarioperioden 2071-2100. Ekstremnedbør vil forekomme langt hyppigere i hele landet, mest i indre strøk. Dette er ventet å skape problemer for vegnettet i form av vannrelaterte skred og setninger, særlig på Østlandet. Effektene av klimaendringer ventes å forsterke etterslepet på vedlikeholdet av transportinfrastrukturen, samtidig som eksisterende etterslep har svekket konstruksjonenes evne til å stå imot effektene av klimaendringene. Med tanke på NTP pekes det på behovet for store reinvesteringer og tyngre vedlikeholdstiltak for å gjøre infrastrukturen mer robust.

Den gjeldende Nasjonal transportplan (Samferdselsdepartementet, 2009) lister opp en rekke utfordringer for videre utvikling av transportsystemet i Norge, der følgende er plukket ut fra listen som interessante her:

- Gapet mellom transportbehov og infrastrukturens standard har økt over tid
- Geografiske forhold og lokalisering av næringsliv gjør næringslivet svært transportintensivt, og det er behov for tiltak som gir bedre fremkommelighet og pålitelighet i transportsystemet
- Transportsektoren har store klima- og miljøutfordringer
- Rassikring er en stor utfordring på deler av vegnettet
- Det er behov for utvikling av tryggere og mer effektive havner for at skipstrafikken skal bli tryggere og mer fremkommelig.

⁶ Kartet kan lastes ned på [http://www.vegvesen.no/ attachment/118894/binary/220076](http://www.vegvesen.no/attachment/118894/binary/220076)

Nasjonal transportplan for 2010 – 2019 konkluderer blant annet med at utfordringene i transportsektoren er et resultat av manglende innsats over flere år, og at det er behov for å utvikle et effektivt transportsystem der infrastrukturen må tilpasses stadig økende utfordringer og behov.

Rapporten "Beregning av vedlikeholdsetterslep for fylkesvegnettet" (Statens vegvesen, 2005) beregnet at gjennomsnittsalderen på det daværende fylkesvegnettet var nesten 40 år, mens tilsvarende alder for riksvegnettet var 33 år. Rapporten var den siste av fire rapporter fra etatsprosjektet Vegkapital. Prosjektet tok utgangspunkt i at vegnettet over tid hadde forfalt som følge av kombinasjonen økt trafikkarbeid (28% økning på ti år for riks- og fylkesvegnettet), stigende andel tyngre kjøretøy, begrensede bevilgninger til drift og vedlikehold, samt nødvendige prioriteringer til driftstiltak for framkommelighet og trafiksikkerhet. I 2003 ble det gjort en beregning av vedlikeholdsetterslepet på riksvegnettet (Statens vegvesen, 2003), og to år seinere ble samme metodikk brukt for å tallfeste tilsvarende etterslep på fylkesvegnettet.⁷ Beregningen viser et vedlikeholdsetterslep for fylkesvegene i 2004 på 10,8 mrd. kr, som fordeler seg slik på de enkelte vegelementene som vist i tabellen under.

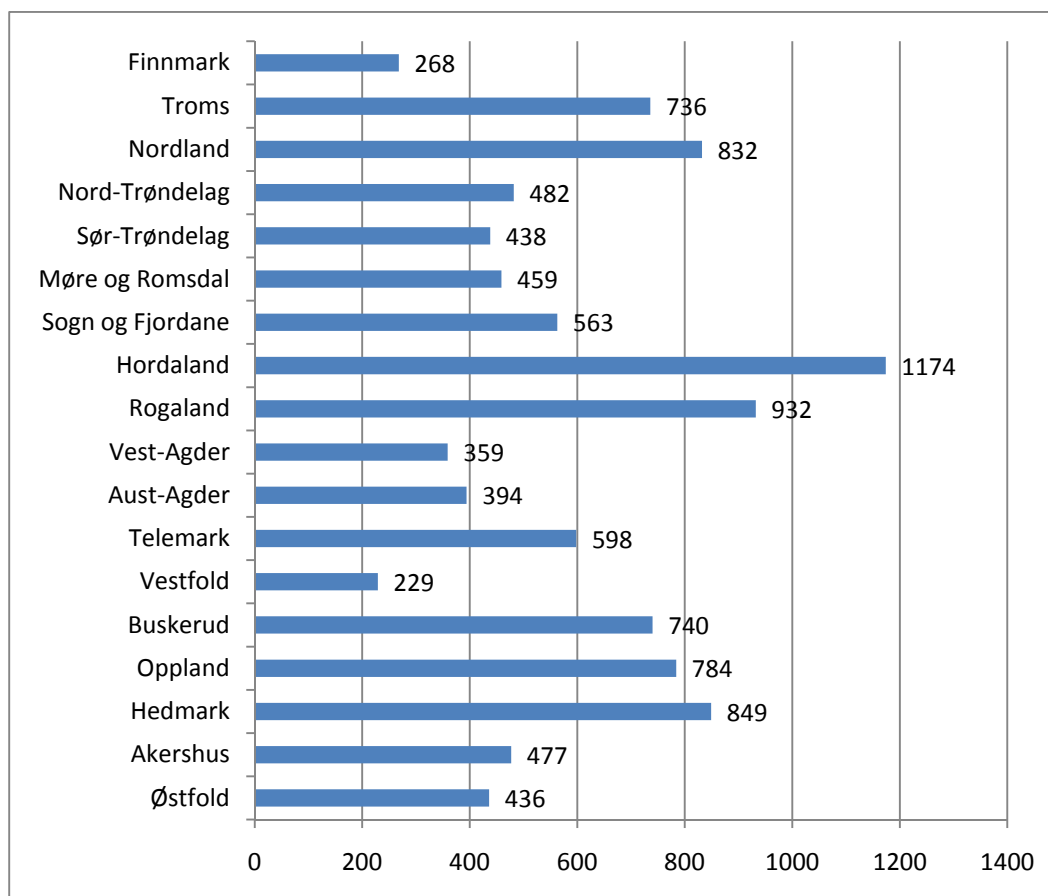
Tabell 5. Vedlikeholdsetterslep på fylkesvegnettet i 2004, fordelt på ulike vegelementer (mill. kr).

Kilde: Statens vegvesen (2005)

Vegelement	Vedlikeholdsetterslep (mill. kr)	Andel (%)
Tunneler	52	0,5
Grøfter, kummer og rør	928	8,6
Veg	7.899	73,3
Vegutstyr og miljøtiltak	795	7,4
Bruer og kaier	1.101	10,2
Sum	10.775	100,0

Diagrammet under viser samlet vedlikeholdsetterslep fordelt på fylkene. Figuren refererer til fylkesvegnettet før forvaltningsreformen. Det betyr at figuren ikke gir innblikk i det absolutte etterslepet på dagens fylkesvegnett, men bare er egnet til å si noe om det relative forholdet mellom fylkene. I 2004 var etterslepet vurdert å være størst i Hordaland, med Rogaland, Hedmark og Nordland på de neste plassene.

⁷ Vi har fått bekreftet at dette er den eneste beregningen av vedlikeholdsetterslep på fylkesvegnettet som noen gang er utført av Vegdirektoratet, mens de på oppdrag fra Samferdselsdepartementet har gjort jevnlige beregninger av etterslepet på det gamle riksvegnettet også etter den som ble utført i 2003 (Even K. Sund, Vegdirektoratet, personlig opplysning).



Figur 11. Fylkesvise tall for vedlikeholdsetterslep på fylkesveger i 2004. Millioner kroner. Kilde: Statens vegvesen (2005)

Etterslep målt i kroner per meter veg viser et spenn mellom vegregionene fra 268 kr/m i Region midt til 538 kr/m i Region vest. Det er fire fylker som kommer ut med et vedlikeholdsetterslep over 500 kr/m fylkesveg: Hordaland, Buskerud, Telemark og Rogaland (Statens vegvesen 2005:29).

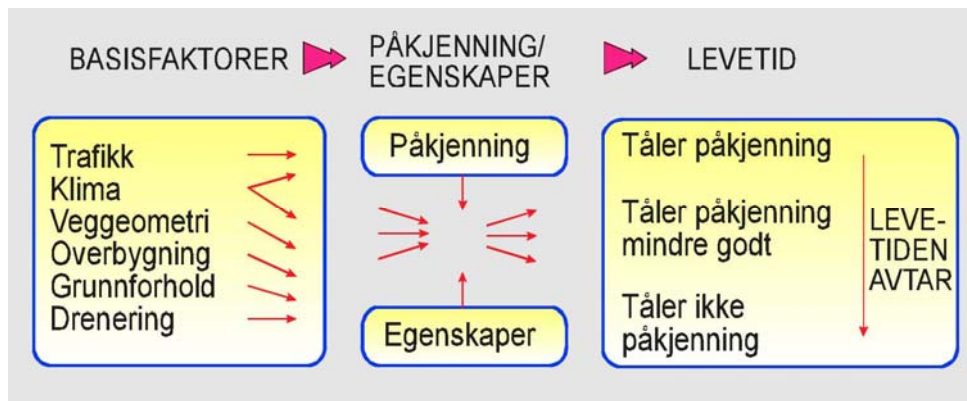
I "State of the Nation" (Rådgivende Ingeniørers forening - RIF, 2010) er bl.a. riksveger, fylkesveger og kommunale veger omtalt. I rapporten blir verdien på riks- og fylkesvegnett estimert til 750 mrd kr, og dagens tilstand vurderes å være dårlig. Etterslepet forventes å øke på grunn av manglede vedlikehold. RIF har vurdert kostnaden for å heve standarden til nivå 4 (på en skala der 5 er best og 1 er dåligst) til 300 mrd kr. Kostnader for framtidig sikring er beregnet til ytterligere 700 mrd kroner. For kommunale veger er tilstanden vurdert som dårlig og tendensen er negativ (forverret tilstand fra foregående år). Verdien av de kommunale vegene er estimert til 350-500 mrd kr, mens kostnadene for å heve standarden til nivå 4 er estimert til 22-26 mrd kr på kort sikt og 11-13 mrd kroner til å sikre framtidig tilstand (Schjølberg et al, 2009).

I forslag til Nasjonal transportplan 2010-2019 har dagens *statlige* vegnett oppgitt å ha et registrert etterslep på grunn av forfall på drøyt 15 mrd kr. I en analyse foretatt av Multiconsult (Schjølberg et al, 2009) er etterslepet for *fylkesveger* beregnet til 10 mrd kroner, for *statlige* veger 12 mrd kroner, og for *kommunale* veger 12-24 mrd kroner avhengig av om man velger ambisjonsnivå A eller B. Ambisjonsnivå A er et minimumsnivå for utbedring av vegelementer som er vurdert å være i dårlig teknisk tilstand (tilstandsgrad 3 i NS 3424). Ambisjonsnivå B har vegelementer som i A, men i tillegg utbedres de vegelementene som har utilfredsstillende tilstand (tilstandsgrad 2 og 3 i NS 3424). Videre konkluderer rapporten med at 10 % av det kommunale vegnettet har så dårlig tilstand at det er et relativt akutt behov for utbedring.

Vurderingene oppsumert over tilsier at transportinfrastruktur har et betydelig etterslep i vedlikehold og behov for oppgadering. Denne refleksjonen er også fanget opp i den siste Nasjonal Transportplan (Samferdselsdepartementet, 2009), som signaliserer et ønske om å øke innsatsen for å redusere etterslep i vegvedlikeholdet.

Aursand (2008) behandler vegdekkets levetid, som er avhengig av ulike egenskaper, med klimatiske forhold som en av basisfaktorene (jf figur under). Mange veger har i dag skader som er et resultat av feilaktig design i forhold

til dagens klima. Disse skadene som vi ser i dag gir oss et varsel om hva som kan skje i framtiden. Dette gjelder skader som f.eks. spor i vegbanen som resultat av myke bindemidler, lavtemperatursprekker på grunn av skjøre bindemidler i kjølige områder, sprekker på langs- og tvers av vegbanen forårsaket av forandringer i overflatetemperaturer, oppsprekking av asfaltdekker pga økt vanninntrengning og svelling/telehiv-skader på grunn av økt vanninnhold og temperatursvingninger rundt 0°C.



Figur 12 Påkjenning av klima på asfaltdekk levetid (Aursand, 2008)

Studien "Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen" (Econ, 2006) ser på utviklingen 30 år tilbake og 30 år frem i tid for å evaluere endringer i levekår, næringsgrunnlag og andre forhold som påvirker befolkningens sårbarhet for naturulykker. Rapporten tar ikke for seg klimaforandringer som et eget tema, men det er nærliggende at temaet sårbarhet for ekstremvær er relevant. Econ (2006) viser til urbanisering som den antakelig viktigste enkeltfaktor til sterkest å øke sårbarheten for naturskader. Dette gjelder spesielt for flom og skredulykker. Hovedargumentet er at konsentrasjonene av mennesker, bygninger og andre objekter som kan bli skadet gjør at skadeomfanget blir større ved en ulykke.

Videre argumenterer Econ (2006) for at utbyggingen av vegnettet og økt transportmengde av gods og mennesker har gjort samfunnet mer sårbart for naturskader. Dette er begrunnet i at det er flere veger og flere personer eller bedrifter som kan bli rammet, men man kan også hevde at flere veger gir redusert sårbarhet, fordi det gir flere omkjøringsalternativer og større spredning av trafikken på vegnettet (Econ, 2006). Kyststamvegen og stamvegnettet i Nord-Norge er de mest sårbare vegnettene i Norge, fordi vegene ofte ligger i rasutsatte og værharde områder. De krysser også ofte fjorder og andre naturlige hinder, noe som begrenser mulighetene for å velge andre vegstrekninger (NOU 2000:24). Skinnegående transport har naturlig nok ikke tilsvarende omkjøringsmuligheter, men i følge Econ (2006) er skinnenettet betydelig mindre utsatt for skader fra skred mv. Naturulykker utgjør generelt sett en liten trussel for sårbarheten i øvrige transporttyper (Econ, 2006).

Forholdet mellom klimasårbarhet for riksveger og fylkes-/kommuneveger er omtalt én studie vi har kommet over: I HYDRA-prosjektet ble skadene på vegene etter flommen i 1995 i Oppland og Hedmark vurdert (Eiknæs m.fl. 2000). Kostnadsdataene skiller ikke mellom riks- og fylkesveger, men det forventes at riksvegene er mer utsatt for skader, fordi dette er hovedårer som ofte er lagt i dalførene langs de store elvene. Fylkesvegene ligger ofte lenger vekk fra elva og er dermed mindre flomutsatt. På den annen side holder riksvegene en høyere standard slik at de er bedre egnet til å motstå erosjon og setninger. Fylkesvegene har svakere drenering og er mer sårbare for flomvann (omtalt i ECON 2006). Det forholdet mellom riks- og fylkesveger som omtales hos Eikenæs m.fl. (2000) er vesentlig endret i og med forvaltningsreformen.

I utredningen "Tilpassing til eit klima i endring" (Miljøverndepartementet 2010) peker Klimatilpassingsuvallet på at landtransporten (som omfatter veg- og jernbanetransport) er sterkt utsatt for klimatiske forhold i utgangspunktet, og at klimaendringer vil forsterke mange av ufordringene man alt sliter med. Sektoren preges av relativt stor tilpasningskapasitet på nasjonalt nivå, pga. et tydelig forvaltningssystem, store disponible ressurser og høy bevissthet knyttet til klimaendringer. Et betydelig vedlikeholdsetterlep drar i motsatt retning, og i vegsektoren er det særlig for de kommunale vegene at etterslepet i vedlikehold representerer et betydelig tilpasningsunderskudd.

Kunnskapsstatus for havner

Den fysiske infrastrukturen for sjøfart omfatter i tillegg til havner også fyrlykter, navigasjonsmerker, moloer og dekningsverk. I tillegg kommer plassering av farleier og trafikkontroll som viktige forutsetninger for en trygg sjøfart. Vi vil her avgrense oss til kommunalt/fylkeskommunalt eide havner (offentlige transporthavner) og

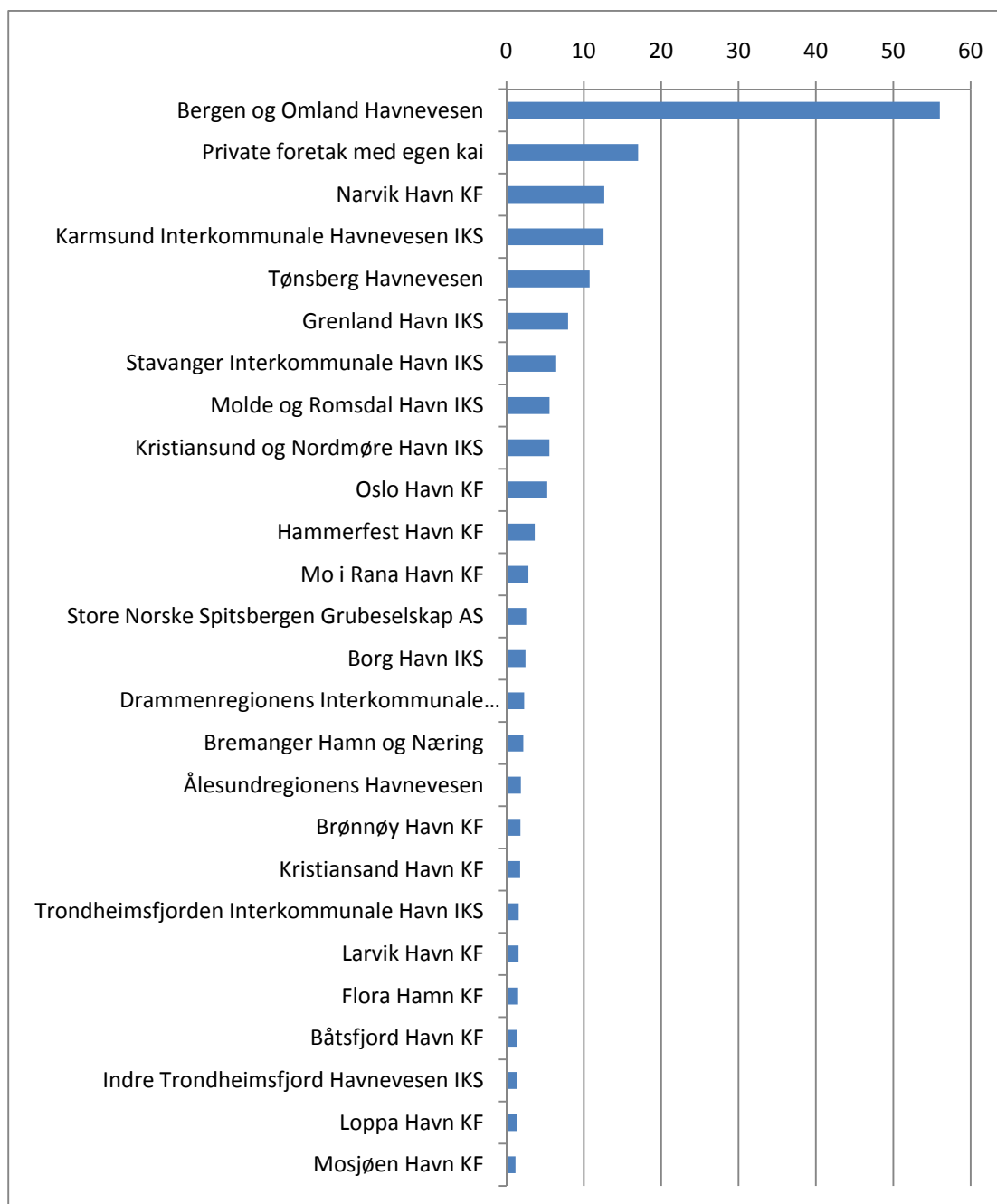
bunnforholdene i havnenes umiddelbare nærhet, ettersom den øvrige infrastrukturen (med unntak av private havner) er et statlig ansvar som forvaltes av Kystverket.

Bare 1,5 prosent av det samlede innenlandske persontransportarbeidet i Norge skjer på sjø (medregnet bilferjer). I tillegg kommer transport av utenlandske turister (i hovedsak cruisebåt). Havner er med andre ord av mindre betydning samlet sett for persontransporten i Norge, men selvsagt helt avgjørende i de kyststrøkene der det er problematisk med alternative transportformer. Bildet er imidlertid annerledes når det gjelder godstransport. Om vi ser bort fra transport mellom olje- og gassinstallasjonene på kontinentalsokkelen og land, går om lag halvparten av innenlandsk godstransport via norske havner.

Det er to hovedgrupper havner som eies og forvaltes av det offentlige: *statlige fiskerihavner* og *offentlige havner*, ofte betegnet *trafikkhavner*.⁸ Den siste gruppen er som regel kommunale eller fylkeskommunale. Det finnes et stort antall fiskerihavner, nær 800, som Kystverket har ansvar for å bygge ut og vedlikeholde. Denne typen havner omtales ikke nærmere her.

Offentlige havner, eller trafikkhavner, kjennetegnes ved at kommunen har et godkjent havnedistrikt og stiller en infrastruktur til rådighet for betjening av allmenn sjøverts trafikk, og da primært nyttetrafikk som bidrar til gode transportløsninger for lokalt og regionalt næringsliv. Det finnes i dag om lag 170 godkjente havnedistrikter. I følge Kystverket har noen kommuner mange små havnedistrikter, mens andre samarbeider gjennom opprettelse av interkommunale havner. Kystverket oppgir at vi har i størrelsesorden 60 offentlige havner, avhengig av hvordan dette defineres. Eksempelvis har mange store havnedistrikter flere havneavsnitt som betegnes som offentlige havner hver for seg. Diagrammet i figuren under viser de 25 største havnene sortert etter total godsmengde i 2009, dvs alle transporthavner med et godsvolum på mer enn 1 million tonn. Bergen og omland havnevesen er i en klasse for seg med 56 millioner tonn. Storparten av dette er knyttet til transport av olje og gass (terminalene på Mongstad og Sture). I tillegg er kategorien "Private foretak med egen kai" listet opp, med et samlet volum på 17 millioner tonn.

⁸ Kystverket har en detaljert oversikt over havner i Norge, tilgjengelig på <http://www.kystverket.no/?aid=9030856>



Figur 13: Havnestatistikk 2009, norske havner rangert etter total godsmengde (mill. tonn). Kilde: SSB

Norges havner er per i dag dimensjonert slik at de stort sett er høye nok til å håndtere "vanlige" bølger; i alle fall de større havnene. Vi har likevel eksempler på havner som ikke klarer ekstreme situasjoner innen "dagens klima". Et eksempel som er ofte omtalt i media er Bergen havn og Bryggen i Bergen, der kombinasjonen av flere forhold, bl.a. at Bryggen "synker" og at havvann ofte kommer over bryggekannten, er et stort problem som ulike aktører (kommune, næringsliv, forskningsinstitutter, m.fl) i fellesskap jobber med å løse. Havnivåstigning og springflo er også forhold som utfordrer andre havner langs norskekysten.

NOU 2010:10 "Tilpassing til eit klima i endring" (Miljøverndepartementet, 2010) peker på at krevende klimatiske forhold er kjente utfordringer for skipstrafikken. Langs kysten er det spesielt vind i kombinasjon med spesielle bølge- og strømforhold som gir de mest krevende situasjonene.

Den største administrative utfordringen for Kystverket i løpet av de siste to årene har vært å garantere sikkerhet i internasjonal sammenheng. For kystverket omhandler trusselbildet først og fremst terrorhandlinger, og farer knyttet til konsekvenser av klimaendring spiller per i dag en underordnet rolle og er derfor i liten grad behandlet i forskning og publikasjoner.

Kunnskapsstatus kommunal og fylkeskommunal transport

Ut over den statistikken som er gitt generelt for kollektivtransport har vi ikke kommet over statistikk som angir mer presist omfanget av de andre formene for kommunal og fylkeskommunal transport; dvs skoleskyss, syketransport, og transport i forbindelse med pleie og omsorg.

Avinor m.fl. (2007) omhandler først og fremst konsekvenser av klimaendringer for transportinfrastrukturen, men gir også en kort omtale av mulige følger for transportarbeidet. For vegtransporten vises det til at hyppigere stenging av veger og redusert fremkommelighet blir en sannsynlig konsekvens av endret klima.

Statistisk sentralbyrå (SSB) fastslår at vi reiser mer og lenger. Antallet reiser er tredoblet siden 1965, og reisene er blitt fire ganger lengre. Det er personbiltrafikken som øker mest, og både antall reisende og antallet kilometer er blitt mer enn femdoblet i samme periode. Ti prosent av befolkningens reiser ble foretatt med kollektivtransport i 2008, 2/3 foregikk med buss og 1/3 med skinnegående transportmidler. Statistikken viser at hver nordmann reiste 7 kilometer med kollektivtransportmidler i 2008⁹. Det var i følge SSB en stor vekst i persontrafikk med sporveger og forstadsbaner i 2009, til om lag 118 millioner reiser. Dette utgjør en vekst i persontrafikken med rundt tre prosent. Persontrafikk med jernbane ble noe redusert i 2009. Det er stadig en vekst i personbiltransport, men denne veksten er mer enn halvert fra 2008 til 2009 ift foregående år¹⁰.

Viebe et al (2005) har sett på utviklingstrekk, rammebetingelser og drivkrefter bak utviklingen av persontransporten i byområdene. I byene sett under ett sank kollektivandelen fra 1986 fram til begynnelsen av 90-tallet, for så å stige svakt ut over i tiåret. De peker på flere trekk ved byutviklingen de siste 10 – 15 årene som har hatt betydning for persontransporten: befolkningsvekst, endrete lokaliseringsmønstre, endring i sysselsetting og næringsstruktur, vekst i samlet reiseomfang, vekst i bilparken, betydelig utbygging av vegnettet og endrete rammebetingelser for kollektivtransporten.

Transportøkonomisk institutt (Nielsen og Loftsgarden 2009) gir en gjennomgang av kollektivtransporten i Oppland, som bakgrunn for fylkeskommunens strategiske plan for kollektivtransporten i 2009-2015. Dette arbeidet reiser spørsmål som er av generell karakter, og som vil kunne ha overføringsverdi til andre fylker, bl.a. når det gjelder de ulike utfordringene man står overfor i arbeidet med å tilby tilfredsstillende transportløsninger i sentrale og spredtbygde strøk. Rapporten beskriver kollektivtransporten i fylket, dvs. rutetilbud, bestillingstransport, offentlig betalte transportere som skoleskyss, og kollektivtransportens kostnader og inntekter. Kollektivtransporten beskrives for de seks regionene i Oppland, som kan deles i to ulike grupper: På den ene siden finner vi småbyregionene rundt Lillehammer og Gjøvik, samt Hadeland, som tilhører pendlingsområdet til Oslo. I disse regionene, som rommer nesten ¾ av befolkningen i fylket, bor mer enn halvparten av befolkningen i tettsteder, og det er her man venter at det meste av befolkningsveksten vil finne sted det neste tiåret. Det er i denne delen av fylket man har de beste forutsetningene for å utvikle et godt kollektivtilbud, gitt at man klarer å styre arealutviklingen slik at det støttes opp om et slikt tilbud. På den andre siden finner vi de spredtbygde regionene Valdres, Midtre og Nordre Gudbrandsdal, som til sammen har bare seks små tettsteder med mer enn 1000 innbyggere. I storparten av dette området ventes det fortsatt nedgang i folketallet og økt gjennomsnittsalder. Disse utviklingstrekkene gjør at det vil bli stadig mer krevende å tilby utkantbefolkningen kollektive transporttjenester i framtida.

Av de 9,3 millioner reisene med kollektiv og offentlig betalt transport med buss og taxi i Oppland i 2008 var 92% linjetrafikk, mens resten var bestillingstrafikk, framfor alt skoleskyss med taxi og pasienttransport. Skoleskyss sto for 58% av buss- og taxireisene i Oppland, men utenom Lillehammer og Gjøvik sto skoleskyssen for 75-88 % av denne typen transportere. Dette viser at kollektivtilbudet i spredtbygde områder er for dårlig til at folk i særlig grad velger å reise kollektivt framfor å kjøre bil. Om vi holder jernbane utenfor, var kostnadene til kollektiv og offentlig betalt transport i Oppland på nesten en halv milliard kroner i 2008. 83% av dette (i snitt 39 kr per reise) ble betalt av det offentlige, mens 17% (i snitt 8 kr per reise) ble betalt av trafikantene. Langruiter for buss, der det offentlige bidraget er på 53%, dro ned dette snittet. For de ulike regionene varierte den offentlig kjøpte andelen mellom 80 og 96%.

Nielsen og Loftsgarden (2009) peker på utfordringene fylkeskommunen står overfor pga økte kostnader for kollektivtransporten, særlig i form av økte lønninger og sosiale kostnader til sjåfører samt høye energikostnader, kombinert med samfunnets forventninger om et bedre og mer konkurransedyktig tilbud. I tillegg kommer utfordringer knyttet til at infrastrukturen trenger forbedringer. Dette gjelder både krav om universell utforming, standard på holdeplasser/knutepunkter og framkommelighet i vegnettet. Rapporten omhandler også målettinger

⁹ www.ssb.no/transport

¹⁰ http://www.ssb.no/transport/fig05_persontransport.gif

for kollektivtransporten, indikatorer for måloppnåelse og strategi for tilbudsutvikling og samarbeid med andre aktører, særlig kommunene, om utvikling av tilbudet i de enkelte regionene. Forfatterne anbefaler at fylkeskommunen inngår et sterkere samarbeid med kommunene som innebærer at disse får et mer direkte ansvar for kollektivtransporttilbudet i lokalsamfunnene.

Vi har ikke kommet over studier som sier noe spesifikt om hvordan kommunal og fylkeskommunal transport påvirkes av klimaet.

Konklusjon

Ulike analyser peker på at tilstanden til transportinfrastruktur er varierende, og at det er et stort vedlikeholdsetterlep på norske veger. Mange veger har dårlig design ift dagens klima, både ift slitasje og dårlige løsningsvalg som ikke passer lokalt klima. Både kommunale og statlige veger kommer generelt dårlig ut i slike analyser. Det er lagt opp til økning i bevilgninger til infrastruktur i Nasjonal Transportplan (og i statsbudsjettet for 2011), men det er neppe tilstrekkelig for å få tilstanden til infrastrukturen til et ønskelig nivå (vurdert av RIF til nivå 4 av maksimalt 5). Dårlig drift og vedlikehold av transportinfrastrukturen øker sårbarheten for klimapåvirkning og klimaendringer. Dermed kan vi forvente økte problemer ved steinsprang, ras, utvasking av grunnen ved flom, spordannelse og andre flomskader for transportinfrastruktur. Dette vil i sin tur påvirke transporten, som i stor grad er avhengig av velfungerende infrastruktur.

Gjennomgåtte publikasjoner og statistikk viser at Norge er svært transportavhengig, både når det gjelder gods og persontransport, og at denne avhengigheten er stadig økende. Samtidig er tilstanden på vegnett så vel som jernbanenett dårlig. Det er transport på veger og jernbane som er mest sårbar ift vegvedlikehold og rasfare.

Skinnegående, urban transport (trikk og t-bane) ser ikke ut til å være like utsatt som jernbane eller vegtransport. Dette betyr at all utrykning, som brannbiler, politiutrykninger og ambulanser er spesielt sårbart fordi vegene er spesielt utsatt. Dette vil også kunne øke presset på bl.a. ambulansesfly- og helikoptre ved økt behov i krisesituasjoner.

Referanser

- Asplin, L., 2008: KYST OG HAVBRUK 2008, Klima og klimaendringer i fjordene og på kysten, Havforskningsinstitutt
- Aursand, P. O. 2008. "Climatic Challenges in Pavement Design". Joint Nordic/Baltic Symposium on Pavement Design and Performance Indicators.
- Avinor, Jernbaneverket, Kystverket og Statens vegvesen, 2007: Nasjonal transportplan 2010-2019: Virkninger av klimaendringer for transportsektoren. Arbeidsdokument. Oslo, Sekretariatet for Nasjonal transportplan, Statens vegvesen Vegdirektoratet: 61.
- Avinor, Jernbaneverket, Kystverket, Statens Vegvesen. Januar 2008. Forslag til Nasjonal transportplan 2010-2019
- Econ, 2006: Samfunn i endring – Hva betyr det for naturskadeordningen? Econ-rapport nr 2006-085
- Eikenæs, O.; Njoes, A.; Oestdahl, T.; Taugboel, T. (eds) (2000): *Flommen kommer...* Sluttrapport fra HYDRA – et forskningsprogram om flom.
- Lerfald og Hoff, 2007: Statens vegvesen, teknologiavdelingen. Rapport nr 2519. Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer. State of the art studie
- Nielsen, G. og T. Lange, 2007: Bedre kollektivtransport i distriktene. Rapport fra Transportøkonomisk Institutt TØI 887:2007 i prosjektet 3273 Veileder for kollektivtransport i distriktene
- Olsson N., 2010: Driftsstabilitet på Jernbaneverkets nett – årsaksanalyser 2005-2010.
- Justis- og politidepartementet, 2000: Et sårbart samfunn. Utfordringer for sikkerhets – og beredskapsarbeidet i samfunnet. NOU 2000:24.
- Kystverket, 2006: Sjøverts stamnett – Stamnettsutredning oktober 2006.
www.kystverket.no/arch/_img/9497975.pdf
- Miljøverndepartementet, 2010. NOU 2010:10 Tilpassing til eit klima i endring. Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane. Oslo.
- Nielsen, G. og T. Loftsgarden, 2009. Kollektivtransport i Oppland. Bakgrunnsdokument for Oppland fylkeskommunes strategiske plan for kollektivtransporten 2009-2015. TØI rapport 1017/2009. Oslo, Transportøkonomisk institutt.

