



Statens vegvesen

Risiko- og sårbarhetsanalyser av bruer mht værrelaterte hendelser

VD rapport

Vegdirektoratet

Nr. 2'



Klima
og
transport



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø og teknologi
Geoteknikk og skred
Mai 2011

VD rapport

Tittel

Risiko- og sårbarhetsanalyser av bruer mht værrelaterte hendelser

Undertittel

Forfatter

Arne Gussiås og Hans Olav Hagen, Statens vegvesen

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø og teknologi

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer

601995

Rapportnummer

Nr. 23

Prosjektleder

Gordana Petkovic

Emneord

Klima og transport, risiko- og sårbarhetsanalyser, bruer, erosjon

Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet "Klima og transport", etat-sprosjekt 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 gir en anbefaling til fremgangsmåte, datagrunnlag og dokumentasjon for risiko- og sårbarhetsanalyser av bruer mht værrelaterte hendelser. Sannsynligheten for sammenbrudd eller svikt som følge av flom vil generelt avhenge av opptredende hydrologiske /hydrauliske forhold, grunnens og konstruksjonens motstandsevne. Enkel ROS-analyse vil kunne gjøres som en kvalitativ vurdering av risiko, basert på eksisterende opplysninger. For utvidet analyse brukes det i tillegg informasjon fra inspeksjoner og hendelser. Spesiell ROS-analyse krever mer detaljerte data – målinger og beregninger.

Antall sider 31

Dato Mai 2011

VD report

Title

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

Subtitle

Author

Arne Gussiås og Hans Olav Hagen
Norwegian Public Roads Administration

Department

Traffic Safety, Environment and Technology
Department

Section

Geotechnical Section

Project number

601995

Report number

No. 23

Project manager

Gordana Petkovic

Key words

Climate and Transport, risk- and susceptibility analyses, bridges, erosion

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 of the programme are to investigate the effect of climate change on the road network and recommend remedial actions concerning planning, design, construction and maintenance.

This report offers recommendations for the procedure, necessary data and documentation for performing risk- and susceptibility analyses of bridges with respect to weather related events. Risk analysis, evaluation and management is described for three levels of assessment: (1) General recognition of vulnerable assets, (2) more elaborate investigation including inspection and estimates of hydraulic capacity, and (3) special analysis, including detailed calculation of water flow and erosion risk.

Pages 31

Date May 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 drifting 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 ”Virksomheter 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, Bjerknæssenteret, 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>

Denne rapporten er 'Klima og transport' sin anbefaling for metodikken og datagrunnlaget for risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) av bruer med hensyn til værrelaterte hendelser. Rapporten bygger på arbeidet og resultatene fra flere delprosjekter i 'Klima og transport', mest delprosjekt 3 Flom- og erosjonssikring (ansvarlig Frode Oset), spesielt pilotprosjekter på bruer (rapport nr. 2560, 2609, VD 17), og delprosjekt 7 Sårbarhet og beredskap (ansvarlig Arne Gussiås). Se vedlegg C og D for mer informasjon om disse delprosjektene.

Rapporten er skrevet av Arne Gussiås, med bidrag fra Hans Olav Hagen og Frode Oset med flere i prosjektgruppen. Tilsvarende anbefalinger er laget for stikkrenner (prosjekt rapport VD 24) og for vegoverbygning (prosjektrapport VD 25)

For oversikt over andre rapporter fra 'Klima og transport', se vedlegg E.

Innhold

1	Innledning.....	2
1.1	Bakgrunn	2
1.2	Regelverk og retningslinjer	3
1.3	Metode for risiko- og sårbarhetsanalyser	4
1.4	Trinnvis ROS-analyse	5
2	Planlegging og bestemmelse av kontekst.....	7
3	Risikoanalyse	8
3.1	Identifikasjon av potensielle risikoområder	8
3.2	Analyse av årsak, sannsynlighet og konsekvens	8
3.3	Enkel ROS-analyse	10
3.4	Utvidet ROS-analyse.....	12
3.5	Spesiell ROS-analyse	15
4	Risikoevaluering.....	20
5	Risikohåndtering	21
6	Referanser.....	28

Vedlegg

Vedlegg 1.	Definisjoner jf [11].....	23
Vedlegg 2.	Risikovurdering jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12]	24
Vedlegg 3.	Konsekvensområder og – nivåer	25
Vedlegg 4.	Eksempel på feiltre.....	26

Figurer

Figur 1	Risiko og sårbarhet [17].....	4
Figur 2	Risikovurderinger, hovedprosesser, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12].....	5
Figur 3	Eksempel på nivåer for risikoanalyser.....	6
Figur 4	Risikomatrise	7
Figur 5	Risikovurderinger, planlegging og bestemmelse av kontekst, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12].....	7
Figur 6	Risikovurderinger og risikoanalyse, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12].	8
Figur 7	Risikomatrise	9
Figur 8	Sannsynlighetsmatrise for vær- og klimarelaterte hendelser.....	9
Figur 9	Konsekvensmatrise for ROS-analyser	10
Figur 10	Risikovurderinger og risikoevaluering, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12]. .	20
Figur 11	Risikovurderinger og risikohåndtering, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12]. .	21
Figur 12	Risikovurdering, hoved og delprosesser, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12]	24
Figur 13	Overordnet hendelsestre/feiltre.....	26
Figur 14	Hendelsestre/feiltre, store vannmasser over kjørebanelen	26
Figur 15	Hendelsestre / feiltre, store deformasjoner/forskyvninger av kjørebanelen	27
Figur 16	Hendelsestre / feiltre, overbygningen sammenrast.....	27
Figur 17	Hendelsestre / feiltre, bru raser sammen.....	28

Tabeller

Tabell 1	Nivåer for risikoanalyser	6
----------	---------------------------------	---

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

I vegnettet opplever en relativt ofte at store vannmengder ved grøfter, drenerør og mindre kulverter og bruer resulterer i mindre oversvømmelser eller at vegen får redusert bæreevne som følge av infiltrasjon, utvasking og erosjon. Denne typen hendelser forårsaker ofte skader som det er relativt enkelt å utbedre og vil derfor få små konsekvenser for samfunnet, trafikantene og Statens vegvesen. Med hyppigere flommer vil en få hyppigere enkelthendelser av denne typen. En vil også kunne få en gradvis svekking av vegkroppens bæreevne på grunn av hyppige gjentakende perioder med mye vann og dermed infiltrasjon, utvasking og erosjon.

Historisk sett opptrer det sjeldent situasjoner der en opplever redusert bæreevne eller sammenbrudd av bruer som følge av påkjenningene fra strømmende vann. Hendelser tilknyttet flom ved bruer vil på en annen side ofte kreve omfattende tiltak for å få sikret vegen og utbedret skadene. Dette vil kunne føre til redusert fremkommelighet og store konsekvenser for samfunnet, trafikantene og Statens vegvesen.

Ved risikoanalyse av bruer er det viktig både å vurdere bruene ut i fra dagens situasjon og bruens følsomhet mht. fremtidige klimaendringer. I Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sin utredning "Klimatilpasning innen NVEs ansvarsområder" [1] 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.
- 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 [2] 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.

For bruer vil det kunne opptå to hovedkategorier av hendelser/skader:

- Erosjon ved og under fundamenter som gir lokale skader/svikt, og som vil kunne føre til sammenrasing/kollaps i konstruksjonen.
- Sammenrasing/kollaps som følge av vann- og/eller istrykk mot konstruksjonen.

Resultater fra risiko- og sårbarhetsanalyser vil bl.a. være nødvendig informasjon for:

- Planlegging og prioritering av forbyggende tiltak,
- Beredskap og krisehåndtering under naturskadehendelser,
- Etablering av systemer og rutiner for beredskap og krisehåndtering.

1.2 Regelverk og retningslinjer

Krav til konstruksjoners motstandsevne mot naturskader er gitt i Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) [3], Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift) [4] og retningslinjer fra Statens vegvesen underlagt Vegloven.

Planlegging, bygging og drift og vedlikehold av bruer og konstruksjoner i riks- og fylkesvegnettet er beskrevet i følgende håndbøker fra Statens vegvesen:

- Håndbok 136 Inspeksjonshåndbok for bruer [5].
- Håndbok 147 Forvaltning, drift og vedlikehold av bruer [6].
- Håndbok 185 Bruprosjektering (erstatte tidligere håndbok 185, 184 og deler av 145) [7]
- Håndbok 274 Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger, veiledning til håndbok 018. (erstatte håndbøkene 165, 176, 188) [8]

Laster som fra bl.a. snø, vind, bølger, strøm og vannstands- og grunnvannstandsvariasjoner beskrives i håndbok 185 [7] kap. 2.4.1.3 som naturlaster. Den karakteristiske verdi av en variabel naturlast på en permanent konstruksjon bestemmes jf. håndbok 185 [7] kap 2.4.1.5 som den last som har en sannsynlighet $p = 0,98$ for at den ikke overskrides et enkelt år, dvs. ved en returperiode på 50 år. Flomlaster er en ulykkeslast som jf. håndbok 185 [7] kap. 2.5.3.4 skal tilfredsstille jf. håndbok 185 [7] kap. 2.7 Ulykkeslaster (s. 110 f.). Karakteristiske ulykkeslaster er i hovedsak nominelle verdier fastsatt ut fra skjønn og kan vanligvis ikke knyttes til et definert sannsynlighetsnivå. I den utstrekning ulykkeslasten kan bestemmes ved hjelp av sannsynlighetsberegninger, bør sannsynligheten for hendelser som en ser bort fra i analysen, ikke overstige 10^{-4} pr. år.

Når fri høyde er valgt i henhold til kap. 1.2.4.2 (s. 34) i håndbok 185 [7], skal laster fra flom for en returperiode på 200 år bestemmes i hvert enkelt tilfelle. Jf. håndbok 185 [7] kap. 1.2.4.2 Fri høyde over vassdrag, skal fri høyde over vassdrag normalt velges slik at flomvannstanden tilsvarende flom med returperiode på 200 år ikke når opp til overbygningen med minst 0,5 m klaring. Klaringen bør velges større når flommen har stor vannhastighet og fører med seg drivende gjenstander.

Håndbok 147 [6] gir bestemmelser for forvaltning, drift og vedlikehold av bruer i tilknytning til riks- og fylkesveger for å ivareta etatens overordnede mål når det gjelder trafiksikkerhet og trafikkavvikling på bruene. Denne håndboken gir overordnede krav til forvaltning, drift og vedlikehold av bruene i driftsfasen. For å avdekke skader, feil og mangler på bruene og planlegge tiltak skal det gjennomføres inspeksjoner. Enkel og hovedinspeksjoner skal

gjennomføres med som beskrevet i håndbok 147 [6] og 136 [5] til faste intervaller. Spesialinspeksjoner tilpasses bakgrunnen for behovet for inspeksjonen. Enkel inspeksjon er en enkel visuell kontroll som generelt gjennomføres årlig. Hovedinspeksjon omfatter visuell kontroll av hele brukonstruksjonen og gjennomføres generelt hvert 5. år. Generelt skal det også gjennomføres hovedinspeksjon under vann hvert 5. år. Hovedinspeksjon under vann skal omfatte en visuell kontroll av fundamenter og bunnforhold. Ekstraordinære hendelser der bruer er truet eller skadet i forbindelse med flom, påkjørsler etc. skal rapporteres omgående.

