

RAPPORT

KlimaVei - Klimatilpasning og Vegtransport

DOK.NR. 20210107-02-R
REV.NR. 0 / 2025-01-01

Dokumentet skal ikke benyttes i utdrag eller til andre formål enn det dokumentet omhandler. Dokumentet må ikke reproduseres eller leveres til tredjemann uten eiers samtykke. Dokumentet må ikke endres uten samtykke fra NGI.

This document shall not be used in parts, or for other purposes than the document was prepared for. The document shall not be copied, in parts or in whole, or be given to a third party without the owner's consent. No changes to the document shall be made without consent from NGI.



Prosjekt

Prosjekttittel: KlimaVei - Klimatilpasning og Vegtransport
Dokumenttittel: Eksempelstudier
Dokumentnr.: 20210107-02-R
Dato: 2025-01-01
Rev.nr. / Rev.dato: 0/

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Norges Forskningsråd
Kontaktperson: Elin Vikane
Kontraktreferanse: Prosjektavtale 321042

for NGI

Prosjektleder: Unni Eidsvig
Utarbeidet av: Unni Eidsvig, Hallvard Skrede, Nellie Sofie Body, Kjersti Gisnås, Øyvind Nystad Handberg, Matilde Avdem Frankmo, Peter Aalen, Inger Nielsen Hole
Kontrollert av: Annegrete Bruvoll (kontroll av hovedrapport), Kjersti Gisnås (kontroll av vedlegg), Ingar Haug Steinholt (kontroll av vedlegg)

Sammendrag

Rapporten inngår i prosjektet “Klimatilpasning og veitransport – KlimaVei”. Målet med prosjektet har vært å utvikle metoder og verktøy for bedre ivareta klimarisiko i vegsektoren, og bidra til at disse blir tatt i bruk vegforvaltningen. Prosjektet har vært finansiert av Norges forskningsråd, Statens vegvesen og Nye Veier AS, og gjennomført i samarbeid av Vestlandsforskning (prosjektledelse), Norges Geotekniske Institutt (NGI) og Menon Economics.

Denne rapporten dokumenterer arbeidet med eksempelstudiene i AP 3. Arbeidet ble ledet av NGI, med bidrag fra samtlige partnere i konsortiet.

Formålet med eksempelstudiene er å øke kvaliteten av klimarisikoanalyser og samfunnsøkonomisk vurdering av klimarisiko og klimatilpasning. Dette gjøres gjennom å spesifisere, teste og evaluere verktøy og metodikk. Vi beskriver og tester arbeidsmetodikk og rammeverk for klimarisikovurderinger. Videre testes og beskrives de detaljerte og spesifikke metodene som vil variere etter faretype og stedsspesifikke forhold. Delmål har vært å 1) identifisere aspekter som er viktige å hensynta i samfunnsøkonomiske analyser av klimarisiko og klimatilpasning i vegsektoren innen planlegging, bygging og drift- og vedlikehold (DoV); 2) gjøre vurderinger av de identifiserte aspektene ved hjelp av egnet metode og verktøy; 3) utføre samfunnsøkonomiske analyser av klimatilpasning og drøfte resultater, her under hvordan inkludering av klimaendringer påvirker utfallet.

Eksempelstudiene demonstrerer forskningsprosjektets bidrag til at ansvarlige vegmyndigheter kan få bedret kunnskap om klimarisiko og om samfunnsøkonomiske virkninger av å gjennomføre tiltak for klimatilpasning versus å reparere skader og andre virkninger av klimaendringer senere.

Eksempelstudiene har bestått av fem delstrekninger: to strekninger eid av Statens Vegvesen (E10 Bjørnfjell og E39 Våtedalen), én strekning eid av Nye Veier (E6 Gudbrandsdalen) og to strekninger bestående av fylkesveger (Fv 60 Byrkjelo-Innvik og Fv 63 Geiranger-Eidsdal), eid av hhv. Vestland og Møre og Romsdal fylkeskommuner. Eksempelstudiene representerer variasjon innen ulike aspekter som vegeiere og driftsansvarlige, geografi, klimasoner og naturfareutfordringer, konsekvenstyper, type og omfang av transport, og klimatilpasningstiltak.

Arbeidet ble strukturert etter et rammeverk for vurdering av klimarisiko som utviklet i prosjektet (Vedlegg A). Arbeidet har bestått i forberedende arbeider, arbeidssamlinger, og bearbeiding og systematisering av data og informasjon i tett faglig dialog mellom vegeiere og NGI, Menon og Vestlandsforskning.

Prosjektet har utviklet et rammeverk for tallfesting og konkretisering av ulike typer klimarisiko i fire steg: 1) farevurdering i dagens og fremtidig klima, 2) estimering av nedetid for veg, 3) vurdering av virkninger av naturhendelser mot veg for dagens og fremtidige trafikkvolum og 4) samfunnsøkonomisk vurdering og sammenlikning av

tiltaksalternativ. Stegene gjennomføres ved hjelp av tilpasset metodikk, som bygger på videreutvikling av kjente metoder. Farevurderingene gitt dagens klima, dvs. vurderingene av sannsynlighet for uønskede naturhendelser mot veg, bygger hovedsakelig på eksisterende farevurderinger. Farevurderingen for fremtidig klima bygger på kvantifisering av den relative endringen i farebildet, med egne analyser av endringer i overskridelse av terskelverdier for kritiske klimaparametere.

De samfunnsøkonomiske analysene er basert på en rekke grunnleggende antagelser i tråd med DFØs veileder for samfunnsøkonomiske analyser og rundskriv r-109/21. Målet er primært å identifisere virkninger som bør hensyntas, evaluere metoden og eksempel-beregne omfanget av de potensielle virkningene. Analysene har ikke til hensikt å tjene som et beslutningsgrunnlag for spesifikke investeringer. Det er derfor gjort enkelte forenklinger og skjønsmessige anslag når datagrunnlaget var mangelfullt, som reduserer presisjonsnivået, men samtidig demonstrerer virkningene. Resultatene må betraktes som eksemplifiseringer av analyser og ikke som fullverdige samfunnsøkonomisk analyser som kan benyttes i beslutningsgrunnlag.