- Rasmussen I et al. 2008: Klima og Transport. Vista Analyse, 2008
- Rådgivende Ingeniørers Forening RIF., 2010.: State of the Nation
- Samferdselsdepartementet, 2009: St.meld. nr. 16 (2008-2009) Nasjonal transportplan 2010-2019. Oslo.
- Schjølberg et al., 2009: Vedlikeholdsetterslep i vegsektoren Multiconsult.
- Statens vegvesen, 2003: Beregning av vedlikeholdsetterslep for riksvegnettet. En rapport fra etatsprosjektet Vegkapital. Oslo, Vegdirektoratet.
- Statens vegvesen, 2005: Beregning av vedlikeholdsetterslep for fylkesvegnettet. En rapport fra etatsprosjektet Vegkapital. Oslo, Vegdirektoratet.
- Statens Vegvesen nettsider; www.vegvesen.no
- Statens offentlige utredninger, 2007: *Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter - SOU 2007:60*. Det svenske Miljødepartementet, Klimat- och sårbarhetsutredningen.
- Vibe, N, Engebretsen, Ø. Fearnley, N. 2005: Persontransport i Norske byområder, utviklingstrekk, drivkrefter og rammebetingelser. TØI –rapport 761 2005.
- <http://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%D8I%20rapporter/2005/761-2005/S-drag%20Drivkrefter.pdf>
- Aall, C., Norland, I. (2003): Indikatorer for vurdering av lokal klimasårbarhet. VF-rapport 15/03. Sogndal: Vestlandsforsking
- Åstebøl, S O et al. 2010. Statens vegvesen, teknologiavdelingen: Rapport nr 2573: Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071 - 2100+ relevante dokumenter fra klimaprojektet til vegvesenet?

Kraftforsyning og elektronisk kommunikasjon

Innledning

Beskrivelsen av dagens klimasårbarhet i kraftforsyningen er i hovedsak basert på tidligere arbeid utført av NVE, avbruddsstatistikk fra NVE, samt tidligere prosjekter ved SINTEF Energi AS. Beskrivelse av dagens klimasårbarhet i elektronisk kommunikasjon baserer seg på en rekke kilder som ikke har behandlet klimasårbarhet spesifikt, men som likevel er vurdert som relevante i denne sammenheng.

Kunnskapsstatus energiforsyning

I henhold til Energilovforskriften pålegger det som vilkår for konsesjon på elektriske anlegg, at den som får konsesjon til enhver tid plikter å holde anlegget i tilfredsstillende driftssikker stand, herunder sørge for vedlikehold og modernisering som sikrer en tilfredsstillende leveringskvalitet (NVE, 2009).

I følge NVE er klimapåkjenninger en integrert og viktig del av energiselskapenes risikostyring. Samtidig påpekes det at endrede klimapåkjenninger med aktuelle tilpassningsbehov er noe som vil kreve betydelig oppmerksomhet fremover. Ikke minst fordi planlegging og utbygging av nettforsterkninger har et langsiktig tidsperspektiv og betinger robusthet overfor endrede rammebetingelser (NVE, 2010).

Kraftledninger er de mest utsatte delene av kraftsystemet mhp klimaendringer. I Norge er det omlag 300.000 km kraftledninger (OED, 2008), som representerer nær halvparten av den totale nyverdien av kraftnettet på ca 150 mrd kr. Det er anslått at gjennomsnittsalderen på luftnettet er over 30 år. "Strømkrisen" i Midt-Norge i februar 2010 er et eksempel på hvor avhengig vi har blitt av strømforsyning. Hendelsen i Steigen i 2007, hvor bygda var uten strømforsyning i 6 dager, er et godt eksempel på hvordan ekstremvær kan sette strømforsyningen ut av spill over lang tid. Stormen som raste gjorde reparasjonsarbeidet vanskelig.

Forsyningssikkerhet har bestandig vært et grunnleggende krav for kraftforsyningen. Det er en forutsetning at kraftforsyningen også skal fungere under ekstreme værpåkjenninger, selv om det er vanskelig å gardere seg helt mot alle typer situasjoner. Ved skader og havarier stilles det krav til at selskapene raskt skal kunne gjenopprette normal forsyning igjen.¹¹ Likevel viser undersøkelser at om lag 50 % av all ikke-levert energi (ILE) i distribusjonsnettet, og i underkant av 40 % i henholdsvis regional- og sentralnettet, skyldes værpåkjenninger og lignende. Mye av dette skyldes vegetasjon/trefall, lyn, vind og ising (NVE, 2008), (Kjølle, G., 2008).

¹¹ Det skal gjennomføres risiko- og sårbarhetsanalyser for hele virksomhet, samt lokale analyser for det enkelte anlegg – jf Forskrift om beredskap i kraftforsyningen § 5-4 (OED, 2002). Dersom det i et område identifiseres en økt risiko for skader og andre belastninger (jf. uvær, rasfare ol.) som følge av det som kan oppfattes som mulige klimaalaster, skal det tas hensyn til dette mht. til konkrete sikringstiltak (tilpasning) og beredskapstiltak (planer, øvelser m.v.).

I publikasjonen State of the nation (RIF, 2010) konkluderes det med at elektrisitetsnettet i Norge i hovedsak har tilfredsstillende standard. Sentralnettet holder god standard, mens regionalnett og distribusjonsnett har en noe lavere standard. Det pekes på at behovet for vedlikehold og nyinvesteringer er økende om kvaliteten på elektrisitetsnettet skal opprettholdes. Videre påpeker RIF i sin rapport at det vil være vanskelig å si noe om hvordan tilstanden bør være om ti år uten at myndighetene utarbeider en langsiktig energi- og klimaplan for utbygging av ny fornybar energi, nett og overføringskapasitet. Vi tolker funnene presentert i RIF sin rapport til at de anser fjernvarme- og gassdistribusjonsnettet for å være av så ny dato og derved høy kvalitet at det er mindre sårbart for klimapåkjenninger og – endringer enn dagens elektrisitetsnett (RIF, 2010).

Kunnskapsstatus elektronisk kommunikasjon

Post- og teletilsynet påtar seg ikke ansvar for telekommunikasjonsberedskap, men har tilsyn med at samfunnskritiske funksjoner blir prioritert av tilbyderne av telekommunikasjonstjenester i en krise. De sørger også for at de har tilgang til robuste kommunikasjonslinjer og datatjenester for f.eks. politi og sykehus. Næringslivet er ikke omfattet av ansvaret til Post- og teletilsynet (Zachariassen, 2009B).

Datakrimutvalget i Næringslivets Sikkerhetsråd (NSR) gjennomfører jevnlig en spørreundersøkelse i norsk næringsliv, offentlig og privat. Formålet med undersøkelsen som lå til grunn for den såkalte mørketallsrapporten (NSR, 2010) var å belyse omfanget av datakriminalitet og andre uønskede IT-hendelser i norske virksomheter, å kartlegge hvor sårbare norske virksomheter er for uønskede hendelser og å kartlegge sikringsnivået i virksomhetene, dvs. hvilke sikringstiltak og rutiner som er innført. Mørketallsundersøkelsen fra 2008 (NSR, 2008) viste bl.a. at konsekvensene ved f.eks. såkalt kritisk nedetid av IT-nettet vil føre til alvorlige konsekvenser for om lag 60 % av virksomhetene etter bare en dags nedetid. Undersøkelsen fra 2010 påpeker at IT-avhengigheten er stadig økende. Imidlertid er temaer som IT-kriminalitet, viruskontroll, outsourcing av IT-tjenester og lagring av sensitiv informasjon hovedfokus. Klimapåvirkning og strømbrudd er ikke fokusert i mørketallsrapportene.

En artikkel i Teknisk Ukeblad i 2009 (Zachariassen, 2009) viste til at svært få basestasjoner har nødstrøm, og at de vil slukne ved et eventuelt strømbrudd. Det vises i artikkelen til at det er mellom 8.000 og 10.000 basestasjoner i landet, og at svært få av disse har permanente nødstrømsaggregat. Stamnettene for telefon- og datatrafikk er inkludert i landets totalforsvar, og er dermed sikret med utstyr for nødstrøm. De eies av Telenor, Netcom og Bane Tele (Ventelo), og det stilles klare beredskapskrav. I artikkelen anbefales det at alle bedrifter beholder minst en analog telefonlinje, fordi IP-telefoni og mobilnett vil falle ut ved eventuelle strømbrudd.

Konklusjon

Klimarelaterte hendelser er allerede i dag en viktig årsak til de feil og avbrudd som skjer innen kraftforsyningen. Hvis man ikke gjør noe med systemet slik det er i dag vil sårbarheten kunne øke, dersom klimaet endrer seg slik som fremskrivingene av ulike klimascenario indikerer. Denne økte sårbarheten vil kunne reduseres dersom det tas høyde for økt klimapåkjenninger ved fremtidige utbygginger, oppgraderinger av eksisterende anlegg og i løpende vedlikehold (Kjølle, G., 2008).

IT-avhengigheten er stadig økende. Dette øker sårbarheten ift IT-kommunikasjon og nettverk basert på mobile basestasjoner. Det er i liten grad gjennomført undersøkelser som fokuserer på hvordan klimarelaterte hendelser vil påvirke IT-kommunikasjon. Manglende nødstrømsaggregat til basestasjoner for mobilnettverk vil kunne ha store konsekvenser for mobil kommunikasjon ved eventuelle strømbrudd.

Referanser

Kjølle, G., 2008: *Kraftledninger, værtpåkjenninger og forsyningssikkerhet*, SINTEF Energiforskning AS 2008, TR A6611

NSR, 2010: *Mørketallsundersøkelsen – Informasjonssikkerhet og datakriminalitet*. Rapport fra Næringslivets Sikkerhetsråd (NSR)

NVE, 2008: *Avbruddsstatistikk 2008*. Oslo: NVE.

NVE, 2009: *Klimatilpasning i kraftforsyningen 2009*. NVE rapport 16/2009. Oslo: NVE

NVE, 2010: *NVE: Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100. Sammendragsrapport*. NVE rapport 6/2010

OED, 2002: *FOR 2002-12-16 nr 1606: Forskrift om beredskap i kraftforsyningen* <http://www.lovdata.no/cgi-wift/lides?doc=/sf/sf/sf-20021216-1606.html>

OED, 2008: *Fakta 2008. Energi og vannressurser i Norge*. Oslo: NVE.

RIF, 2010: *State of the Nation. En gjennomgang av rikets tilstand for 11 sentrale områder innen offentlig bygg og infrastruktur*. Oslo: Rådgivende ingeniørers forening (RIF)

Zachariassen, E., 2009A: *Mobilmaster uten batteri*. Artikkel i Teknisk Ukeblad 16.04.2009, lenke til artikkelen på nett: <http://www.tu.no/it/article206908.ece>

Zachariassen, E., 2009B: *Ubeskyttet mot mobil og databrudd*. Artikkel i Teknisk Ukeblad 16.04.2009, lenke til artikkelen på nett: <http://www.tu.no/it/article206168.ece>

Klimasårbarhet i morgen

Innledning

I det foregående kapittelet oppsummerte vi kunnskap om hvordan kommunal og fylkeskommunal infrastruktur blir påvirket av dagens klima. I dette kapittelet skal vi oppsummere kunnskap om hvordan kommunal og fylkeskommunal infrastruktur kan bli påvirket av klimaendringer – altså klimaet "i morgen". Vi refererer her til klimaendringer som kan skje de neste 25 til 50 år.

Arealforvaltning

Innledning

Arealforvaltning er et bredt og sammensatt tverrsektorielt temaområde. En rekke studier av konsekvenser av klimaendringer og sårbarhet for klimaendringer i Norge har direkte eller indirekte relevans for arealforvaltning. Her avgrenser vi oss stort sett til en omtale av studier som har fokus på arealforvaltning og arealplanlegging. Innenfor arealplanlegging legger vi hovedvekt på lokalisering av fysisk infrastruktur, der vi igjen prioriterer lokalisering av bygninger; private og offentlige. Arealforvaltningen avgrenser vi til forvaltning av dyrka og dyrkbar mark som grunnlag for framtidig matproduksjon.

Det er gjennomført et betydelig antall analyser av forventede effekter av fremtidige klimaendringer i Norge. Mange av analysene baserer seg på bruk av scenarioer for framtidig utvikling av klimaet, og analysene varierer med hensyn til hvor sterk temperaturøkning som forutsettes, og hvilket tidsperspektiv som velges. En rekke analyser er tematisk avgrenset til effekter for enkelte samfunnssektorer, effekter av enkelte naturfenomen eller effekter i geografisk avgrensede områder.

Det er videre gjennomført flere oppsummeringer av kunnskapen på området. På oppdrag fra Klimatilpassingsutvalget ble det gjennomført en sammenstilling av kunnskap om konsekvenser av klimaendringer i Norge i samarbeid mellom flere institusjoner, (Aaheim mfl 2009). En del av utredningen handler om klimaendringenes konsekvenser for næringsvirksomhet og sektorer. Kapittelet tar hovedsakelig for seg studier av økonomiske virkninger og sårbarhet etter sektor. Det gis en beskrivelse av hvordan aktiviteten i sektoren avhenger av klimatiske forhold, hvilke endringer man i følge studiene kan forvente, og eventuelle tiltak som kan reduserer sårbarheten. Sektorene som behandles er: landbruk og reindrift, fiske, skogbruk, kraftproduksjon, stasjonær energietterspørsel, bygg og anlegg, infrastruktur, turisme og helse. Et eget kapittel omhandler virkninger for folk og samfunn av naturskader, ett om sårbarhet og tilpassing.

Aaheim mfl (2009) bygger bl.a. på en studie gjennomført av Cicero og COWI for Nordisk Ministerråd i 2008 om betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming frem mot 2100 (Cicero og Cowi, 2008). Studien er kvalitativ og basert på tilgjengelig litteratur. Den er ment å gi en vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer, samt avdekke eventuelle kunnskapshull. Rapporten dekker en rekke næringer (for eksempel kraft, transport, turisme og fiske) og fenomener (som for eksempel naturulykker) i Norge, Sverige, Danmark, Finland, Island og på Færøyene. I hvert kapittel diskuteres betydningen næringene eller fenomenet har for de nordiske landene, og hvilke effekter klimaforandringene kan få.

Kapitlet er i det videre inndelt i sårbarhet for naturskade, som framstår som den største utfordringen for arealforvaltningen i dag, og sårbarhet for mer langsiktige utfordringer som gradvise endringer i naturtyper og økosystem. For hver av disse gjør vi et skille mellom naturlig sårbarhet forstått som prosesser i naturen som er gjenstand for påvirkning av klimaendringer og samfunnsmessig sårbarhet. Et eksempel på samfunnsmessig sårbarhet er andelen av infrastruktur og bygninger som befinner seg i skredutsatte områder. En del av den samfunnsmessige sårbarheten er institusjonell sårbarhet forstått som manglende evne til å gjennomføre tiltak for å tilpasse seg til klimaendringer ved ulike institusjoner. Eksempler er tilgang på fagkompetanse og økonomisk grunnlag for å gjennomføre tilpasningstiltak. Denne typen sårbarhet vil bli behandlet i kapitlet om tilpassing til klimaendringer og der behandlet under overskriften "forutsetninger og barrierer for klimatilpassing".

Kunnskapsstatus om sårbarhet knyttet til naturskade og ekstremvær

Spørsmålet om og i hvilken grad klimaendringer vil påvirke fare for naturskade er forsøkt besvart blant annet i forskningsprosjektet GeoExtreme der man har undersøkt hvordan klimaendringer – bl.a. mer ekstremvær - kan påvirke faren for skred de neste 50 årene. En utredning av Met.no, Cicero med flere (Førland mfl. 2007) så på utviklingen av naturulykker i Norge som følge av klimaendringer på oppdrag fra av Statens landbruksforvaltning

(SLF). Utredningen ser på hvilke klima- og værforhold vi ut i fra dagens kunnskap kan forvente i Norge om 30-50 år og forsøker å gi svar på om det som følge av endringer i vær og klima kan forventes økt antall eller større naturulykker i fremtiden og om fordelingen av naturulykker vil endre seg i forhold til geografisk fordeling og i forhold til skadeårsaker og skadetyper. Utredningen bygger på forskningsresultater fra en rekke fagmiljøer, herunder foreløpige resultater fra forskningsprogrammet GeoExtreme. Scenarier for regionale og lokale klimaendringer i Norge er basert på data fra RegClim prosjektet, og en stor del av beregningene som danner bakgrunn for projeksjonene for klimautviklingen de neste 50 årene i denne utredningen er basert på en simulering fra Max-Planck instituttet med IPCCs utslippsscenario IS92a.

Resultatene fra de ulike studiene viser at klimascenarier gir en klar indikasjon på at vi kan vente en økning i hyppighet av alle værtyper som fører til naturskade. Regionale analyser viser klare trender i utvikling av naturskade, men det mangler tilstrekkelig detaljert informasjon til å si med sikkerhet hvor sårbarheten vil være størst, og hvilke typer naturskade den vil være knyttet til. Når det gjelder skred forventes det en liten økning i hyppigheten av skred i den største innlandsregionen, og en moderat til sterk økning i hyppigheten av skred i de sørlige kystregionene. I en del regioner foreligger det ikke nok data til en sikker vurdering. Endringer i permafrostens utbredelse vil kunne føre til en økt hyppighet av store fjellskred både i Nord- og Sør-Norge og der ustabile fjellpartier ligger over vann vil dette medføre en økt risiko for flodbølger. Det understrekes at klimascenarier er beheftet med en betydelig grad av usikkerhet.

I en offentlig utredning om sikring av landets kritiske infrastruktur (NOU 2006:6) er sårbarhet for klimaendringer en av flere årsaker til sårbarhet. Av klimarelatert sårbarhet fremheves spesielt:

- Demninger og oppdemningsanlegg er sårbare for ekstremnedbør og flom.
- Vannforsyningen er sårbar for forurensing ved ekstremnedbør.
- Avløpssystemet er sårbart for kraftige regnskyll med den konsekvens at avløpsvannet strømmer tilbake inn i bygninger og forårsaker skader.
- Vann- og avløpssystemene er sårbare for langvarig kulde med dyptgående tele i bakken som kan føre til frost i vann- og avløpsledninger i områder der vannet periodisk blir stående stille i ledningene.
- Strømforsyningen er sårbar for økt lavtrykksaktivitet som kan føre til mer og kraftigere tordenvær som kan medføre strømutfall og dermed stoppe strømforsyningen og/eller ødelegge elektroniske komponenter.
- Strømledninger er sårbare for raske temperatursvingninger vinterstid fordi ledningene kan bli islagte og forårsake strømbrudd.

Utvalget peker på at det er to viktige forhold som spiller inn når det gjelder klimasårbarhet i forhold til bebyggelse og tekniske anlegg: Det ene er lokaliseringen av bebyggelsen i områder utsatt for virkninger av klimaendringer, og det andre er selve utformingen av bebyggelsen.

Sårbarhet knyttet til naturskade framstår som den *viktigste* utfordringen for arealforvaltningen i Norge som følge av klimaendringene i en studie CIENS har gjort på oppdrag fra NOU Klimatilpassing (Harvold 2010). Studien nevner særlig fire hovedutfordringer i arealplanlegging som følge av klimaendringer:

- Havnivåstigning
- Økt skredfare
- Økt fare for elveflom
- Økte problemer med overvann i bebygde områder

I tillegg til disse fire hovedutfordringene nevnes et mulig femte, nemlig *vind*. Antatt høyere hyppighet av storm/orkan er ikke bare en utfordring ved utforming av bygninger, det er også et lokaliseringsspørsmål.

Vestlandsforskning i samarbeid med Østlandsforskning, Norges Geotekniske Institutt og Universitetet i Stavanger, har på oppdrag fra KS utredet sannsynlige konsekvenser klimaendringer vil ha på naturskadesituasjonen i kommunene (Groven mfl 2008). Prosjektet omfattet casestudier i sju kommuner. Studien konkluderer med at sårbarhet for naturskader varierer med region og årstid og kan både øke og avta, men generelt ventes større sårbarhet for skred og flom høst og vinter. Skadefenomener som opptrer med økt intensitet, på nye steder eller til uvante tider av året, framstår som "nye" naturskadeutfordringer. I slike tilfeller kan manglende kunnskap og oppmerksomhet skape uklarhet. Usikkerhet om klimautviklingen taler for at verstefallsscenario blir innlemmet i statens klimasårbarhetsstrategi.

Utredningen om konsekvenser av klimaendringer i Norge for Klimatilpassingsutvalget (Aaheim mfl 2009) inneholder et eget kapittel om virkninger for folk og samfunn av naturskader og omfatter havnivåstigning og virkninger av ekstremvær som stormflo, storm, flom, skred og tørke. Det konkluderes med at ekstremvær kan få

stor betydning for sektorer som bolig og bygg, transport og vann og avløp. Studiene av de enkelte sektorene viser at for flere av dem, som for eksempel transport og vann og avløp, er det spesielt den potensielle økningen i ekstremvær og naturskader som byr på den største utfordringen.

Konsekvenser for infrastruktur som følge av havnivå og stormflo er vurdert av Aunan og Romstad (2008) og Groven mfl (2008). Aunan og Romstad (2008) konkluderer med at Norge neppe vil bli alvorlig påvirket av havnivåstigning i den størrelsesorden som omtales i tilgjengelige scenarioer for dette århundre (inntil 1 m). Landheving i sørøst samt topografiske og geomorfologiske trekk, som en relativt bratt kystlinje og kysttyper som er motstandsdyktige mot erosjon, taler for dette. Enkelte lavtliggende områder i sør-vest Norge kan være imidlertid erosjonsutsatte, slik som Jæren.. På Vestlandet og i Nord-Norge vil deler av lavtliggende infrastruktur være utsatt for havnivåstigning, særlig hvis det også blir en forverring av stormfloklimaet.

Groven mfl (2008) peker på at naturlig tidevann er større i Nord-Norge enn i Sør-Norge, og at man i de nordligste fylkene tradisjonelt ikke har bygd så nær sjøen som lenger sør i landet. Nordnorske kommuner kan derfor være mindre sårbare enn kommuner i sør, særlig langs kysten fra Lindesnes til svenskegrensa. I Sørøst-Norge kan det oppstå problemer ved vann og avløp på grunn av økningen i havnivå. Fredrikstad er en av kommunene som har hatt mest stormfloskader. Det er anslått at stormflonivået i 2100 der kan ligge på mellom 186-217 cm over kote null på landkart, mens høyeste registrerte stormflo i Fredrikstad var 138 cm over landkartnull (Groven mfl., 2008). Bergen deltar, sammen med Bjerknessenteret i prosjektet MARE (Managing Adaptive responses to Changing flood risk in the North Sea region: 2009-2012, www.mareproject.eu) og arbeider med en handlingsplan som beskriver problemområder og drøfter mulige tiltak.

Under utarbeidelse av Nasjonal transportplan 2010-2019 ble rapporten "Virkninger av klimaendringer for transportsektoren" laget av en tverrfaglig arbeidsgruppe (Avinor mfl. 2007). I utredningen om virkninger av klimaendringer for transportsektoren (Avinor mfl. 2007) er det gjort vurderinger av hvilke følger økt havnivå/stormflo og bølgehøyde kan få i form av driftsforstyrrelser i havner pga overskylling av moloer. Økt vannstand ved stormflo kan også gi økt strømhastighet i strømssterke sund. Erosjon og flytting av strandlinje i forbindelse med høyere vannstand nevnes også som en utfordring.

Riksrevisjonen har nylig gjennomført en undersøkelse av myndighetens arbeid med å forebygge flom- og skredfare (Riksrevisjonen 2010). Undersøkelsen dokumenterer at det bor omkring 160.000 mennesker i områder som ved utgangen av 2008 var kartlagt som potensielt utsatt for 200-års flom, kvikkleire eller skred, og at det er omkring 66.000 bygninger i disse områdene. Undersøkelsen viser for det første at det er varierende grad av nasjonal kartlegging av flom- og kvikkleireskredfare og aktsomhetskartlegging av stein- og snøskred. Det kommer fram at fylkesmenn og kommuner har tillit til flomsonekartene, men at omfanget ikke er tilstrekkelig, og at flere elvestrekninger og mindre vassdrag bør kartlegges. Store areal med marine avsetninger som kan skjule kvikkleire, er ennå ikke kartlagt. Kartleggingen av kvikkleire dekker dessuten ikke strandavsetninger eller områder som er mindre enn 10 dekar. Flere fylkesmenn og mange kommuner mener at kartleggingen må forbedres, blant annet ved å inkludere areal som er mindre enn 10 dekar og områder som kan bli utsatt for kvikkleireskred. Selv om det kjent at klimaendringer kan øke faren for flom og skred er det ingen av dagens nasjonale kartlegginger som tar hensyn til klimaendringer.

Forsikringsbransjen har de siste årene engasjert seg i problemstillinger omkring naturskade. Forbundet for britiske forsikringsselskaper har advart om at forsikringskravene kan bli tre ganger så store innen midten av dette århundret, og forventer størst økning i erstatning etter bygningsskader (ACIA, 2005). Gjensidige initierte et prosjekt for å studere klimaendringenes påvirkning på forsikringsbransjen i 2001 og deltar nå i et 4-års EU samarbeidsprosjekt. Selv om det også har vært en økning i skadeutbetalinger i Norge, har disse ikke økt like raskt som i resten av verden.

Flere forfattere peker på at sårbarhet knyttet til naturskade er et kombinert resultat av endringer i naturen som følge av klimaendringer og samfunnsendringer (Prestrud, 2006, Econ 2006, Groven mfl 2008). Prestrud (2006) peker på at selv om det er bred enighet om at skadeomfanget av værrelaterte naturkatastrofer har økt kraftig i verden, er det ikke enighet om årsakene. Den rådende oppfatning har vært at det først og fremst er endringer i sosioøkonomiske og demografiske variabler som kan forklare økningen, og bare i mindre grad endringer i ekstreme værhendelser. Samfunnet eksponeres i økende grad for værrelaterte tap som følge av befolkningsvekst og økt urbanisering i utsatte og sårbare områder, en generell verdi- og velstandsøkning og økt avhengighet av strømforsyning. Førland mfl. (2007) hevder at hvis man ser isolert på endringer i naturskade og risiko for naturskader, er det en trend mot økt samfunnsmessig sårbarhet overfor naturskade, men man kan ikke si noe om hvilket utfall disse hendelsene vil få. Mange hendelser er såpass sjeldne at sikringstiltak eller tilpasning til disse ikke finner sted, noe som kan føre til at skadene blir desto større når naturhendelsen faktisk inntreffer.

Econ (2006) har gjennomført studien Samfunn i endring – hva betyr det for naturskadeordningen. Studien ser på utviklingen 30 år tilbake og 30 år frem i tid for endringer i levekår, næringsgrunnlag og andre forhold som påvirker befolkningens sårbarhet for naturulykker. I følge Econ (2006) er urbaniseringen antakelig den enkeltfaktor som bidrar sterkest til å øke sårbarheten for naturskader, spesielt for flom og skredulykker, hovedsakelig fordi konsentrasjonene av mennesker, bygninger og andre objekter som kan bli skadet gjør at skadeomfanget blir større når en ulykke skjer. Videre har endringer i næringsstruktur, utvikling av infrastruktur og økt velstand endret vår sårbarhet for naturskader. Klimaendringer er ikke behandlet særskilt i rapporten, men klimaendringer kan få betydning for risiko og omfang av naturskader. For eksempel hevder Econ (2006) at vi er blitt flinkere til å sikre oss, men at klimaendringer er kanskje den største utfordringen for arbeidet med sikring mot naturskader framover ettersom endringene kan gjøre at både omfang og hyppighet av ulike naturskader kan endres vesentlig over relativt kort tid dersom de mest pessimistiske spådommene slår til.

Kunnskapsstatus om sårbarhet som følge av gradvise endringer i klimapåvirkningen

Mens sårbarhet knyttet til naturskade ofte er utløst av ekstremvær og plutselige hendelser, medfører gradvise endringer i klimaparametre langsomme prosesser som vil påvirke arealene og arealforvaltningen over tid. Vi vil likevel ta et forbehold her. Selv om mange av effekter i samfunn og natur er forventet å foregå gradvis og over tid, er det verd å merke seg at mange forfattere peker på faren for at arter og økosystem kan nå kritiske terskelverdier som fører til hurtige og omfattende systemendringer på kort tid, og med betydelige konsekvenser (Fremstad mfl 2006). I Cicero og Cowi (2008) understrekes det også at gradvise endringer kan også føre til skader som kommer brått på, som for eksempel når skadedyr sprer seg til nye områder. Havnivåstigning er et annet eksempel på en langsom og gradvis prosess som vi imidlertid har valgt å omtale under naturskade, fordi den kombinerte virkningen av havnivåstigning og stormflo kan forårsake naturskade.

Typiske eksempler på langsomme effekter av klimaendringer er endring i utbredelsen av ulike naturtyper. De produktive skogområdene antas for eksempel å øke på bekostning av fjellskog, og fjellskog vil innta deler av dagens snau fjell. Arealet som er egnet for jordbruksproduksjon vil øke, og kan føre til oppdyrking av areal som i dag ikke er egnet for jordbruksproduksjon. Breene i Norge krymper, og vil krympe raskere mot 2100 – enkelte mindre breer og brearmer forventes også å forsvinne helt. Innenfor de enkelte naturtyper forventes det også endringer, for eksempel at arter med sørlig utbredelse vil øke i antall og utbredelse på bekostning av arter som er tilpasset et kjøligere klima, og at nye arter vil etablere seg. Både endringer i utbredelsen av og endringer i utforming av ulike økosystem i Norge vil ha stor innvirkning på biologisk mangfold (Aaheim mfl 2009).

Kunnskapsgjennomgang når det gjelder effekter av klimaendringer på naturtyper og biologisk mangfold er gitt i Fremstad mfl (2006), Cicero og Cowi (2008), Aaheim mfl (2009) og Loeng mfl. (2010). Rapporten til Fremstad mfl er et resultat av et klimaprojekt som ledelsen i Direktoratet for Naturforvaltning (DN) satte i gang sommeren 2005. En del av prosjektet besto av en gjennomgang og sammenstilling av økologiske effekter av klimaendringer (Fremstad mfl 2006). I tillegg har direktoratet laget en database der prosjekter og resultater om økologiske effekter av klimaendringer er samlet og holdes løpende oppdatert (<http://klima.dirnat.no/>).

Fremstad mfl. (2006) sammenstiller en del studier av klimaeffekter i Norge, og trekker noen konklusjoner angående forventede endringer i fremtiden. Konklusjonene er at det forventes endringer i alle naturtyper. Generelt forventes de største klimaendringene - og kanskje effektene – å skje i Arktis. Det er imidlertid komplekse interaksjoner som avgjør hva slags effekter klimaendringer vil gi, og klima vil virke sammen med andre faktorer som f.eks. fysiske inngrep og forurensning.

Cicero og Cowi (2008) baserer seg i sin kunnskapsgjennomgang på internasjonale kilder i tillegg til Framstad mfl (2006). I Aaheim mfl (2009) finnes også en kunnskapsgjennomgang av hvilke konsekvenser endringene i det biologiske mangfoldet kan få for ulike samfunnssektorer. Endringer i naturtyper og biologisk mangfold ventes å få store konsekvenser for reindriften, bl.a. vil en økning i skoggrensene og gjengroing av lavalpine områder med reduksjon av lavrike plantesamfunn bety permanente endringer og reduksjon i vinterbeitekapasiteten. Fiske, havbruk, landbruk og skogbruk vil også bli sterkt påvirket av endringer i naturforhold og biologisk mangfold, men det er stor usikkerhet knyttet til mange av effektene og store regionale variasjoner; ikke minst mellom Nord- og Sør-Norge. I oppsummeringen heter det (side 133):

Det er nærmest umulig å si noe konkret om når og hvordan økosystemer og det biologiske mangfoldet skal endre seg som følge av klimaendringene, og hvordan det kommer til å påvirke samfunnet eller utvalgte sektorer. Det henger sammen med stor usikkerhet på mange nivåer, som de globale og regionale klimascenariene, tilpasningsevnen til plante og dyrelivet og mikroorganismer, ufullstendig kunnskap om hvordan alle organismer i et økosystem er knyttet sammen, og ikke minst usikkerheten om hvordan ulike

faktorer samvirker, forsterker eller avdemper hverandre. Effektene av endringer i biodiversitet på samfunnet er dermed svært uforutsigbare.

Rapporten antyder likevel en del sannsynlige konsekvenser av endringer i det biologiske mangfoldet, som store helsemessige og økonomiske og kulturelle konsekvenser for folk og samfunn generelt og enkelte næringer og områder spesielt.

Loeng mfl.(2010) har sett på effekter på økosystem og biologisk mangfold i Arktis, som en del av NorACIA-prosjektet. Delutredningen har vært skrevet av et team av forskere fra Havforskningsinstituttet (HI) og Norsk institutt for naturforskning (NINA). Siden det er forventet vesentlig større klimaendringer i Arktis enn andre steder på kloden, er det antatt at endringene i økosystemene vil være særlig omfattende. Rapporten peker på en rekke forventede endringer både i marine, terrestre og limniske økosystem, men peker på at det er svært vanskelig å kunne si noe om effekter i et økosystemperspektiv på grunn av manglende kunnskap. Mer kunnskap om biodiversitet, nøkkelarter, utbredelse i tid og rom, produksjonspotensialet, økosystem interaksjoner og sårbarhet er nødvendig for å kunne si noe om integrerte effekter i økosystemet.

