

Kostnader av klimaendringer

Behov for tilpasning og foreslåtte tiltak

STATENS VEGVESENS RAPPORTER

Nr. 213



Tittel

Kostnader av klimaendringer

Undertittel

Behov for tilpasning og foreslåtte tiltak

Forfatter

R. Evensen, Å. Holen, A. Mahle, ViaNova,
T. Østmoen, Dr.Ing A. Aas-Jakobsen

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer

603443

Rapportnummer

Nr. 213

Prosjektleder

Gordana Petkovic

Godkjent av

Emneord

Klimaendringer, klimatilpasning, infrastruktur, vegnett, kostander

Sammendrag

Rapporten diskuterer kostnadene ved en del av klimatilpasningstiltak foreslått i Statens vegvesens FoU prosjekt 'Klima og transport'. Arbeidet er begrenset til forslag som innebærer helt konkrete tiltak og medfører kostnader. Både planlegging /bygging av nye vegger og drift og vedlikehold av eksisterende vegnett er vurdert.

Tiltak på overordnet nivå innebærer at flere og utvidete hensyn må tas for trasévalg, linjepålegg, lokalisering og utforming. Tiltak relatert til vegstrekninger kommer av krav til større robusthet, utbedringer av manglende robusthet og utvidede krav til drift og vedlikehold. Flomutsatte bruer vil, spesielt med tanke på erosjonssikring, kreve ekstra ressurser for vedlikeholdstiltak, reparasjon og utbedring. Til slutt kostander for tiltak for sikring av tilstrekkelig kapasitet og vedlikehold av stikrenner vurdert.

Rapporten gir en oversikt over de viktigste kilder til kostnader, men også illustrerer informasjonsbehov for en mer detaljert kostnadsberegning.

Antall sider 60

Dato April 2013

Title

Costs of adaptation to climate change

Subtitle

Adaptation needs and proposed measures

Author

R. Evensen, Å. Holen, A. Mahle, ViaNova,
T. Østmoen, Dr.Ing A. Aas-Jakobsen

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

Geotechnical Section

Project number

603443

Report number

No. 213

Project manager

Gordana Petkovic

Approved by

Key words

Climate change, adaptation, infrastructure, road network, costs

Summary

The report discusses the costs of adaptation measures proposed in the NPRA research project 'Climate and Transport'. The work is limited to the proposals which imply concrete action and have implications on costs. Both planning/construction of new roads and maintenance of the existing road network are considered.

General adaptation measures are for example extended care that must be taken during road planning, alignment and design. Costs of measures related to road sections are due to demands for greater robustness, repair, and higher requirements for operation and maintenance. Bridges exposed to flooding will require additional resources for maintenance and repair, especially considering erosion protection. Finally, costs of measures concerning the capacity and maintenance of culverts are discussed.

The report provides an overview of the most important sources of expenses, but also illustrates the need for additional information for carrying out a more detailed cost calculation.

Pages 60

Date April 2013





Kostnader av klimaendringer Behov for tilpasning og foreslåtte tiltak

Dr.Ing A. Aas-Jakobsen AS ViaNova Plan og Trafikk AS
April 2013

Oppdragsrapport	
Kostnader av klimaendringer Behov for tilpasning og foreslåtte tiltak	
Oppdragsgiver	Statens vegvesen, Vegdirektoratet
Oppdragsgivers referanse	Navn Gordana Petkovic gordana.petkovic@vegvesen.no Statens vegvesen Vegdirektoratet Postboks 8142 Dep. 0033 OSLO
Rapport-type	Oppdragsrapport
Prosjektnr./navn	VN PT – 20308
Rapportdato	2013-04-24
Rapportnavn:	Rapport Kostnader av klimatilpasninger.doc
Oppdragsansvarlig	Ragnar Evensen ragnar.evensen@vianova.no
Utarbeidet av	Trond Østmoen tao@aaj.no Anette H. Mahle anette.mahle@vianova.no Åsmund Holen asmund.holen@vianova.no Ragnar Evensen ragnar.evensen@vianova.no
ViaNova Plan og Trafikk AS Leif Tronstads Plass 4 Postboks 434, 1302 SANDVIKA E-post: vnpt@vianova.no Tlf: 67 81 70 00 ♦ Fax: 67 81 70 01	

Dokumenthistorie		Arkiv: VNPT/20308/Rapport Kostnader av klimatilpasninger sammenstilt 2013-01-03.docx	
Dato	Revisjon	Sign	Fordeling
2012-11-15	Første utkast	REV	TAO, AHM, ÅHO
2012-11-30	Sammenstilt rapport	TAO, AHM, ÅHO, REV	Gordana,
2012-12-21	Oppdatert etter møtet 7.12.2012	TAO, AHM, ÅHO, REV	Gordana
2013-04-24	Oppdatert etter merknader	TAO, AHM, ÅHO, REV	Gordana

Innhold

Sammendrag	4
1 Innledning	9
2 Vegnettet	9
2.1 Planlegging av nye veger.....	10
2.2 Det eksisterende vegnettet.....	10
2.3 Vegnett utsatt for flom.....	11
3 Tiltak på overordnet nivå	12
3.1 Økt kompleksitet og økt behov for grunnlagsinformasjon	12
3.2 Utbedring av eksisterende vegnett	13
3.3 Drift og vedlikehold	13
3.4 Beredskap.....	14
4 Tiltak rettet mot vegstreknings	15
4.1 Bygging av ny veg	15
4.1.1 Heving av byggehøyde på veg i flomutsatte områder.....	15
4.1.2 Stabilisering av skråninger.....	16
4.2 Utbedring	16
4.3 Drift og vedlikehold	16
4.3.1 Driftsoppgaver der omfanget påvirkes av klimaendringer.....	16
4.3.2 MOTIV-beregning: Forutsetninger.....	18
4.3.3 Klimadata 2100 som grunnlag for MOTIV-beregning	19
4.3.4 Endring av driftskostnader 2100-klima, oppgaver beregnet med MOTIV26	
5 Flomutsatte bruer	30
5.1 Oversikt over brumassen.....	30
5.2 Bruer på utvalgte strekninger	32
5.3 Drift og vedlikehold	36
5.4 Oppgradering / gjenoppbygging.....	38
5.5 Momenter som har vært medvirkende til flomskadene	40
5.6 Prosjektering av nye bruer.....	41
5.7 Kostnadsvurderinger.....	42
5.7.1 Eksisterende bruer.....	42
5.7.2 Nye bruer	43
6 Stikkrenner	44
6.1 Innspill fra 'Klima og transport'	44
6.1.1 Klimafaktor	44
6.1.2 Økning i returperiode.....	44
6.1.3 IVF-tabeller fra eKlima.....	45
6.2 Stikkrenner på riks- og fylkesvegnettet	46
6.2.1 Veg åpnet for trafikk.....	48
6.2.2 Utsifting på det eksisterende vegnettet	48
6.3 Stikkrenners kapasitet	49
6.4 Eksempler på dimensjonering av stikkrenner	50
6.4.1 Fellesprosjektet E 6 Dovrebanen	50
6.4.2 Ny E6 Frya - Vinstra.....	51
6.4.3 E 136 i Romsdal, Pilotprosjekt, 'Klima og transport'	52
6.5 Merknader ved å øke stikkrennedimensjonene.....	52
7 Konklusjoner	55
8 Referanser	57
Vedlegg 1 Kostnader for klimatilpasning	58
Vedlegg 2 Økning i nedbørintensiteter	59

Sammendrag

FoU programmet 'Klima og transport' har ført til mer kunnskap om effekter av klimaendringer på vegnettet. Leveransen fra programmet har bl.a. bestått i anbefaling og konkrete forslag til en rekke tiltak for klimatilpasning. Forslagene deles inn i fire grupper:

- tiltak for nye veger,
- for drift og vedlikehold av eksisterende vegnett,
- tiltak for forbedring av beredskap,
- utvikling av kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing.

Flere av forslagene er allerede tatt inn i Vegvesenets regelverk.

Denne rapporten diskuterer kostnadene ved en del av de klimatilpasninger som er foreslått. Arbeidet er begrenset til de forslag som har klare kostnadskonsekvenser, og som innebærer helt konkrete tiltak.

Tiltakene er inndelt i fire hovedgrupper

- Tiltak på overordnet nivå
- Tiltak relatert til vegstrekninger
- Tiltak rettet mot antatt flomutsatte broer
- Tiltak rettet mot stikkrenner

Innenfor hver av disse hovedgruppene har man vurdert tiltak knyttet til planlegging og bygging av nye veger og til drift og vedlikehold av eksisterende vegnett.

I perioden 1987 – 2009 er det i gjennomsnitt årlig åpnet 204 km riksveg for trafikk. Etter midten av 1990-årene er veglengde åpnet for trafikk blitt vesentlig redusert. I perioden 1995-2009 ble det årlig åpnet 132 km riksveg for trafikk, noe som er 35 % mindre enn for hele perioden. Siden budsjettene inkl. bompenger ikke er blitt lavere, må man anta at nedgangen skyldes en økning i store, kostbare vegprosjekter med en stor andel av tunneler.

Før forvaltningsreformen administrerte Statens vegvesen ca. 9 000 km stamveger, ca. 18.500 km øvrige riksveger og ca. 27.000 km fylkesveger. Etter forvaltningsreformen består dette vegnettet av ca. 10.500 km riksveger og ca. 44.000 km fylkesveger. Grovt sett er vegnettet av øvrige riksveger blitt endret til primære fylkesveger.

Resultatene av en GIS-analyse av flomdata fra NVE tilsier at 386 km av det eksisterende vegnettet, både riks- og fylkesveg, er utsatt for oversvømmelse ved en 200-års flom. I en 100-års flom er 268 km av eksisterende vegnett utsatt for oversvømmelse. Det er Hedmark og Buskerud som har størst økning i km flomutsatt veg, i tillegg er det en forholdsvis stor økning både i Sør- og Nord-Trøndelag.

Anbefalinger fra 'Klima og transport' går i all hovedsak ut på at det må tas ekstra hensyn i forhold til dagens rutiner for å ivareta kommende klimaendringer. Men, også før anbefalingene fra prosjektet var det krav til forundersøkelser og vurderinger i forbindelse med bygging av ny veg. De nye kravene basert på klimatilpasninger fører (muligens) til mer komplekse vurderinger og behov for ytterligere bakgrunnsinformasjon enn tidligere. Dette kan føre til økte utredningskostnader og

muligens noe mer kostnader for å skaffe bakgrunnsinformasjon. Men, som en del av den totale økonomien i et utbyggingsprosjekt antas dette å være minimalt.

De ekstra kostnadene som tilkommer et utbyggingsprosjekt som en følge av at det er flere og utvidete hensyn å ta for trasévalg, linjepålegg, lokalisering og utforming, antas å kreve en ekstra kostnad pr prosjekt i størrelsesorden 100 timer á 1000kr = 100.000 kr.

‘Klima og transport’ anbefaler at det for utbedring av eksisterende vegnett gjennomføres risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) av vegnettet for å identifisere de mest utsatte og sårbare objekter og strekninger. ROS-analyser krever fagkunnskap, grunnlagsinformasjon og tid. Behovet for ROS-analyser ansees å være tilstede uansett om det forventes endrede klimaforhold eller ikke. Også på dette området er konklusjonen at dette krever ressurser internt i SVV og muligens eksternt, men sårbarhetsvurderinger av vegnettet bør gjøres uansett.

For drift og vedlikehold går anbefalingene på at klimahensyn skal integreres i alt planlagt vedlikehold og at driftskontraktene må sørge for at klimahensyn blir ivaretatt. Det anbefales et generelt økt fokus på sårbare objekter, strekninger og konstruksjoner. Merkostnader knyttet til økt fokus på problempunkter ved utarbeidelse og administrasjon av driftskontrakter ansees som minimalt, med unntak av beredskapsplanen som er omtalt nedenfor. Med en antagelse på at byggherren bruker 15 timer pr kontrakt for hver gang det gjennomføres inspeksjon, for å behandle resultat, gir det en ekstra administrativ belastning for Statens vegvesen for hver kontrakt og for hver inspeksjon på: $15t * 1000kr/time = 15.000kr$. Håndbok 111 «Standard for drift og vedlikehold av riksveger» som gjelder fra 2014, vil stille krav til at det skal «registreres tilstand, skader og forhold som kan påvirke funksjon og sikkerhetsforhold, trafiksikkerhet, fremkommelighet, fremtidig drift og vedlikehold, miljø, estetikk og universell utforming». Klimaforhold i den enkelte region /driftskontraktområde kan være avgjørende for måten dette kravet leves ut i praksis. Inspeksjon og rapportering av tilstand på stikkrenner, kummer og rør ville medføre en årlig kostnadsøkning på inntil 140 mill. kr hvis inspeksjon utføres hvert år.

Det er et klimatilpasningstiltak å benytte 200-års flom som dimensjonerende flomstørrelse istedenfor 100-års flom ved bygging av ny veg. Merkostnaden med dette er beregnet å være ca. 6500 kr pr m nybygd veg (12,5 m bred) i områder som er innenfor 200-års flomsoner. Kostnadselementene er større fyllingshøyde og behov for erosjonssikring av fyllingen.

På grunn av flere dager med mye nedbør og enda større nedbørintensitet på de nedbørrike dagene, vil det være behov for mer omfattende stabiliseringstiltak i skråninger enn det som er normalt i dag. Erfarte enhetspriser for stabilisering med stabile masser er ofte i området 100-150 kr/m².

Noen driftsoppgaver som får endret innsatsbehov pga. klimaendringene, har klimabaserte kostnadsmodeller i MOTIV. Den normale klimabeskrivelsen i MOTIV er data for normalperioden 1961-1991. Ved å benytte framskrevne verdier for klimaet slik «Klima i Norge 2100» beskriver det for perioden 2071-2100, er det etablert et datasett for MOTIV som er benyttet for beregning av drift og vedlikeholdskostnader med framtidsklimaet. Det nye klimadatasettet i MOTIV inneholder endringer i middeltemperatur, dager med temperatur omkring 0°C (utløser behov for strøing),

snødybde, nedbør som snø, nedbør som regn og vinterlengde. «Middels framskrivning» fra «Klima i Norge 2100» er benyttet i beregningene.

Kostnadsendringen for de klimaavhengige drift- og vedlikeholdsoppgavene er beregnet til å være:

- økning for oppgrusing av grusveg med 19 mill. kr/år
- økning for kantklipp, skogrydding og plenklipping med 33 mill. kr/år
- reduksjon for vinterdrift med 470 mill. kr/år

Øvrige oppgaver som er vurdert, gir små kostnadsendringer.

Det er på riks- og fylkesvegnettet registrert ca. 18000 trafikkerte vegbruer. 55 % av disse bruene går over elv/innsjø. Med hensyn på fordelingen av bruenes størrelse har ca. 70 % av brumassen en lengde mindre enn 15 meter og ca. 90 % en lengde mindre enn 25 meter. Dette viser at hovedtyngden er små bruer.

Bruer i 6 kommuner i Gudbrandsdalen er valgt ut som «pilotområde» for å vurdere faren for flomskader. 33 % av brumassen over vann har hatt tidligere flomskader eller er vurdert som flomutsatte. Dette i all hovedsak 1-spenns betongplater og bjelkebruer med spennvidder fra 3 til 15 meter fundamentert på løsmasser. I dette «pilotområdet» var det derfor liten variasjon i brutypene som blir vurdert som flomutsatte.

De vurderingene som er lagt til grunn for å komme frem til andel bruer som er vurdert som flomutsatte i Gudbrandsdalen er basert på de erfaringer man har med flom frem til i dag. Det vil si at dette gjenspeiler et etterslep i forhold til dagens regelverk mhp risiko for flomskader og er dermed et uttrykk for manglende tilpasning til dagens klima. På den annen side så har tendensen de siste årene vært slik at har det vært mange mindre flommer forårsaket av svært kraftig lokal nedbør som kanskje bare rammer ett vassdrag. Disse flommene opptrer muligens på en slik måte som man kan forvente at fremtidens flommer forårsaket av klimaendringer. Slik sett inneholder utvelgelse av flomutsatte bruer både et etterslep i forhold til dagens regelverk samt gjenspeiler effekt av fremtidige klimaendringer.

Alle bruer som har blitt tatt av flom eller fått alvorlige bæreevneskader i Hedmark og Oppland de siste årene har stått på løsmasser. Bruer hvor det er angitt i Brutus at de er fundamentert på fjell er derfor vurdert som ikke flomutsatte.

Med bakgrunn i gjennomgang av tidligere inspeksjonsrapporter og fotodokumentasjon viser dette at for aktuelle bruer har elveløpet blitt fylt opp med løsmasser under den aktuelle flommen. Forebyggende tiltak med frigraving for å senke elvebunnen ville derfor trolig ikke hatt noen forebyggende effekt her. Ansvar for å renske vanngjennomløpet under bruer er tillagt driftskontraktene. Det er ikke skaffet til veie erfaringsdata for faktisk omfang av denne oppgaven, og det er derfor ikke gått videre med å estimere en kostnadsøkning pga. klimaendring. Det har i en del av driftskontraktene vært meget mangelfulle opplysninger om omfanget av bruer som går over elver og derfor vært svært vanskelig for entreprenørene å prise denne tjenesten riktig.

Det er grovt estimert at 1000 bruer av den samlede trafikkerte brumassen er flomutsatt. Med en estimert gjennomsnittlig oppgraderingskostnad pr bru på 2 millioner gir dette en kostnad på 2 milliarder. En variasjon av mengden bruer man vurderer som flomutsatt vil ha meget stor betydning på kostnadene. En økning av den

antatte flomutsatte brumengden fra 10 til 20 % (av antallet bruer som går over elv) vil gi en dobling i oppgraderingsbehovet fra 2 til 4 milliarder. Hvis man anslår en kostnadsøkning på 10 % for å ivareta klimaendringer så utgjør dette ca. 200-400 millioner kroner. Klimaendringene vil jo være en funksjon av tid og en del av den flomutsatte brumassen kan derfor bli skiftet ut innenfor en relativt kort tidshorisont av andre årsaker. Med disse usikkerhetene som bakgrunn er det totale oppgraderingsbehovet pga. klimaendringer på den eksisterende brumassen ikke regnet om til årlige kostnader.

I Håndbok 185 «Bruprosjektering» legges det til grunn 200-års flom som dimensjonerende for frihøyde (gjennomløpsareal) og flomlast, i tråd med anbefalingene fra 'Klima og transport'. Prosjektet anbefaler at man i tillegg gjennomfører en vurdering av kapasitet i forhold til 1000-års flom som ulykkeslast, etter at dimensjoneringen for 200-års flom er gjennomført. Kriteriet er at ikke hele konstruksjonen går tapt og/eller at det ikke er fare for menneskeliv ved mulig ekstrem flomsituasjon. Dette vil i noen tilfeller medføre krav til økt gjennomløpsåpning under bruene noe som vil gi økt byggehøyde og /eller økt lengde på bruene. Økt vannføring vil også gi økt strømningshastighet som vil kreve kraftigere og mer omfattende erosjonssikring. Disse ekstra tiltakene for å hindre skader ved økt vannføring vil variere fra brused til brused knyttet til den lokale topografien og vegens linjeføring. I enkelte tilfeller vil en økt vannføring kun ha minimal innvirkning på byggekostnadene på brua.

Den gjennomsnittlige byggeaktivitet de siste 15 år har vært ca. 150 bruer i året med en samlet størrelse på 125 000 m² bruareal. Det er estimert at brumassen bygd over vann vil få en økt byggekostnad på 10 % for å ivareta økte krav til flomsikring tilsvarende ca. 150 millioner pr. år. På samme måten som for den eksisterende brumassen vil det være store usikkerheter knyttet til disse kostandene pga. en del «grove» antakelser.

To av de helt konkrete forslagene som fra etatsprogrammet 'Klima og transport' var rettet mot dimensjonering av stikkrenner, var innføring av en klimafaktor for å ivareta de forventede fremtidige endringer i nedbørintensiteten, samt en økning i sikkerheten for dimensjoneringen ved å øke returperioden for dimensjonerende nedbørintensitet. Disse to tiltakene innebærer at dimensjonerende vannmengde for stikkrenner øker med noe i overkant av 60 % i forhold til tidligere krav.

Oversikten fra NVDB viser at det totalt er ca. 500.000 stikkrenner på riks- og fylkesvegnettet i Norge, hvorav ca. 300.000 inneholder opplysninger om stikkrennenes lengde. Antall stikkrenner gir en gjennomsnittlig avstand mellom stikkrennene på 106 meter. Tilbakemeldingene fra noen av Vegvesenets regioner indikerer at datagrunnlaget i NVDB ikke er komplett.

Dersom man antar at gjennomsnittlig avstand mellom hver stikkrenne er ca. 100 meter, vil årlig bygging av ca. 200 km ny veg innebære at det etableres ca. 2000 nye stikkrenner hvert år på den delen av vegnettet som i dag er angitt som riksveger og primære fylkesveger. I tillegg kommer det antall stikkrenner som følger av prosjektering av nye fylkesveger (basert på veginndelingen før forvaltningsreformen, tilsvarer grovt sett sekundære og øvrige fylkesveger etter ny inndeling). Dersom man antar at aktiviteten med bygging av ny veg er noe lavere for denne delen av det offentlige vegnettet, kan man med en viss grad av pålitelighet anta at bygging av nye fylkesveger medfører dimensjonering av ca. 1500 nye stikkrenner i året, og da vil det totale antall være ca. 3500 nye stikkrenner per år.

Det pågår for tiden en rekke utbedringsprosjekter hvor opprusting og utskifting av stikkrenner med skade har vært en del av arbeidet. I mange tilfeller er utbedringen initiert av større dekkefornyelsesprosjekter, men arbeidene administreres gjennom driftskontraktene. Dersom man antar at 10 % av alle stikkrenner har behov for utskifting og dette skal gjennomføres i løpet av 10 år, vil det for hele riksvegnettet i Norge være et behov for å skifte ut 5.000 stikkrenner årlig.

Tilbakemeldingene fra Vegvesenets regioner viser at det er svært sjelden at stikkrenner skiftes ut på grunn av for dårlig kapasitet. Feil utforming og gamle rustne galvaniserte korrugerte rør er de mest vanlige årsakene til utskiftningsbehovet. Ved utskifting er det litt varierende praksis med hensyn på å etablere ny stikkrenne med samme dimensjon som den gamle, eller å øke dimensjonen for å ivareta den forventede nedbørsøkning og større sikkerhet ved dimensjoneringen.

