



Statens vegvesen

ROS-analyser med hensyn til værrelaterte hendelser

Prosessveileder

VD rapport

Vegdirektoratet

Nr. 29



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen
Geoteknikk og skred
November 2011

VD rapport

Tittel

ROS-analyser med hensyn til værrelaterte hendelser

Undertittel

Prosessveileder

Forfatter

Arne Gussiås, Statens vegvesen

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer

601995

Rapportnummer

Nr. 29

Prosjektleder

Gordana Petkovic

Emneord

'Klima og transport', ROS-analyser, risikohåndtering, klimaendringer

Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet "Klima og transport", etatsprosjekt 2007-2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet som svar på endrede klimaforhold.

Rapporten er 'Klima og transport' sin anbefaling for metodikken for gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) på vegnettet med hensyn til værrelaterte hendelser.

Rapporten skal sees i sammenheng med rapport VD 23, 24 og 25, som omhandler ROS-analyser av utvalgte objekttyper på vegnettet. Denne rapporten gir en oversikt over ROS-analysens rolle avhengig av fasen den gjennomføres i. Den gir også en oversikt av innholdet i hver av fasene av trinnsvis ROS-analyse: fra første identifisering av sårbare objekter, til spesiell ROS-analyse, som omfatter bredere vurdering og beregning.

Antall sider 37

Dato November 2011

VD report

Title

Risk- and susceptibility analyses of road network with respect to weather related events

Subtitle

Guidelines for the analysis process

Author

Arne Gussiås, Norwegian Public Roads Administration

Department

Traffic Safety, Environment and Technology Department

Section

Geotechnical Section

Project number

601995

Report number

Nr. 29

Project manager

Gordana Petkovic

Key words

'Climate and Transport', risk and susceptibility analyses, risk management, climate change

Summary

This report belongs to a series of reports from the R&D programme "Climate and Transport", carried out by the Norwegian Public Roads Administration 2007-2010. The main objectives are to investigate the effect of climate change on the road network and recommend remedial actions concerning planning, design, construction and maintenance.

This report is the R&D programme's recommendation for the process of risk- and susceptibility analysis of the road network with respect to weather related events. It is the basis for reports VD 23, 24 and 25, which focus on assets on the road network. The various functions of risk analyses are described, and also the contents of the three tiers of risk analyses: from preliminary identification of vulnerable assets to more advanced risk analyses including detailed investigations and calculations.

Pages 37

Date November 2011

Forord

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007 – 2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for prosjektering, bygging og driftning av veg som svar på endrede klimaforhold.

Klimaforskningen konkluderer med at vi etter all sannsynlighet vil få endring til et varmere klima, som antas å føre til en økning i nedbørmengde og intensitet, parallelt med økt stormfrekvens og stormstyrke. Effektiviteten og sikkerheten av vegnettet påvirkes av nedbør, vind og temperaturforholdene. Dette er elementer som har innvirkning på steinsprang, fjellskred og snøskred, overflatevann, flom og erosjon, frysing og tining samt snø og is på vegbanen.

'Klima og transport' jobber etter beskrivelser av klimaendringer og deres effekt på transportsektoren slik de er nedfelt i følgende dokumenter:

- NTP-rapport "Virkninger av klimaendringer for transportsektoren", laget av en tverretattlig gruppe i transportsektoren: Jan Otto Larsen (leder) og Pål Rosland (sekretær), Statens vegvesen Vegdirektoratet, Kjell Arne Skoglund, Jernbaneverket, Eivind Johnsen, Kystverket og Olav Mosvold Larsen, Avinor.
- Vedleggsrapport "Regionale klimascenarier for transportsektoren i Norge – en oppdatering", av Jan Erik Haugen og Jens Debernard, Det Norske Meteorologiske institutt, februar 2007. (Rapporten er basert på scenarier fra RegClim prosjektet.)
- "Klima i Norge 2100", utarbeidet for NOU Klimatilpassing av meteorologisk institutt, Bjerknessenteret, Nansensenteret, Havforskningsinstituttet og NVE, juni 2009.

'Klima og transport' består av følgende delprosjekter:

- Dp 1 Premisser og implementering
- Dp 2 Innsamling, lagring og bruk av data
- Dp 3 Flom- og erosjonssikring
- Dp 4 Snø-, stein-, jord- og flomskred
- Dp 5 Tilstandsutvikling på vegnettet
- Dp 6 Konsekvenser for vinterdrift
- Dp 7 Sårbarhet og beredskap

Prosjektleder for 'Klima og transport' er Gordana Petkovic og prosjektsekretær Reidun Svendsen. Mer informasjon om prosjektet: <http://www.vegvesen.no/klimaogtransport>.

Arbeidet rapport her hører til delprosjekt 7 "Sårbarhet og beredskap". Delprosjektleder er Arne Gussiås, Statens vegvesen Region midt, som også har utarbeidet denne rapporten med bidrag fra prosjektgruppen. Rapporten er 'Klima og transport' sin anbefaling for metodikken for gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) på vegnettet med hensyn til værrelaterte hendelser. Rapporten skal sees som et grunnlag for tre andre prosjektrapporter som går nærmere inn på utvalgte objekter på vegnettet:

- VD 23 "ROS-analyser av bruer med hensyn til værrelaterte hendelser"
- VD 24 "ROS-analyser av stikkrenner med hensyn til værrelaterte hendelser"
- VD 25 "ROS-analyser av vegoverbygning med hensyn til værrelaterte hendelser"

For mer informasjon delprosjekt 7, se Vedlegg 1. For oversikt over andre prosjektrapporter fra 'Klima og transport', se vedlegg 2.

INNHOOLD

1	INNLEDNING	4
1.1	BAKGRUNN	4
1.2	KLIMAENDRINGER	5
2	EFFEKTER AV KLIMAENDRINGER OG VÆR PÅ VEGNETTET	10
3	RISIKO OG SÅRBARHETSANALYSER.....	12
3.1	OM RISIKO- OG SÅRBARHETSANALYSER.....	12
3.2	ROS-ANALYSER I ULIKE FASER.....	14
3.2.1	<i>ROS-analyser i planfasen</i>	<i>14</i>
3.2.2	<i>ROS-analyser i byggeplanfasen.....</i>	<i>17</i>
3.2.3	<i>ROS-analyser i driftsfasen.....</i>	<i>19</i>
3.2.4	<i>ROS-analyser i vegforvaltningen.....</i>	<i>21</i>
4	GJENNOMFØRING AV RISIKOVURDERINGER.....	22
4.1	KLASSIFISERING AV SANNSYNLIGHET OG KONSEKVENSER.....	23
4.2	TRINNVIS ROS-ANALYSE.....	24
4.2.1	<i>Planlegging og bestemmelse av kontekst.....</i>	<i>26</i>
4.2.2	<i>Identifikasjon av potensielle hendelser, risikoområder, strekninger og vegobjekter.....</i>	<i>28</i>
4.2.3	<i>Analyse av årsak, sannsynlighet, konsekvens og risiko.....</i>	<i>28</i>
4.3	RISIKOEVALUERING	31
4.4	RISIKOHÅNDTERING	31
5	REFERANSER	33

VEDLEGG

Vedlegg 1 Delprosjekt 7 “Sårbarhet og beredskap”

Vedlegg 2 Oversikt over rapporter fra ‘Klima og transport’

FIGURER

Figur 1	Nedbørendringer i Sogn og Fjordane og Nordhordland i 2050 og 2100 (Kilde: "Klimatilpasning Norge", Temperatur- og nedbørendringer 2050 og 2100)	7
Figur 2	Prosentvis endring i normal årsnedbør fra normalperioden 1961-1990 til perioden 2071-2100. (Kilde: http://senorge.no/)	7
Figur 3	Endring i årsavrenning fra nedbør 1961-1990 til perioden 2071-2100. (Kilde: http://senorge.no/)	8
Figur 4	Informasjon om historiske værforhold og kortsiktige prognoser, sammenholdes med historiske vegstengninger som skyldes flom, løsmasseskred, snøskred og steinskred (Kilde: http://nyforevar.senorge.no/)	9
Figur 5	Prinsippene for sikkerhetsstyring, risikoleidelse og risikovurderinger som beskrevet i norske og internasjonale standarder [, ,]	12
Figur 6	NS-ISO 31000: prinsippene, rammeverket og prosessen for risikostyring [12]	13
Figur 7	"RIMAROCC-metodikk" jf. [14]	13
Figur 8	Risikovurderingsprosessen jf. NS-ISO 31000 [12] og NS 5814 Krav til risikovurderinger [19]	14
Figur 9	Informasjon om historiske hendelser som stengt veg i et planområde (skyldes flom, løsmasseskred, snøskred, steinskred m.m.), snøskred og løsmasseskred i sideterreng (Kilde: http://nyforevar.senorge.no/)	15
Figur 10	Informasjon om prosentvis endring i årsmaksimum av snømengde fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: http://senorge.no/)	16
Figur 11	Informasjon om prosentvis endring i vinteravrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: http://senorge.no/)	16
Figur 12	Informasjon om historiske hendelser som stengt veg i området (skyldes flom, løsmasseskred, snøskred, steinskred m.m. (Kilde: http://nyforevar.senorge.no/)	17
Figur 13	Informasjon om prosentvis endring i vinteravrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: http://senorge.no/)	18
Figur 14	Informasjon om prosentvis endring i våravrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: http://senorge.no/)	18
Figur 15	Informasjon om vanntilførsel 3 døgn % 200 år og historiske hendelser som stengt veg i området (skyldes flom, løsmasseskred, snøskred, steinskred m.m.), snøskred og løsmasseskred i (Kilde: http://nyforevar.senorge.no/)	19
Figur 16	Informasjon om prosentvis endring i årsavrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: http://senorge.no/)	20
Figur 17	Informasjon om prosentvis endring i vinteravrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: http://senorge.no/)	21
Figur 18	Risiko og sårbarhet [21]	22
Figur 19	Risikovurderinger, hovedprosesser, jf. NS 5814 [19]	22
Figur 20	Risikomatrix for værrelaterte hendelser	23
Figur 21	Risikomatrix	25
Figur 22	Eksempel på nivåer for risikoanalyser for bruer	25
Figur 23	Eksempel på nivåer for ROS-analyser	26
Figur 24	Risikovurderinger, planlegging og bestemmelse av kontekst, jf. NS 5814 [19].	27
Figur 25	Risikovurderinger og risikoanalyse, jf. NS 5814 [19].	27
Figur 26	Risikomatrix	30
Figur 27	Risikovurderinger og risikoevaluering, jf. NS 5814 [19]	31
Figur 28	Risikovurderinger og risikohåndtering, jf. NS 5814 [19]	31

TABELLER

Tabell 1	Konsekvenser av klimaendringer for trafikanter og Statens vegvesen som byggherre. [Etter m.fl.] 11	
Tabell 2	Sannsynlighetsmatrix for vær- og klimarelaterte hendelser	23
Tabell 3	Nivåer for risikoanalyser	24
Tabell 4	Konsekvensområder og – nivåer jf. [15]	29

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Denne veilederen gir en faglig innføring i gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) av vegnettet og vegobjekter. Veilederen er primært utarbeidet for analyser av værrelaterede hendelser i vegnettet som kan skyldes:

- nedbør
- flom
- skred
- ekstremvær
- vind
- havnivåstigning

For gjennomføring av ROS-analyser med hensyn til værrelaterede hendelser er det nødvendig med god faglig kompetanse om:

- de ulike vegobjekter som omfattes av analysen
- effekter av klimaendringer og stedlige værforhold
- ROS-analyser

Analyseprosessen bør ledes av en fagperson med god kompetanse på ROS-analyser. Det er en fordel om denne også har generell vegteknisk kompetanse.

Som underlag for helhetlige ROS-analyser av strekninger og områder vil det i mange tilfeller være hensiktsmessig å gjennomføre avgrensede og mer detaljerte vurderinger og analyser for utvalgte vegobjekter på strekningen eller i området. Eksempler på slike utvalgte vegobjekter kan være bruer, stikkrenner (drenssystem), vegoverbygning og skredområder. Disse analysene bør gjennomføres av personer med god faglig kompetanse om vegobjektene.

Denne veilederen er en "prosessveileder". Den er ment å gi lederen for analyseprosessen råd for gjennomføring av analyseprosessen og øvrige deltagere i analysene generell kunnskap om ROS-analyser med tanke på effekter av klimaendringer og hendelser som skyldes værforhold.

For mer spesielle eller avgrensede ROS-analyser av utvalgte vegobjekter som bruer, vegoverbygning/-strekninger, stikkrenner og skred med hensyn til værrelaterede hendelser, vises det til spesielle veiledere og håndbøker. I etatsprogrammet "Klima og transport" er det utarbeidet egne veiledere for ROS-analyser av:

- bruer og konstruksjoner: VD 23 "ROS-analyser av bruer med hensyn til værrelaterede hendelser" [1];
- stikkrenner: VD 24 "ROS-analyser av stikkrenner med hensyn til værrelaterede hendelser" [2];
- vegoverbygning: VD 25 "ROS-analyser av vegoverbygning med hensyn til værrelaterede hendelser" [3].

Statens vegvesen benytter et internettbasert verktøy for gjennomføring av ROS-analyser, kalt "VegCim". Dette skal også benyttes for denne typen ROS-analyser.

1.2 Klimaendringer

Den mest fullstendige og oppdaterte beskrivelser av vær- og klimaendringer i Norge er gitt i rapporten “Klima i Norge 2100” [4]. Denne rapporten har vært grunnlag for arbeidet i NOU “Tilpassing til eit klima i endring” [5] og for transportetatens arbeid med klimatilpassing i forbindelse med Nasjonal Transportplan 2014-23 [6].

Ved beskrivelse av forventede klimaendringer, tar man utgangspunktet i den internasjonale vedtatte referanseperioden 1961-1990, som også kan brukes til planleggingsformål helt fram til 2021.

Det har imidlertid allerede skjedd en god del endringer hvis man sammenligner denne referanseperioden med 30-perioden 1979-2008. Endringene er både på årsmiddeltemperaturen, årsnedbøren og årsavløpet:

- Årsmiddeltemperaturen for fastlands-Norge har økt med 0,5 til 0,6 °C i alle landets regioner. Økningen har vært størst om vinteren og minst om sommeren og høsten.
- Årsnedbøren har i gjennomsnitt økt med 5 %. Den har særlig økt om vinteren (17 %), men også om våren (10 %). Høstnedbøren har avtatt med 3 %.
- Årsavløpet for Norge anslås å ha økt med 2,5 %. For vinteren er økningen i gjennomsnitt på 23 %, med store regionale variasjoner. Om sommeren er det i gjennomsnitt en liten reduksjon, mens avløpet i breelver har økt noe sommer og/eller høst.

For kortsiktige planleggingsformål (kommende tiår) anbefales det at man bruker data for perioden 1979-2008, og i tillegg vurderer de signaler man ser i klimaframskrivninger, framfor å bruke data for perioden 1961-1990.

For mer langsiktige vurderinger skal man se på prognosene for perioden 2050 og 2100. Her er en kort sammenfatning av endringene i de viktigste klimaparametere.

Temperatur

Det blir varmere i alle landsdeler og for alle årstider. Årsmiddeltemperaturen i Norge kan forventes å øke med 2,3 til 4,6 °C innen 2100. Temperaturen vil stige mest i innlandet og i nord. Vintrene kan bli mildere i nord, og maksimumstemperaturen om sommeren vil stige mest i sør. Med varmere og kortere vintre utover i dette århundret er det ikke ventet betydelig flere eller færre dager med temperaturer omkring null grader i indre og høyereliggende strøk. I kystnære områder er det ventet at vintrene vil være preget av temperaturer nettopp omkring null, men at antallet slike vinterdager reduseres med 10 % til 60 %. Det er ventet at dette kan variere mye fra år til år.