Kunnskapsstatus om matproduksjon og forvaltning av dyrka mark

Stortingsmelding nr 39 (2008-2009) "Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen" beskriver mange positive muligheter for landbruket i Norge som følge av klimaendringer. Det vil kunne bli større spillerom for valg av vekster. Grasdyrkingsområder kan utvides og korn vil kunne dyrkes i større deler av Østlandet, indre deler av Vestlandet, Trøndelag og Nord-Norge. Økningen i arealer med høstsådd korn vil kunne fortsette og mer varmekrevende vekster kan bli dyrkbare i sør. Grasproduksjonen vil kunne økes og beitesesongen forlenges. Vekstsesongen for gras kan innen 2050 øke med seks uker i kyststrøk nordpå og indre fjellstrøk på Vestlandet. I indre Finnmark og på deler av Østlandet blir økningen under tre uker. Mindre snø og is på sen vinteren vil redusere risikoen for vinterskader på eng. Det står videre at større arealer kan bli egnet til nydyrking, med størst potensial i Nord-Norge og i fjellbygdene i Sør-Norge.

Meldingen beskriver også negative effekter. Klimaendringer øker risikoen for at nye skadegjørere og plante- og dyresykdommer etablerer seg. Mer nedbør vil kunne føre til mer kjøreskader og større behov for grøfting av dårlig drenert jord. Erosjonsrisiko kan bli større hvis åkerarealer vokser på bekostning av permanent grasdekke. Større høst Kornarealer på bekostning av stubb/fangvekst/grasdekke vil forsterke denne tendensen ytterligere, men endringer i nedbørsmønster vil være avgjørende for hvor sterkt dette slår ut i praksis. Økning i nedbør har allerede medført utfordringer i forhold til økte forekomster av fukt og råteskader på avlinger.

Aaheim mfl (2009) har presentert en fersk kunnskapsstatus når det gjelder sårbarhet og tilpassing innenfor jordbruk. Basert på Torvanger m.fl (2004), Skaugen og Tveito (2004) og Gaasland (2004) oppsummeringer de at klimaendringer antakelig vil føre til størst forandringer i vekstsesongen på vestlandet, i Nordland og i de nordlige delene av landet. Oslo, Trondheimsområdet og indre deler av Finnmarksvidda vil få minst endring. Lengre vekstsesong antas å bidra til bedre vekstvilkår, større avlinger og at større arealer kan bli egnet til nydyrking, og med større spillerom for valg av vekster. Det bør likevel tas i betraktning at andre faktorer som for eksempel at behovet for vanning kan øke i områder med mindre nedbør og høyere temperaturer, at mer nedbør i andre perioder kan medføre økt overflateavstrømning og dermed erosjon og at nitrogenomsetningen i jorda kan øke. Næringen er selv opptatt av at økningen i fukt og råte samt utviklingen av nye typer plantesykdom må følges nøye under endrede klimaforhold.

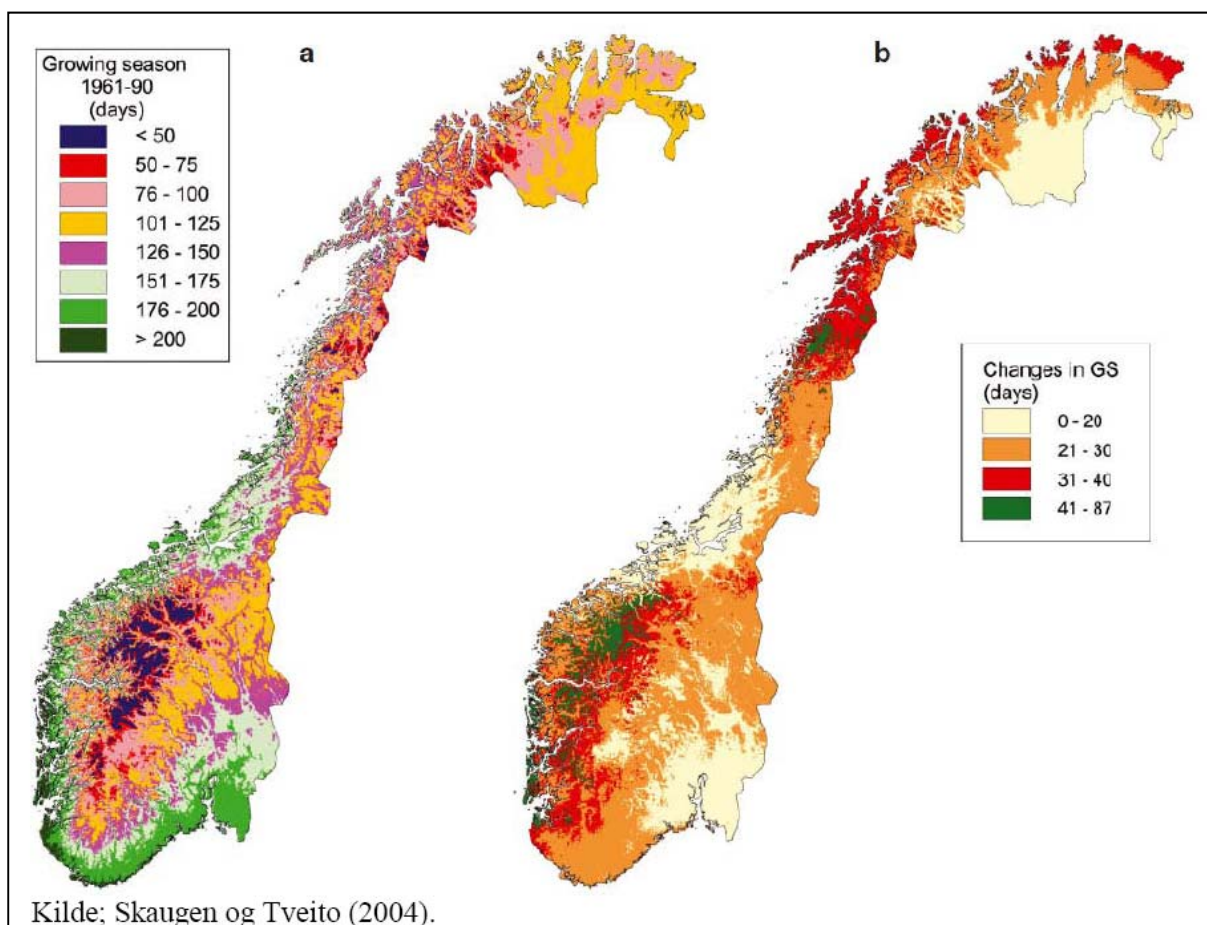
Enkelte av studiene Aaheim mfl (2009) referer til, forsøker å kvantifisere endringer i avlingsnivå. Det internasjonale PESETA-prosjektet (Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on bottom-up Analysis) gjorde en multi-sektor analyse av effekter av klimaendringer i Europa for 2020 og 2080 i ni agro-klimasoner. De finner at egnetheten for avlinger i Nord-Europa øker på grunn av en forlenget vekstsesong og lenger frostfrie perioder. Resultatene fra simuleringer med IPCCs SRES A2-scenariot indikerer at Norge kan vente 15-30 % økning i avlinger i 2080 sammenlignet med perioden 1961-1990 (enkelte områder i Trøndelag og Nordland kan i en av simuleringene vente noe mindre, ned mot 5 % økning).

Norske undersøkelser – som i mindre grad er basert på store modellkjøringer og mer på detaljerte lokale analyser - viser mer nyanserte resultater som varierer mellom geografiske områder og avlingstyper. Torvanger m.fl (2004) undersøkte sammenhengen mellom avlinger av poteter, bygg, havre og hvete, og temperatur (vekstdøgn) og nedbør fra 1958 til 2001 på fylkesnivå. De brukte en bio-fysisk statistisk modell. De fant at i bare 18 % av tilfellene (avlingstype og fylke) er det en positiv signifikant effekt av økt temperatur på avlingene. I 3 % av tilfellene er det en negativ signifikant effekt. Den positive effekten er størst for poteter. Sammenhengen er sterkest i Nord-Norge, der temperaturen sannsynligvis er en viktigere begrensning på avlingene enn i andre regioner. Effekten av mer

nedbør er negativ i 20 % av tilfellene, noe som kan komme av overskudd av vann i jordsmonnet eller redusert solinnstråling knyttet til mer skydekke. Den negative effekten er sterkest i Vest- og Midt-Norge og for Nordland. På den annen side viste 5 % av tilfellene en positiv signifikant effekt, og da på Østlandet. Prediksjoner basert på RegClim scenariet for år 2040 indikerer at potetavlingene kan stige med 25-30 %, med størst økning i Nord-Norge.

Gaasland (2004) brukte samme klimascenario som Torvanger m.fl., koblet mot en avlingsmodell og beregnet en 14 % økning i hveteavlingene i de mest produktive jordbruksområdene i Sør-Øst Norge. Avlingene av gress til fôr og poteter økte også.

Skaugen og Tveito (2004) undersøkte fremtidig effekt av klimaendringer på gjennomsnittlig vekstsesong og graddager 3. Temperaturdata fra Max Planck Institutes ECHAM4/OPYC3 AOGCM ble brukt ved empirisk nedskalering for 30 års perioden 2020-2049 (scenarioperioden). Resultatene indikerer at intensiteten på vekstsesongen (dvs. graddagene) vil øke i hele landet. For 50 % av arealet i landet kan en forvente en økning i den gjennomsnittlige intensiteten på vekstsesongen fra ca 400°C i referanseperioden opp mot 650°C graddager i scenarioperioden. Dette innebærer for eksempel at den gjennomsnittlige lengden på vekstsesongen langs sørkysten av Norge i 2021-2050 vil bli tilsvarende det den er i dag for eksempel sør i Storbritannia, i Nederland og i Nord-Tyskland. Mens en kan forvente forandringer på mellom 300 og 480 °C i Vest-Norge og langs deler av nordkysten, vil deler av Nord-Norge og de høye fjellområdene få forandringer på mindre enn 200°C. I de østre delene av Sør-Norge, i Trondheimsområdet og i kyststrøkene og de indre delene av Nord-Norge vil forandringene bli mellom 200 og 300°C.



Figur 14 Vekstsesong i Norge, gjennomsnittsverdier for referanseperioden. (b) Forandringer i vekstsesongen for scenarioperioden 2021-2050 sammenlignet med referanseperioden

O'Brien m.fl. (2003, 2006) undersøkte utsatthet for klimaendringer i jordbruket ved å lage en indeks som inneholdt antatt viktige variabler (høst- og våredbør, lengde på vekstsesong, frost- og tinedager om vår og høst, og snødybde om vinteren). Indeksen ble først beregnet for nåværende klima, og så justert til å ta høyde for forandringer under et dobbelt CO₂ nivå basert på resultater fra RegClim (www.regclim.met.no). Resultatene viser at jordbruk i Vest-Norge og langs kysten i Nord-Norge er mer utsatt for forverrede klimaforhold på grunn av økt nedbør om vår og høst, redusert snødekke, og den relativt moderate forlengelsen av vekstsesong sammenlignet

med andre områder i Norge. Innlandet i Øst-Norge derimot vil bli mindre utsatt for ugunstige klimaforhold i fremtiden. Kommunenes sårbarhet for klimaendringer fremkom som et resultat av næringenes sårbarhet for klimaendringer, og kommunenes avhengighet av disse næringene.

Som en del av programmet NORKLIMA i Forskningsrådet ble prosjektet "Ecology and economy of agriculture in a changing climate" gjennomført i perioden 2003 til 2008 med forskere ved Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB) i spissen. Det har sett nærmere på hvilket utfall et varmere klima kan få for produktivitet, økonomi og belastning på miljøet ved erosjon og utvasking av næringsstoffer i jordbruket. En av publikasjonene fra prosjektet ser på årsaker til økte priser på jordbruksvarer og hva dette kan bety for matsektoren i Norge (Utgård og Pettersen 2008)

St.meld. nr 39 Klimautfordringene – Landbruket en del av løsningen (2008 – 2009) slår fast at landbruket er en av de sektorene som i størst grad vil bli påvirket av klimaendringene og at det derfor er en stor utfordring å produsere nok mat og energi til verdens befolkning på en bærekraftig og klimavennlig måte og at klimaproblemet forsterker utfordringene. Samtidig pekes det på at økte gjennomsnittstemperaturer samtidig kan føre til at nye landarealer kan nyttes til landbruk. Anslagene er usikre siden det ikke er kjent hvordan lokalklimaet vil utvikle seg, men for Nord-Amerika er det anslått en økning i areal egnet til landbruksproduksjon på 20–50 %. Tilsvarende er det for Russland anslått en økning på omkring 40–70 %. Oppdyrking av myrområder og tap av skogområder kan på den annen side medføre økte klimagassutslipp fra jordbruk. Afrika sør for Sahara vil kunne tape landarealer for matproduksjon, i størrelsesorden opp mot ni % i forhold til i dag. Vi har ikke funnet forskningsarbeider som vurderer hvilke konsekvenser klimaendringene kan få for forvaltningen av dyrka mark i Norge, utover at det erpekt på sammenhenger mellom en økende usikkerhet i den globale matsikkerheten og fremtidig norsk jordbruksproduksjon.

Konklusjon

Det er gjennomført et betydelig antall analyser av forventede effekter av fremtidige klimaendringer i Norge som har relevans for arealforvaltning og -planlegging.

En rekke forfattere understreker betydningen av arealplanlegging for å redusere sårbarhet, først og fremst gjennom å lokalisere bygninger og annen infrastruktur til områder som ikke er utsatt for naturulykker som skred og flom. Samtidig har Riksrevisjonen (2010) dokumentert at det bor omkring 160 000 mennesker i områder som ved utgangen av 2008 var kartlagt som potensielt utsatt for 200-års flom, kvikkleire eller skred, og at det er omkring 66 000 bygninger i disse områdene.

Den naturlige sårbarheten når det gjelder ekstremvær og fare for naturskade er bedre kjent enn sårbarheten for konsekvenser av mer langsomme og gradvise prosesser som endringer i naturen. Konsekvensene for samfunnet av endringer i biodiversitet framstår som svært uforutsigbare.

Det er også store kunnskapshull når det gjelder sårbarhet for naturskade. Vi vil særlig peke på at de nasjonale kartleggingene av skred og flom ikke tar hensyn til klimaendringer, men bygger på historiske data. Samtidig er det kjent at klimaendringer fører til nye typer naturulykker på nye steder, for eksempel flom og jordskred knyttet til små bekker, der det ikke tidligere har forekommet. Slike fareområder fanges altså ikke opp i dagens kartlegginger av mulige fareområder. De nasjonale kartleggingene dekker heller ikke alle utsatte områder i landet.

Det er gjennomført flere studier av sårbarhet for klimaendringer i kommunene, mange av disse har fokusert på naturskade. Studiene identifiserer indikatorer og faktorer som kan brukes til å analysere lokal sårbarhet, samt tilnærminger for å gjennomføre sårbarhetsanalyser.

Referanser

- Aaheim, H. Asbjørn, Halvor Dannevig, Torgeir Ericson, Bob Eric Helmuth van Oort, Linda Innbjør, Trude Rauken, Haakon Veenemo, Hege Johansen, Maja Tofteng, Carlo Aall, Kyrre Groven and Eli Heiberg, 2009. Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge. Rapport til Klimatilpasningsutvalget. Report 2009:04. CICERO, OSLO, Norway. 238pp.
- ACIA (2005). Arctic Climate Impact Assessment, Cambridge University Press.
- Aunan, K. and B. Romstad (2007). "Strong coasts, vulnerable communities: Potential implications of accelerated sea-level rise for Norway." Journal of Coastal Research 24(1).
- Avinor mfl. (2007) "Virkninger av klimaendringer for transportsektoren"
- Battisti, D. S. and R. L. Naylor (2009). "Historical Warnings of Future Food Insecurity with Unprecedented Seasonal Heat." Science 323(5911): 240-4.

- Berglund, F. og E. Nergaard (2008). Utslippsreduksjoner og tilpasninger. Klimatiltak i norske kommuner. NIBR-Notat 2008:103. Oslo, Norsk institutt for by- og regionsforskning
- Cicero og Cowi (2008). Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming. TemaNord 2008:507. <http://www.cicero.uio.no/media/6168.pdf>
- Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap 2007: Nasjonal sårbarhet og beredskapsrapport Samfunnets sårbarhet overfor naturutløste hendelser (DSB 2007)
- ECON (2006). Samfunn i endring - hva betyr det for naturskadeordningen? ECON-rapport. Oslo.
- Førland, E., H. Amundsen og G. K. Hovelsrud (eds) (2007) Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer. Utredning på oppdrag fra Statens Landbruksforvaltning. CICERO Rapport 2007
- Framstad, E., I. Hanssen-Bauer, mfl. (2006). Effekter av klimaendringer på økosystem og biologisk mangfold, Direktoratet for Naturforvaltning.
- Gaasland, I. (2004). Can Warmer Climate Save the Northern Agriculture? Working Paper 16. Institute for Research in Economics and Business Administration (SNF), Bergen, 20
- Groven, K., H. H. Leivestad, mfl. (2008). Naturskade i kommunene. Sluttrapport fra prosjekt for KS. Vestlandsforskning-rapport nr. 4/2008. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Harald Loeng, G. O., Martin-A. Svenning, Audun Stien (2010). Effekter på økosystemer og biologisk mangfold. Klimaendringer i norsk Arktis – NorACIA delutredning 3. Report series Tromsø, The Norwegian Polar Institute.
- Harvold, K., A., Ed. (2010). Ansvar og virkemidler ved tilpasning til klimaendringer CIENS-rapport 1-2010. Oslo, CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn.
- Heiberg, E. mfl. (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
- http://www.regjeringen.no/upload/LMD/Vedlegg/Brosjyrer_veiledere_rapporter/Rapport_Klimaskifte_for_jordvernet_korrigert140108.pdf
- Innbjør, L. (2008): "Risikoen i klimaendringens tid", Kommunal Rapport 2008:04
- Innbjør, L., H. Amundsen, mfl. (2008). Klimautvikling og avgiftspolitik: Rapport om forventede klimaendringer i Nordområdene med vekt på Finnmark. Report 2008:02. Oslo, Norway, CICERO.
- Jordverngruppa 2008: Klimaskifte for jordvernet. Rapport fra jordverngruppa, overrakt Landbruks- og matdepartementet 08.01.08.
- Marttila, V., Granholm, H., Laanikari, J., Yrjölä, T., Aalto, A., Heikinheimo, P., Honkatukia, P., Järvinen, H., Liski, J., Merivirta, R., Paunio, M. 2005. Finland's National Strategy for Adaptation to Climate Change. Publications of the Ministry of Agriculture and Forestry 1a/2005. http://www.mmm.fi/attachments/ymparisto/5kgHfz0d/MMMjulkaisu2005_1a.pdf
- Millennium Ecosystem Assessment (2005) Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC.
- Nordahl, B., K. Harvold og R. Skogheim (2009): Forhandlingsbasert byutvikling. Evaluering av Oslos kommunes arbeid med å utvikle Ensjø fra bilby til boligby. NIBR-rapport 2009:20. NIBR. Oslo.
- O'Brien, K., Aandahl, G., Orderud, G. & Sæther, B. (2003) Sårbarhetskartlegging: et utgangspunkt for klimadialog. Plan 5/2003:12–17.
- O'Brien, K., S. Eriksen, L. Sygna and L.O. Naess, (2006). Questioning complacency: climate change impacts, vulnerability, and adaptation in Norway. *Ambio* 35 (2): 50-56.
- Riksrevisjonen 2007: Riksrevisjonens undersøkelse av bærekraftig arealplanlegging og areal - disponering i Norge. http://www.riksrevisjonen.no/Rapporter/Sider/Dokumentbase_Dok_3_11_2006_2007.aspx
- Riksrevisjonen 2010: Riksrevisjonens undersøkelse av myndighetens arbeid med å forebygge flom- og skredfare (Riksrevisjonen 2010).
- Rognstad, O. og T. A. Steinset, 2008. Landbruket i Norge 2007, Jordbruk – Skogbruk – Jakt. Statistiske analyser 101. SSB.
- Saarelainen, S. 2006. Climate change and risks to the built environment. FINADAPT Working Paper 9, Finnish Environmental Institute Mimeographs 339, Helsinki, 22 pp. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=56906&lan=en>
- Saglie, I., Falleth, E. 2007: Spredt bygging – en viktig trussel mot langsiktig jordvern? Plan 3-4 2007

- Saglie, I., Falleth, E., Bloch, A. S. og Steinnes, M. 2006: Spredt utbygging og jordvern. Om omfang og drivkrefter bak bygging på jordbruksarealer. Oslo: NIBR-rapport 2006:6
<http://www.nibr.no/uploads/publications/dbba2779912d7c721a96a1c7320cd808.pdf>
- Skaugen, T.E. og O.E. Tveito, 2004. Growing-season and degree-day scenario in Norway for 2021-2050. *Climate research* 26:221-232.
- Skjeggedal, T. og K. Harvold (2008): Planleggings- og stedsutviklingskompetanse I kommuner og fylker. NIBR-notat 2008:121. NIBR. Oslo
- SOU, Klimat- och sårbarhetsutredningen (2007) Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter, Stockholm, Fritzes. No. SOU 2007:60.
- SSB (2009c); Temaside Jordbruk, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/emner/10/04/10/jordbruk/>
- SSB: <http://www.ssb.no/emner/10/04/10/kofola/>
- St.meld. nr 39 Klimautfordringene – Landbruket en del av løsning (2008 – 2009)
- St.meld. nr 39 Klimautfordringene – Landbruket en del av løsning (2008 – 2009)
<http://www.regjeringen.no/nb/dep/lmd/dok/regpubl/stmeld/2008-2009/stmeld-nr-39-2008-2009-.html?id=563671>
- Sygna, L., Eriksen, S., O'Brien, K. & Næss, L.O. 2004. Climate change in Norway: analysis of economic and social impacts and adaptations. Report 2004:12. Oslo: CICERO.
- Torvanger, A.M., Twena, M. and Romstad, R. 2003. Climate Change Impacts on Agricultural Productivity in Norway. Draft Report, Center for International Climate and Environmental Research—Oslo (CICERO), Oslo, 34 pp.
- Utgård, J. og Pettersen, I. 2008: Auka priser på jordbruksråvarer. Årsaker, framtidsutsikter og vegval for matsektoren i Noreg, NILF-notat 2008-12. 49 s
- Utgård, J. og Pettersen, I. 2008: Auka priser på jordbruksråvarer. Årsaker, framtidsutsikter og vegval for matsektoren i Noreg, NILF-notat 2008-12. 49 s
- Vevatne, J. & Westskog, H. (Red.) (2007). Tilpasning til klimaendringer i Osloregionen. CIENS-rapport 1-2007.
- Vevatne, J. & Westskog, H. (Red.) (2007). Tilpasning til klimaendringer i Osloregionen. CIENS-rapport 1-2007.

Bygg

Innledning

Et fellestrekk for mye av publikasjonene som er referert i dette kapitlet er at de avgrenser seg til å analysere systematisk sårbarhet i bygget miljø i forhold til dagens klimasituasjon, og ut fra det avlede kunnskap om hvordan framtidige klimaendringer kan påvirke bygningsmassen.

Kunnskapsstatus

Den fjerde hovedrapporten fra FNs klimapanel (IPCC 2007) inneholder få referanser til sårbarhet og tilpasning innenfor byggsektoren. Delrapporten om vurdering av arktiske klimaendringer (ACIA 2005:908-944) tar for seg konsekvenser av klimaendringer for infrastruktur i arktiske områder. Primærfokuset relatert til bygninger i denne rapporten gjelder faren for setningsskader på hus som følge av at permafrosten tiner (ACIA 2005:908-944). Basert på Hadleyinstituttets klimamodell og B2 utslippsscenario, indikerer beregningene et høyt risikonivå for indre deler av Troms og Finnmark. Permafrosten på Svalbard forventes å være stabil innenfor dette tidsperspektivet (ACIA 2004:88).

I Klima- og sårbarhetsanalysen til SINTEF Byggforsk (Øyen mfl., 2010) er det beregnet at det i dag ligger noe over 6.700 bygninger i mulige permafrostområder på fastlandet i Norge. Bare 23 av disse ligger i sikre permafrostområder (avhengig av lufttemperaturen), mens de øvrige ligger i mulige permafrostområder. Analysen viser at så godt som all permafrost i fastlands-Norge kan forsvinne innen år 2100. Tallene for perioden 2071-2100 er basert på et A2 utslippsscenario fra Hadleyinstituttet, scenario 2100 HadA2. Dermed kan inn til 6.700 bygninger på fastlandet i Norge være utsatt for mulige setningsskader på grunn av at permafrosten forsvinner. Det er liten kunnskap om utbredelse av permafrost i fastlands-Norge. I NINA-prosjektet (Norsk Institutt for naturforskning) *The Thermal State of Permafrost in Norway and Svalbard* (TSP Norway) ble det startet målinger

av permafrost i Troms og på Svalbard. Videre er det gjort registreringer av tining av palsmyr i ubebygde områder i Finnmark, Troms og på Dovre¹².

Mange av publikasjonene fra Klima 2000 er prosjektrapporter og anvisninger med et byggt teknisk innhold som ikke er egnet for formidling i denne sammenhengen. Ikke alle arbeidene som har sprunget ut av Klima 2000 er like tydelig innrettet mot temaet klimaendringer, men kan like gjerne sees som grunnlagsmateriale for bedre tilpasning av bygningsmassen til dagens klimatiske forhold. Likevel må det sies at tydeligere kriterier og anvisninger for byggebransjen er en viktig forutsetning for å sikre en bygningsmasse som kan tåle endrete klimapåkjenninger i framtida. Programmet har da også hatt begge perspektivene for øye: å utvikle bedre redskaper til bruk for byggebransje og forvaltning under dagens forhold og å gjøre oss bedre rustet til å møte klimaendringer.

Blant de mange tekniske rapportene og anvisningene fra Klima 2000 kan vi nevne:

- Erfaringer med puss som vern ved regnpåkjenning (Kvande og Waldum 2002)
- Luftede kledninger. Klimapåkjenninger, erfaringer og anbefalinger (Kvande mfl. 2003)
- Snø- og vindlaster på eksisterende bygninger (Siem mfl. 2003)
- Værbeskyttet bygging med Weather Protection Systems (WPS) (Noreng 2005)
- Moderne fasadesystemer med puss på isolasjon (Blom mfl. 2006)
- Hygrothermal conditions in wooden claddings (Geving mfl. 2006)
- Forankring av avstivede skivekonstruksjoner av tre og trebaserte materialer (Erichsen mfl. 2007)

Kim Robert Lisø's doktoravhandling (Lisø 2006) er en syntese av store deler av forskningen som har funnet sted under programmet Klima 2000. Tittelen (i norsk oversettelse) "Analyse av klimaskjermens funksjonsdyktighet i hardt klima: Metoder for geografisk differensiert design" tar opp i seg et hovedpoeng fra programmet: På grunn av store klimaforskjeller fra landsdel til landsdel bør ikke krav til utforming av bygninger og bygningsdetaljer være like over hele landet, men for å kunne stille stedsspesifikke krav trengs det nye verktøy. Det er komplekse forhold mellom materialer, strukturer og klimapåvirkning som utløser et behov for nye og forbedrede metoder for sårbarhetsvurderinger knyttet til bygningenes klimaskjerm (tak og yttervegger). Avhandlingen har som hovedmålsetting å øke kunnskapen om mulige virkninger klimaendringer kan ha på bygningers klimaskjerm og å analysere og oppdatere metoder for planlegging og utforming av ytterflater på hus (klimaskjerm) i forhold til klimapåvirkningen. Det presenteres tre metoder for slik geografisk avhengig utforming: en frostnedbrytningsindeks for porøse bygningsmaterialer, en indeks for å vurdere potensialet for råte i trekonstruksjoner i ulike klima, samt et slagregnkart for Norge. I tillegg til å tjene som grunnlag for utvikling av byggforskrifter, kan disse metodene også brukes i risikovurderinger av bygningers funksjonsdyktighet under endrede klimaforhold.

I artikkelen "A Norwegian perspective on buildings and climate change" gir Lisø mfl., (2007) vises det til ulike funn fra programmet Klima 2000 når det gjelder risikovurderinger knyttet til klimaendringer og bygninger (Lisø 2006), utvikling av økonomiske modeller (Nordvik og Lisø 2004), bruk av klimaindekser og nedskalerte klimascenarier til å justere krav til yteevne mm. som tar hensyn til regionale klimaforskjeller (Lisø 2006) og bruk av historiske klimadata for å belyse utfordringer knyttet til innføring av internasjonale standarder på nasjonalt nivå uten at det blir tatt hensyn til behovet for tilpasninger til lokalklimatiske forhold (Meløysund mfl. 2006).

Artikkelen "A primer on the building economics of climate change" (Nordvik og Lisø 2004) er et tidlig forsøk på å anvende økonomisk teori på tematikken byggskaide og klimaendringer. Det brukes to innganger til modellutvikling: Først tar man utgangspunkt i at man har langt større valgmuligheter for utforming av en bygning før den er reist enn etterpå. Den andre inngangen er "the real options approach" (de reelle valgmulighetene). Denne legger vekt på at informasjon som er relevant for beslutningstakere dukker opp over tid, og at dagens beslutninger påvirker framtidige valgmuligheter og lønnsomheten ved disse. Det pekes på at potensielle fordeler eller ulemper klimaendringer kan medføre for bygningsmassen gjelder for ulike nivå:

- Hvordan vil bruken av og brukskostnadene knyttet til eksisterende bygninger bli påvirket dersom egenskapene ved bygningene forblir uendret?
- Hvordan bør eksisterende bygninger tilpasses til endret klimapåvirkning? Til hvilken kostnad kan slik tilpasning skje og når bør det gjøres?
- Hvordan vil den tekniske og økonomiske levetiden til bygninger bli påvirket?
- Hvordan vil valg av teknologi, materialer og design ved nybygg bli påvirket?

¹² <http://www.nina.no/?io=1001754>

- Hvordan vil tidsforløpet ved graden av nybygg [the time path of the level of new construction] (= byggeaktiviteten?) bli påvirket?

Det analytiske rammeverket som presenteres hos Nordvik og Lisø (2004) er ment å kunne brukes på alle disse nivåene. Den økonomiske levetiden på eksisterende bygningsmasse vil delvis avhenge av husenes tilpasningsevne til endret klima. Deler av dagens bygningsmasse vil i framtida bli tilpasset nye klimaforhold, mens andre deler vil forbli uendret. Dette er forhold som må innlemmes i analyser av hvordan bygningsmassen vil påvirkes av klimaendringer. Modellen som legges fram beskriver valgsituasjoner som bygningseiere stilles overfor i møte med en usikker klimautvikling. Disse valgene er påvirket både av forventet lønnsomhet ved ulike handlinger og effekten disse handlingene har på lønnsomheten ved framtidige valg. "Real option"-tilnærming fremmer forståelsen av handlingene til bygningseiere. Det antydes at usikkerhet knyttet til framtidig klima kan komme til å øke den økonomiske levetiden ved bygninger.

Rapporten "Effekter av klima og klimaendringer på den bygde kulturarven. Nedbrytningsmekanismer og sårbarhet" (Grøntoft og Drdácý 2008) er utgitt av Norsk institutt for luftforskning (NILU). Første del beskriver værelementene og grunnlaget for en skadebeskrivelse for kulturarv og kulturminner, mens andre del beskriver ventede effekter av klimaendringer samt prinsipper for lokale sårbarhetsanalyser for kulturarv. Et hovedformål med å utføre slike sårbarhetsanalyser er å finne mest mulig kostnadseffektive tilpasningstiltak som kan redusere sårbarheten. Rapporten inneholder ikke referanser til resultater fra programmet Klima 2000 som måtte ha gyldighet for kulturminner.

Groven (2005) har skrevet rapporten "Klimasårbarheit i bustadsektoren. Lokal sårbarheitskartlegging og klimatilpassing". Hovedproblemstillingen er hvordan norske kommuner kan håndtere spørsmålet om klimasårbarhet og boliger. Studien, som er utført av Vestlandsforskning på oppdrag fra Husbanken, er kvalitativ og bruker Flora kommune som casekommune. Det pekes på at det er et tilstrekkelig kunnskapsgrunnlag for å lage kommunevise sårbarhetsvurderinger for boligsektoren, til tross for usikkerhet. Når det gjelder institusjonelle forutsetninger for at kommunene kan utvikle effektive tilpassingsstrategier på feltet, drøftes kommunens ulike roller som planlegger, godkjenning- og tilsynsorgan i byggesaker, som demokratisk organ og som byggherre. Videre pekes det på virkemidler staten kan bruke for å styrke det lokale arbeidet med å forebygge klimarelaterte byggskader. Et hovedpoeng i rapporten kan spissformuleres som at "dårligere hus" og "dårligere bygningskontroll" kan være en vel så stor framtidig utfordring som "dårligere vær".

I utredningen "Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge; Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpasning" (Øyen mfl., 2010) er det gjennomført en overordnet vurdering av konsekvenser av klimaendringer (gitt et klimascenario for perioden 2071 til 2100) for utvalgte klimaparametre. Rapporten er skrevet av SINTEF Byggforsk, NTNU og Meteorologisk institutt på oppdrag fra Statens bygningstekniske etat på vegne av Klimatilpasningsutvalget. Den skal benyttes som grunnlag for vurderinger knyttet til klimarelaterte utfordringer for bygget miljø av Klimatilpasningsutvalget i deres arbeide med sin NOU om klimatilpasning. Rapporten har tatt utgangspunkt i eksisterende bygningsmasse og tar således ikke hensyn til bygninger som vil bli bygget i fremtiden. Det er gjort beregninger for nåsituasjonen (basert på klimadata for normalperioden 1961-1990) og situasjonen i år 2100 (fremskrivingsperioden 2071-2100). Klimascenariet som er valgt som grunnlag for nedskrivningene for fremskrivingsperioden er basert på Hadley/A2. Prosjektet har tatt utgangspunkt i Matrikkelen (det tidligere GAB-registeret). I rapporten kobles bygningsdata fra Matrikkelen med klimadata innen utvalgte klimaparametre som råteskaderisiko, temperatur og graddagstall, snølast, frostskaider, frostmengder og permafrost. Flom og skred er behandlet noe mer generelt. Beregninger for bygninger som påvirkes av havnivåstigning er fortsatt under arbeid. Gjennom datatelling av antall bygninger innenfor forskjellige klimasoner definert av de utvalgte klimaparametrene har man så kunnet tallfeste antallet bygninger av eksisterende bygningsmasse som påvirkes av klimaendringene i henhold til valgte scenario.