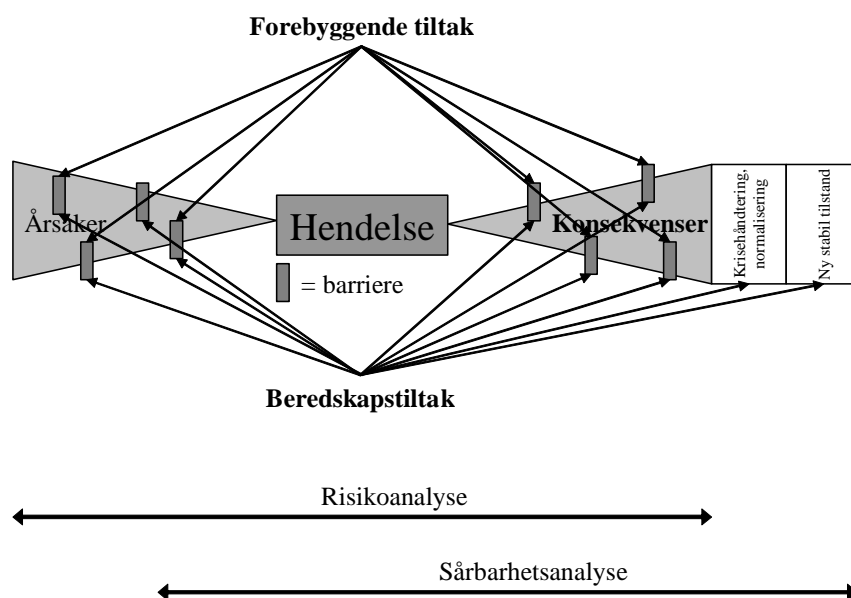
I håndbok 274 [8] kap 3.4 gis det beskrivelse av hvordan sikring av skråninger mot vann kan gjennomføres, herunder bl.a. dimensjoneringsgrunnlag, utførelse og kontroll. Utfyllende beskrivelser for planlegging av erosjonssikring er også gitt i NVEs "Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein" [9] og NVEs Vassdragshåndboka [10].

1.3 Metode for risiko- og sårbarhetsanalyser

1.3.1 Generelt

Generelle beskrivelser for risikoanalyser finner man bl.a. i NS 5814 Krav til risikovurderinger [11] NS-ISO 31000 Risikostyring: prinsipper og retningslinjer [12] og [13]. Definisjoner som benyttes i disse standardene er gitt i Vedlegg 1.

Retningslinjer og rutiner for risiko- og sårbarhetsanalyser av vegobjekter i vegnettet er bl.a. beskrevet i [14, 15, 16]. Forskjellen mellom risiko- og sårbarhetsanalyser er illustrert i Figur 1.



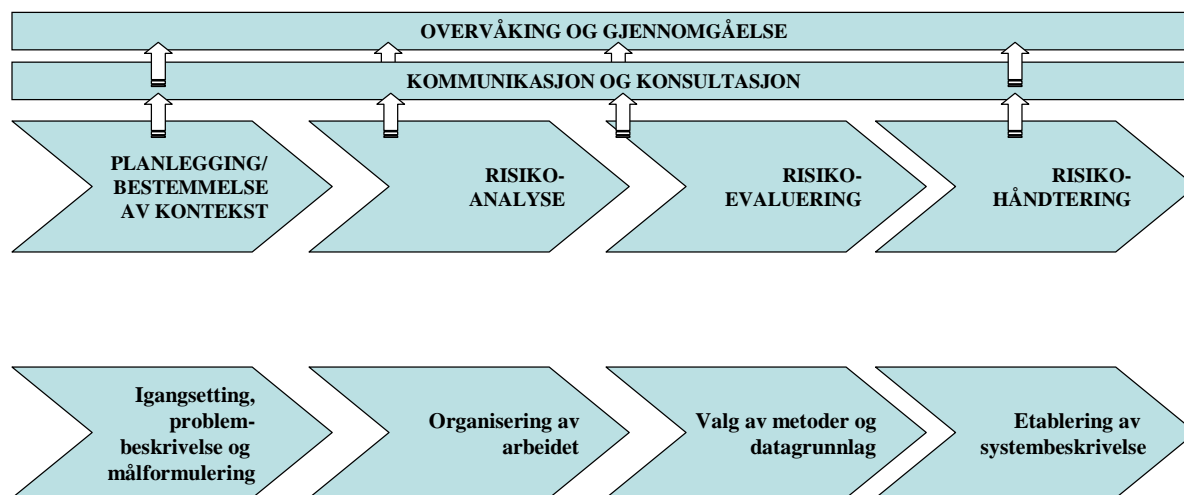
Figur 1 Risiko og sårbarhet [17]

Metodikken som det legges opp til i denne veiledningen er basert standardene og retningslinjene nevnt ovenfor og resultater fra RIMAROCC prosjektet^a. I dette prosjektet er

^a "The RIMAROCC project was initiated within the ERA-NET ROAD Coordination Action, "ENR SRO3 -Road Owners Getting to Grips with Climate Change". The partners in ERA-NET ROAD (ENR) were Austria,

det utarbeidet en veiledning for risikovurderinger av vegnettet ” A Guidebook to the RIMAROCC Method” [18]. basert på prinsippene gitt i NS-ISO 31000 [12].

I NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12] beskrives risikovurderinger i hovedprosesser som vist i Figur 2. Sammenhengen mellom NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12] og delprosesser er vist i Figur 12 i Vedlegg 2.



Figur 2 Risikovurderinger, hovedprosesser, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12].

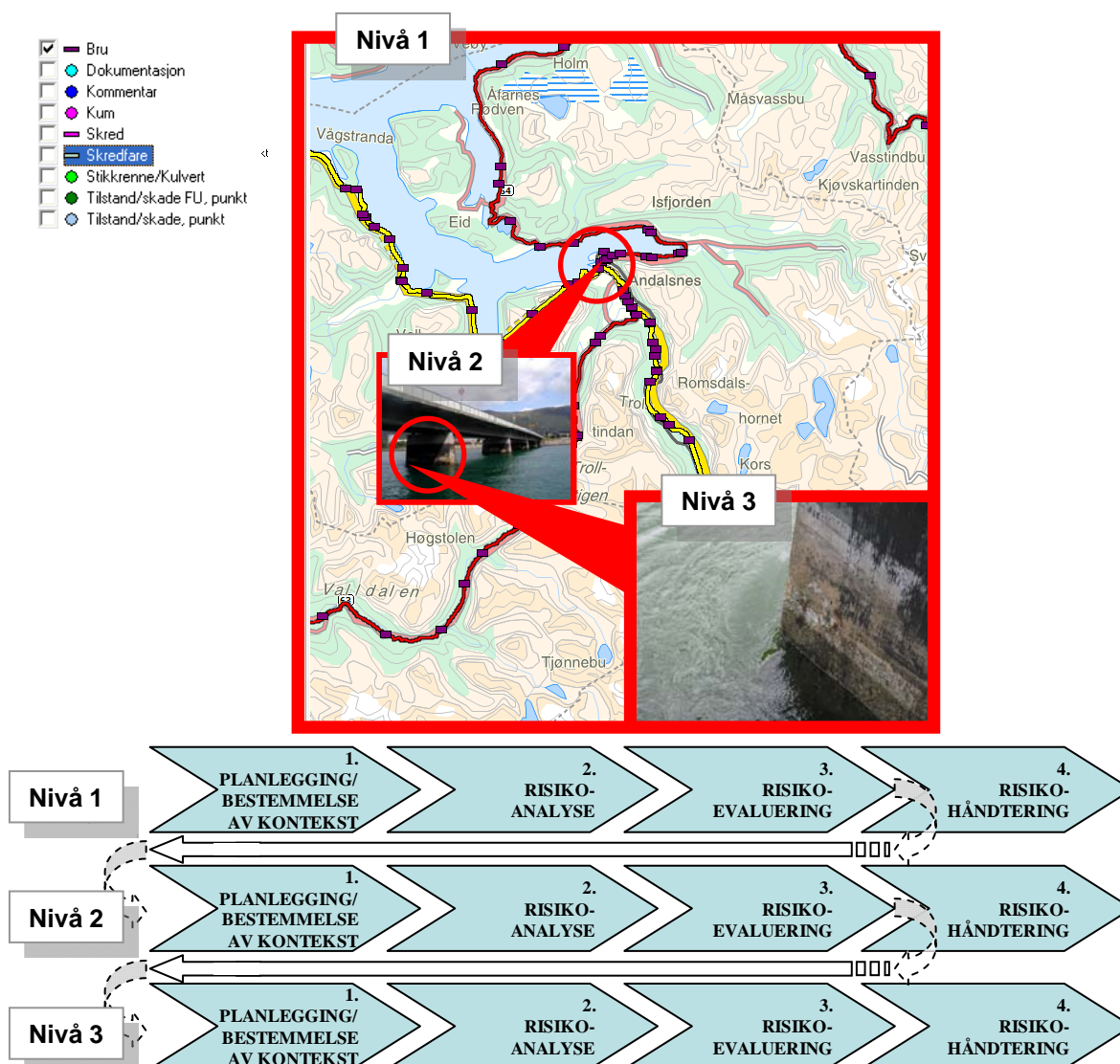
1.4 Trinnvis ROS-analyse

Et av hovedformålene med risikoanalysene er å identifisere de bruene som er mest kritiske for å vite hvilke minimumsressurser man må skaffe og hvordan ressursene helt generelt skal prioriteres. Det finnes et stort antall bruer i vegnettet som går over eller ved vassdrag. Detaljert risikoanalyse av alle disse bruene vil kreve uhensiktsmessig mye ressurser. Det er derfor viktig at en setter inn ressursene på de mest kritiske objektene eller strekningene i analysefasen og tiltaksfasen. Ved gjennomføring av ROS-analyser av bruer anbefales det derfor at analysene gjennomføres på 3 nivåer som vist i Tabell 1 og Figur 3.

Dersom resultatene fra analysene på Nivå 1 og Nivå 2 viser at brua havner i gul eller rød risikosone som illustrert i Figur 4, bør det gjennomføres mer detaljerte risikoanalyser jf. Figur 3.