Nedbør

Årsnedbøren for hele landet kan komme til å øke mellom 5 % til 30 % (lav og høy framskriving). Vinternedbøren vil øke mest med opp til 40 % i deler av Øst-, Sør- og Vestlandet. Dager med mye nedbør vil øke, både i antall og i nedbørmengde. På årsbasis kan det bli en endring i nedbørmengde på dager med mye nedbør fra 7 % til 23 %, mest på vinteren med opp til 32 % økning.

Vind

Gjennomsnittlig vindhastighet ventes å øke litt de fleste steder i vinterhalvåret. Hyppigheten av stormer med stor skade vil sannsynligvis øke noe, og da mest på kysten av Møre og Trøndelag.

Havnivåstigning

Fram til nå har hovedårsaken til at havet stiger, vært at havet varmes opp og utvider seg. Smeltende is på land står nå for den største årsaken til at havet stiger. I løpet av dette århundret kan havnivået langs norskekysten stige fra 40-80 cm. Mest på Sør- og Vestlandet. Innerst i Oslofjorden og Trondheimsfjorden stiger fortsatt landområdene så mye at det utjevner noe av havstigningen.

Ekstremvær

Siden hele kloden varmes opp, tilføres det mer energi inn i klimasystemet. Det betyr at systemet får mer å jobbe med, og mer varme må fraktes bort fra ekvator. Varmere lufttemperaturer kan holde på mer fuktighet og resultere i voldsommere nedbørmengder og vinder. Dette kan igjen føre til en økning i flom- og skredhendelser.

Flom

Mer intense regnskyll vil kunne gi nye typer flommer – annerledes enn de klassiske snøsmelteflommene. Det kan skje en forskyving av flommene utover året mot større flommer på senhøsten og sen vinter.

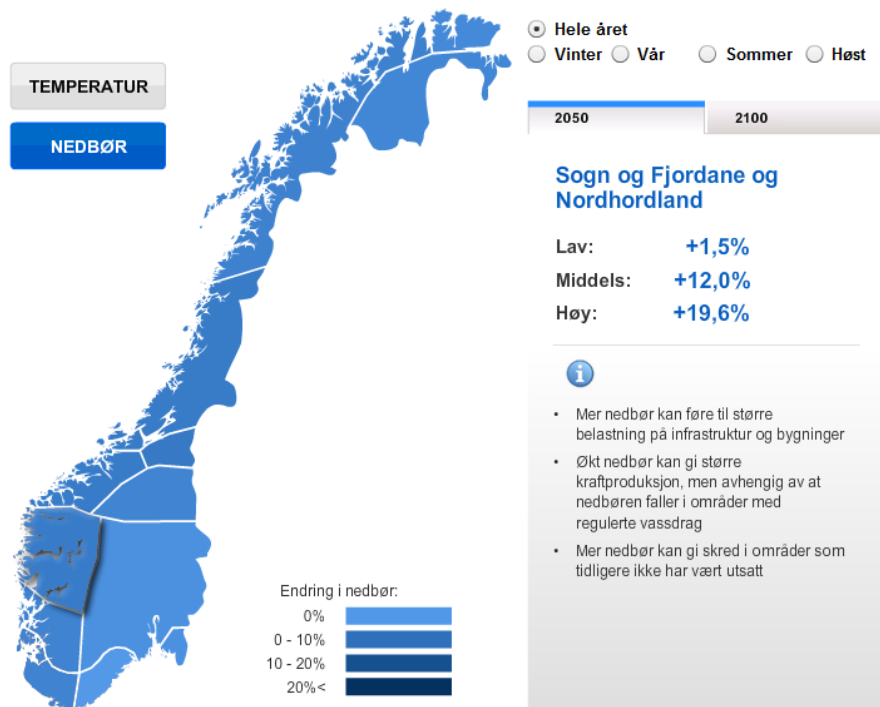
Skred

Intense nedbørhendelser kan få betydning for utløsning av skred. Med nye nedbørsmønstre kan det opptre skred i områder der det sjelden har forekommet før.

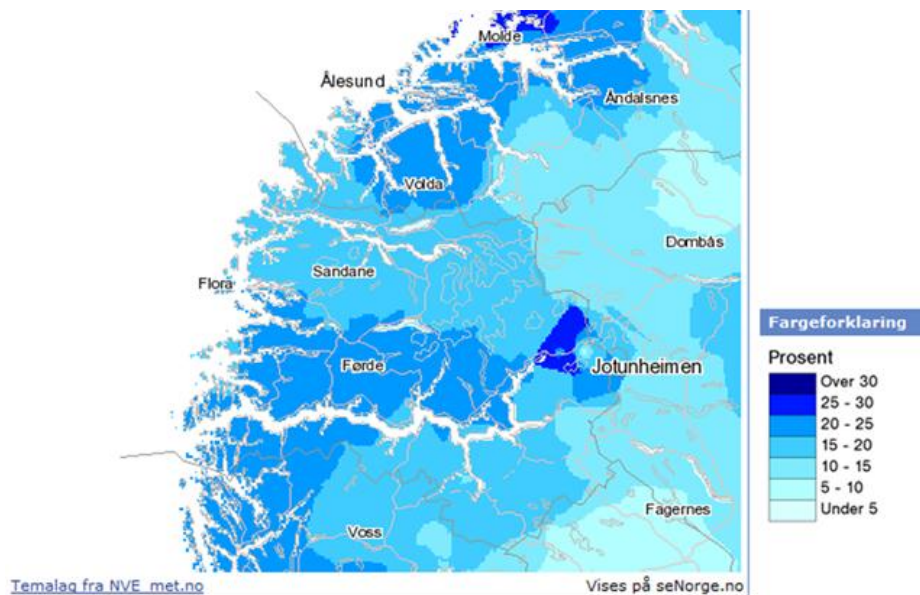
For stedlige ROS-analyser vil det være nødvendig med mer spesifikk informasjon om klima i det aktuelle området og klimafremskrivninger for den aktuelle regionen, også tilgjengelig fra [4]. På infoportalen "Klimatilpasning Norge" [a] er hovedtrekk ved regionale klimaendringer presentert i et interaktivt kart [b], som vist på Figur 1. Kartene viser framtidig temperatur- og nedbørendringer i ulike fylker/områder i 2050 og 2100. Tallene angir temperatur- og nedbørendringer med høy, middels og lav framskrivning i forhold til perioden 1961-90 (normalperioden). Framskrivningene er basert på nedskalerte globale klimamodeller og er derfor belagt med en del usikkerhet.

For mer lokal informasjon kan en også benytte nettstedet "SeNorge.no" [c] og underområdet "Klima". Her finnes interaktive og mer detaljerte kart som inneholder opplysninger om endringer i temperatur, nedbør, fordampning, snømengde og snøvarighet i 2100 i forhold til normalperiodene 1961-90 og 1971-2000. Dette er vist i Figur 2. Her finner man også informasjon om andre forhold som for eksempel endret avrenning, som illustrert i Figur 3. For avrenning har man også informasjon om sesongvariasjoner.

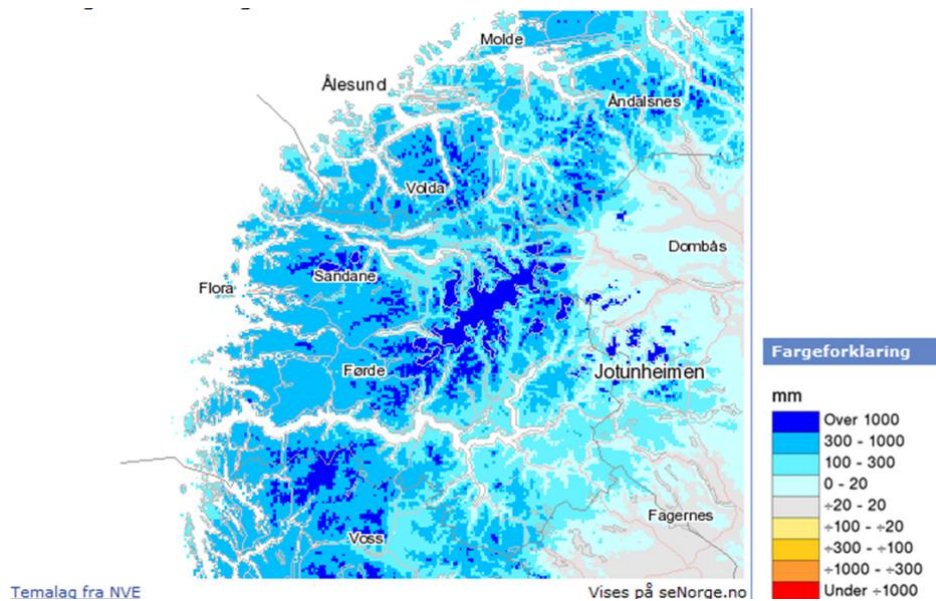
-
- "Klimatilpasning Norge", <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge-2.html?id=539980>.
 - "Klimatilpasning Norge", TEMPERATUR- OG NEDBØRENDRINGER 2050 og 2100, <http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge-2/temperatur--og-nedborendringer-2050-og-2.html?id=609105>.
 - Utviklet av NVE, met.no, Statens kartverk



Figur 1 Nedbørendringer i Sogn og Fjordane og Nordhordland i 2050 og 2100 (Kilde: “Klimatilpasning Norge”, Temperatur- og nedbørendringer 2050 og 2100)



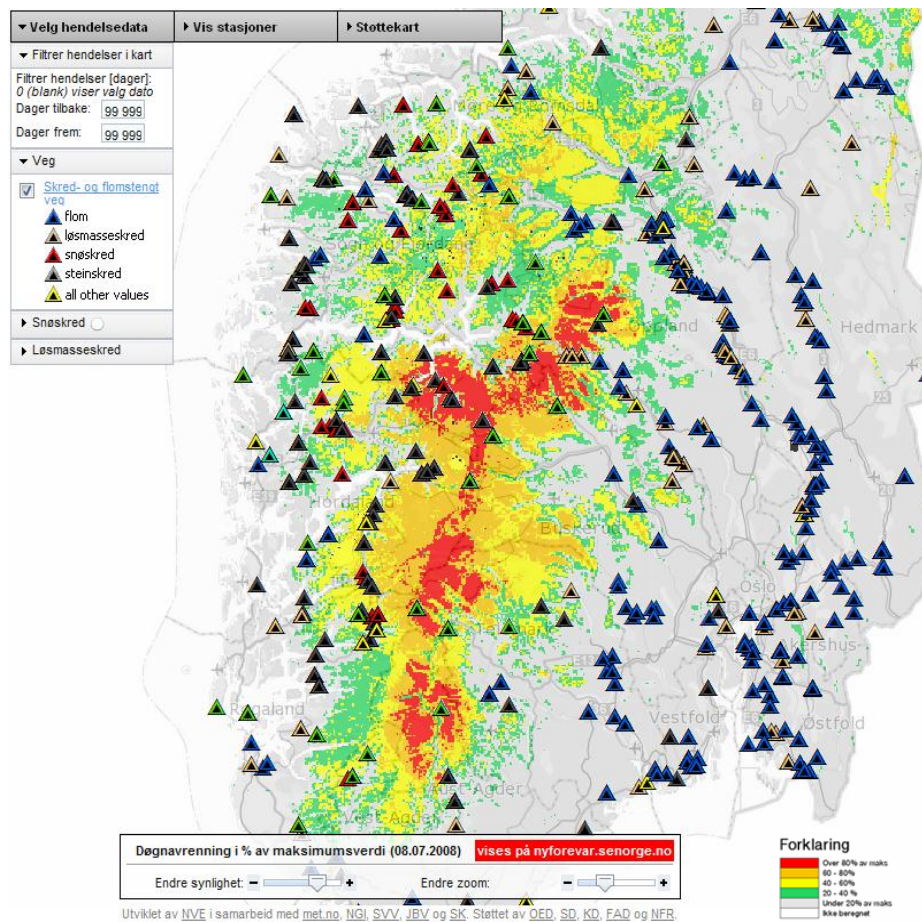
Figur 2 Prosentvis endring i normal årsnedbør fra normalperioden 1961-1990 til perioden 2071-2100. (Kilde: <http://senorge.no/>)



Figur 3 Endring i årsavrenning fra nedbør 1961-1990 til perioden 2071-2100. (Kilde: <http://senorge.no/>)

I karttjenesten "nyforevar.senorge.no" [a] kan man sammenholde informasjon om historiske værforhold og kortsiktige prognoser med informasjon om historiske registrerte vegstengninger. Dette omfatter vegstengninger som skyldes flom, løsmasseskred, snøskred og steinskred. Eksempel på slik informasjon er vist i Figur 4. Karttjenesten "nyforevar.senorge.no" er pr. i dag en testportal som vil bli videreutviklet de neste årene. Den inneholder imidlertid allerede i dag nyttig bakgrunnsinformasjon for ROS-analyser. "Nyforevar.senorge.no" vil også kunne benyttes som støtteverktøy for operativ beredskap og krisehåndtering.

a. Kartportalen "nyforevar.senorge.no", <http://nyforevar.senorge.no/>. Utviklet av NVE i samarbeid med met.no, NGI, SVV, JBV og SK. Støttet av OED, SD, KD, FAD og NFR.



Figur 4 Informasjon om historiske værforhold og kortsiktige prognoser, sammenholdes med historiske vegstengninger som skyldes flom, løsmasseskred, snøskred og steinskred (Kilde: <http://nyforevar.senorge.no/>)

2 Effekter av klimaendringer og vær på vegnettet

Klimaendringer og vær på vegnettet vil være svært varierende mellom de ulike landsdeler og områder over tid. Også effektene lokalt på vegnettet vil være svært varierende, avhengig av for eksempel topografiske forhold og hvordan lokale områder og infrastruktur er utbygd.

I Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sin utredning ”Klimatilpasning innen NVEs ansvarsområder” [7] pekes det på at klimaendringene vil kunne medføre:

- Økt nedbør og økt hyppighet av lokalt intense nedbørepisoder til alle årstider. Dette medfører flere og større flommer i små vassdrag og flere og større overvannsflommer i bebygde områder.
- Økt fare for erosjon, massetransport og flomskred i små, bratte vassdrag, og økt fare for at elver og bekker tar nye løp. Dette er prosesser som skjer brått, har stor kraft og medfører fare for store skader.
- Mer vinterregn og dermed flere flommer om høsten og vinteren i områder hvor nedbøren i dag kommer som snø.
- Økt hyppighet av isgang vinterstid i vassdrag som tidligere har hatt stabilt isdekke om vinteren.
- Færre snøsmelteflommer i områder som i dag har snødekke, men som med stigende temperatur etter hvert vil bli snøfrie hele vinteren.
- Økte flomtopper i elver som i dag domineres av regnflommer, for eksempel på Vestlandet og langs kysten.
- Reduksjon eller liten endring i flomtoppen i store vassdrag som i dag domineres av snøsmelteflommer om vår/forsommer), for eksempel på Østlandet og i innlandet i Midt- og Nord-Norge.
- Økt hyppighet av snø- og jordskred. Disse kan også ramme steder der det tidligere ikke har gått skred.
- Økning i havnivå og stormflo. I Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB) sin Havnivåstigningsrapport [8] vises fremtidig havnivåstigning for norske kystkommuner. I løpet av det 21. århundre kan havnivået langs norskekysten forventes å stige fra ca. 40 til ca. 75 cm. Dette kan forsterke flom i munningsområder.

Eksempler på konsekvenser av klimaendringer for trafikanter og Statens vegvesen som byggherre er vist i Tabell 1.

Tabell 1 Konsekvenser av klimaendringer for trafikanter og Statens vegvesen som byggherre [9 m.fl.]