Rapporten konkluderer bl.a. med at antall bygninger som ligger i et område med høy råterisiko vil øke fra 615.000 i dag til 2,4 millioner i år 2100. Som et eksempel trekkes Oslo fylke frem, der stort sett alle bygningene i dag er plassert i moderat råterisikoklasse. Her vil stort sett alle bygningene ligge i høy råterisikoklasse i år 2100. Fuktskader, feks råteskader, utgjør en svært stor andel av antall byggskader i dag. Dette gir grunn til å anta at antall råteskader vil øke dramatisk i årene som kommer. Konklusjoner knyttet til endring i årsmiddeltemperatur sannsynliggjør at klimaendringene vil gi lavere energi knyttet til oppvarming av bygninger. Omlag 2,5 millioner bygninger kan få en økning i årsmiddeltemperatur på noe over 3 grader.

Konklusjon

Forskning på klimatilpasning av bygg, særlig knyttet til programmet *Klima 2000* ved SINTEF Byggforsk, peker på at byggskaader i stor grad oppstår fordi gjeldende regelverk ikke følges og at byggebransjen i for liten grad klarer å lære av egne feil. Videre blir det ved prosjektering og bygging av hus tatt for lite hensyn til lokale klimaforhold. Dette henger bl.a. sammen med større aktører i byggebransjen og standardisering av hustyper. Det offentlige kan bidra til bedre klimatilpasning av bygg gjennom gode planprosesser og ved at det i større grad stilles stedsspesifikke krav til dimensjonering og valg av løsninger. Byggsektoren er kanskje det tydeligste eksempelet på at sårbarhet for framtidens klima i større grad avhenger av hvordan vi organiserer samfunnet enn av hvilke utslag endringene i klimaet vil gi.

Nyere metoder for å sammenholde klimamodeller og bygningsinformasjon fra Matrikkelen muliggjør beregning av hvordan forskjellige klimaparametre påvirker dagens bygningsmasse. Det er mulig å beregne hvor mange bygninger i hver kommune som ligger i forskjellige klimasoner, noe som gjør det enklere å gjøre risikoanalyser for hvor man bør sette inn tiltak for å utbedre bygningsmassen. Dette øker også mulighetene til å si noe om best mulig utforming og plassering av ny bygningsmasse, knyttet til lokale klimautfordringer og fremtidige endringer i klimapåkjenningene.

Referanser

- ACIA (2005). *Arctic Climate Impact Assessment*, Cambridge University Press
- Blom, P., Kvande, T., Lisø, K.R. (2006). *Moderne fasadesystemer med puss på isolasjon*, Anvisning 43, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo
- Christiansen, H., I. Berthling, L. Blikra, J. Dehls, B. Etzelmuller, H. Farbrot, O. Humlum, K. Isaksen, H. Juliussen, T. Lauknes, K. Midttomme, J. Rønning (2007). Permafrost Observatory Project: A Contribution to the Thermal State of Permafrost in Norway and Svalbard, TSP NORWAY. Tilgjengelig på <http://www.polaryear.no/prosjekter/TSPNorway>
- Erichsen, T.H., Bovim, N.I. og Siem, J. (2007). *Forankring av avstivende skivekonstruksjoner av tre og trebaserte materialer. Delrapport fra prosjekt 2 i FoU-programmet «Klima 2000»*, Prosjektrapport 2, SINTEF Byggforsk, Oslo
- Geving, S., Erichsen, T.H., Nore, K. and Time, B. (2006). *Hygrothermal conditions in wooden claddings. Test house measurements. Report from the R&D-programme «Climate 2000»*, Project report 407, Norwegian Building Research Institute, Oslo
- Grøntoft og Drdácý (2008). Adapting to extreme weather in municipalities Klima SIP Effekter av klima og klimaendringer på den bygde kulturarven Nedbrytningsmekanismer og sårbarhet. Prosjektkoordinator CICERO, Oslo.
- IPCC (2007). Fourth Assessment Report, Working Groups I, II and III. Available at: www.ipcc.ch
- Kvande, T. and Waldum, A.M. (2002). *Rain Penetration Resistance of Renders*, 6th International Masonry Conference, London, November 04 – 06, 2002
- Kvande, T., Lisø, K.R., Time, B. (2003). *Luftede kledninger. Klimapåkjenninger, erfaringer og anbefalinger*, Rapport 115, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo
- Lisø, K.R. (2006). *Building envelope performance assessments in harsh climates: Methods for geographically dependent design*. Doctoral theses at NTNU 2006:185, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Faculty of Engineering Science and Technology, Department of Civil and Transport Engineering
- Nordvik, V. and Lisø, K.R. (2004). A primer on the building economics of climate change, in Will Hughes (ed.) *Construction Management and Economics*, 22, 765-775
- Noreng, K. (2005). *Fukt i kompakte tak. Resultater fra en feltundersøkelse i to faser*, Prosjektrapport 391, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo
- Øyen, C.F., A.-J. Almås, H.-O. Hygen og I. Sartori (2010). *Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpasning*. Rapport laget på oppdrag for Statens bygningstekniske etat og Klimatilpasningsutvalget av SINTEF Byggforsk, Oslo.
- Siem, J., Meløysund, V., Lisø, K.R., Strandholmen, B., Prestrud, O. (2003). *Snø- og vindlaster på eksisterende bygninger – Rapport fra prosjekt 1 og 2 i FoU-programmet «Klima 2000»*, Rapport 114, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo

Vannforsyning og avløpshåndtering

Innledning

På samme måte som at en del vann- og avløpsrør som ble lagt for 100 år siden er i drift i dag, vil en del av rørene vi bygger i dag være i drift om 100 år. Derfor er det svært viktig for VA-systemene at vi planlegger for de dimensjonerende situasjonene som framtida bringer. Klimaendringer er derfor et tema det forskes mye på for å beskrive konsekvenser og for å finne effektive tilpasningsløsninger. To eksempler er de pågående EU-prosjektene FloodProbe og Prepared, hvor SINTEF er partner. Norsk Vann, VA-bransjens interesseorganisasjon, har også fokus på dette temaet (Lindholm mfl), og gjennom Framtidens Byer samarbeider mange kommuner nært om VA og klimaendringer. Også det før omtalte KS-prosjektet "Storm, skred, flom og oljeutslipp – ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid" omfattet denne tematikken. Det er mange åpenbare konsekvenser for VA-infrastruktur, som økt fare for urbane flommer og behov for riktig dimensjonering av infrastruktur som skal leve i 100-150 år. Men det er også andre og mindre kjente konsekvenser. Forskning ved SINTEF og andre steder viser også en økning i organisk materiale i drikkevannet, på grunn av økt temperatur og påfølgende økt bioproduksjon i nedslagsfeltene.

Kunnskapsstatus avløp

Meteorologisk Institutt har gjennom RegClim utviklet scenarioer for klimautviklingen i Norden. I følge prognosene vil Norges klima i framtida generelt gi mildere vintre, varmere og tørrere somre i sørøst, og våtere somre ellers i landet. Det er økt sannsynlighet for kraftigere nedbør over alt og større fare for sommertørke i sørøst.

For å vurdere effekten av klimaforandringer i detalj må det benyttes prognoser for det lokale klimaet på det aktuelle stedet. Eksempler på konsekvenser for overvannshåndteringen fram mot år 2100 kan være:

- inntil 60 % økning i intensitet for korttidsregn
- inntil 30 % økning i årlig nedbørsvolum
- inntil 70 cm havnivåstigning og 30 cm økning av stormflo som gir økt fare for flom på grunn av oppstuvning
- dobling av antall flomskader og overløpsutslipp med påfølgende forurensning
- svakt økende tendens fram til 2025 og kraftigere økning fra 2025 til 2050

Overløp er byenes største avløpsforurensningsproblem (SFT, 2008). Utslipp fra avløpsrenseanleggene vil også øke som en følge av klimaendringene. Økede nedbørmengder og forverrede avrenningsforhold vil gi økede vannvolumer som avløpsrenseanlegg skal behandle. Sedimenteringsbasseng er spesielt utsatte (SFT, 2008).

Kunnskapsstatus vannforsyning

Klimaendringer kan få konsekvenser for drikkevann som et resultat av endrede temperatur- og nedbørsforhold. Utgangspunktet i Norge er at vi har en relativt god kvalitet på råvannet, som i stor grad er overflatekilder. Økt temperatur gir økt biologisk aktivitet i nedslagsfelt, og økt nedbør gjør at mer organisk stoff (NOM) vaskes ut og havner i vannkilden. Endring i fryse-tine-sykluser gjør at perioden med omrøring i vannmassene blir lenger. NIVA har gjort en rekke studier som går på utfordringer i forbindelse med klimaendringer og vann. Tjomsland og Rohrlack (2008) ser på effektene av stigende temperatur i overflatevannet. De ser på fire norske innsjøer på Sør-Østlandet og finner at stigende temperaturer fører til et endret mønster i vannsirkulasjonen fordi vannet når sin høyeste tetthet på andre tidspunkt enn tidligere, lavere oksygenmetning om sommeren og høyere om vinteren. Når den vertikale sirkulasjonen begynner senere på høsten vil forurensning i overflatevannet være høyere enn tidligere og føre til en lavere råvannskvalitet der vanninntaket ved vannverkene ligger i overflaten (Tjomsland & Rohrlack, 2008).

Alt i alt betyr dette at fargetallet i råvannet øker. Farge i seg selv har ingen direkte konsekvenser for helsen, men med farge følger gjerne mikroorganismer, samt at kloring av vannet for å redusere farge kan føre til forbindelser som kan være helsemessig skadelig (Bomo m. fl., 2008). Karakterisering av NOM (natural organic matter, litt forenklet humus), er beskrevet i ulike publikasjoner Eikebrokk (Eikebrokk mfl 2010a, 2010b). Ved høyere temperaturer legges forholdene til rette for fremvekst av giftige blågrønnalger. Dette er noe som først og fremst påvirker badevannskvaliteten men kan representere et problem i framtiden (Folkehelseinstituttet, 2009).

Økt fare for flom fører til økt fare for at kloakk forurenses drikkevannskilder. Det mest kjente norske tilfelle av vannboren giardia kom i Bergen i 2004. Bergen hadde på dette tidspunktet ikke UV-aggregat i renseprosessen, som er en av flere behandlingsprosesser som er effektiv mot giardia. Oppblomstringen kom etter periode med

mye regn, og granskingen etter hendelsen identifiserte dette, i kombinasjon med dårlig avløpsnett, som en mulig årsak til at parasitten nådde drikkevannskilden. (Eikebrokk mfl, 2006).

Konklusjon

Et varmere og våtere klima fører med seg store utfordringer for drikkevannsforsyning og avløpshåndtering. Klimaendringene vurderes å føre til strengere krav til behandling av drikkevann - fra inntak til kran – for å tilpasse sektoren til endrede klimaforhold, særlig med tanke på samfunnets og befolkningens avhengighet av en velfungerende vannsektor er dette av stor betydning.

Dimensjoneringsmetodene for urban overvannshåndtering mangler god informasjon om framtidige belastningssituasjoner, for eksempel projeksjoner for framtidige nedbørshendelser med tilstrekkelig høy oppløsning. Dette er kunnskapshull som det er viktig å tette for å oppnå en god overvannshåndtering for framtidige klimasituasjoner.

Referanser

Eikebrokk B, mfl, 2006: Eksternt utvalg for evaluering av Giardia-epidemien i Bergen høsten 2004

Eikebrokk Bjørnar, Thorvaldsen Gøril (2010a). NOM-fraksjonering og BDOC-analyser: Effektive verktøy for diagnose av vannbehandlingsprosesser og vurdering av optimaliseringstiltak?. VANN 45 (2), 201-212.

Eikebrokk Bjørnar, Thorvaldsen Gøril, Talis Juhna (2010b). Rapid NOM fractionation and modified BDOC analysis: Effective tools for water treatment performance diagnosis and holistic optimization efforts?. Advances in Natural Organic Matter and Humic Substances Research 2008-2010. (s. 207-210). Spain: Digital.CSIC, Spain

Floodprobe: <http://www.floodprobe.eu/>

Lindholm, O, mfl, Norsk Vann, "Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering", 2008

www.norskvann.no

Prepared: <http://www.prepared-fp7.eu/>

RegClim, 2005:Norges klima om 100 år

SFT, 2008: Klimatilpasninger – Veiledning om mulige tiltak i avløpsanlegg (TA-2317/2008)www.framtidensbyer.no

Transport og transportinfrastruktur

Innledning

Vi har forholdt oss i hovedsak til vurderinger gjort i forbindelse med Vegvesenets etatsprosjekt "Klima og Transport" og SINTEF-prosjektet "Future rehabilitation strategies for physical infrastructure" finansiert av Norges forskningsråd. Dette siste prosjektet søker å forstå behovene til og finne løsningene for å forbedre tilstanden til vegger, jernbaner, havner, vann- og kloakksystemer, tunneler og andre underjordiske strukturer. I referanselisten finnes en liste over rapporter som er skrevet i løpet av prosjektet (Lerfald et al., 2008). Det foreligger ingen studier som spesifikt avgrenser seg til vurdering av kommunale og fylkeskommunale vegger når det gjelder klimasårbarhet. Vi har derfor omtalt vegger generelt. I det videre omtaler vi først kunnskapsstatus når det gjelder klimasårbarhet for vegger og havner; dernest kunnskapsstatus når det gjelder kommunal og fylkeskommunal transport.

Kunnskapsstatus for kommunale og fylkeskommunale vegger

Statens vegvesens etatsprosjekt *Klima og transport* tar utgangspunkt i at klimaendringene kan få en betydelig innvirkning på sikkerheten og framkommeligheten på vegene. Målet med prosjektet er omtalt slik i prosjektplanen:

Målet med prosjektet Klima og transport er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging og drifting av veg som svar på endrede klimaforhold. Prosjektet skal vurdere innvirkningene av en antatt klimaendring på sikkerhet og framkommelighet på vegnettet og i tillegg hvilke tilpasningsstrategier som er aktuelle for å avhjelpe negative følger av et endret klima.

Klima og transport er et fireårig prosjekt som startet opp i 2007 med planlagt avslutning i desember 2010.

Prosjektet avsluttes med et seminar i Oslo i mai 2011. Per desember 2010 er det gitt ut elleve rapporter som er tilgjengelig fra nettsidene til prosjektet.¹³

¹³ www.vegvesen.no/klimaogtransport

Forslag til håndbøker

- Norem, H., S. Thordarson, et al. (2010). Veger og drivsnø. Håndbok om planlegging og drift av veger i drivsnøområder - Høringsutgave.

Flom- og erosjonssikring

- Åstebøl, S. O., T. Hvitved-Jacobsen og J. Vollertsen (2010). Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071 - 2100.
- Flesjø, K., H. Hestangen og T. N. Nguyen (2010). Pilotprosjekt på stikkrenner E136 Dombås - Ålesund.
- Jenssen, L., E. Holmqvist og K. S. Reistad (2009). Erosjonsskader ved Middøla bru: årsak og tiltak.

Skred

- Bjordal, H. og M. W. Nilsen (2010). Utvikling og uttesting av skredrisikomodell for vegnettet i Norge.
- Heller, P. og L. Jenssen (2009). Modellforsøk med flomskred mot bruer. Virkning av bruåpning og ledevoller.
- Bjordal, H. (2010). Risikovurdering av steinsprangfare på Oppdølsstranda. Samling av bakgrunnsmateriale.

Tilstandsutvikling på vegnettet

- Aursand, P. O., I. Horvli, et al. (2008). Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima.
- Evensen, R. (2007). Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg.
- Evensen, R. (2010). Klimaets påvirkning på tilstandsutvikling for vegdekker - E136.
- Lurfald, B. O. og I. Hoff (2007). Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer. State of the art studie.

Enekle av disse rapportene blir omtalt nærmere nedenfor. Per dags dato er følgende rapporter under arbeid uten at de ennå er publisert¹⁴:

- Tre nye håndbøker (i tillegg til høringsutkastet om veger og drivsnø): steinskred, snøskred, flom- og sørpeskred;
- Utprøving og videreutvikling av skredrisikomodell;
- Sluttrapportering på pilotprosjekter på bruer, stikkrenner, fyllinger utsatte for bølgeerosjon og undersjøiske tunneler;
- Formulering av anbefalinger for risiko- og sårbarhetsanalyser mht klima og klimaendringer for veger og konstruksjoner på vegen;
- Videreutvikling av nettportal Føre Var for vær- og værrelaterte hendelser på vegnettet i samarbeidet med Jernbaneverket, NVE og met.no;
- Innspill til endringer i en rekke håndbøker vedrørende bl.a. dremskapasitet, erosjonssikring, inspeksjonsrutiner for bruer og registreringer i BRUTUS, bruk av den norske vegdatabanken (NVDB) i klimatilpassingssammenheng m.m.;
- Modellering av nedbrytning av vegnettet pga klimaforhold;
- Utvikling av ny mal for beredskapsplaner.

Prosjektleder Gordana Petkovic i Vegdirektoratet opplyser Klima og transport ikke har hatt som målsetning å foreta en fullskala kartlegging av klimasårbarheten på det norske vegnettet, men den dagen Transportavdelingen i Vegdirektoratet ønsker å få gjennomført en ROS-analyse for vegnettet med hensyn til klima og klimaendringer, skal de kunne benytte en ferdig metodikk utviklet gjennom etatsprosjektet. Petkovic forteller at denne modellutviklingen bygger på to hovedkomponenter: En beskrivelse av hvordan man skal gjennomføre en risiko- og sårbarhetsanalyse – både overordnede analyser og spesialanalyser – og en beskrivelse av hvordan man skal gjennomføre en tilstandsvurdering av veginfrastrukturen. Også her ser man for seg utvikling av et redskap som skal kunne benyttes både til grove vurderinger i større skala, og til mer detaljerte tilstandsvurderinger (spesialinspeksjon). Disse to komponentene, metodikk for ROS-analyser og tilstandsvurderinger, henger nøye sammen. Anbefalingene utvikles med bakgrunn i erfaringer fra pilotprosjekter som er gjennomført på bruer og stikkrenner. Metoden går blant annet ut på å peke på hvilke faktorer som er viktige for klimasårbarheten i vegnettet og hvordan man kjenner igjen en sårbar konstruksjon. Som eksempel kan ett sjekkpunkt være "er det gjennomført reparasjoner som snevrer inn innløpet til en stikkrenne?". I det som her er beskrevet ligger det at Klima og

¹⁴ Nyhetsbrev fra Klima og transport, desember 2010. .

transport kombinerer de to perspektivene effekter av klimaendringer og effekter av tilstanden til og endringer av selve infrastrukturen.

Mange av aktivitetene i Klima og transport har hatt karakter av casestudier av konkrete hendelser eller vegstreknings. Hovedkonklusjonene er at det må påventes en endring av type skred og lokalisering på grunn av endret temperatur og nedbørsforhold. Det må også forventes en økning i skredfrekvens og flomskader knyttet til mer ekstreme nedbørsforhold.

Bjoldal og Nilsen(2010) beskriver en skredrisikomodel for ras og skred på veg, med risikomodellering som går gjennom årsaksanalysering og konsekvensbeskrivelser. En hensikt med delprosjektet er å undersøke endringer i skredforhold i eksisterende skredutsatte områder og om nye områder kan bli skredutsatte. Dette forutsetter inngående forståelse av sammenhenger mellom værforhold og skredtyper. Ved å utvikle en skredrisikomodel, ønsker Statens Vegvesen bl.a. å finne mest mulig effektive skredsikringstiltak og prioritering av disse, for å ivareta sikkerheten til trafikanter, opprettholde fremkommeligheten i vegnettet, og innspill til vurderinger rundt aksept for skredrisiko på vegnettet. I rapporten fastslås det at klimaendringer fører til at det går ras og skred andre steder enn det man tidligere har erfart, og at hyppigheten har gått ned der det tidligere har gått mye ras og skred (Bjoldal og Nilsen, 2010).

Lerfald og Hoff (2007) tar utgangspunkt i at materialer som benyttes i vegbygging i stor grad påvirkes av klimaet de blir utsatt for. Når klimaet endrer seg vil også materialene vi bygger med endre oppførsel. I hvilken retning endringene skjer er ikke bestandig opplagt. Temperaturøkning om sommeren vil være ugunstig for asfaltmaterialer, mens temperaturøkning om vinteren vil kunne slå ut i positiv retning. I tabellen under er det vist hvordan ulike klimaendringer kan påvirke de forskjellige delene av vegkonstruksjonen. Utgangspunktet er den endringen som gir mest negative konsekvenser av klimascenarioene, altså et slags "worst case". Lerfald og Hoff (2007) konkluderer med at det kan bli økte problemer knyttet til slitasje på vegdekker på strekninger med høy trafikk, og der antall døgn med bar og våt vegbane øker. Det vises videre til at temperaturendringer og kortere perioder med frosset vegkonstruksjon vil kunne føre til større plastiske deformasjoner og oppsprekking av asfaltdekker pga. redusert bæreevne. Dette vil spesielt gjelde strekninger ved bærelag med tilgang på fukt. En viktig konklusjon er at det vurderes strengere funksjonelle krav til asfaltdekker i normaler og retningslinjer.

Tabell 6 Hvordan de ulike materialene blir påvirket av klimaendringer (Lerfald og Hoff, 2007).

	Asfaltdekker	Grusdekker	Stabiliserte bærelag	Ubundne bærelag	Forsterknings lag	Undergrunn
Mildere vintre	Lavtemp-sprekker	Kortere frosset sesong		Telehiving	Telehiving	Telehiving
Varmere somre	Deformasjoner	Støvproblemer	Deformasjoner			
Oftere teleløsning	Sprekker	Bæreevne Framkommelighet		Bæreevne		
Flere fryse/tine vekslinger	Bestandighet					
Mer nedbør	Bestandighet	Oppbløtning Erosjon av overflate				
Mindre snødekke	Piggdekk-slitasje	Spor				
Økt grunnvannstand				Bæreevne	Bæreevne	Bæreevne
Økt salting	Piggdekk-slitasje					
Økt havvannstand	Kan ha betydning lokalt enkelte steder der grunnvannstanden øker pga. økt havvannstand					
Mer vind	Kan påvirke broer, skiltportaler og lignende					
Flom	Kan ha stor betydning lokalt med utvasking av materialer ol.					

Liten betydning	Positiv betydning	Negativ betydning	Usikker betydning
-----------------	-------------------	-------------------	-------------------

Flesjø (2010) konkluderer i delprosjektet "Sikring mot erosjon og flom" med at økt fare for flom og erosjon og sannsynligvis økt grunnvannstand gir behov for vurdering av drenerings- og fundamenteringsløsninger og

dimensjonering. Det blir større sannsynlighet for skred og økning av vannrelaterte skredtyper som sørpeskred og flomskred. Det er også sannsynlig at det vil føre til endringer av skredmønsteret (Flesjø, 2010). Så langt om rapporter fra etatsprosjektet Klima og transport.

I en undersøkelse fra New Zealand er det sett på hvilke innvirkninger klimaendringer har på prosedyrene for planlegging, bygging og vedlikehold av vegsystemet (Kinsella og McGuire, 2005). Det konkluderes fra denne undersøkelsen med at for konstruksjoner med kort levetid (25 år) er det ikke nødvendig å gjøre endringer i dimensjoneringskriterier umiddelbart, det er bedre å gjøre endringer som tilpasses virkningene av klimaendringene etter hvert som de oppstår. For konstruksjoner med lang levetid (50-100 år) som bruer etc vil det være nødvendig å foreta umiddelbare endringer i kriterier for dimensjonering (Lerfald and Hoff, 2007).

I en rapport laget på oppdrag fra NOU Klimatilpassing peker Tønnesen og Nenseth (2010) på at fordeling av midler til drift/vedlikehold kontra nyinvesteringer er et tema som har blitt løftet fram i forkant av Nasjonal transportplan 2007. I drøftingsdelen peker Tønnesen og Nenseth (2010) på at klimaendringer vil kunne påvirke fordelingen av midler fra prosjektering (av ny infrastruktur) i retning av mer vedlikehold (av eksisterende infrastruktur). Det har av enkelte blitt tatt til orde for at vedlikeholdsarbeidet i samferdselssektoren bør kalles "klimatilpasning" for å gjøre problemfeltet mer synlig og politisk interessant.

Kunnskapsstatus for havner

De to hovedutfordringer når det gjelder havner er faren for økt havnivå og faren for mer ekstrem vind. En studie gjort av Cicero og Cowi (2008) konkluderer bl.a. med at for skipstrafikken gjør stor bølgehøyde at det blir vanskelig eller umulig å legge til kai enkelte steder, med påfølgende forsinkelser og generelt forstyrrelse av regulariteten. En studie gjort av Bjerknessenteret i 2009 for Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) underbygger at vi i løpet av de neste 50-100 år kan forvente at havstigning og ekstrem storm gi problemer ift. sikkerhet for havner og båttrafikk ulike steder i Norge (Vasskog mfl, 2009)¹⁵. Rapporten inneholder verider for økt havnivå og stormflo for årene 2050 og 2100 for alle norske kystkommuner. Det er imidlertid betydelig usikkerhet knyttet til disse prognosene, og de vil derfor utvilsomt bli revidert i årene som kommer. Satellittbilder og målinger av vannstand viser at vannstanden stiger i millimeter skala fra år til år. Gjennom de siste hundre år har gjennomsnittlig vannstand globalt økt med 17 mm. Oppvarming av havet og issmelting på land er årsaken til dette. Rapporten anslår en global havstigning på 65-100 cm i år 2100, sammenlignet med år 2000 Vasskog mfl (2009) opererer med at den mest sannsynlige beregningen er 80 cm, men sier samtidig at det er betydelig usikkerhet knyttet til tallene. I løpet av det 21. århundre kan havnivået langs kysten av Norge forventes å stige med rundt 70 cm langs Sør- og Vestlandskysten, rundt 60 cm i Nord-Norge og rundt 40 cm innerst i Oslofjorden og Trondheimsfjorden, med betydelige lokale variasjoner, som kan knyttes til ulik grad av landheving som kompenserer for den globale havnivåøkningen

Tabell 7 Øvre og nedre verdier for havnivåstigning og stormflo (100 års returnivå) medregnet usikkerheter i havnivåstigning (Klima 2100)

	2050				2100			
	Havstigning (cm)		Stormflo (cm) Relativt NN1954		Havstigning (cm)		Stormflo (cm) Relativt NN1954	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
Tromsø	10	32	229	251	43	98	267	322
Trondheim	-1	21	246	268	22	77	274	329
Bergen	15	37	178	200	53	108	221	276
Stavanger	17	39	143	165	58	113	189	244
Oslo	-1	21	189	211	21	76	216	271

Generelt må man regne med stadig hyppigere situasjoner hvor stormflo vil gi oversvømmelser i havneområder og kystnære konstruksjoner. Forandret vindmønster vil også påvirke strøm i vannmassene, og kraftigere og hyppigere vind vil kunne spre vannmassene mer. Man må ta hensyn til flere og sterkere stormer når man dimensjonerer havner og kystkonstruksjoner. (Asplin, 2008)

¹⁵ <http://www.dsb.no/no/Ansvarsomrader/Regional-og-kommunal-beredskap/Beredskapsplanlegging/ROS-i-arealplanlegging/Havniva/>

Økning i vind vil føre til høyere bølger, mens bølgehøyden vil avhenge av vindstyrke og vindfeltets varighet. Avhengig av lokale forhold vil endringer i bølgehøyde variere fra sted til sted. I tillegg påvirker sjøbunntopografi og skjerming av holmer og skjær bølgemønster (Nasjonal Transportplan 2010-2019).

Den svenske Klimat- og sårbarhetsutredningen som ble laget i 2007 (SOU, 2007), konkluderer med at klimasårbarheten for sjøtransport i Sverige ikke er spesielt stor. Det påpekes i SOU-en at det bare er enkelte havner som vil oppleve høyere havnivå, og at nedgang i mengder sjøis vil føre til at flere havner vil få bedre tilgjengelighet vinterstid. Det er ikke forventet at klimaendringene vil føre til store endringer i tåkeforholdene i Sverige (SOU, 2007). På grunn av de store forskjellene mellom kysten i Sverige og Norge, og klimaforhold i havner, er det naturlig å anta at disse funnene ikke er relevante ift norske forhold.

Rapporten "Virkninger av klimaendringer for transportsektoren" (Avinor m.fl. 2007) viser til sjøfarten som særlig ømfintlig for klimaendringer, med bakgrunn i at det allerede under dagens klimaforhold er mange farvann og havner som ikke er tilgjengelige flere dager i året av sikkerhetsgrunner. Enhver forverring av vind-, bølge- eller strømforhold vil derfor redusere tilgjengeligheten ytterligere. Høyere havnivå og eventuelt høyere bølger/større stormflo øker faren for overskylling og uro bak moloer. Dersom grensene for sikker og effektiv operasjon i en havn overstiges oftere enn før, vil det gi en tilsvarende reduksjon i effektiviteten. Det vises til at moloer og dekningsverk, til forskjell fra andre konstruksjoner, er særlig utsatt for havari ved ekstraordinære påkjenninger (Avinor m.fl. 2007:26):

Det spesielle ved moloer og dekningsverk er at de dimensjoneres med en total sikkerhetsfaktor på 1,0. Det vil si at konstruksjonene ikke har noen reserver til å stå imot større påkjenninger enn dimensjonerende bølge. Konstruksjoner som ble dimensjonert for ei 50 års bølge slik den ble bestemt ut fra registreringer i det tjuende århundret har derfor svært stor sannsynlighet for sammendbrudd. En bør derfor i Nasjonal transportplan legge til grunn at alle nyanlegg skal dimensjoneres med en sikkerhetsfaktor større enn 1,0. For fremtiden bør det vurderes om det ikke bør legges til grunn en 100 års returperiode på de konstruksjonene hvor en relativt liten skade hurtig kan utvikle seg til totalhavari. Vanlige rausmoloer vil ha en slik utvikling mens for skuldermoloer skjer skadeutviklingen mye langsommere. Avinor m.fl. (2007) peker også på at økt bølgehøyde og bølgeperiode vil gi økt sandtransport på sjøbunnen. Ved innseiling til havner kan dette medføre økt behov for vedlikeholdsmudring. Kystverket er det sentrale statlige forvaltningsorganet når det gjelder havnesikkerhet. Det er etablert systemer for vurdering av sårbarhet i forhold til en rekke forhold (bl.a. "miljørisiko"). Kystverkets analyser av mulige konsekvenser for norske havner av klimaendringer er så langt begrenset til studien vi har referert til ovenfor (Avinor m.fl. 2007). Klimatilpassingsutvalet skriver at det er stor usikkerhet knyttet til framtidens vindforhold og at dette gjør det vanskelig å forutsi hvordan forholdene for sjøfart vil utvikle seg (Miljøverndepartementet, 2010:96). Likevel mener klimatilpassingsutvalet at at sjøtransport trolig vil være *mindre* utsatt for klimaendringer enn andre transportformer. Dette er basert på at krevende klimatiske forhold og kompliserte manøvreringsforhold i trange farvann er kjente utfordringer for skipstrafikken. Denne konklusjonen står i motstrid til vurderingene hos Avinor m.fl. (2007), som vi har referert lenger oppe. Ingen av konklusjonene, hverken den som trekkes i forarbeidet til Nasjonal transportplan eller i NOUen om klimatilpassing, er godt underbygd.

Aunan (2008) skriver i en artikkel i Journal of Coastal Research at sammenliknet med mange andre land vil Norge, sett under ett, ikke bli alvorlig påvirket av havnivåstigning. Dette kommer av at Norge har bratt topografi og en lite erosjonsutsatt kystlinje. Havnivåstigning etter siste istid bidrar også til å gjøre vår kyst mindre sårbar for global havnivåstigning. Kysten av Rogaland framstår som mest utsatt fra naturens side. Artikkelen viser også til infrastruktur og økonomisk aktivitet langs kysten fra Vestlandet og nordover, som sannsynligvis vil bli negativt påvirket av havnivåstigning, særlig hvis også stormfloklimaet forverres. Transportinfrastrukturen langs kysten, både veger, bruer og ferjekaier, blir omtalt som sårbare, og de økonomiske kostnadene med å erstatte og relokalisere infrastruktur kan bli betydelige i disse områdene.

Kommunal og fylkeskommunal transport

Det foreligger ingen analyser som avgrenser seg spesielt til vår avgrensning av kommunal og fylkeskommunal transport. Vi har derfor referert noen studier som omtaler mulige konsekvenser av klimaendringer i forhold til persontransport mer generelt.