Tabell 1 Nivåer for risikoanalyser

Nivå på analysen	Beskrivelse
Nivå 1	Enkel ROS-analyse for å identifisere bruer og brusteder hvor en vil kunne forvente skader på brua eller tilstøtende veg som gir redusert fremkommelighet ved flomsituasjoner. Denne bør kunne gjennomføres ved hjelp av informasjon fra BRUTUS, oversiktstegninger og enkel vassdragsinformasjon som flomsonekart eller lignende.
Nivå 2	Utvidet ROS-analyse av utsatte brusteder. En innhenter da mer detaljert informasjon om brua og vassdraget, og gjennomfører forenklete kvantitative analyser f.eks. for kontroll av gjennomløpsarealer, grunnens (peler, fylling, erosjonssikring, skråningsbeskyttelse) og brukonstruksjonens (over- og underbygningen) motstandsevne mot flomlaster.
Nivå 3	Spesiell ROS-analyse basert på f.eks. målinger i vassdraget, grunnundersøkelser og spesialinspeksjoner av brua.



Figur 3 Eksempel på nivåer for risikoanalyser

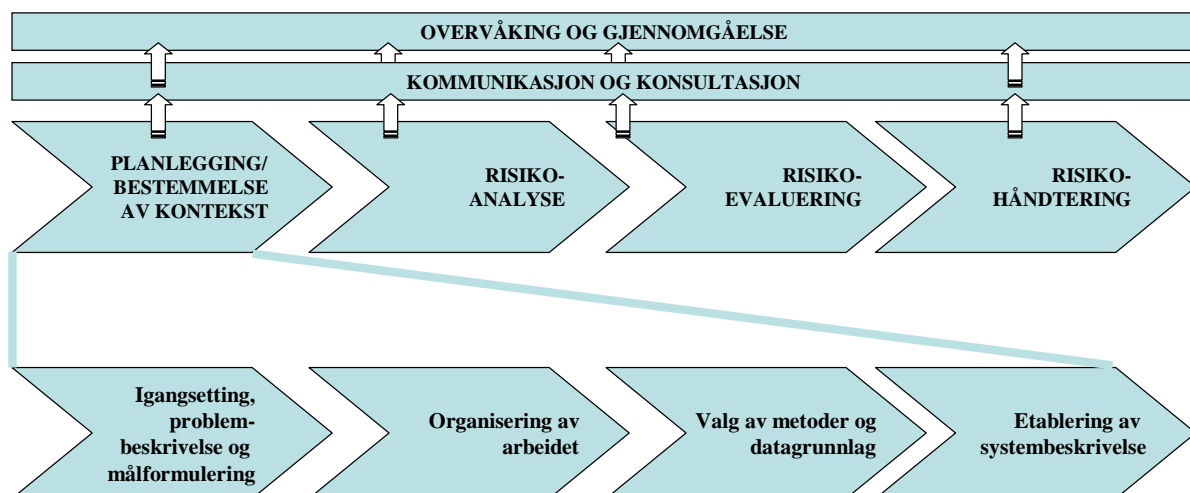
Sannsynlighets-nivå	Konsekvens-nivå	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	Nivå 5
	5		Yellow	Red	Red	Red
4		Green	Yellow	Red	Red	Red
3		Green	Green	Yellow	Red	Red
2		Green	Green	Green	Yellow	Red
1		Green	Green	Green	Green	Yellow

Figur 4 Risikomatrixe

2 PLANLEGGING OG BESTEMMELSE AV KONTEKST

Kontekst (bakgrunn, i hvilken sammenheng analysen gjennomføres) for risikoanalysene er i hovedtrekk beskrevet i kap. 1.1.

I planleggingsfasen skal en jf. NS 5814 [11] gjennomføre aktiviteter som vist i Figur 5.



Figur 5 Risikovurderinger, planlegging og bestemmelse av kontekst, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12].

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

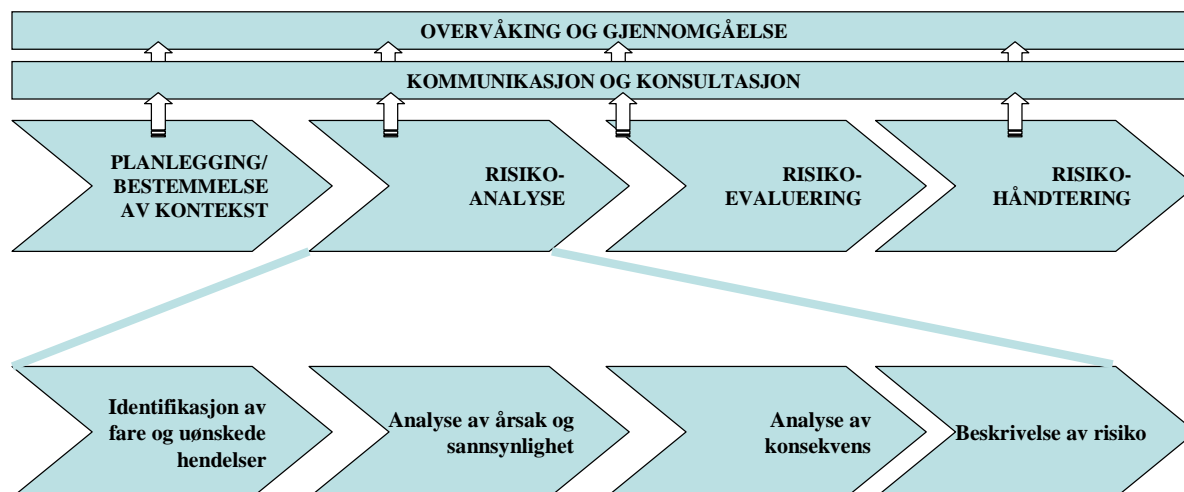
- Risikovurdering for å kartlegge sårbarhet mht. fremkommelighet under ugunstige værforhold.
- Risikovurdering for å kartlegge sårbarhet mht. fremkommelighet i en mulig fremtidig situasjon ved klimaendringer.
- Risikovurdering som beslutningsgrunnlag for prioritering av vedlikeholds- og fornyingstiltak, herunder økonomiske konsekvenser og risiko.
- Risikovurdering for å evaluere og revidere beredskapsplaner mht. 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 risikoanalysen skal gjennomføres. Prinsippene for trinnvis risikoanalyse og ulike nivåer er beskrevet i kap. 1.4.

3 RISIKOANALYSE

I analysefasen skal en jf. NS 5814 [11] gjennomføre aktiviteter som vist i Figur 5.



Figur 6 Risikovurderinger og risikoanalyse, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12].

3.1 Identifikasjon av potensielle risikoområder

For identifikasjon av potensielle risikoområder anbefales det at en generelt bl.a. 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 mht. topografi, nedbør, flom m.m.

I tillegg bør bla. følgende tekniske forhold vurderes:

- Konstruksjonsteknisk robusthet.
- Tidligere hendelser/skader i forbindelse med flom.
- Geotekniske forhold.
- Erosjonssikring.

3.2 Analyse av årsak, sannsynlighet og konsekvens

Risikoanalysen gjennomføres i Statens vegvesen sitt risikoanalyseverktøy VegCim.

Resultatene fra risikoanalysene skal plottes inn i en risikomatrix som vist i Figur 7. Generelt skal hendelser som havner i "gul eller rød sone" etter enkel risikoanalyse analyseres i en utvidet risikoanalyse, og hendelser som havner i "rød sone" etter utvidet risikoanalyse analyseres i en spesiell risikoanalyse. Dette må vurderes for hvert det enkelte tilfelle også ut i fra konsekvenser av hendelsene og usikkerhetene ved analysene..

Sannsynlighets-nivå	Konsekvens-nivå	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	Nivå 5
	5					
4						
3						
2						
1						

Figur 7 Risikomatrix

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 Figur 8 for denne typen 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

Figur 8 Sannsynlighetsmatrise for vær- og klimarelaterte hendelser

Denne analysen vil det primært ha fokus på hendelser som vil føre til redusert framkommelighet som konsekvens, med konsekvensnivåer som vist i Figur 9. For vurdering av øvrige konsekvenser vises det til Vedlegg 3.

Nivå	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	Nivå 5
Område					
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

Figur 9 Konsekvensmatrise for ROS-analyser

3.3 Enkel ROS-analyse

3.3.1 Grunnlagsdata

Informasjon om byggverkstype/brutype, statisk system og bygningstekniske løsninger og materialegenskaper til de ulike bruelementer skal foreligge i BRUTUS og på ferdigbrutegninger / som bygd tegninger.. I håndbok 129 Bruregistrering [19] er det gitt en oversikt over hvilken informasjon som skal foreligge i BRUTUS på den enkelte bru.

Ved enkel risikoanalyse vil det ikke foreligge nok detaljert informasjon til at en kan kvantifisere sannsynligheten for hydrauliske laster/påkjenninger eller for konstruksjonens motstand. Basert på blant annet informasjonen fra BRUTUS og på ferdigbrutegninger/som bygd tegninger vil en imidlertid kunne klassifisere tilstanden og egenskapene til konstruksjonen og de ulike elementer. Ved å vurdere denne informasjonen og annen informasjon som grunnforhold og vassdragsinformasjon, vil en så kunne gi en samlet klassifisering av konstruksjonenes motstandsevne mot hydrauliske påkjenninger.

3.3.2 Identifisering av flomutsatte bruer

Sannsynligheten for sammenbrudd eller konstruksjonssvikt som følge av flom vil generelt avhenge av opptredende hydrologiske/hydrauliske forhold, grunnens og konstruksjonens motstandsevne mot hydrauliske påkjenninger.

Også topografi og geometri ved brustedet vil være viktige faktorer for strømningsforholdene ved bruene.

Det foreligger sjeldent informasjon om sannsynligheten for hydrauliske laster av ulike størrelser. I en enkel ROS-analyse vil det derfor være naturlig å legge vekt på å identifisere bruer som:

- Har lav motstandsevne mot hydrauliske påkjenninger / islast.
- Er utsatt for erosjon.
- Er lite robust mot erosjon.

For vurdering av bruens motstandsevne mot hydrauliske påkjenninger må en bl.a. vurdere følgende:

- Gjennomløpsarealer, tverrsnittprofil underkant bru og elveløp
- Byggverkstype/brutype.
- Statisk system
- Bygningstekniske løsninger og materialegenskaper til de ulike bruelementer.

Mange eldre bruer har ikke vært kontrollert mht. dimensjonerende vannmengder og nødvendig gjennomløpsareal. Vurdering av gjennomløpsarealet og frihøyde mellom vannlinje og underkant overbygning må derfor i mange tilfeller vurderes skjønnsmessig i forhold til hvor lavt brua ligger over vassdraget og tidligere observerte flomvannstander.