Klimaendring	Konsekvenser for trafikanter	Konsekvenser for infrastruktur	Konsekvenser for drift - og trafikkavvikling
Økt nedbør og økt hyppighet av lokalt intense nedbør-episoder til alle årstider	<ul style="list-style-type: none"> • Redusert forutsigbarhet og regularitet. • Økte avstandskostnader. Potensielt økt hyppighet med perioder med ulykkesrisiko. 	<ul style="list-style-type: none"> • Økt risiko for skader på vegkropp, avløpssystem og bruer som følge av infiltrasjon, erosjon og oversvømmelser. • Økt risiko for skader som følge av skred og ras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Økt behov for beredskapsressurser og personell. Økt behov for drifts- og vedlikeholdstiltak og ressurser. • Hyppigere omkjøringer på veg som følge av ras/rasfare, oversvømmelser og vedlikehold. • Redusert forutsigbarhet og regularitet.
Temperaturøkning	<ul style="list-style-type: none"> • Redusert ulykkesrisiko pga. kortere strekninger og kortere perioder med minusgrader og glatte veger og is-/ snødekke på veg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Flere strekninger med mindre snø og is, kortere perioder med snø/is reduserte skader som følge av tele/frost. • Redusert slitasje og skader i områder med færre nullgjennomganger, mulig mer slitasje/skader i områder med flere nullgjennomganger. 	<ul style="list-style-type: none"> • Større geografiske variasjoner. • Stedvis flere svingninger rundt 0° • Stedvis mindre bruk av salting. • Mindre snørydding totalt (mot slutten av århundre).
Kombinasjoner av værphenomen (økt vannstand, vind, isdekke, kraftig snø/regn og vinterregn)	<ul style="list-style-type: none"> • Hyppigere perioder uten eller med redusert fremkommelighet i deler av landet. • Redusert forutsigbarhet og regularitet. 	<ul style="list-style-type: none"> • Nye utfordringer som følge av manglende erfaring fra dimensjonering og utforming av infrastruktur til fenomener som en har liten/ingen erfaring med. 	<ul style="list-style-type: none"> • Risiko for flere perioder med forsinkelser og/eller stenging. • Omkjøringer og mulige konsekvenser for reisemiddelvalg/ transportform.
Underkjølt regn	<ul style="list-style-type: none"> • Ofte enkelte steder, sjeldnere andre steder. • Betydning for ulykkesrisiko og regularitet 		<ul style="list-style-type: none"> • Betydning for regularitet og fremkommelighet /geografiske variasjoner. • Mer salting / bruk av kjemikalier der hyppigheten øker, mindre bruk av salting / kjemikalier der hyppigheten avtar
Endring i havnivå	<ul style="list-style-type: none"> • Hyppigere perioder med redusert fremkommelighet langs kysten (lavland og ferjetransport i tilknytning til ferjeleier) 	<ul style="list-style-type: none"> • Hyppigere flom og oversvømmelse i lavland langs kysten. • Perioder med punkter og strekninger under vann. 	<ul style="list-style-type: none"> • Stenging, avbrudd og potensielt redusert regularitet i områder med infrastruktur som berøres.

3 Risiko og sårbarhetsanalyser

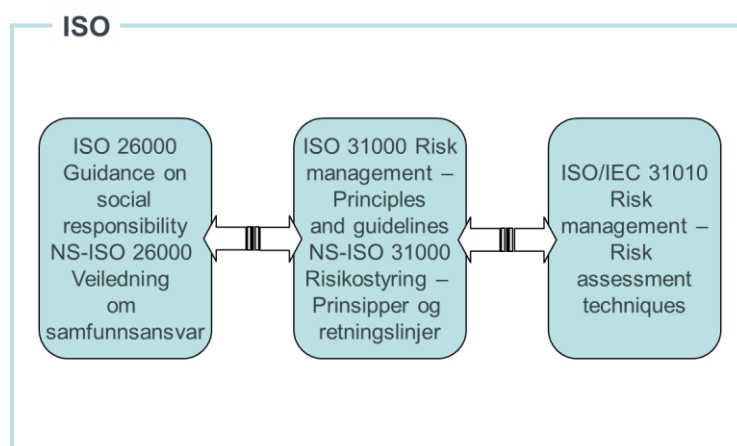
3.1 Om risiko- og sårbarhetsanalyser

I arbeidet med ROS-analyser av vegnettet med hensyn til værrelaterte hendelser skal Statens vegvesens generelle rutiner og retningslinjer brukes. For Statens vegvesen er dette en viktig del av etatens ivaretagelse av **samfunnsansvar gjennom risikostyring, risikovurderinger** og gjennomføring av avbøtende tiltak. Et viktig prinsipp er at klimatilpasning ikke endrer på allerede gjeldende ansvarsforhold mellom statlige, regionale og lokale myndigheter. Det vil si at alle statlige sektormyndigheter, kommuner og fylkeskommuner har ansvaret for å ivareta hensynet til klimaendringene på egne områder.

Statens vegvesen som myndighetsorgan og sektoransvarlig skal ivareta vårt **samfunnsansvar** gjennom blant annet å sikre at trafikanter, kjøretøy og veginfrastruktur framstår på en måte som ivaretar samfunnets krav til sikkerhet, miljø og effektiv transport. ROS-analyser inngår med dette som en viktig del i Statens vegvesen sin **sikkerhetsstyring**. Sikkerhetsstyring i Statens vegvesen er alle systematiske tiltak som iverksettes for at organisasjonen skal nå sine sikkerhetsmål [10]. Hensikten med et system for sikkerhetsstyring er å oppnå en mer enhetlig, bevisst og effektiv måte å jobbe med sikkerhet på i alle deler av virksomheten.

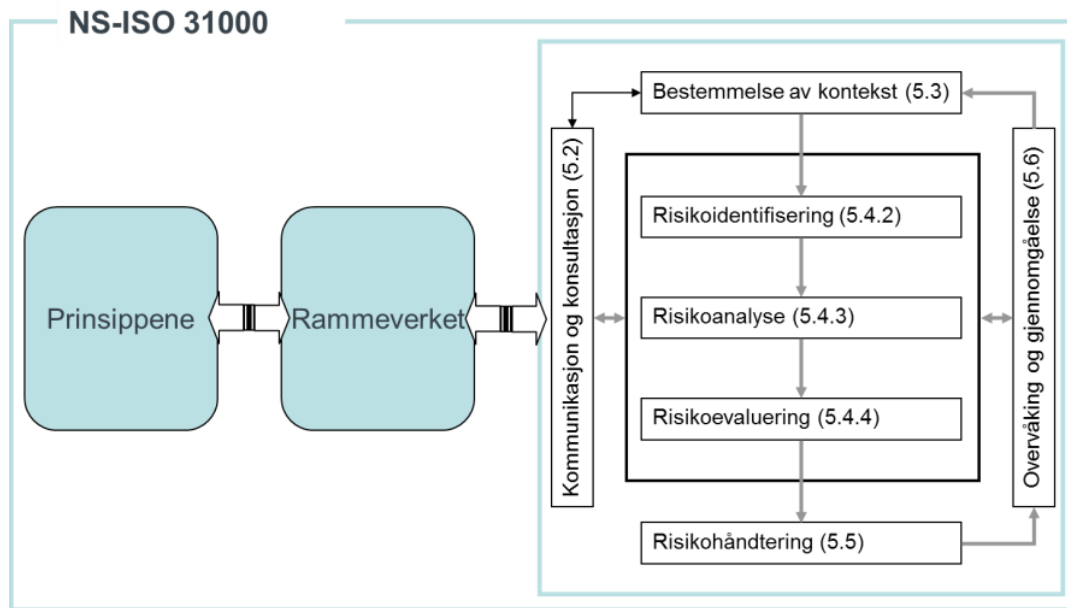
Risikovurderinger skal være en naturlig del av alle beslutninger som påvirker forholdene i vegtrafikken. **Sikkerhetsstyring** omfatter både det strategiske nivået i Vegdirektoratet, det koordinerende nivået i regionene og det operative nivået i distriktene. **Sikkerhetsstyring** er i prinsippet risikobasert og ikke hendelsesbasert. Tiltak skal gjøres ut fra vurderinger av hvilken risiko ulike forhold i trafikken innebærer og ikke være utbedringer etter at ulykker har skjedd.

Prinsippene for **sikkerhetsstyring, risikoleidelse og risikovurderinger** er beskrevet i flere internasjonale standarder, som vist i Figur 5.



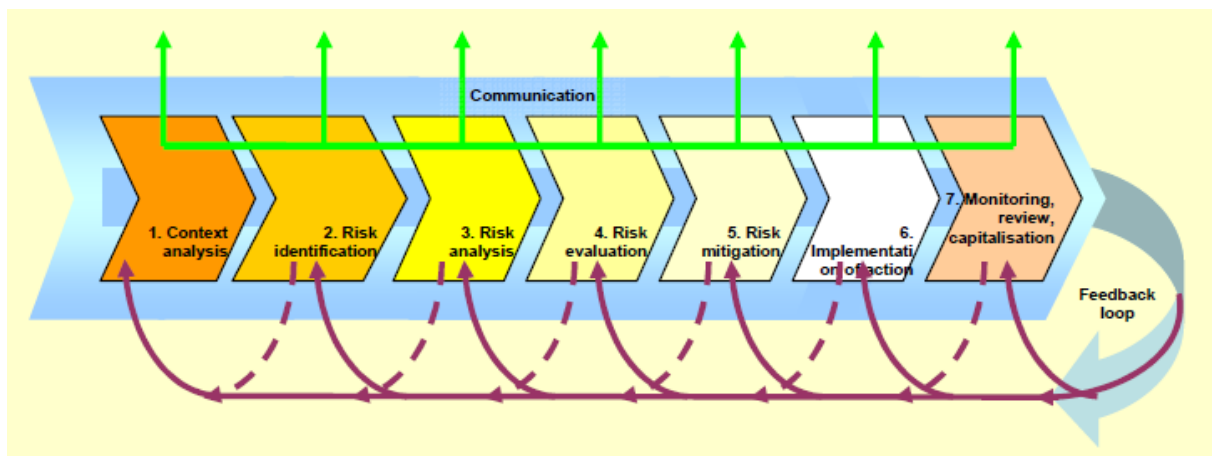
Figur 5 Prinsippene for sikkerhetsstyring, risikoleidelse og risikovurderinger som beskrevet i norske og internasjonale standarder [11, 12, 13]

NS-ISO 31000 [12] omhandler prinsippene, rammeverket og prosessen for risikostyring, herunder risikovurdering, som vist i Figur 6.



Figur 6 NS-ISO 31000: prinsippene, rammeverket og prosessen for risikostyring [12]

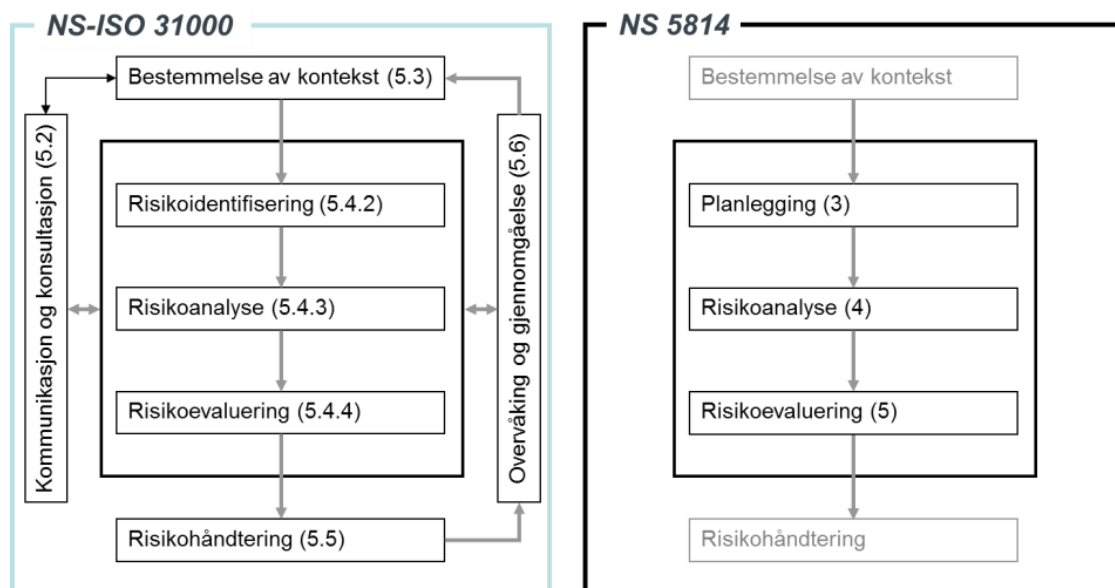
I ERA-NET ROAD prosjektet: "Risk Management for Roads in a Changing Climate" (RIMAROCC) er det blant annet utarbeidet en veileder for risikostyring og risikovurderinger med hensyn til effekter av klimaendringer og påkjenninger på vegnettet [14]. Denne veiledningen er basert på "ISO/IEC 31010 Risk management - risk assessment techniques" [13]. I veilederen legges det opp til en risikostyring- og -vurderingsprosess som vist i Figur 7.



Figur 7 "RIMAROCC-metodikk" jf. [14]

I Statens vegvesens retningslinjer og veiledninger for risikovurdering og risikoanalyser [15, 16, 17, 18] er NS 5814 Krav til risikovurderinger [19] lagt til grunn.

Risikovurderingsprosessen jf. NS-ISO 31000 [12] og NS 5814 Krav til risikovurderinger [19] er vist i Figur 8.



Figur 8 Risikovurderingsprosessen jf. NS-ISO 31000 [12] og NS 5814 Krav til risikovurderinger [19]

Hovedforskjellen mellom beskrivelsene av risikovurderinger i de to standardene er at NS-ISO 31000 også vektlegger ledelses- og styringsaktivitetene "Kommunikasjon og konsultasjon" (5.2) og "Overvåking og gjennomgåelse" (5.6).

3.2 ROS-analyser i ulike faser

Uttrykket klimatilpasning er kanskje nytt eller uklart for mange. Prinsipielt vil ikke dette nødvendigvis innebære helt nye oppgaver eller prosedyrer for planlegging, bygging eller drift og vedlikehold av vegnettet. Det er imidlertid viktig at vi tenker over hvilke nye utfordringer fremtidens klimaendringer kan gi oss. En viktig utfordring vil være å planlegge for usikkerheten som kan ligge i fremtidens klimaendringer og at vi ikke lengre kan planlegge bare ut i fra historiske data. Hvor kan vi forvente å få de største endringene i værforholdene? Hvor kan vi forvente hyppigere og mer omfattende flom og skredsituasjoner? Hvordan gjør vi vegnettet mer robust? Hvilke tiltak er mest kostnadseffektive? Hvordan skal vi håndtere resterende risiko med beredskap? Dette er spørsmål man søker svar på ved å gjennomføre ROS-analyser i alle faser av vegnettets livsløp fra planlegging til drift og fornying.

3.2.1 ROS-analyser i planfasen

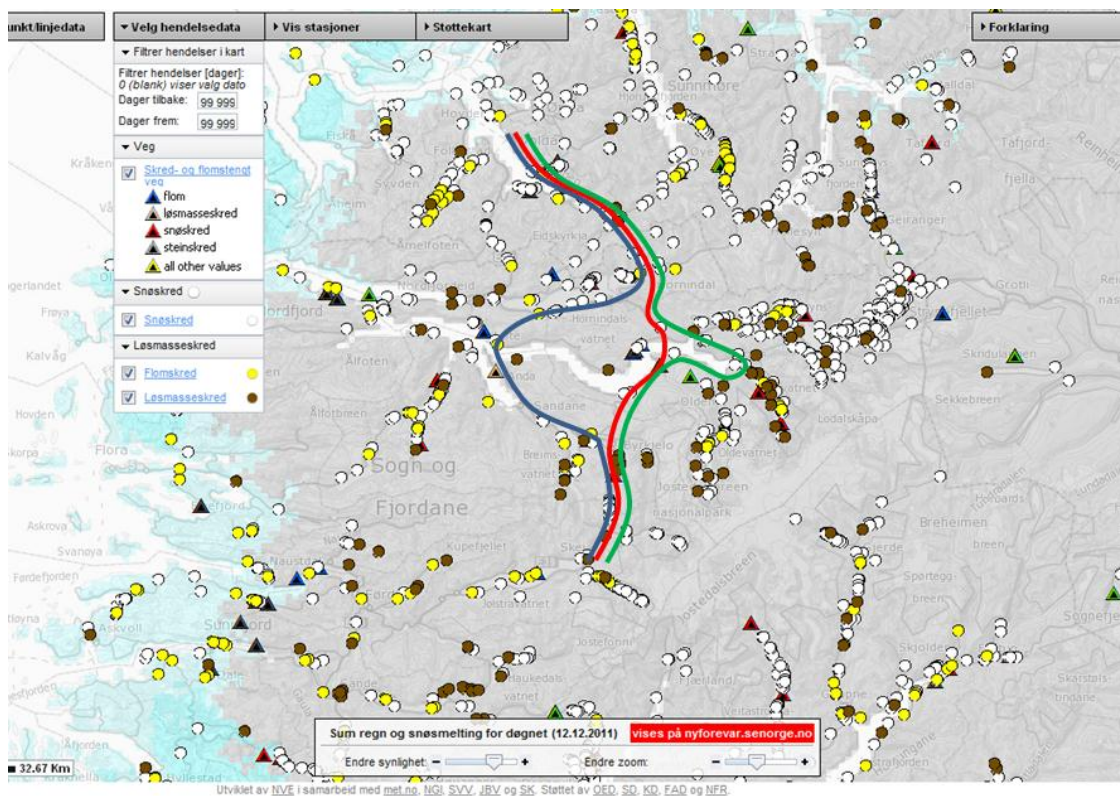
Det er i planfasen man kan gjøre de største endringene for å gjøre vegnettet mer robust for å tåle fremtidige værpåkjenninger, med minste kostnadsendringer. ROS-analyser med hensyn til værrelaterede hendelser er derfor svært viktig i planfasen.