I 2008 publiserte Cicero og Cowi en rapport om ekstremvær og peker på at ekstremvær kan medføre trafikk-kaos og at værrelaterte hendelser kan stoppe alle typer transport i kortere eller lengre perioder. I følge Cicero og Cowi (2008) kan klimaendringer gi både økte kostnader og innsparinger for transportsektoren. Høyere temperaturer kan øke risikoen for ulykker på grunn av glatte vegbaner, ustabil infrastruktur, samt øke slitasjen på transportmateriell og generelt gjøre transporten mindre effektiv. Ekstreme hendelser som flom, skred og sterk

vind kan føre til at trær faller over vegbanen eller i jernbanesporet, med risiko for ulykker og forsinkelser. Høyere temperaturer kan også redusere behovet for snørydding og salting, og muliggjøre åpne veger og havner vinterstid. Til tross for at samferdsel kan betraktes som en nøkkelsektor i samtlige nordiske land, finner Cicero og Cowi (2008) at det er liten grunn til å tro at transportsektoren vil påvirkes i betydelig grad av en økning i global gjennomsnittstemperatur på 2 grader over de neste hundre årene.

I Statens vegvesens prosjekt Klima og transport, i delprosjektet om konsekvenser for vinterdrift, er det gjennomført en kartlegging av konsekvenser som følge av ulike klimascenarier. Delprosjektet ser blant annet på forskyvninger av geografiske klimasoner, vinterfriksjon og sikring av veggrep (utvidet område for strategi bar veg) og trafikk i ekstreme snø- og vindforhold. Delprosjektet konkluderer med at ekstreme snø- og vindforhold kan medføre:

- flere og større snøfall (medfører økt brøyteinnsats og lengre perioder med dårlig fremkommelighet / trafikkssikkerhet)
- forringet dreneringsfunksjon
- behov for mer bruk av salt
- økt frekvens stenging / kolonnekjøring på høyfjellsveger.

Blant øvrige konklusjoner finner vi at¹⁶: "trafikanter kan få lavere standard på vegen uansett hvilke funksjonskrav vi stiller og hvordan vi følger dem opp (dårligere regularitet, hyppigere vinterstenging og nedsnødde alternative ruter)".

Prosjektet Storm, skred, flom og oljeutslipp - ansvar, myndighet, roller og finansiering av sikringstiltak og skadeforebyggende arbeid ble i 2007-2008 utført av Vestlandsforskning i samarbeid med

Østlandsforskning, Norges Geotekniske Institutt og Universitetet i Stavanger på oppdrag fra KS. Rapporten "Naturskade i kommunene" (Groven m.fl. 2008) har med samfunnsscenarioer for årene 2025 og 2060, der fire elementer danner grunnlaget for beskrivelse av sannsynlig samfunnsutvikling i ulike kommuner (2025) og landsdeler (2060). Disse elementene er (1) befolkning, (2) arbeids- og næringsliv, (3) bosetting og bygde strukturer og (4) mentalitet. På bakgrunn av scenarioene som ble framstilt av Tor Selstad ved Østlandsforskning, trekker rapporten fram noen utviklingstrekk som forfatterne mener har særlig relevans i forhold til tematikken ekstremvær og naturskade. Her vil vi referere hovedtrekk fra avsnittene om *tenesteyting og transportbehov, forsterket urbanisering* og det at *befolkningen trekker mot sjøen*, som alle kan ha betydning for temaet transport og transportinfrastruktur.

Scenarioet for 2060 forteller om en tjenestesektor preget av stordrift, f.eks innenfor helsevesen og reiseliv, og om et samfunn med omfattende og voksende transportbehov. Økt sentralisering fører ikke til redusert omfang på infrastrukturen i utkantstrøk – infrastrukturen som betjener fraflyttingsområder blir trolig opprettholdt, både fordi vi ikke vil bli vitne til total avfolking og av hensyn til feriebruk og reiseliv. Samtidig vil større befolkningskonsentrasjon i sentrumsområder vil føre til behov for ny infrastruktur i nærområdene til byer og større tettsteder. Både økt transportomfang og forventede klimaendringer peker i retning av økte kostnader til vedlikehold av vegnettet. Økende avhengighet av transport gir dessuten utfordringer med tanke på framkommelighet. Dette gjelder bl.a regelmessige matvaretransporter, sentralisering av offentlige tjenester (f.eks sykehus) og pendling i omlandet til byer og tettsteder. Scenarioet forutsetter at vi får en velstående og mobil bybefolkning som i tillegg til at de bor i kystbyer, også trekker mot kysten som fritids- og rekreasjonsområde. Dette er uttrykk for en langvarig trend som vi ser alt i dag, og som kan tenkes å forsterkes ved at kysten framstår som en enda mer attraktiv fritidsarena og reisemål i og med lenger sommersesong og høyere sommertemperatur. En mer omfattende transportinfrastruktur, større transportvolum og mer intensiv utnyttning av kystsonen er alle forhold som vil bidra til at transportsektoren blir mer sårbar for ekstremvær og naturskade i framtida enn i dag.

CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn har på oppdrag fra NOU Klimatilpassing utarbeidet rapporten Ansvar og virkemidler ved tilpasning til klimaendringer (Harvold m.fl. 2010). Rapporten drøfter utfordringer knyttet til virkemiddelbruk i klimatilpassingsarbeidet, og transport er et av områdene som vies særlig oppmerksomhet gjennom et eget kapittel skrevet av Anders Tønnesen og Vibeke Nenseth ved TØI. Kapittelet presenterer ikke egen forskning, men er basert på litteraturgjennomgang og intervjuer med representanter fra Jernbaneverket, Kystverket, Statens vegvesen, ett fylkesmannsembete og én fylkeskommune. Det pekes på at klimaendringer

16

<http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/Klima+og+transport/Delprosjekter/Konsekvenser+for+vinterdrift>

ikke bare vil ha en rekke konsekvenser for samferdselssektoren, men at det også er knyttet stor *usikkerhet* til hvordan endringene vil påvirke transport.

Konklusjon

Litteratur om klimaendringer, transport og transportinfrastruktur er gjennomgående forsiktig med å kvantifisere økt fare for hendelser som flom og skred. I arbeidsdokument til NTP (Larsen et al, 2007) er det beskrevet at man i framtida må forvente redusert fremkommelighet. Stenging av veg og jernbane på bakgrunn av fare for skred, erosjon eller annet, vil bli mer hyppig. Stormflo kan hindre skipstrafikken å legge til kai, og endringer i værssystemet vil kunne føre til redusert punktlighet og regularitet i luftfarten.

Vegkonstruksjonen vil få økte påkjenninger i framtida med økte klimabelastninger. For asfaltdekker er dette ikke så kritisk på grunn av den korte levetiden (5-20 år). For vegkonstruksjonen for øvrig vil konsekvensene være betydelig større. Likevel trekkes det frem at dårlig vedlikeholdte veger er større utsatt for klimapåkjenninger og dermed også endringer enn veger av høyere standard. Det er antydning at normaler og retningslinjer for asfaltdekker bør skjerpes. Endringer i vannstand og grunnforhold vil kunne føre til ustabile grunnforhold i infrastrukturen. Veger er i dag påvirket av klimapåvirkninger som skred, flom, nedbør og erosjon. Selv små klimaendringer vil kunne gi økte samfunnsmessige konsekvenser i form av flere skader på veger og økt frekvens av ulykker.

Havner i Norge er dimensjonert slik at bølger, ekstremvær og springflo er en del av dimensjoneringsgrunnlaget for moloer og kaianlegg med dagens klimabelastninger. Forventede konsekvenser av klimaendring vil påvirke stabiliteten av kystkonstruksjoner negativt. Man må derfor ta hensyn til økte klimabelastninger når man bygger nye kystnære konstruksjoner eller rehabiliterer eksisterende og høyden på havner må i enkelte tilfeller økes.

Det foreligger ingen spesifikke studier omkring konsekvenser av klimaendringer i forhold til kommunal og fylkeskommunal transport. Studier omkring konsekvenser i forhold til persontransport generelt antyder at kombinasjonen av samfunnsendringer (som økt mobilitet, sentralisering og økte krav til framkommelighet) og klimaendringer kan gjøre persontransporten mer sårbar for klima i framtiden enn situasjonen er alt i dag.

Referanser

- Aunan, K. and B. Romstad (2008). "Strong coasts, vulnerable communities: Potential implications of accelerated sea-level rise for Norway." *Journal of Coastal Research* 24(2): 403-409.
- Aursand, P. O., I. Horvli, et al. (2008). Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima. Teknologirapport nr. 2542. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.
- Bjordan, H. (2010). Risikovurdering av steinsprangfare på Oppdølsstranda. Samling av bakgrunnsmateriale. Teknologirapport nr. 2600. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.
- Bjordan, H. og M. W. Nilsen (2010). Utvikling og uttesting av skredrisikomodel for vegnettet i Norge. Teknologirapport nr. 2586. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.
- CICERO og COWI, (2008): Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming - Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer. Rapport TemaNord 2008:507. Skrevet av CICERO og COWI for Nordisk Ministerråd, København 2008
- Evensen, R. (2007). Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg. Teknologirapport nr. 2520. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.
- Evensen, R. (2010). Klimaets påvirkning på tilstandsutvikling for vegdekker - E136. Teknologirapport nr. 2599. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.
- Flesjø, K. (2010): <http://nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=3494>
- Flesjø, K., H. Hestangen, et al. (2010). Pilotprosjekt på stikkrenner E136 Dombås - Ålesund. Teknologirapport nr. 2566. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.
- Groven, K., H. H. Leivestad, C. Aall, T. Selstad, Ø.A. Høydal, A.S. Nilsen og S. Serigstad (2008). Naturskade i kommunene. Sluttrapport fra prosjekt for KS. Vestlandsforskning-rapport nr. 4/2008. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Hanssen-Bauer, I., H. Drange, et al. (2009). Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing. Oslo, Norsk klimasenter.
- Heller, P. og L. Jenssen (2009). Modellforsøk med flomskred mot bruer. Virkning av bruåpning og ledevoller. Teknologirapport nr. 2582. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.
- Jenssen, L., E. Holmqvist, et al. (2009). Erosjonsskader ved Middøla bru: årsak og tiltak. Teknologirapport nr. 2560. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.

Larsen J O et al., (2007): Arbeidsdokument til Nasjonal transportplan: Virkninger av klimaendringer for transportsektoren.

Lerfald, B. O. og I. Hoff (2007). Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer. State of the art studie. Teknologirapport nr. 2519. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.

Lerfald, B.O., S. Bruaset, L.S. Hafskjold, I.-L. Solberg, K. Hlmøy, H.L. Moe, K. Heilemann, D. Bertelsen og I. Hoff, (2008): SIP – Future Rehabilitation Strategies for Physical Infrastructure. Status for infrastruktur i Norge. Åpen rapport SINTEF Byggforsk, SBF IN A08016.

Miljøverndepartementet, 2010. NOU 2010:10 Tilpassing til eit klima i endring. Samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane. Oslo.

Norem, H., S. Thordarson, et al. (2010). Veger og drivsnø. Håndbok om planlegging og drift av veger i drivsnøområder - Høringsutgave. Teknologirapport nr. 2610. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen. Samferdselsdepartementet, 2009: St.meld. nr. 16 (2008-2009) Nasjonal transportplan 2010-2019. Oslo.

Statens vegvesen nettsider; www.vegvesen.no

Statens vegvesen, 2006: Håndbok 018, Vegbygging.

Tønnesen, A. og V. Nenseth (2010). "Transportinfrastruktur" i Ansvar og virkemidler ved tilpasning til klimaendringer. K. Harvold (red.). Oslo, CIENS: 47-58.

Vasskog, K., Drange, H., Nesje, A. (2009): Havnivåstigning. Estimer av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner. Revidert utgave. Bergen: Bjerknessenteret.

Åstebøl, S. O., T. Hvitved-Jacobsen, et al. (2010). Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071 - 2100. Teknologirapport nr. 2573. Oslo, Vegdirektoratet, teknologiavdelingen.

Kraftforsyning og elektronisk kommunikasjon

Innledning

NVE leverte i mars 2010 rapporten "Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100" (NVE, 2010) som et innspill til Norsk Offentlig Utredning (NOU) om klimatilpasning. Vi har valgt hovedsaklig å basere oss på utdrag av denne for å beskrive morgendagens klimasårbarhet for kraftforsyningen.

Kunnskapsstatus kraftforsyningen

NVE (2009) har gjort en kartlegging som presenterer et øyeblikksbilde over bransjens bevissthet om hva klimaendringer kan gi av utfordringer fremover og den motivasjon for allerede nå å gjøre formålstjenelige tilpasningstiltak. Kartleggingen gir også et bilde over hvilke utfordringer bransjen er mest oppmerksom på og tiltak som bør iverksettes for å oppnå økt tilpasningstakt. Denne statuskartleggingen har avdekket følgende:

- Kraftforsyningen har god kjennskap til forskernes syn om mulige konsekvenser av klimaendringer.
- Klimaendringer og klimatilpasning er på dagsordenen hos mange virksomheter, men er ikke et spesielt sentralt tema pr i dag.
- Klimatilpasning har i størst grad vært et tema hos de virksomheter som er lokalisert i sør og vest og helt i nord.
- 6 av 10 virksomheter tror at klimaendringene kan medføre sikkerhetsmessige utfordringer for egen virksomhet.
- 1 av 3 virksomheter har pågående analyser/utredninger/ planer om å gjøre praktiske tilpasninger. Det er verdt å merke seg at dette utgjør ikke mer enn om lag halvparten av de som tror at klimaendringene kan medføre sikkerhetsmessige utfordringer.
- 1 av 3 virksomheter mener de har behov for å endre eller oppdatere egne risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS) osv.
- Bransjen mener at engasjement fra egen administrasjon og styre, samt reguleringer og forventninger fra NVE og Olje- og energidepartementet, er de viktigste faktorene for å sikre økt klimatilpasning innen kraftforsyningen.
- Enkelte virksomheter melder tilbake at de "sitter på gjerdet" i påvente av nasjonale anbefalinger.

I utredningen påpeker NVE at bransjen som helhet er godt kjent med de klimautfordringer som forventes, med unntak av konsekvenser knyttet til havnivåstigning og stormflo. Endringene for kraftforsyningen vil være i stor

grad av kvantitativ art, med en økning av frekvensen av hendelser, styrke/intensitet og at utfordringene knyttet til klimapåkjenninger vil forflytte seg geografisk. Det påpekes spesielt at det må gis oppmerksomhet til at ekstreme værforhold kan opptre på andre steder enn det man har erfaring med fra tidligere. På disse nye "problemstedene" er ikke nødvendigvis alle installasjonene rustet til å motstå økte klimabelastninger.

Kraftforsyningens sårbarhet er i tillegg sterkt knyttet til eventuell klimasårbarhet hos andre samfunnssektorer, slik som vei og tele. For eksempel vil svekket fremkommelighet under og etter uvær også påvirke virksomhetenes evne til å reparere feil i egne system.

Under følger en stikkordsmessig beskrivelse av ulike effekter og mulige konsekvenser, basert på klimafremskrivinger for perioden frem mot 2100. Effektene og mulige konsekvenser er knyttet til ekstreme værhendelser. Mange av disse forholdene gjelder utfordringer som bransjen allerede er kjent med. Tilleggsutfordringer vil være at andre deler av de fysiske installasjoner kan bli mer berørt enn de som er mest utsatt i dag og at ekstremværlastene kan bli større.

Tabell 8 Effekter og mulige konsekvenser basert på klimafremskrivinger for perioden frem mot 2100 (NVE, 2010)

Effekter	Mulige konsekvenser
Temperaturøkning	• Endringer i energiforbruk. Mildere vintre og varmere sommere vil kunne jevne ut forbruket over året i forhold til i dag. • Veksling mellom fryse/tine, frostsprenging, øket forvitring på betong og steinkonstruksjoner og en geografisk forflytning av hvilke områder som vil kunne bli mest utsatte. • Ising/snø på linjer. • Linjesig ved høye sommertemperaturer.
Nedbør og skred	• Flom som medfører at utsatte kraftforsyningsanlegg kan bli satt under vann. • Mulighet for økt tilsig – som igjen kan gi økt potensial for produksjon. • Mer intens nedbør vil bidra til endringer i skredfrekvenser, og gi skred i andre områder enn hva vi er vant til med dagens klima.
Tørke	• Tørkeperioder og økende skogbrannfare. • Skogbranner medfører risiko for nettet i området.
Grunnforhold	• Mindre tele i bakken, svekket stabilitet til f. eks. mastepunkt og skog ved kraftig vind. • Mer fukt og perioder med langvarig tørke kan skape bevegelse i grunnen. Dette vil forårsake press på rør og kabler som ligger nedgravd i bakken, noe som igjen kan påvirke livslengde og vedlikeholdsbehov på kabler og rør.
Vind	• Mulighet for økning av dager med ekstremvind med påfølgende muligheter for å skade nett og bygninger. • Dersom klimaendringer også gir dreining av rådende vindretninger vil dette kunne by på utfordringer på linjestrekk og bygninger som i dag ikke er spesielt utsatt for vind.
Luftfuktighet	• Kombinasjonen økt luftfuktighet og økt temperatur kan gi økende problem med råte i treverk (stolper, bygninger) samt akselerere saltkrystallisering i murkonstruksjoner og trevirke.
Salg og forurensning	• Mulig økt problem med nedslag av salt og dermed økt risiko for overslag knyttet til saltbelegg på isolatorer og gjennomføringer.
Stormflo	• Havflommer (stormflo, springflo) vil gi utfordringer knyttet til lavtliggende kraftforsyningsanlegg.
Lyn og torden	• Økt temperatur, fuktighet og uværsfrekvens – mulig effekt på lynaktivitet. Lyn er en betydelig årsak til avbrudd i dag.
Vegetasjonen	• Temperatur og fukt vil gi økt vegetasjonstilvekst. Mulig økt utfordring knyttet til at linjer og vegetasjon kommer i berøring, med mindre man holder vegetasjonen på god

	avstand. Dette vil kunne påvirke forsyningssikkerheten. • Vegetasjonstilveksten øker i tillegg mengde brennbart materiale og dermed skadeomfanget i forbindelse med evt. skogbrann.
Sammenfall	• Kombinasjon av ulike værhendelser samtidig, som bidrar til utfall, for eksempel snøfall og vind. • Økte utfordringer for kraftforsyningens reparasjonsberedskap når andre infrastrukturer blir berørt samtidig. Ekstremvær kan gi problemer med å komme fram og dermed gi lange avbrudd som følge av vanskelige arbeidsforhold for de som skal reparere skader.

Kunnskapsstatus elektronisk kommunikasjon

Det er så vidt vi har kunnet bringe på det rene gjort lite forskning på IT-sikkerhet og IT-sårbarhet ift klimaendringer. Derfor blir denne gjennomgangen enkel og kort. Temaet vil bli viet noe større fokus i rapporten om konsekvenser. Ettersom kommunene i liten grad er involvert i drift og vedlikehold av IT-utstyr utover eget behov, vil det primært være knyttet til konsekvenser for intern IT-drift i kommunen og for kommunens rolle overfor innbyggere som brukere av informasjonstjenester.

Vi trekker frem to problemstillinger som er aktuelle i forhold til IT-sikkerhet og klimaendringer:

- Primærpåvirkning relatert til bakke- eller basestasjoner
- Sekundærvirkninger ift utstyr i bygninger og/eller anlegg, strømbrudd og tilsv.

Bakke-/basestasjoner er påvirket av klimapåkjenninger og følgelig også klimaendringer. Dette vil primært dreie seg om påkjenninger som fører til endringer i grunnforhold slik at forankring og grunnfeste vil kunne løsne eller gli ut (dvs. flom, jordskred, snøskred osv), men også vind og nedbør vil kunne påvirke slike installasjoner.

IT-utstyr som er plassert i bygninger vil være utsatt for sekundærvirkninger ift klimapåkjenninger og -endringer gjennom sin lokalisering, dersom bygningene de står i blir skadet av klimapåkjenninger. Dette ligger derfor tematisk under bygninger. Alt IT-utstyr er sårbart ift fuktighet og rystelser, og bør ikke plasseres slik at det er sannsynlig at det vil bli utsatt for uønsket klimapåvirkning som f.eks. i lokaler som ikke er fuktsikre, bygninger som er truet av uønskete virkninger forårsaket av havnivåstigning, flom, ras, skred osv.

Konklusjon

Dersom klimaet endrer seg slik som fremskrivningene av ulike klimascenarier indikerer, kan det forventes at sårbarheten vil øke i kraftforsyningen dersom det ikke settes i verk tiltak. Bransjen er godt kjent med de klimautfordringer som forventes, og endringene for kraftforsyningen vil i stor grad være av kvantitativ art i form av økt frekvens eller styrke/intensitet av hendelser. Kraftforsyningens sårbarhet i stor grad også er knyttet til klimasårbarhet i andre samfunnssektorer, slik som vei og tele. De viktigste faktorene for å sikre økt klimatilpasning er engasjement fra egen administrasjon og styre, samt reguleringer fra myndighetene. Noen virksomheter avventer klimatilpasning i påvente av nasjonale anbefalinger.

Kommunene vil i liten grad bli direkte påvirket av klimapåkjenninger ift drift og forvaltning av IT-nettverk, ettersom de ikke er eiere eller forvaltere av bakke-/ basestasjoner. Det er virkninger relatert til at f.eks. mobilnettet faller ut at kommuner vil bli påvirket, gjennom å være brukere av bl.a. tele- og mobiltjenester. Utarbeiding av beredskapsplaner for alternative varslings- og kommunikasjonslinjer ved bortfall av mobile nettverk hvis dette ikke allerede er etablert, vil være et mulig tiltak.

Referanser

NVE, 2009: *Klimatilpasning i kraftforsyningen 2009*. NVE rapport 16/2009

NVE, 2010: *Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100*. Utredning utarbeidet for Regjeringens klimatilpassingsutvalg av NVE. Hovedrapport. NVE rapport 5/2010

Tilpasning til klimaendringer

Innledning

Under har vi oppsummert kunnskapsstatus langs to akser: på tvers og på langs. På tvers blir behandlet under overskriften "areal" og gjelder kunnskap om klimatilpasning på tvers av de øvrige temaene og/eller kunnskap som retter seg inn mot arealplanlegging etter plan- og bygningsloven. På langs gjelder kunnskap om klimatilpasning innenfor de ulike sektorene bygg, transport/transportinfrastruktur, VAR og kraftoverføring/elektronisk kommunikasjon. Eksempelvis vil kunnskap om lokalisering av nye boligområder ut fra klimahensyn behandles under "areal" mens spørsmål om den tekniske utformingen av offentlige bygg for å tilpasse seg klimaendringer behandles under "bygg".

Arealforvaltning

Innledning

Vi avgrenser oss her til en omtale av studier som har fokus på arealforvaltning og arealplanlegging. Innenfor arealplanlegging legger vi hovedvekt på lokalisering av fysisk infrastruktur, der vi igjen prioriterer lokalisering av bygninger; private og offentlige. Arealforvaltningen avgrenser vi til forvaltning av dyrka og dyrkbar mark som grunnlag for framtidig matproduksjon.

Kapitlet oppsummerer kunnskapsstatus om følgende forhold:

- Studier av hvordan kommune og fylkeskommuner arbeider med klimatilpassing.
- Studier av hvordan kommuner og fylkeskommuner tar hensyn til klimasårbarhet i planlegging og utbygging
- Studier om forvaltning av dyrka mark.
- Studier med vekt på barrierer og forutsetninger for lokal klimatilpassing

Kunnskapsstatus om lokalisering av fysisk infrastruktur

Det er gjennomført mange studier av sårbarhet for klimaendringer i norske kommuner, men kunnskapen om hvordan kommunene arbeider med å analysere klimasårbarhet er begrenset. Klimatilpassing er et relativt nytt innsatsområde både nasjonalt og lokalt, og det foreligger få studier av hvordan klimatilpassing planlegges og gjennomføres i norske fylker og kommuner. Det pågår imidlertid flere forskningsprosjekter som vil øke kunnskapen på dette området.

Flere surveyer har belyst *status i kommunenes arbeid* med å analysere den lokale klimasårbarheten og utvikle strategier for klimatilpassing. En landsomfattende undersøkelse gjennomført av DSB i 2007 viste at klimatilpassing sto på dagsorden i norske kommuner og hos regionale myndigheter, men at mange kommuner ikke hadde formalisert arbeidet med klimautfordringene (DSB, 2007). Det var bare i overkant av 10 % av norske kommuner som oppga å ha utarbeidet en helhetlig tilpasningsstrategi våren 2007. Flere (42 %) oppga å ha vurdert hvor sårbare de er i forhold til klimaendringene. Cirka 20 % av kommunene og cirka 40 % av fylkeskommunene og fylkesmennene oppga at det er utarbeidet risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) knyttet til konsekvenser av klimaendringer. Så mange som halvparten av kommunene og 56 % av fylkeskommunene uttrykker bekymring for egne muligheter til å hankses med klimaendringene. Bekymringen er størst blant kommuner som har gjennomført ROS-analyser på dette området. Av kommunene oppga 45 % at de har tatt høyde for klimaendringene i det lokale planarbeidet, men bare 9 % av kommunene har gjort dette i stor grad. Fylkeskommunene har kommet noe lenger i dette arbeidet. Det ble funnet enkelte gjennomgående forskjeller mellom kommunene i spørsmålene om klimatilpassing. Kommuner med høyt innbyggertall, og store kommuner med tjenesteyting som viktigste næringsgrunnlag, har i størst grad gjennomført sårbarhetsanalyser og klimatiltak, samt trukket konsekvenser av klimaendringene inn i planarbeidet.

En annen landsomfattende undersøkelse fra 2007 gjennomført av NIBR antyder at omtrent 20 % av landets kommuner hadde definert ROS-analysen inn i kommuneplanen, mens 30 % hadde vedtatt en slik analyse, eller hadde den oppe til revisjon. Drøye 20 % var i ferd med å utarbeide ROS-analyse, mens en tilsvarende andel oppga at de ikke hadde påbegynt slike analyser ennå (Berglund og Nergård, 2008). Denne undersøkelsen omfattet ikke fylkeskommuner.

Riksrevisjonens undersøkelse av myndighetens arbeid med forebygging av flom og skred viser at arbeidet med ROS-analyser i kommunene er intensivert de senere årene (Riksrevisjonen 2010). Høsten 2009 hadde 90 % av

kommunene som svarte på spørreundersøkelsen utarbeidet ROS analyser, nærmere 40 % hadde ROS-analyser som er fra 2005 eller tidligere. Flere av fylkesmennene ga uttrykk for at kvaliteten på ROS-analysene er varierende. Fylkeskommunene var ikke omfattet av undersøkelsen. Undersøkelsen avdekker videre flere forhold om hvordan kommunene håndterer utbyggingsplaner i fareområder. For det første kunne ikke undersøkelsen slå fast at kommunene endrer omfanget av byggeaktiviteten sin i områder som ut fra statlig kartlegging er utsatt for skred eller kvikkleireskredfare. Derimot viser undersøkelsen at i saker der fylkesmennene gir innspill som gjelder flom og skredfare i kommunale arealplaner, blir de fleste sakene løst tidlig ved at kommunene retter seg etter fylkesmennenes innspill. Miljøverndepartementet tar imot få innsigelser som gjelder flom og skred, men i 2008 fikk departementet inn tre innsigelser på planar for områder som vil være utsatt ved fjellskred fra Åkneset i Møre og Romsdal. I saker som gjelder vassdragsrelatert fare har NVE kommet med 120 innsigelser i perioden 2003–2008. Regionene Sør- og Midt skiller seg ut med klart flest saker. I Region Sør blir det oppgitt at årsaken blant annet er stor utbygging, men flere flom- og kvikkleireutsatte områder er også en viktig årsak. I Region Midt kommer over halvparten av innsigelsene på grunn av kvikkleire. Denne regionen har også høy utbyggingsaktivitet. Det er likevel bare ett eksempel på at en sak har gått til Miljøverndepartementet for avgjørelse de siste årene, og i det tilfelle var flomfare bare en del av innsigelsen (Riksrevisjonen 2010).

Riksrevisjonens undersøkelse avdekker når det gjelder ansvarsforhold at kommunene er kjent med sitt ansvar for å forebygge risiko for skred og andre naturulykker mot ny bebyggelse gjennom arealplanlegging, arealdisponering og krav om utarbeiding av risiko- og sårbarhetsanalyser etter plan- og bygningsloven. Kommunene er derimot i mindre grad kjent med sitt ansvar for sikring av eksisterende bebyggelse, som er regulert i naturskadeloven. Kommunene er usikre på hvor langt deres ansvar for å forebygge risiko for skred går i allerede utbygde områder, samt i hvilken grad kommunen har plikt eller muligheter til å oppføre og vedlikeholde fysiske sikringstiltak mot skred og andre naturskader. Riksrevisjonen fant videre tegn til at samhandlingen mellom kommuner og nasjonale myndigheter ikke fungerer tilfredsstillende. Etter Riksrevisjons vurdering har kommunene behov for mer statlig veiledning og hjelp i blant annet i arbeidet med ROS-analyser. Undersøkelsen avdekker at flere kommuner og fylkesmenn ikke hadde kjennskap til flom og skredkart som er utarbeidet av nasjonale myndigheter. Halvparten av de kommuner og fylkesmenn som ble spurt kjente for eksempel ikke til aktsomhetskartene for stein- og snøskred. Undersøkelsen avdekket videre at mange kommuner ikke har tilstrekkelig kompetanse til å håndtere flom og skred og dra nytte av kartleggingen. Flere kommuner mangler også rutiner for å sikre overføring av erfaring og kompetanse når det gjelder å håndtere flom- og skredfare. I små kommuner er saksbehandlingen i tillegg svært personavhengig. Riksrevisjonene peker også på at de nasjonale kartlegginger av områder med ras- og flomfare tar utgangspunkt i historiske hendelser og dermed ikke tar høyde for klimaendringer som kan påvirke risikobildet. En beslektet studie utført av Vestlandsforskning der fylkesberedskapssjefene i samtlige fylker var intervjuet, viste at fylkesmannen generelt kunne ha engasjert seg mer i oppfølging og forebyggingsarbeid etter ekstremværhendelser og at fylkesberedskapssjefene legger større vekt på krisehåndtering enn på forebygging (Husabø, 2010). Studien viser også at fylkesmannen bør drive mer langsiktig oppfølging av kommunene for å sikre at nødvendige tiltak blir gjennomført etter ekstremværhendelser. I situasjoner der forebygging krever store løft som må skje på et annet nivå enn det kommunale, har fylkesmannen anledning til å fungere som pådriver dersom ressursituasjonen tillater det. Studien viser at kommunene etterspør mer kunnskap om lokale følger av klimaendringer, mens fylkesmannen etterlyser mer kompetanse for å kunne rettleie dem. Tre utviklingstrekk er i følge Husabø (2010) viktige for fylkesmannen sitt arbeid med ekstremværhendelser framover. Den første hovedutfordringen gjelder endringer i værmønster og økte forekomster av atypiske værhendelser, som innebærer at alle bør forberede seg på "mer" ekstremvær, uavhengig av hvor lite utsett man mener å være for ekstremvær i dag. En annen sentral utfordring gjelder samfunnets utvikling mot større sårbarhet for følgene av ekstremvær, som et flertall av fylkesberedskapssjefene har observert i sine fylker. Den tredje hovedutfordringen handler om fylkesmannen sin institusjonelle kapasitet, og særlig den administrative kapasiteten. Mange av embeta har for liten tid og for få ressurser til å følge opp ekstremværhendelser og prioritere forebyggende beredskapsarbeid – oppgaver som skal gjøre samfunnet mindre utsatt for klimaendringer.

Analyser av sårbarhet for klimaendringer vil normalt være en forutsetning for å kunne lage planer for tilpassing til klimaendringer. Flere kommuner er i ferd med å kartlegge sin klimasårbarhet og planlegge klimatilpassing, bl.a. annet de 13 største byene i Norge som er med i prosjektet Framtidens byer (2009-2014), der klimatilpassing er ett av innsatsområdene. Prosessene i flere av disse byene blir studert gjennom ulike prosjekter i Forskningsrådets program for klimaforskning, NORKLIMA. Det er gjennomført en rekke studier som tar sikte på å utvikle metoder for å analysere sårbarhet for klimaendringer i norske kommuner. En del av disse prosjektene er omtalt i kapitlet om klimasårbarhet i morgen i denne rapporten, og andre er omtalt i avsnittet over og i avsnittet under om barrierer og

forutsetninger for klimatilpassing i dette kapitlet. Oppsummert kan vi si at studiene har gitt en del viktige erfaringer. En av disse er at *sårbarhetsanalyser basert på nedskalering av nasjonale datasett har sin klare begrensning*. Flere av de tidlige studiene brukte indikatorer for sårbarhet basert på nasjonal statistikk som utgangspunkt for å identifisere områder i landet med høy sårbarhet og begrenset tilpassingskapasitet. Et eksempel på en slik studie er O'Brien og kollegaer (2003, 2004). Forfatterne peker på at det er svakheter med en slik top-down utvelgelse av indikatorer som skal ha gyldighet for hele landet, og anbefaler at de bare brukes som utgangspunkt for regionale og lokale analyser. Andre studier med lignende utgangspunkt kommer til samme konklusjon: *top-down* indikatorbaserte sårbarhetsanalyser gir ikke et fullstendig bilde av den lokale sårbarheten, men at de kan tjene som utgangspunkt for mer detaljerte lokale analyser som må gjennomføres i samarbeid med lokale aktører (Groven mfl 2006, West og Hovelsrud, 2008, Næss mfl 2006). Dette leder fram til neste erfaring: *Lokale, hhv regionale sårbarhetsanalyser må ta utgangspunkt i lokalkunnskap og indikatorer som er relevante for lokale eller regionale forhold*. Både Næss mfl (2006) og West og Hovelsrud (2008) finner at sårbarheten og tilpasningsevne er avhengig av skala. Norge som land fremstår ikke nødvendigvis som sårbart for klimaendringer gitt en sammenstilling av utvalgte nasjonale indikatorene, samtidig som en gitt kommune kan være sårbar ut i fra de samme indikatorene men da i nedskalert lokal form.