Merkostnaden ved å øke stikkrennens dimensjon ved etablering av ny stikkrenne og ved utskifting av eksisterende, er betraktet som en kostnadskonsekvens av klimaendringene. Enhetsprisene ved etablering av nye stikkrenner er basert på data fra Vegdirektoratets prisbank. Enhetsprisene ved utskifting er dels basert på data i MOTIV, som er sammenliknet med enhetspriser i noen driftskontrakter for perioden 2012 – 2017.

Dersom man antar at det årlig er behov for etablering av 3 500 stikkrenner i forbindelse med bygging av ny veg og utskifting av 5 000 stikkrenner i forbindelse med opprusting og reduksjon av forfallet på det eksisterende riks- og fylkesvegnettet, vil klimatilpasningen gi en årlig kostnadskonsekvens i størrelsesorden 15 Mill kroner ved bygging av ny veg og 36 Mill kroner ved utskifting av stikkrenner på eksisterende vegnett. I beregningene over er det antatt at gjennomsnittlig lengde på stikkrennene er 12,0 meter.

1 Innledning

FoU programmet 'Klima og transport' har ført til mer kunnskap om effekter av klimaendringer på vegnettet. Det er produsert en serie rapporter som kan lastes ned fra prosjektets nettsider: <http://www.vegvesen.no/klimaogtransport>.

Det er fra 'Klima og transport' gitt anbefaling og konkrete forslag til en rekke tiltak for klimatilpasning. Forslagene deles inn i fire grupper:

- tiltak for nye veger,
- for drift og vedlikehold av eksisterende vegnett,
- tiltak for forbedring av beredskap,
- utvikling av kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing.

Flere av forslagene er allerede tatt inn i Statens vegvesens regelverk.

'Klima og transport' har i beskjeden grad tatt for seg kostnader knyttet til klimaendringer:

- I forbindelse med NTP arbeidet, ble det i 2010 laget en rapport som oppsummerer sårbarhet i transportsektorene, "Klimatilpassing – Underlagsrapport NTP 2014-2023".
- Kapittel 4 i rapporten omtaler kostnader, spesielt kilder til den store usikkerheten som ligger i antakelser for all beregning av kostnader.
- Delprosjekt 5 "Tilstandsutvikling på vegnettet" har tatt for seg kostnader knyttet til forfall i endret klima, VD 26 'Tilstandsutvikling på vegnettet – Virkninger av endret klima på sporutvikling på veger med bituminøst dekke'.

Denne rapporten diskuterer kostnadene ved en del av de klimatilpasninger som er foreslått. Arbeidet er begrenset til de forslag som har klare kostnadskonsekvenser, og som innebærer helt konkrete tiltak.

Tiltakene er inndelt i fire hovedgrupper

- Tiltak på overordnet nivå
- Tiltak relatert til vegstrekninger
- Tiltak rettet mot antatt flomutsatte broer
- Tiltak rettet mot stikkrenner

En detaljert beskrivelse av arbeidsopplegget under de forskjellige hovedgrupper er vist i Vedlegg 1.

Innenfor hver av disse hovedgruppene har man vurdert tiltak knyttet til planlegging og bygging av nye veger og til drift og vedlikehold av eksisterende vegnett.

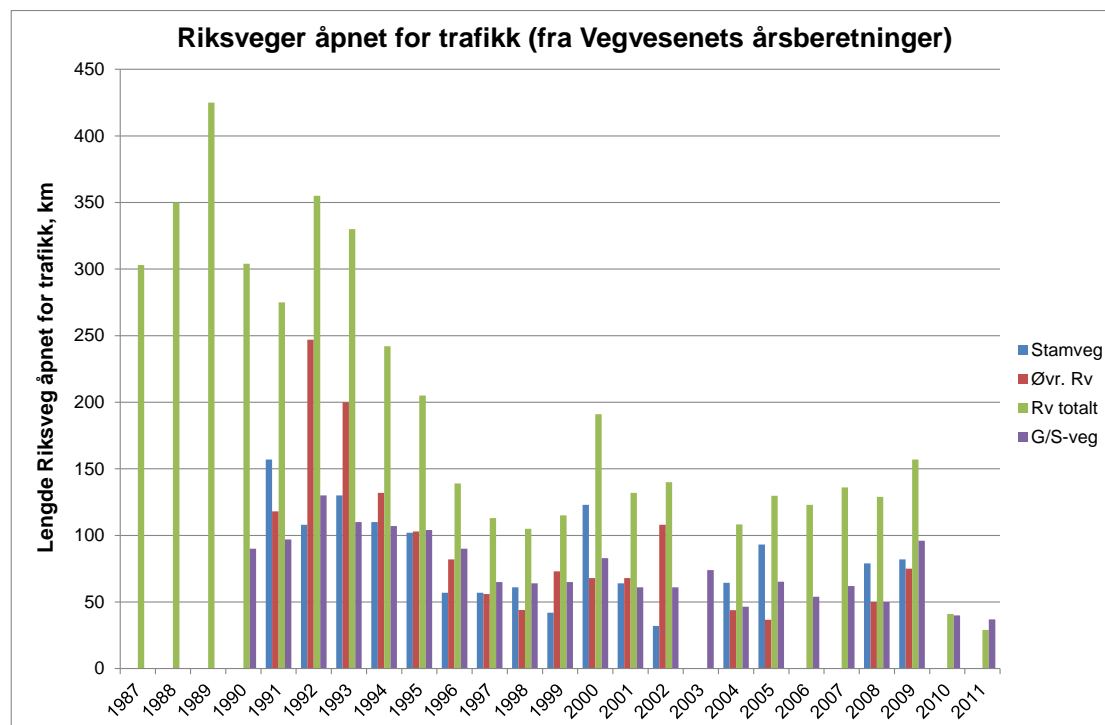
2 Vegnettet

Innenfor prosjektets tids- og kostnadsramme er det ikke anledning til å gjennomføre detaljerte og komplette analyser rettet mot hele riks- og fylkesvegnettet i Norge. For flere av tiltakene er derfor kostnadsvurderingene rettet mot noen typiske deler av vegnettet.

Etatsprogrammet 'Klima og transport' ble startet i 2007 og fullført ved et sluttseminar den 10. mai 2011 på Oslo kongressenter. Forvaltningsreformen fra 1.1.2010 som medførte at administrasjonen av store deler av riksvegnettet ble overført til fylkeskommunene, kom dermed midt i gjennomføringsperioden til etatsprogrammet.

2.1 Planlegging av nye veger

Figuren nedenfor viser kilometer veg som er åpnet for trafikk i de enkelte år, fra 1987 og frem til 2011. Figuren er basert på data hentet fra Vegvesenets årsberetninger og fra «Nøkkeltall» gjengitt på Vegdirektoratets hjemmesider. Før 1987 inneholdt ikke Vegvesenets årsberetninger denne type informasjon.



Figur 1. Kilometer riksveg åpnet for trafikk

I perioden 1987 – 2009 er det i gjennomsnitt årlig åpnet 204 km riksveg for trafikk. Etter midten av 1990-årene er veglengde åpnet for trafikk blitt vesentlig redusert. I perioden 1995-2009 ble det årlig åpnet 132 km riksveg for trafikk, noe som er 35 % mindre enn for hele perioden. Siden budsjettene inkl. bompenger ikke er blitt lavere, må man anta at nedgangen skyldes en økning i store, kostbare vegprosjekter med en stor andel av tunneler.

De lave tallene for riksveg åpnet for trafikk i 2010 og 2011 er et resultat av forvaltningsreformen.

2.2 Det eksisterende vegnettet

Før forvaltningsreformen administrerte Statens vegvesen ca. 9 000 km stamveger, ca. 18.500 km øvrige riksveger og ca. 27.000 km fylkesveger. Etter forvaltningsreformen består dette vegnettet av ca. 10.500 km riksveger og ca. 44.000 km fylkesveger. Grovt sett er vegnettet av øvrige riksveger blitt endret til primære fylkesveger.

2.3 Vegnett utsatt for flom

NVE har siden 1998 gjennomført flomsonekartlegging for utvalgte vassdragsstrekninger med stort skadepotensiale ved flom. Flomsonekart viser areal som oversvømmes ved ulike flomstørrelser (gjentakintervall). I dette prosjektet er det spesielt forskjellen mellom vegnett som berøres av 100-års flom og vegnett som berøres av 200-års flom, som er i fokus pga at et av Vegvesenets tiltak for å møte klimaendringen er å ta hensyn til 200-års flom ved bygging, og i tillegg benytte en sikkerhetsmargin.

Kartleggingen til NVE har blitt gjort på steder der flom utgjør et stort skadepotensiale. Den innbyrdes prioriteringen mellom kartleggingsområdene har også vært knyttet til skadepotensialet. NVE har ei prioriteringsliste med oversikt over vassdragsstrekninger som gjenstår å kartlegges. I dette prosjektet har man benyttet kartleggingen som har vært utført til nå, og som tilbys som digitale kart. Flomsonekartene er framstilt som flatedata, og er lastet ned fra <http://arcus.nve.no/nvedatanedlast/default.aspx> høsten 2012.

Vi har utført en GIS-analyse for å finne hvor stor del av det eksisterende vegnettet som blir oversvømt ved gitt flomstørrelse. Vegnettet, begrenset til riks- og fylkesvegnettet, er hentet fra NVDB. Karttemaene flomsone og vegnett er kombinert i GIS-programmet ArcView, og lengde veg som er innenfor de kartlagte flomsone er beregnet. Det er benyttet en buffer på 2 m fra vegens senterlinje, og 2 m fra flomsoneareal. Det betyr at alle veger med senterlinje mindre enn 4 m fra flomsoneareal regnes å være helt eller delvis oversvømt. Det er «clip»-funksjonen i ArcView som er benyttet for å avgrense vegnettet som er berørt (klippet ut).

Resultatene av analysen er at 386 km av det eksisterende vegnettet, både riks- og fylkesveg, er utsatt for oversvømmelse ved en 200-års flom. I en 100-års flom er 268 km av eksisterende vegnett utsatt for oversvømmelse. Den fylkesvise fordelingen av flomutsatt vegnett er vist i tabellen nedenfor.

Fylke	200-års flom		100-års flom		Fylke	200-års flom		100-års flom	
	Rv (km)	Fv (km)	Rv (km)	Fv (km)		Rv (km)	Fv (km)	Rv (km)	Fv (km)
1	0.3	25.9	0.3	25.3	11	0.2	6.5	0.1	5.9
2	4.7	11.5	3.5	5.4	12	0.7	1.3	0.5	1.2
3	0	0.0	0	0	14	5.0	4.7	3.5	8.3
4	53.4	65.2	42.0	43.3	15	0.9	10.5	0.8	6.1
5	14.7	13.6	11.4	12.2	16	14.3	33.4	11.6	21.7
6	21.1	15.2	9.7	4.3	17	7.1	20.2	5.5	5.2
7	0	0.0	0	0	18	4.4	5.4	3.7	4.6
8	10.4	6.9	3.7	3.7	19	0.5	3.1	0.5	2.8
9	0.4	0.4	0.2	0.3	20	1.9	4.2	0.9	3.0
10	2.0	16.0	1.6	14.8	Sum (km)	141.9	244.1	99.6	168.1

Tabell 1. Riks- og fylkesveger utsatt for flom

For riksveger er Hedmark og Buskerud de fylkene som har mest vegnett som er flomutsatt ved en 200-års flom. For fylkesveger er det Hedmark og Østfold.

Fylkes- og vegkategorifordeling av vegnettet på de 118 km som blir oversvømt ved en 200 års flom, men ikke ved en 100-års flom er vist i tabellen nedenfor:

Fylke	Differanse 200-100 års flom	
	Rv (km)	Fv (km)
1	0.0	0.5
2	1.2	6.1
3	0.0	0.0
4	11.4	21.9
5	3.3	1.3
6	11.4	10.9
7	0.0	0.0
8	6.6	3.3
9	0.2	0.1
10	0.4	1.2
11	0.1	0.6
12	0.1	0.1
14	1.5	-3.6
15	0.1	4.4
16	2.7	11.7
17	1.5	15.0
18	0.7	0.9
19	0.0	0.3
20	1.0	1.2
Sum	42.3	75.9

Tabell 2. Riks- og fylkesveger utsatt for flom, differansen mellom 200- og 100-års flom

Det er Hedmark og Buskerud som har størst økning i km flomutsatt veg, i tillegg er det en forholdsvis stor økning både i Sør- og Nord-Trøndelag.

Knyttet til bruer er også størrelsen på 1000 års flommen aktuell å ta med i vurderingene. 1000-års flom er normalt ikke angitt i flomsonekartene, men ved å legge til en høydemeter på utbredelsen av 500-årsflommen vil man som regel få dekket 1000-års flommen også, ref. Retningslinjer nr 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar (NVE) [3].

3 Tiltak på overordnet nivå

3.1 Økt kompleksitet og økt behov for grunnlagsinformasjon

Anbefalinger fra 'Klima og transport' går i all hovedsak ut på at det må tas ekstra hensyn i forhold til dagens rutiner for å ivareta kommende klimaendringer. Men, også før anbefalingene fra prosjektet var det krav til forundersøkelser og vurderinger i forbindelse med bygging av ny veg. De nye kravene basert på klimatilpasninger fører (muligens) til mer komplekse vurderinger og behov for ytterligere bakgrunnsinformasjon enn tidligere. Dette kan føre til økte utredningskostnader og muligens noe mer kostnader for å skaffe bakgrunnsinformasjon. Som en del av den totale økonomien i et utbyggingsprosjekt antas dette å være minimalt.

For å kunne sette opp et regnestykke for denne delen tar vi utgangspunkt i at det allerede før klimatilpasningstiltakene ble innhentet informasjon om flom (tidligere 100-års flom, nå 200-års flom) og det derfor ikke blir noen endringer i kostnader for dette.

Vi fokuserer dermed på de ekstra kostnadene som antas å tilkomme prosjektet da det er flere og utvidete hensyn å ta for trasévalg, linjepålegg, lokalisering og utforming. Timepris vil avhenge av om dette gjøres internt hos Statens vegvesen eller settes ut til eksterne, men vi anslår en timepris på kr. 1000 og kommer da til at dette vil kreve en ekstra kostnad pr prosjekt på:

100 timer á 1000kr = 100.000 kr.

Konklusjon: Minimale ekstrakostnader i forhold til andre kostnader i et vegprosjekt.

3.2 Utbedring av eksisterende vegnett

'Klima og transport' anbefaler at det gjennomføres risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) av vegnettet for å identifisere de mest utsatte og sårbare objekter og strekninger. ROS-analyser krever fagkunnskap, grunnlagsinformasjon og tid. Behovet for ROS-analyser anser vi å være tilstede uansett om det forventes endrede klimaforhold eller ikke. Riktignok vil det være et økt behov for en gjennomgang av sårbare punkt pga de forventede klimaendringene, og de utløsende faktorer som vil føre til behov for tilpasninger/endringer i vegnettet vil endres. Et anslag fra Statens vegvesen basert på foreløpige erfaringer, er at det kan kreve 1-2 ekstra dager pr kontraktsområde pr år for klimarelaterte ROS-analyser. Dette er et usikkert anslag og vil kunne variere kraftig fra kontraktsområde til kontraktsområde.

Klimahensyn er en naturlig del av generelle ROS-analyser på vegnettsnivå.

Inkludering av effekter av klimaendringer vil i utgangspunktet gi en marginal kostnadsøkning. Den kan være vesentlig på mer detaljerte ROS-analyser på spesielle strekninger og punkter på vegnettet.

Konklusjon: Dette krever ressurser internt i SVV og muligens eksternt, men sårbarhetsvurderinger av vegnettet bør gjøres uansett. Kostnader knyttet til forbedringer/endringer/utbygging som resultat av ROS-analysene behandles ikke her.

3.3 Drift og vedlikehold

For drift og vedlikehold går anbefalingene på at klimahensyn skal integreres i alt planlagt vedlikehold og at driftskontraktene må sørge for at klimahensyn blir ivaretatt. Det anbefales et generelt økt fokus på sårbare objekter, strekninger og konstruksjoner. Merkostnader knyttet til økt fokus på problempunkter ved utarbeidelse og administrasjon av driftskontrakter ansees som minimalt, med unntak av beredskapsplanen beskrevet i kap. 3.4.

I dagens mal for driftskontraktene er det innført mulighet til å bestille systematisk inspeksjon av kummer og stikkrenner som en del av kontrakten. Kommende klimaendringer gir et større behov for slike inspeksjoner enn tidligere og dermed behov for økte midler til driftskontraktene.

Kostnader knyttet til selve utførelsen av inspeksjonen er videre omtalt i kap. 4.3, men i tillegg vil det være et behov for byggherren å forvalte dokumentasjonen fra inspeksjonen på en ordentlig måte. Formålet med slik inspeksjon kan være flere, men i klimasammenheng snakker vi først og fremst om å skaffe oversikt over objektene

tilstand slik at de evt. kan utbedres /skiftes ut før de utgjør problem. Byggherre må derfor gjennomgå rapportering fra entreprenør, vurdere tilstand og økonomi for evt. tiltak og oppdatere NVDB og andre registre når det er aktuelt.

Hvor mye tid som går med til dette er igjen usikkert og avhengig av størrelsen på datamengden og kontraktsområdet i sin helhet. Med en antagelse på at det brukes 15 timer pr kontrakt for hver gang det gjennomføres inspeksjon for å behandle resultat, gir det en ekstra belastning for Statens vegvesen for hver kontrakt og for hver inspeksjon på: $15t * 1000kr/time = 15.000kr$.

3.4. Beredskap

Utarbeiding av planer:

Noen av forslagene fra 'Klima og transport' knyttet til ny mal for beredskapsplan er allerede implementert i beskrivelsen i 2013-malen til driftskontraktene og R13 skjemaet (skredfarevurdering) er etablert i ELRAPP og innført som et kontraktkrav. Foreløpig er dette litt ufullstendig gjort da begreper som beredskapsnivå er innført uten å beskrive nærmere hva det vil si og R13 skjemaet er bare delvis overlappende med eksisterende sjekklister i dagens beredskapsplaner. Det betyr at entreprenøren ikke fullt ut har grunnlag for å prise prosessen som omhandler skred og må dessuten avvente kurset «skred og skredberedskap» før det blir gitt informasjon og opplæring i det som skal gjøres. I noen av de nyeste driftskontraktene er beredskapsplanene mer utfyllende.

Å utarbeide en «beredskapsplan for naturfarer» som foreslått gjennom 'Klima og transport' vil kreve mer innsats av Statens vegvesen enn dagens mal gjør. I dag er det hovedsakelig skred som blir behandlet i beredskapsplanen, med noen unntak der flom også er et stort problem. I den nye malen skal «naturfarer» i sin helhet behandles. Det betyr at det kreves en omfattende kartlegging og vurdering av kontraktsområdet hvor det må beskrives kjente fare- og risikoområder, vegnettets eksponering av fare, etablere krav og rutiner knyttet til naturfare, beskrive «utsatte værforhold» for hver faretype og skaffe til veie nødvendig bakgrunnsmateriale for å kunne beskrive situasjonen tilstrekkelig for at entreprenøren skal kunne håndtere den, og evt. prise den, på en ordentlig måte. Det krever et bredt kontaktnett, både med andre statlige instanser (met.no, NVE, NGI) og andre ressursmiljøer som f.eks. NGU.

Dersom trinnvis beredskap skal implementeres fullt ut må det gjøres en grundig jobb med å beskrive terskelverdier og hvilke tiltak som er aktuelle i hvert beredskapstrinn for hver kategori naturfare. Dette vil være krevende, spesielt første gangen det gjøres.

Omfanget av jobben med beredskapsplanen vil avhenge av kontraktsområdets utstrekning og kompleksitet. Hvor mye ressurser vi snakker om for å utarbeide de nødvendige oversikter, krav, terskelverdier osv. er umulig å generalisere da dette vil variere fra område til område. I de områder der flom, skred og andre naturskader ikke er, eller forventes å bli, noe stort problem vil antagelig de ekstra kostnadene være tilnærmet lik 0. I andre områder der naturfarer er og/eller vil bli et stort problem vil kanskje utarbeidelse av planen kreve flere ukeverk.

Anslår: 80 timer á kr. 1000 = 80.000 kr. pr. driftskontrakt.

Opplæring:

I tillegg til beskrivelse i en beredskapsplan må det påregnes opplæring. Det er innført kurs i skred og skredberedskap, og driftskontrakter med snøskredproblematikk er

prioritert. Kurskompendiet omfatter alle typer skred og utvides til å ta med seg andre naturfarer i tillegg til skred. Kurset er så langt ikke gjennomført i alle kontraktområder. Det kan hende at det i områder hvor det er stor fare for naturskader vil være behov for å utvide dagens kurs med en dag, men dette antas så usikkert og lokalt betinget at vi ikke setter noen pris på det her.

Oppfyllelse av planen:

Innføring av trinnvisberedskap vil kreve ekstra innsats av entreprenør, men også av byggherre. Utvidet byggherrevakt i forhold til i dag koster penger, men hvor mye vil igjen avhenge av hva slags ordninger de faktisk allerede har etablert.

I dag er det også lite krav til beredskap på maskiner og utstyr. I forbindelse med priser på driftskontrakt gis det timepris på et antall maskiner, men det sies ikke noe om hvor fort disse evt. skal være tilgjengelig når det er behov. Stort sett er ikke dette noe problem, men i forbindelse med naturfarer som skred og flom vil det være et behov for å få både folk og maskiner fort på plass. Det må antagelig innføres en beredskap på noen utvalgte maskiner og dette igjen vil antagelig koster noen kroner.

Det er, etter det vi har funnet ut, bare 2 kontrakter som har tatt i bruk «trinnvis beredskap» i hvorav den ene startet i 2009 og den andre i 2012. Ingen av kontraktene har sett tegn til økte kostnader i forbindelse med dette. Kravene i trinnvis beredskap anses å være konkretisering og utdyping av allerede eksisterende krav i driftskontraktene. Noen av oppgavene som skal iverksettes spesielt gjennom trinnvis beredskap (som f.eks. forebyggende erosjonssikring) blir tatt som tilleggssarbeid i driftskontrakten og bestilt ved behov, andre er allerede innbakt i grunnpakker og rund sum bestillinger i kontrakten (sikre åpne vannveger). Økte kostnader vil med andre ord komme i forbindelse med økte mengder og økt behov for mengdebestilling.