Selv om resultatene er forbundet med usikkerhet gir de likevel tilstrekkelig grunnlag for å trekke følgende konklusjoner:

- Eksempelene illustrerer at metodikken som er utarbeidet i forskningsprosjektet kan styrke kunnskapsgrunnlaget for planlegging, drift og vedlikehold av norske veger, slik at samfunnet blir bedre tilpasset forventede konsekvenser av klimaendringer.
- Inkludering av effekter av klimaendringer i de samfunnsøkonomiske vurderingene av klimatilpasningstiltak påvirker utfallet av vurderingene. Klimaendringene kan gjøre klimatilpasningstiltak både mer og mindre lønnsomme, avhengig av lokalisering av vegstrekninger og hvilke type klimaparameter som er relevante for vegstrekningen.
- Klimatilpasningstiltak rettet mot naturfarer med forventet økt frekvens i fremtidig klima ble mer lønnsomme når klimaeffekten ble inkludert. Blant eksempelstudiene omfattet dette jordskred i Gudbrandsdalen og Våtedalen, flom i Innvik, og mildværsinnslag på Bjørnfjell.
- Klimatilpasningstiltak rettet mot naturfarer med forventet lavere frekvens i fremtidig klima ble mindre lønnsomme når klimaeffekten ble inkludert. Blant eksempelstudiene omfattet dette snøskred i Våtedalen og Geiranger, samt snøfokk og snøfallsrelaterte vegstengninger på Bjørnfjell.
- Eksempelstudiene demonstrerer at inkludering av hensynet til opplevd usikkerhet øker den samfunnsøkonomiske nytten av skredsikring. Nyere verdsettingsstudier har vist at skredsikring bidrar til å redusere velferdstap for alle trafikanter som passerer skredfarlige områder. Eksempelene illustrerer at verdien av velferdsvirkningene er langt høyere enn verdien av å unngå de direkte konsekvensene (omkjøring, opprydningskostnader, personskader mm), som så langt har vært de inkluderte virkningene.

Velferdsgevinsten av skredsikring er en nødvendig del av de samfunnsøkonomiske beregningene. Det er videre viktig å sikre gode anslag på nåværende og fremtidige skredfrekvenser.

Innhold

1	Innledning	10
2	Kort beskrivelse av strekningene i eksempelstudiene	11
2.1	E10 Bjørnfjell	12
2.2	E39 Våtedalen	13
2.3	E6 Gudbrandsdalen Øyer-Otta	14
2.4	Fv 63 Geiranger-Eidsdal	15
2.5	Fv 60 Byrkjelo-Innvik (Storelva bru)	16
3	Arbeidsmetodikk	18
3.1	Arbeidsflyt for klimarisikokvantifisering i eksempelstudiene	18
3.2	Farevurdering i dagens og fremtidig klima	20
3.3	Vurdering av nedetid	25
3.4	Samfunnsøkonomiske virkninger	25
4	Resultater av eksempelanalysene	35
4.1	Problemstillinger for eksempelstudiene	35
4.2	Resultater av vurderingene	39
4.3	Samfunnsøkonomiske vurderinger	42
5	Sluttvurderinger	53
5.1	Datatilgang og databruk	53
5.2	Oppsummering over funn med betydning for videre arbeid	54
6	Referanser	56

Tabell

Tabell 3.1	Forsinkelseskostnader per reisehensikt, persontransport	33
Tabell 3.2	Forsinkelseskostnader per varetype, godstransport	34
Tabell 4.1	Oppsummering av eksempelstudiene	35
Tabell 4.2	Alternative sikringsløsninger fra Statens Vegvesen (2024)	37
Tabell 4.3	Resultater av farevurderinger i nullalternativet	39
Tabell 4.4	Effekt av tiltaksalternativene	41
Tabell 4.5:	Prissatte diskonterte kostnader knyttet til naturfarer for de ulike strekningene, mill. 2023-kroner.	43
Tabell 4.6:	Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved E10 Bjørnfjell, mill. 2023-kroner.	47
Tabell 4.7:	Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved E39 Våtedalen. I mill. 2023-kroner.	48
Tabell 4-8:	Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved E6 Øyer-Elstad, mill. 2023-kroner.	49
Tabell 4.9:	Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved FV63 Geiranger-Eidsdal, mill. 2023-kroner.	50
Tabell 4-10:	Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved fv. 60 Byrkjelo-Innvik, mill. 2023-kroner.	51

Figur

Figur 2-1	Lokasjon av samtlige eksempelstudier	12
Figur 2-2	Oversikt over strekningen E10 Bjørnfjell og foreslåtte punktutbedringstiltak	13
Figur 2-3	Naturfarebildet på E39 Våtedalen	14

Figur 2-4 Oversiktskart over E6 gjennom Gudbrandsdalen, Øyer – Otta. De blå ellipsene indikerer områder der kartlagte flomsoner berører veien.	15
Figur 2-5 Oversiktskart over Fv 63 strekningen Geiranger - Eidsdal	16
Figur 2-6 Oversiktskart over Fv 60 mellom Innvik og Byrkjelo	17
Figur 3-1 Skjematisk fremstilling av arbeidsflyten i eksempelstudiene	19
Figur 3-2 Eksempler på aktsomhetskart for snøskred, kombinert med kart over tidligere skredhendelser for området. Kartutsnittet er fra E39 Våtedalen (NB: kartet er rotert slik at nord er til høyre)	21
Figur 3-3 Faresonekart for skred i bratt terreng, rundt Fv 60 i Innvik. Dimensjonerende skredtype er angitt med symboler som vist i tegnforklaringen. I dette kartet er det hovedsakelig løsmasseskred, men stedvis også steinsprang som er dimensjonerende.	21
Figur 3-4: Illustrasjon av samfunnsøkonomiske virkninger og berørte aktører ved skredsikringstiltak på en vegstrekning.	26
Figur 3-5: Forventet frekvens av naturhendelser per år over tid, hvor frekvens i år 2023 er normert til 1. Antall skred (Fv63, E6 og E39) og stengt veg grunnet snøvær (E10) er synkende, mens frekvens av flom er økende (FV 60) eller konstant (E6).	30
Figur 3-6 Persontransportframskrivningene som ligger til grunn for analysene: 1000 bil- og bussreisende per strekning	32
Figur 3-7 Godstransportframskrivningene som ligger til grunn for analysene: 1000 tonn (tilpasset varegruppering)	33
Figur 4-1 Trasé for ny tunnel i Våtedalen (Statens vegvesen, 2020)	37
Figur 4-2: Fordeling av samfunnsøkonomiske virkninger knyttet til naturfarer for de fem eksempelstudiene som inngår i våre analyser.	44
Figur 4-3: Utvikling i forventede årlige samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til naturhendelser over tid på ulike strekninger.	45
Figur 4-4: prosentvis endring i samfunnsøkonomiske kostnader de neste 75 årene (neddiskontert) på strekninger grunnet reduksjon eller økning i naturhendelser.	46
Figur 4-5: Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av utvalgte tiltak gitt ulike forutsetninger om trafikkvekst.	52
Figur 5-1: Endring i samfunnsøkonomisk lønnsomhet som følge av klimaendringer	55

Vedlegg

Vedlegg A	Arbeidsmetodikk
Vedlegg B	Arbeidssamling E10 Bjørnfjell
Vedlegg C	Klimarisikovurdering E10 Bjørnfjell
Vedlegg D	Arbeidssamling E39 Våtedalen
Vedlegg E	Klimarisikovurdering E39 Våtedalen
Vedlegg F	Arbeidssamling E6 Gudbrandsdalen
Vedlegg G	Klimarisikovurdering E6 Gudbrandsdalen
Vedlegg H	Arbeidssamling Fv 63 Geiranger-Eidsdal
Vedlegg I	Klimarisikovurdering Fv 63 Geiranger-Eidsdal
Vedlegg J	Arbeidssamling Fv 60 Byrkjelo-Innvik (Storelva bru)
Vedlegg K	Klimarisikovurdering Fv 60 Byrkjelo-Innvik (Storelva bru)

Kontroll- og referanseside

Forord

Dette er en delrapport fra prosjektet «Klimatilpasning og vegtransport» (KlimaVei). Det overordnede målet for KlimaVei-prosjektet har vært å etablere et kunnskapsgrunnlag for samfunnsøkonomiske analyser på prosjekt- og systemnivå som tar hensyn til forventninger om endringer i klima og klimapolitikk og understøtter mål om sikkerhet, bærekraft og effektivitet i vegsektoren.