Regionkontorene har ansvaret for planlegging av større vegprosjekter etter Plan og bygningsloven (PBL). I første planfase skal det i alle prosjekter gjennomføres en vurdering av risiko som følges opp i senere planfaser. Omfanget av risikovurderingen i planfasen tilpasses prosjektets størrelse, kompleksitet og fase i planprosessen og fastlegges i kvalitetsplanen. Risikovurderingen skal utgjøre en del av beslutningsgrunnlaget for valg av løsninger og gi grunnlag for et bevisst valg av akseptabelt risikonivå. Det er viktig at risikovurderingene

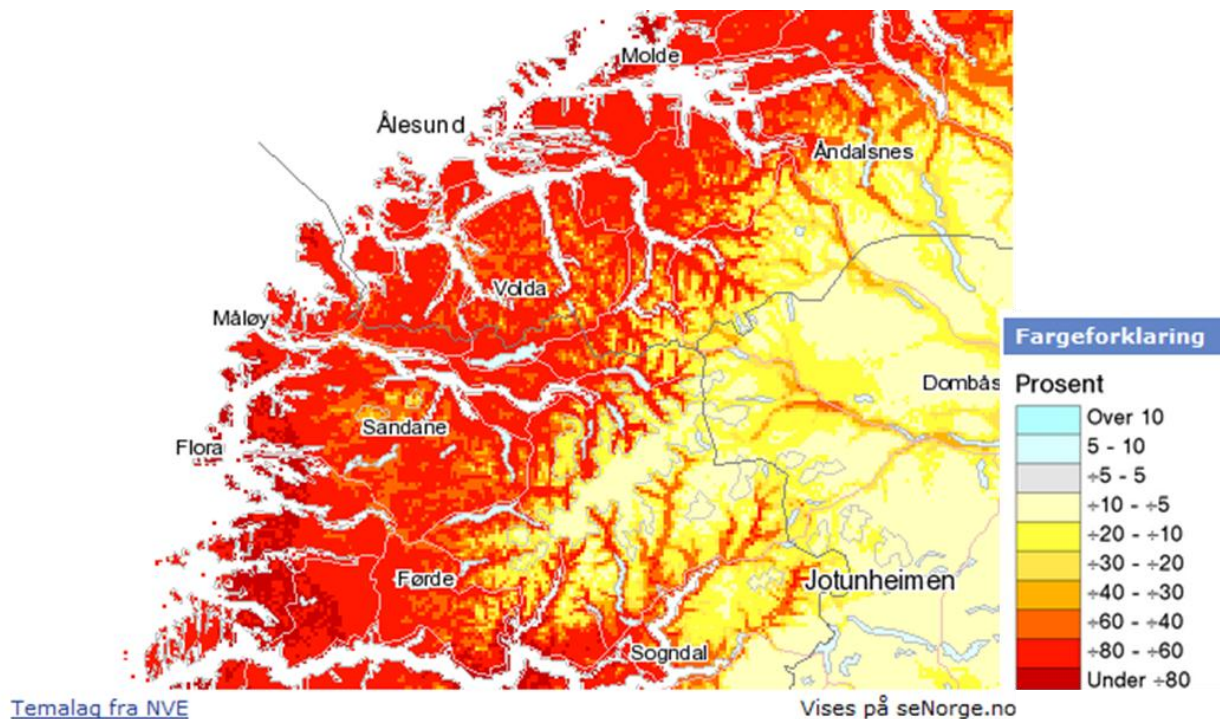
gjennomføres av en tverrfaglig gruppe og at prosessen ledes av personer med god kunnskap om ROS-analyser. Prosjektleder skal initiere risikovurderingen og er ansvarlig for oppfølging av den.

Detalj kunnskapen om blant annet vær påkjenninger, topografi og byggetekniske løsninger vil være svært varierende fra tidlig planfase (kommunedelplan) til arbeidet med konkurransegrunnlag med detaljerte tegninger og beskrivelser i byggefase. Det anbefales derfor at det gjennomføres trinnvis ROS-analyser i planfasen.

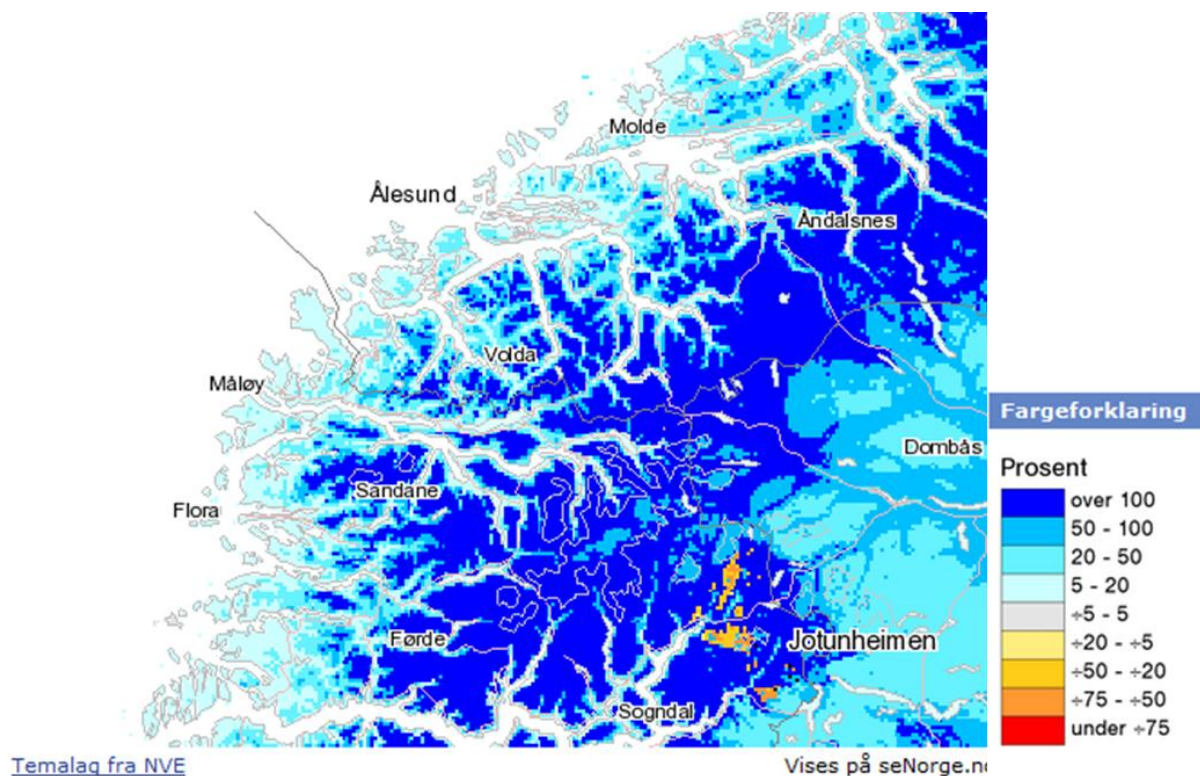
Enkel ROS-analyse (nivå 1 analyse) kan være aktuell innledningsvis i planfasen i forbindelse med arbeid med overordnede utredninger og planer som Konseptvalgutredninger (KVU), kommunedelplaner og reguleringsplaner. Bakgrunnsinformasjon for en slik analyse er vist i Figur 9 - Figur 11. Disse illustrasjonene viser hvilke hendelser som har vært fremtredende i området og hvilke fremtidige værforhold en kan vente seg.



Figur 9 Informasjon om historiske hendelser som stengt veg i et planområde (skyldes flom, løsmasseskred, snøskred, steinskred m.m.), snøskred og løsmasseskred i sideterreng (Kilde: <http://nyforevar.senorge.no/>)



Figur 10 Informasjon om prosentvis endring i årsmaksimum av snømengde fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: <http://senorge.no/>)

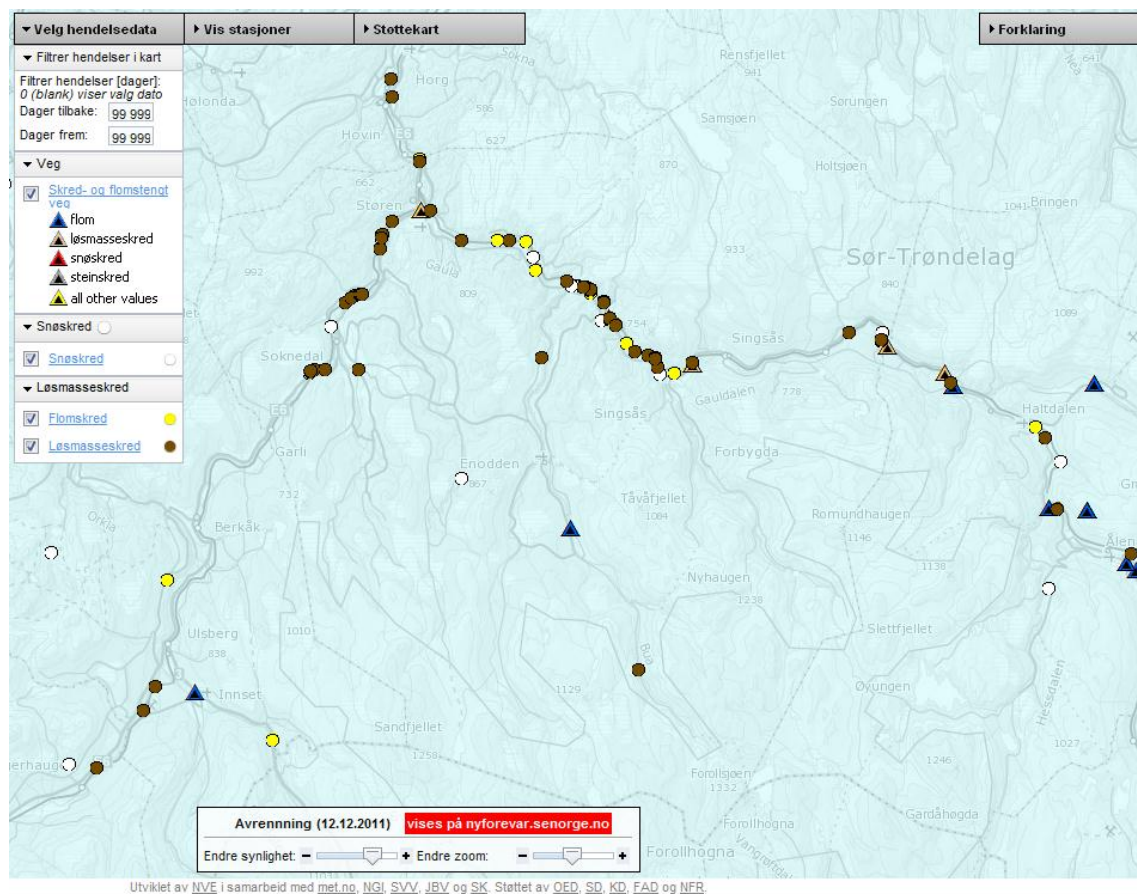


Figur 11 Informasjon om prosentvis endring i vinteravrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: <http://senorge.no/>)

Bakgrunnsinformasjon som er vist i Figur 9 - Figur 11 viser at området har vært utsatt for vegstengninger som skyldes skred og flom. Resultatene indikerer også fremtidig reduksjon i maksimal snømengde, mens man kan forvente vinteravrenning. Dette kan inngå som en del av vurderingen av trasevalg, samt behovet for skredsikringstiltak og flomsikringstiltak.

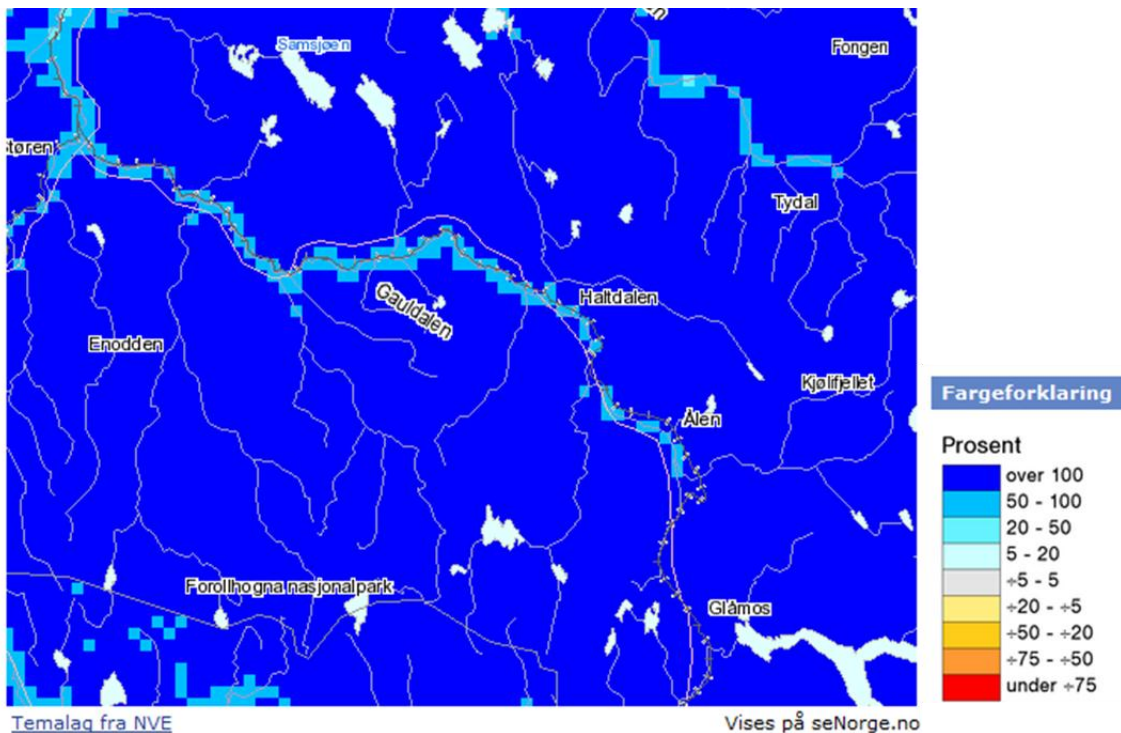
3.2.2 ROS-analyser i byggeplanfasen

I forbindelse med utarbeiding av konkurransegrunnlag besluttes endelig valg av tekniske løsninger, dimensjoner og materialer. Typiske problemstillinger som man kan stå overfor i et utbyggingsområde kan være utforming av drencsystemer, fundamenteringsløsninger og erosjonssikring. For å identifisere kritiske problemområder og utfordringer, og effekter av tiltak, bør det gjennomføres ROS-analyser. Dersom det er gjennomført ROS-analyser i en tidligere planfase bør man ta utgangspunkt i resultatene fra disse. Som under lag for en enkel ROS-analyse (nivå 1), kan et oppslag i "nyforevar.senorge.no" vise hvilke hendelser som tidligere har oppstått i området. Dette kan være flomskred, løsmasseskred og flom som vist i Figur 12.