4 Tiltak rettet mot vegstrekninger

4.1 Bygging av ny veg

4.1.1 Heving av byggehøyde på veg i flomutsatte områder

Dimensjoneringsforutsetningene endres ved at 200 års flom skal benyttes istedenfor 100-års flom, og man legger inn en sikkerhetsmargin, som bestemmes i samråd med NVE.

Byggekostnadene vil bli endret ved vegbygging på flomutsatte områder. Vi forutsetter at vegen blir bygd i samme trasé selv om den da er utsatt for en 200-års flom, og ikke er det for en 100-års flom. Ved å anta at vannspeilet er 1 m høyere (konservativ antagelse, dette varierer fra sted til sted, beregnes av hydrolog) ved en 200-års flom enn ved en 100-års flom, og ved å for eksempel velge en sikkerhetsmargin på 1 m, vil traubunn måtte heves 2 m i hele den flomutsatte sonen. Avhengig av standardklasse er traubunnbredden varierende opp til 17 m for en tofelts veg.

Med utgangspunkt i 17 m bredde på fyllingstopp og 2 m heving av byggehøyde, er merforbruket av fyllingsmateriale 48 m^3 pr løpemeter hvis gjennomsnittlig total fyllingshøyde er 5 m i flomsonen. Med en enhetspris på 100 kr/m^3 blir da kostnadsøkningen 4800 kr pr løpemeter tofelts veg for ekstra fyllingshøyde. Kostnader til innløsning av større areal for bredere fyllingsfot er antatt å være neglisjerbart, fordi området vil være lite aktuelt for annen utbygging pga. flomfaren.

I tillegg kommer plastring som beskyttelse av fylling og overbygning. Vi regner plastring på ekstra fylling og overbygning, ca 3,5 m høyde på hver side av vegen, totalt 7 m² pr løpemeter. Med en enhetspris på 250 kr/m² blir kostnadsøkningen for plastringen 1750 kr/løpemeter.

På en bred tofeltsveg ved bygging i område som er innenfor 200 års flommens utbredelsesområde påløper det dermed en ekstrakostnad på omlag kr. 6 500 per løpemeter veg.

4.1.2 Stabilisering av skråninger

Ref. tabell 5.2.6 i [1] øker både antall dager med mye nedbør og nedbørmengde pr dag med mye nedbør fram til 2100. Økningen gjelder hele året, men er størst om høsten og vinteren.

Ustabiliserte skjæringskråninger i forbindelse med nybygging av veg vil være mer utsatt for erosjon som følge av dette. Et tiltak for å imøtegå dette vil være å stabilitetssikre skråningene i større grad enn det som gjøres i dag. Steinsetting eller overdekning av skråning med stabile masser vil være et tiltak som må benyttes i større grad enn i dag for å unngå erosjonsproblemer. Vi gjør ikke forsøk på å estimere omfanget av behovet, for det vil variere med den lokale topografien og vegens linjeføring. Men på prosjektnivå vil en enhetspris på 100-150 kr/m² ferdig utlagt masse være et grunnlag for beregning.

4.2 Utbedring

De endrede dimensjoneringsforutsetningene som er beskrevet ovenfor, ved at 200 års flom skal benyttes istedenfor 100-års flom, og ekstra høyde som sikkerhet, gjelder også ved utbedring av eksisterende veg som befinner seg i et område innenfor 200 års flommens utbredelse. De samme tiltakene og kostnadene som beskrevet for bygging av ny veg vil i prinsippet gjelde også her.

4.3 Drift og vedlikehold

4.3.1 Driftsoppgaver der omfanget påvirkes av klimaendringer

Følgende prosesser knyttet til drift og vedlikehold av veg vil være de som påvirkes mest i omfang som følge av klimaendringer:

- Prosess 48 Drens- og avløpsanlegg
- Prosess 61.8 Grusdekker
- Prosess 73.6 Skred og flom – opprydding/reetablering
- Prosess 74.8 Grøntarealer og skråninger
- Prosess 9 Vinterdrift

I tillegg vil det skje endringer i behov for innstas i forbindelse med rengjøring av vegbane og vegutstyr som følge av endringer i salt- og sandforbruk i vinterdriften.

MOTIV-programmet har kostnadsmodeller som tar hensyn til de lokale værforholdene for prosessene **grusdekker**, **grøntarealer**, **vinterdrift** og for noen av renholdsoppgavene (kantstolper). Kostnadskonsekvensen klimaendringen fram til 2100 vil ha for disse prosessene beregnes derfor med MOTIV. Framgangsmåten for beregningen beskrives i kapitlene 4.3.2 til 4.3.4.

For **drens og avløpsanlegg** er det i nye driftskontrakter innført krav om at kummer, stikkrenner og rør skal inspiseres årlig for å avdekke behov for rensk, tømning eller reparasjon av skader. Det er ikke nærmere beskrevet hvordan inspeksjonen skal utføres for hver enkelt objekttype eller hvordan funn skal rapporteres.

Dette kravet inkl. rapportering knyttet til utført inspeksjon koster helt klart ekstra innsats i forhold til praksisen før driftskontrakter med oppstart 2012 og medfører dermed en kostnadsøkning. De nye inspeksjonskravene skyldes ikke først og fremst klimaendringene, men vil kunne gi et mer robust vegnett og i så måte gjøre oss bedre rustet til å håndtere værhendelser. Det er ikke mulig å måle kostnadsøkningen som følge av nye inspeksjonskrav for oppgaven med inspeksjon er kun en av mange oppgaver som inngår på prosess 48.1. Man kan imidlertid gjøre antagelser rundt ressursbruk på inspeksjonen.

Inspeksjon av stikkrenner:

Årlig inspeksjonskostnad i et gjennomsnittlig kontraktsområde:

Regner 100 m mellom hver stikkrenne som gjennomsnitt (iht NVDB), 500 km veg i et kontraktsområde, inspeksjonskapasitet 6 stikkrenner/time, 500 kr/t for mannskap inkl. kjøretøy, og 10 % påslag for etterarbeid med rapportering som gir følgende pris: $10 \text{ renner/km} * 500 \text{ km} * 1/6 \text{ time/renne} * 500 \text{ kr/t} * 1,10 = 458 \text{ 000 kr}$

Inspeksjon av kummer:

Årlig inspeksjonskostnad i et gjennomsnittlig kontraktsområde:

Regner 200 m mellom hver kum som gjennomsnitt (iht NVDB), 500 km veg i et kontraktsområde, inspeksjonskapasitet 4 kummer/time, 500 kr/t for mannskap inkl. kjøretøy, og 10 % påslag for etterarbeid med rapportering som gir følgende pris: $5 \text{ kummer/km} * 500 \text{ km} * 1/4 \text{ time/kum} * 500 \text{ kr/t} * 1,10 = 344 \text{ 000 kr}$

Inspeksjon av rørledninger:

Årlig inspeksjonskostnad i et gjennomsnittlig kontraktsområde:

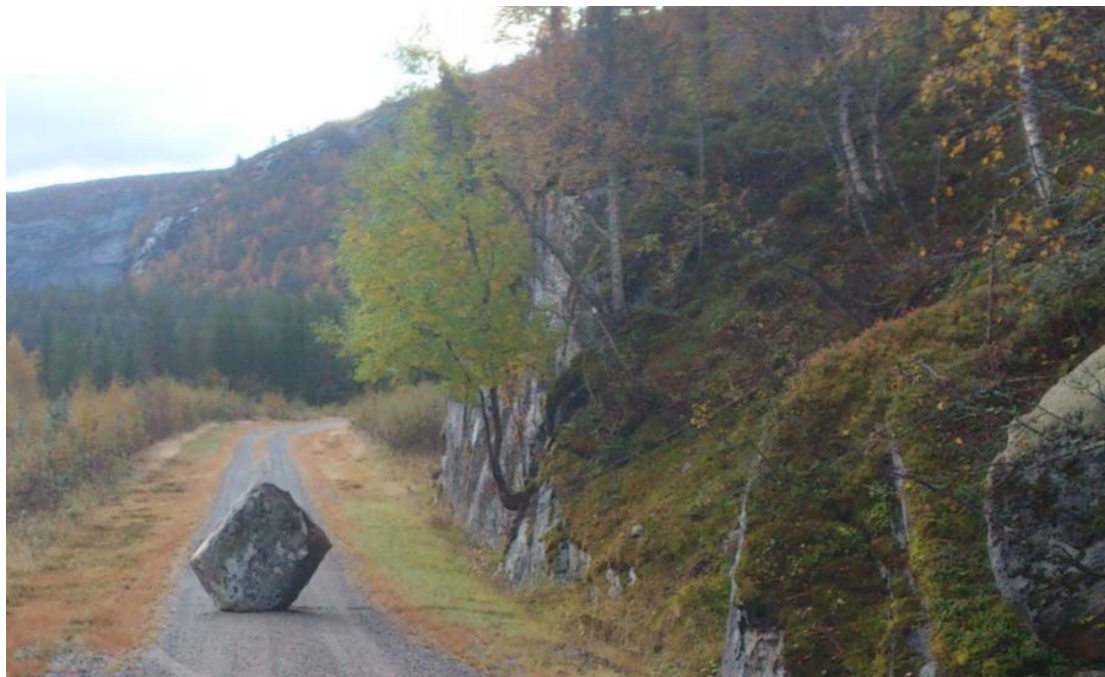
Regner 16 km rørledning pr kontraktsområde som gjennomsnitt (100 kontrakter, 1560 km rørledning totalt iht NVDB), 30 kr/m for TV-inspeksjon inkl. dokumentasjon, og 20 % påslag for etterarbeid med resultatbehandling og rapportering som gir følgende pris: $16000 \text{ m} * 30 \text{ kr/m} * 1,20 = \text{kr } 576 \text{ 000}$

Totalt gir dette en estimert kostnad for inspeksjon og rapportering av tilstand i stikkrenner, kummer og rørledning på omlag 1.4 mill. kr for hvert kontraktsområde, totalt 140 mill. kr for hele landet. Før kravet om rapportering av dreneringsobjektene tilstand ble innført, utførte entreprenørene selv inspeksjoner i den grad de selv vurderte at det var nødvendig for å opprettholde kontraktkravene mht. drenerings funksjon. Omfang av denne inspeksjonen er ikke mulig å fastslå ut fra tilbudspriser eller Statens vegvesens regnskap. Det er derfor ikke mulig å estimere kostnadsøkningen ved innføringen av skjerpede inspeksjons- og rapporteringskrav.

Skråninger

Pga flere dager med mye nedbør og større nedbørmengde på de nedbørrike dagene, vil også eksisterende vegnett bli mer utsatt for erosjonsskader i eksisterende skråninger eller nedfall av stein i grøft og på vegbane. Dette medfører dermed en økning i kostnader til å gjenopprette skråninga og fjerning av masser. Dette er arbeid som normalt utføres gjennom driftskontrakter som regningsarbeid, eventuelt med fratrek

for en egenandel som entreprenøren svarer for. Vi har ikke gjort noe forsøk på å vurdere omfanget av økningen i kostnader som vil komme pga økning i denne type skader.



Figur 2. Nedfall av stein i veg

Rensk av vanngjennomløp under bru

Inspeksjon av vanngjennomløp under bruer er normalt lagt til driftskontraktene og er ikke en del av bruinspeksjonen. Det er også et driftskontraktansvar å renske vanngjennomløpet. Men i flomsituasjoner er ansvaret begrenset slik at entreprenøren i driftskontrakten etter regning får dekket arbeid som overstiger kostnader på 10 000 kr.

MOTIV- kostnadsmodellen for denne oppgaven benytter en enhetskostnad på 11 000 kr/bru (dvs ca en arbeidsdag med gravemaskin og lastebil) og et renskiltak hvert 10. år. Vi har ikke skaffet til veie erfaringsdata for faktisk omfang av denne oppgaven, og vi har derfor ikke gått videre med å estimere en kostnadsøkning pga klimaendring.

Kostnadskonsekvenser knyttet til endringer i **skredhyppighet** som følge av klimaendringer skal ikke behandles i dette prosjektet.

Kostnadskonsekvenser knyttet til **opprydding og reetablering etter flomskader** er heller ikke behandlet.

4.3.2 MOTIV-beregning: Forutsetninger

Beregningen gjøres ved først å beregne kostnaden med det normale klimadatasettet som gjelder for perioden 1961-1990, og deretter beregne kostnaden med et klimadatasett som beskriver situasjonen i perioden 2071-2100. Differansen mellom beregningen viser da konsekvensen av klimaendringen for de aktuelle prosessene/oppgavene.

Alt annet enn klimadatasettet holdes likt i beregningen. Dvs vi forutsetter i beregningene samme vegnett og vegutstyr, samme trafikk og samme vedlikeholdsstandard.

4.3.3 Klimadata 2100 som grunnlag for MOTIV-beregning

Temperatur

I MOTIV benyttes midlere månedstemperatur bl.a. for å beregne vekstsesongen lengde knyttet til kantklipp og annen grøntskjøtsel.

Tabell 5.2.2 i «Klima i Norge 2100»[1] viser endringer i temperatur (grader Celsius) fram til 2100 for vinter-, vår-, sommer- og høstsesongen i de 6 temperaturregionene som landet er delt inn i. Tabellen angir både middels, lav og høy framskrivning. Vi har benyttet middels framskrivning i beregningene.

Temperaturregionene fra [1] er vist i figuren nedenfor:



Figur 3. Regioninndeling for temperatur, fra Klima i Norge 2100

Temperaturendringen (økningen) i de ulike regionene er addert til normalverdien for perioden 1961-1990 for værstasjonene som benyttes av MOTIV. I MOTIV benyttes månedsverdier. Det er ikke forsøkt å skille på de ulike månedene i sesongen, så oppgitt endring for en sesong er benyttet for alle sesongens måneder. Standard sesonginndeling er benyttet ved at vintermånedene er desember, januar og februar, osv. Alle værstasjonene innenfor hver region har fått samme økning. Følgende temperaturendringer (økning) fram til 2100 er benyttet i beregningene:

Middeltemperatur. Endringer i °C 1961-1990 til 2071-2100

Temp-region	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
1	4.5	4.5	3.2	3.2	3.2	2.5	2.5	2.5	3.6	3.6	3.6	4.5
2	3.8	3.8	3.1	3.1	3.1	2.3	2.3	2.3	3.2	3.2	3.2	3.8
3	4.1	4.1	3.3	3.3	3.3	1.9	1.9	1.9	3.4	3.4	3.4	4.1
4	4.2	4.2	3.8	3.8	3.8	2.2	2.2	2.2	3.4	3.4	3.4	4.2
5	5.3	5.3	4.3	4.3	4.3	2.8	2.8	2.8	4.1	4.1	4.1	5.3
6	5.2	5.2	4.7	4.7	4.7	2.9	2.9	2.9	4	4	4	5.2

Tabell 3. Middeltemperatur, endring fra 1961-1990 til 2071-2100

I rapporten «Klima i Norge 2100» [1] benyttes forskjellige regioninndelinger for hhv. temperatur- og nedbørsendringer. Norge er i [1] delt inn i 6 temperaturregioner og 13 nedbørsregioner. Vi har som en forenkling benyttet følgende tilnærming mht hvilke nedbørsregioner som inngår i de 6 temperaturregionene:

Temperaturregion	Nedbørsregion
1	1, 2, 3, 7, 9
2	4, 5, 6, 8
3	10
4	11
5	12
6	13

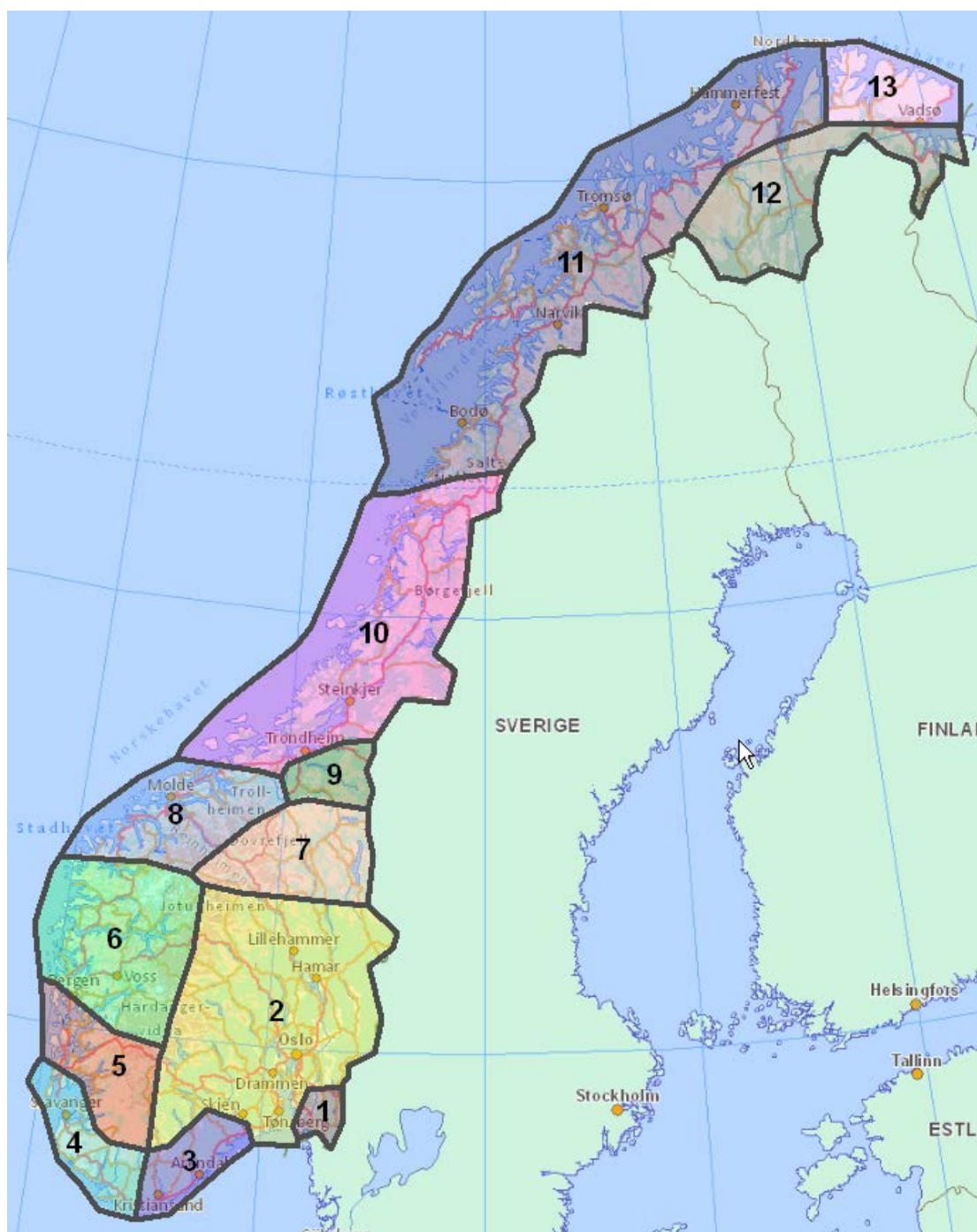
Tabell 4. Kobling mellom temperaturregioner og nedbørsregioner

Tilnærmingen gitt i tabellen er ikke helt nøyaktig, men siden trenden er at temperaturen øker i alle regionene og det ikke er så voldsomt store regionvise forskjeller, så forventes det ikke at denne unøyaktigheten har stor innvirkning på beregningsresultatet.

Dager i temperaturintervall + 3 > Tmax > -5°C og Tmin < 0

Dagene i dette temperaturintervallet benyttes i MOTIV-modellen for å beregne behov for strøing (både med salt og sand). Her skilles det i tillegg på dager med og uten nedbør. Endringen av antall slike dager fram til 2100 har vi ikke funnet beskrevet i andre sammenhenger, så derfor bad vi om hjelp av met.no til å beregne denne endringen. Jan Erik Haugen på met.no gjorde denne jobben og dokumenterte den i notatet «Expected changes of a freezing and melting index for different regions in Norway» [2]. Resultatene ble presentert som prosentvis endring av antall dager i temperaturintervallet for de to tilfellene med og uten nedbør pr sesong (vinter, vår, sommer og høst).

Resultatene ble gitt for de 13 nedbørsregionene som er benyttet knyttet til nedbør i Klima i Norge 2100 [1]. Disse regionene er slik:



Figur 4. Kart over nedbørsregioner

Endringene i antall dager var også for denne datatypen gitt pr sesong. Siden MOTIV benytter månedsverdier, har vi fordelt sesongendringene til endringer pr måned. For vintermånedene fordelte vi endringene likt pr måned, mens for høst og vår la vi 2/3 av endringene til månedene nærmest vintersesongen, november og mars, 1/3 av endringene til oktober og april, mens september og mai ikke fikk endring siden de fleste værstasjonene har få dager i dette temperaturintervallet i de månedene.

Endringene i antall dager i dette temperaturintervallet pr nedbørsregion og måned ble som angitt i tabell 5 nedenfor.

Døgn i temperaturintervallet - uten nedbør. Endringer til perioden 2071-2100.