De operative målene har vært å utvikle (1) en metodikk for å styrke kvaliteten på analyser av klimarisiko i vegsektoren, og (2) en metodikk for å analysere samfunnsøkonomisk kostnader av klimarisiko og samfunnsøkonomisk nytte av klimatilpasning i vegsektoren. I begge tilfeller er det lagt til grunn at de utviklede forslagene til metodikk skal supplere eksisterende metodikk brukt innen vegsektoren for analyse av klimarisiko og samfunnsøkonomi.

I denne delrapporten presenteres arbeidet med eksempelstudiene, hvor det er utført klimarisikovurderinger og samfunnsøkonomiske vurderinger av klimatilpasningstiltak for fem strekninger. NGI har hatt ansvaret for arbeidet med eksempelstudiene. De vurderte strekningene omfatter to strekninger eid av Statens Vegvesen, én strekning eid av Nye Veier og to strekninger på fylkesveger, eid av Vestland og Møre og Romsdal fylkeskommune. Prosjektet har mottatt finansiering fra Forskningsrådet gjennom ordningen «Innovasjonsprosjekt i offentlig sektor». Statens vegvesen og Nye Veier deltar som brukerpartnere i prosjektet og bidrar også med finansiering. Øvrige partnere er Norges Geotekniske Institutt AS (NGI), Vestlandsforskning (VF) og Menon Economics. Samtlige partnere i konsortiet har bidratt inn i eksempelstudiene.

1 Innledning

Samfunnsøkonomiske analyser er et verktøy for prioritering av tiltak mot klimarelaterte naturfarer i veg- og arealplanlegging. Det er en svakhet at analysene ofte gjennomføres med utgangspunkt i dagens naturfarebilde (Holm, 2023). Da vil resultatene av analysene baseres på forutsetninger som kan endre seg i løpet av levetiden av tiltakene og analyseperioden. I KlimaVei-prosjektet vurderes det hvordan fremtidige endringer av klima påvirker *planlegging, bygging, samt drift- og vedlikehold (DV) av veger*, og hvordan slike vurderinger kan inkluderes på en hensiktsmessig måte i samfunnsøkonomiske analyser.

Som del av forskningsprosjektet er det gjennomført fem eksempelstudier, med forberedende arbeider, arbeidssamlinger, og fortløpende bearbeiding og systematisering av data og informasjon. Arbeidet har vært gjennomført i tett faglig dialog mellom vegeiere og NGI, Menon og Vestlandforskning, der NGI har ledet arbeidet.

Formålet med eksempelstudiene er å øke kvaliteten av klimarisikoanalyser og samfunnsøkonomisk vurdering av klimarisiko og klimatilpasning. Dette gjøres gjennom å spesifisere, teste og evaluere verktøy og metodikk. Vi beskriver og tester arbeidsmetodikk og rammeverk for klimarisikovurderinger. Videre testes og beskrives de detaljerte og spesifikke metodene som vil variere etter faretype og stedsspesifikke forhold.

Delmål har bestått i å 1) identifisere aspekter som er viktige å hensynta i samfunnsøkonomiske analyser av klimarisiko og klimatilpasning i vegsektoren (innen planlegging, bygging og drift- og vedlikehold (DV)); 2) gjennomføre vurderinger av de identifiserte aspektene ved hjelp av egnet metodikk og verktøy 3) utføre samfunnsøkonomiske analyser av klimatilpasning og drøfte resultater, bl.a. for å undersøke hvordan inkludering av klimaendringer påvirker utfallet.

Eksempelstudiene demonstrerer forskningsprosjektets bidrag til at ansvarlige vegmyndigheter kan få bedret kunnskap om klimarisiko og om de samfunnsøkonomiske virkningene av å gjennomføre tiltak for klimatilpassing versus å ta skader og andre virkninger av klimaendringer senere.

2 Kort beskrivelse av strekningene i eksempelstudiene

Vegstrekningene i eksempelstudiene representerer variasjon innen:

- **Eiere og ansvarlige for drift og vedlikehold av vegen (SVV, Nye Veier, Vestland og Møre og Romsdal fylkeskommuner).** For å sikre at resultatene fra prosjektet blir tatt i bruk er det viktig at de er godt forankret hos SVV og Nye Veier. Involvering av fylkeskommunene vil bidra til at dette prosjektet vil være relevant og gjøres kjent for fylkeskommunene, som er relevante aktører utenfor vegsektoren. Kompleksiteten som kommer av delt eierskap på vegnettet er en utfordring for klimatilpassing. Involvering gjennom konkrete eksempelstudier er svært nyttig, da dette arbeidet gir alle parter direkte underlag og støtte til beslutninger knyttet til klimatilpassingstiltak.
- **Geografi, klimasoner og naturfareutfordringer:** Det vil være geografiske variasjoner og variasjoner mellom naturfareutfordringer når det gjelder sannsynligheten for uønskede naturfarehendelser på veg og varigheten av nedetid. Effekter av klimaendringer vil variere med geografi, klimasoner og faretyper.
- **Type og dimensjonering av veginfrastruktur:** Det vil være ulike utfordringer knyttet til motorveg, riksveg, fylkesveg, ulike alder, grad av vedlikehold og grad av dimensjonering mot naturhendelser (f.eks. veghøyde for flom og innslag av tunnel for skred).
- **Type og omfang av transport:** Virkninger/økonomiske konsekvenser av stengt veg er knyttet til bruk av vegen, når det gjelder type transport (f.eks. person- og godstransport) og trafikkmengder (ÅDT).
- **Klimatilpassingstiltak:** Disse kan spenne fra små, rimelige tiltak med betydelig restrisiko til store, kostbare tiltak med neglisjerbar restrisiko.

Videre er det lagt vekt på at det finnes data om tidligere naturfarehendelser som har rammet vegen, både for å vurdere frekvens av naturhendelser, varighet av nedetid, hvor beskyttet/sårbar vegen er hvis naturhendelser inntreffer og kostnader for opprydding etter hendelser.

Eksempelstudiene omfatter tre riksvegstrekninger (Figur 2-1): E10 – Bjørnfjell (Nordland), E39 - Våtedalen (Vestland) og E6 Øyer-Otta (Innlandet), der Statens vegvesen er ansvarlig for de to første og Nye Veier er ansvarlig for den tredje strekningen. Videre er det definert to ekstra eksempelstudier, hhv. fv. 63 Geiranger-Eidsdal (Møre og Romsdal) og fv. 60 Byrkjelo-Innvik (Vestland), der de respektive fylkeskommunene er ansvarlige.