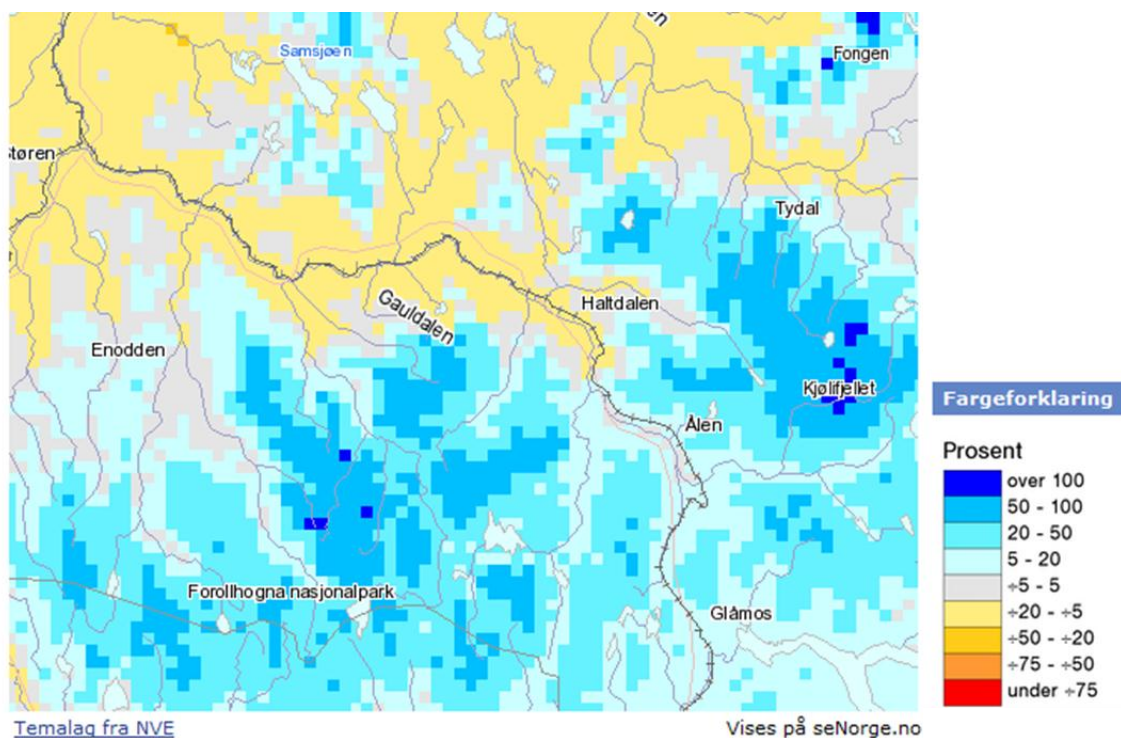


Figur 12 Informasjon om historiske hendelser som stengt veg i området (skyldes flom, løsmasseskred, snøskred, steinskred m.m. (Kilde: <http://nyforevar.senorge.no/>)

Dette oppslaget i "senorge.no" i dette eksempelet viser at deler av området vil kunne få økt vinteravrenning og våravrenning, som vist i Figur 13 og Figur 14. Disse innledende resultatene viser at påkjenningene på vegnettet mest sannsynlig vil øke i fremtiden og at det derfor må velges ekstra robuste løsninger. Dette kan for eksempel være valg av mer robuste helhetlige drencsystemer, økte drencdimensjoner, ekstra robust fundamentering med peler i elver og gode erosjonssikringstiltak. For enkelte områder eller vegobjekter kan det også være nødvendig med mer omfattende og detaljerte analyser, som underlag for prosjektering av forbyggende tiltak og vurdering av beredskapstiltak i området.



Figur 13 Informasjon om prosentvis endring i vinteravrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: <http://senorge.no/>)



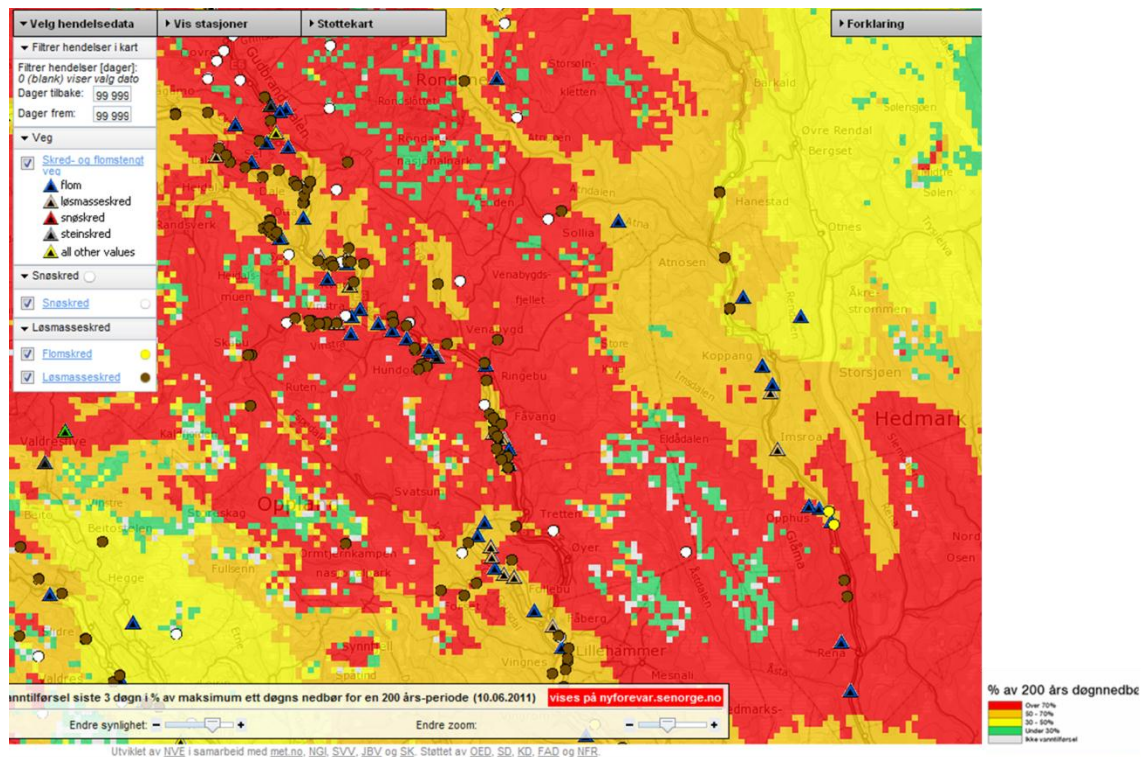
Figur 14 Informasjon om prosentvis endring i våravrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: <http://senorge.no/>)

Regionkontorene har ansvaret for større utbyggingsprosjekter og distriktskontorene for mindre utbyggings- og vedlikeholdsprosjekter. Utformingen av elementene i byggeplanen skal skje i henhold til gjeldende håndbøker og beste kunnskap. Eventuelle avvik eller løsninger som ikke er beskrevet i håndbøker skal vurderes med hensyn til risiko. Prosjektleder eller byggeleder har ansvar for at nødvendige risikovurderinger gjennomføres. Risikovurderingene gjennomføres primært av samme tverrfaglige gruppe som i tidligere planfaser.

3.2.3 ROS-analyser i driftsfasen

I driftsfasen vil det være aktuelt med ROS-analyser som underlag for planlegging av forebyggende tiltak og beredskapstiltak. ROS-analysene kan gi verdifull informasjon om hvilke områder som har vært sårbare og hvilke værforhold og hendelser en vil kunne forvente i fremtiden i området.

Sommeren 2011 var store nedbørsmengder og flom i østlige områder i Sør-Norge. Dette medførte vegstengninger på E6 i Gudbrandsdalen og på rv. 3 i Østerdalen. Et oppslag i "nyforevar.senorge.no" viser deler av området som ble berørt og nedbørsituasjonen i juni 2011, se Figur 15. Resultatene fra dette oppslaget viser at det historisk har vært flere flom- og skredhendelser i dette området og at akkumulert siste 3-døgns nedbør frem til 10.6 utgjorde mer enn 70 % av 200 års døgnetnedbør. Fargene i kartet illustrerer også forslag til beredskapsnivå i området fra ordinær driftsberedskap (gult) til kriseberedskap (rødt).



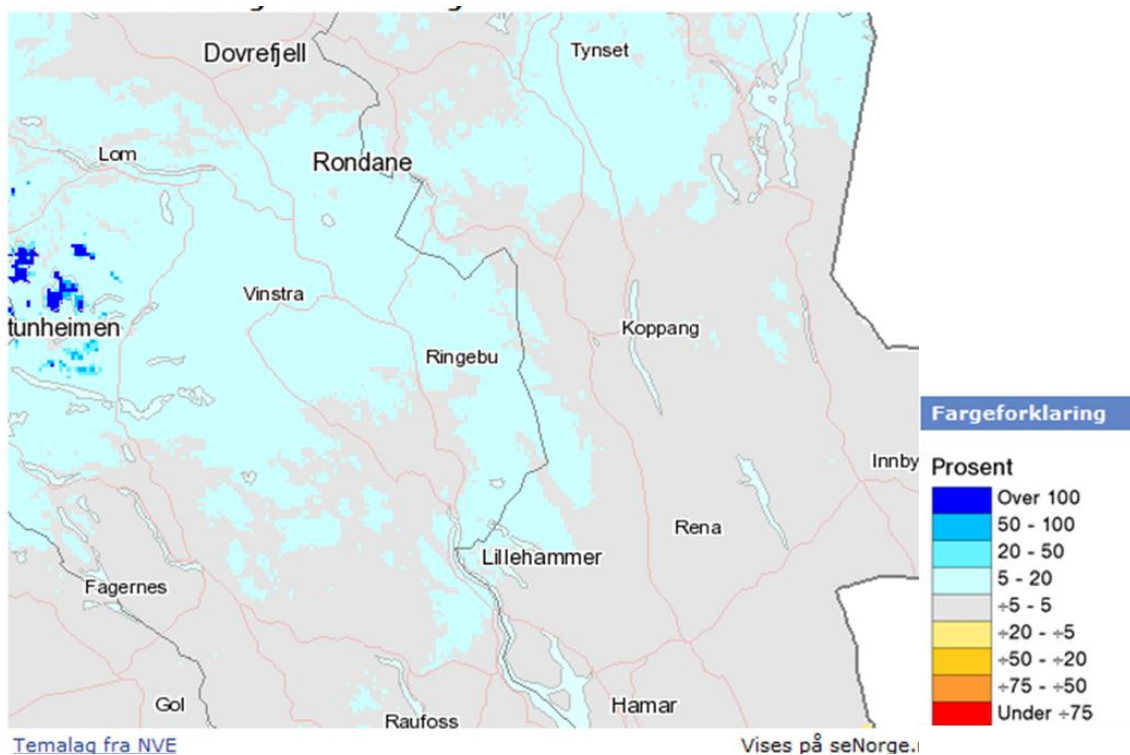
Figur 15 Informasjon om vanntilførsel 3 dogn i % av maksimum ett døgns nedbør for en 200 års-periode (10.06.2011) og historiske hendelser som stengt veg i området (skyldes flom, løsmasseskred, snøskred, steinskred m.m.), snøskred og løsmasseskred i (Kilde: <http://nyforevar.senorge.no/>)

Regionkontorene koordinerer driftskontraktene og vegavdelingene i fylkene, ved byggherre- og driftsseksjonene, følger opp funksjonskontraktene overfor entreprenørene. I malen for funksjonskontraktene stilles det krav til byggherrens og entreprenørens risikovurderinger. Den overordnede risikovurderingen av hele kontrakten skal gjennomføres av en gruppe bestående av representanter fra byggherre- og driftsseksjonene og entreprenøren. Gruppen kan suppleres med kompetanse fra andre fagmiljøer. Beredskapsplanen er grunnleggende for god beredskap. Her skal varslingslinjer, organisering og ressurser for krisesituasjonen være nedfelt. Planen bør være oppdatert, og den bør være så funksjonell som mulig. Den bør også evalueres og revideres jevnlig. Beredskapsplanen skal danne grunnlaget for en god krisehåndtering av

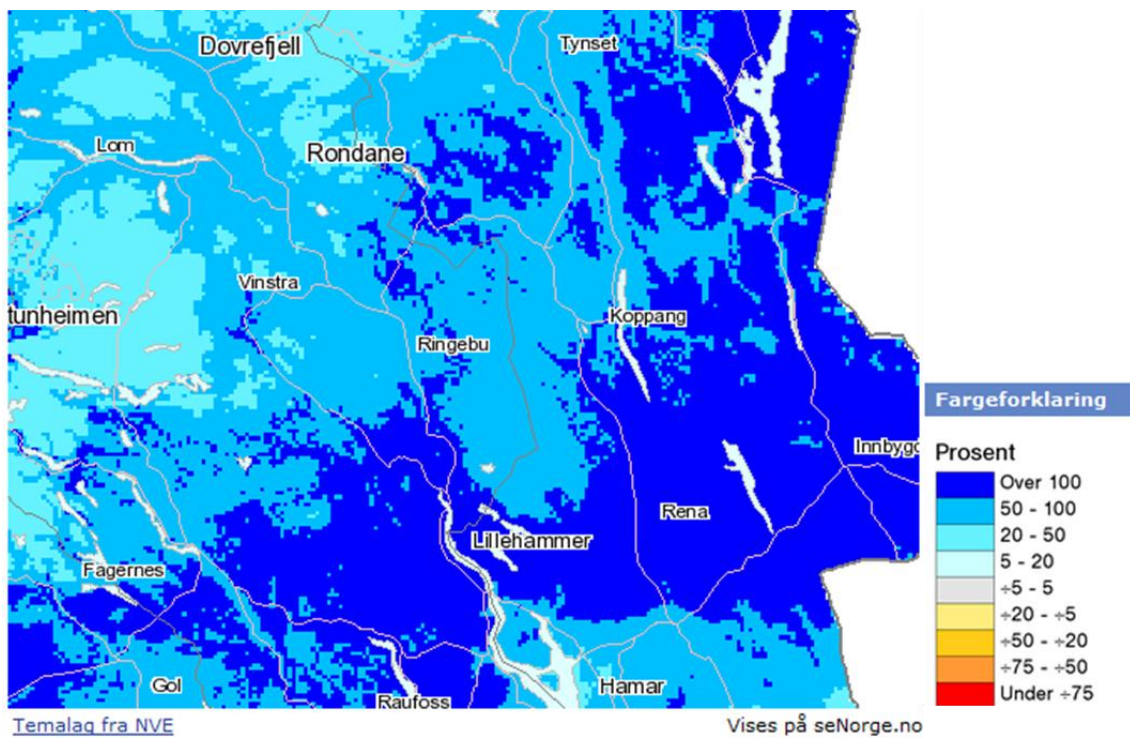
uønskede hendelser som kan påvirke Statens vegvesens hovedfunksjon om sikring av fremkommelighet på vegnettet. Beredkapsplaner angir hvordan krisesituasjoner skal håndteres, og Statens vegvesen har klare retningslinjer for hva som skal gjøres når en uønsket hendelse oppstår.

I etatsprogrammet "Klima og transport" er det utarbeidet utkast til ny mal for beredkapsplaner [20]. Her foreslås det at det legges opp til trinnvis beredskap med økt aktsomhet ved økt sannsynlighet for hendelser. Portalløsningen "nyforevar.senorge.no" og oppslag som illustrert i Figur 15 vil kunne gi informasjon om behovet for forebyggende tiltak og beredskapstiltak i ulike områder. Informasjonen kan også danne grunnlag for ROS-analyser som underlag for prioritering av tiltak og innsats i de ulike områder.