En tredje erfaring er at *analyser av sårbarhet for klimaendringer må ta hensyn til samfunnsutviklingen*. Aall og Norland (2005) foreslår en to-steps modell med indikatorer for de tre sårbarhetskategoriene naturlig sårbarhet, samfunnsøkonomisk sårbarhet og institusjonell sårbarhet. Disse indikatorene lages med utgangspunkt i aggregert statistikk på nasjonalt nivå som så skal suppleres med lokalt utvalgte indikatorer. Groven mfl (2006), West og Hovelsrud (2008) og Groven mfl (2008) er eksempler på studier som ser på samfunnsendringer i tillegg til klimaendringer i analyser av lokal sårbarhet. Alle studiene konkluderer med at sårbarhet må vurderes ut fra en samlet vurdering av hvordan klimaendringer virker på- og sammen med andre faktorer. Bruk av samfunnsscenarioer i klimasårbarhetsanalyser er utdypet i Selstad mfl (2008). Dette er også utgangspunkt for flere pågående forskingsprosjekter om klimasårbarhet og klimatilpassing, bl.a. Noradapt-prosjektet som er omtalt over. En fersk studie av sårbarhet og tilpassing til klimaendringer i Hammerfest konkluderer med at selv om klimaendringer er en tilleggsutfordring, er det ikke hovedårsaken til øket sårbarhet og behov for tilpassingsstrategier (Hovelsrud og Amundsen 2010). Studien var en del av prosjektet CAVIAR. Prosjektet hadde en tverrfaglig tilnærming og nær kontakt med lokale aktører. Det ble produsert både nedskalerte klimascenarioer og framskrivninger av sosioøkonomiske forhold, på lignende måte som i Noradapt-prosjektet. I artikkelen drøfter de dagens tilpassingsstrategier og behovet for fremtidige tilpassingsstrategier i lys av forventete klimatiske og sosioøkonomiske endringer. Et viktig spørsmål var hvordan klimaendringer i kombinasjon med sosioøkonomiske endringer påvirker sårbarheten.

Kunnskap om hvordan *lokale prosesser for klimatilpassing* har foregått kommer delvis fra studier av respons på naturskade i kommuner og fylker. Ved CICERO ble det gjennomført en analyse av institusjonell respons på 1995-flommen i Glomma-Lågen som case studier i to kommuner, Skedsmo og Ringeby (Næss m.fl 2005). Hovedresponsen etter flommen i 1995 viser storskala teknisk orienterte tiltak mot flom. Forfatterne forklarer denne responsen med at når sterke lokale politiske og økonomiske interesser faller sammen med statlig villighet til å betale og yte hjelp, ble flomforebyggende tiltak gjennomført raskt, på bekostning av miljømessige og andre mål som hadde svak representasjon på lokalt nivå.

Erfaringer fra nyttårsorkanen 1992 er utgangspunkt for en upublisert studie av tilpasningskapasitet på lokalt og regionalt nivå (Groven and Aall in prep.). Det er gjennomført en casestudie av to kommuner som ble hardt rammet av orkanen. Disse er undersøkt med hensyn på samfunnsfunksjonene kommunal byggesaksbehandling, sivil beredskap og kraftforsyning. Arbeidet bygger på en forutsetning om at prosesser i etterkant av en historisk ekstremværhendelse kan gi innsikt i betingelsene for tilpasning til klimaendringer innenfor de aktuelle institusjonelle systemene. Studien konkluderer med at orkanen i liten grad resulterte i systematiske tilpasninger til ekstrem vind. Tiltak som ble iverksatt på lokalt nivå var i stor grad av reaktiv karakter, mens det nasjonale nivået iverksatte enkelte proaktive tiltak. Liten grad av tilpasning settes i forbindelse med tre forhold: (i) svake økonomiske incentiver, (ii) en utbredt oppfatning av orkanen som en svært sjelden hendelse (200-årsorkan) og liten fare for at klimaendringer skal utløse tilsvarende eller sterkere ekstremvær og (iii) deregulering av offentlige tjenester og kraftmarkedet.

CIENS har på oppdrag fra NOU Klimatilpassing utredet ansvar og virkemidler ved tilpasning til klimaendringer (Harvold 2010). Saglie og Harvold drøfter i et delkapittel utfordringer knyttet til virkemiddelbruk i klimatilpasningsarbeidet innenfor arealplanlegging. De understreker at arealplanlegging er et helt sentralt virkemiddel for å sikre tilpassing til fremtidige klimaendringer og for å utvikle robuste samfunn. Arealplanlegging

innebærer imidlertid en koordinering av mange sektorer der avveining mellom målsettinger og tiltak som kan stå i motsetning til hverandre, må løses. Det kan derfor oppstå målkonflikter mellom tilpassing og andre målsettinger. CIENS drøfter den samfunnsmessige sårbarheten knyttet til hvordan arealplanleggingen som system er rustet til å takle disse utfordringene for hver av naturskadekategoriene. Forfatterne peker på flere forhold som gjelder den institusjonelle sårbarheten i kommunene. De mener for det første at kommunene har den nødvendige myndighet gjennom lovverket til å sikre at ny utbygging ikke skjer på områder som kan være utsatt for fare, enten det dreier seg om skredutsatte områder, flomfare, eller havnivåstigning. Potensielle svakheter er i hovedsak knyttet til hvordan lovhjemlene tas i bruk av kommunene, og av kommunenes kapasitet og kompetanse. Forfatterne viser til en undersøkelse om kapasiteten i plansystemet og hevder at et hovedproblem i plansystemet er mangel på kompetanse i små kommuner, og generelt et kapasitetsproblem både i små og store kommuner, men også hos fylkesmann og fylkeskommune (Aall mfl 2008). Forfatterne peker på en annen begrensning i forhold til det kommunale ansvaret for å redusere sårbarhet og øke samfunnets robusthet overfor klimaendringer innenfor arealplanleggingen. Plan- og bygningslovens virkeområde er i hovedsak knyttet til reguleringen av nye utbyggingstiltak, enten dette dreier seg om nye store utbyggingsområder, eller nye utbyggingstiltak innenfor allerede utbygde områder. Dette betyr at tiltak for å tilpasse seg klimaendringer i eksisterende bebyggelse og infrastruktur i mindre grad omfattes av arealplanleggingen slik den nå praktiseres.

En annen kilde til institusjonelle barrierer er at tilpasning til naturulykker som flom, stormflo og skred innebærer arealbruksforvaltning, som kan være forbundet med interessemotsetninger. Det setter store krav til beslutningsmyndighetene, ikke bare når det gjelder dens integritet, men også kunnskapen. Som nevnt i seksjonen om skred, er kartlegging av risiko svært ressurskrevende. Ansvaret for arealforvaltningen er lagt til kommunene, som har begrensede ressurser. Dermed oppstår det uklarhet om når og i hvilket omfang kartlegging kan kreves i forkant av utbyggingsvedtak. Avveining mellom utbygging i utsatte områder og utbygging i alternative, sikre områder vil også fortone seg forskjellig fra utbyggers ståsted og kommunes ståsted, og for kommune og stat. Strengt tatt trenger man derfor tydelige retningslinjer for ansvar i tilfelle skade. Naturskadeordningen gjør imidlertid dette ansvaret utydelig. Det er heller ikke full klarhet om hvilke krav sentrale myndigheter stiller overfor utbygger og kommune i lys av risikoen for naturulykker, eller hvilke virkemidler de har for å gjennomføre eventuelle målsettinger.

Forfatterne drøfter også om utviklingen mot en mer neoliberal plankultur der privat planlegging har fått en bred plass kan øke sårbarheten. Den største delen av detaljert planlegging utføres nå av private aktører. Disse har også ansvaret for å sikre det nødvendige kunnskapsgrunnlaget, medvirkning av berørte og innspill fra myndigheter. Det er også en erfaring at private planforslag ofte avviker fra overordnet plan. Den markeds- og prosjektbaserte utbyggingen har også vist seg å ha svakheter i forhold til å sikre tiltak på tvers av eiendommer. Denne privatiserte og markedsbaserte utbyggingen berører også spørsmålet om det er økonomiske incentiver for å ta de ekstra kostnadene knyttet til klimaendringer. For eiendomsutviklere er tidshorisonten avgjørende for vurdering av lønnsomheten. Med kort tidshorisont kan det være få incentiver til å legge inn ekstra kostnader for å tilpasse seg fremtidige klimaendringer.

Forfatterne går gjennom de ulike kategoriene av naturskader og vurderer hvordan arealplanleggingen er rustet til å takle utfordringene. De peker på at havnivåstigning er et helt nytt fenomen som arealplanleggingen ikke har forholdt seg til tidligere. Overvann har tradisjonelt heller ikke vært noe sentralt tema for arealplanleggerne. Det er vann- og avløpssektoren (VA-sektoren) som har hatt ansvaret og håndtert dette gjennom rør. Lokal håndtering av overflatevann betyr imidlertid at også arealplanleggerne må ta dette inn som et hensyn i planleggingen for å sikre flomveier, legge tilrette for fordrøyningsbasseng og sikre at det er mest mulig gjennomtrengelige overflater og evt. grønne tak. Forfatterne peker de på aktuelle målkonflikter mellom klimatilpassing og mål om konsentrert byutvikling og fortetting både når det gjelder havnivåstigning, flom og overvannshåndtering. Skred og elveflom er kjente elementer for arealplanleggingen, og ifølge forfatterne kan problemene enkelt unngås gjennom å lokalisere utbygging til områder uten slik fare. Dette avhenger imidlertid av minst tre forhold, at det (1) fins kunnskap om disse forholdene som kan inngå som beslutningsgrunnlag i arealplanleggingen; (2) er bevissthet om spørsmålene blant de som skal lage planene og fatte beslutningene; og (3) når det oppstår målkonflikter, fins reelle alternativer. Harvold (2010) peker også på at de nasjonale kartleggingene av skred og flom er mangelfulle både i geografisk omfang og nøyaktighet. Det hevdes at Norge er svært dårlig kartlagt når det gjelder skred, med kun oversiktskartlegging og såkalt aktsomhetskartlegging for noen utvalgte områder. Dagens kartlegging er for usikker til å benyttes i konkret planlegging av utbygging, og at disse ikke dekker behovene som kommuneplanleggere har i sin arealplanlegging. En svært viktig mangel ved informasjonsbasen på "skrednett.no" og flomsonekartleggingen at det er historiske hendelser og statistikk innhentet fra en periode med "normal klima" som danner faggrunnlaget

og informasjonsbasen. Det er derfor stort behov for å videreutvikle de nasjonale kartleggingene til også å omhandle risiko for skred og flom i områder som tidligere ikke har vært registrert som risikoområder, men som kan være eller bli utsatte på grunn av klimaendringer.

Som en del av Noradapt-prosjektet gjennomførte Vestlandsforskning og Cicero en kunnskapsgjennomgang i 2008 av *internasjonale* erfaringer med å gjennomføre lokale klimasårbarhetsanalyser (Heiberg mfl, 2008). I alt ble det identifisert 13 ulike modeller fordelt på to overnasjonale organisasjoner (FN og ICLEI) og 5 land (Sverige, Nederland, Tyskland, Storbritannia og USA) som fortjener betegnelsen "modell", det vil si at metoden er skriftlig beskrevet i et offentlig og lett tilgjengelig dokument og at metoden beskriver en systematisk måte lokale og/eller regionale myndigheter kan arbeide etter for å analysere den lokale og/eller regionale klimasårbarheten og utarbeide lokale og/eller regionale klimatilpasningsstrategier. Gjennomgangen viste at det pågår et betydelig utviklingsarbeid så langt når det gjelder indikatorbaserte modeller for sårbarsanalyser. Det er svake koblinger mellom den tilpasnings- og utslippsorienterte delen av klimapolitikken i flesteparten av modellene, men mange legger vekt på at framtidig lokal klimasårbarhet blir bestemt ut fra en samleffekt av klimaendringer og samfunnsmessige endringer.

Kunnskapsstatus om forvaltning av dyrka mark

Spørsmålet om klimaendringer kan få konsekvenser for den globale matproduksjonen og dermed påvirke matforsyningssikkerhet og jordbruks- og matpolitikken i Norge er drøftet i flere politiske dokument. I St. meld nr 39: "Klimaendringer-landbruket en del av løsningen" (Landbruks- og matdepartementet, 2009) vises det til at matsikkerheten – tilgangen til nok og trygg mat – er truet i deler av verden, og at klimaendringene forsterker utfordringene. Det står videre at klimaendringene vil kunne endre forutsetningene for matproduksjon over hele jorda samtidig som klimautfordringene medfører økt etterspørsel etter alternative energikilder som øker konkurransen om jordbruksarealer. Sammen med økt befolkning og endrede forbruksmønstre betyr dette økt press på jordas begrensede arealer som er egnet til matproduksjon. Det vises til utredninger fra FAO som tilsier at verdens samlede matproduksjon må øke med 50 % innen 2030 på grunn av den sterke befolkningsveksten. I følge stortingsmeldingen er det derfor absolutt nødvendig å ha en bred tilnærming til tilpasning og beredskap for å unngå store avlingstap og utnytte de mulighetene endrede klimaforutsetninger gir. En mer restriktiv jordvernpolitikk er et av tiltakene som varsles i stortingsmeldingen. Tiltaket begrunnes med at dyrket og dyrkbar jord er en grunnleggende, men begrenset ressurs for å sikre matproduksjon, og en viktig del av kulturlandskapet. Regjeringen legger til grunn at nasjonal matproduksjon er et viktig element i en langsiktig forsyningsstrategi, og det er grunnleggende for matsikkerheten å opprettholde produksjonsmulighetene i Norge på lang sikt.

Regjeringen har satt som mål at omdisponeringen av dyrka mark skal halveres innen 2010 i forhold til omdisponeringen i 2005. Målet innebærer at det innen 2010 ikke skal omdisponeres mer enn 5.700 daa dyrka jord pr. år. Riksrevisjonens undersøkelse av måloppnåelse og styring i jordbruket (Riksrevisjonen 2010b) viser imidlertid at man er langt unna dette målet. I 2009 ble det omdisponert 8.100 dekar dyrket jord, noe som inne bærer at omdisponeringen må reduseres med 30 % i 2010 dersom jordvernmålet skal nås. Tallene for omdisponering av dyrket jord over de siste fem årene viser imidlertid ingen nedadgående trend. Selv om det samlede jordbruksarealet i drift holder seg noenlunde konstant, skjer det en kontinuerlig forringelse av kvaliteten på jordbruksarealet når de beste jordbruksarealene bygges ned. Samtidig tas det i bruk arealer som anses som mindre gode i jordbrukssammenheng, gjennom ny dyrking og rydding av innmarksbeite.

I Statens Landbruksforvaltnings rapport om Kostra-rapporteringen fra 2009 (Grønningsæter, 2010) bekreftes vurderingen fra Riksrevisjonene, og tallene som oppgis er noe høyere. I 2009 ble det omdisponert 8.300 dekar dyrka jord, som er 400 dekar mer enn i 2008. Nær halvparten all omdisponert matjord er omdisponert i 20 kommuner. Så godt som alle disse kommunene ligger i områder med svært gode vilkår for jordbruk, viser rapporten. En stor del av omdisponeringen går derfor på bekostning av noen av de mest verdifulle jordressursene vi har. Det meste av omdisponeringen skjer ved vedtak av reguleringsplaner etter plan- og bygningsloven. I følge Statistisk sentralbyrå utgjør omdisponering til boliger og trafikkområder de viktigste formålene. I 2009 ble 27 % omdisponert til boligformål og 16 % til trafikkformål. (SSB 2010)

NIBR gjennomførte i 2006 og 2007 en landsdekkende undersøkelse i samarbeid med Statistisk sentralbyrå, der de undersøkte den faktiske nedbyggingen av jordbruksareal (Saglie m fl 2006, 2007). Nedbygging er i denne rapporten definert som det jordbruksareal som bygningers grunnflate dekker, og representerer dermed minimumstall for nedbygging fordi nedbygging til andre formål som parkering, adkomstveier osv ikke er med i tallene. Tallene er ikke sammenlignbare med tallene i KOSTRA-rapporteringen som omfatter tillatt omdisponerte arealer. KOSTRA omfatter også større infrastruktureltiltak, det gjør ikke denne undersøkelsen. Til gjengjeld omfatter NIBRs undersøkelser alle typer nedbygginger, også enkeltutbygginger på gårdsbruk som ikke blir

registrert i KOSTRA. Resultatene er interessante fordi de sammenligner hva spredt utbygging av bygninger betyr i forhold til tettstedsutvidelser. En av konklusjonene i undersøkelsen er at spredt utbygging er en viktigere årsak til at jordbruksareal blir nedbygget med bygninger enn tettstedsutvidelser. Hele 74 % av nedbyggingen på jordbruksarealer i 2002 var i form av spredt utbygging, mens rundt 26 % var tettstedsutvidelser. Undersøkelsen viste også at den spredte utbyggingen skjer uforholdsmessig ofte på jordbruksareal. Hele 14 % av all spredt utbygging var lokalisert på jordbruksareal i 2002, mens bare 3,4 % av landarealet er jordbruksareal. Halvparten av den spredte utbyggingen på jordbruksarealer er til andre formål enn primærnæringer. I "rurale" kommuner der landbruket har en sterk økonomisk stilling er det mye nedbygging. Forfatterne konkluderer med at en byutvikling med vekt på fortetting i tettsteder og restriktiv holdning til spredt utbygging vil fremme jordvern.

Spørsmålet om konsekvenser av klimaendringer globalt gir grunner for å praktisere et strengere jordvern i Norge er imidlertid en sammensatt problemstilling. Det ene delen av spørsmålet handler om hvordan den globale matproduksjonen og etterspørselen etter mat kan tenkes å utvikle seg, og videre hvordan klimaendringer vil påvirke produksjonen og hvor store areal som vil være egnet for jordbruksproduksjon i fremtiden. En annen del av problemstillingen er hvordan klimaendringene vil påvirke produksjonen og arealet som vil være egnet for jordbruk i Norge.

Vi kjenner ikke til noen vitenskapelige studier som har forsøkt å se på hele denne problemstillingen under ett og forsøkt å vurdere Norges framtidige matforsyningssituasjon i lys av globale endringer. Det er gjennomført mange studier internasjonalt som ser på hvordan verdens matvaresituasjon kan utvikle seg, der det er tatt hensyn til den samlede effekten av befolkningsvekst, endring av matvaner i deler av verden og at jordbruksareal blir tatt i bruk til produksjon av biomasse for energiformål. Det finnes også en rekke studier internasjonalt som har vurdert hvordan klimaendringer kan komme til å påvirke matproduksjonen i ulike deler av verden. Sammenstillinger av slike studier for å vurdere den samlede effekten foreligger også. Enkelte studier har forsøkt å sette sammen konsekvenser av klimaendringer med konsekvenser av andre faktorer som påvirker den globale etterspørselen etter- og produksjonen av mat. En viktig konklusjon fra disse studiene er at klimaendringer er bare én av flere faktorer som vil kunne påvirke produksjonen av jordbruksvarer.

Det er likevel gjennomført en rekke studier i Norge med formål å avdekke klimasårbarheten i jordbruket og hva som kan være viktige og nødvendige klimatilpassingstiltak både for å utnytte de mulighetene som et varmere klima kan innebære, og for å unngå avlingsskader og produksjonstap. Det er gitt en omtale av slike studier i kapitlet om klimasårbarhet i morgen. Det utarbeides statistikk over en rekke forhold som gjelder jordbruket, bl.a. data over hvor mye dyrka og dyrkbar jord som finnes i ulike deler av landet, hvor mye dyrka mark som omdisponeres osv. som kan brukes som grunnlag for analyser. Registreringene av dyrkbar jord er gjennomført i områder som i dagens klima er mulig å dyrke, det finnes ikke vurderinger av hvor store areal over tregrensen som kan bli egnet for jordbruksproduksjon i et varmere klima (skog og landskap, muntlig medd.2010).

Jordverngruppa leverte sin rapport Klimaskifte for jordvernet til Landbruks- og matdepartementet 08.01.08.

Gruppa hevder at behovet for mat internasjonalt øker sterkere enn produksjonen, med bakgrunn i sammenfall av flere viktige utviklingstrekk i det internasjonale matmarkedet:

- Klimaendringer. Viktige produksjonsområder for mat er utsatt for tørke eller flom som følge av klimaendringene. Resultatet er reduserte forsyninger av matvarer på verdensmarkedet.
- Økt etterspørsel. Rask økonomisk vekst i folkerike land som India og Kina fører til større etterspørsel etter mat.
- Stor interesse for fornybar energi og alternativer til olje og gass fører til at bøndene særlig i USA legger om til dyrking av mais for produksjon av bioetanol.
- Fortsatt vekst i oppdrettsnæringen forutsetter tilgang på fôr fra vegetabiliske kilder øker

Gruppa peker videre på at verdens befolkning øker med nær 90 millioner mennesker pr år, mest i de landene som har den største økonomiske veksten. Gruppa har ikke foretatt noen nærmere utredning om dette og belegger ikke poengene med kilder.

Stortingsmelding nr 39 (2008-2009) "Klimautfordringene – landbruket en del av løsningen" beskriver at klimaendringer kan føre til at større arealer kan bli egnet til nydyrking, med størst potensial i Nord-Norge og i fjellbygdene i Sør-Norge. Dyrkningsjord vil også komme over dagens skoggrense. Registreringene av dyrkbar jord er gjennomført i områder som i dagens klima er mulig å dyrke, det finnes ikke vurderinger av hvor store areal over tregrensen som kan bli egnet for jordbruksproduksjon i et varmere klima (skog og landskap, muntlig medd.2010). Meldingen peker også på at økte gjennomsnittstemperaturer kan føre til at nye landarealer i verden kan nyttes til landbruk. Det vises til at anslagene er usikre siden det ikke er kjent hvordan lokalklimaet vil utvikle

seg, men for Nord-Amerika antydes en økning i areal egnet til landbruksproduksjon på 20–50 %. Tilsvarende er det for Russland anslått en økning på omkring 40–70 %. På den andre siden pekes det på at oppdyrking av myrområder og tap av skogområder kan medføre økte klimagassutslipp fra jordbruk. Afrika sør for Sahara vil kunne tape landarealer for matproduksjon, i størrelsesorden opp mot ni % i forhold til i dag. Stortingsmeldingen beskriver også mulige positive muligheter for landbruket i Norge som følge av klimaendringer. Mulighetene for å utnytte de positive mulighetene krever tilpassingstiltak. Dyrking av mer varmekrevende vekster, skifte av plantekulturer, forlenging av beitesesongen og nydyrking er aktuelle tilpassingstiltak. Meldingen beskriver også negative effekter som krever tilpassingstiltak. Mer nedbør vil kunne kreve tiltak mot fukt- og råteskade på avlinger, tiltak mot kjøreskader og større behov for grøfting av dårlig drenert jord. Tiltak mot erosjon kan bli nødvendig hvis åkerarealer vokser på bekostning av permanent grasdekke. Klimaendringer øker risikoen for at nye skadegjørere og plante- og dyresykdommer etablerer seg. Beredskap i forhold til skadegjørere og plante- og dyresykdommer er derfor et viktig innsatsområde.

I følge Statistisk sentralbyrå¹⁷ har det norske landbruket endret seg omfattende i løpet av de siste tiårene. De siste 25 år er antall årsverk i jordbruket gått ned med 50 %, antallet jordbruksbedrifter som driver jorden selv er blitt redusert med 56 %, mens gjennomsnittsarealet på gårdsbruk har økt med 140 %. Samtidig har selvforsyningsgraden og arealet av jordbruksområder i drift holdt seg noenlunde uendret. Vi kjenner ikke til noen studier som forsøker å vurdere hvilken betydning disse strukturendringene kan ha for jordbrukets klimasårbarhet; et poeng som i seg selv er viktig å legge merke til.

Riksrevisjonen (2010b) har undersøkt måloppnåelse og styring i jordbruket. Stortinget har satt som mål å opprettholde den nasjonale matproduksjonen for å sikre lang siktig forsyningssikkerhet, bevare produksjonsgrunnlaget, dekke etterspørselen etter varer det er naturlig grunnlag for å produsere i Norge, og sikre forbrukerne en stabil og god mat forsyning, jf. Innst. S. nr. 167 (1999–2000). Riksrevisjonen finner at målet om å opprettholde den nasjonale matproduksjonen er nådd ut ifra jordbrukets andel av produksjonen av de matvarene som forbrukes i Norge, regnet på energibasis. Jordbrukets andel av produksjonen av de matvarene som forbrukes i Norge, har økt fra 43 % i 1999 til 49 % i 2008 målt i kalorier. Selvforsyningsgraden når det gjelder jordbruksprodukter i Norge, har økt fra 43 % i 1999 til 49 % i 2008. Det innebærer at om lag halvparten av den matvaremengden som forbrukes i dag, blir produsert i Norge, regnet på energibasis. En del av det som produseres i norsk jordbruk, og som regnes med i selvforsyningsgraden, er basert på importert fôr og importerte fôrstoffer. I 2009 var den totale andelen norske råvarer i kraftfôr til husdyr 71 %.

Kunnskapsstatus når det gjelder betingelser og barrierer for lokal klimatilpasning

Viktige barrierer for lokal klimakompetanse er knyttet til institusjonelle forhold som manglende administrativ kapasitet i kommunene, mangel på kompetanse og svak kommuneøkonomi. Tendensen i en rekke studier er at når kommunene selv blir spurt om å oppgi de viktigste hindringene i arbeidet med planlegging av og tiltak for klimatilpasning fremheves i første rekke mangel på administrativ kapasitet til å arbeide med spørsmålene, dette gjelder særlig i mindre kommuner. Kommunene trekker også, men i mindre grad, fram mangel på kompetanse som en hindring, men mangel på for eksempel miljø- og energikompetanse er utbredt, ikke minst i små- og mellomstore kommuner (Aall m.fl. 2008). Bare 7 % av kommunene oppga våren 2007 at de i stor grad har dedikert personell som arbeider med spørsmål om klimakonsekvenser (DSB 2007a).

En viktig forutsetning knyttet til lokal kompetanse er viljen, evnen og muligheten til læring. Flere studier tyder på at dette er en barriere av betydning i norske kommuner. Både Riksrevisjonen (2010a), Vevatne m.fl. (2007) og Berglund og Nergaard (2008) fant at kjennskapen til lett tilgjengelig forskningsbasert informasjon beregnet for bruk i planleggingen var mangelfull i mange kommuner. Næss m.fl. (2005) fant at begrenset sosial læring på kommunalt nivå fører til at nye perspektiv på flomforebygging, verktøy og veiledninger fra nasjonalt nivå var lite synlig i faktisk planlegging på lokalt nivå. Dette forklares med at lokale maktstrukturer filtrerer tilpasningsmuligheter. Vevatne m.fl. (2007) konkluderer med at de vesentligste hindringer for et godt tilpasningsarbeid er mangel på kunnskap og kompetanse om klimaendringer, og evnen eller muligheten til å kunne koble erfaring fra tidligere hendelser til framtidige tilpasningsutfordringer.

Læring forutsetter tilgang til relevant kunnskap og informasjon om lokale klimaendringer og effekten av disse. Mangel på kunnskap om lokale effekter av klimaendringer framstår som en hindring av betydning i flere studier. Hele 90 % av norske kommuner mener det i noen grad eller i stor grad er behov for mer kunnskap om klimaendringenes konsekvenser for deres ansvarsområder (DSB 2007a). I en annen undersøkelse ga

¹⁷ <http://www.ssb.no/emner/10/04/10/kofola/>

kommunene uttrykk for at det er behov for mer kunnskap både om klimaendringene, mulige lokale effekter og aktuelle tilpasningsstrategier (Vevatne, 2007). Flere studier og utredninger peker på at det er en viktig kunnskapsmangel knyttet til at de nasjonale kartleggingene av skred og flom bygger på historiske hendelser, og dermed på dagens klimaregime. Det er behov for modellering og kartlegging som fanger opp de nye skred- og flomfarene som oppstår på grunn av mer ekstremvær og andre forventete klimaendringer (GeoExtreme 2006, Riksrevisjonen 2010 a , Harvold 2010). Lokal kunnskap fremheves som en viktig forutsetning for å gjennomføre analyser av lokal klimasårbarhet og for å finne fram til hensiktsmessige tilpasningstiltak.

Selv om det lokale nivået oppfattes som essensielt i klimatilpasning peker flere forfattere på betydningen av et godt samspill og samarbeid på tvers av styringsnivåene. Riksrevisjonen (2010a) peker på mange forhold i samspillet mellom statlige etater med ansvar innenfor flom og skred og kommunene som fremdeles ikke fungerer godt nok, sett fra kommunenes side. Vevatne (2007) fant at kommunene etterlyste klare forvaltningsprinsipper fra statlig hold, og flere savnet større statlig engasjement, bedre samordning og retningslinjer. Det ble også framhevet at det er behov for et bedre samarbeid med statlige etater. O'Brien mfl, (2006) peker på at innenfor mange områder og sektorer i Norge er det usannsynlig at tilpasning vil skje uten institusjonell og finansiell støtte. Winsvold mfl (2009) peker på at klimatilpassing innebærer utfordringer når det gjelder koordinering, fordi tilpasning til klimaendringer berører mange ulike myndigheter på ulike nivåer, private entreprenører og utbyggere og det sivile samfunn.

Aall og Groven (2003) nevner en tilstrekkelig statlig oppfølging av kommunal klimaplanlegging som en forutsetning for å opprettholde og videreutvikle lokalt klimatilpasningsarbeid. Harvold (2010) peker på flere forhold som kan forbedres fra statlig hold, og peker på aktuelle tiltak. Et godt samspill mellom ulike nivåer krever klare ansvarsforhold, tydelige statlige styringssignaler og tilstrekkelig lokalt handlingsrom (Aall og Groven 2003). Groven mfl (2008) har gjennomgått ansvarsforholdene når det gjelder naturskade, og konkluderer med at ansvaret for forebygging og sikring er definert, men at det til dels er fragmentert og at det blir etterlevd i varierende grad. Harvold (2010) og Riksrevisjonen(2010a) mener kommunens ansvar og myndighetsområde når det gjelder forebygging av naturskade er avklart, men Riksrevisjonens undersøkelse viser at kommunene ikke alltid er klar over hvilket ansvar de har spesielt etter naturskadeloven. Flere studier peker på at en uklar eller vag kommunal rolle i klimapolitikken framstår som en viktig barriere. Berglund og Nergaard (2008) fant for eksempel at nesten samtlige ordførere mener det økonomiske hovedansvaret for klimatilpasning bør ligge hos staten. Næss m.fl. (2005) peker på at det ligger negative incentiver til lokal tilpasning innebygget i dagens institusjonelle strukturer. Holdninger til klimaendringer for eksempel i form av manglende bekymring for konsekvenser av klimaendringene, synes ikke å være noen viktig barriere verken i befolkningen (DSB 2007b), blant kommunepolitikere eller kommunalt ansatte (Berglund og Nergaard 2008, DSB 2007a). Nyere meningsmålinger foretatt av TNS Gallup (TNS-klimabarometer 2010) og Synovate (Griffin mfl 2010) viser samtidig at holdninger i befolkningen svinger, og at det er færre som er bekymret for klimaendringer i årets måling enn det var i foregående år.

Mange studier viser likevel at arbeidet med å planlegge og gjennomføre konkrete tiltak ikke står i forhold til viljen og bekymringene, verken i bedrifter (Groven 2008), blant privatpersoner (DSB 2007 b) eller i kommuner (DSB 2007 a, Berglund og Nergaard 2008). O'Brien mfl, (2006) peker på en mulig barriere som er relevant i denne sammenhengen: Troen på at teknologiske løsninger vil være tilgjengelige for å møte effekter innenfor ulike sektorer bunner i at man ser bort fra sosiale, økonomiske, politiske og institusjonelle faktorer som bidrar til sårbarhet og tilpasningsevne.

I studier som er gjort av lokal klimapolitikk internasjonalt er det særlig tre kategorier hindringer som framheves som sentrale (Collier 1997, Teigland og Aall 2002, Coenen og Menvelde 2002):

- Manglende statlig avklaring av hva som er kommunenes rolle i klimapolitikken
- Manglende ressurser til iverksetting av effektive tiltak
- Sterke lokale konflikter knyttet til aktuelle klimatiltak.

IPCC oppsummerer i delrapport 4 følgende mer generelle og overordnede faktorer som begrenser implementeringen av effektiviteten av tilpasningstiltak:

- fysiske og økologiske
- finansielle
- teknologiske
- informasjon
- forståelse ("cognitive") og atferd
- politiske, sosiale og kulturelle faktorer

Dette er vide kategorier av hindringer, men IPCC peker på at særlig lokale forutsetninger og barrierer eller hindringer for tilpasning vil være med på å bestemme den lokale tilpasningskapasiteten. I en gjennomgang av erfaringer fra klimatilpasningstiltak blir følgende påpekt (Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability": s 111): "One of the most striking conclusions was the importance of local institutions and social capital...". Samtidig peker IPCC på at det ikke nødvendigvis er slik at høy tilpasningskapasitet automatisk vil føre til vellykket tilpasning. Mange samfunn har høy kapasitet for tilpasning, men fortsetter å være sårbare for klimaendringer, variabilitet og ekstremvær.