Figur 2-1 Lokasjon av samtlige eksempelstudier

Kort beskrivelse av hvert eksempelstudium finnes i delkapitlene nedenfor. Mer omfattende beskrivelser finnes i vedlegg B-F, som beskriver de respektive klimarisikovurderingene.

2.1 E10 Bjørnfjell

E10 over Bjørnfjell er en fjellovergang i Nordland fylke, som er en del av en riksveg og videre av TEN-T nettverket (Figur 2-2). Strekningen som skal vurderes i analysene er ca. 27 km fra Trældalskrysset til grensen til Sverige. Vegen har varierende standard og er delvis smal og svingete.

I den nedre delen av strekningen (4,9 km, Trældal – Store Trollvann) er stigningsproblematikk den vesentlige utfordringen. Bratte stigninger innebærer en utfordring for tyngre kjøretøy, som ofte blir stående fast når det er glatt veg og/eller snøvær. For resten av strekningen (22 km, Store Trollvann – grensen til Sverige) er høyfjellsproblemer med vindkast, snøfokk, dårlig sikt og glatte veger. Det er ofte stengt veg eller kolonnekjøring ved dårlig vær. Urdalen (om lag midt på strekningen) er spesielt utsatt for snøskred, flom og steinsprang. Det er også utfordringer knyttet til at tollstasjonen er nattestengt, hvilket begrenser tidsrommet tungtransport kan passere grensen.

Fra Store Trollvann til Riksgrensen er tiltak som tenkes gjennomført punktutbedringer, som i ganske grove trekk er beskrevet i en anslags rapport fra 2019 (Statens Vegvesen; 2019). Disse er eksempelvis:

- Utvidet vegbredde til 7,5 m der for hele strekningen
- Krabbefelt i Pettersenbakken (6,8 % stigning)
- Løfte vegen forbi et område med flomproblemer i Urdalen
- Utforme sideterreng og strekninger med rekkverk i samsvar med gjeldende krav

- Heve veg og forme sideterrenget med høyfjellsprofil (vil redusere stengt/-kolonnekjøring pga. uvær og snøfokk)
- Oppstillingsplass og snuplass for vogntog ved bommene



Figur 2-2 Oversikt over strekningen E10 Bjørnfjell og foreslåtte punktutbedringstiltak

Strekningen er en hovedtransportveg for transport av fersk sjømat fra Lofoten, Vesterålen og Sør-Troms. Særlig fraktes mye fersk skrei som skal til de Europeiske markedene i månedene januar-april.

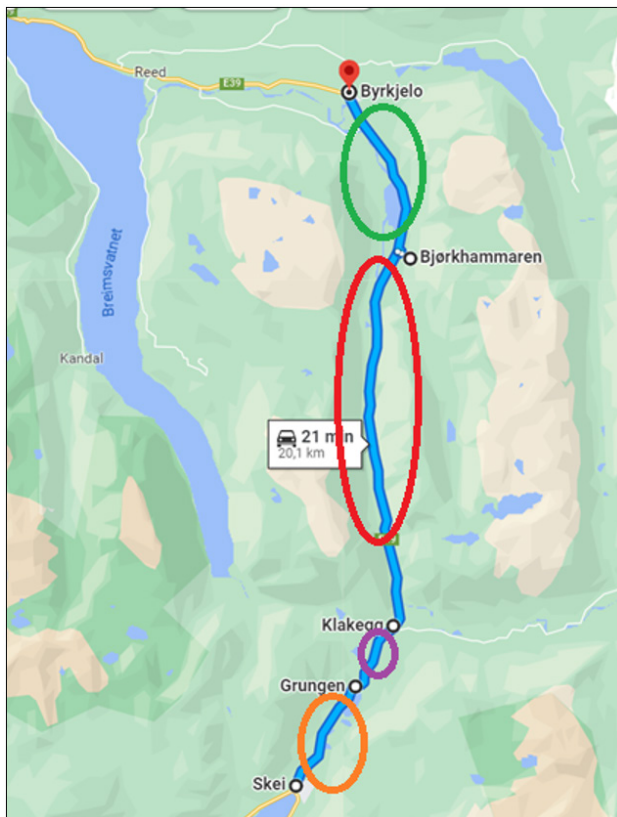
2.2 E39 Våtedalen

E39 gjennom Våtedalen ligger nord i Vestland fylke, på ruten mellom Bergen og Ålesund. Traséen i eksemplet strekker seg fra Skei i sør til Byrkjelo i nord.

Våtedalen er en utsatt strekning. I perioden 1980 til desember 2020 ble det registrert 76 hendelser på strekningen. I hovedsak omfatter hendelsene snøskred, men også isnedfall, steinsprang og flom. De ulike delene av traséen (Figur 2-3) er forbundet med ulike utfordringer:

- Mellom Skei og Grungen (Håheimsvatnet): flomhendelser
- Ved Bjørkhammaran: isnedfall
- Mellom Klakegg og Bergheimsstølen: snøras
- Videre nordover fra Gosemyrelva: steinsprang, skred, ras

Det er generell steinsprangfare gjennom heile dalføret.