Et oppslag på "senorge.no" på endring i årsavrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 i det samme området viser at den prosentvise endringen i årsavrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 er marginal som vist i Figur 16. Dette indikerer at en mest sannsynlig ikke generelt kan forvente en økning i flomrelaterede hendelser. Resultatene vist i Figur 17 indikerer imidlertid at en kan forvente økning i vinteravrenning i området. Dette kan eksempelvis gi økt sannsynlighet for isgang og flom, som en må ta høyde for ved planlegging av forebyggende tiltak og beredskapstiltak.



Figur 16 Informasjon om prosentvis endring i årsavrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: <http://senorge.no/>).



Figur 17 Informasjon om prosentvis endring i vinteravrenning fra 1961-1990 til 2071-2100 fra 1961-1990 til 2071-2100 (Kilde: <http://senorge.no/>).

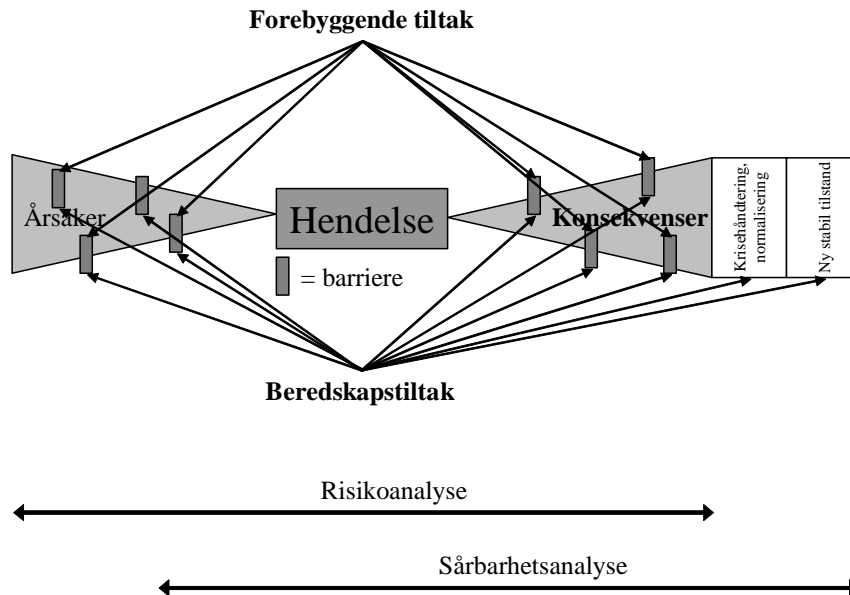
Det foreligger også krav til entreprenører om å ha sin egen beredskapsplan for arbeidet de utfører for Statens vegvesen.

3.2.4 ROS-analyser i vegforvaltningen

Vegdirektoratet har ansvar for å utarbeide grunnlag for sikkerhetsmessige vurderinger innen vegforvaltning. Vegforvaltningen er regulert gjennom lover, forskrifter, håndbøker og retningslinjer. Før et vedtak fattes, skal risiko vurderes og risiko ved ulike alternativer sammenliknes. Dette gjelder for alle tiltak som berører riksveger og fylkesveger. Dersom andre aktører enn Statens vegvesen gjennomfører tiltak som berører riksveger og fylkesveger er det derfor viktig at Statens vegvesen ser til at det er gjennomført tilstrekkelige ROS-analyser, som beskrevet ovenfor, og at tiltakene gjennomføres som planlagt.

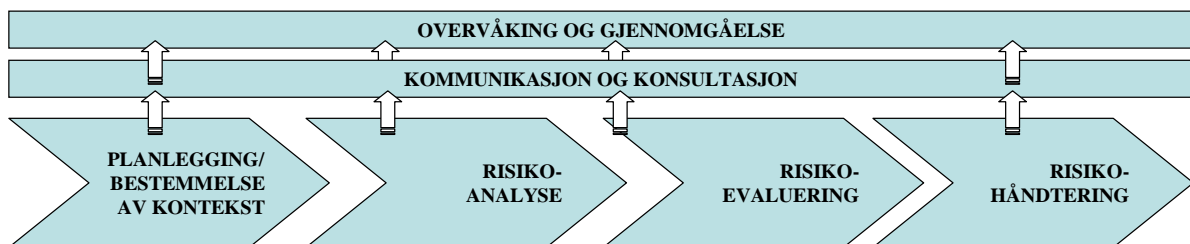
4 Gjennomføring av risikovurderinger

Sammenhengen mellom risiko- og sårbarhetsanalyser er illustrert i Figur 18.



Figur 18 Risiko og sårbarhet [21]

Denne veilederen beskriver ROS-analyser med hovedprosesser som vist i Figur 19. ROS-analyser gjennomføres i Statens vegvesen sitt risikoanalyseverktøy VegCim.



Figur 19 Risikovurderinger, hovedprosesser, jf. NS 5814 [19]

Igangsetting,
problem-
beskrivelse og
målformulering

Organisering av
arbeidet

Valg av metoder og
datagrunnlag

Etablering av
systembeskrivelse

4.1 Klassifisering av sannsynlighet og konsekvenser

Risiko klassifiseres jf. risikomatrisen som vist i Figur 20.

Sannsynlighets- kategori	Konsekvens- grad	1	2	3	4	5
	5					
4						
3						
2						
1						

Figur 20 Risikomatrise for værrelaterede hendelser

For vær- og klimarelaterte hendelser må den generelle sannsynlighetsmatrisen for trafikkhendelser modifiseres da hendelser som skyldes vær, klima og naturskader skjer svært sjeldent relativt sett i forhold til f.eks. trafikkhendelser. Det anbefales derfor at en benytter en sannsynlighetsmatrise som er vist i Tabell 2 for denne typen hendelser.

Tabell 2 Sannsynlighetsmatrise for vær- og klimarelaterte hendelser

Sannsynlighetskategori	Betegnelse	Forklaring
1	Lite sannsynlig	Mindre enn én hendelse pr 1000 år
2	Mindre sannsynlig	Mellom én hendelse pr 100 år og én hendelse pr 1000 år
3	Sannsynlig	Mellom én hendelse pr 10 år og én hendelse pr 100 år
4	Meget sannsynlig	Mellom én hendelse pr ett år og én hendelse pr 10 år
5	Svært sannsynlig	Mer enn én hendelse pr ett år

4.2 Trinnvis ROS-analyse

Det finnes et stort antall strekninger og objekter i vegnettet som er og vil bli utsatt for klima- og værrelaterte hendelser. Detaljerte ROS-analyser av alle disse vil kreve uhensiktsmessig mye ressurser. Det er derfor viktig at en setter inn ressursene på de mest kritiske områdene, strekningene og vegobjektene, hvor tiltakene vil være mest kostnadseffektive.

Et av hovedformålene med ROS-analyser er å identifisere de områdene, vegstrekningene og vegobjekter som er mest utsatte og kritiske, hvilke tiltak som er mest kostnadseffektive og prioriterte tiltak. Tiltak etter en ROS-analyser kan være mer omfattende og detaljerte analyser, fysiske tiltak og beredskapstiltak.

Ved gjennomføring av ROS-analyser av anbefales det at analysene gjennomføres på 3 nivåer som vist i Tabell 3.

Tabell 3 Nivåer for risikoanalyser

Nivå på analysen	Beskrivelse
Nivå 1	Enkel ROS-analyse for å identifisere områdene, strekningene og vegobjektene hvor en vil kunne forvente skader på vegen eller tilstøtende terreng, som kan medføre redusert fremkommelighet ved værrelaterte hendelser. Analysen bør kunne gjennomføres ved hjelp av foreliggende informasjon om områdene, strekningene og objektene fra informasjonssystemer og arkiver som finnes i NVDB, bruforvaltningssystemet BRUTUS, oversiktstegninger, samt bakgrunnsinformasjon om blant annet meteorologiske- og hydrologiske-, geotekniske- og geologiske forhold fra for eksempel "klimatilpasning.no", "seNorge.no", "nyforevar.senorge.no" eller fagportaler som " www.skrednett.no". Generell informasjon om de utsatte områdene, strekningene og objektene kan foreligge i driftskontraktene. Informasjon om bruer finnes hovedsakelig i BRUTUS og i bruarkivene. For skred vil det være aktuelt å benytte informasjon fra skredsikringsplanene eventuelt supplert med tilleggsvurderinger som ved utarbeiding av skredsikringsplanene. Dette vil være en kvalitativ risikoanalyse.
Nivå 2	Utvidet ROS-analyse av utvalgte avgrensede områder, strekninger og objekter som er spesielt utsatt for værrelaterte skader eller der hvor hendelsene vil ha middels store eller store konsekvenser. En innhenter da mer detaljert informasjon om områder, strekninger og objekter, samt bakgrunnsinformasjon om blant annet meteorologiske og hydrologiske, geotekniske og geologiske forhold fra for eksempel informasjonskildene vist ovenfor eller i fagdatabaser. Det vil også være aktuelt å foreta supplerende befaringer, undersøkelser og oppmålinger, samt forenklede analyser. Dette vil være en kvalitativ risikoanalyse eller en forenklet kvantitativ analyse.
Nivå 3	Spesiell ROS-analyse vil være aktuell der en trenger mer detaljerte analyser for å fastslå effektene av værrelaterte hendelser med tilstrekkelig nøyaktighet eller der hvor hendelsene vil ha middels store eller store konsekvenser. Ved spesiell ROS-analyse vil det være aktuelt å gjennomføre inspeksjoner på nivå med spesialinspeksjoner samt blant annet målinger i vassdrag, grunnundersøkelser og spesielle analyser. Dette vil være både kvalitative og kvantitative risikoanalyser.

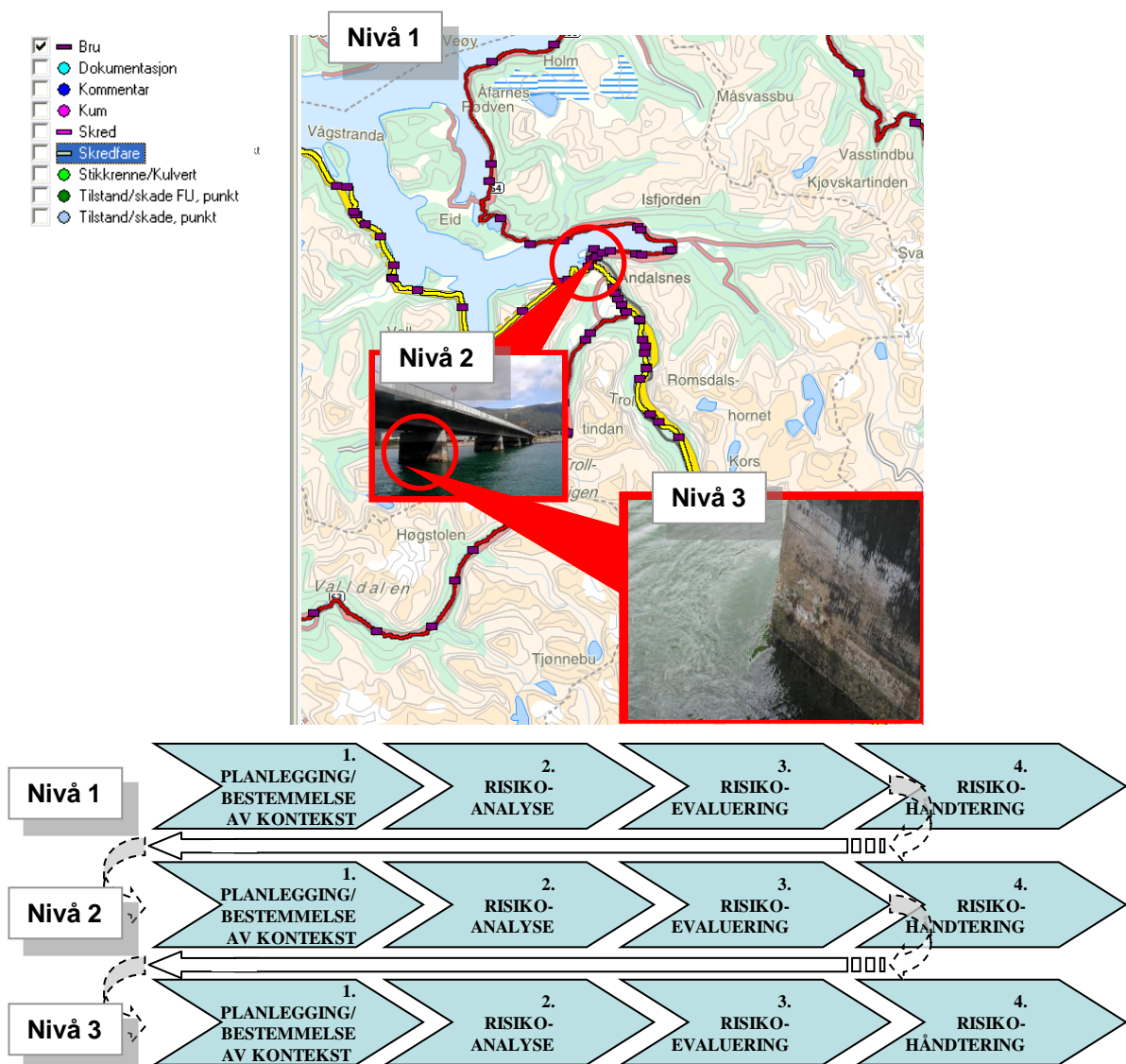
Dersom resultatene fra analysene på Nivå 1 og Nivå 2 viser at områdene, strekningene eller enkelte objekter som for eksempel bruer eller stikkrenner havner i gul eller rød risikosone som illustrert i Figur 21, bør det gjennomføres mer detaljerte risikoanalyser (Nivå 3).

Sannsynlighets-kategori \ Konsekvens-grad	Konsekvens-grad				
	1	2	3	4	5
5					
4					
3					
2					
1					

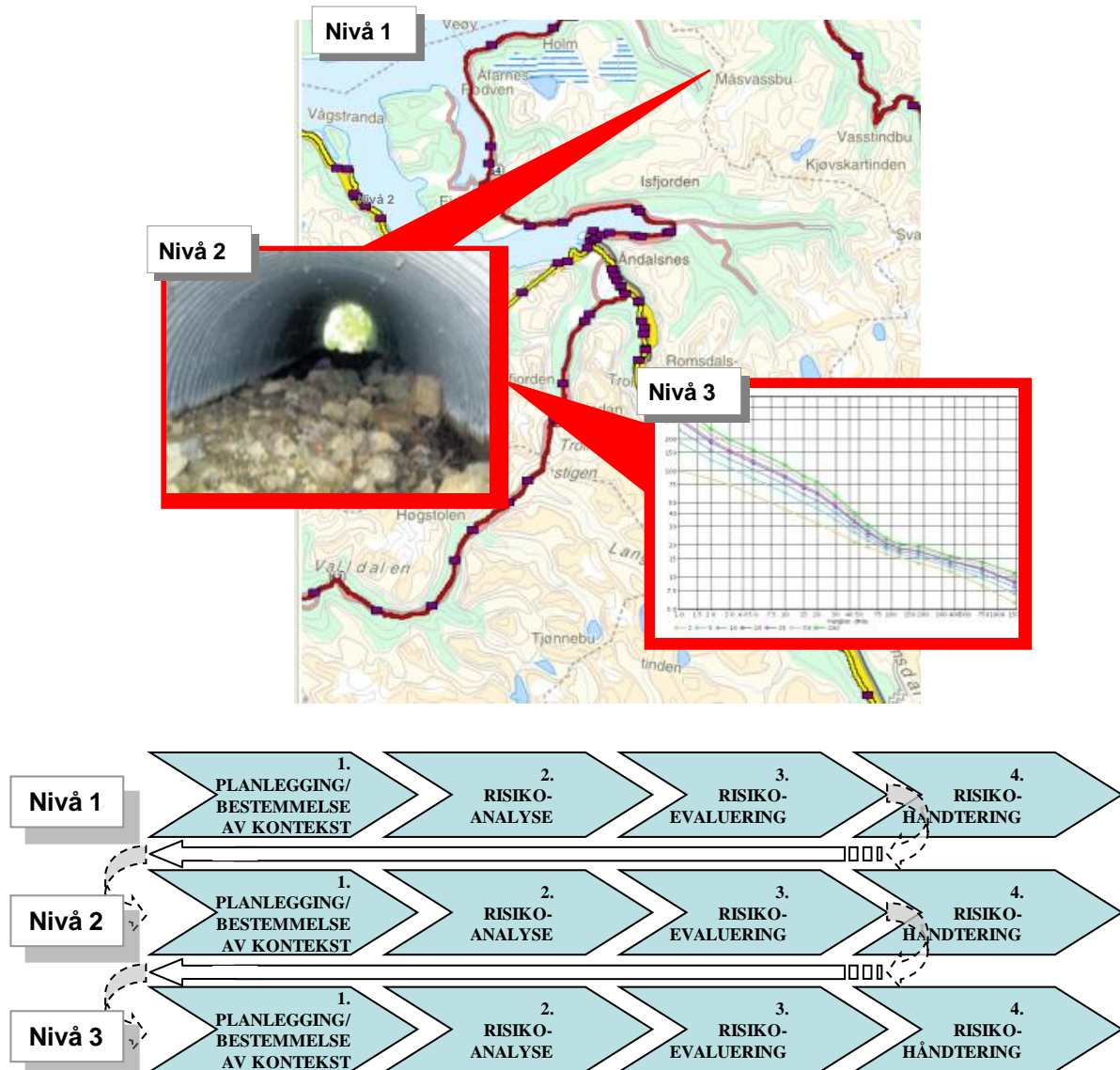
Figur 21 Risikomatrixe

For ROS-analyser av b.la. bruer, vegkropp/-strekninger, stikkrenner og skred m.h.t værrelatererte hendelser vises det til spesielle veiledere jf. kap. 1.1.