Erfaring har vist at byggverkstype/brutype og statisk system er viktige for bruens motstandsevne mot hydrauliske påkjenninger. Typisk vil bruer med lett overbygning som er fritt opplagt på alle lager med dårlig sidevegs forankring være spesielt utsatt. På enkelte eldre bruer over flere spenn med kontinuerlig overbygning er det også svake forbindelser mellom de ulike spennene i forhold til laster som oppstår mot brua ved flom.

En brutype som er spesielt utsatt for både hydrauliske påkjenninger ved flom og erosjon er murte hvelvbruer. Selve hvelvbuen består av stein eller tegl, med eller uten mellomliggende mørtel. Overmuren er ikke massiv, men består av to murer med mellomliggende løsmasser. Teoretisk vil en parabelformet bue, som belastes med en jevnt fordelt last, ha en trykklinje som gir trykkrefter over hele tverrsnittet. Buer og hvelv overfører trykkreftene til grunnen i bueretningen. Grunnen vil derfor få vertikal- og horisontalkomponenter av denne trykkraften. Buer og hvelv bør derfor bygges der hvor det er meget gode grunnforhold, hvis en ikke velger spesiell utforming av fundamenteringen. Etter som en er avhengig av korrekt geometri for global stabilitet på konstruksjonen er denne typen konstruksjoner svært utsatt dersom en får horisontale forskyvninger i overbygningen eller setninger i grunnen.

Bruenes robusthet mot erosjonsskader vil bl.a. avhenge av:

- Geotekniske forhold.
- Fundamenteringsløsninger.
- Konstruksjonens evne til å tåle større deformasjoner som følge av setninger og lignende.

På eldre bruer er ofte landkar og fundamenter direktefundamentert på sålefundamenter under flomvannstand på erosjonsutsatte masser. Dette er dessverre også situasjonen på enkelte nyere bruer hvor en ikke har tatt seg råd til å erosjonssikre eller benytte peleløsninger. Ofte er heller ikke nødvendige steinstørrelser for erosjonssikring eller nødvendig omfang og oppbygging av erosjonssikringen tilstrekkelig vurdert. En bør derfor gjøre overslagberegninger på nødvendige steinstørrelser jf. gjeldende retningslinjer [8, 9] som underlag for vurdering av sannsynlighet for erosjon ved og rundt landkar og pilarer.

Under flom kan det oppstå deformasjoner når store vannmengder presser mot brua og den kan få store setninger på grunn av erosjon/utrasing. Disse deformasjonene er ofte langt større enn de bevegelser som brua styrkemessig er dimensjonert for. Konstruksjonsdetaljer som styringsdybler og lignede som fastholder bruelementer i horisontalplanet er som regel heller ikke dimensjonert for så store bevegelser som ofte oppstår som følge av større setninger ved erosjon og utrasing.

3.3.3 Risikoanalyse/-vurdering

Eksempler på metoder som kan benyttes ved risikovurderinger er:

- 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)

3.3.4 Rapportering

Det gis oppsummering av grunnlagsdata som er innhentet og brukt under analysen. Kvaliteten på dataene og usikkerhet ved analysen diskuteres. Det skal gis en strekningsvis oversikt over bruer som analysen omfatter med risikoklassifisering og fargekode i samsvar med plassering i risikomatrisen. Resultat for enkelte objekter begrunnes.

Etter den enkle ROS-analysen vil bruer i hovedsak havne på ”grønt” i risikomatrisen uten merknader, eller på ”rødt” og dermed bli behandlet videre under den utvidede ROS-analysen. I tilfelle manglende informasjon vil det eventuelt vært nødvendig med en befaring i området. Da er det mulig at noen objekter blir plassert på ”gult” med anmodning om enkle tiltak før godkjenning på ”grønt”.

Konklusjonen fra enkel ROS-analyse kan være:

- Bruen er i tilfredsstillende tilstand/robusthet og/eller skader/hendelser vil ha svært små konsekvenser. Det er ikke behov for videre analyser eller tiltak (Bruen havner i grønn sone i risikomatrisen).
- En trenger mer detaljer informasjon og analyser for vurdering av bruens tilstand/robusthet, eller bruene har ikke tilfredsstillende tilstand/robusthet, skader/hendelser vil ha betydelige konsekvenser. Det er behov for utvidede analyser.

Det er viktig at det gis beskrivelser av hvilke deler av brukonstruksjonen og tilstøtende vassdragsområde som bør holdes under spesielt oppsyn ved ordinære inspeksjoner og under perioder med stor vassføring. 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 bru og under hvilke forhold en bør ha økt aktsomhet i forhold til inspeksjon og forvaltning av bruene.

3.4 Utvidet ROS-analyse

3.4.1 Grunnlagsdata

Her brukes det informasjon fra inspeksjoner og hendelser og informasjon om bruene fra bruarkivene i vegdirektoratet eller det lokale vegkontor, samt data om nedbør eller vannføring som anses å være godt nok for å gjennomføre en enkel hydraulisk dimensjoneringskontroll og kontroll av erosjonssikring.

Inspeksjonene har to hovedhensikter. For det første skal det samles inn materiale for å kunne gjennomføre den utvidete ROS-analysen, for det andre skal de sørge for nødvendig data om bruene for fremtidige analyser og planlegging av tiltak.

Inspeksjon på stedet i forbindelse med ROS- analysen bør være mest mulig lik de inspeksjonsrutiner som brukes vanligvis (registrering/datainnsamling for d/v-formål), slik de er nedfelt i håndbok 136 [5]. Når formålet er å få data til kapasitetsberegning bør det legges spesiell vekt på:

- Bruens detaljerte dimensjoner og geometriske forhold.
- Fundamentering og erosjonssikring.
- Tilrenningsforhold – grøfter, sideterreng.

- Sannsynlighet for skred, eller massetransport ved brua eller tilstøtende elveløp.
- Inspeksjoner på brustedet og tilstøtende vassdragsområde for å se om det er spesielle forhold eller nylige endringer som kan gi uventet ugunstige avrenningsforhold, evt. fare for erosjon og/eller tilslamming og dermed nedsatte funksjonsevne.

3.4.2 Flomberegninger og hydraulisk beregning

Beregningene i denne fasen er ofte forenklete. Hensikten er å vurdere dagens robusthet og mulige teknisk løsninger. Det er ofte nødvendig å sammenlikne ulike sikringstiltak for å finne de beste løsningene.

For å kunne dimensjonere – eller etterberegne eksisterende dimensjoner – er det nødvendig å fastslå vannmengdene. Vannmengdene kan beregnes med ulike gjentaksintervall (for eksempel 5, 10, 25, 50, 100, 200 år).

Det skilles ofte mellom flomberegning i små nedbørfelt, opptil ca. 10 km², og store nedbørfelt som kan bli flere tusen kvadratkilometer. Flomberegninger skjer i hovedsak etter to metoder:

- Flomberegning på grunnlag av målt regnintensitet (korttidsnedbør) og avrenningskoeffisienter
- Flomberegning på grunnlag av målt avrenning i vassdraget eller nærliggende vassdrag med mest mulig like feltkarakteristikker

Metoden som bygger på nedbørdata og avrenningskoeffisienter, er mye brukt på små vassdrag. Den gir bra resultater for denne typen nedbørfelt.

For større felt der langtidsregn og kombinasjonen regn/snøsmelting er dominerende, bør flomberegningene helst baseres på observerte vassføringsdata. Det er ofte nødvendig med omregning fra felter med etablert vassføringsmåling.

En tredje flomberegningsmetode, som også er basert på målt nedbør, er å benytte EDB-baserte nedbør-/avløpsmodeller. Dette kan enten være rene hydrologiske modeller, f eks HBV-modeller, eller en forenklet flommodell.

For kontroll over fri høyde under bruene bør også det foretas forenklete vannlinjeberegninger [10]. Her bør det også vurderes om det er problemer med isgang og/eller oppstuvning av is.

3.4.3 Følsomhetsanalyser og usikkerhet

For å vurdere følsomheten ved analysene er det viktig at en foretar vannberegninger med ulike gjentaksintervall (returperioder), og med variasjon av parametere som vil kunne påvirkekonstruksjonens robusthet. Resultatene fra følsomhetsanalysene skal dokumenteres i form av tekniske resultater, konsekvenser, sannsynligheter og risiko. Følsomhetsanalysene kan også omfatte vurderinger av hvordan ulike klimaendringsscenarioer påvirker vannberegningene.

Dersom klimaendringer medfører stor usikkerhet i beregningene kan det bety at man må velge mer konservative verdier for gjentaksintervall eller konstruktive forhold enn man i utgangspunktet ville valgt jf. gjeldende retningslinjer.

Dersom det også er usikkerheter knyttet til konstruksjonen, fundamenteringsforhold og erosjonssikring bør også dette vurderes ved egne følsomhetsanalyser.

3.4.4 *Kontroll*

Kontrollen bør omfatte vurdering av:

- Gjennomløpsareal og frihøyde fra vannlinje.
- Sikring i tilstøtende elveløp.
- Sikring av kulvertutløp.
- Konstruktiv sikring av brua.
- Sikring rundt bro Pilar.
- Sikring rundt landkar.

3.4.5 *Risikoanalyse*

På samme måte som etter den enkle risikoanalysen bør bruene plasseres i risikomatriksen. Objekter med god restkapasitet og funksjon iht. resultater fra inspeksjon på stedet vil da få en "grønn" karakter. Eventuelt behov for enkle tekniske tiltak betegnes med "gult", mens objekter med liten restkapasitet eller dårlig teknisk tilstand føres videre til den spesielle ROS-analysen.

3.4.6 *Rapportering*

Oppsummering av grunnlagsdata og de beregningene som er foretatt rapporteres, sammen med beskrivelse av antakelser, følsomhetsanalyser og resultater fra befaringen. Her bør det også gis eventuelle anbefalinger for rensk eller annet vedlikehold, eller skjerpede inspeksjonsrutiner om dette er aktuelt.

Det er viktig at det gis beskrivelser av hvilke deler av brukonstruksjonen og tilstøtende vassdragsområde som bør holdes under spesielt oppsyn ved ordinære inspeksjoner og under perioder med stor vassføring. 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 bru og under hvilke forhold en bør ha økt aktsomhet i forhold til inspeksjon og forvaltning av bruene.

3.5 Spesiell ROS-analyse

3.5.1 Grunnlagsdata

For å kunne gjennomføre en spesiell ROS-analyse for en bru i et vassdrag er det en del grunnlagsdata og opplysninger som må frembringes. Beskrivelse av brukonstruksjonen, grunnforhold, vassdrag og vannmengder, topografi, meteorologiske forhold, m.m.

3.5.2 Brukonstruksjon

Data som vedrører brukonstruksjonen, eventuell utført erosjonssikring knyttet til denne samt skader og reparasjoner finnes i bruarkiv i vegdirektoratet, ved de lokale vegkontorene og i BRUTUS.