RR-region	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
1	-2	-2	-6	-3	0	0	0	0	0	-2	-3	-2
2	1	1	-5	-2	0	0	0	0	0	-2	-3	1
3	-2	-2	-5	-2	0	0	0	0	0	-1	-3	-2
4	-2	-2	-4	-2	0	0	0	0	0	-1	-2	-2
5	0	0	-4	-2	0	0	0	0	0	-1	-3	0
6	0	0	-3	-2	0	0	0	0	0	-2	-3	0
7	2	2	-2	-1	0	0	0	0	0	-1	-2	2
8	0	0	-4	-2	0	0	0	0	0	-2	-3	0
9	2	2	-4	-2	0	0	0	0	0	-2	-3	2
10	1	1	-4	-2	0	0	0	0	0	-2	-3	1
11	1	1	-4	-2	0	0	0	0	0	-1	-3	1
12	3	3	-1	0	0	0	0	0	0	-1	-2	3
13	3	3	-4	-2	0	0	0	0	0	-2	-5	3

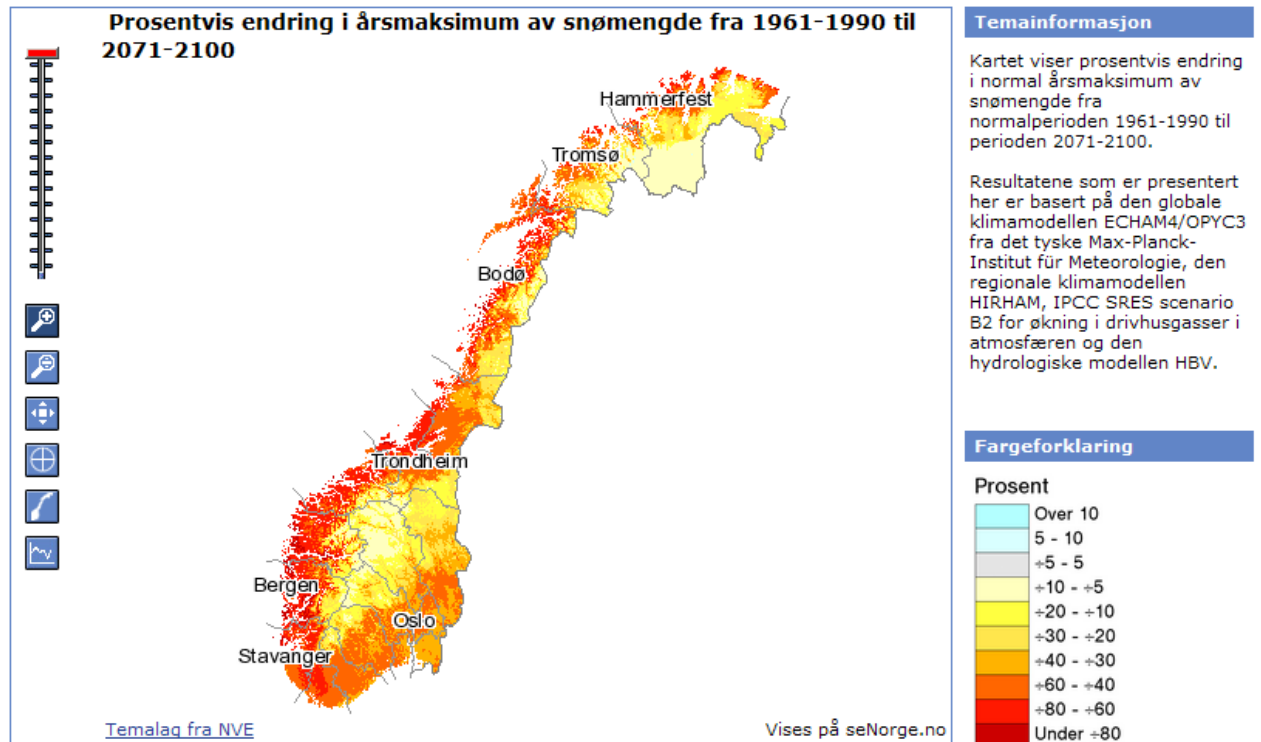
Døgn i temperaturintervallet - med nedbør. Endringer til perioden 2071-2100

RR-region	JAN	FEB	MAR	APR	MAI	JUN	JUL	AUG	SEP	OKT	NOV	DES
1	-2	-2	-4	-2	0	0	0	0	0	-1	-2	-2
2	1	1	-4	-2	0	0	0	0	0	-3	-5	1
3	-3	-3	-5	-3	0	0	0	0	0	-1	-2	-3
4	-2	-2	-4	-2	0	0	0	0	0	-1	-1	-2
5	-1	-1	-6	-3	0	0	0	0	0	-3	-5	-1
6	0	0	-4	-2	0	0	0	0	0	-3	-6	0
7	4	4	-1	-1	0	0	0	0	0	-3	-5	4
8	0	0	-3	-2	0	0	0	0	0	-2	-5	0
9	1	1	-5	-2	0	0	0	0	0	-4	-7	1
10	-1	-1	-5	-2	0	0	0	0	0	-2	-5	-1
11	-1	-1	-5	-2	0	0	0	0	0	-3	-6	-1
12	3	3	-1	0	0	0	0	0	0	-3	-5	3
13	0	0	-6	-3	0	0	0	0	0	-4	-8	0

Tabell 5. Døgn i temperaturintervallet med og uten nedbør, endringer

Maksimum snødybde

Prognose for maks snødybde i 2100 er gitt som kartframstilling på senorge.no og vist i følgende utklipp:



Figur 5. Endring i normal maksimum av snømengde

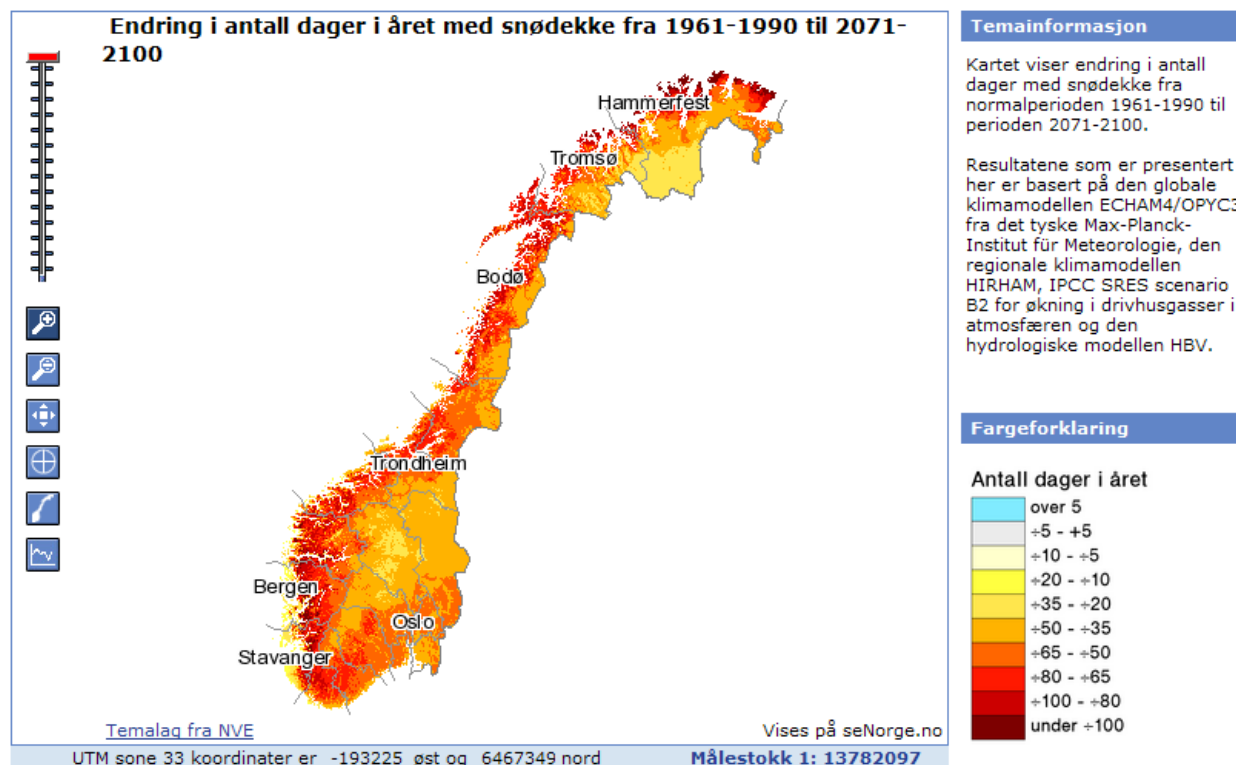
Denne info er benyttet for å vurdere endring innenfor nedbørsregionene. Visuelt ble endringen med hjelp av fargekoding i kartet ovenfor vurdert til å være følgende i de 13 nedbørsregionene:

RR-region	Endring i maks snømengde (%)
1	-35
2	-25
3	-50
4	-60
5	-55
6	-55
7	-20
8	-55
9	-45
10	-45
11	-35
12	-15
13	-30

Tabell 6. Gjennomsnittlig endring i maks snømengde per nedbørsregion

Vinterlengde

Endring i vinterlengde, dager med snødekke, fram til 2100 er også vist som kartframstilling på senorge.no og også vist i følgende utklipp:



Figur 6. Endring i antall dager med snødekke

Endringene pr nedbørregion vurdert fra kartet ovenfor gir følgende omtrentlige endring i vinterlengde pr nedbørsregion.

RR-region	Endring i vinterlengde (dager)
1	-48
2	-50
3	-58
4	-50
5	-50
6	-65
7	-43
8	-73
9	-58
10	-65
11	-70
12	-43
13	-73

Tabell 7. Gjennomsnittlig endring i vinterlengde per nedbørsregion

Nedbør som snø

I MOTIV benyttes nedbør som snø for å modellere antall brøytetiltak. Vi har ikke funnet kilder som sier noe om hvor mye av nedbøren i 2100 som faller som snø. Vi benytter derfor informasjonen omtalt tidligere om endringer i nedbørmengde, makssnødybde og vinterlengde, og gjør egne antagelser basert på denne informasjonen for å tallfeste nedbørmengde som faller som snø i 2100.

Nedbørmengden øker stort sett i alle regioner og alle sesonger, med unntak av i sommersesongen i region 1, 2 og 3, ref tabell 5.2.4 i «Klima i Norge 2100» [1].

Vinterlengden minker i alle regioner.

Makssnødybden i løpet av vinteren minker også i alle regionene.

For å beregne nedbør som snø i 2100 har vi tatt utgangspunkt i normalen for 1961-1990 og antatt følgende.

- Snønedbøren i perioden 1961-1990 reduseres med halve nedgangen (prosentvis) i makssnødybden utfra antagelsen om at reduksjon i makssnø er forårsaket dels av mindre falt snø (mer regn) og dels mer smelting i sesongen pga mer regn og høyere temperatur.
- Nedbørsøkningen fram til 2100 fra tabell 5.2.4 [1] fordeles på snø og regn iht grov antagelse om fordelingen mellom snø og regn basert på reduksjonen i vinterlengde. Det er gjort gjennom at i vår- og høstmånedene er det meste av nedbøren antatt å være regn (varierer med nedbørsregionene). Denne tilnærmingen er imidlertid svært usikker.

Med antagelsene og forenklingene som er gitt ovenfor blir resultatet følgende for værstasjonene innenfor hver nedbørsregion:

RR-region	Nedbør som snø 1961-1990 (mm)	Utleidet nedbør som snø 2071-2100 (mm)	Differanse (mm)
1	134	128	-7
2	213	217	4
3	235	203	-32
4	159	132	-28
5	264	226	-38
6	306	260	-46
7	178	190	12
8	355	297	-58
9	254	237	-17
10	302	270	-32
11	324	297	-27
12	173	181	8
13	262	244	-18
Hele landet	257	236	-22

Tabell 8. Differanse i mm nedbør som snø

Tabellen viser snønedbør som gjennomsnitt for alle værstasjonene innenfor hver nedbørsregion. Region 2, 7 og 12 (østlandet og Finnmarksvidda) får en liten økning i

snønedbør med denne betraktningsmåten, mens øvrige nedbørsregioner får nedgang i snønedbør.

Med bakgrunn i nedgang i vinterlengde, nedgang i makssnødybden og den forholdsvis store temperaturøkningen, særlig i vintersesongen, så kan det synes som at andel nedbør som snø i 2100 er endel overestimert. Hvis estimatet er for høyt blir behovet for brøyting mindre, og dermed vil beregnet kostnad for vinterdrift være lavere enn beregningen viser.

Nedbør som regn

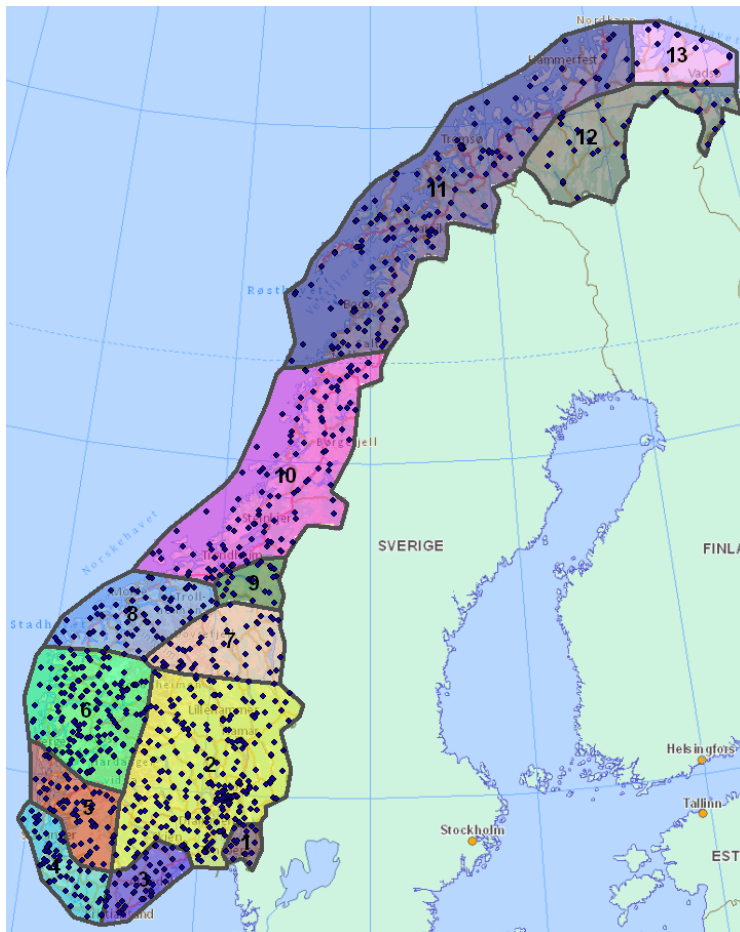
Nedbør som regn er beregnet som summen av nedbør i normalperioden (1961-1990) og oppgitt nedbørsendringen tabell 5.2.4 i [1] og fratrukket den delen av nedbøren (normalnedbør og nedbørsøkning) som er antatt å være snø, ref forrige avsnitt.

Vind

Vi har ikke funnet informasjon om endring i vindstyrke i perioden på en form som gjør at den er anvendelig for å beskrive eventuelle endringer for beregninger i MOTIV. Vi benytter derfor samme datasett for vindstyrke i beregningen for 2100 som i beregningen for normalperioden 1961-1990.

4.3.4 Endring av driftskostnader 2100-klima, oppgaver beregnet med MOTIV

Vi beregner forskjellen i driftskostnader for drift av vegnettet ved klimasituasjonen i 2100 og normalperioden 1961-1990 ved å bruke MOTIV-programmet. MOTIV beregner årskostnaden for drift og vedlikehold av vegnettet, både riks- og fylkesveger, for alle prosesser og arbeidsoppgaver. Programmet er utviklet for behovsberegning knyttet til budsjettprosessen i Statens vegvesen.



Figur 7. Klimastasjoner benyttet i MOTIV, sammenliknet med nedbørssonene

Flere av kostnadsmodellene er klimaavhengige. Klimaet er beskrevet vha normalverdier for perioden 1961-1990 for met.no's værstasjoner. Alle vegstrekningene i landet er knyttet til den av met.no's stasjoner som er regnet å gi den mest representative klimabeskrivelsen for strekningen.

Værstasjoner som inngår i klimadatasettet i MOTIV er vist i figur 7.

I det nye klimadatasettet til MOTIV for 2071-2100 er endringene som er beskrevet i kap. 4.3.3 gjort gjeldende for alle værstasjonene i hver av nedbørsregionene. Alle stasjonene i samme region har fått samme endring.

Beregningsresultatet som er differansen mellom beregning med klimadata for 2071-2100 og klimadata for normalperioden 1961-1990 gir følgende endringer for hele landet samlet, som sum for både riks- og fylkesveger:

	Endring i kostnad (mill. kr/år)
Vinterdrift	-470
Kantklipp, skogrydding og plenklipping	33
Oppgrusing av grusveg	19

Tabell 9. Endring i driftskostnader for riks- og fylkesvegnettet, MOTIV-beregninger

Øvrige driftsoppgaver har kun mindre endringer. Tabellen viser at totalt for hele landet, sum for riks- og fylkesveg, vil vinterdriftskostnadene bli kraftig redusert ved klimaet i 2100. «Sommer»oppgavene knyttet til kantklipp og grøntarealer blir noe dyrere pga varmere klima og større plantevekst, samt større behov for oppgrusing av grusveg som følge av mer nedbør.

For vinterdrift blir de fylkesvise kostnadsendringene slik:

Fylke	Vinterdrift (endring i mill. kr/år)	Kostnad for normalvinter, 1961-1990 (mill. kr/år)	Prosentvis endring
01	-13.6	71.9	-19 %
02	-24.2	148.9	-16 %
03	-4.3	29.7	-14 %
04	-13.0	133.2	-10 %
05	-21.5	147.9	-15 %
06	-22.3	131.1	-17 %
07	-11.1	75.1	-15 %
08	-19.8	107.1	-18 %
09	-20.0	79.0	-25 %
10	-19.8	87.0	-23 %
11	-23.6	90.9	-26 %
12	-39.8	168.8	-24 %
14	-26.2	121.8	-21 %
15	-34.5	162.6	-21 %
16	-22.9	138.3	-17 %
17	-21.3	116.2	-18 %
18	-49.0	244.6	-20 %
19	-32.2	164.7	-20 %
20	-49.6	175.7	-28 %
Alle fylker	-470	2 400	-20 %

Tabell 10. Endring i driftskostnader vinter for riks- og fylkesvegnettet, pr. fylke

For grøntprosessene som hovedsakelig utgjøres av kantklipp, skogrydding og plenklipping er endringene pr fylke som vist i tabell 11.

Fylke	Kantklipp og plenklipping
01	0.0
02	0.0
03	0.0
04	2.3
05	2.1
06	1.2
07	0.0
08	0.9
09	0.2
10	0.3
11	1.2
12	1.7
14	2.1
15	3.4
16	3.7
17	4.0
18	4.7
19	3.4
20	2.2

Tabell 11. Prosentvis endring i driftskostnader for grønt for riks- og fylkesvegnettet, pr. fylke

Disse kostnadene øker i alle fylker med unntak av Østfold, Akershus og Oslo fordi det i disse fylkene allerede er så høye middeltemperaturer i sommersesongen at maksimal klippefrekvens er nødvendig for å oppnå standardkravene.

5 Flomutsatte bruer

5.1 Oversikt over brumassen



Det er i dag registrert 25700 konstruksjoner i bruforvaltningsprogrammet Brutus. I dette antallet er også registrert konstruksjoner som er revet eller tatt ut av trafikk, støttekonstruksjoner og tunnelportaler. En del kommunale bruer ligger også inne i dette antallet.

Bru er definert som konstruksjon med lysåpning over 2,5 meter. Konstruksjoner med lysåpning mindre enn dette faller inn under stikkrenner / rør og er ikke registrert i Brutus.

I tabell 12 er det vist hvordan brumassen fordeler seg fylkesvis og med andel av bruer som går over elv og innsjø. Tabellen er satt opp på grunnlag av rapporter generert i Brutus-utskriftstype «Brukort 1» med søkekriterier byggverksstatus trafikkert og byggverkskategorier vegbru, gangbru og bru i fylling. Brukort 1 gir en relativt detaljert dataoversikt pr bru (se eksempel på figur 8), men alle parametere er ikke søkbare i Brutus.

For å få en oversikt over alders- og størrelsesfordelingen over bruer som går over vann må man utføre en manuell behandling av brudata. Dette vil være meget arbeidskrevende og man har derfor basert denne fordelingen på detaljerte oversikter kun for et utvalgt område.

Det som er en svakhet med de registrerte opplysningene pr bru i Brutus er at høyde over vann ikke er lagt inn. Dette er en vesentlig opplysning mhp vurdering av risiko for skade ved flom. Dette er også påpekt i den svenske undersøkelsen av konsekvenser av klimaendringer [4]. I denne svenske rapporten har man fremskaffet en oversikt over enkelt bruers høyde over vann ved å benytte et gammelt register. For å få frem en slik oversikt i Norge må man gjøre en manuell bearbeiding av dataene ved å utføre lokale vurderinger på oversiktsfoto der dette eksisterer, alternativt hente ut de aktuelle dataene fra ferdigbrutegninger og arkivmateriale på hver enkelt bru. Et slikt arbeid tilsvarer en ROS-analyse – Nivå3 og et slikt omfattende kartleggingsarbeid er ikke utført i dette prosjektet.

20-0004 Dornijohka		Byggeår: 1971	
Bruident			
Brukart:	Bru i fylling		
Brustatus:	Trafikkert		
Brustatusår:	1971		
Vegident			
P/	EV	6	19 30967
O/Elv/innsjø			
Administrative- og stedsdata			
Bruer:	Statens vegvesen Finnmark		
Kommune:	Tana		
Vedl.ansv.:	Vegvesenet/Staten		
Brudata			
Tot. lengde:	4,02 m	Antall spenn:	
Tot. bredde:	4,00 m	Hovedspenn:	m
Max. kjøreb.br.:	7,00 m	Kjøreb. areal:	14,00 m ²
Max. GIS-br.:	0,00 m	GIS-areal:	m ²
Min. frihøyde:	0,00 m	Bruareal:	101,55 m ²
Brutype, landkar- og pilartype			
Brutype:	Rør i fylling, korugert	Stål:	-
Plan- og byggedata			
Konsulent:			
Entreprenør:			
Tilstandsdata			
Siste hovedinspeksjon:	2011	Hk:	0,925
Kostnader			
Byggkostn.	kr	kr/m ²	
Vedlikeholdskostn.	2012	0 kr/år	
Kapitalverdi	kr 1 019 010		
Ferdigbrubilde 1 17-08-01			
			
Ferdigbrubilde 2 17-08-01			
			

Figur 8. Eksempel på Brukort type 1.

Fylke	Antall bruer *	Antall o Elv/innsjø *	%-andel o Elv/innsjø
Østfold	527	209	40
Akershus	1051	373	35
Oslo	612	141	23
Hedmark	912	636	70
Oppland	1108	777	70
Buskerud	934	472	51
Vestfold	636	296	47
Telemark	898	128	14**
Aust-Agder	935	655	70
Vest-Agder	906	569	63
Rogaland	1316	646	49
Hordaland	1839	906	49
Sogn og Fjordane	1297	840	65
Møre og Romsdal	1241	731	59
Sør-Trøndelag	1094	726	66
Nord-Trøndelag	884	215	24**
Nordland	1342	879	65
Troms	870	86	10**
Finmark	504	299	59
SUM	18906	9585	55

Tabell 12. Fordeling av bruer fylkesvis og med andel over «Elv/Innsjø»

*= I dette antallet er også inkludert enkelte kommunale bruer.