Eksempler på trinnvise ROS-analyser for henholdsvis bruer og stikkrenner er vist i Figur 22 og Figur 23.



Figur 22 Eksempel på nivåer for risikoanalyser for bruer



Figur 23 Eksempel på nivåer for ROS-analyser

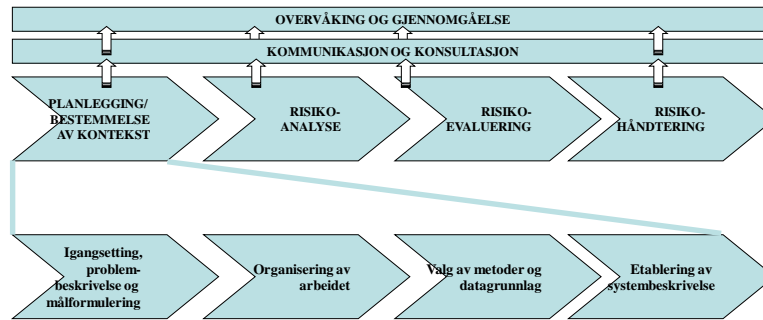
4.2.1 Planlegging og bestemmelse av kontekst

Ved oppstart av ROS-analysene er det viktig at prosesseier og prosessleder utarbeider bestilling og beskrivelse av plan for arbeidet.

Problemet og formålet med analysen bør beskrives. Dette kan f.eks. dreie seg om enkel ROS-analyse (nivå 1) i forbindelse med oppstart av planarbeid, der målet er å identifisere potensielle værrelaterte hendelser i planområdet, som underlag for valg av vegtrase. Eller det kan være spesiell ROS-analyse (nivå 3) i forbindelse med detaljplanlegging av brufundamentering og erosjonssikring.

Kontekst (bakgrunn, i hvilken sammenheng analysen gjennomføres) for ROS-analyser er i hovedtrekk beskrevet i kap. 3.

I planleggingsfasen skal en jf. NS 5814 [19] gjennomføre aktiviteter som vist i Figur 24.



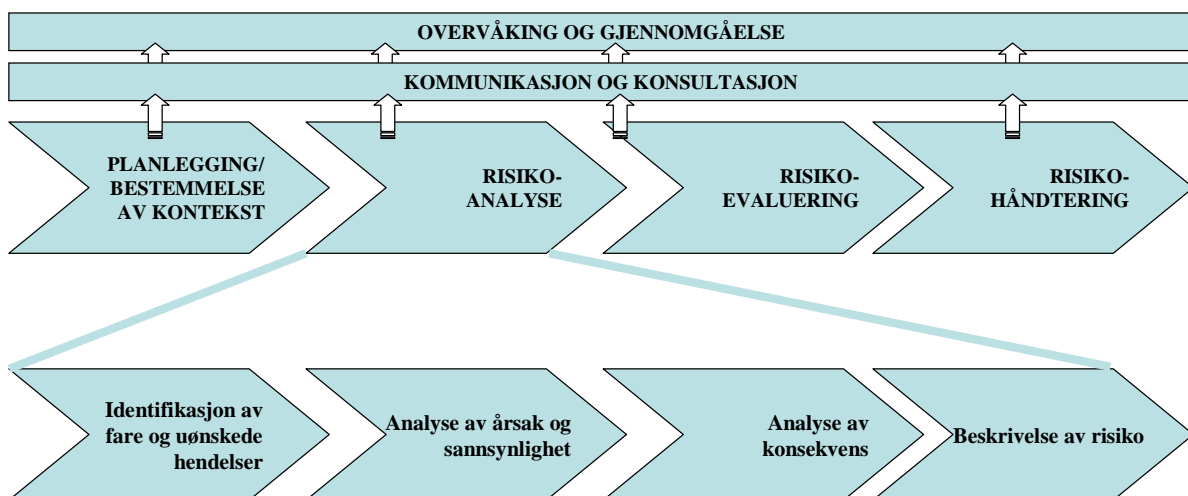
Figur 24 Risikovurderinger, planlegging og bestemmelse av kontekst, jf. NS 5814 [19].

Arbeidet bør innledes med at man fastlegger formålet med analysen. Dette kan blant annet være:

- Risikovurdering for å kartlegge sårbarhet med hensyn til fremkommelighet under ugunstige værforhold.
- Risikovurdering for å kartlegge sårbarhet med hensyn til fremkommelighet i en mulig fremtidig situasjon ved klimaendringer.
- Risikovurdering som beslutningsgrunnlag for prioritering av vedlikeholds- og fornyingstiltak, som reduserer vegnettets sårbarhet for hendelser som skyldes ugunstige værforhold og klimaendringer, herunder økonomiske konsekvenser og risiko.
- Risikovurdering for å evaluere og revidere beredskapsplaner med hensyn til hendelser som skyldes ugunstige værforhold og klimaendringer.

Videre bør det, avhengig av formålet med analysen og foreliggende dokumentasjon fra tidligere risikovurderinger, bestemmes hvilke områder/vegobjekter som skal vurderes og på hvilket detaljeringsnivå ROS-analyser skal gjennomføres. Prinsippene for trinnvis ROS-analyser og ulike nivåer er beskrevet i kap. 4.2.

I analysefasen skal en gjennomføre aktiviteter som vist i Figur 25.



Figur 25 Risikovurderinger og risikoanalyse, jf. NS 5814 [19].

4.2.2 Identifikasjon av potensielle hendelser, risikoområder, strekninger og vegobjekter

For identifikasjon av *potensielle* risikoområder anbefales det at en generelt blant annet vurderer:

- Kunnskap/informasjon om opptredende værforhold og effekter på lokale værforhold av klimaendringer,
- Beredskapsplaner, herunder varslings og informasjonsplaner,
- Alder på infrastruktur,
- Prosjekterings- og byggestandarder,
- Inspeksjon, drift og vedlikehold. Rutiner og standard,
- Trafikk mengder (Årsdøgnstrafikk - ÅDT),
- Spesielle lokale forhold med hensyn til topografi, nedbør, flom m.m.

I tillegg bør følgende tekniske forhold vurderes:

- Robustheten til vegnettet og vegobjekter.
- Tidligere hendelser/skader i forbindelse med værrelaterte hendelser.
- Blant annet meteorologiske- og hydrologiske-, geotekniske- og geologiske forhold.
- Sikrings- og forbyggende tiltak.

4.2.3 Analyse av årsak, sannsynlighet, konsekvens og risiko

For den aktuelle hendelse skal årsak, sannsynlighet og konsekvens vurderes. For nivå 1 og nivå 2 analyser kan følgende metoder benyttes ved kartlegging og analyse av årsak, sannsynlighet og konsekvens:

- Grovanalyse (Preliminary Hazard Analysis - PHA)
- Feilmodi- og feileffekt analyse (Fault Modes and Effects Analysis - FMEA)
- HAZOP-analyse (Hazard and operability Analysis)
- Feiltreanalyse (Fault tree Analysis - FTA)
- Hendelsestreanalyse (Event Tree Analysis - ETA)

For nivå 3 analyser, vil det også være aktuelt å gjennomføre kvantitative analyser.

Ved analyse av værrelaterte hendelser vil det være uheldig kun å basere seg på historiske data og statistikker. Historiske data og statistikker kan benyttes der datagrunnlaget er godt, samt at områder, strekninger, vegobjekter og tilstøtende områder er sammenlignbare. I mange tilfeller er en derfor avhengig av godt faglig skjønn og vurderinger, og rent subjektive vurderinger.

I Statens vegvesens "Håndbok for krisehåndtering" [18] er det beskrevet konsekvensnivåer som vist i Tabell 4.

Tabell 4 Konsekvensområder og konsekvensgrader jf. [18]

Grad Område	1	2	3	4	5
Eget personell	Mindre skader	Alvorlige skader	3 - 5 alvorlig skadde eller 1 drept	5 - 10 alvorlig skadde eller 2-3 drepte	Mer enn 10 alvorlig skadde eller mer enn 3 drepte
Eksternt personell	Ulykke med mindre skader	Ulykke med - 2-4 alvorlig skadde	Ulykke med - 4 - 8 skadde - 1 - 4 drepte	Ulykke med - 8 - 50 skadde - 5 - 10 drepte	Ulykke med mer enn - 50 skadde - 10 drepte
Framkommelighet	Åpen veg, men redusert framkommelighet og lite kø	Stengt veg i kortere periode, gode omkjøringsmuligheter, noe kø	Stengt veg i lengre periode (dager) og lang/dårlig omkjøring, mye trafikk	Stengt veg i lang tid (uker), dårlig omkjøring (lang eller uegnet), betydelige konsekvenser for trafikantene. Lokalsamfunn avstengt i flere dager	Stengte hovedveger, landsdeler avstengt Hovedveger stengt i lengre tid, med store konsekvenser for trafikantene og samfunnet
Miljø	Mindre forurensning. Ingen eksponering av miljø	Moderat forurensning som påviselig ikke forårsaker forstyrrelser eller skader	Forurensning som kan forårsake lokale forstyrrelser og skader	Forurensning som kan forårsake regionale skader	Forurensning som kan forårsake varige regionale skader
Egne bygg og installasjoner	Skader/uhell egne bygg og systemer som midlertidig reduserer funksjonalitet og evne til å løse oppgaver	Skader på egne bygg og installasjoner som reduserer funksjonalitet over tid	Omfattende skader/havari på egne bygg og installasjoner, sterkt redusert eller totalt manglende funksjonalitet på viktige systemer	Skader som medfører driftsproblemer over lengre tid for deler av virksomheten	Skader som medfører driftsproblemer over lengre tid for hele virksomheten
Økonomi/Drift	Tap opptil kr 1 mill.	Tap opptil kr 10 mill.	Tap opptil kr 10-50 mill.	Tap opptil kr 50-100 mill.	Tap over kr 1 mrd.
Omdømme	Skriftlig klage fra enkeltpersoner	Klage kunder/myndigheter. Negativ lokal mediedekning	Negativ lokal mediedekning flere dager Nasjonal mediedekning	Negativ nasjonal mediedekning mer enn 3 dg	Negativ internasjonal mediedekning Negativ nasjonal mediedekning mer enn 10 dg

Resultatene fra ROS-analyser skal plottes inn i en risikomatrix som vist i Figur 26. Generelt skal hendelser som havner i "gul eller rød sone" etter nivå 1 analyse (enkel risikoanalyse), analyseres i en nivå 2 analyse (utvidet risikoanalyse), og hendelser som havner i "rød sone" etter nivå 2 analyse analyseres i en nivå 3 analyse (spesiell risikoanalyse). Dette må vurderes for hvert enkelt tilfelle også ut i fra konsekvenser av hendelsene og usikkerhetene ved analysene.

Sannsynlighets- nivå \ Konsekvens- grad					
	1	2	3	4	5
5					
4					
3					
2					
1					

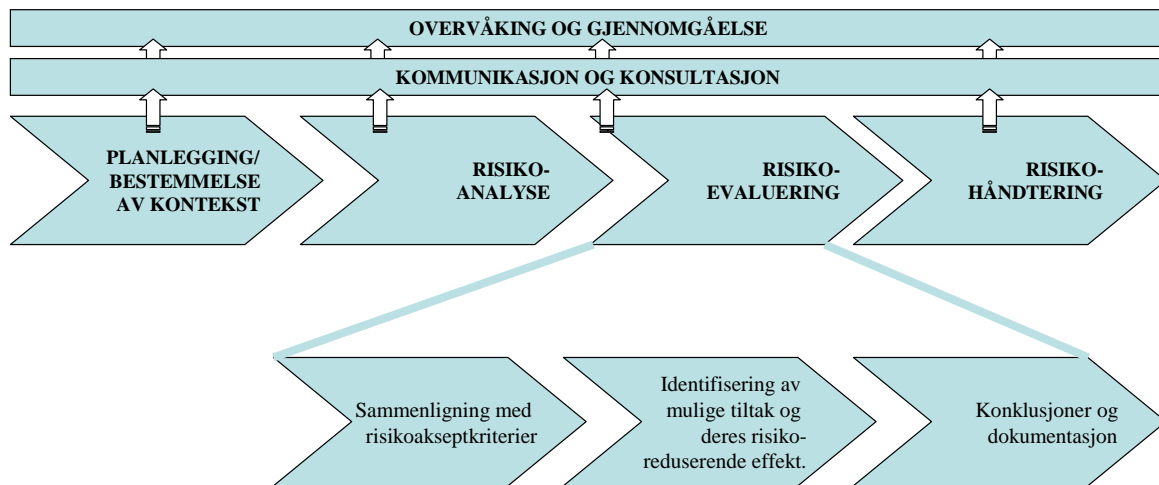
Figur 26 Risikomatrise

Rapporter fra analyser skal omfatte:

- Grunnlagsinformasjon,
- Resultater fra inspeksjoner, supplerende undersøkelser m.m.,
- Resultater fra beregninger,
- Hvordan effekt av klimaendringer er vurdert,
- Vurdering av tiltak og effekt av disse,
- Evaluering av eksisterende sikrings- og forebyggende tiltak og effekt av disse,
- Forslag til inspeksjons-, vedlikeholds-, beredskaps- og fornyingstiltak.

Det er viktig at det gis beskrivelser av hvilke deler av området, strekningen og vegobjektet som bør holdes under spesielt oppsyn ved ordinære inspeksjoner og under perioder med spesielle værforhold. Sistnevnte bør inngå i beredskapsplaner inntil korrigerende tiltak er gjennomført. Det skal også gis anbefalinger om terskel-/grenseverdier for når beredskap bør iverksettes for den enkelte område, strekning og vegobjekt og under hvilke forhold en bør ha økt aktsomhet i forhold til inspeksjon og forvaltning, herunder beredskap.