Følgende dokumentasjon bør foreligge om bruer over vassdrag:

- Oversiktstegning av bru som viser statisk system, lager- og fugeplassering.
- Tegning som viser landkar, pilarer /fundamenter og fyllinger.
- Geoteknisk rapport som beskriver grunnforholdene på brustedet.
- Lengdesnitt gjennom brua og vegen. (Som også viser evt. flomoverløp.)
- Tegning som viser utførelse og omfang av tidligere eller opprinnelig utført erosjonssikring.
- Dimensjonerende vannlinje, vannmengde og vannhastighet for konstruksjonen, fundamentering og erosjonssikring, ved dimensjonerende floms og returperiode.

3.5.3 Eventuelle erosjonsskader /reparasjoner

- Har brua eller omkringliggende fyllinger /løsmasser vært utsatt for tidligere erosjonsskader er det viktig å få fram dokumentasjon på skadene og utførte reparasjoner.

3.5.4 Vassdrag og topografi

Opplysninger som vedrører vassdragets topografi vil i stor grad kunne finnes fra kart, ortofoto, eventuelle tidligere oppmålinger på stedet og befaringer.

På nettstedet www.nve.no under NVEs karttjeneste er det tilgjengelig opplysninger om de fleste hovedvassdrag med sidevassdrag og sidedebørsfelt.

For å få mest mulig relevant informasjon bør følgende foreligge:

- Topografisk kart 1:50000 over nedbørsfeltet for vassdraget.
- Økonomisk kart 1:5000 og /eller teknisk kart 1:1000 over brustedet og nærliggende omgivelser.
- Oversikt over nedbørsfeltet. (Vassdragsområde (unik NVE-ident.), areal, lengde av felt, vassdragets lengdeprofil, feltets avrenningsegenskaper, innsjøer, m.m.)
- Oversikt over elvas lengdeprofil lokalt oppstrøms og nedstrøms brua. (Omfang av lengdeprofil må vurderes i hvert tilfelle.)

- Tverrprofiler av elva med sidearealer. Typiske tverrsnitt innenfor lengdeprofilet i foregående punkt. Samt typisk elvetverrsnitt ved kryssende bru.
- Elvas horisontalkurvatur i bruområdet.
- Oversikt over eksisterende elvehud i det naturlige elveløp (Der det ikke er erosjonssikret.) Kornfordeling, lagtykkelser.
- Er elva masseførende? I hvor stor grad, og hvordan vil dette påvirke området ved brukonstruksjonen. Positiv eller negativ massetransport?
- Er vassdraget utsatt for isgang under snøsmeltingen?
- Er vassdraget regulert? Hvordan påvirker dette elvas vassføring?
- Kan høyt vannivå nedstrøms påvirke forholdene ved brustedet?

For tilsvarende informasjon for små vassdrag/felt må NVE forespørres spesifikt for det enkelte vassdrag og felt.

3.5.5 Vann- og nedbørsdata

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sitter med historiske data for vannføring i de fleste større vassdrag i landet samlet i databasen Hydra II. Disse er gjort tilgjengelig blant annet på karttjenesten på www.seNorge.no under kartlaget målestasjoner/NVE-stasjoner. NVE har også en egen flomdatabase der det lagres mer omfattende informasjon om de enkelte flomhendelsene. I noen tilfeller kan også kraftprodusenter, kommuner eller andre med interesser i vassdraget sitte på vannføringsdata som kan være av interesse. Det hender også at privatpersoner eller historielag kan bidra med f.eks. observerte flomhøyder på gitte steder.

NVE har de senere år utarbeidet flomsonekart for utsatte områder i mange vassdrag. Disse rapportene og flomsonekart er tilgjengelige på internett. Disse finner man på NVE sine nettsider: <http://www.nve.no/no/Flom-og-skred/Farekartlegging/Flomsonekart/>.

Meteorologisk institutt (www.met.no) er ansvarlig for innsamling og behandling av nedbørsdata i Norge. Utdrag av en del nedbørsdata foreligger blant annet i Byggforskseriens byggdetaljblad 451.021. Meteorologisk Institutt har også gjort tilgjengelig historiske værdata på www.seNorge.no, men de mest omfattende datasettene finnes på www.eKlima.no. Her ligger lange måleserier med bl.a. temperatur- og nedbørdata.

Noen aktuelle nettsteder:

www.nve.no	(Flomsonekart, vassdragsdata)
www.seNorge.no	(Snø, vær, vann og klima)
www.eklima.no	(Meteorologisk institutts klimadatabase)
www.met.no	(Meteorologisk institutts nettside)

Følgende informasjon om vannføring ved brustedet søkes:

- Vannlinje ved dimensjonerende flom.
- Vannmengde ved dimensjonerende flom.
- Tilhørende vannhastighet.

3.5.6 Inspeksjon på brustedet

Det vil som regel alltid være en inspeksjon på brustedet og langs vassdraget. I mange tilfeller kan også lokalkjente personer bidra med interessante opplysninger.

Følgende informasjon kan være av interesse:

- Sammenholde grunnlagsdata fra pkt.1 med de faktiske forholdene på stedet.
- Bilder av brustedet, elveløp opp- og nedstrøms, naturlig elvehud.
- Bilder av eventuelle flom- /og erosjonsskader.
- Nedbørfeltets karaktertrekk.
- Vurdere den naturlige elvehudens kornfordeling.
- Observere /vurdere omfanget av massetransport.
- Informasjon fra lokalkjente vedrørende flomhøyder og årstall, massetransport, isgang, skader, m.m.

3.5.7 Supplerende undersøkelser

Basert på det som er mulig å fremskaffe av data i punkt 1 og 2, vurdere om det må gjøres supplerende undersøkelser /målinger.

3.5.8 Vann- og flomberegninger

Dimensjonerende flomsituasjon skal generelt være en 200-års flom jf. Håndbok 185 [7]. Returperiode /sikkerhetsnivå må drøftes før dette bestemmes.

Med tanke på fri høyde til overliggende konstruksjoner skal det alltid legges en sikkerhetsmargin til dimensjonerende vannlinje for å ivareta usikkerheter i grunnlagsdata og resultater, samt mulighet for mulig drivende gods i vassdraget. Sikkerhetsmarginens størrelse må vurderes og bestemmes i hvert enkelt tilfelle, og skal normalt ikke være mindre enn 0,5 m.

For vassdrag der det ikke foreligger flomdata hos NVE, kan det foreligge tilstrekkelige data til å gjøre en vurdering eller beregning. Det kan også i noen tilfeller være aktuelt å gjøre modellberegninger og simuleringer.

I andre tilfeller kan det være aktuelt å gjøre beregninger basert på empiriske formler.

Fremgangsmåten bør avgjøres i samråd med NVE for det aktuelle brustedet.

(NVE, Hydrologisk avdeling, seksjon for vannbalanse, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo. Tlf. 22 95 95 95).

Det må bestemmes

- Vannlinje for dimensjonerende flom.
- Sikkerhetsmargin.
- Vannmengde ved dimensjonerende flom.
- Type strømning ved dimensjonerende flom.
- Dimensjonerende vannhastighet. (Største vannhastighet trenger ikke nødvendigvis være sammenfallende med 200-års flom.)

3.5.9 Metodenenes anvendbarhet og usikkerhet

For hver metode skal man finne ut best mulige anvendelse, gyldighetsområde og hvilke usikkerheter den kan medføre ved estimeringen av dimensjonerende flommer. Metodevalg vil være avhengig av datatilgang, feltstørrelse og flomgenererende prosesser som antas å være viktige. I målte felt med forholdsvis lange tidsserier vil man bruke dataserier for å gjennomføre en flomfrekvensanalyse. I umålte felt må man basere seg på observasjoner og kunnskaper fra målte felt som har fellestrekk med det umålte. Det er viktig å samle opplysninger om mest ugunstige situasjon (nedbør, snøsmelting, temperaturforhold) for avrenning, dvs. hvilke forhold eller ”hendelser” som utløser de dimensjonerende flommene.

3.5.10 Hvordan innarbeide effekt av klimaendringer

Et viktig punkt er å få mer kunnskap om klimaendringer og flomrisiko i små felt. Målet må være å komme fram til hvor mye de ulike gjentaksnivåene endres, dvs. hvor mye endres en 200-års flom. Bruker man den rasjonelle metoden kan man f.eks. beregne IVF-kurver (intensitet-varighet-frekvens) for klimascenarier. Det andre alternativet er å bruke en nedbør og avløpsmodell sammen med tidsserier for nedbør og temperatur som gjelder for klimascenarier. Gjennomfører man slik analyse for små felt over hele landet vil man få en god indikasjon på hvordan flomfrekvensen kan endres. Det finnes pr i dag ikke praktiske rutiner for anvendelse av nedskalerte klimaendringsscenarier til dette formålet, og i tillegg skjer det stadig oppdatering og utbedring av de regionale klimamodellene.

En må da først få bedre datagrunnlag for disse områdene og teste ut ulike beregningsmetoder.

- Det er da ønskelig å velge ut noen områder, sårbare punkter på vegnettet og/eller punkter som er rimelig godt dekket med nedbør- og avrenningsdata. Ønsker også å sammenligne resultatene av flomfrekvensanalyser med beregninger via den rasjonelle formel.
- Utføre andre beregningsmetoder som kan være aktuelle, bl.a. flomberegningsprogram PQFLOM fra NVE, slik at de kan testes ut og sammenlignes med resultatene fra flomfrekvensanalysene og/eller den rasjonelle formel.

3.5.11 Vurdering av tiltak

Å sikre stabilitet og sikkerhet mot erosjon i et vassdrag, kan ofte være et sammensatt problem. De nødvendige tiltak for det aktuelle brustedet skal vurderes og planlegges av fagkyndige personer og avgjøres i samråd med NVE.

Når tiltak skal vurderes og bestemmes er det viktig å inkludere hele brukonstruksjonen med fundamenter samt tilløpsfyllinger mot landkar som er påvirket av flomtverrsnittet.

For beregning og utførelse av erosjonssikringen vises det til ”Veileder for erosjonssikring med stein i vassdrag.” NVE, 2008.

- Vurdere fundamenteres sårbarhet mot erosjon.
- Vurdere teoretisk maksimal erosjonsdybde uten spesielle sikringstiltak.
- Ved nybygg, vurdere bruas plassering i vassdraget.
- Vurdere mulige tiltak /endringer i elveløpet. (Utgravinger, føringer, terskler, e.l.)

- Ved nybygg, vurdere mulige bygningsmessige tiltak. (Fundamenteringstype, plassering og utforming av fundamenter, fundamentdybde, m.m.)
- Bestemme eventuell erosjonssikrings utførelse, oppbygging og lagtykkelse.
- Bestemme eventuell erosjonssikrings utbredelse og omfang.