**= I Telemark, Nord-Trøndelag og Troms er det store mangler mhp registrering av bruer over «Elv/Innsjø»

Antall bruer

I henhold til tabellen over er det registrert 18900 trafikkerte vegbruer på det norske vegnettet inkluderte enkelte kommunale bruer. Det er fra Vegdirektoratet opplyst at hvis man korrigerer for de registrerte kommunale bruene så er det ca. 18.000 bruer på riks- og fylkesvegnettet. Det er dette antallet på 18000 bruer vi vil benytte når vi skal vurdere kostandskonsekvenser for bruer mhp klimaendringer.

Andel av bruer over Elv/Innsjø

Andel av bruer som går over elv/innsjø er på landsbasis 55 % når man korrigerer for de 3 fylkene hvor det er mangelfulle opplysninger.

Bruenes størrelse

Med hensyn på fordelingen av bruenes størrelse er det iht. tabell 13 (basert på oversiktsrapporter i Brutus) vist at 66 % av brumassen har en lengde mindre enn 15 meter. For bruer mindre enn 25 meter er denne andelen 87 %. Denne fordelingen er basert på en brumasse på 15000 bruer. På den resterende brumassen på over 3000 bruer er ikke lengder / spennvidde registrert. En stor del av disse konstruksjonene hvor ikke spennvidde er registrert er kulverter og rør (kfr. tab. 14) hvor spennvidde i all hovedsak er mindre enn 15 meter. Det vil si at hovedtyngden av den samlede brumassen er små bruer med lengder mindre enn 15 meter.

Spennvidde	%-vis fordeling	% akkumulert
2,5 – 5,0	22,9	22,9
5,0 – 10,0	25,6	48,5
10,0 – 15,0	17,6	66,1
15,0 – 25,0	21,3	87,4
25,0 – 35,0	6,6	94
35,0 – 50,0	2,5	96,5
50,0 – 75,0	1,6	98,1
75,0 – 100,0	0,6	98,7
100,0 – 200,0	1,0	99,7
>200,0	0,3	100

Tabell 13. Fordeling av bruere som funksjon av spennvidde

Brutype	Antall <15 meter	Antall <25 meter
Kulverter / rør	108	115
Platebruere	6608	7628
Plassprod bjelkebru	368	608
Prefab. elementbruere	658	1542
Stålbjelkebruere	1685	2530
Kassebruere	2	17
Buebruere	29	50
Hvelvbruere	289	342
Fagverk	7	60
Sprengverk	27	59

Tabell 14. Fordeling av brutyper som funksjon av spennvidde.

5.2 Bruere på utvalgte strekninger

Med bakgrunn i pinseflommen i Gudbrandsdalen i 2011, samt utbyggingen av ny E6, er deler av Gudbrandsdalen valgt ut som et pilotområde for detaljerte vurderinger knyttet til konsekvenser av flom på bruere.

Det er kommunene Lillehammer, Øyer, Ringebu, Sør-Fron, Nord-Fron og Sel i som er valgt ut for en slik vurdering. Det er først utført et datasøk i BRUTUS for å få oversikt over hvilke bruere som går over vann, dvs «Elv/Innsjø».

Denne oversikten er så gjennomgått av personell med lokal detaljkunnskap fra vegkontoret for å gruppere bruene inn i følgende 3 kategorier.

- Bruere som har tidligere flomskader
- Bruere som har høy risiko for flomskader
- Bruere som er vurdert som sikre mot flom

Forutsetningene for utvelgelsen i disse 3 gruppene er beskrevet i de neste avsnittene og viser at det er mangelfullt grunnlag for å trekke helt sikre konklusjoner.

Vurdering er utført på grunnlag av erfaringer, rapporter og foto i forbindelse med tidligere flomhendelsene, informasjon i Brutus, topografi, geometri på brustedet og lokalkunnskap. Informasjon i Brutus om utforming av fundamenter, fundamenteringsdybde, grunnforhold og plastring er mangelfull og gir i hovedsak kun informasjon om fundamentene står på fjell eller løsmasser (på mange bruere er det ingen info om dette heller). Det er ikke utført detaljerte søk i bruarkiv mhp ytterligere

datagrunnlag. Det er heller ikke gjort noen vurdering av hvor stort gjennomløpet er i forhold til vannføringen i vassdraget. Fare for kollaps av enkeltfundamenter pga. dårlig eller manglende plastring er ikke vurdert siden man ikke har opplysninger om dette i Brutus.

Flomskader er vurdert som at hele gjennomløpet har vært fylt med vann, tett av løsmasser eller vegetasjon i form av kvist, stokker etc., eller at hele brua eller enkelte bruelementer har kollapset eller blitt påført betydelige skader. Enkelte av bruene utsatt for en flomhendelse iht. denne definisjonen har derfor ikke blitt påført konstruktive skader.

Ut i fra hendelser i Hedmark og Oppland er det erfart at årsaken til at bruene kolliderer ofte er at gjennomløpet ikke klarer å ta unna flomvannet, enten fordi det i utgangspunktet er for lite i forhold til flomvannføringen i vassdraget eller at det er redusert pga. løsmassetransport eller transport av organisk materiale i form av kvister, trestokker etc. En annen årsak har vært at flomvannet begynner å grave bak et landkar pga. manglende plastring, dårlig fundamentering og/eller endrede strømningsforhold på brustedet pga. endringer av elveløpet.

Alle bruer som har blitt tatt av flom eller fått alvorlige bæreevneskader i Hedmark og Oppland de siste årene har stått på løsmasser. Bruer hvor det er angitt i Brutus at de er fundamentert på fjell er derfor vurdert som ikke flomutsatte.

I tabell 16 er bruene gruppert i de 3 kategoriene som beskrevet over. I henhold til definisjon på ulike nivåer ROS-analyser beskrevet i 'Klima og transport' sin rapport «Risiko- og sårbarhetsanalyse av bruer mht. vær-relaterte hendelser» (SVV rapport 23), så tilsvarer denne utvelgelsen ROS-analyse - Nivå 1.

For å få et sikrere grunnlag for utvelgelsen av flomutsatte bruer ville det ha vært nyttig å få gjennomført en utvidet ROS-analyse (Nivå 2) for de aktuelle bruene i Gudbrandsdalen. Dette har det ikke vært rammer for innenfor dette prosjektet.

Kommune	Antall bruer på Rv/Fv	Antall bruer over vann	%-andel over vann	<15 meter over vann	%-andel <15 meter over vann
Lillehammer	88	35	40%	22	63%
Øyer	44	29	66%	25	86%
Ringebu	41	28	68%	20	71%
Sør-Fron	26	13	50%	10	77%
Nord-Fron	30	20	67%	13	65%
Sel	56	37	66%	23	62%
SUM	285	162	57%	113	70%

Tabell 15. Andel av flomutsatte bruer i Gudbrandsdalen / andel < 15 meter

Kommune	Antall bruer over vann	Ikke flomutsatte	Tidligere flomskader	Flomutsatte	% flomskadde/flomutsatte	%-andel <15 meter
Lillehammer	35	21	1	13	40%	100%
Øyer	29	22	4	3	24%	100%
Ringebu	28	23	1	4	18%	80%
Sør-Fron	13	9	2	2	31%	100%
Nord-Fron	20	11	3	6	45%	89%
Sel	37	23	6	8	38%	64%
SUM	162	109	17	36	Snitt = 33%	Snitt = 85%

Tab 16. Fordeling av bruer i Gudbrandsdalen i forhold til risiko for flomskader.

Det er 285 bruer i disse seks kommunene. 162 av bruene går over vann (57 %).

Av de 162 bruene over vann er 109 stk. vurdert som ikke flomutsatte (67 %), 17 stk. har hatt tidligere flomskader (11 %) samt 36 bruer (22 %) er vurdert som mulig flomutsatte.

Av de 53 bruene som har hatt tidligere flomskader eller som er vurdert som flomutsatte så er dette i all hovedsak (85 %) 1-spenns betongplater og bjelkebruer med spennvidder fra 3 til 15 meter fundamentert på løsmasser. Slik sett så er det en liten variasjon i brutypene som blir vurdert som flomutsatte.

De vurderingene som er lagt til grunn for å komme frem til andel av bruer som er vurdert som flomutsatte er basert på de erfaringer man har med flom frem til i dag. Det kan man da si gjenspeiler et etterslep i forhold til dagens regelverk mhp utforming av bruer for å motstå flomskader, dvs. et behov i forhold til tilpasning til dagens klima.

På den annen side så har tendensen i de siste årene vært slik at det i tillegg til de store flommene i 1995 og 2011 har vært mange mindre flommer forårsaket av svært kraftig lokal nedbør som kanskje bare rammer ett vassdrag. Disse flommene opptrer muligens på en slik måte som man kan forvente at fremtidens flommer forårsaket av klimaendringer kan opptre. Slik sett så kan den utvelgelse som er gitt i tabell 16 inneholde både etterslep i forhold til dagens regelverk og gjenspeile effekt av fremtidige klimaendringer.

Eksempler på flomskadde små platebruer er vist nedenfor ved bruene Haugland og Ulberg. Disse bruene representative for en stor del av de øvrige bruene som er vurdert som flomutsatte.



Haugland bru før flomskadene



Nytt elveløp ved siden av brua lagt gjennom stålrør.



Ulberg bru – oppstrøms side



Ulberg bru. Landkar og vinge nedstrøms har undergraving og setninger



Utgravinger i elveløpet oppstrøms



Avsetning av løsmasser nedstrøms side

Figur 9. Flomskadde små platebruer

Haugland bru ligger på Fv403 i Sør-Fron kommune og er ei betongplatebru med brulengde på 4,1 meter. Vegen ble her gravd opp helt inntil det ene landkaret fordi vannet flommet over vegen og inn på tunet til eiendommen på nedstrøms side av brua. Driftsentreprenøren la her ned rør og fylte over med masser slik at vegen kunne åpnes igjen. Årsak til at vannet flommet over her var at gjennomløpet under brua ble fylt helt igjen med løsmasser og kvist.

Ulberg bru ligger på Fv256 i Sør-Fron kommune og er ei betongplatebru med brulengde på 3,8m. Nedre del av det ene landkaret ble alvorlig skadet ved at det ble undergravd og fikk setningsskader. Gjennomløpet under brua ble på et tidspunkt helt sperret av trær og kvist fra et jordras i lia ovenfor brua, men dette ble fjernet før vannet flommet over vegen. Årsak til setningsskadene og undergravningen på landkaret er at elveløpet nedstrøms brua har blitt senket på grunn av stor vannføring og hastighet.

På øvrige bruer har en kombinasjon av ekstrem flom og for lite gjennomløp under brua også ført til store skader på erosjonssikringen rundt fundamentene. Undergravningen har også vært forårsaket av at bruene har vært for korte ved at fundamentene/landkarene har vært plassert helt ute i elvekanten. Tiltak har vært erosjonssikring med sprengsteinsblokker oppstrøms for brua.

Elveløpene ved mange av bruene ble også endret mye i løpet av flommen ved at løsmasser innsnevret elveløpet oppstrøms for bruene slik at hovedstrømmen har endret retning og gått rett mot landkar og forårsaket erosjonsskader der.

5.3 Drift og vedlikehold

Skadeforløpet på eksemplene beskrevet i forrige kapittel har startet ved at elveløpet delvis har blitt fylt igjen av løsmasser ført med flomvannet. Denne problemstillingen ble også registrert på flere bruer under pinseflommen i Gudbrandsdalen i 2011, men skadeforløpet utviklet seg ikke til fullt sammenbrudd. Bruene Solhjem og Vangen (figur 10) er eksempler på delvis oppfylt elveløp. På Solhjem bru ble ca. 1,5 meter av høyden på elveløpet under brua fylt opp med løsmasser under flommen. På Vangen bru var i utgangspunktet høyden på elveløpet meget lavt og elveløpet under brua ble her nesten helt fylt opp med løsmasser.

Et videre skadeforløp på disse bruene her ville kunne vært at elva gikk over vegen og gravde seg inn i og ned i vegfylling bak landkar.

En gjennomgang av tidligere inspeksjonsrapporter og fotodokumentasjon viser at for disse bruene har elveløpet blitt fylt opp med løsmasser under den aktuelle flommen. Forebyggende tiltak med frigraving for å senke elvebunnen ville derfor trolig ikke hatt noen forebyggende effekt her.

For bruer som krysser elver med mere stille vannføring vil avsetninger kunne heve elvebunnen over tid. På denne typen bruer vil man trolig kunne forebygge flomskader ved frigraving av elveløpene som et forebyggende tiltak.

Som nevnt i kap. 3, er det et driftskontraktansvar å renske vanngjennomløpet under bruer. I en flomsituasjon er ansvaret begrenset slik at man etter regning får dekket arbeid som overstiger kostnader på 10.000 kr.



Solhjem bru. Foto tatt i 2002



Elveløpet under utgraving. Kun 0,5 meter klaring til UK overbygning.



Elveløpet etter utgraving i 2011



Vangen bru – oppstrøms side. Foto fra 2006



Oppfylling av løsmasser etter flommen 2011

Figur 10. Solhjem og Vangen bruer

MOTIV- kostnadsmodellen for denne oppgaven benytter en enhetskostnad på 11.000 kr/bru (dvs ca. en arbeidsdag med gravemaskin og lastebil) og et renskiltak hvert 10. år. Det er ikke skaffet til veie erfaringsdata for faktisk omfang av denne oppgaven, og det er derfor ikke gått videre med å estimere en kostnadsøkning pga. klimaendring.

For entreprenørene som utfører driftskontraktene kan det i enkelte tilfeller være vanskelig å bedømme i hvilken grad elveløpet er blitt fylt opp med løsmasser, da man ikke har gode referanser på grunn av manglende tegningsgrunnlag samt erfaringsmateriale om elveløpets utvikling. Det har også i en del av disse driftskontraktene vært mangelfulle opplysninger om omfanget av bruer som går over elver og derfor vært vanskelig for entreprenørene å prise denne tjenesten riktig.

5.4 Oppgradering / gjenoppbygging

For å få frem kostnadsdata for oppgradering av flomutsatte bruer er det tatt utgangspunkt i gjenoppbygging av Sandbu bru i Oppland og Trya bru i Hedmark. Begge disse er små platebruer i betong som ble tatt av flommen i 2011 og som nå er gjenoppbygd.

Som et eksempel er her vist gjenoppbyggingen av Sandbu bru i Sel kommune. Brua er beliggende på Fv 418 på vestsiden av Lågen rett syd for Otta sentrum. Brua er en betongplatebru med spennvidde på 4,5 meter som er fundamentert på løsmasser med kasselandskar med vertikale vegger (figur 11). Bruas størrelse tilsier et begrenset vanngjennomløp. Denne brua ble tatt av pinseflommen i 2011, og driftsentreprenøren la ned rør og fylte opp slik at vegen kunne åpnes igjen.

Årsak til at brua kollapset var mest sannsynlig for lite vanngjennomløp under brua, slik at vannet begynte å grave bort masser bak/under landskar som igjen førte til at disse veltet.



Sandbu bru før flommen inntraff



Brua tatt av flommen er erstattet med stålrør



Flommen gravde ut elveløpet oppstrøms side av brua

Figur 11. Sandbu bru

For ny Sandbu bru er det prosjektert en større og lengre platebru hvor spennvidden er doblet og vanngjennomløpet er tilsvarende økt. Størrelsen på det nye vanngjennomløpet er dokumentert med hydrologiske beregninger. Det er i disse beregningene lagt til grunn 200-års flom som er korrigert med en klimafaktor på 1,4 for å ta hensyn til fremtidige klimaendringer. Elveløpet er erosjonssikret med kraftige sprengsteinsblokker.

Anbudssummen på gjenoppbyggingen av denne brua hadde en total kostnad på 4 millioner kroner.

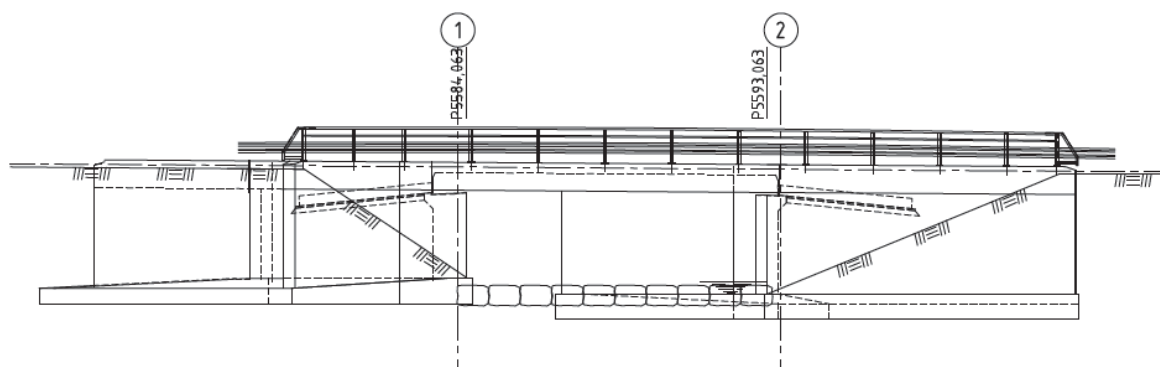


Fig 12. Ny Sandbu bru

Med hensyn på oppgradering av erosjonssikringen på bruer er det i FoU-prosjektet 'Klima og transport' utgitt flere rapporter knyttet til slike oppgraderinger. De aktuelle bruene har vært Middøla bru i Tinn i Telemark, Bitu bru i Vinje i Telemark samt bruene Stavså, Tanså, Ruså og Vinje også i Telemark

For dimensjonering av erosjonssikring er det i disse rapportene påpekt følgende hovedpunkt:

- Valg av dimensjonerende gjentaksintervall, f.eks. 200-års flom.
- Flomberegning, som gir vannføringen for dimensjonerende flom, f.eks. Q200
- Beregning av hydrauliske parametere som vannhastighet, dybde og skjærspenning.
- Beregning av hvor stor stein som er nødvendig.
- Beregning av sikringens tykkelse og utstrekning.
- Utforming av sikringen, behov for filter.
- Vurdering av spesielle forhold, f.eks. is og bunnsenkning.

Som et eksempel på oppgradering av erosjonssikring er arbeidene på Middøla bru lagt til grunn. Landkarene har her blitt undergravd flere ganger.

Det er utført flere flomberegninger, som har gitt svært forskjellig resultat. Det er også gjort vurdering knyttet til 500 års gjentaksintervall på flom. Det fremgår av rapporten at det er store usikkerheter knyttet til flom og vannføringsberegningene.

Ny erosjonssikring ble beregnet basert på metodene i NVEs «Veileder for erosjonssikring med stein» og 200-års flom er lagt til grunn.

Elvebunnen og breddene ble her sikret med stor sprengstein forsterket med sprøytebetong som vist på figur 13.

Det fremgår ikke av rapporten kostnader for oppgradering av erosjonssikringen.



Figur 6 Middøla bru, ny sikring, juni 2009

Fig 13. Erosjonssikring Middøla bru

5.5 Momenter som har vært medvirkende til flomskadene

Momenter som har vært medvirkende til flomskadene på bruene kan oppsummeres på følgende måte:

- For korte bruer. Landkarene står helt ute i elvekanten og er i mange tilfeller heller ikke fundamentert dypt nok eller godt nok.
- For liten frihøyde eller gjennomløp under bruene.
- For dårlig erosjonssikring rundt fundamentene.
- Enkelte elver er sterkt masseførende. Elva legger igjen masse under bruene som igjen fører til at gjennomløp får for lite kapasitet.

For bruer over masseførende elver/bekker er det også viktig at det opprinnelig prosjekterte vanngjennomløpet under bruene opprettholdes eller økes. I dag er dette en oppgave som ligger i driftskontraktene, men dette blir nok dessverre ikke prioritert høyt nok. Gjennomløpene under mange bruer er i dag i mange tilfeller innsnevret.

5.6 Prosjektering av nye bruer

I FoU-prosjektet 'Klima og transport' er det gitt innspill til SVVs Håndbok 185 «Bruprosjektering».

I dagens versjon av håndboken (2010) legges flomvannstanden tilsvarende 200-års flom til grunn for krav til fri høyde over vann og vassdrag.

'Klima og transport' prosjektet foreslår at man vurderer muligheter til å stille krav i forhold til /ta høyde for 1000 års flom som ulykkeslast, etter at dimensjoneringen for 200-års flom er gjennomført. Kriteriene er at ikke hele bruene går tapt /at det ikke er fare for menneskeliv ved mulig ekstrem flomsituasjon. Prosjektet anbefaler videre at det stilles strengere krav til robust fundamentering, bl.a. fundamenteringsdybde.

Vi har for dette prosjektet ikke funnet gode referanser mhp flomsikring knyttet 1000-års flom. For bruene i Telemark som er omtalt i kap. 5.4 er det utført beregninger for 500-års flom, men for dimensjoneringen av erosjonssikringen på disse bruene er 200-års flom lagt til grunn.

I forbindelse med prosjektering av nye brukryssinger ved Farriseidet i Larvik er det lagt til grunn flomberegninger for 1000-års flom for ny Hammerdalen bru. Bakgrunnen for at 1000-års flom er lagt til grunn for denne brua er at den ligger rett nedstrøms Farrisvatn dam. For denne brua ligger veglinjen så høyt at det kun er erosjonssikringen for pilarene som er påvirket av flomvannsføringen. Ekstra tiltakene knyttet til en økning fra 200 til 1000-års flom er derfor veldig begrenset for denne brua.

For å sikre bruer mot økt flomvannsføring er det flere tiltak som kan legges til grunn ved prosjektering. Det må vurderes om nye bruer skal prosjekteres med større lengde i elver som er masseførende for å få større gjennomløpskapasitet, samtidig kan en endring/utvidelse av elveløpet under brua føre til lavere vannhastighet og at elva legger igjen mere masser. Dette kan løses i de fleste tilfeller ved å beholde opprinnelig bredde på bunn elv men legge ut skråningene med 1:2 helning. Skråningene/elveforbygning erosjonssikres godt med sprengsteinsblokker av stor størrelse.