Næss m.fl. (2005) viser til internasjonal litteratur når de peker på at institusjonelle faktorer er avgjørende for tilpasning. Institusjoner påvirker den sosiale fordelingen av sårbarhet, i tillegg bestemmer de forvaltningen av klimasensitive sider ved samfunnet og dermed tilpasningskapasiteten. Institusjonell tilpasningskapasitet er et nøkkelbegrep i mange studier. Institusjoner forstås da som regel som både formelle og uformelle strukturer, og er dermed et videre begrep enn formelle organisasjoner og politisk-administrative prosesser (Aall og Groven 2003). Vi kan videre skille mellom hindringer og tilpasningskapasitet som knytter seg til ulike nivå: nasjonalt, kommunalt, lokalt (bedrifter, andre aktører) og enkeltindivider.

Konsekvensene av disse institusjonelle barrierene er behandlet i en omfattende litteratur, både i Norge og internasjonalt. Aaheim og Mestl (2007) diskuterer noen hovedresultater fra denne litteraturen, som i korthet kan oppsummeres til at aktører i liten grad forholder seg til kunnskap, at tiltak gjennomføres tilfeldig, ofte med liten skadeforebyggende virkning, og at kjent risiko tilsynelatende ignoreres. I en internasjonal, tverrfaglig bok om tilpassing til klimaendringene utgitt på Cambridge University Press, som også inneholder flere norske bidrag, omtales barrierer til klimatilpassing i en rekke eksempler og fra flere fagfelt (Adger mfl 2009).

Konklusjon

Det har pågått og pågår en lang rekke prosjekter som berører spørsmålet om lokal klimasårbarhet og klimatilpasning. Utforming av strategier og planer for klimatilpassing er imidlertid et nytt arbeidsfelt for norske kommuner. Erfaringsgrunnlaget er derfor begrenset, og det er følgelig gjennomført få studier i Norge av slike lokale prosesser. Dagens kunnskap bygger på studier av håndtering av naturskade og –ulykker, gjennomføring av enkelte klimatilpassingstiltak og spørreundersøkelser for å kartlegge holdninger og aktiviteter i kommuner. Flere igangværende forskningsprosjekter vil imidlertid øke kunnskapen også om kommunale erfaringer med mer systematiske arbeid med tilpassing til endret klima i løpet av de nærmeste årene.

I tabellen er oppsummert de forutsetninger og barrierer som er funnet i norske studier av klimasårbarhet og en del andre relevante studier som er referert over. Med interne forutsetninger og barrierer mener vi her interne for kommunen. Mange av disse vil falle inn under institusjonelle forutsetninger og barrierer. Ikke alle studier har benyttet samme betegnelser på hhv forutsetningene og barrierene som vi har brukt her. Studiene identifiserer en rekke barrierer i forhold til lokal klimatilpassing. De fleste undersøkelsene konkluderer med at mangel på administrativ kapasitet er en viktig barriere, særlig i små kommuner.

Tabell 9 Forutsetninger og barrierer for lokal klimatilpasning med referanse ekstern og intern i forhold til kommunen som organisasjon og geografisk enhet

	Forutsetninger	Barrierer
Internt	Lokalkunnskap Økonomiske ressurser Personellressurser –kompetanse Personellressurser – kapasitet Evne og vilje til sosial læring Institusjonell fleksibilitet Samarbeidspartnere Tilgang til ekstern kompetanse Politisk engasjement Lokal interesse og engasjement Oppslutning om viktige veivalg og prioriteringer	Svak kommuneøkonomi Manglende kompetanse Manglende kapasitet Manglende samarbeidspartnere Manglende tilgang til ekstern kompetanse Manglende politisk interesse Manglende lokalt engasjement Sterke lokale konflikter
Eksterne	Klare ansvarsforhold Tilstrekkelig lokalt handlingsrom Tydelige statlige styringssignal Forskningsbasert kunnskap Teknologi	Uklar kommunal rolle Manglende lokalt handlingsrom Motstridende statlige styringssignal Manglende kunnskap og informasjon Koordineringsutfordringer Mangel på teknologi

Referanser

- Aaheim, A. and Mestl, H. 2007: "Skred og ras – Konsekvenser for samfunnet", NorACIA – Klimaendringer i Arktis. Seminar i Forskningsparken. September 2007.
- Aaheim, H. Asbjørn, Halvor Dannevig, Torgeir Ericson, Bob Eric Helmuth van Oort, Linda Innbjør, Trude Rauken, Haakon Vennemo, Hege Johansen, Maja Tofteng, Carlo Aall, Kyrre Groven and Eli Heiberg, 2009. Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge. Rapport til Klimatilpasningsutvalget. Report 2009:04. CICERO, OSLO, Norway. 238pp.
- Aall, C. and I.T. Nordland, 2005. Indicators for Local-Scale Climate Vulnerability Assessments. Report no. 6/2005, Oslo: ProSus
- Aall, C. and K. Groven (2003). Institusjonell respons på klimaendringer. Gjennomgang av hvordan fire institusjonelle systemer kan bidra i arbeidet med å tilpasse samfunnet til klimaendringer. VF Rapport 3/2003, Sogndal, Vestlandsforskning.
- Aall, C.(red.) Heiberg, E., Skjeggedal, T., Stokke, K.B., Berglund, F., Skogheim, R., Tønnesen, A., Tangen, G., Bjørnæs. T. (2008): Kartlegging og analyse av kommunenes miljø- og planleggingskompetanse. Presentasjon av resultater fra en analyse utført på oppdrag fra Miljøverndepartementet. VF-notat 12/08. Sogndal/Volda/Oslo: Vestlandsforskning/Møreforskning/NIBR.
- Aall, C., Heiberg, E., Ekstrøm, F., Storm, H. 2009: Lokal sårbarhet for klimaendringer. Demonstrasjon av metoder for kartlegging av den institusjonelle sårbarheten for klimaendringer. VF-rapport 6/2009. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Aall, C., Halvorsen, L.J., Heiberg, E., Tønnesen, A. 2009 :Følgeevaluering av Livskraftige kommuner og Grønne energikommuner – sluttrapport. Vestlandsforskning rapport 7 -2009.
- Adger, W. N., I. Lorenzoni, mfl. (2010). Adapting to Climate Change- Thresholds, Values, Governance, Cambridge University Press.
- Berglund, F. og E. Nergaard (2008). Utslippsreduksjoner og tilpasninger. Klimatiltak i norske kommuner. NIBR-Notat 2008:103. Oslo, Norsk institutt for by- og regionsforskning
- Cicero og COWI 2008. Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming. Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer. Nordisk ministerråd. TemaNord 2008:507.
- Coenen, F. og M. Menkveld (2002): "The role of local authorities in a transition towards climate-neutral society". In Kok, M., W. Vermeulen, A. Faaj og D. de Jager (2002): Global Warming & Social Innovation. The Challenge of a Climate-Neutral Society. London: Earthscan. Pp107-126.
- Collier, U. (1997): "Local authorities and climate protection in the European Union: putting subsidiarity into practice". Local Government, Vol. 2. No. 1. pp. 39-56.
- DSB 2007a: Klimatilpasning 2007 Klimatilpasning i kommuner, fylkeskommuner og blant fylkesmenn.
- Førland, E. J. , H. Amundsen, og G. K. Hovelsrud (red.) 2007. Utviklingen av naturulykker som følge av klimaendringer: Utredning på oppdrag fra Statens Landbruksforvaltning. CICERO report 2007:03
- Griffin, E. mfl (2010) Den Store Norske Klima- og Miljøundersøkelsen. Synovate, Cicero
- Groven and Aall(in prep.) Erfaringer fra nyttårsorkanen 1992 er utgangspunkt for en upublisert studie av tilpasningskapasitet på lokalt og regionalt nivå
- Groven Kyrre og Carlo Aall 2002. Lokal klima- og energiplanlegging. Norske kommunar som aktørar i klimapolitikken?, VF-rapport 12/2002. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Groven, K., H. H. Leivestad, mfl (2008). Naturskade i kommunene. Sluttrapport fra prosjekt for KS. Vestlandsforskning-rapport nr. 4/2008. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Groven, Kyrre, Hogne Lerøy Sataøen og Carlo Aall (2006): Regional klimasårbarhetsanalyse for Nord-Norge. Norsk oppfølging av Arctic Climate Impact Assessment (NorACIA), VF-rapport 4/06, Vestlandsforskning.
- Grønningsæter, G. (2010). KOSTRA landbruk. En vurdering av rapporteringen for 2009. Rapport-nr.: 16/2010, Statens landbruksforvaltning.
- Harvold, K., A., Ed. (2010). Ansvar og virkemidler ved tilpasning til klimaendringer CIENS-rapport 1-2010. Oslo, CIENS Forskningscenter for miljø og samfunn.
- Heiberg, E, Aall, C., Amundsen, H. Storm, H.N., Høyer, K.G., Næss, L.O., Solstad, L.P., Hovelsrud, G.K. (2008:).Indikatorer for lokale klimasårbarhetsanalyser. Kunnskapsstatus og skisse til en metode for utprøving i norske kommuner. VF-rapport 5/08. Sogndal: Vestlandsforskning.

- Hovelsrud, G. og Amundsen, H. 2010: Oil, gas and avalanches: Caviar findings in adaptation in Hammerfest, Northern Norway. Paper på konferansen Polar Science-Global impact . Oslo 8-10 juni 2010.
- Husabø, I. A. (2008). Klimatilpassing i Sogn og Fjordane anno 2008. Vestlandsforskning notat. Sogndal, Vestlandsforskning.
- Husabø, I.A. (2010): Ekstremvêrhendingar - erfaringsgrunnlag for klimatilpassing hos fylkesmannen. VF-rapport 4/2010. Sogndal: Vestlandsforskning
- Lisø, K.R., Aandahl, G., Eriksen, S., Alfsen, K.H., 2003. Preparing for impacts of climate change in Norway's built environment. Building Research and Information 31, 200–209.
- Næss, L.O., G. Bang, S. Eriksen, J. Vevatne (2005): "Institutional adaptation to climate change, Flood responses at the municipal level in Norway" Global Environmental Change 15 pp 125-138
- O'Brien, K., Aandahl, G., Orderud, G. & Sæther, B. (2003) Sårbarhetskartlegging: et utgangspunkt for klimadialog. Plan 5/2003:12–17.
- O'Brien, K., S. Eriksen, L. Sygna and L.O. Naess, 2006. Questioning complacency: climate change impacts, vulnerability, and adaptation in Norway. Ambio 35 (2): 50-56.
- Riksrevisjonen 2007: Dokument nr. 3:11 (2006–2007) Riksrevisjonens undersøkelse av bærekraftig arealplanlegging og arealdisponering i Norge.
- Riksrevisjonen 2010a: Dokument 3:4 (2009–2010): Riksrevisjonens undersøkelse av arbeidet til styresmaktene med å førebygge flaum- og skredfare
- Riksrevisjonen 2010b: Riksrevisjonens undersøkelse av måloppnåelse og styring i jordbruket. Dokument 3: 12 (2009-2010) http://www.riksrevisjonen.no/SiteCollectionDocuments/Dokumentbasen/Dokument3/2009-2010/Dokumentbase_Dok_3_12_2009_2010.pdf
- Rognstad, O. og T. A. Steinset, 2008. Landbruket i Norge 2007, Jordbruk – Skogbruk – Jakt. Statistiske analyser 101. SSB.
- Saglie, I., Falleth, E. 2007: Spredt bygging – en viktig trussel mot langsiktig jordvern? Plan 3-4 2007
- Saglie, I., Falleth, E., Bloch, A. S. og Steinnes, M. 2006: Spredt utbygging og jordvern. Om omfang og drivkrefter bak bygging på jordbruksarealer. Oslo: NIBR-rapport 2006:6
- Selstad, T., Aall, C., Høyer, H.L., Hovelsrud, G. (2008): Innføringsnotat om utarbeiding av samfunnsscenarioer til bruk i en samlet vurdering av lokal klimasårbarhet og behov for lokal klimatilpasning. VF-notat 15/2008. Sogndal: Vestlandsforskning.
- Skaugen, T.E. og O.E. Tveito, 2004. Growing-season and degree-day scenario in Norway for 2021-2050. Climate research 26:221-232.
- SSB (2009c): Temaside Jordbruk, tilgjengelig på <http://www.ssb.no/emner/10/04/10/jordbruk/>
- St.meld. nr 39 Klimautfordringene – Landbruket en del av løsning (2008 – 2009)
- Teigland, J. and C. Aall 2002. Lokal klima- og energiplanlegging. Noen nyere nordeuropeiske og nordamerikanske erfaringer. VF-notat 2/02. Sogndal: Vestlandsforskning.
- TNS Gallups Klimabarometer 2010
- Torvanger, A.M., Twena, M. and Romstad, R. 2003. Climate Change Impacts on Agricultural Productivity in Norway. Draft Report, Center for International Climate and Environmental Research—Oslo (CICERO), Oslo, 34 pp.
- Utgård, J. og Pettersen, I. 2008: Auka priser på jordbruksråvarer. Årsaker, framtidsutsikter og vegval for matsektoren i Noreg, NILF-notat 2008-12
- Vevatne, J. & Westskog, H. (Red.) (2007). Tilpasning til klimaendringer i Osloregionen. CIENS-rapport 1-2007.
- West, Jennifer and Grete K. Hovelsrud (2008): Climate change in Northern Norway: Toward an understanding of socio-economic vulnerability of natural resource- dependent sectors and communities. Report 2008:04. CICERO, Oslo, Norway.
- Winsvold, M., K. B. Stokke, mfl. (2009). Organizational learning and governance in adaptation in urban development. Adapting to Climate Change: Thresholds, Values, Governance. Cambridge, Cambridge University Press.

Bygg

Innledning

Svært mye av den norske bygningstekniske forskningen med direkte relevans til klimasårbarhet og klimatilpasning, har blitt utført i regi av FoU-programmet Klima 2000 – Klimatilpasning av bygningskonstruksjoner. Programmet, som er et av de største noensinne i byggsektoren, ble gjennomført i tidsrommet august 2000 til desember 2007 under ledelse av SINTEF Byggforsk¹⁸. Hovedsamarbeidspartnere i Klima 2000 var Forsvarsbygg, Husbanken, Statens bygningstekniske etat (BE), Finansnæringens Hovedorganisasjon (FNH), Statsbygg, Oslo kommune Undervisningsbygg Oslo KF. I tillegg kom en rekke bransjepartnere (firmaer), andre norske fagmiljøer og de viktigste bransjeforeningene. Flere publikasjoner fremhever behovet for jevnlig vedlikehold av bygningsmassen. Bygningstekniske tilpasningstiltak er i fokus, men det er også flere av rapportene i dette kapitlet som omhandler tilpasning på et mer generelt og overordnet nivå.

Kunnskapsstatus

Hovedmålet med Klima 2000-programmet var å oppdatere prinsippløsninger for konstruksjoner som både gir økt bestandighet mot og økt pålitelighet ved ytre klimapåkjenninger gjennom forskning og utvikling, samt å kartlegge mulige virkninger av klimaendringer på det bygde miljø – og hvordan samfunnet best kan tilpasse seg endringene. Klarere definerte kriterier og anvisninger for prosjektering og utførelse av kritiske konstruksjonsdetaljer, særlig knyttet til bygningers ytre klimaskjerm, har stått i fokus. Klima 2000 har bestått av 14 ulike prosjekter. Resultatene fra programmet er formidlet i popularisert form gjennom boka "Klimatilpasning av bygninger" (Lisø og Kvande 2007). Noen av resultatene fra programmet har vært (Lisø og Kvande 2007):

- Nye metoder for geografisk differensiert utforming av bygninger
- Nye klimadata og -indekser for bygningsfysisk prosjektering
- Nye anvisninger for beslag mot nedbør
- Ny anvisning for vindforankring av fleksible takbelegg
- Forbedrede metoder for vurdering av mikrobiologisk vekst i bygninger
- Ny beregningsmetode for vurdering av risiko for muggsoppvekst
- Nye og forbedrede anvisninger for utvendige kledninger

Eriksen mfl. (2007) har som ledd i Klima 2000 skrevet rapporten "Klimatilpasning og fuksikring i typehussektoren. Lokalkunnskap, beslutningsprosesser, markedspåvirkning og offentlig styring" i samarbeid mellom Institutt for sosiologi og samfunnsgeografi ved Universitetet i Oslo, SINTEF Byggforsk og CICERO. Forfatterne skriver selv at studien "undersøker faktorer som oppmuntrer og begrenser klimatilpassede løsninger i typehussektoren, med spesiell fokus på faktorer som påvirker hvilke klimahensyn som tas i beslutningsprosessen og dermed tilpasning til klimavariasjoner på kort sikt og endringer på lang sikt." Studien har som mål å identifisere (a) i hvilken grad tilpasning til lokale klimaforhold finner sted som del av prosjektering og konstruksjon av typehus, (b) hvordan beslutningsprosesser/organisasjonsform i typehusindustrien påvirker klimahensyn, (c) om markedsendringer påvirker klimahensyn og (d) hvordan relasjoner mellom kommuner og utbyggere påvirker lokale tilpasninger (med hovedvekt på endringer i Plan- og bygningsloven og nye energikrav). Studien er kvalitativ og har intervjuundersøkelser med forskjellige aktører i fire typehusforetak og seks kommuner danner det viktigste empiriske materialet. Sentrale funn hos Eriksen mfl. (2007) er at selv om typehusprodusentene foretar visse tilpasninger til lokale klimaforhold, varierer det mellom selskapene i hvilken grad lokalkunnskapen håndverkerne sitter på bidrar til hvilke løsninger som prosjekteres. Håndverkerne har ofte lite eierskap til detaljhåndboka fordi de ikke føler de kan påvirke detaljene. Det er tegn til at lokalkunnskap vektlegges mindre enn før, mens typehusnæringen legger økende vekt på myndighetskrav og sentralisert prosjektering. Mangelfull informasjonsflyt internt i bedriftene og mellom kommunale myndigheter og bedrifter bidrar til å svekke den rollen lokalkunnskapen spiller i typehussektoren. Alt dette er utviklingstrekk som svekker tilpasning til de klimatiske forholdene på stedet huset skal stå. Resultatet kan slå begge veier, med bruk av for svake løsninger eller bruk av mer robuste og dyrere løsninger enn nødvendig. Sentralisert prosjektering fører i en del tilfeller til at håndverkere finner det nødvendig å foreta uautoriserte justeringer. Markedskrav om kostnadskutt har gitt økende utsetting av produksjon til utlandet og bruk av utenlandsk arbeidskraft, noe som også bidrar til å svekke lokalkunnskapens rolle i byggingen. Sentralisering av byggesektoren, formaliseringsprosess med homogenisering av bygningsløsninger

¹⁸ Tidligere Norges byggforskningsinstitutt NBI

og svakere bygningsfaglig kompetanse i kommunene er andre utviklingstrekk som drar i samme retning. Eriksen mfl. (2007) kommer med flere anbefalinger med sikte på bedre klimatilpasning i typehussektoren.

CIENS (2007) omhandler tilpasning i Osloregionen. I studien pekes det på at klimaendringene vil kunne representere en betydelig utfordring for bygningsbransjen, også fordi dagens byggeskikk er dårlig tilpasset naturlige klimavariasjoner. Klimautfordringene for eksisterende og framtidige bygningskonstruksjoner er først og fremst knyttet til fukt, flom, nedbør og ras. Økt nedbør medfører større risiko for fukt og muggskader samt overskridelse av avløpskapasitet og kjelleroversvømmelser. Behovet for ytre vedlikehold av bygninger og infrastruktur antas å øke. Økt temperatur reduserer oppvarmingsbehovet, men øker samtidig kjøle- og ventilasjonsbehovet. Dette stiller nye krav til framtidige bygg.

"Tilpasning til ekstremvær i norske kommuner" (CICERO, 2006) er et strategisk instituttprogram (samarbeids-SIP) finansiert av Norges forskningsråd, under ledelse av CICERO og med NIVA, NILU, NIKU, Bioforsk, NINA og NIBR som øvrige deltakere. Programmet går over seks år (2006-2011) og har som hovedmål å utforme en manual for kommunene som kan benyttes som verktøy i deres arbeid med tilpasninger til klimaendringer. Programmet har særlig fokus på drikkevann og avløp, kulturminner, kulturlandskap og naturressurser. Forskningsresultater formidles via nettsidene www.klimakommune.no under overskriften "Klimatilpasning i norske kommuner". Materiell som er publisert så langt og som har relevans til bygg, gjelder en rapport (omtalt nedenfor) og noen faktaark om klima og kulturarv.

KlimaGIS er et prosjekt som er initiert av kommunene Sandnes og Stavanger for simulering og visualisering av klimaendringer. Prosjektet er delvis finansiert av Miljøverndepartementet, og inngår i programmet Framtidens byer. KlimaGIS har en målsetting om å utvikle gode, beslutningsstøttende verktøy for klimatilpasning og arealdisponering i framtidige plan-, miljø- og klimasaker i planlegging og byggesaksbehandling. Framtidens byer ønsker å utvikle strategier for å møte framtidige klimaendringer, bl.a. ved å prøve ut nye praktiske løsninger. Et mål med prosjektet er å bidra til økt kunnskap og kompetanse om klimatilpasninger både på lokalt, regionalt og nasjonalt nivå (KlimaGIS).

Øyen mfl. (2010) fastslår i sin Klima- og sårbarhetsanalyse for Klimatilpasningsutvalget at ansvaret for oppgradering og klimatilpasning av den eksisterende bygningsmassen er stort, og hviler på byggherrer i hele landet, private og offentlige, profesjonelle og uprofesjonelle. Anvisninger og forskningsbasert informasjon om hvordan man best oppnår mest mulig robuste bygninger må gjøres lett tilgjengelig og bruksvennlig. Rapporten fremhever at jevnlig ettersyn og vedlikehold av bygningsmassen vil gi større trygghet og minsker sårbarheten til det bygde miljø. Videre vil konkrete innspill til hvordan byggherrer kan ivareta bygningene sine på en best mulig måte være av stor betydning for mange byggherrer. Her nevnes bl.a. kontinuerlig oppdatering og utvikling av anvisninger i Byggforskserien, snølastvarsling for måking av tak og tilsvarende systemer, som vil kunne ha stor betydning.

Konklusjon

Felles for flere av publikasjonene fra Klima 2000 er at de er relativt detaljert og i stor grad fokuserer på bygningstekniske detaljer og bedre kvalitet som tilpasningsstrategi. Det finnes flere rapporter fra Klima 2000 som ser nærmere på hva som skjer i selve byggeprosessen, og hvordan men kan beskytte bygg som er underoppføring. Disse er ikke medtatt her, men er tilgjengelige via SINTEF Byggforsk sine hjemmesider. CIENS studie om Osloregionen er et supplement til publikasjonene fra Klima 2000. Rapporten om klimatilpasning og fuktsikring i typehussektoren omhandler både kommunale prosesser og aktiviteter relatert til klimatilpasning i plan- og byggesak, organisatoriske forhold som har betydning for ivaretagelse av klimatilpasning og om praksis i typehusproduksjon basert på et utvalg case. Rapporten gir også oversikt over hvordan informasjonsoverføring og kommunikasjon mellom aktørene i byggeprosessen (også med kommunene) og hvordan denne påvirker klimatilpasning i sektoren.

Rapporten til Klimatilpasningsutvalget er langt mer overordnet, og gir oversikt over sårbarheten til den eksisterende bygningsmassen relatert til dagens klimautfordringer og klimapåkjenninger iht et nedskalert scenario for perioden 2071-2100 (scenario HAD-A2). Rapporten gir råd om tiltak for tilpasning relatert til utvalgte klimaparametre på overordnet nivå, og på et noe mer detaljert nivå. Rapporten gir derimot ikke forslag til konkrete tekniske løsninger. KlimaGIS er et prosjekt som ser ut til å ha mange fellestrekk med Klima- og sårbarhetsanalysen for bygninger i Norge til Klimatilpasningsutvalget. Dette prosjektet er et av få som er rettet direkte mot kommunene og deres plan- og byggesaksarbeide. KlimaGIS skal gi kommuner i Norge et godt vurderingsgrunnlag som kan brukes av beslutningstakere, myndigheter og konsulenter. Prosjektet "Tilpasning til ekstremvær i norske kommuner", skal utforme en manual for kommunene som kan benyttes som verktøy i deres

arbeid med tilpasninger til klimaendringer. Slike verktøy er erfaringsmessig etterspurt blant norske kommuner som støtte til planutvikling, byggesaksbehandling og ift øvrig kommunalt plan- og byggesaksarbeid. Kunnskapsgjennomgangen viser at det foreligger mye materiale på teknisk detaljert nivå, primært rettet mot aktørene i byggeprosessen, som konkrete tilpasningstiltak for å oppnå økt robusthet i byggetmiljø. Videre foreligger det noe stoff på overordnet nivå, men det er lite som er rettet konkret mot kommunene. Noe av materialet i enkelte av rapportene ser ut til å kunne videreutvikles slik at det kan anvendes også som grunnlagsmateriale for kommunene, men dette foreligger ikke i dag. Dette gjelder bl.a. stoff fra Klima- og sårbarhetsanalysen (Øyen mfl., 2010), som primært har tall på et aggregert, nasjonalt nivå. Kommunal eiendomsforvaltning er ikke en målgruppe, og byggeier/byggherreproblemstillinger er ikke et stort tema i noen av de publikasjonene som er gjennomgått. Det er lite publisert materiale som viser utvikling av metodikk som kommunene kan benytte som maler til egen systematisering og systemutvikling for klimatilpasning. Et unntak er det strategiske instituttprogrammet "Tilpasning til ekstremvær i norske kommuner", men dette har lite fokus på bygninger.

Referanser

CICERO (2006). "Tilpasning til ekstremvær i norske kommuner". Strategisk instituttprogram (samarbeids-SIP) finansiert av Norges forskningsråd, under ledelse av CICERO, med NIVA, NILU, NIKU, Bioforsk, NINA og NIBR. Tilgjengelig på <http://www.klimakommune.no>.

CIENS (2007). Tilpasninger til klimaendringer i Osloregionen. CIENS-rapport 1-2007. Bidragsytere til rapporten: Torill Engen-Skaugen, met.no, Cathrine Lund Myhre, NILU, Geir Orderud, NIBR, Lars A. Roald, NVE, Synne P. Solstad, CICERO, Ingun Tryland, NIVA, Jonas Vevatne, CICERO, Hege Westskog, CICERO.

Eriksen, S., Øyen, C.F., Kasa, S. og Underthun, A. (2007). Klimatilpasning og fuktsikring i typehussektoren. Delrapport fra FoU-programmet «Klima 2000», Prosjektrapport 3, SINTEF Byggforsk, Oslo

KlimaGIS (2010). Informasjon er tilgjengelig på <http://www.klimagis.no/wip4/>

Lisø, K.R. og Kvande, T. (2007). Klimatilpasning av bygninger, SINTEF Byggforsk, Oslo

Øyen, C.F., A-J. Almås, H-O. Hygen og I. Sartori (2010). Klima- og sårbarhetsanalyse for bygninger i Norge: Utredning som grunnlag for NOU om klimatilpasning. Rapport laget på oppdrag for Statens bygningstekniske etat og Klimatilpasningsutvalget av SINTEF Byggforsk, Oslo.

Vannforsyning og avløpshåndtering

Innledning

Tilpasning til klimaendringer er spesielt viktig for vann og avløp, infrastruktur som skal leve i 100-200 år.

Kunnskapsstatus avløp

For avløpssystemet er SFT opptatt av at det gjennomføres tiltak for å hindre økt forurensning. Ulike tiltak for demping av flomtopper både på nett og i renseanlegg er beskrevet i SFT (2008).

En utfordring er at det er vanskelig å ta hensyn til klimaendringer i metodene som brukes for å dimensjonere overvannsystemer. Eksempelvis baseres såkalte IVF-kurver, kurver som viser sammenheng mellom intensitet, varighet og frekvens for nedbørshendelser, på historiske nedbørsdata og i liten grad på framskriving. For overvannsanalyser er man videre avhengig av informasjon med høy oppløsning, for eksempel nedbørsdata som viser hvor mye regn som kommer for hvert minutt av en nedbørshendelse.

Alternative flomvannveier er et område som kommunene bør gi mer fokus (Byggforskserien, 2010). I framtida vil det regne mer både i mengde og intensitet, og avrenning på overflaten i alternative flomvannveier vil være helt avgjørende for redusere fare for urbane flommer. Det bør lages en drenspaner for flomsituasjonene der en i størst mulig grad baserer seg på et åpent system av nye og eksisterende grøfter og terrengplanering. Eksisterende flombekker må søkes bevart, eventuelt må nye etableres. I drenspanen tegnes flomvannveier inn. Det anbefales at flomveier tas inn i reguleringsplanen, slik at man for framtida unngår bygging i flomvannveiene. Den lokale flomplanen må henge sammen med kommuneplanen for flomhåndtering.

Kunnskapsstatus vannforsyning

En viktig trend i vannforsyning, som bl.a. skyldes tilpasning til klimaendringer, er at mange vannverk installerer UV-aggregat for å desinfisere drikkevann. I Norge var det i 2006 ca 750 renseanlegg som har installert UV (Myrsted mfl, 2010).

Konklusjon

En viktig trend i tilpasning til klimaendringer er den store interessen, ulike prosjekter, og mange publikasjoner om temaet. Norske kommuner er opptatt av klimaendringer og hvordan man skal tilpasse vann og avløpsbransjen til disse. De to viktigste kunnskapshullene, som vil berøres videre i dette prosjektet, er:

- Behov for økt kunnskap om framtidig nedbør med høy oppløsning (1-2 minutters frekvens). Det bør skilles på sommerregn og vinterregn, for å kunne sammenligne disse situasjonene og vurdere hva som vil gi dimensjonerende avrenning.
- Økt kunnskap om fryse/tine-prosesser. Dette påvirker avløp i form av vinteravrenning, og belastning på rørsystemer overløp, renseanlegg, med mer. Videre påvirkes drikkevann ved større omrøring i vannkilder som er innsjøer (overflatekilder).

Referanser

Byggforskserien: "Planlegging. 311.015 Vann i by – håndtering av overvann i bebygde områder"

SFT, 2008: Klimatilpasninger – Veiledning om mulige tiltak i avløpsanlegg (TA-2317/2008)

Ødegaard H mfl: Norsk Vann rapport 169/2009 (2009): Optimal desinfeksjonspraksis fase 2

Myrstad L, Nordheim C F Einan B, 2010: Vannrapport 114, Rapport fra Vannverksregisteret, Drikkevannsstatus (data 2005 og 2006). Folkehelseinstituttet.

Transport og transportinfrastruktur

Innledning

Også her har hovedtilfanget av kunnskap vært prosjektet "Klima og transport" til Statens vegvesen. Videre har vi i stor utstrekning brukt tidligere kunnskapsoppsummeringer gjort for NOU klimatilpasning. Tilsvarende som for de to foregående kapitlene om transport og infrastruktur, vil vi først omtale kunnskapsstatus for veger, dernest havner og til slutt kunnskapsstatus når det gjelder kommunal og fylkeskommunal transport.

Kunnskapsstatus for kommunal og fylkeskommunale veger

Prosjektet "Klima og transport" til Statens vegvesen i perioden 2007 – 2010 har hatt som målsetning å kartlegge behov og muligheter for tilpasning av vegnettet til klimaendringer. Prosjektet omfatter gjennomgang planlegging, drift og vedlikehold av vegnettet, og er gjennomført i samarbeid med representanter for fagmiljøet i en lang rekke organisasjoner både nasjonalt og internasjonalt. Resultatene publiseres fortløpende, og omfatter en lang rekke rapporter og forslag til klimatilpasningstiltak, som bl.a. er implementert i eksisterende og nye håndbøker fra statens vegvesen (SVV, 2010).

I delprosjektet Sikring mot erosjon og flom i Statens vegvesens prosjekt "Klima og transport", konkluderes det med at økt robusthet på norske veger oppnås gjennom opparbeidelse av tilstrekkelig drenering, erosjonssikring og miljøsikring, med trasséhøyde tilpasset vannstanden. Konklusjonene i delprosjektet ser bl.a. på effekten av klimapåkjenninger på vegnettet. Konklusjoner i prosjektet underbygger tilsvarende konklusjoner i andre publikasjoner om at man må bygge opp velfungerende beredskap mot det som ikke kan forebygges, og at klimaendringene vil gi økt behov for beredskap og økt innsats for å opprettholde fremkommelighet og regularitet (bl.a. i form av alternative kjøreruter) (Flesjø, 2010).

Norges Vassdrags og Energidirektorat NVE (www.nve.no) har en rekke tjenester rettet mot bl.a. kommunene innen områdene Flom og skred samt Vann og vassdrag som kan være til stor nytte i arbeidet med klimatilpasning av transportinfrastruktur. NVE utarbeider flomsonekart for hele landet.

NVE viser til at episoder med lokal kortvarig voldsom nedbør kan bli vanligere, og da spesielt sommerstid. Faren for flom, erosjon og flomskred i bekker og mindre elver vil øke, med fare for store skader, og mulig tap av menneskeliv. Dette kan være følge av skredet i seg selv og forårsaket av at vannet finner nye løp. Arealbruk og sikringstiltak langs vassdrag må derfor tilpasses nye utfordringer. (NVE, 2010). Intense nedbørepisoder vil også kunne føre til store problemer med overvannshåndtering. Dette vil påvirke tilgjengelighet og sikkerhet ved bruk av

vegnettet i urbane områder (se Vann og avløpsinfrastruktur). Havnivåstigning vil kunne forsterke virkningen av flom, og vil kunne påvirke transportinfrastruktur som veger og havner i kyst- og elveosnære lokaliseringer.