3.5.12 Evaluering av eksisterende erosjonssikring

Dette punktet er kun relevant for bruer med en tidligere prosjektert og dokumentert gjennomført erosjonssikring. For slike bruer er det av interesse å finne ut hva slags flom den eksisterende erosjonssikringen tåler.

For at denne øvelsen skal være relevant må det foreligge klar dokumentasjon på hvordan erosjonssikringen er utført samt omfang og utbredelse. Da kan man gå motsatt vei og finne ut hvilken vannhastighet som kan tillates og tilhørende vannmengde og flomstørrelse.

Det er også interessant å få bestemt hvilken returperiode denne flommen representerer, for å vurdere om den utførte erosjonssikringen må gjøres noe med.

Aktuelle punkter:

- Dokumentasjon (tegninger, beskrivelse) av utført erosjonssikring.
- Er det utført slik det er beskrevet?
- Er erosjonssikringen intakt? Er overgangssoner intakt?
- Bestemme tillatt vannhastighet, vannmengde og flomstørrelse.
- Bestemme flommens returperiode.
- Sammenligne med verdier for 200-års flom.
- Vurdere eventuelle tiltak.

3.5.13 Inspeksjon /vedlikehold

Det er viktig at den utførte erosjonssikringen ikke skades og dermed mister sin funksjon. For å ivareta dette er det viktig at inspeksjonsrutinene er klare og entydige, og at disse følges.

Etter nybygging eller store reparasjoner av erosjonssikring bør det alltid måles inn nøyaktige tverrprofiler. Det samme gjelder bestående erosjonsutsatte bruer hvor det ikke er gjort nylige tiltak. Det gir et godt sammenlikningsgrunnlag for å vurdere erosjonsutvikling og eventuell bunnsenkning over tid.

For spesielt utsatte bruer bør det i tillegg til den normale inspeksjonsfrekvensen gjennomføres tilleggsinspeksjoner og måling av tverrprofiler umiddelbart i etterkant av flommer.

Det bør vurderes om det skal gjøres en systematisk erosjonsklassifisering av bruer basert på fare for erosjonsskader, og et overvåkingsopplegg som er tilpasset forventede problem.

3.5.14 Risikoanalyse

På samme måte som etter den utvidede risikoanalysen skal bruer plasseres i risikomatriksen. Bruer med god restkapasitet (anslagsvis 50 % restkapasitet jf. 200 års returperiode) og funksjon iht. resultater fra vurderinger vil da få en ”grønn” karakter. Eventuelt behov for

enkle tekniske tiltak betegnes med "gult", mens objekter med liten restkapasitet eller dårlig teknisk tilstand betegnes med "rødt".

For bruer som etter vurdering av dagens situasjon havner i "rød risikoklasse" skal det påvises hvilken endring i risiko man oppnår ved ulike tiltaksstrategier.

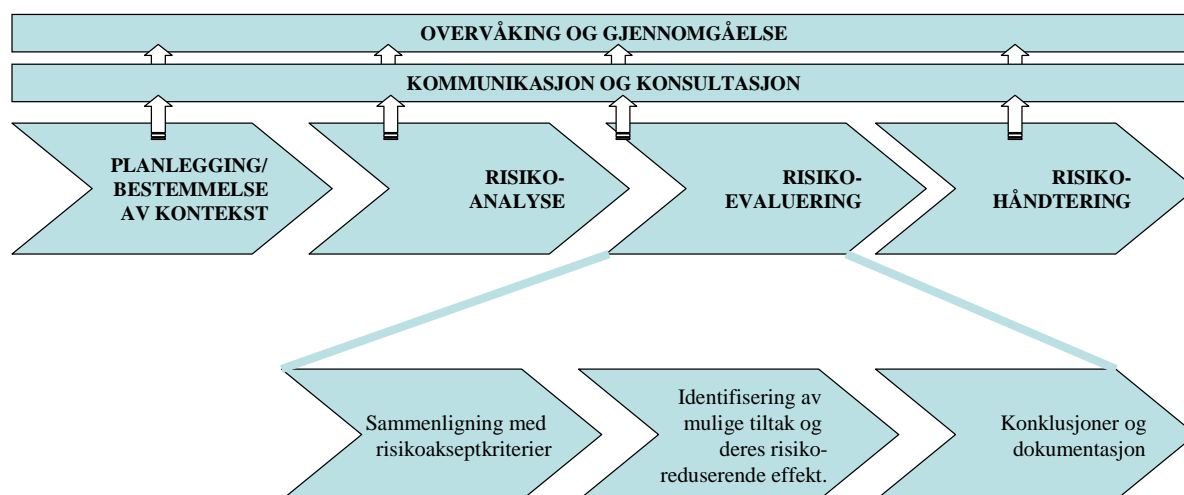
3.5.15 Rapportering

Rapporter fra analysen skal omfatte:

- Grunnlagsinformasjon.
- Resultater fra inspeksjon på brustedet og supplerende undersøkelser.
- Vann- og flomberegninger.
- Hvordan effekt av klimaendringer er vurdert.
- Vurdering av tiltak og effekt av disse.
- Evaluering av eksisterende erosjonssikringstiltak og effekt av disse.
- Forslag til inspeksjons-, vedlikeholds-, beredskaps- og fornyingstiltak.
- Resultater fra risikoanalyse og risikoevaluering.

Det er viktig at det gis beskrivelser av hvilke deler av brukonstruksjonen og tilstøtende vassdragsområde som bør holdes under spesielt oppsyn ved ordinære inspeksjoner og under perioder med stor vassføring. 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 bru og under hvilke forhold en bør ha økt aktsomhet i forhold til inspeksjon og forvaltning av bruene.

4 RISIKOEVALUERING



Figur 10 Risikovurderinger og risikoevaluering, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12].

Basert på resultatene fra risikoanalysene er viktig at opptredene risiko vurderes opp mot Statens vegvesen retningslinjer og strategier jf. bl.a. kap. 2. Denne risikoevaluering skal bidra når beslutninger tas om hvilke risikoer som må håndteres, og hvilken prioritet iverksettingen av håndteringen skal gis.

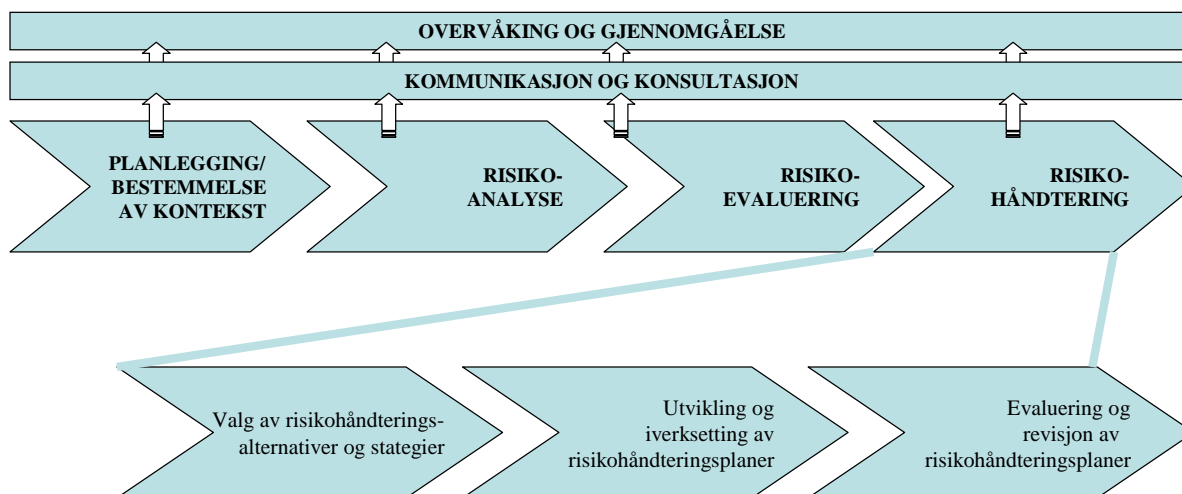
Risikoevalueringen bør også sees i en utvidet sammenheng, hvor risikoen også vurderes sett i forhold til andre samfunnsinteresser og behov.

Det er viktig at beslutninger bør tas i henhold til juridiske, forskriftsmessige og gjeldende retningslinjer.

Risikoforholdene (mht. 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.

5 RISIKOHÅNTERING



Figur 11 Risikovurderinger og risikohåndtering, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12].

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 type tiltak kunne være:

- 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 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.

Vedlegg 1. Definisjoner jf. [11]

Analyseobjekt: geografiske, tekniske, organisatoriske, miljømessige eller menneskelige faktorer som omfattes av risikovurderingen (jf. [11] kap 2.9), herunder eksisterende forebyggende tiltak og beredskap.

Fare: handling eller forhold som kan føre til en uønsket hendelse (jf. [11] kap 2.12).

Konsekvens: mulig følge av en uønsket hendelse (jf. [11] kap 2.12).

Konsekvensanalyse: systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne konsekvens (jf. [11] kap 2.3).

Risiko: uttrykk for kombinasjonen av sannsynligheten (jf. [11] kap 2.10) for og konsekvensen (jf. [11] kap 2.3) av en uønsket hendelse (jf. [11] kap 2.12).

Risikoakseptkriterium: kriterium som legges til grunn for beslutning om akseptabel risiko (jf. [11] kap 2.5).

MERKNAD 1 Risikoakseptkriterier kan uttrykkes med ord eller være tallfestet, eller ved en kombinasjon av disse, for eksempel som ulike soner i en risikomatrise.

MERKNAD 2 Akseptabel risiko er risiko som aksepteres i en gitt sammenheng basert på gjeldende verdier i samfunnet og virksomheten.

MERKNAD 3 Risikoakseptkriterier kan være basert på myndighetskrav, standarder, erfaring, teoretisk kunnskap og normer.

Risikoanalyse: systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne risiko (jf. [11] kap 2.5). Risikoanalysen utføres ved kartlegging av uønskede hendelser (jf. [11] kap 2.12) og årsaker til og konsekvenser (jf. [11] kap 2.3) av disse.

Risikoevaluering: prosess for å sammenligne beskrevet eller beregnet risiko (2.5) med gitte risikoakseptkriterier (jf. [11] kap 2.6).

MERKNAD Prosessen inkluderer også identifisering og dokumentasjon av risikoreduserende tiltak og anbefalinger.

Risikovurdering: samlet prosess som består av planlegging, risikoanalyse (jf. [11] kap 2.7) og risikoevaluering (jf. [11] kap 2.8).

Sannsynlighet: i hvilken grad det er trolig at en hendelse vil kunne inntreffe.

MERKNAD 1 Sannsynlighet kan uttrykkes med ord eller som en tallverdi.

MERKNAD 2 Frekvens kan brukes i stedet for sannsynlighet ved estimering av risiko.