Det er også viktig med god kjennskap til grunnforholdene ved fundamentering for brua, dvs at det alltid må utføres grunnundersøkelser i forkant av prosjektering. Mulige forebyggende løsninger er å øke fundamenteringsdybden for løsmassefundamenter, alternativt å benytte pelefundamenter der man tidligere ville ha valgt løsmassefundament.

Vurdering av vanngjennomløp og utforming av elveløp samt plastring krever et nært samarbeid med NVE og at det trekkes inn geoteknisk kompetanse i planleggingen.

5.7 Kostnadsvurderinger

5.7.1 Eksisterende bruer

For å få en oversikt over kostnader for å forhindre flomskader kan en aktuell metode være å benytte metoden fra tilsvarende svensk undersøkelse [4] ved at man tar en prosentsats av gjenanskaffelsesverdien på de aktuelle flomutsatte bruene.

Estimering av brumassen som er flomutsatt baserer seg på oversiktene og vurderingene i kapittel 5.1 og 5.2.

I henhold til kap. 5.1 går ca. 55 % av den samlede brumassen over «Elv/Innsjø». Videre er hovedtyngden av disse bruene mindre enn 15 meter og den mest utbredte brutypen er ett-spenns platebruer i betong.

For å vurdere hvor stor andel av brumassen over «Elv/Innsjø» som er flomutsatt har vi kun detaljvurderingene i Gudbrandsdalen å legge til grunn. Her ble 33 % av denne brumassen vurdert til å være flomutsatt. Som nevnt i kap 5.2 er disse bruene også vurdert som flomutsatte i forhold til dagens regelverk med dimensjonering for 200-års flom. Bakgrunn for dette er at for mange av disse bruene er det ikke lagt noen flomberegninger til grunn ved prosjektering og bygging.

Som et grunnlag for å vurdere behov for tiltak på den samlede brumassen på landsbasis er nok forholdene til sidevassdragene i Gudbrandsdalen noe ugunstige. Dette på grunn av relativt bratte dalsider som kan gi meget stor vannhastighet og med stor føring av løsmasser med tilhørende fare for flomskader.

Hvis man legger til grunn at 10 % av brumassen som går over elv/innsjø vil være flomutsatt på landsbasis så gir dette en brumengde på 18000 bruer x 0,55 x 0,1, dvs ca. 1000 bruer hvor det på sikt bør iverksettes tiltak.

Videre legger man til grunn at tiltak på den utsatte brumassen vil omfatte alt fra full ombygging til frigraving av elveløpet og forbedret erosjonssikring. Det største tiltaket er knyttet til full ombygging av brua. For en typisk utsatt platebru er dette beregnet til 4 millioner.

Vi velger foreløpig å kostnadsberegne tiltakene på de eksisterende flomutsatte bruene til å være 50 % av en full gjenoppbygging. Det vil si 2 millioner pr. konstruksjon. Med 1000 flomutsatte bruer over «Elv/Innsjø» og en oppgraderingskostnad pr bru på 2 millioner gir dette en kostnad på 2 milliarder.

Med en stor brumasse som man har i Norge ser man at en variasjon av andelen bruer man vurderer som flomutsatt vil ha meget stor betydning på kostnadene. En økning av den antatte utsatte brumengden fra 10 til 20 % vil gi en dobling i oppgraderingsbehovet fra 2 til 4 milliarder.

Som tidligere beskrevet er en stor andel av de bruer som er utsatt for flom knyttet til et etterslep i forhold til dagens regelverk. Hvis man anslår en kostnadsøkning på 10 % av disse «ettersleps» kostnadene for å ivareta klimaendringer så utgjør dette ca. 200 millioner kroner.

Praksis for oppgradering av den eksisterende brumassen mhp flomskader har frem til i dag vært at bruene har blitt reparert når skader har oppstått, eller at oppgradering har blitt utført i forbindelse med ombygginger som f.eks. breddeutvidelser.

Det totale oppgraderingsbehovet på den eksisterende brumassen pga klimaendringer er ikke regnet om til noen årlig kostnader. Dette er begrunnet med usikkerhet til hvordan et slikt fornyings / forsterkningsprogram pga. klimatilpasninger skal gjennomføres. En del av denne «klimautsatte» brumassen kan også bli skiftet ut av andre årsaker.

5.7.2 Nye bruer

I Håndbok 185 «Bruprosjektering» legges det til grunn 200-års flom som dimensjonerende for frihøyde (gjennomløpsareal) og flomlast, i tråd med anbefalingene fra 'Klima og transport'. Prosjektet anbefaler at man i tillegg gjennomfører en vurdering av kapasitet i forhold til 1000-års flom som ulykkeslast, etter at dimensjoneringen for 200års flom er gjennomført. Kriteriet er at ikke hele konstruksjonen går tapt og/eller at det ikke er fare for menneskeliv ved mulig ekstrem flomsituasjon. Dette vil i noen tilfeller medføre økt gjennomløpsåpning under bruene, noe som vil gi økt byggehøyde og /eller økt lengde på bruene. Økt vannføring vil også gi økt strømningshastighet som vil kreve kraftigere og mer omfattende erosjonssikring. Disse ekstra tiltakene for å hindre skader ved økt vannføring vil variere fra brused til brused, knyttet til den lokale topografien og vegens linjeføring. I enkelte tilfeller vil en økt vannføring kun ha minimal innvirkning på byggekostnadene på brua.

Ut fra datagrunnlaget i Brutus er det i gjennomsnitt bygget 150 bruer i året over de siste 15 år, med en samlet størrelse på 125 000 m² bruareal (brulengde x bredde). Med en gjennomsnittlig enhetspris på 25.000,- / m² gir dette en byggekostnad for bruer på ca. 3 milliarder pr. år. Ut fra status på dagens brumasse antar vi at 50 % av bruene vil bli bygd over vann. Videre antar vi at denne brumassen vil få en økt byggekostnad på 10 % for å ivareta økte krav til flomsikring. Dette gir en økt byggekostnad på 150 millioner pr. år.

På samme måten som for den eksisterende brumassen vil det være store usikkerheter knyttet til disse kostandene pga. en del «grove» antakelser.

6 Stikkrenner

6.1 Innspill fra 'Klima og transport'

Blant leveransene fra etatsprogrammet 'Klima og transport' var det flere innspill rettet mot klimatilpasninger ved dimensjonering av stikkrenner, samt tiltak knyttet til drift og vedlikehold av drens- og overvannssystemene for riks- og fylkesvegnettet.

To av de helt konkrete forslagene ved dimensjonering av stikkrenner var innføring av en klimafaktor for å ivareta de forventede fremtidige endringer i nedbørintensiteten, samt en økning i sikkerheten for dimensjoneringen ved å øke returperioden for dimensjonerende nedbørintensitet.

I tillegg ble det foreslått å erstatte IVF-tabellene, figur 405.3 i Håndbok 018 med regler for å hente ut IVF-tabeller for meteorologiske målestasjoner ved hjelp av programmet *eKlima* fra Meteorologisk institutt. Disse forholdene er nærmere diskutert nedenfor. Håndbok 018 Vegbygging, versjon 2011, har på dette punktet tatt inn alle tre forslagene fra etatsprogrammet.

6.1.1 Klimafaktor

Ved dimensjonering av stikkrenner basert på avrenning fra små felt (avrenningsfelt mindre enn 2 – 5 km²) er det anbefalt bruk av den rasjonelle formel som er utvidet med en klimafaktor K_f . For tekniske installasjoner som har en forventet teknisk levetid på 100 år eller mer, er det angitt en klimafaktor lik 1,3 for 10 års returperiode for nedbør og 1,4 for 100 års returperiode for nedbør. Bruk av klimafaktoren bygger på en analyse utført i 2008 av Spildevandskomiteen ved Ingeniørforeningen IDA i Danmark.

6.1.2 Økning i returperiode

Valg av sannsynlighet for at nedbørintensiteten skal overstige en dimensjonerende verdi, uttrykkes ved returperioden slik det er vist i figurene nedenfor. Av disse figurene ser en at det er gjennomført en forenkling i valg av dimensjonerende returperiode, samtidig som returperioden er øket. For veg med omkjøringsmulighet er returperioden øket fra 25 år/50 år til 100 år, og for veg uten omkjøringsmulighet er returperioden øket fra 50 år/100 år til 200 år.

Veg-/dreneringselement	Valg av returperiode			
	Veg med omkjøringsmuligheter		Veg uten omkjøringsmuligheter	
	Konsekvenser		Konsekvenser	
	Store	Små	Store	Små
Rister, sluk, overvannsledning, terrenggrøfter	25 år	10 år	50 år	25 år
Kulvert, innløp, utløp, nedføringsrenne med mulighet for stighøyde ¹⁾ og/eller alternativt flomløp	50 år	25 år	50 år	50 år
Kulvert, innløp, utløp, nedføringsrenne uten mulighet for stighøyde eller alternativt flomløp ²⁾	50 år	25 år	100 år	100 år

Figur 14. Del av Figur 403.1 i Håndbok 018 utgave 2005

Veg-/dreneringselement	Valg av returperiode for nedbør ¹⁾	
	Veg med omkjøringsmuligheter	Veg uten omkjøringsmuligheter
Rister, sluk, overvannsledning, terrenggrøfter - LANGS VEIEN	50 år	100 år
Kulvert, innløp, utløp, nedføringsrenne - PÅ TVERS AV VEIEN	100 år	200 år
Sikring av nye eller justerte elve- eller bekkeløp ²⁾	100 år	200 år

¹⁾ I områder hvor overvann fra veg skal tilknyttes kommunale/lokale overvannssystemer skal kommunale/lokale dimensjoneringsregler følges.

²⁾ NVE skal kontaktes ved endring av vassdrag.

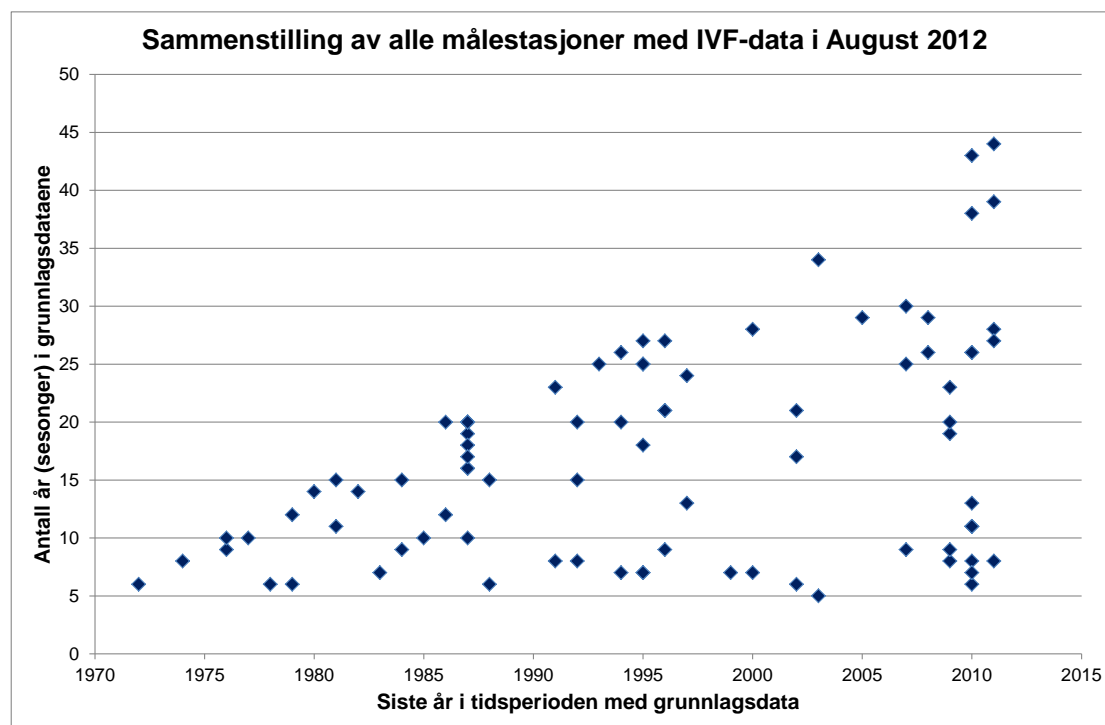
Figur 15. Figur 403.1 i Håndbok 018 utgave 2011

Konsekvensene av denne endringen er diskutert nærmere i avsnittene nedenfor.

6.1.3 IVF-tabeller fra eKlima

Hensikten med å ta ut IVF-tabellene (Intensitet – Varighet – Frekvens) fra Håndbok 018 og erstatte dette med anbefalinger om å hente ut IVF-tabeller fra Meteorologisk institutt ved hjelp av programmet *eKlima* legges det til rette for en utnyttelse av oppdaterte IVF-tabeller som er uavhengig av revisjoner av Håndbok 018. Man får samtidig tilgang til et større datagrunnlag ved at *eKlima* gir tilgang til data for 86 nedbørstasjoner (høsten 2012) mot 28 stasjoner i 2005-utgaven av Håndbok 018.

Samtidig får brukeren et større ansvar med hensyn til å velge den/de mest pålitelige nedbørstasjoner som samtidig er representative for det veganlegg man skal dimensjonere stikkrenner for. Det er relativt store variasjoner mellom IVF-tabellene fra de forskjellige nedbørstasjoner, både med hensyn til antall år som inngår i datagrunnlaget og i hvor stor grad de siste årene inngår i datagrunnlaget. Dette forholdet er vist i figuren nedenfor.



Figur 16. Datagrunnlag for målestasjoner med IVF-tabeller

Figuren over viser at rapportene med IVF-tabeller omfatter alt fra en nedbørstasjon med 44 års registreringer, hvorav siste år var 2011, til en nedbørstasjon med 6 års registreringer, hvorav siste år var 1972.

I Vedlegg 2 er det vist en oversikt over den prosentvise økning i dimensjonerende nedbørintensitet som følge av økningen i returperioden. I gjennomsnitt får man følgende økning i dimensjonerende nedbørintensitet.

Fra 25 år til 100 år returperiode:	21 % økning
Fra 50 år til 100 år returperiode:	9 % økning
Fra 50 år til 200 år returperiode:	19 % økning
Fra 100 år til 200 år returperiode:	8 % økning

Både någjeldende og tidligere utgaver av Håndbok 018 inneholdt en tabell over typiske avrenningsfaktorer som funksjon av marktype, figur 405.2. I kommentarteksten til punkt 405.4 er det presisert at «*Regn på frosset og islagt område og vannmettet grunn kan gi avrenning som for bart fjell*». Ut fra de erfaringer man har fra de seinere årene, bl.a. med oversvømmelse på grunn av for små stikkrenner, kan man i mange tilfeller fastslå at nedbøren den aktuelle dagen ikke var ekstremt stor, men at den kom etter en lang periode med mye nedbør slik at grunnen var tilnærmet vannmettet.

Det er mulig at en del av klimatilpasningene for fremtidig økning i nedbøren bør være at man i større grad bruker avrenningsfaktorer som er større enn det som er angitt i figur 405.2 i Håndbok 018. Dette forholdet er ikke tatt inn i vurderingene nedenfor.

Dersom man kombinerer effekten av en økning i dimensjonerende returperiode med den ovenfor omtalte klimafaktor på 1,4, får man at klimatilpasningen som er tatt inn i Håndbok 018 tilsier at stikkrenner skal dimensjoneres for vannmengder som er ca. 65 % større enn de var uten klimatilpasningen. I praksis tolkes beskrivelsen av klimafaktoren i Håndbok 018 som at man ved dimensjonering av stikkrenner kan benytte en klimafaktor som er lavere enn 1,4 dersom de stedlige forhold tilsier dette.

6.2 Stikkrenner på riks- og fylkesvegnettet

Tabellen nedenfor viser en sammenstilling av stikkrenner på riks- og fylkesvegnettet. Dataene er hentet fra NVDB.

	Totalt antall i NVDB	Antall registrert med lengde 1,0 m eller mer	Andel med angitt lengde	Gjennomsnittlig lengde, meter	Lengde av Rv og Fv, km	Avstand mellom hver stikkrenne, meter
Østfold	14 741	10 308	70 %	10,36	1 940	132
Akershus	10 731	302	3 %	6,23	2 220	207
Oslo	3	0			176	
Hedmark	39 158	7 027	18 %	10,82	4 544	116
Oppland	40 660	333	1 %	13,86	3 734	92
Buskerud	22 766	19 570	86 %	13,26	2 368	104
Vestfold	9 380	4 390	47 %	12,70	1 360	145
Telemark	27 541	25 495	93 %	11,19	2 329	85
Aust-Agder	20 727	16 664	80 %	10,02	1 963	95

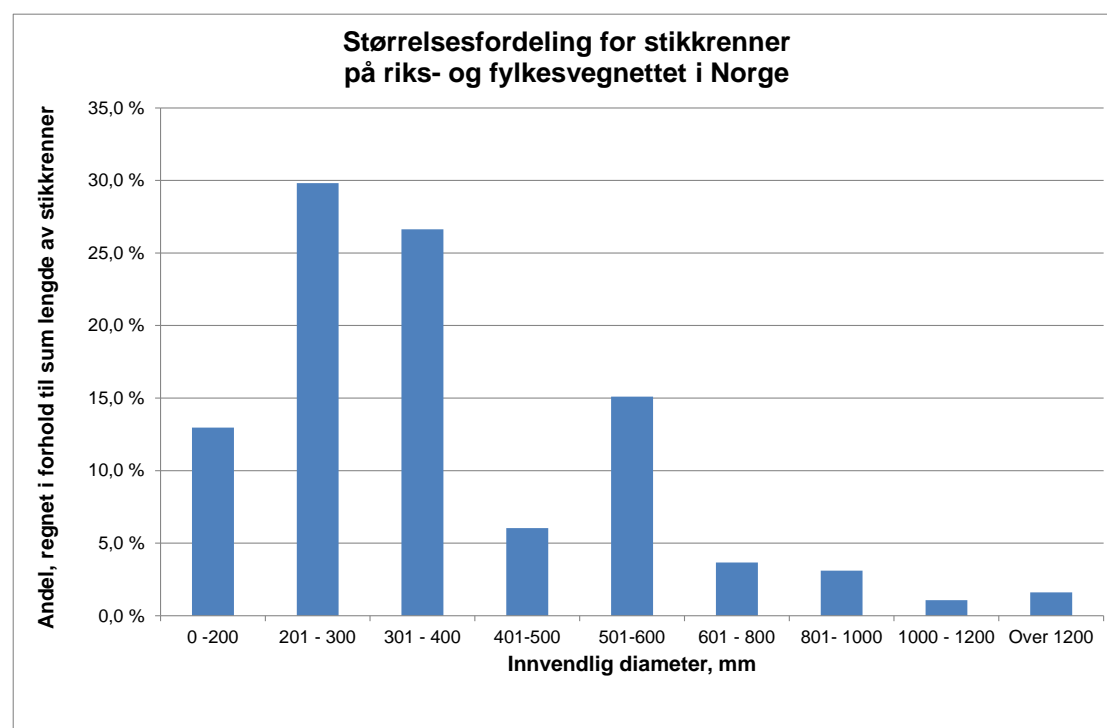
Vest-Agder	28 406	26 676	94 %	10,23	2 295	81
Rogaland	21 366	20 796	97 %	10,89	2 969	139
Hordaland	26 290	20 766	79 %	11,43	3 640	138
Sogn og Fjordane	37 862	37 264	98 %	10,42	3 285	87
Møre og Romsd.	47 579	41 453	87 %	12,61	3 609	76
Sør-Trøndelag	29 535	27 426	93 %	12,42	3 324	113
Nord-Trøndelag	28 788	1 182	4 %	12,55	3 354	117
Nordland	45 664	29 071	64 %	10,37	5 347	117
Troms	41 567	9 495	23 %	10,26	2 488	60
Finnmark	14 257	414	3 %	12,62	2 721	191
Totalt	507 021	298 632	59 %	11,27	53 666	106

Tabell 17. Stikkrenner på riks- og fylkesvegnettet, registrert i NVDB

Oversikten viser at det totalt er ca. 500.000 stikkrenner på riks- og fylkesvegnettet i Norge, hvorav ca. 300.000 inneholder opplysninger om stikkrennenes lengde. Antall stikkrenner gir en gjennomsnittlig avstand mellom stikkrennene på 106 meter.

Det er grunn til å anta at datagrunnlaget i NVDB er mangelfullt. For mange stikkrenner mangler helt vitale data som stikkrennenes lengde og diameter, noe som også fremkommer av tabellen nedenfor. De som arbeider med stikkrenner i Hedmark, opplyser at det totale antall stikkrenner er i størrelsesorden 70.000. Dette er vesentlig mer enn de 40.000 som er registrert i NVDB.

I figur 17 nedenfor er det vist en fordeling av stikkrenner på riks- og fylkesvegnettet i Norge. Fordelingen er basert på samlet lengde for de stikkrenner hvor NVDB inneholder data for både lengde og innvendig diameter. Denne fordelingen er benyttet som grunnlag for kostnadsvurderinger i de etterfølgende avsnitt.



Figur 17. Størrelsesfordeling for stikkrenner registrert i NVDB

6.2.1 Veg åpnet for trafikk

Kravene til dimensjonering av stikkrenner slik dette er beskrevet i Håndbok 018, gjelder først og fremst prosjektering av ny veg.

Ut fra dataene i figur 1 i Kap 2.1 er det i gjennomsnitt åpnet 205 km ny veg for trafikk hvert år siden 1987 og frem til 2010. Veg åpnet for trafikk i 2010 og 2011 inngår ikke i dette gjennomsnittet siden begrepet «riksveger» er endret som en følge av forvaltningsreformen.

Dersom man antar at gjennomsnittlig avstand mellom hver stikkrenne er ca. 100 meter, betyr det at bygging av ny veg inkluderer dimensjonering av ca. 2000 nye stikkrenner hvert år på den delen av vegnettet som i dag er angitt som riksveger og primære fylkesveger. I tillegg kommer det antall stikkrenner som følger av prosjektering av nye fylkesveger (basert på veginndelingen før forvaltningsreformen, tilsvarende grovt sett sekundære og øvrige fylkesveger etter ny inndeling). Dersom man antar at aktiviteten med bygging av ny veg er noe lavere for denne delen av det offentlige vegnettet, kan man med en viss grad av pålitelighet anta at bygging av nye fylkesveger medfører dimensjonering av ca. 1500 nye stikkrenner i året, vil det totale antall være ca. 3500 nye stikkrenner per år.