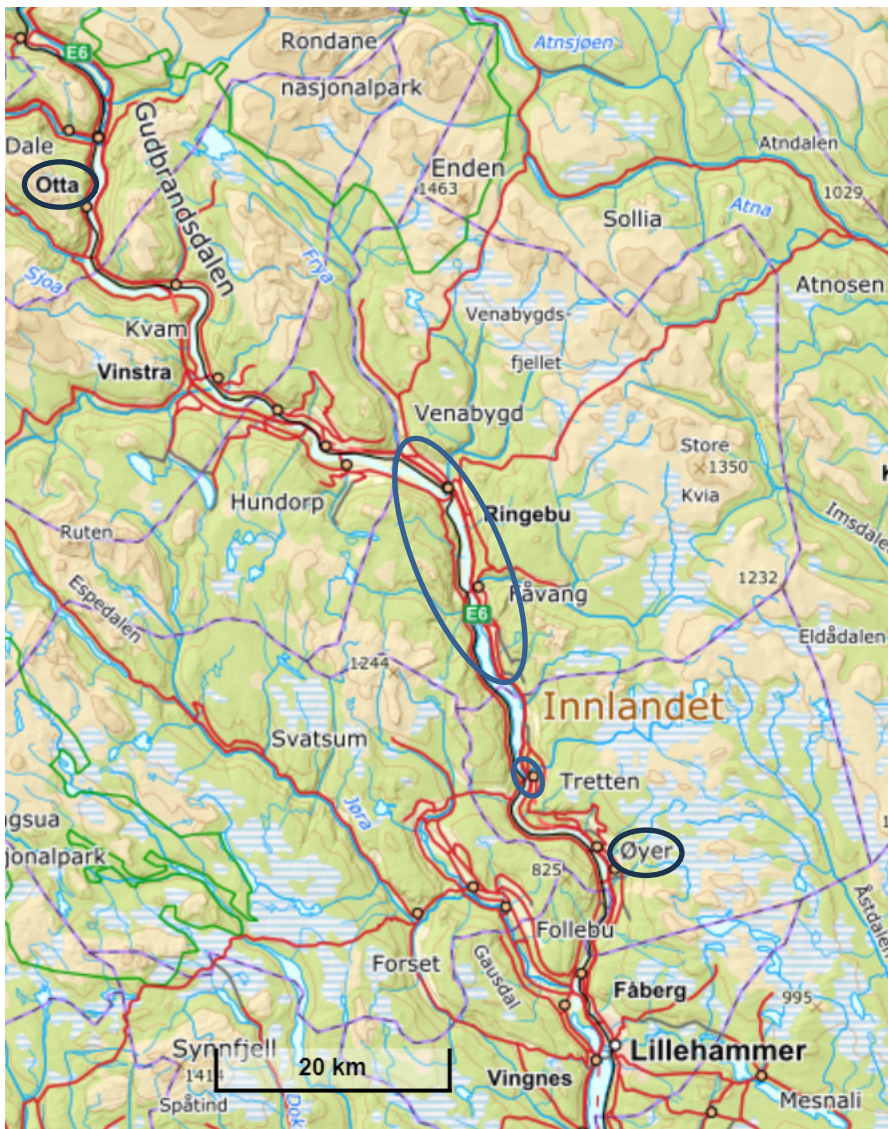


Figur 2-3 Naturfarebildet på E39 Våtedalen

2.3 E6 Gudbrandsdalen Øyer-Otta

E6 Gudbrandsdalen er hovedvegen mellom Østlandet og Trøndelag. Strekningen Øyer-Otta på E6 gjennom Gudbrandsdalen ligger rett nord for Lillehammer, i Innlandet fylke (Figur 2-4). Vegene går parallelt med Gudbrandsdalslågen, inkludert innsjøen Losna. Fare for flom og skred i kombinasjon med mangelfulle omkjøringsveger er utfordringer for dagens fremkommelighet. E6 må stenges på denne strekningen ved 50-års flom, der partiet ved Fåvang er særlig utsatt. Ved større flommer vil også enkelte broer over sidevassdrag være utsatt, deriblant over Moksaelven ved Tretten og Tromsa ved Fåvang. Flere strekningspartier er utsatt for skred eller steinsprang. Elstadkleiva er registrert som skredpunkt i skredregisteret til Nasjonal vegdatabank (NDVB). Både strekningene Kleivberga–Elstad og Krekke–Mågåli har høy sannsynlighet for skred. I september 2024 ble E6 stengt to ganger på grunn av jordskred i disse områdene.

Det er ingen sammenhengende separat lokalveg mellom Tretten og Elstad. Delstrekningen Sagodden-Krekke har ikke alternative omkjøringsveger på østsiden av Lågen, mens omkjøringsvegen mellom Frya og Ringebu vurderes som uegnet for større kjøretøy. Delstrekningen Sagodden-Krekke har ikke alternative omkjøringsveger på østsiden av Lågen (Nye Veier, 2022).



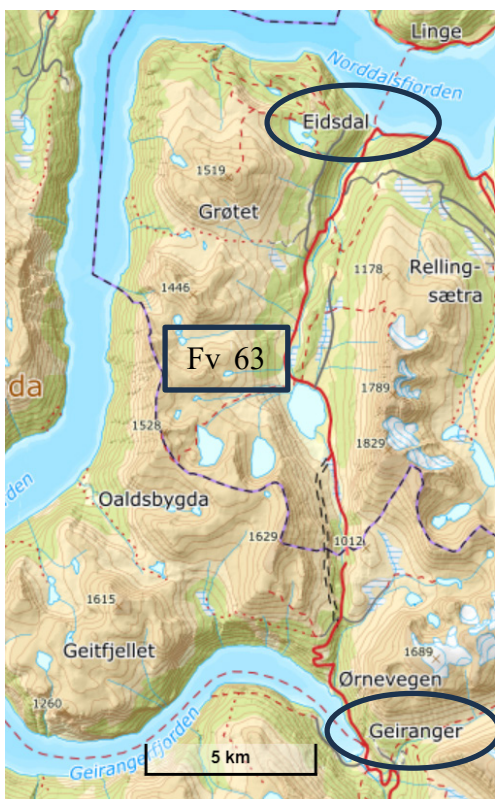
Figur 2-4 Oversiktskart over E6 gjennom Gudbrandsdalen, Øyer – Otta. De blå ellipsene indikerer områder der kartlagte flomsoner berører veien.

2.4 Fv 63 Geiranger-Eidsdal

Fv. 63 er eneste tilkomstveg til Geiranger på vinteren. Fv. 63 mellom Geiranger og Eidsdal (Figur 2-5) er skredutsatt, med gjentatte stengninger pga. snøskred og snøskredfare på vinterstid. Områdene i Indreeidsdalen og strekningen Geiranger – Grande som peker seg særlig ut. På strekningen Korsmyra – Indreeide er tunnel på 4,8 km lang tunnel under bygging. Tunnelen sikrer tretten skredpunkt og vil gi mer forutsigbar og sikrere veg mellom Eidsdal og Geiranger. Etter at skredsikringsprosjektet mellom Korsmyra og Indreeide er fullført, vil strekninga mellom Grande og Geiranger være dimensjonerende for når vegen er stengt på grunn av skredfare.

Når vegen er stengt blir bygda isolert, og tilkomst skjer via ferje til Hellesylt og innebærer lang omkjøring. Trafikanter som kjører nordover fra Geiranger og møter stengt veg ved Grandefonna/Sildesteinen må kjøre tilbake til Geiranger, ta en tidkrevende omvei med ferje til Hellesylt, kjøre fv. 60 til Stranda og ta ferja Stranda – Liabygda. Trafikanter nordfra som møter skred Grandefonna/Sildesteinen må snu og kjøre tilbake, ta ferja Eidsdal – Linge, kjøre videre til Liabygda, ta ferja over til Stranda og kjøre fv. 60 til Hellesylt og deretter ta ferja til Geiranger (også tidkrevende).

Mangel på forutsigbarhet og lav regularitet er belastende for lokalbefolkningen, for det lokale næringslivet (turisme, hotell) og for HMS-situasjonen for brøytepersonellet.