Sårbarhet: manglende evne hos et analyseobjekt (jf. [11] kap 2.1) til å motstå virkninger av en uønsket hendelse (jf. [11] kap 2.12) og til å gjenopprette sin opprinnelige tilstand eller funksjon etter hendelsen.

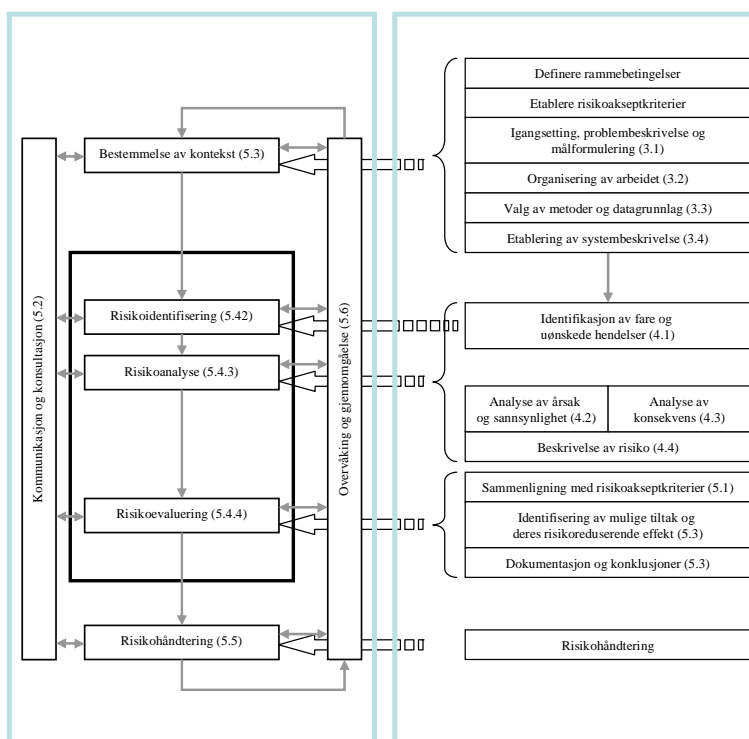
Uønsket hendelse: hendelse som kan medføre tap av verdier.

MERKNAD 1 Tap av verdier kan gjelde for eksempel liv/helse, miljø, materielle verdier, funksjoner, samfunnsverdier eller omdømme.

MERKNAD 2 En uønsket hendelse kan være både tilsiktet (sikring / "security") og utilsiktet (sikkerhet / "safety").

Årsaksanalyse: systematisk fremgangsmåte for å kartlegge årsaker og beskrive og/eller beregne sannsynlighet (jf. [11] kap 2.10) for en uønsket hendelse (jf. [11] kap 2.12).

Vedlegg 2. Risikovurdering jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12]

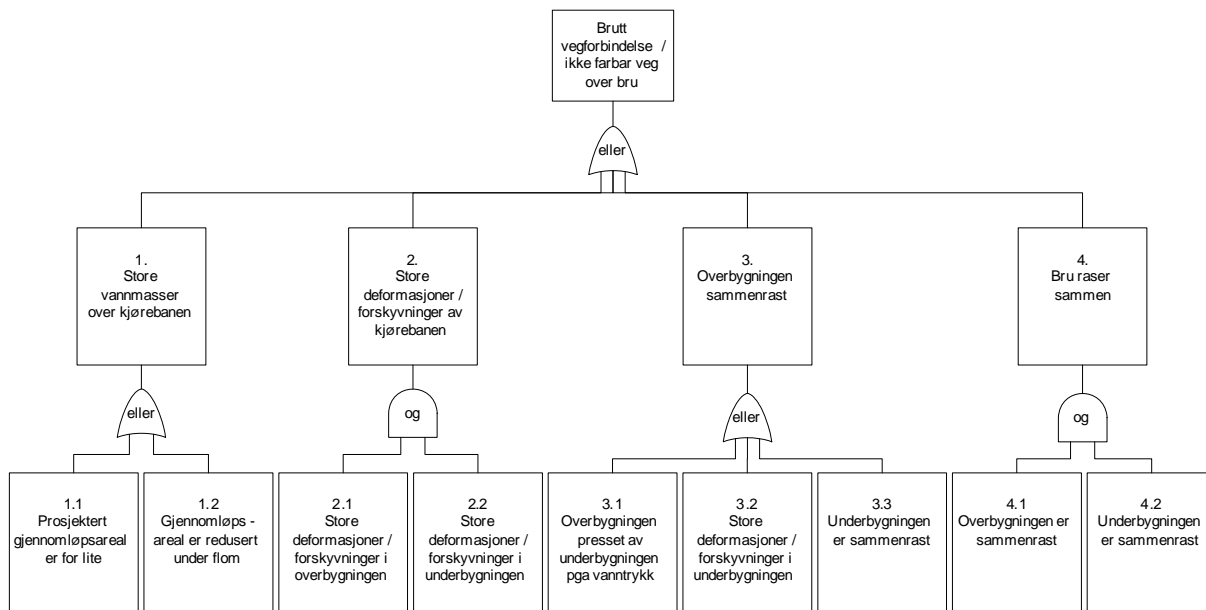


Figur 12 Risikovurdering, hoved og delprosesser, jf. NS 5814 [11] og NS-ISO 31000 [12]

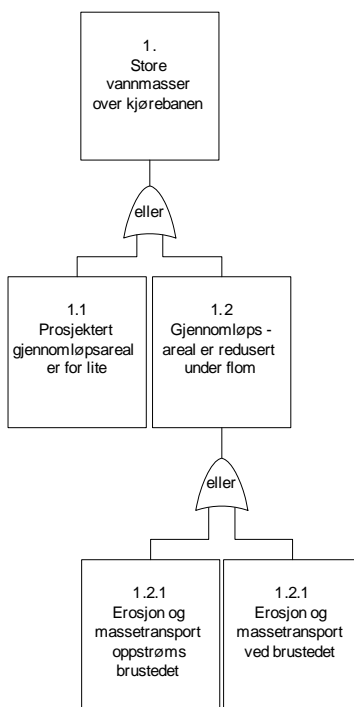
Vedlegg 3. Konsekvensområder og – nivåer

Nivå Område	Nivå 1	Nivå 2	Nivå 3	Nivå 4	Nivå 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

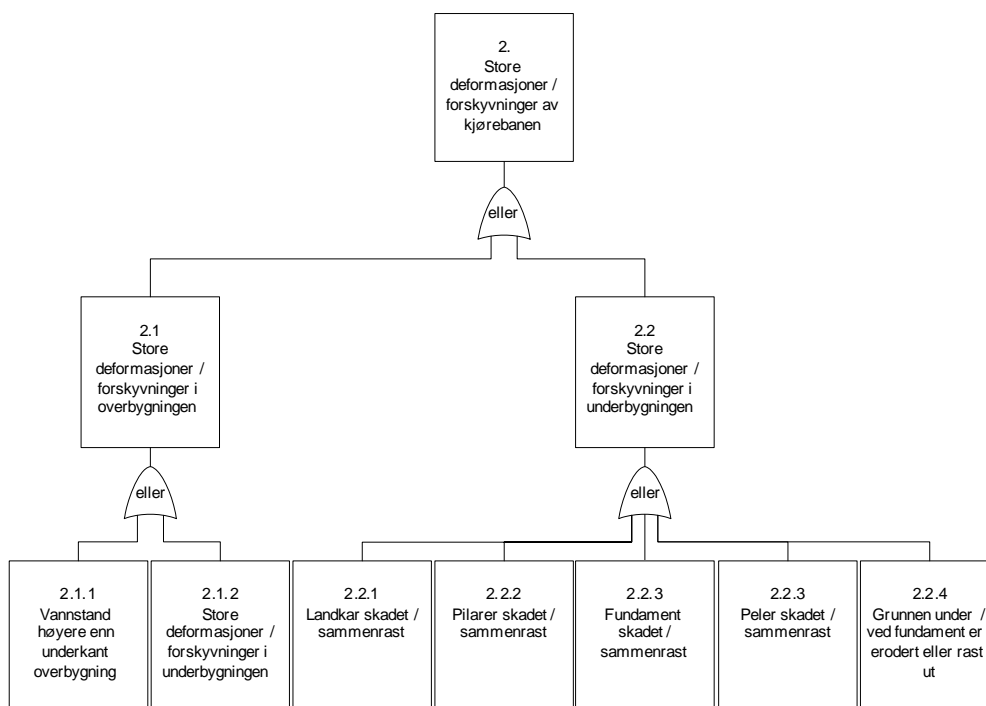
Vedlegg 4. Eksempel på feiltre



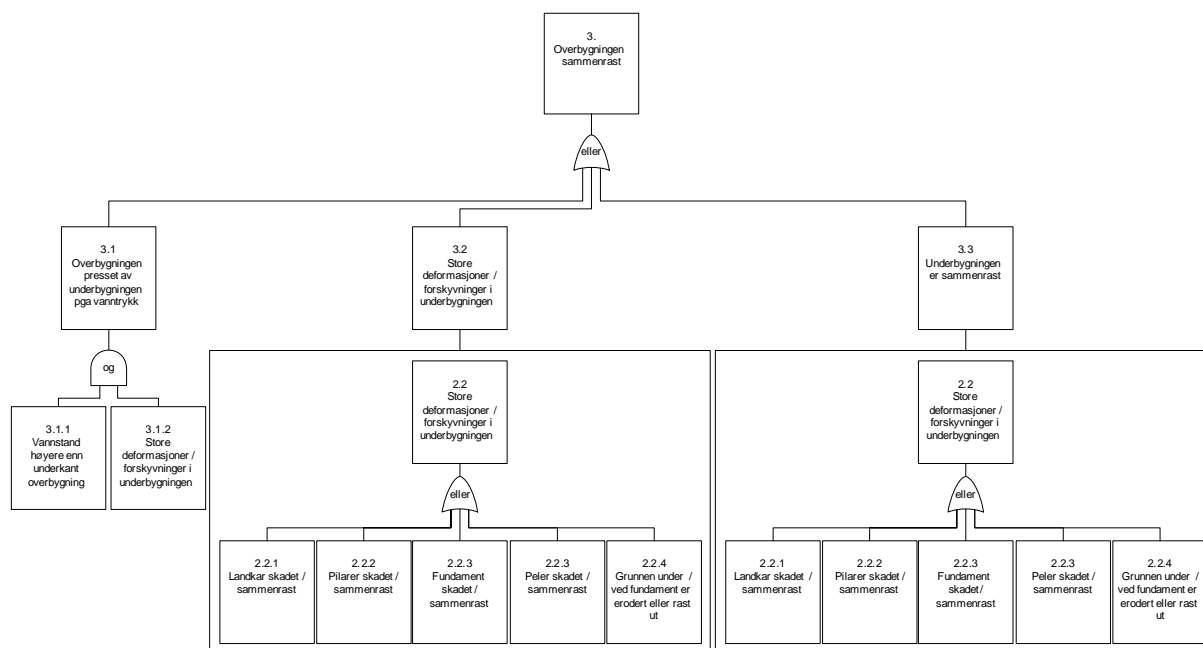
Figur 13 Overordnet hendelsestre/feiltre