NVE viser også til det kommunale ansvaret for tilsyn av sikringstiltak mot flom og skred, som kan bli utsatt for store påkjenninger og derfor trenger jevnlig tilsyn. Slikt tilsyn gjelder flom-, skred- og erosjonssikringstiltak som NVE har gitt bistand til og der kommunen er forpliktet til å føre tilsyn i henhold til egen forskrift. Vedlikeholdet skal prioriteres ut fra bl.a. skadeomfang, kostnader og hvilke verdier som beskyttes av anlegget.

NVE stiller krav til flomanalyse for 200-års-flom for vassdrag, blant annet for å vurdere fare for flom og infrastruktur. NVE utarbeider også flomsonekart for hele landet. I Vegvesenets Håndbok 018, Vegbygging (SVV, 2006), stilles det blant annet krav til at returperiode for flomsikker høyde på veg skal være 50-200 år, avhengig av hvor store konsekvenser flomvannet vil ha.

I arbeidsdokument til NTP (Larsen et al, 2007) er følgende tilpasninger til framtidig klima skissert som nødvendige for vegsektoren:

- Dreneringssystemet og vegkroppen på vegnettet bør gjennomgås for å vurdere hvor og hvordan vegene kan forbedres, når dette bør gjøres og hvilke økonomiske konsekvenser dette får
- Vedlikeholdsetterslepet forsterker skadevirkningene av økt nedbør og flom bør utredes nærmere, særlig der konsekvensene er størst
- Det bør vurderes på hvilken måte beredskapen bør forbedres og økes
- Økt bruk av risikovurdering knyttet til trafiksikkerhet som følge av økt sannsynlighet for ras, flom og utrasninger bør gjennomgås, slik at planlagt stenging og gjenåpning i større grad kan benyttes
- Konsekvenser for grunnvann og overflatevann med hensyn til vannforurensing bør undersøkes nærmere.

I Sverige (VTI 2004) (VTI) er det sett på hvilke tiltak som kan gjennomføres for å forlenge levetiden for et asfaltdekke. Disse tiltakene er vurdert på generelt grunnlag, men vil også være aktuelle ved vurdering mht klimaforhold/klimaendringer. De aktuelle tiltakene er relatert til produksjon, laboratoriemetoder og tekniske anvisninger

Kunnskapsstatus for havner

Det er uklart hvem som har ansvaret for å drive fram arbeidet med klimatilpasning i norske havner. Kystverket har i liten grad satt klimatilpasning på dagsorden. De bidro med en utredning i forbindelse med den forrige Nasjonale transportplan, og det er pekt ut klimaansvarlige i Kystverket, men det er gjort lite siden utredningen i forkant av forrige Nasjonal transportplan¹⁹. Så langt er det bare gjort ett tiltak i regi av Kystverket som defineres som et tilpasningstiltak: Heving av en molo på Lista. Det arbeides for tiden med å revidere retningslinjer for molobygging ut fra hensyn til klimaendringer.

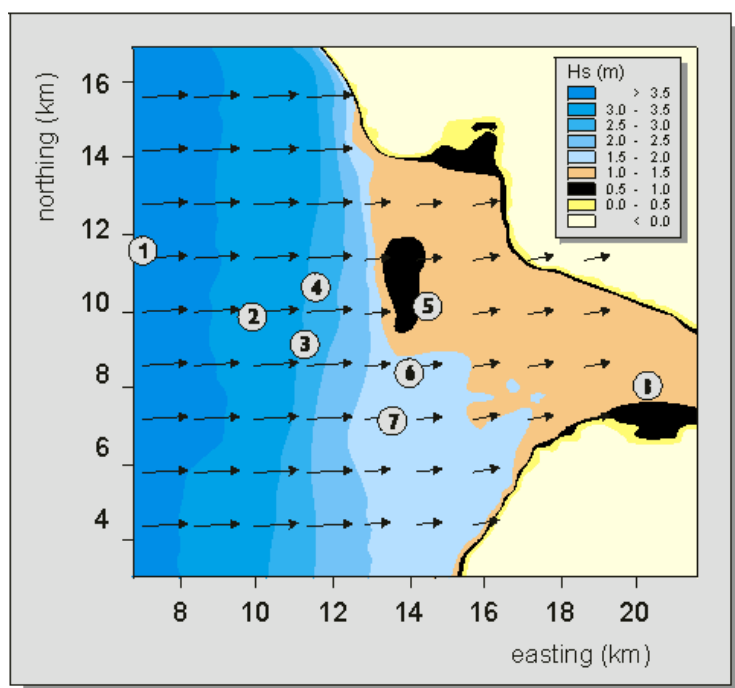
Kystverket har en detaljert oversikt over transportstrømmer fordelt på offentlige havner gjennom det såkalte AIS-systemet²⁰. Dette systemet gjør det mulig å gjøre detaljerte vurderinger omkring type havner, transportomfang- og type og eventuelle transportmessige konsekvenser hvis havnene ikke er tilstrekkelig tilpasset klimaendringer.

Flere nasjonale studier forsøker å si noe om stormflo, bl.a. basert på globale klimamodeller. Usikkerheten er stor i de globale klimamodellene når det gjelder vind og storm, og det er derfor vanskelig å gi et klart bilde av framtidige stormforhold og bølgehøyder. Kommuner og myndigheter som er ansvarlig for sikkerheten i norske farvann har lite å forholde seg til fordimensjonering av nye havner eller ved rehabilitering av bestående kystkonstruksjoner med hensyn til et økt havnivå, hyppigere stormforhold og høyre bølger.

Numeriske modeller som finnes i dag på markedet, tilbyr detaljert beregning om framtidig bølgeforhold i havner, men grunnlaget for de numeriske modellene er sannsynligvis for usikkert til å gi god basisinformasjon for dimensjonering.

¹⁹ Pers. med. Senioringenjør Eivind Johansen i Kystverket.

²⁰ www.aionline.com



Figur 15 Eksempel for bølgemodellering med SWAN (Simulating WAVes Nearshore)²¹

Effekten av sterkere vind vil sette høyere krav til dimensjoneringen av maritime konstruksjoner, spesielt i områder med ugunstig vindretning, dypt vann og uten skjerming. Man kan forvente at dimensjonerende vindhastighet øker med 5 %, dimensjonerende vindkrefter øker med 10 %, dimensjonerende bølgehøyde øker med 13 % og dimensjonerende bølgeperiode øker med 6,2 %. Større forsknings prosjekter og programmer som NORKLIMA (Norges forskningsråd) gjør det mulig å utvikle ennå bedre scenarioer for vind- og bølgeforhold langs norskekysten. Databasen til Norsk Meteorologisk Institutt og målinger i sjøen er et godt grunnlag for å utvikle nye numeriske modeller som gir et best mulig bilde av lokale vind og bølgemønstre. Riktig dimensjonering av moloer og kystnære veier, bruer og tunneler vil bidra til et trygt transportsystem. Forstyrrelsene av drift i sjøtrafikken kan i noen grad motvirkes ved å ruste opp farleiene/farvannene, først å fremst ved at farleiene legges i skjermet farvann der det er mulig og at farleisbredden økes. Det finnes krav for bedre merking og trafikk kontroll. Det bør etableres målebøyer hvor dataene er tilgjengelig på internett for å forbedre sikkerheten i sjøområder som er spesielt utsatt for bølger og strøm. Risikoen for nedbryting/omforming av molo konstruksjoner vil øke med økning av stormens varighet. Omtrent 200 km moloer finnes i alt. Man må heve moloer på Vestlandet og i Nordland med over en halv meter for å unngå overskylling og uakseptable bølgeforhold. I Troms og Finnmark kan noe større heving av moloene bli nødvendig. Dette vil kunne medføre store kostnader. En vanlig rausmolo krever 10 % heving av molo høyden, og det fordrer 20 % mer masse i moloen. På mange steder er det ikke mulig å legge ut større steinblokker. I enkelte tilfeller må man bygge moloen om til en skuldermolo, noe som vil kreve betydelig mer steinmasser. I dag er de fleste moloer underdimensjonert i forhold til alminnelig aksepterte kriterier, og det er et betydelig etterslep i vedlikeholdet (Nasjonal Transportplan 2010-2019).

Kommunal og fylkeskommunal transport

I rapporten "Betydningen for Norden av 2 grader global oppvarming - Vurdering av sårbarhet og effekter av klimaendringer som er gjennomført av CICERO og COWI for Klimagruppen i Nordisk ministerråd" (CICERO, og COWI, 2008) konkluderes det med at selv små endringer i klima vil kunne gi uønskete samfunnsmessige konsekvenser. Tilpasning til endringene vil primært bestå i å legge til rette for at man sikrer alternative ruter for transport. Rapporten påpeker at transportsektoren ikke vil bli betydelig påvirket som følge av en temperaturendring på inntil 2°C, men at høyere temperaturstigninger enn dette vil kunne gi tildels dramatiske konsekvenser også for transport.

²¹ <http://www.wldelft.nl/soft/swan>

Konklusjon

Kunnskap om forventete konsekvenser av klimaendringer gjør det mulig til en viss grad å tilpasse dagens havner til økt havnivå, hyppigere stormbegivenheter og større bølger.

Med rapporter fra pilotprosjekter på erosjonssikring av bruer, fyllinger og rensedamner, skaffer Statens Vegvesen grunnlag for utvikling av veileder og håndbok for overvannshåndtering. Statens Vegvesen bidrar i stor grad til at temaer som "Klima og transport" blir ivaretatt og brakt i fokus. Kommuner og myndigheter må allerede i dag ta hensyn til mulige, framtidige klimaeffekter når nye bygninger blir dimensjonert og bestående rehabilitert. Detaljert kunnskap om forventete konsekvenser av klimaendring gjør det mulig å tilpasse dagens havner til økt havnivå, hyppigere stormbegivenheter og større bølger.

Norske veger har store behov for oppgradering på grunn av store vedlikeholdsetterlep. Vegnettet er derfor sårbart i forhold til klimapåkjenninger og -endringer. Oppgradering og nødvendig vedlikehold vil bedre sårbarheten til det norske vegnettet. Statens vegvesen har gjennom prosjektet Klima og transport produsert en rekke rapporter og håndbøker til hjelp i arbeidet med rehabilitering og vedlikehold av vegnettet som er nødvendig for å øke robustheten mot klimaendringer.

Havner og moloer vil i stor grad bli utsatt for økte bølgehøyder og havnivåstigning, og må rustes opp for å tåle fremtidige endringer i bølgehøyder, havnivå og strømninger.

Klimaendringene kan redusere kostnader til snømåking og driftssikkerheten for jernbane og tilgangen til enkelte havner kan bli bedre. Samfunnet beveger seg i retning av å bli mer og mer transportavhengig, og er svært sårbart i forhold til klimarelaterte faktorer som begrenser transportmulighetene. Tiltak som øker antallet omkjøringsmuligheter i vegnettet vil øke sårbarheten til vegnettet, men vil samtidig senke sårbarheten gjennom at det blir flere alternative muligheter for transportvalg hvis vegnettet blir blokkert av klimarelaterte hendelser.

Referanser

Aursand, P. O. "Climatic Challenges in Pavement Design". Joint Nordic/Baltic Symposium on Pavement Design and Performance Indicators 2008.

Dawson, A., et al. Pavement Performance of Remediation Requirements following Climate Change. 2010.

Direktoratet for naturforvaltningen, (2010): www.dirnat.no

Engebretsen, Ø. og Strand, A. (2010): Fakta om han-delslokalisering, kjøpesenter og transport. TØI rap-port 1087/2010

Flesjø, K. (2010): <http://nvfnorden.org/lisalib/getfile.aspx?itemid=3494>

Kinsella, Y. and McGuire, F. Climate Change Uncertainty and the State Highway Network: A Moving Target. 2005. Auckland, New Zealand: Transit New Zealand.

Lerfald, B. O. and Hoff, I. Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie. 602000. 2007. Vegdirektoratet Teknologivdelingen: Statens Vegvesen.

NVE, 2010: Vassdrag og vassdragsanlegg påvirkes: [http://nve.no/no/Tilpasning-til-et-endret-klima/Klimaendringer/Statens Vegvesen. "Klima og Transport."](http://nve.no/no/Tilpasning-til-et-endret-klima/Klimaendringer/Statens_Vegvesen._Klima_og_Transport._) 2010. Statens Vegvesen <http://www.vegvesen.no/Fag/Fokusomrader/Forskning+og+utvikling/Klima+og+transport/Om+etatsprosjektet>. Statens Vegvesen., 2006.: Håndbok 018, Vegbygging.

VTI. Asfaltdekkers bestandighet. NI 03014. 2004. Väg- och transportforskningsinstitutet.

Kraftoverføring og elektronisk kommunikasjon

Innledning

Beskrivelsen av tilpasning til klimaendringer er basert på tidligere arbeid utført av NVE og Statnett (NVE, 2010A), (NVE, 2010B), (NVE, 2009), (Statnett, 2009). Det gis først en beskrivelse av behovet for tilpasning til klimaendringer, deretter kommenteres foreslåtte virkemidler for å oppnå en slik tilpasning.

Kunnskapsstatus kraftoverføring

En undersøkelse i regi av NVE i 2009 (NVE, 2009) bekrefter at klimatilpassning er på dagsordenen hos energiselskapene. Likevel antydes det variasjoner mellom selskapene, og NVE mener at det generelt er behov for:

- Å øke bevisstheten om aktuelle fremtidige klimaendringer

- Å kartlegge og ha oversikt over egen sektors klimautfordringer, tilpasningsbehov og –takt
- Å etablere bedre samvirke mellom Forvaltningen, FoU-kompetansemiljøene og bransjen, slik at "klimarisikokartene" blir mest mulig operasjonelt nyttige for energiselskapene
- Å forsterke oppfølgingen av energiselskapenes arbeid med egne risikovurderinger
- Å forsterke oppfølgingen av energiselskapenes arbeid med tilpasningsplaner.

Store deler av kraftnettet ble bygget på 1960-, 70- og 80-tallet. Levetiden for anleggene tilsier alene at det fremover er behov for store reinvesteringer og oppgraderinger. Her vil klimatilpasning bli et sentralt tema og trolig forsterke reinvesterings- og oppgraderingsbehovet. I tillegg til dette igjen kommer det som eventuelt måtte følge av økt utbyggingstakt for fornybar energi i Norge og økt behov for eksport av elektrisk kraft.

Kraftledninger skal dimensjoneres for å tåle forventede laster i ulike typer ekstremvær. Sikker drift og vedlikehold under alle værforhold er et annet hensyn som skal søkes ivarettatt under planleggingen. Valg av trasé er viktig både i forhold til å redusere klimapåkjenninger, og lette egenkontroll og vedlikehold. NVE sier i (NVE, 2010A) at de forventer at nettselskapene legger større vekt på klimaundersøkelser i planleggingen sin.

Statnett (2009) refererer til en rapport om klimaendringenes virkninger på komponenter i kraftsystemet og muligheter for at disse skal få alvorlige konsekvenser for kraftnettet. Rapporten konkluderer med at usikkerheten er stor i forhold til endring av klimalaster på ledninger. Basert på de trender en ser, kan imidlertid særlig eldre ledninger bli utsatt. Det foreslås ingen øyeblikkelige tiltak, men en gjennomgang av eldre ledninger i forhold til styrke er aktuelt. Statnett forventer heller ikke store konsekvenser for sine stasjonsanlegg. Men det påpekes at kontroll og vedlikehold av drenering kan bli viktigere. Det er imidlertid et poeng å være føre var i forhold til klimavirkninger og de trender en ser. Det pekes på følgende aktuelle tiltak:

- Rutinemessig rapportering ved skader eller utfall pga klimapåkjenninger.
- Måling av ising på strategiske punkter i landet.
- Gjenta virkningsstudie etter hvert som ny forskning og nye data blir tilgjengelige.
- Økt fokus på klimaendringer ved trasévalg.

Statnetts kommentarer tilsier at kraftledninger vurderes som mest eksponert innenfor nettvirksomheten. Det kan her tilføyes at Statnetts nett (sentralnettet) generelt forventes å være mer robust enn regional- og distribusjonsnettet på grunn av gjeldende dimensjoneringskriterier.

NVE uttaler i (NVE, 2010A) at de har behov for bedre kunnskap om fremtidens klima og vite hvordan dette kan påvirke kraftforsyningen. Rent konkret ser NVE behov for nærmere risiko- og sårbarhetsvurderinger og forskning på mulige direkte og indirekte konsekvenser for kraftforsyningen for best mulig å kunne gi råd til kraftforsyningen om tilpasningstiltak. Stikkordsmessig listes noen av de viktigste på kort sikt slik (NVE, 2010A):

- Behov for å kartlegge klimaendringers mulige effekt på lynfrekvens og hvilke områder som kan være mest utsatt
- Hvordan havnivåstigning og stormflo evt. kan påvirke kraftinstallasjoner
- Hvordan isingsproblematikk vil utarte seg med fremtidens klima
- Skogrydding i forbindelse med kraftgater, hvor vokser det/vil det vokse, hvilken type skog, hva vil det si for bredden på rydegater, evt. målkonflikter knyttet til skogrydding
- Endringer i vedlikehold (saltkrystallisering, forvitring, slaggregn), og om dette vil det påvirke hvordan og hvor vi bygger
- Samspill med andre infrastrukturområder (slik som vei og tele), viktig å synliggjøre sektorovergrepene utfordringer som må tas hensyn til i samfunnsplanleggingen
- Mulige konsekvenser ved nytt flom- og skredregime og utfordringer for kraftforsyningsinstallasjoner i og ved regulerte og uregulerte vassdrag, samt skredutsatte områder
- Hvor er oppmerksomhetsområdene knyttet til klimalaster, behov for å bryte ned "klimakart" til regionale/lokale kart for best mulig beslutningsgrunnlag
- Hvordan vind og vindretninger kan påvirke kraftforsyningsinstallasjoner

NVE råder over lover og virkemidler innenfor kraftforsyningen. Deres vurdering er at krav og forventninger nedfelt i lover og forskrifter gir tilfredsstillende hjemmelsgrunnlag for en kontinuerlig tilpasning. Som tilsynsmyndighet ser NVE det som viktig å påse at bransjen setter seg inn i og etterlever regelverket. NVEs tilsynsvirksomhet har økt og er økende, og de vektlegger klimatilpasning i økende grad.

NVE jobber med å få på plass en egen klimatilpasningsstrategi for alle fagområder under direktoratets ansvarsområde (NVE, 2010A), og vil i de kommende år ta initiativ til en rekke utredninger for å avdekke særskilte forhold knyttet til klimaendringer. På energiområdet vil NVE i de kommende år se grundig på klimaendringers effekt på energisektoren som helhet og søke et samspill med ulike deler av forvaltningen, forskningen og bransjen

for å innhente kunnskap om tilpasningsbehov for kraftbransjen, gi råd og formidle forventninger til kraftsektoren. Dette arbeidet vil blant annet fokusere på (NVE, 2010A):

- Tydeligere krav til å utrede mulige effekter av klimaendring og ta hensyn til dette gjennom konsesjonsprosessen, konsekvensutredninger og i kraftsystemutredninger.
- Tydeligere formidling av krav i regelverk og bruke tilsynet til å bevisstgjøre om myndighetenes forventninger til klimatilpasning på eksisterende og nye anlegg
- Oppfølging av selskapenes reparasjonsberedskap, samt initiere beredskapssamarbeid med andre sektorer
- Behov for å vurdere kraftforsyningens risiko og sårbarhet i forhold til en rekke tema, slik som lyn, flom, stormflo, ising, skogrydding, skred mfl.
- Behov for å synliggjøre regionale utfordringer basert på fremskriving av klimascenario i den grad dette er mulig.

Kunnskapsstatuselektronisk kommunikasjon

Direkte sårbarhet ift klima innenfor IT og elektronisk kommunikasjon er i første rekke knyttet til nødstrømsberedskap for bakke-/basestasjoner og fundamentering av master. Her er kommunene involvert i svært liten grad.

Indirekte virkninger av klimapåkjenninger vil i langt større grad ha betydning for kommunene, som for eksempel når mobile nettverk og bredbåndsnettverk faller ut på grunn av strømbrydd. I en rapport til Klimatilpasningsutvalget om konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge (Aaheim, 2009) bekreftes inntrykket av at avhengigheten av IT-kommunikasjon øker kraftig. Aaheim påpeker spesielt sårbarheten for politi, brannvesen og helsevesen, som har separate samband for nødnett. Disse nødnettene tilfredsstiller ikke dagens operative og sikkerhetsmessige krav. Det er av Justis- og politidepartementet igangsatt utbygging av et nytt digitalt kommunikasjonsnett for nød- og beredskapssetater. Dette skal være ferdig i 2011, og forventes å bidra til å redusere sårbarheten ved ekstremvær og naturskader.

Både fasttelefon- og mobilnettene er utsatt for flom og vind, og da spesielt ekstremværhendelser. De faste ledningsnettene ser ut til å være mest sårbare. I følge Aaheim (2009) ser det ut til at operatørene satser på fiberoptiske og trådløse løsninger, som ikke er like sårbare for ekstremværpåkjenninger.

Konklusjon

NVE råder over lover og virkemidler og således er de førende for kraftforsyningens tilpasning til klimaendringer. Klimapåkjenninger er en viktig del av energiselskapenes risiko. Planlegging og utbygging av kraftnettet har et langsiktig tidsperspektiv og må være robust overfor endrede rammebetingelser. NVE peker på konkrete behov hos selskapene som f.eks. økt bevissthet om aktuelle klimaendringer og kartlegging av egne utfordringer.

For sin egen del peker NVE på at de har behov for bedre kunnskap om fremtidens klima og hvordan kraftforsyningen kan påvirkes. Spesielt dreier dette seg om behov for risiko- og sårbarhetsvurderinger og forskning på mulige direkte og indirekte konsekvenser for kraftforsyningen, sånn at de best mulig kan gi råd om tilpasningstiltak.

Det er synliggjort et behov for utvidet kapasitet når det gjelder nødstrøm til bakke-/ basestasjoner for mobile nett. Utbygging av mer robuste fiberoptiske og trådløse nettverk ser ut til å være en trend, men disse vil være mer utsatt for strømbrydd med mindre nødstrømskapasiteten til basestasjonene utbygges i økende takt. Utbygging av landsdekkende nødsambandsnett for politi-, brann- og helsevesen vil minske sårbarheten i samfunnet for ekstremværehendelser.

Det er videre sannsynliggjort at virkninger av klimahendelser på bygninger som rommer IT-utstyr vil være av større betydning for norske kommuner enn påvirkning direkte på nettverk og basestasjoner. Dette fremhever viktigheten av at IT- og datateknisk utstyr plasseres på en slik måte at det er minst mulig risiko forbundet med den bygningen utstyret er plassert i.

Referanser

Aaheim, A., 2009: *Konsekvenser av klimaendringer, tilpasning og sårbarhet i Norge*. Rapport til Klimatilpasningsutvalget. CICERO

NVE, 2009: *Klimatilpasning i kraftforsyningen 2009*. NVE rapport 16/2009

NVE, 2010A: *Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100. Sammendragsrapport*. NVE rapport 6/2010

NVE, 2010B: *Klimautfordringer i kraftsektoren frem mot 2100. Utredning utarbeidet for Regjeringens klimatilpassingsutvalg av NVE. Hovedrapport*. NVE rapport 5/2010

OED, 1990: FOR 1990-12-07 nr 959: *Forskrift om produksjon, omforming, overføring, omsetning, fordeling og bruk av energi m.m. (energilovforskriften)* <http://www.lovdata.no/cgi-wift/lcles?doc=/sf/sf/sf-19901207-0959.html>

Statnett, 2009: *Nettutviklingsplan for sentralnettet 2009K*. Oslo: Statnett

Hovedkonklusjoner

I tabellene under har vi sammenfattet konklusjoner for de tre hovedkapitlene "klimasårbarhet i dag", "klimasårbarhet i morgen" og "tilpasning til klimaendringer". Under hver av de tre kapitlene har vi så formulert noen hovedkonklusjoner på tvers av våre fem tema: areal, bygg, vann og avløp, transport og kraft og IT.

Klimasårbarhet i forhold til dagens klima

I tabellen under har vi sammenfattet noen konklusjoner for hvert av våre fem kategorier kommunal og fylkeskommunal infrastruktur som gjelder klimasårbarhet i forhold til *dagens* klima.

Tabell 10 Konklusjoner for klimasårbarhet i forhold til *dagens* klima

Areal	- Sårbarheten knyttet til lokalisering av infrastruktur har generelt sett økt. - Generelt gir flom oftest skade og vind kombinert med stormflo gir de økonomisk sett største naturskadene, men store regionale variasjoner. - Noen samfunnsendringer (sentralisering, urbanisering, økt materiell velstand, mindre restriktiv arealplanlegging) har gjort fysisk infrastruktur mer sårbar for klimapåvirkning, mens andre (økt skogareal og vannkraftutbygging) har bidratt til å redusere flomfare - Mengden jordbruksarealer er ikke redusert, men har tapt kvalitet fordi nydyrkete arealer ikke er av samme kvalitet som de som er bygget ned
Bygg	- Ca 1/3 av kommunale og fylkeskommunale bygg med stort vedlikeholdsetterslep, der småkommuner kommer dårligst ut, men kunnskapshull når det gjelder sammenhengen vedlikeholdsetterslep – klimasårbarhet. - Plan- og bygningsloven tidligere med lite fokus på klima, noe som er bedret i den siste revisjonen. - Fuktskader er det økonomisk sett største klimarelaterte problemet.
Vann og avløp	- Samfunnsendringer (fortetting i urbane områder medfører større andel tette flater, feks takflater og asfalterte parkeringsplasser, strengere krav i forurensingsloven ift utslipp fra avløpsnett) som gjør at tidligere tekniske løsninger ikke lenger er gode nok. - Samfunnsendringer sammen med etterslep i utskifting av ledningsnett gir samlet sett stor klimasårbarhet.
Transport	- Generelt et stort vedlikeholdsetterslep på norske veger, og mange veier er også dårlig tilpasset dagens lokale klima - Havner er generelt rimelig godt rustet til å tåle dagens klima - Lite spesifikk kunnskap om hvordan kommunal og fylkeskommunal transport påvirkes av klima
Kraft og IT	- Halvparten av "ikke levert energi" i kraftsystemet er værrelatert. - Sentralnettet holder god standard i dag (regional- og distribusjonsnett noe lavere standard), men behovet for vedlikehold og nyinvesteringer er økende om kvaliteten på elektrisitetsnettet skal opprettholdes. - Det er få analyser av klimasårbarhet i IT-sektoren. Mørketallsundersøkelsene antyder imidlertid stor og økende sårbarhet i samfunnet ifht såkalt kritisk nedetid og få av de 8.-10.000 basestasjonene (IP- og mobiltelefoni) har nødstrømsaggregat.

Hovedkonklusjoner:

- Sårbarhet i infrastruktur overfor klimapåvirkning har generelt økt de siste tiårene
- Noen samfunnsendringer har økt klimasårbarheten (sentralisering, urbanisering, fortetting, økt materiell velstand, mindre restriktiv arealplanlegging)
- Andre samfunnsendringer har bidratt til å redusere klimasårbarheten (økt skogareal og vannkraftutbygging har redusert flomfaren)
- Stort etterslep i vedlikehold (særlig vei, bygg og ledningsnett). Det er sannsynlig at dette vil påvirke klimasårbarheten, blant annet ved at infrastruktur som er dårlig vedlikeholdt blir større utsatt for klimapåkjenninger som frostsprengning, fuktinntrengning osv.

Klimasårbarhet i forhold til morgendagens klima

I tabellen under har vi sammenfattet noen konklusjoner for hvert av våre fem kategorier kommunal og fylkeskommunal infrastruktur som gjelder klimasårbarhet i forhold til *morgendagens klima*.

Tabell 11 Konklusjoner for klimasårbarhet i forhold til *morgendagens klima*

Areal	- Sårbarhet ihft ekstremvær og fare for naturskade er bedre kjent enn konsekvenser av gradvise klimaendringer. - Konsekvensene for samfunnet av endringer i biodiversitet pga klimaendringer framstår som svært uforutsigbare. - Eksisterende kartlegginger av risiko knyttet til skred og flom har fortsatt ikke innarbeidet mulige effekter av klimaendringer, men bygger utelukkende på historiske data. Dette innebærer at muligheten for å forutse nye typer naturskade og naturskade på nye lokaliteter er sterkt begrenset.
Bygg	- Det forventes en økning i klimaskader på bygg, bl.a. fuktskader (anslagsvis +300% antall bygninger i områder med høy råterisiko fram mot 2100). - Økende klimasårbarhet ikke bare pga "dårligere vær", men også pga "dårligere hus" (mindre lokal tilpasning enn før og likere hus uavhengig av varierende klimautfordringer) og "dårligere bygningskontroll" (nedprioritering av byggesaksarkivet, svekking av byggfaglig kompetanse i kommuneadministrasjonen og svakere direkte kontroll med byggeprosjekter).
Vann og avløp	- Et varmere og våtere klima fører med seg store utfordringer pga forventede strengere behov for behandling av drikkevann fra inntak til kran - Større press på ledningssystem og anlegg for avløpsbehandling (kombinasjon av økte nedbørsmengder generelt, økt forekomst av flomsituasjoner og økning i havnivået).
Transport	- Det foreligger mye relevant kunnskap angående veier mens Kystverket har gjort lite angående havner (men DSB har fått vurdert havnivåstigning). - Generelt vil veier kunne rammes mye av klimaendringer, men stor variasjon geografisk. - Utfordringer også knyttet til havnivåstigning for mange havner - Lite spesifikk kunnskap om hvordan kommunal og fylkeskommunal transport kan bli påvirket av klimaendringer, men persontransport mer generelt forventes å bli rammet negativt
Kraft og IT	- Planer om stor utbygging og rehabilitering av linjenettet kombinert med virkninger av mulige klimaendringer vil øke klimasårbarheten. - Kraftsektoren kjenner til klimautfordringene og flere har begynt arbeidet med å analysere egen klimasårbarhet. - Viktigste sårbarhet når det gjelder elektronisk kommunikasjon er trolig dårlig sikrede basestasjoner.

Hovedkonklusjoner

- Klimasårbarheten i fysisk infrastruktur vil generell *øke* som følge av forventede klimaendringer, men store regionale variasjoner
- Samfunnsendringer* kan i mange tilfeller være en like stor bidragsyter som klimaendringer i å føre til økt framtidig klimasårbarhet
- Sårbarhet for *ekstremvær* og fare for naturskade er bedre kjent enn konsekvenser av gradvise klimaendringer.
- Eksisterende systemer for vurdering av risiko (skred og flom), sikring mot naturskade (eks skredforebygging på veier) og dimensjonering av kapasitet (avløpsledning) har fortsatt i *svært liten grad* innarbeidet mulige effekter av klimaendringer

Tilpasning til klimaendringer

I tabellen under har vi sammenfattet noen konklusjoner for hvert av våre fem kategorier kommunal og fylkeskommunal infrastruktur som gjelder *tilpasning til klimaendringer*.

Tabell 12 Konklusjoner for tilpasning til klimaendringer

Areal	Viktigste barrierer for tilpasning lokalt til klimaendringer er mangel på administrativ kapasitet og kompetanse i kommunene og manglende innarbeiding av hensyn til klimaendringer i statlig veiledning og risikokartlegging
Bygg	- Forskningsprogrammet Klima2000 gir et godt kunnskapsgrunnlag for de byggtekniske utfordringene i klimatilpasning, i alle fall ifht dagens klima. - Mangler kunnskap når det gjelder forhold utenom de byggtekniske utfordringene i tilpasning til klimaendringer
Vann og avløp	- Kunnskapshull mhp dimensjoneringsunderlag (bl.a. IVF kurver) for urban overvannshåndtering og tilstrekkelig detaljerte nedbørsdata i nedskaleringer av klimaprognoiser – derfor mangler retningslinjer som kommunene kan forholde seg til. - Kunnskapshull i kommune-Norge mhp hvordan fryse/tine-prosesser påvirker både vannforsyning og avløpshåndtering. - Behov for mer fokus på å legge til rette for alternative flomvannveier og sikre eksisterende naturlige flomvannveier.
Transport	- Kunnskapsgrunnlaget for å gjennomføre klimatilpasning innen veisektoren er god, men den store utfordringen her er det eksisterende vedlikeholdsetterslepet i forhold til dagens klima. - Det er uavklart hvem som har ansvar for å utvikle retningslinjer for klimatilpasning i forhold til kommunale havner. - Det foreligger lite kunnskap om de spesifikke utfordringer knyttet til klimatilpasning innen kommunal og fylkeskommunal transport
Kraft og IT	- Enkelte aktørene i kraftsektoren oppgir at de venter med å gjøre tilpassingstiltak i påvente av statlige retningslinjer om hvordan sektoren skal forholde seg til klimautfordringen - Behov for å styrke nødstrømsstilgang for mobilmaster og lage beredskapsplaner for alternative varslings- og kommunikasjonslinjer ved bortfall av mobile nettverk

Hovedkonklusjoner

- De siste endringene i *plan- og bygningsloven* gir kommuner og fylkeskommuner bedre muligheter til å forebygge negative virkninger av klimaendringer
- Gjennomføring av tilpasninger til *dagens* klima vil styrke sårbarheten vesentlig ifht morgendagens klima
- Konkrete tiltak for tilpasning til klimaendringer gjennomføres i *begrenset grad* innen kommunal og fylkeskommunal infrastruktur
- Viktigste *barrierer* for tilpasning lokalt til klimaendringer er mangel på administrativ kapasitet og kompetanse i kommunene og manglende innarbeiding av hensyn til klimaendringer i statlig veiledning og risikokartlegging