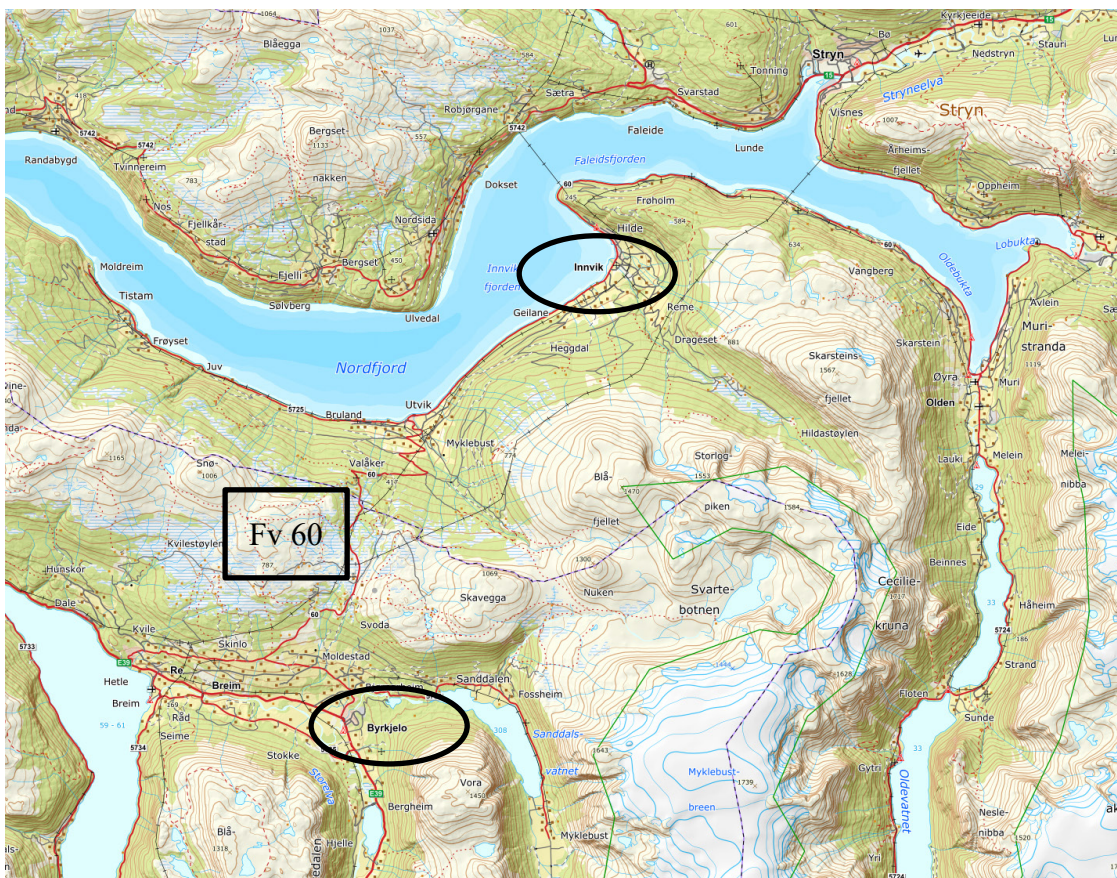
Figur 2-5 Oversiktskart over Fv 63 strekningen Geiranger - Eidsdal

2.5 Fv 60 Byrkjelo-Innvik (Storelva bru)

Fv. 60 går mellom Ålesund og Byrkjelo. Strekingen mellom Byrkjelo og Innvik (Figur 2-6) er et fergefritt og tidsbesparende alternativ til E39 fra Byrkjelo til Hornindal. Skredfarekartlegging i området indikerer at vegen er spesielt utsatt mellom Innvik og Utvik, der løsmasseskred hovedsakelig er den dimensjonerende skredtypen og faresonene berører vegen. Det er registrert tidligere skredhendelser på vegen som omfatter steinsprang, jordskred, flomskred og snøskred.

Storelva renner midt gjennom Innvik sentrum og har store faresoner for flom og jord-skred rundt seg. I tillegg er det store flomfaresoner rundt Floelva og langs fjorden er det faresoner for stormflo.

Brua over Storelva i Innvik (Storelva bru) ble bygget i 1954. I dag har brua for liten lysåpning og ved store vannmengder vil brua forhindre vanngjennomstrømming, og vann vil stuves opp. Brua må derfor utbedres iht. dimensjonering mot 200-års flom. I tillegg har en kommunal bru oppstrøms heller ikke tilstrekkelig kapasitet. Flomsimuleringer viser at flom i Storelva bru kan føre til at betydelige deler av Innvik sentrum påvirkes.



Figur 2-6 Oversiktskart over Fv 60 mellom Innvik og Byrkjelo

3 Arbeidsmetodikk

3.1 Arbeidsflyt for klimarisikokvantifisering i eksempelstudiene

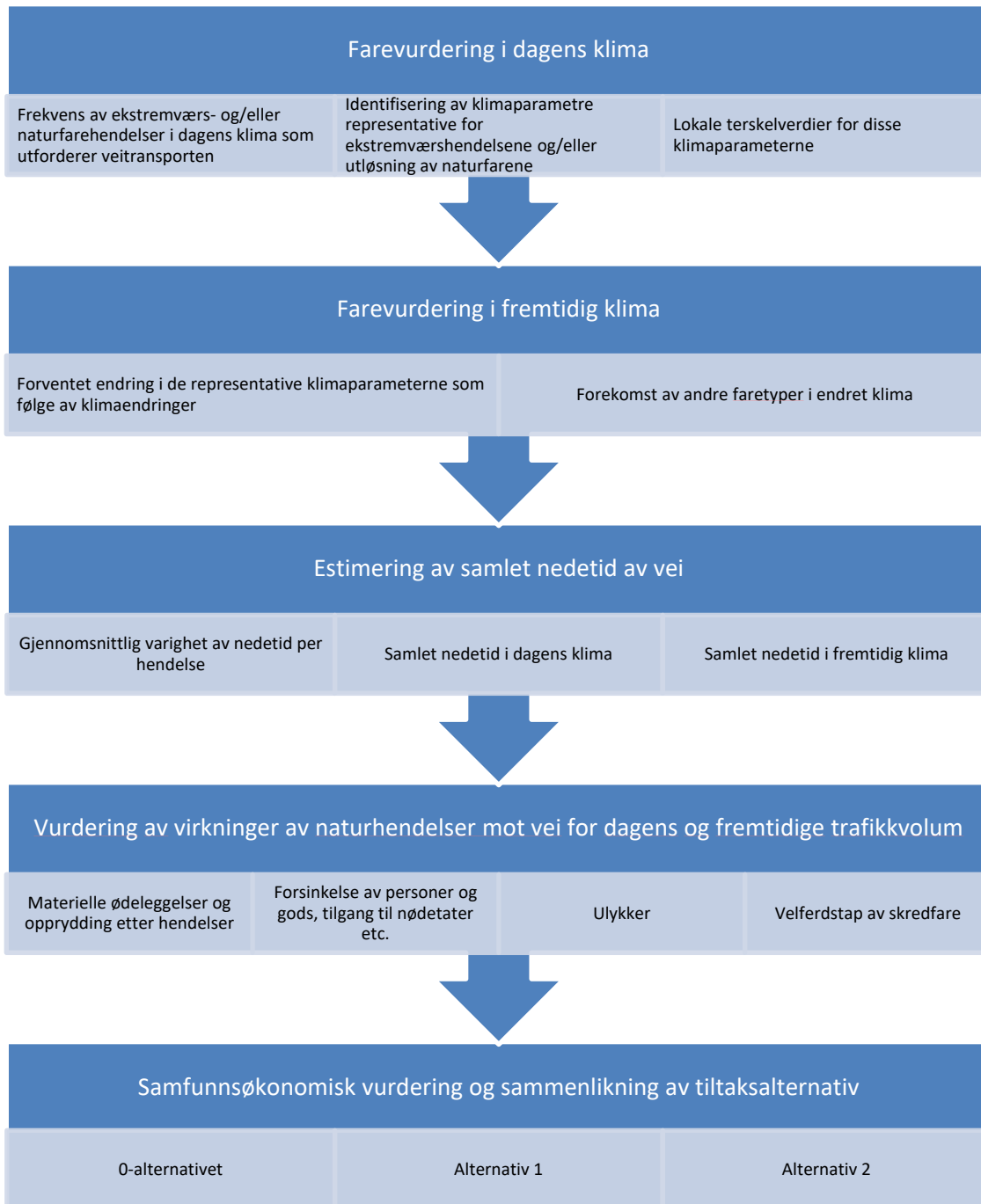
Figur 3-1 gir en skjematisk fremstilling av arbeidsflyten for kvantifisering av klimarisiko som er benyttet for eksempelstudiene. Merk at modellen kun gjelder for gjennomføring av eksempelstudiene som igjen danner et erfaringsgrunnlag for utvikling av sluttmodellen/innovasjonsproduktet i prosjektet. Sluttproduktet er en modell for å hensynte klimarisiko i samfunnsøkonomiske analyser som presenteres i Aalen og Bruvoll (2025).