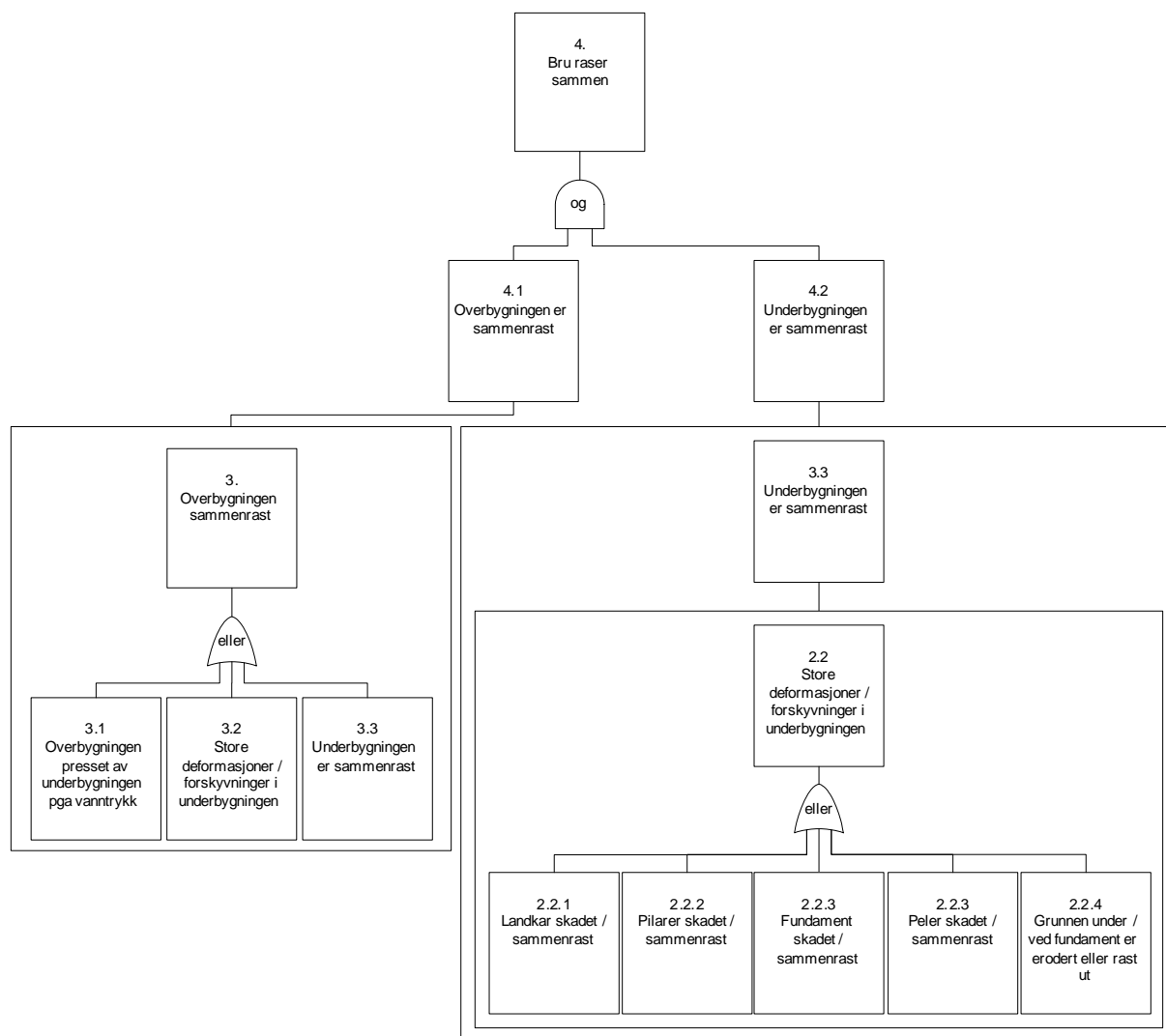
Figur 14 Hendelsestre/feiltre, store vannmasser over kjørebanelen



Figur 15 Hendelsestre / feiltre, store deformasjoner/for skyvninger av kjørebanelen



Figur 16 Hendelsestre / feiltre, overbygningen sammenrast



Figur 17 Hendelsestre / feiltre, bru raser sammen

6 REFERANSER

1. Klimatilpassing innen NVEs ansvarsområder : strategi 2010 – 2014, NVE, Hamarsland m.fl., Oslo: NVE, 2010, 66 s.
2. Havnivåstigning - Estimer av framtidig havnivåstigning i norske kystkommuner, Revidert utgave (2009) Klimatilpassing Norge, DSB – Bjerknessenteret – Miljøverndepartementet.
3. Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) av 27. juni 2008 nr. 71, i kraft 1 juli 2009 - 1 juli 2010 - 1 juli 2011. Ajourført med endringer senest ved lov25 juni 2010 nr 48, i kraft 1 juli 2010 - 1 juli 2011 / Miljøverndepartementet, Kommunal og regionaldepartementet.
4. Forskrift om tekniske krav til byggverk (byggteknisk forskrift): av 26. mars 2010 nr. 489. Ajourført med endringer, senest ved forskrift 5. mai 2010 nr. 683, i kraft 1. juli 2010 / Kommunal- og regionaldepartementet, bolig- og bygningsavdelingen.
5. Inspeksjonshåndbok for bruer / Statens vegvesen. - Oslo : Vegdirektoratet. Håndboksekretariatet, 2000. - 352 s.. - (Vegvesenets håndbokserie; håndbok – 136).
6. Forvaltning, drift og vedlikehold av bruer / Statens vegvesen. - Oslo : Vegdirektoratet. Håndboksekretariatet, 1997. - 57 s.. - (Vegvesenets håndbokserie; håndbok 147).
7. Bruprosjektering / Vegdirektoratet. - Oslo : Vegdir. Bruseksjonen, 2009. - 302 s. - (Vegvesenets håndbokserie ; håndbok 185).

8. Grunnforsterkning, fyllinger og skråninger : veiledning / Statens vegvesen. - Oslo: Vegdirektoratet, 2008. - 326 s. - (Vegvesenets håndbokserie ; håndbok 274).
9. Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein, Jenssen og Tesaker, Dokumentet er del av serien Veileder (Norges vassdrags- og energidirektorat), 2009, 35 s.
10. Vassdragshåndboka: håndbok i vassdragsteknikk, Fergus, Hoseth og Sæterbø, 2010, 428 s.
11. Krav til risikovurderinger (NS 5814:2008), Standard Norge, 2008 15 s.
12. Risikostyring: prinsipper og retningslinjer, Norsk standard NS-ISO 31000:2009, 2010, Standard Norge, 30 s.
13. Risikoanalyse: teori og metoder, Rausand og Utne, 2009, Trondheim, Tapir akademisk forlag, 389 s.
14. Notat: Prosedyre for ROS-analyser og forbyggende tiltak m v i forbindelse med vegberedskap, Statens vegvesen, SAMROS-prosjektet, 2008.
15. Notat: Objektivtinnndeling med aktuelle hendelser for ROS-analyse, Statens vegvesen, SAMROS-prosjektet, 2008.
16. Håndbok for krisehåndtering i Statens Vegvesen, Statens vegvesen.
17. Einarsson S & Rausand M, An Approach to Vulnerability Analysis of Complex Industrial Systems. Risk Analysis, Vol. 18 No. 5, pp 535-546, 1998.
18. 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.
19. Bruregistrering: veiledning / Statens vegvesen. - Oslo: Vegdirektoratet, 2009. - 208 s. - (Vegvesenets håndbokserie; håndbok 129).

Vedlegg 5



Delprosjekt 3 Sikring mot flom og erosjon

Delprosjektet omfatter utredning av behov og muligheter for tilpasning til endret klima, både gjennom dimensjonering av drenering, erosjonssikring eller vegen og ved endringer i kriterier for valg av løsninger. Målet er å formulere forslag til endringer i retningslinjer for prosjektering, tilstandsvurdering og vedlikehold. Et titalls pilotprosjekter brukes til utprøving og demonstrasjon.

Delprosjektet er organisert i følgende aktiviteter:

- 3-1 Drenering
- 3-2 Erosjonssikring mot strømmende vann
- 3-3 Sikring mot bølgeerosjon
- 3-4 Miljøeffekt av endret klima
- 3-5 Overvann: fordrøyning, drenering og vanngjennomløp (2010)

Drenering ser på følgende tema:

- metoder og datagrunnlag for beregning av nødvendig dreneringskapasitet,
- for nye veger: bedre verktøy for prosjektering og valg av drensløsninger for vegkroppen og omgivelsene
- for drift/vedlikehold og eventuell oppgradering av eksisterende veger: tilstandsvurdering, tilstandsdata til bruk i kontrakter

Erosjonssikring mot strømmende vann ser på utfordringer knyttet til prosjektering og sikring av brufundamenter samt beskyttelse av vegens omgivelser og sikring av vegskråninger.

Sikring mot bølgeerosjon ser på utfordringer knyttet til veger, ferjekaier, tilløpsfyllinger for bruer og deres sikring mot bølgeerosjon og overskylling.

Miljøeffekt av endret klima har som mål å utvikle et bedre og klimatilpasset grunnlag for valg og prosjektering av renseløsninger for avrenningsvann fra veg.

Overvann: fordrøyning, drenering og vanngjennomløp er en koordinerende aktivitet i 2010 som har som mål å utvikle grunnlag for en håndbok med vannhåndtering som tema.

Delprosjektleder: Frode Oset, Vegdirektoratet.

Fagsekretær for delprosjektet: Kristine Flesjø, Vegdirektoratet

Vedlegg 6



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 7



Prosjektrapporter fra 'Klima og transport' – pr mai 2011

Rapportnr.	Tittel	Utarbeidet av
2519	Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie	Bjørn Ove Lerfald 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 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 trinnsvis 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 veger med bituminøst dekke	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og trafikk AS
VD 27	Veger og snøskred Håndbok om sikring mot snøskred - Høringsutgaven	Harald Norem, Statens vegvesen
VD 28	Beredskapsplan for driftskontraktene Forslag til ny mal for beredskapsplan ved uvær og naturfarer	Tore Humstad, Solveig Kosberg, Statens vegvesen
VD 30	Miljøeffekt av endret klima Oversikt over mulige problemstillinger	Ola Nordal, Asplan Viak AS



Statens vegvesen

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

ISSN: 1892-3844