4.3 Risikoevaluering

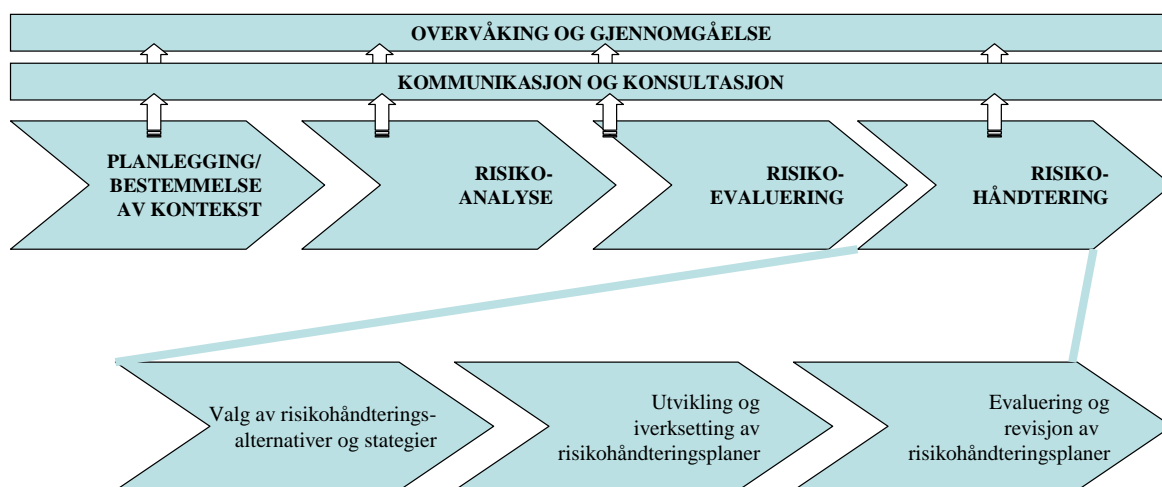


Figur 27 Risikovurderinger og risikoevaluering, jf. NS 5814 [19]

Basert på resultatene fra risikoanalysene er det viktig at opptredende risiko vurderes opp mot Statens vegvesen retningslinjer og strategier. Denne risikoevaluering skal bidra når beslutninger tas om hvilke risikoer som må håndteres, og hvilken prioritet iverksettingen av håndteringen skal gis.

Risikoevalueringen bør også sees i en utvidet sammenheng, hvor risikoen også vurderes sett i forhold til andre samfunnsinteresser og behov. Det er viktig at beslutninger tas i henhold til juridiske, forskriftsmessige og gjeldende retningslinjer. Risikoforholdene (med hensyn til ulike konsekvenser) kan vurderes enkeltstående eller samlet ved f.eks. en felles vektet risikoindikator. Dette gjelder og for risikoanalyser/-vurderinger av områder eller vegstrekninger med flere bruer/vegobjekter.

4.4 Risikohåndtering



Figur 28 Risikovurderinger og risikohåndtering, jf. NS 5814 [19]

I enkelte tilfeller kan risikoevalueringen medføre en beslutning om å gjennomføre videre analyser. Risikoevalueringen kan også medføre en beslutning om å håndtere risikoen gjennom etablerte drifts-, vedlikeholds- og beredskapsrutiner.

Alternative tiltak kan prinsipielt omfatte følgende:

- Unngå risikoen ved å beslutte *ikke* å begynne eller ikke å fortsette med aktiviteten som forårsaker risikoen.
- Fjerne risikokilden.
- Endre sannsynligheten.
- Endre konsekvensene.

I praksis vil følgende tiltak kunne være aktuelle:

- Økt drift og vedlikehold.
- Tiltak som gir økt motstandsevne mot vær- og klimapåkjenninger ved f.eks. erosjonssikring, vassdragstiltak, mindre fornying (forsterkning og ombygging).
- Beredskaps- og krisehåndteringstiltak.
- Forebyggende tiltak som f.eks. større fornyingstiltak eller nybygging.

Trinnene i tiltaksvurdering for risikohåndtering vil være:

1. Identifisere mulig tiltak.
2. Analysere kostnader av tiltak og risikoreducerende effekt av tiltak.
3. Prioritere tiltak.
4. Utarbeide en håndteringsplan.

Det bør framgå klart av håndteringsplanen hvilken prioriteringsrekkefølge som skal gjelde for iverksettingen av den enkelte risikohåndteringen.

Håndteringsplanen bør også gi beskrivelser av hvordan videre overvåking og gjennomgåelse, og kommunikasjon og konsultasjon skal ivaretas.

5 Referanser

1. Prosjektrapport VD 23, Arne Gussiås, Hans Olav Hagen, Statens vegvesen: "ROS-analyser av bruer mht værrelaterede hendelser",
2. Prosjektrapport VD 24, Skuli Thordarson, Vegsýn, Steinar Myrabø, Jernbaneverket og Øystein Myhre, Statens vegvesen: "ROS-analyser av stikkrenner mht værrelaterede hendelser",
3. Prosjektrapport VD 25, Ivar Horvli, ViaNova Plan og trafikk AS /Statens vegvesen: "ROS-analyser av vegoverbygning mht værrelaterede hendelser"
4. Klima i Norge 2100, Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing, Miljøverndepartementet, Norsk klimasenter (Meteorologisk institutt, Bjerknessenteret, Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), Havforskningsinstituttet og Nansensenteret), 2009, Oslo.
5. Tilpassing til eit klima i endring: samfunnet si sårbarheit og behov for tilpassing til konsekvensar av klimaendringane, Miljøverndepartementet, NOU 2010:10, Oslo, 2010, 239 s.
6. UTREDNINGSFASEN NASJONAL TRANSPORTPLAN 2014-2023, Klimatilpassing, Avinor, Jernbaneverket, Kystverket og Statens vegvesen, Oslo, 2010.
7. Klimatilpassing innen NVEs ansvarsområder: strategi 2010 – 2014, NVE, Hamarsland m.fl., Oslo: NVE, 2010, 66 s.
8. Havnivåstigning - Estimerer av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner, Revidert utgave (2009) Klimatilpassing Norge, DSB –Bjerknessenteret – Miljøverndepartementet.
9. "Samfunnsøkonomiske virkninger av klimaendringer i Norge", Underlagsrapporter Klimatilpassingsutvalget, Miljøverndepartementet, 2010.
(<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/dep/styrer-rad-og-utvalg/klimatilpassingsutvalget/underlagsrapporter-klimatilpassingsutval.html?id=628477>
http://www.regjeringen.no/Upload/MD/Vedlegg/Klima/Klimatilpassing/underlagsrapporter/vista_analyse_012010.pdf).
10. Veileder for sikkerhetsstyring i vegtrafikken / Vegdirektoratet. Veg- og trafikkavdelingen. Høringsutgave, kun elektronisk. Oslo: Vegdirektoratet, 2006. - 53 s.
(<http://www.vegvesen.no/binary?id=15309>)
11. NS-ISO 260000 Veiledning om samfunnsansvar, Standard Norge, Lysaker, 2010, 107 s.
12. NS-ISO 31000, Risikostyring – Prinsipper og retningslinjer, Standard Norge, Lysaker, 2009, 30 s.
13. ISO/IEC 31010 Risk management - risk assessment techniques, International Organization for Standardization (ISO), 2009, Genève, 188 s.
14. A Guidebook to the RIMAROCC Method, ERA-NET ROAD, ERA-NET ROAD Coordination Action, "ENR SRO3 - Road Owners Getting to Grips with Climate Change" Project No. TR80A 2008:72148, Project acronym: RIMAROCC, Project title: Risk Management for Roads in a Changing Climate, 2010, 81 s.
15. Veileder for sikkerhetsstyring i vegtrafikken, Høringsutg., Vegdirektoratet. Veg- og trafikkavdelingen, Oslo, 2006, 53 s.
16. Håndbok 271 Risikovurderinger i vegtrafikken: veiledning, Statens vegvesen, Oslo, 2007, 52 s.
17. Veileder for risikoanalyser av vegtunneler, Vegdirektoratet. Trafikksikkerhetsseksjonen, Oslo, 2007, 41 s.
18. Håndbok for krisehåndtering i Statens Vegvesen, Utkast, Statens vegvesen.
19. Krav til risikovurderinger (NS 5814:2008), Standard Norge, 2008, Oslo, 15 s.
20. Prosjektrapport VD 28, Solveig Kosberg, Tore Humstad, Statens vegvesen: "Forslag til ny mal for beredskapsplaner"
21. Einarsson S & Rausand M, An Approach to Vulnerability Analysis of Complex Industrial Systems. Risk Analysis, Vol. 18 No. 5, pp 535-546, 1998.

Vedlegg 1



Delprosjekt 7 Sårbarhet og beredskap

Alt som ikke kan forbygges må takles med funksjonell beredskap, tilpasset klimaforhold. Delprosjektet omfatter rutine, krav og kontraktsmal for varsling, beredskapssystem inkludert kriterier for tiltak (stenging eller annet) for både flom og skred ut fra beredskapstrinn.

Delprosjektet er organisert i følgende aktiviteter:

- 7-1 Beredskapssystem
- 7-2 Risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS)
- 7-3 Beredskapskurs for entreprenører

Beredskapssystem og dets funksjonalitet er viktig for klimatilpasning. Prosjektet skal kartlegge og vurdere Statens vegvesens beredskap under hendelser som skyldes ugunstige væreforhold, samt utarbeide forslag til endrede beredskapsrutiner under endrede klimaforhold og ugunstig vær. Fokuset er på trinnvis beredskap. Inkludere faglig grunnlag i forhold til ulike typer hendelser samt utprøve bruken av webportalen "Føre var" (delprosjekt 2). Trinnvis beredskap

ROS-analyser av vegnettet mht alvorlige hendelser som kan føre til stengning av vegen, utføres av Statens vegvesen som oppfølging av SAMROS prosjektet. Arbeidet utføres i regionene /distriktene. 'Klima og transport' bidrar med en veiledning til hvordan dette arbeidet skal inkludere hensyn til mulig effekt av klimaendringer.

Beredskapskurs for entreprenører gjennomføres i Statens vegvesens regi ved oppstarten av hver kontraktsperiode. 'Klima og transport' tar sikte på å utvide kurset til flere typer skred og til beredskap mot flom. Kursene var opprinnelig utformet med tanke på snøskred. Arbeidet utføres av Jan Otto Larsen og arbeidsgruppen. Tankegangen for trinnvis beredskap følges og muligheter som webportalen "Føre var" kan gi på sikt presenteres.

Delprosjektleder: Arne Gussiås, Statens vegvesen, Region midt

Vedlegg 2



Prosjektrapporter fra 'Klima og transport'

Rapportnr.	Tittel	Utarbeidet av
2519	Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie	Bjørn Ove Lurfald og Inge Hoff, SINTEF Byggforsk
2520	Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2542	Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima	Per Otto Aursand og Joralf Aurstad, Statens vegvesen og Ivar Horvli, ViaNova Plan og Trafikk AS
2566	Pilotprosjekt på stikkrenner E 136 Dombås - Ålesund	Kristine Flesjø og Hilde Hestangen, Statens vegvesen og Than Ngan Nguyen, NTNU student
2573	Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071-2100	Thorkild Hvitved-Jacobsen, Jes Vollertsen og Svein Åstebøl, COWI
2582	Modellforsøk med flomskred mot bruer Virkning av bruåpning og ledevoller	Priska Heller og Lars Jenssen Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU
2586	Utvikling og uttesting av skredrisikomodel for vegnettet i Norge	Heidi Bjordal og Martin Weme Nilsen, Statens vegvesen
2560	Erosjonsskader ved Middøla bru: årsak og tiltak	Lars Jenssen, NTNU, Erik Holmqvist og Kari Svelle Reistad, NVE
2599	Klimaets påvirkning på tilstandsutvikling for vegdekker – E136	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2600	Risikovurdering av steinsprangfare på Oppdølsstranda Samling av bakgrunnsmateriale	Heidi Bjordal, Statens vegvesen
2609	RV362 Bitu bru, Vinje kommune, Telemark, Pilotprosjekt erosjonssikring	Øyvind Armand Høydal,NGI
2610	Veger og drivsnø Håndbok om planlegging og drift av veger i drivsnøområder - Høringsutgave	Harald Norem og Espen Thøring, Statens vegvesen, Skuli Thordarson, Vegsýn
VD 4	Ny prioriteringsmodell for rassikringsplanene	Viggo Aronsen, Statens vegvesen m.fl.
VD 5	Skred og flom på veg Statistiske betraktninger	Heidi Bjordal og Tonje Eide Helle, Statens vegvesen
VD 17	Pilotprosjekt på stikkrenner Casestudier Bulken, Sagelva og Neveråa	Jon Erling Einarsen, ViaNova Plan og Trafikk AS, Lena Tøfte, SINTEF, Øyvind Simonsen og Eivind Hesselberg, COWI AS
VD 18	Pilotprosjekt på stikkrenner Kapasitetsberegning E136 Dombås - Ålesund	Espen Arntzen, Egil Andersen, Multiconsult AS
VD 19	Databehov ved trinnvis varsling av snøskredfare Erfaringer fra lokal og regional varsling i Møre og Romsdal mars 2010	Tore Humstad, Statens vegvesen

VD 20	NVDB som grunnlag for klimatilpasning Vurdering av datamodeller og data	Knut Jetlund, Statens vegvesen
VD 21	Samordning av vær- og klimadata Hvordan oppnå bedre utnyttelse av data fra statens værstasjoner?	Tore Humstad, Statens vegvesen m.fl.
VD 22	Kartportal FørVar Oppsummering ved prosjektets slutt	Tore Humstad, Statens vegvesen
VD 23	ROS-analyser av bruer mht værrelaterte hendelser	Arne Gussiås, Hans Olav Hagen, Statens vegvesen
VD 24	ROS-analyser av stikkrenner mht værrelaterte hendelser	Skuli Thordarson, Vegsýn, Steinar Myrabø, Jernbaneverket og Øystein Myhre, Statens vegvesen
VD 25	ROS-analyser av vegoverbygning mht værrelaterte hendelser	Ivar Horvli, ViaNova Plan og trafikk AS /Statens vegvesen
VD 26	Tilstandsutvikling på vegnettet Virkninger av endret klima på sporutvikling på veier med bituminøst dekke	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og trafikk AS
VD 27	Veier og snøskred Håndbok om sikring mot snøskred - Høringsutgaven	Harald Norem, Statens vegvesen
VD 28	Beredskapsplan for driftskontraktene Forslag til plan for uvær og naturfarer	Tore Humstad, Solveig Kosberg, Statens vegvesen
VD 29	Risiko- og sårbarhetsanalyser mht værrelaterte hendelser	Arne Gussiås, Statens vegvesen Region midt
VD 30	Miljøeffekt av endret klima Oversikt over mulige problemstillinger	Ola Nordal, Asplan Viak AS
VD 32	Sikring av veier mot steinskred – Grunnlag for veiledning	Svein Helge Frækaland og Heidi Bjordal, Statens vegvesen, m.fl.
VD 49	Drenering, fordrøyning og vanngjennomløp	Sammenstilt av Tor Erik Frydenlund, Geo Con og Kristine Flesjø, Statens vegvesen
VD 55	Flomrisiko og konsekvensanalyse – Pilotprosjekt E18 ved Hoffsbekken	Linmei Nie, SINTEF Byggforsk
VD 56	Regional skredvarsling Resultater fra testvarsling i Romsdalen – Trollheimen (2010-2011)	Tore Humstad, Solveig Kosberg, Knut Inge Orset, Statens vegvesen
SVV 69	Skredrisikomodel - videreutvikling	Heidi Bjordal, Statens vegvesen
SVV 70	Erosjonssikring av bruer i Telemark - Ruså, Stavså, Tanså og Vinje	Arvid Olaus Straumsnes, Multiconsult AS
SVV 71	Veier utsatte for stigende havnivå og stormflo	Arne Lothe, SINTEF, m.fl.
SVV 73	Flom- og sørpeskred – Forslag til håndbok	Harald Norem, Statens vegvesen
SVV 74	Vinterdrift i endret klima	Skuli Thordarson, Vegsýn, m.fl.



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Boks 8142 Dep.
N-0033 Oslo
Tlf. (+47 915)02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN: 1892-3844