6.2.2 Utskifting på det eksisterende vegnettet

Kontakt med en rekke personer i regionene viser at det i den seinere tid har vært gjennomført en rekke utbedringsprosjekter hvor opprusting og utskifting av stikkrenner med skade har vært en del av arbeidet. I mange tilfeller er utbedringen initiert av større dekkefornyelsesprosjekter, men arbeidene administreres gjennom driftskontraktene. De fleste driftskontrakter inneholder prosesser for utskifting av stikkrenner av forskjellige dimensjoner. I de første driftskontraktene var dette en blanding av rundsumprosesser og enhetsprisprosesser hvor tiltakene ble bestilt av byggherren. I de seinere kontraktene er utskifting av stikkrenner konsekvent beskrevet som en mengdebasert prosess.

Fra Hedmark er det oppgitt av 6 - 8 % av stikkrennene må skiftes ut på grunn av skade eller andre forhold. Det er svært sjelden at stikkrennene må skiftes ut på grunn av for dårlig kapasitet. Behovet for utbedring av rennens innløp er relativt stort, i størrelsesorden 30 – 40 % av stikkrennene.

Fra Oppland sies det at behovet for utbedring av stikkrennens innløp stemmer godt med det som er oppgitt fra Hedmark. Behovet for utskifting hevdes å være langt større enn det som er oppgitt fra Hedmark. Andelen stikkrenner etablert i 1960- og 1970-årene er relativt høyt i Oppland, og en stor andel av dette er rustne korrugerte stålrørsrenner.

Dersom man antar at 10 % av alle stikkrenner har behov for utskifting og dette skal gjennomføres i løpet av 10 år¹, vil det for hele riksvegnettet i Norge være et behov for å skifte ut 5.000 stikkrenner årlig.

¹ Strategisk plan for vegvedlikehold. Ressursbehov, organisering og gjennomføring av vedlikeholdsprosessen, Statens vegvesen rapport 66

Ingen av dem vi har vært i kontakt med, oppgir at man vurderer stikkrennens kapasitet ved å gjennomføre beregninger ut fra nedbørsfeltets størrelse etc. Noen presiserer at man øker stikkrennens dimensjoner dersom det ikke er tydelig at rennen har god reservekapasitet, andre at hovedregelen er at stikkrennen erstattes av en ny med de samme dimensjoner som den som skiftes ut.

Dersom man antar at stikkrenners tekniske levetid er like lang som vegens funksjonelle levetid, som antas å være ca. 50 år, vil en returperiode innebære en risiko i størrelsesorden 22 % for at stikkrennens kapasitet blir overskredet en eller flere ganger i løpet av vegens levetid.

En antatt gjennomsnittlig funksjonell levetid på 50 kan være gjenstand for en grundig diskusjon. På den ene side er mange av de vegstrekninger som var nybygget i 1960-årene i dag bygget helt om eller har et stort behov for ombygging. På den annen side tilsier antall kilometer veg som årlig åpnes for trafikk at den faktiske levetiden er nærmere 100 år, selv om en tar hensyn til de utbedringer som har funnet sted.

I de tilfeller hvor man skifter ut en stikkrenne med samme dimensjon som eksisterende, dersom det ikke er registrert problemer av betydning med stikkrennens kapasitet, legger man seg ved utskifting på en lavere standard enn det som er angitt i Vegnormalene for bygging av ny veg. Driftens erfaringer vil normalt være basert på om man i løpet av de siste 30 – 40 årene har hatt problemer med stikkrennens kapasitet. Dette gir ikke den samme sikkerhet mot oversvømmelse som man får med 100 år eller 200 år returperiode. Denne praksis gjør det også vanskelig å få med konsekvensene av den fremtidige økning i nedbørintensiteten, uttrykt ved klimafaktoren K_f i beregningen av dimensjonerende vannmengde.

6.3 Stikkrenners kapasitet

Ved dimensjonering av stikkrenner skiller man normalt mellom stikkrenner med innløpskontroll og stikkrenner med utløpskontroll. For de fleste stikkrenner vil forholdene ligge til rette for dimensjonering etter prinsippet med innløpskontroll. Utløpskontroll er først og fremst aktuelt for svært lange stikkrenner, renner med dårlige fallforhold, eller for renner hvor utløpet er neddykket.

For stikkrenner med innløpskontroll vil man grovt skille mellom tre typer innløp:

- A: Vertikal frontmur med vinger
- B: Stikkrennens innløp er formet i samsvar med vegskråningen
- C: Stikkrennens innløp stikker ut av skråningen

En endring av stikkrennens innløp fra type C til type A gir en økning i stikkrennens kapasitet i størrelsesorden 8 til 15 %. En slik endring fanger med andre ord ikke opp kravene om å øke stikkrennens kapasitet som en følge av de forventede klimaendringer. Slike tiltak vil først og fremst være knyttet til sikring mot erosjon ved innløpet, etablere tiltak som forenkler fjerning av kvister og annet som reduserer stikkrennens funksjonalitet, etc.

Kravet om å øke stikkrennens kapasitet med minst 65 % vil innebære et krav om å øke stikkrennens innvendige diameter. I praksis vil dette innebære at en stikkrenne som etter de gamle dimensjoneringsregler skal ha en innvendig diameter lik 300 mm, bør etter de nye regler ha en innvendig diameter lik 400 mm. Tilsvarende vil en stikkrenne som etter de gamle dimensjoneringsregler skal ha en innvendig diameter

lik 400 mm etter de nye regler ha en innvendig diameter lik 600 mm, og en stikkrenne med innvendig diameter 600 mm bør økes til 800 mm innvendig diameter.

6.4 Eksempler på dimensjonering av stikkrenner

I avsnittene nedenfor er det vist tre eksempler på dimensjonering av stikkrenner:

- Fellesprosjektet E 6 Dovrebanen, delstrekning Langset – Brøhaug
- Ny E 6 Frya – Vinstra i Oppland
- E 136 i Romsdal, Pilotprosjekt for stikkrenner, ‘Klima og transport’

Dataene for de to første strekningene er hentet fra prosjektnotater utarbeidet for bygging av ny veg. Den siste strekningen består av to delstrekninger på eksisterende veg, hvor dimensjoneringen av stikkrennene er gjennomgått som en del av pilotprosjektet under etatsprogrammet ‘Klima og transport’.

Som det fremgår av avsnittene nedenfor, er den gjennomsnittlige avstand mellom de nedbørsarealer som inngår i kapasitetsvurderingene i størrelsesorden 400 – 600 meter. Dette er vesentlig mer enn den gjennomsnittlige avstand på 106 meter, som er vist i tabellen foran. Det totale antall stikkrenner på strekningene gir en gjennomsnittlig avstand mellom stikkrennene i størrelsesorden 132 meter. Dataene pilotprosjektet på E 136 viser at kapasiteten til flere stikkrennene i en del tilfeller er vurdert samlet i forhold til et felles nedbørsareal.

Vedlegg 2 i prosjektrapport «Kapasitetsberegninger av stikkrenner, E136 Dombås – Ålesund» (VD rapport nr 18) viser at noen steder dekkes et nedbørsfelt av kun én stikkrenne, mens andre steder er det opp til 8 stikkrenner knyttet til samme nedbørsfelt. I det siste tilfellet vil stikkrennene antagelig ha behov for en overkapasitet fordi man ikke alltid kan forvente et optimalt forhold mellom den enkelte stikkrennes kapasitet og tilrenningsmengden.

6.4.1 Fellesprosjektet E 6 Dovrebanen

Strekningen Langset – Brøhaug omfatter bygging av 6,3 km ny veg og 5,3 km ny jernbane. Analysen omfatter 20 vanngjennomløp, hvorav 4 stk. kun omfatter vanngjennomløp for jernbanen.

Samtlige vanngjennomløp har nedbørsfelt mindre enn 2 km² og er dimensjonert ved hjelp av den rasjonelle formel. Som grunnlag for dimensjoneringen er det benyttet IVF-data for 4781 Gardermoen. Nedbørstasjonen Gardermoen viser data med mer intenst nedbør enn de tilsvarende data for 12280 Hamar. Stikkrennene er dimensjonering for vannmengde med returperiode 200 år. Korreksjonsfaktoren 1,25 er benyttet for oppjustering av avrenningsfaktorene til 100 års returperiode. Avrenningsfaktorene er generelt lave, i gjennomsnitt 0,28 etter korreksjon. Dette er begrunnet med at nedbørsfeltene er små, slik at konsentrasjonstidene for nedbøren relativt kort. Klimafaktoren 1,2 er benyttet.

For vanngjennomløpene på strekningen Langset – Brøhaug er det gjennomført en analyse basert på følgende betingelser:

- Beregning av dimensjonerende vannmengde etter reglene i 2005-utgaven av Håndbok 018; 50 års returperiode (store konsekvenser, ingen omkjøringsmulighet) og uten klimafaktor.

- Beregning av dimensjonerende vannmengde etter reglene i 2011-utgaven av Håndbok 018; 200 års returperiode, klimafaktor 1,4 (krav som er strengere enn det som er vedtatt benyttet for anlegget).

En kombinasjon av konsekvensene av endring i returperiode og innføring av klimafaktoren 1,4 gir i gjennomsnitt en økning i dimensjonerende vannmengde på 66 %, forholdet varierer mellom 59 % og 71 %.

Når man i praksis velger dimensjoner for stikkrenner, må valget baseres på de dimensjoner som er tilgjengelige. I praksis betyr dette at stikkrennene normalt får en viss overkapasitet. For strekningen Langset – Brøhaug er denne overkapasiteten i gjennomsnitt 38 %, varierende fra 10 % til 100 %. Også i forhold til en vannmengde basert på en klimafaktor lik 1,4, har de fleste av stikkrennene en viss overkapasitet, i gjennomsnitt 18 %, varierende fra -12 % til + 78 %.

6.4.2 Ny E6 Frya - Vinstra

Strekningen Frya – Vinstra omfatter ca 22 km ny veg, hvorav ca 4,2 km er i tunnel. Analysen omfatter 40 vanngjennomløp, inklusive 2 bruer.

De mest aktuelle nedbørstasjoner med korttidsnedbør er 12280 Hamar II og 12680 Lillehammer. IVF-tabellene viser mer intenst nedbør for Hamar enn for Lillehammer. Basert på en egen utredning hvor i alt 10 nedbørstasjoner i og ved Gudbrandsdalen inngår, har man konkludert med at dataene for Hamar bør legges til grunn for dimensjonering av stikkrennene. Korreksjonsfaktoren 1,25 er benyttet for oppjustering av avrenningsfaktorene til 100 års (200 års) returperiode. Det er angitt at dimensjoneringen av stikkrenner bygger på SINTEF-rapporten fra 1992: «Flomberegning og kulvertdimensjonering».

Det fremgår ikke av notatet hvorvidt det ved dimensjoneringen er benyttet en klimafaktor ved bestemmelse av stikkrennenes dimensjonering. En sammenlikning mellom beregninger basert på tabellene i kommentarteksten til pkt 405.5 i Håndbok 018 og valgte dimensjoner indikerer det ikke ble benyttet noen klimafaktor.

På tilsvarende måte som for E6 Langset – Brøhaug er det gjennomført en sammenlikning mellom dimensjonerende vannmengde etter gamle og nye dimensjoneringsregler (den faktiske dimensjonering ligger mellom disse ved at returperiode 200 år er benyttet, men uten klimafaktor). Også for dette vegprosjektet gir kombinasjonen av øket returperiode og klimafaktor en økning i dimensjonerende vannmengde på i gjennomsnitt 66 %, forholdet varierer mellom 60 % og 76 %.

Av de i alt 40 vanngjennomløpene som inngår i prosjektet Frya – Vinstra, er det 16 stikkrenner som er egnet til en vurdering av stikkrennenes faktiske kapasitet i forhold til dimensjonerende vannmengder. For strekningen Frya - Vinstra er denne overkapasiteten i gjennomsnitt 33 %, varierende fra -24 % til +66 %. I forhold til en vannmengde basert på en klimafaktor lik 1,4, har noe over halvparten av stikkrennene en viss overkapasitet, men gjennomsnittet har en underkapasitet på -5 %, varierende fra -46 % til +19 %.

6.4.3 E 136 i Romsdal, Pilotprosjekt, 'Klima og transport'

Pilotprosjektet som inkluderer en vurdering av stikkrennedimensjonering, er beskrevet i prosjektrapport «Kapasitetsberegninger av stikkrenner, E136 Dombås – Ålesund» (VD rapport nr 18). Prosjektrapport «Pilotprosjekt på stikkrenner, E136 Dombås – Ålesund» (Teknologirapport 2566) viser resultatene av tilstandsvurderingen av stikkrennene på de samme delstrekningene. Gjennomgangen omfatter to delstrekninger på hhv. 4,5 og 4,0 km av E 136 i Møre og Romsdal. På hver delstrekning er dimensjoneringen av 10 stk. stikkrenner analysert.

For delstrekning A, som ligger opp mot fylkesgrensen mot Oppland, er det benyttet nedbørsdata fra stasjon 15720 Bråtå i Skjåk kommune, mens det for delstrekning B er benyttet nedbørsdata fra 63420 Sunndalsøra. For nedbør med varighet mindre enn 25 minutter er nedbørintensiteten for Bråtå lavere enn for Sunndalsøra. IVF-tabellen for Bråtå er basert på nedbørsdata i perioden 1968 – 1987, tilsvarende grunnlag for Sunndalsøra er ikke presentert.

Analysene av stikkrenner på E 136 avviker fra de to prosjektene på E 6 ved at det er benyttet vesentlig høyere avrenningsfaktorer, i størrelsesorden $C=0,63$ og $0,95$ ved nedbør med 100 års returperiode. Det er i VD rapport nr 18 oppgitt at man har benyttet avrenningsfaktoren $C=1,0$ for bart fjell og $C=0,5$ for skogsområder. Også det siste er høyere enn hva som er benyttet for stikkrennene på E 6. $C=0,63$ tilsvarer en avrenningsfaktor $C=0,5$ uten korreksjonsfaktoren 1,25 for nedbør med stor returperiode. I disse analysene inngår ingen klimafaktor K_f ved bestemmelse av dimensjonerende vannmengde.

På tilsvarende måte som for E6 Langset – Brøhaug og Frya – Vinstra er det gjennomført en sammenlikning mellom dimensjonerende vannmengde etter gamle og nye dimensjoneringsregler. Også resultatene for vegstrekningene på E 136 viser at man har en betydelig økning i dimensjonerende vannmengde, i gjennomsnitt 71 %, forholdet varierer mellom 29 % og 108 %.

Forholdet mellom dimensjonerende vannmengde og stikkrennenes kapasitet varierer betydelig for de stikkrennene som er analysert. Mer enn halvparten av stikkrennene har en underkapasitet i forhold til de gamle dimensjoneringsreglene, fra en underkapasitet på 83 % til en overkapasitet på 800 %. I forhold til de nye dimensjoneringsreglene har 14 av 20 nedbørsfelt en underkapasitet i forhold til dimensjonerende vannmengde.

6.5 Merkostnader ved å øke stikkrennedimensjonene

Som grunnlag for en vurdering av merkostnadene ved å øke stikkrennedimensjonene har vi benyttet grunnlaget for enhetskostnadene i MOTIV 2004, oppjustert til prisnivå 2012. Disse enhetsprisene er sammenholdt med enhetspriser for tre driftskontrakter i Region øst, Region sør og Region midt, alle med oppstart i 2012.

Grovt sett er det relativt god overensstemmelse mellom enhetsprisene i MOTIV og enhetsprisene i kontraktene med oppstart i 2012, dette til tross for at grunnlaget for MOTIV bestod av de tidligste driftskontraktene. Den sterke økningen i prisene i driftskontraktene i de siste årene synes først og fremst å være knyttet til postene med priser i rund sum. Dette er ikke veldig overraskende siden entreprenørene også tidligere hadde gode kunnskaper om enhetsprisene ved f.eks. utskifting av stikkrenner.

Enhetsprisene i de tre driftskontraktene med oppstart i 2012 viser imidlertid at stikkrennens innvendige diameter påvirker enhetsprisene ved utskifting i større grad enn det som fremgår av grunnlaget for 2004-versjonen av MOTIV.

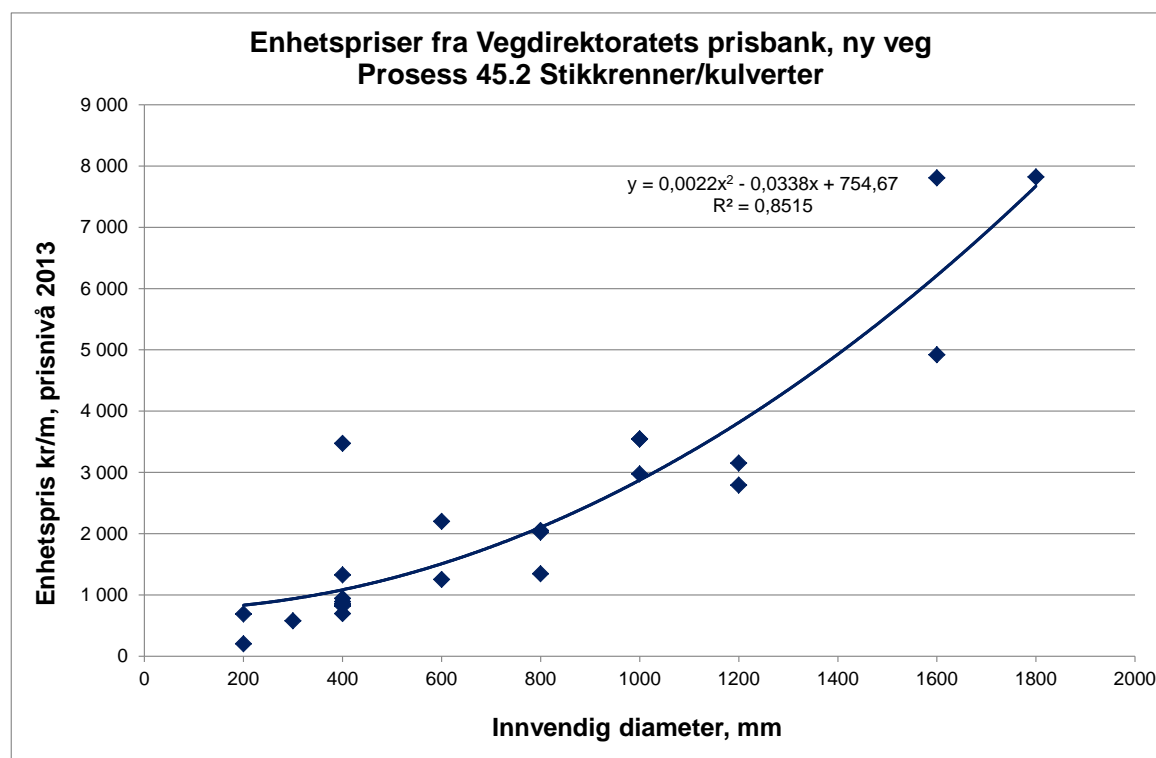
Enhetsprisene i tabellen nedenfor er basert på vektete gjennomsnittspriser for de tre ovenfor omtalte driftskontrakter med oppstart i 2012. Prisene er noe avrundet.

Merkostnader ved å øke stikkrennens dimensjon ved utskifting, eks MVA			
Fra inv. diameter	Til inv. diameter	Kroner per m.	Kroner for 12 meter stikkrenne
300 mm	400 mm	250,-	3.000,-
400 mm	600 mm	650,-	7.800,-
600 mm	800 mm	1200,-	14.400,-
800 mm	1000 mm	900,-	10.800,-

Tabell 18. Merkostnader ved å øke stikkrenners dimensjon ved utskifting.

Driftskontraktene har en rekke tillegg til basisprisene for utskifting av stikkrenner. Dette gjelder f.eks. tillegg for stikkrenne dypere i vegkonstruksjonen, for utkiling, for veier med stor trafikk og for fjerning av gammelt og legging av nytt fast dekke. Alle disse tilleggene er i minimal grad påvirket av endringer i stikkrennens dimensjoner og kan derfor holdes utenfor konsekvensene av klimatilpasningene.

Figuren nedenfor er basert på data fra Vegdirektoratets prisbank. Dataene omfatter levering og legging av stikkrenner og kulverter. De omfatter bl.a. ikke prosessene for graving og gjenfylling av grøfter for stikkrenner.



Figur 18. Enhetspriser ved etablering av stikkrenner ved bygging av ny veg, Vegdirektoratets prisbank

Prisforskjellene i tabellen nedenfor er basert på regresjonskurven i figuren over. I tillegg til disse forskjellene er det påplussert en prisforskjell på kr 60,- per meter for økningen fra 300 til 400 mm og kr 120,- per meter for de øvrige dimensjonsøkninger. Dette er basert på en gjennomsnittlig enhetspris på kr 1200,- meter grøft for graving og gjenfylling av grøften.

Man kan legge merke til at prisene ovenfor er noe lavere enn prisene for utskifting av stikkrenner. Forskjellene synes å være relativt små siden prisene for utskifting også omfatter oppgraving og fjerning av eksisterende stikkrenne, samt rennediameteren innvirkning på gjenfylling, komprimering etc.

Merkostnader ved å øke stikkrennens dimensjon, bygging av ny veg, eks MVA			
Fra inv. diameter	Til inv. diameter	Kroner per m.	Kroner for 12 meter stikkrenne
300 mm	400 mm	211,-	2.532,-
400 mm	600 mm	553,-	6.636,-
600 mm	800 mm	729,-	8.748,-
800 mm	1000 mm	905,-	10.860,-

Tabell 19. Merkostnader ved å øke stikkrenners dimensjon ved bygging av ny veg.

Dersom man ut fra vurderingene over antar at det årlig er behov for etablering av 3 500 stikkrenner i forbindelse med bygging av ny veg og utskifting av 5 000 stikkrenner i forbindelse med opprusting og reduksjon av forfallet på eksisterende riks- og fylkesvegnettet, vil klimatilpasningen ut fra kostnadene i tabellene over kombinert med størrelsesfordeling som vist i figur 16, gi en årlig kostnadskonsekvens i størrelsesorden 15 Mill kroner ved bygging av ny veg og 36 Mill kroner ved utskifting av stikkrenner på eksisterende vegnett. I beregningene over er det antatt at gjennomsnittlig lengde på stikkrennene er 12,0 meter. Ved utskifting av stikkrenner på eksisterende veg er det forutsatt at ingen stikkrenner er skiftet på grunn av klimatilpasningen, man har kun tatt med kostnadskonsekvensene av å øke dimensjonen for stikkrenner som av andre grunner må skiftes ut.