Fremstillingen i Figur 3-1 består av stegene: i) farevurdering i dagens klima, ii) farevurdering i fremtidig klima, iii) estimering av samlet nedetid av veg, iv) vurdering av virkninger av naturhendelser mot veg og v) samfunnsøkonomisk vurdering og sammenlikning av tiltaksalternativ.

Farevurdering i dagens klima (i) og fremtidig klima (ii) i Figur 3-1 refererer til sannsynligheten for at en naturhendelse utfordrer vegtransporten. Denne sannsynligheten vil ikke bare avhenge av sannsynlighetene av naturhendelsene, men også i hvilken grad vegen er dimensjonert mot naturhendelser, hvilket bl.a. er knyttet til vegstandard og vedlikehold. Farevurderingen omfatter også naturhendelser som utfordrer sikkerheten til brukerne av vegen.

Nedetiden (iii) påvirkes av omfanget av naturhendelsen, f.eks. hvor store volumer som må ryddes eller hvor store skader naturhendelsen har forårsaket. I hvilken grad en naturhendelse resulterer i nedetid avhenger også av robustheten av vegen og tilgjengelige ressurser for å gjenopprette vegens funksjon etter en naturhendelse.

I vurderingene i eksempelstudiene vil virkninger av naturhendelser mot veg (iv) hovedsakelig være knyttet til virkninger på sikkerhet og fremkommelighet, men også til direkte materielle skader på infrastrukturen (som kan kvantifiseres gjennom kostnader for opprydding). Det siste steget (v) i Figur 3-1 vil bestå av samfunnsøkonomisk vurdering av ulike tiltaksalternativ for dagens og fremtidig situasjon. Metodikk for vurdering av de ulike delene vil bli beskrevet i de videre delkapitlene.



Figur 3-1 Skjematisk fremstilling av arbeidsflyten i eksempelstudiene

3.2 Farevurdering i dagens og fremtidig klima

Følgende strategi for vurdering av sannsynligheter for naturhendelser i dagens og fremtidig klima benyttet for eksempelstudiene:

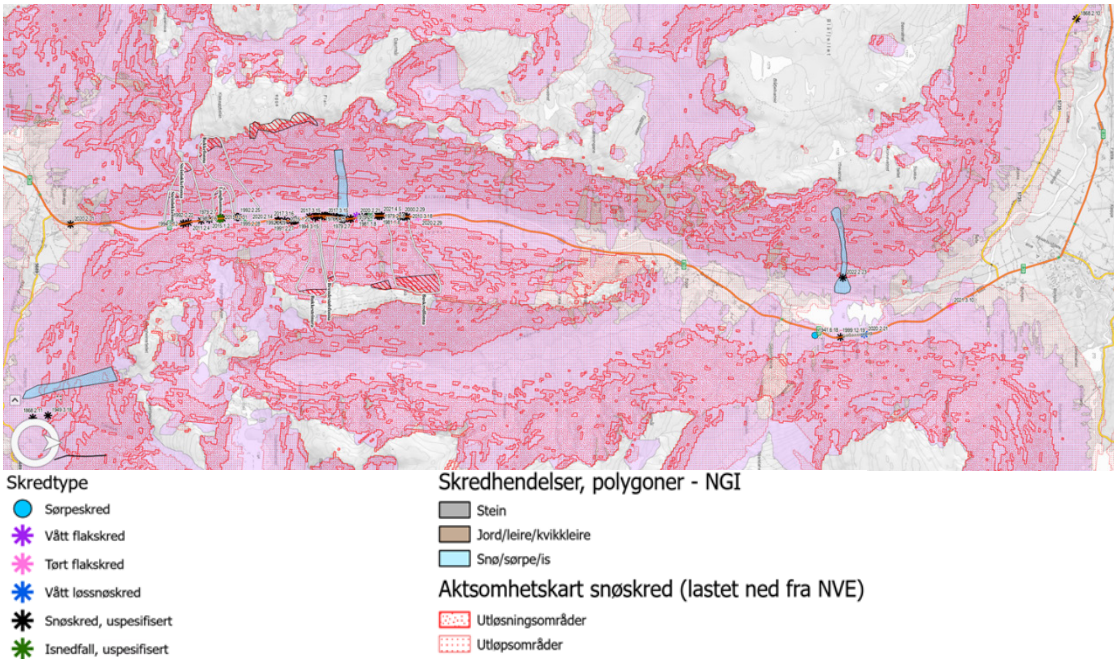
- Farevurdering i dagens klima: Bruk av eksisterende statistikker, kartlegginger og arbeid som er gjort for å estimere sannsynligheter for naturhendelser på veg.
- Farevurdering i fremtidig klima: Endring av sannsynlighet som følge av klimaendringer:
 - Identifisere hvilke værrelaterte forhold som kan utløse uønskede naturhendelser. Dette kan baseres på erfaringer eller analyser av tidligere hendelser.
- Prosentvis endring av hyppighet av disse værrelaterte forholdene estimeres ved hjelp av regionale klimaframskrivninger, ifølge Klimaservicesenteret.