7 Konklusjoner

For planlegging og prosjektering av nye veger antas de ekstra kostnadene som en følge av klimatilpasningene, ved at det er flere og utvidete hensyn å ta for trasévalg, linjepålegg, lokalisering og utforming, å være svært beskjedne i forhold til de totale kostnadene i et utbyggingsprosjekt, i størrelsesorden 100.000 kr per prosjekt.

For drift og vedlikehold går anbefalingene på at klimahensyn skal integreres i alt planlagt vedlikehold og at driftskontraktene må sørge for at klimahensyn blir ivaretatt. Det anbefales et generelt økt fokus på sårbare objekter, strekninger og konstruksjoner. Merkostnader knyttet til økt fokus på problempunkter ved utarbeidelse og administrasjon av driftskontrakter ansees som minimalt, kanskje med unntak av beredskapsplanene. Med en antagelse om at byggherren bruker 15 timer pr kontrakt for hver gang det gjennomføres inspeksjon, for å behandle resultat, gir det en ekstra belastning for Statens vegvesen for hver kontrakt og for hver inspeksjon i størrelsesorden 15.000 kr.

Klimatilpasningstiltaket som er å benytte 200-års flom som dimensjonerende flomstørrelse istedenfor 100-års flom ved bygging av ny veg, er beregnet å ha en kostnad på ca. 6500 kr pr m nybygd veg i områder som er innenfor en 200-års flomsone. Kostnadselementene er høyere fyllingshøyde og behov for erosjonssikring av fyllingen.

På grunn av flere dager med mye nedbør og enda større nedbørintensitet på de nedbørrike dagene, vil det være behov for mer omfattende stabiliseringstiltak i skråninger enn det som er normalt i dag. Erfarte enhetspriser for stabilisering med stabile masser er ofte i området 100-150 kr/m².

I den enkelte region /driftskontrakt vil endrede klimaforhold gi en ekstra motivasjon til å stille konkrete og strengere krav til årlig inspeksjon og rapportering av tilstand på stikkrenner, kummer og rør. Årlige inspeksjoner vil medføre en kostnadsøkning på inntil 140 mill. kr i året.

Ved klimaforhold i perioden 2071-2100 som beskrevet for middels framskriving i Klima i Norge 2100, vil kostnadsendring for klimaavhengige drift og vedlikeholdsoppgaver være som vist nedenfor i forhold til beregnet kostnad med klimadata for normalperioden 1961-1990 (beregnet med MOTIV):

- Kostnad til oppgrusing av grusveg øker med 19 mill. kr/år
- Kostnad til kantklipp, skogrydding og plenklipping øker med 33 mill. kr/år
- Kostnad til vinterdrift minker med 470 mill. kr pr år.

Momenter som har vært medvirkende til flomskadene på bruene kan oppsummeres på følgende måte:

- For korte bruer. Landkarene står helt ute i elvekanten og er i mange tilfeller heller ikke fundamentert dypt nok eller godt nok.
- For liten frihøyde eller gjennomløp under bruene.
- For dårlig erosjonssikring rundt fundamentene.
- Enkelte elver er sterkt masseførende. Elva legger igjen masse under bruene som igjen fører til at gjennomløp får for lite kapasitet.

Med bakgrunn i gjennomgang av tidligere inspeksjonsrapporter og fotodokumentasjon viser dette at for aktuelle bruer har elveløpet blitt fylt opp med løsmasser under den aktuelle flommen. Forebyggende tiltak med frigraving for å senke elvebunnen ville derfor trolig ikke hatt noen forebyggende effekt her. Ansvaret for å renske vanngjennomløpet under bruer er tillagt driftskontraktene. Det er ikke skaffet til veie erfaringsdata for faktisk omfang av denne oppgaven, og det er derfor ikke gått videre med å estimere en kostnadsøkning pga. klimaendring. Det har i en del av driftskontraktene vært meget mangelfulle opplysninger om omfanget av bruer som går over elver og derfor vært svært vanskelig for entreprenørene å prise denne tjenesten riktig.

Det er grovt estimert at 1000 bruer av den samlede trafikkerte brumassen er flomutsatt. Med en estimert gjennomsnittlig oppgraderingskostnad pr bru på 2 millioner gir dette en kostnad på 2 milliarder. En variasjon i andelen bruer man vurderer som flomutsatt vil ha meget stor betydning på kostnadene. En økning av den antatte flomutsatte brumengden fra 10 til 20 % vil gi en dobling i oppgraderingsbehovet fra 2 til 4 milliarder. Hvis man anslår en kostnadsøkning på 10 % for å ivareta klimaendringer så utgjør dette ca. 200-400 millioner kroner. Klimaendringene vil jo være en funksjon av tid og en del av den flomutsatte brumassen kan derfor bli skiftet ut innenfor et relativt kort tidshorisont av andre årsaker. Med disse usikkerhetene som bakgrunn er det totale oppgraderingsbehovet på den eksisterende brumassen pga. klimaendringer ikke regnet om til årlig kostnader.

Det er i 'Klima og transport' prosjektet anbefalt at man i tillegg gjennomfører en vurdering av kapasitet i forhold til 1000-års flom som ulykkeslast, etter at dimensjoneringen for 200-års flom er gjennomført. Kriteriet er at ikke hele konstruksjonen går tapt og/eller at det ikke er fare for menneskeliv ved mulig ekstrem flomsituasjon. Dette vil i de aller fleste medføre økt gjennomløpsåpning under bruene noe som vil gi økt byggehøyde og /eller økt lengde på bruene. Økt vannføring vil også gi økt strømningshastighet som vil kreve kraftigere og mer omfattende erosjonssikring. Disse ekstra tiltakene for å hindre skader ved økt vannføring vil variere fra brused til brused knyttet til den lokale topografien og vegens linjeføring. I enkelte tilfeller vil en økt vannføring kun ha minimal innvirkning på byggekostnadene på brua.

Den gjennomsnittlige byggeaktivitet de siste 15 år har vært ca. 150 bruer i året med en samlet størrelse på 125 000 m² bruareal. Det er estimert at brumassen bygd over vann vil få en økt byggekostnad på 10 % for å ivareta økte krav til flomsikring tilsvarende ca. 150 millioner pr. år. På samme måten som for den eksisterende brumassen vil det være store usikkerheter knyttet til disse kostandene pga. en del «grove» antakelser.

Dersom man antar at det årlig er behov for etablering av 3 500 stikkrenner i forbindelse med bygging av ny veg og utskifting av 5 000 stikkrenner i forbindelse med opprusting og reduksjon av forfallet på eksisterende riks- og fylkesvegnettet, vil klimatilpasningen gi en årlig kostnadskonsekvens i størrelsesorden 15 Mill kroner ved bygging av ny veg og 36 Mill kroner ved utskifting av stikkrenner på eksisterende vegnett.

I beregningene over er det antatt at gjennomsnittlig lengde på stikkrennene er 12,0 meter. Ved utskifting av stikkrenner på eksisterende veg er det forutsatt at ingen stikkrenner er skiftet på grunn av klimatilpasningen, man har kun tatt med kostnadskonsekvensene av å øke dimensjonen for stikkrenner som av andre grunner må skiftes ut.

8 Referanser

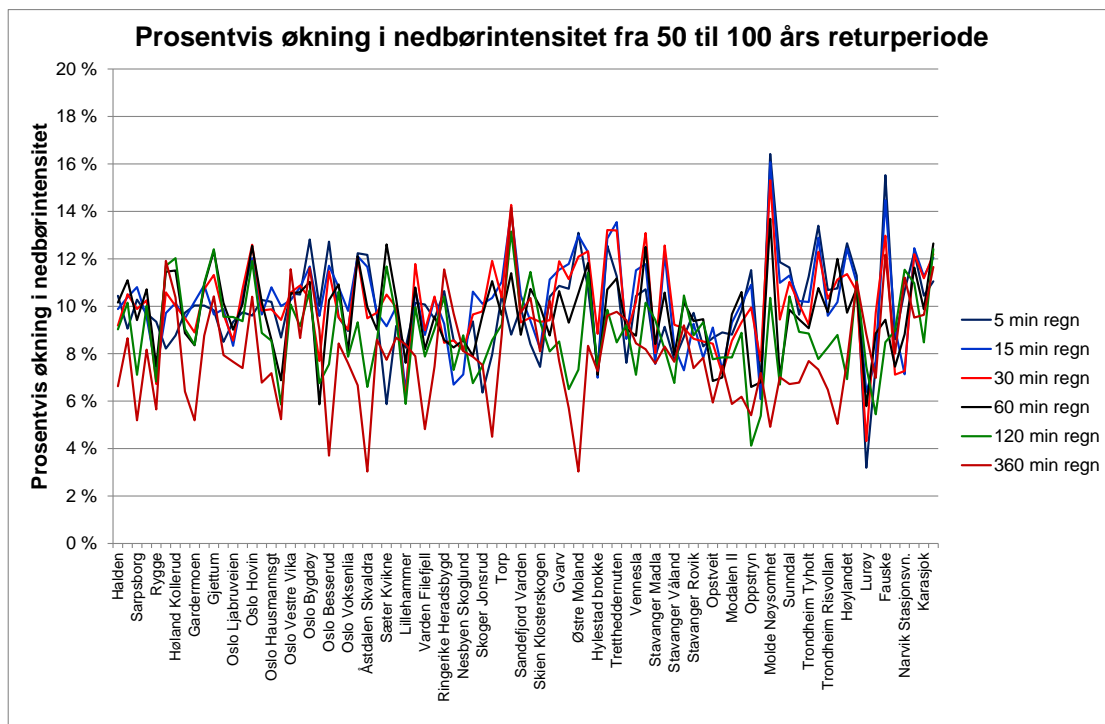
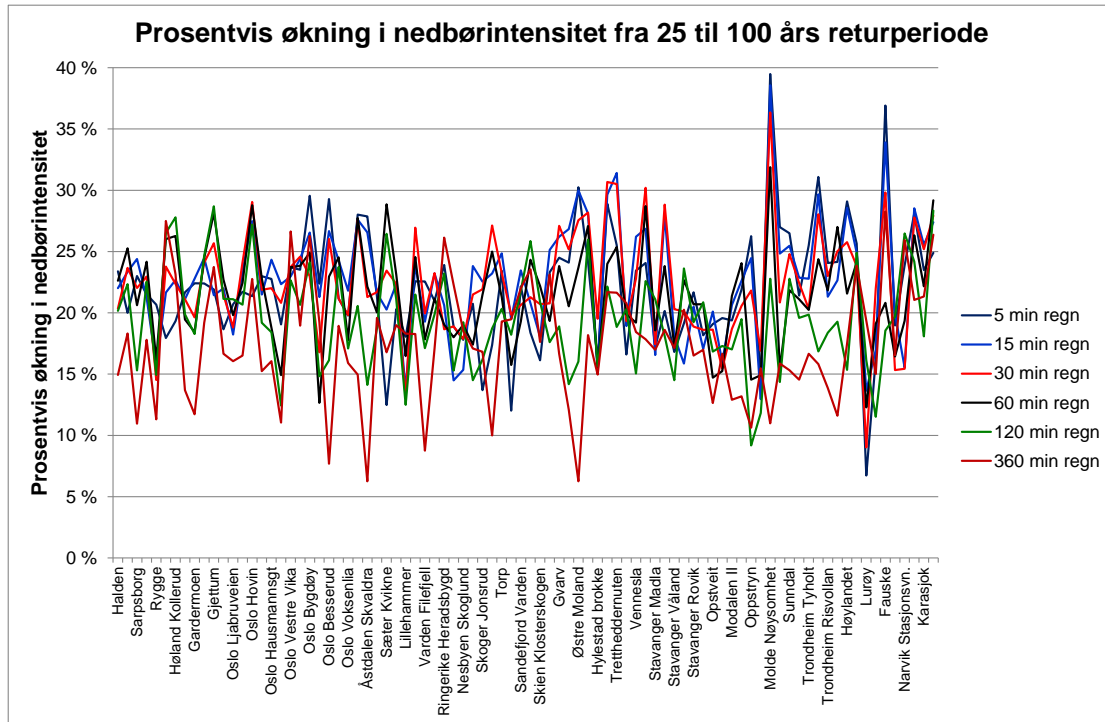
- [1] Klima i Norge 2100 – Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpasning, met.mo m.fl., 2009
- [2] Expected changes of a freezing and melting index for different region in Norway, Jan Erik Haugen, met.no, 2012.
- [3] Retningslinjer nr 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar, NVE, 2011.
- [4] Vägverkets rapport till Klimat- och sårbarhetsutredningen – gruppen transporter

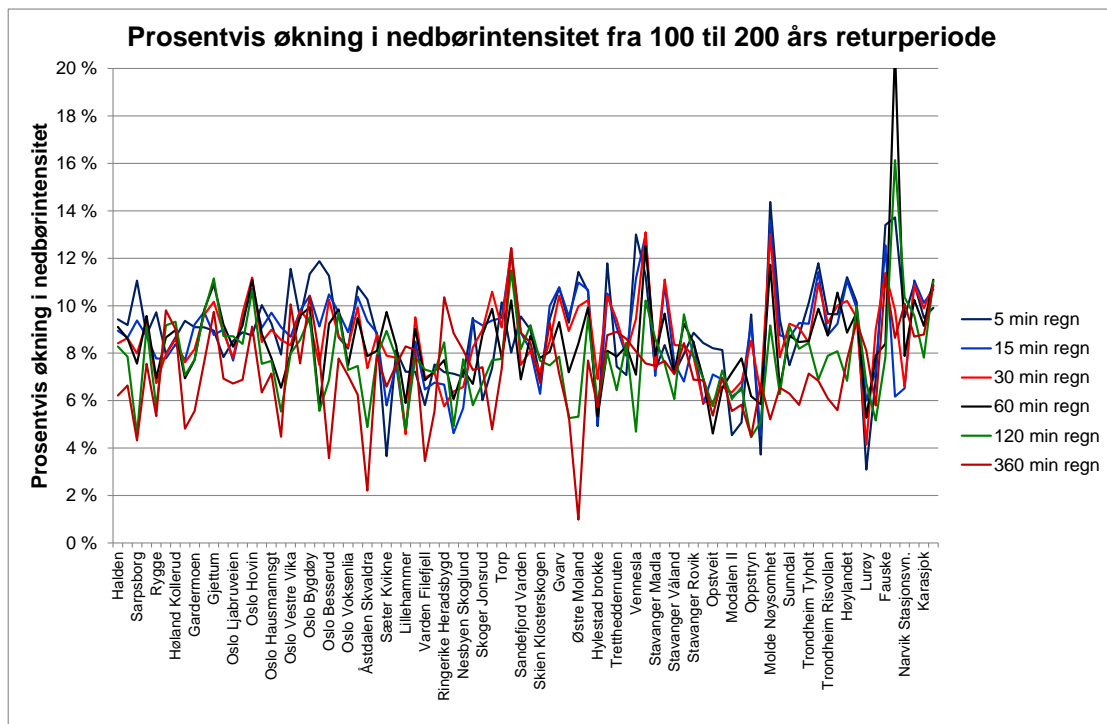
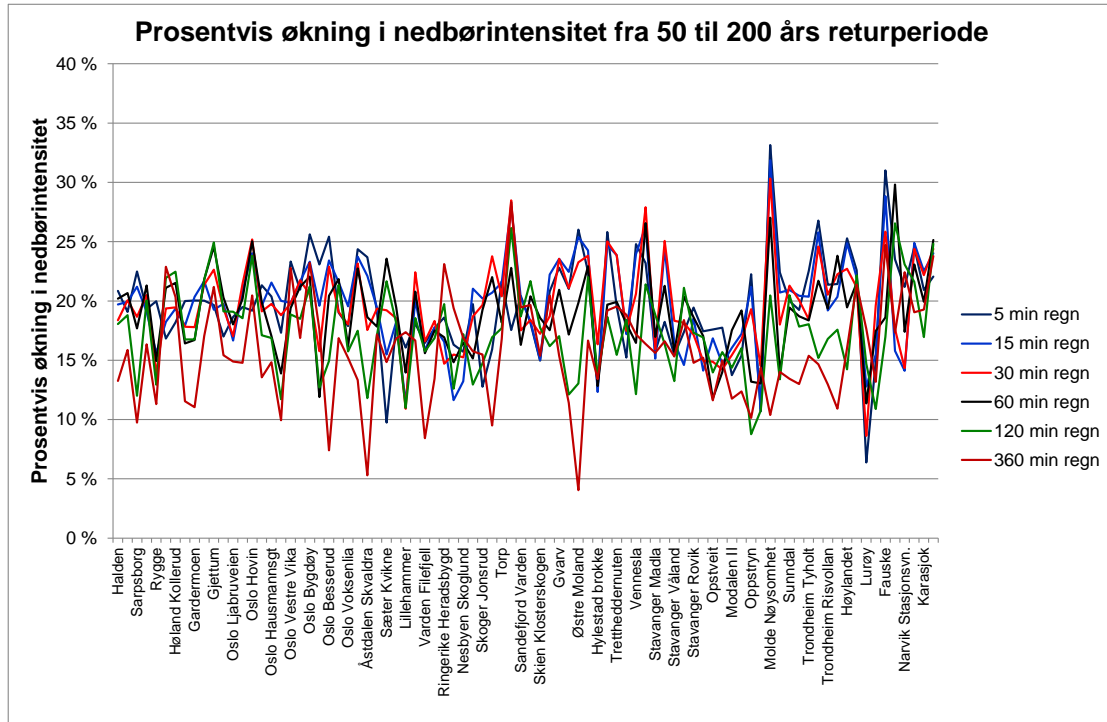
Vedlegg 1 Kostnader for klimatilpasning

Tabellen gir en oversikt over de deltemaer som skal vektlegges i prosjektet Kostnader av klimaendringer: Behov for tilpasning og foreslåtte krav.

	generelt	bruer	stikkrenner	vegstreknings
Planlegging, prosjektering av ny veg Endring i dim.forutsetn. >> nytt vs. tidligere regelverk	Økt kompleksitet, ifm kravet til grunnlagskart: vannveger, flom, skred osv. Eks. Ringebu-Otta: * hva kostet det grundigere arbeidet prosjektet la inn i forhold til det de måtte iht kravene?	Tilleggs kostnader for bygging av mer robuste konstruksjoner i forhold til tidligere regelverk. Presentere oversikt over byggeaktivitet de siste 10 år med bakgrunn i datagrunnlag fra BRUTUS. Vurdering på utvalgte enkeltbruer iht 'Klima og Transport' prosjektets kommentarer til HB 185: <ul style="list-style-type: none"> • I tillegg til dimensjonerende flombelastning på 200 års flom, vurderes 1000 års flom som grunnlag for ulykkeslast. • Strengere krav til robust fundamentering (må konkretiseres) 	Klimafaktor og endring i returperiode for beregning av dremskapasitet: For et utvalg av prosjekter med dokumentert dimensjonering av stikkrenner: analysere konsekvenser av endringer i beregningsgrunnlaget mhp. <ul style="list-style-type: none"> • Klimafaktoren • Returperiode Mulig tillegg: analysere effekten av større avrenningsfaktor pga. vannmettet grunn	På noen utvalgte strekninger: kostnader ved endringer i: <ul style="list-style-type: none"> • sidegrøftenes utforming • linjepålegg ift. flom + sikkerhetsmargin • skråningers erosjonssikring (må konkretiseres)
Utbedring	Kostnader til ROS-analyser Kostnader/merkostnader til analyser av utbedringsbehov knyttet til klimaendringer	Det ses på 2 utvalgte strekninger hvor kostnader for oppgradering iht til dagens regelverk mhp dimensjonering for flom og vannføring vurderes (størrelse på vanngjennomløp, erosjonssikring, fundamenteringsløsning). Gudbrandsdalen + Sogn & Fj. Vurdere kostnadskonsekvens for enkeltbruer av ulike typer. Fremskaffe vannføringsdata som dimensjoneringsgrunnlag ved kontakt med NVE. Bruke rapp 23 «ROS bruer» som mal for vurderingene	For et utvalg av vegstreknings hvor det er gjennomført en systematisk analyse av stikkrenners kapasitet. Stikkrennene inndeles i tre kategorier: <ol style="list-style-type: none"> 1. Klimaendringen innvirker ikke på behovet for utskifting 2. Stikkrennen er OK etter tidligere forutsetninger, må skiftes ut etter nye forutsetninger. 3. Stikkrennen må skiftes ut etter gamle forutsetninger, men nye forutsetninger krever økning i dimensjonene Inkluderer både stikkrennedimensjonen og andre sider ved utskiftingen.	På noen utvalgte strekninger: kostnader ved endringer i: <ul style="list-style-type: none"> • sidegrøftenes utforming • linjepålegg ift. flom + sikkerhetsmargin • skråningers erosjonssikring (må konkretiseres)
Drift og vedlikehold	Merkostnader ved økt fokus på problempunkter ved utarbeidelse og administrasjon av driftskontrakter. NB! Beredskap holdes utenfor dette punktet	ROS-analyser og hyppigere inspeksjon av broer. Hyppigere inspeksjon av brofuger etc. samt hyppigere rensk av vanngjennomløp	Mer omfattende inspeksjon og rensk av vanngjennomløp Eventuell utskifting og utbedring av stikkrenner forutsettes dekket under pkt B.	MOTIV-beregninger Evt. hyppigere grøfterens, hyppigere slamtømming av utsatte sandfang Mer omfattende opprydding etter ras og flom (inkl. evt. skilting og trafikkdirigering)
Beredskap	Merkostnader ved vegholders utvidede beredskapsplaner og evt. økte ressurser for vegholder til beredskap.	Dekkes av SVV sin eksisterende reservebruberedskap. Vil ikke bli nærmere beskrevet her	Forutsettes dekket av beredskap beskrevet under kolonne «Vegstreknings»	Entreprenørens utvidede beredskap

Vedlegg 2 Økning i nedbørintensiteter







Statens vegvesen
Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Postboks 8142 Dep 0033 OSLO
Tlf: (+47 915) 02030
publvd@vegvesen.no

ISSN: 1893-1162

vegvesen.no

Trygt fram sammen