3.2.1 Sannsynlighet for naturhendelser i dagens klima

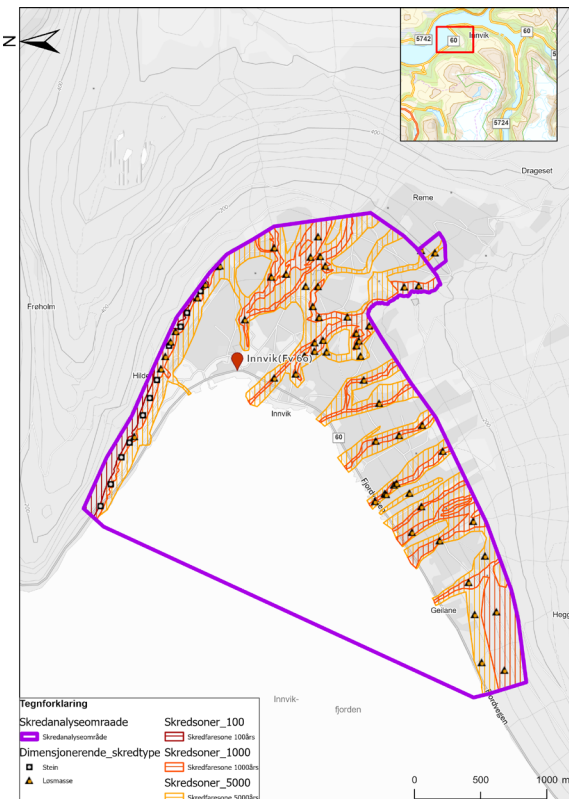
Sannsynlighetsvurderingene for uønskede naturhendelser på veg bør involvere:

- Historikk for naturhendelser og tidligere problemområder langs vegen (f.eks. fra tidligere rapporter, hendelsesregistre og informasjon fra driftspersonell som kjenner strekningen godt). Her kan data fra vegtrafikksentralen om frekvens og varighet av stengt veg benyttes.
- Terreng (f.eks. vha. vurderinger av terrengmodeller, helning og dreneringsmønstre, bruk av flyfoto og andre foto av terrenget)
- Relevante grunnlagsdata som aktsomhetskart og faresonekart for de naturfaretypene der slike er utviklet, berggrunnskart, løsmassekart og skogressurskart
- Kunnskap om klimatiske forhold og hvordan de fører til hendelser på vegen.

Nærmere beskrivelse av sannsynlighetsvurderinger for ulike typer naturhendelser, samt datakilder for farevurderinger omtales i Skrede mfl. (2022). Eksisterende farevurderinger kan benyttes i klimarisikovurderingene. En rekke kart over tidligere naturfarehendelser, aktsomhetsområder og kartlagte faresoner er tilgjengelig via NVEs tjeneste NVE Atlas. Eksempler på ulike typer tilgjengelige kart er gitt i Figur 3-2 og Figur 3-3.



Figur 3-2 Eksempler på aktsomhetskart for snøskred, kombinert med kart over tidligere skredhendelser for området. Kartutsnittet er fra E39 Våtedalen (NB: kartet er rotert slik at nord er til høyre)



Figur 3-3 Faresonekart for skred i bratt terreng, rundt Fv 60 i Innvik. Dimensjonerende skredtype er angitt med symboler som vist i tegnforklaringen. I dette kartet er det hovedsakelig løsmasse-skred, men stedvis også steinsprang som er dimensjonerende.

Kartlegginger utført av Statens vegvesen er tilgjengelig i Nasjonal Vegdatabank (NVDB) som kan nås via brukergrensesnitt i vegkart.no. Statens Vegvesen har gjort en rekke kartlegginger av skredfare, som regel med det formål å vurdere og prioritere sikringsbehov. Resultatene av kartleggingen presenteres vha. kategorisering i en regnemodell for skredpunkt (Statens Vegvesen, 2018). I denne regnemodellen beregnes en skredfaktor for skredutsatte punkt ut fra følgende forhold:

- ↗ Trafikkmengde (ÅDT)
- ↗ Skredfarefaktor (skredsannsynlighet*skredbredde på veg)
- ↗ Omkjøringstid
- ↗ Stengningshyppighet
- ↗ Stengt veg på grunn av skredfare
- ↗ Potensiale for naboskred

For hvert av disse forholdene tilordnes en verdi ved hjelp av en forhåndsdefinert skala. Bidraget fra hvert forhold summeres til en samlet verdi (skredfaktor) for skredpunktet, som videre kategoriseres som høy, middels og lav skredfaktor.

Praksis for registreringer av skredfare og skredhendelser er under stadig forbedring. I NVE Atlas og NVDB har data om skredfare og skredhendelser både blitt registrert parallelt (i begge databaser) og supplementært. Data har blitt overført fra NVDB til NVE Atlas, hvilket har resultert i en del duplikater. Målet er at NVE Atlas skal inneholde alle dataene, men erfaringsmessig er det ikke helt slik per 2024

3.2.2 Sannsynligheter for naturhendelser i fremtidig klima

På det mest detaljerte nivået gjøres kvantifisering av klimaendringer gjennom analyse av tidligere uønskede naturhendelser og værforhold på stedet under og forut for hendelsen. Data om uønskede naturhendelser (skred, stengninger, etc.) kan hentes fra vegkart.no (NVDB), NVE, vegtrafikksentralen (VTS) (både stengning av veg, og bilbergning), internt i selskap/institusjoner som har slike databaser, f.eks. NGI, gjennom kontorstudium av annen tilgjengelig skriftlig dokumentasjon på hendelser, samt fra befaringer.

I beskrivelsen av utløsende årsaker benyttes klimaparametere som Meteorologisk institutt har statistiske data for. Historiske observasjoner fra værstasjoner kan hentes fra seklima.met.no/observations, og verdier interpolert fra målestasjoner kan hentes fra senorge.no eller xgeo.no. Ved innhenting av data må det vurderes hvilke høydenivåer som er relevante for faretypen som studeres. Det kan f.eks. være høydenivået til vegen (for isnedfall), høydenivå på omkringliggende fjelltopper (for snøskred) eller både høye og lave høydenivåer (for jordskred, flomskred og steinsprang).

Formålet med gjennomgang av de tidligere hendelsene er å identifisere klimaparametere og tilhørende lokale terskelverdier for initiering av den aktuelle naturhendelsen. Ved hjelp av klimaframskrivninger på lokalt nivå estimeres prosentvis endring av frekvens av overskridelse av terskelverdier for den/de klimaparameterne som ble ansett som mest kritisk for utløsning av naturhendelsen. Framskrivninger av klimadata kan hentes fra KSS

(nedlasting.nve.no/klimadata/kss). Imidlertid er publiserte framskrivningene per tid begrenset til døgnverdier.

På et grovere nivå kan man benytte eksisterende kunnskap om hvilke klimaparametere som er mest kritisk for utløsning av ulike naturfaretyper, f.eks. døgnverdier for nedbør for jordskred og 3-døgns nedbør som snø for snøskred. Videre kan lokale terskelverdier etableres på grunnlag av erfaringsbasert estimering av hvilke returperioder av disse klimaparametere som kan utløse naturhendelsen. Verdier for denne returperioden hentes ut fra meteorologisk institutt. Deretter estimeres prosentvis endring av frekvens av overskridelse av terskelverdier i fremtidig klima på samme måte som for de detaljerte analysene beskrevet over.

3.2.3 Sammenstilling av farevurderinger for en vegstrekning

Resultater av farevurderinger viser sannsynlighet per naturfaretype som refererer til et spesifikt scenario (flomscenario, ekstremværs-scenario) eller til en romlig skala, som f.eks. per skredløp, per km veg eller liknende. I eksempelstudiene må vurderingene per scenario eller per romlig enhet sammenstilles for hele vegstrekningen. For materielle skader på veg og skade på trafikanter/brukere av vegen, består sammenstillingen av summering av de separate analysene. Men når det gjelder forekomst av stengt veg kan man ikke alltid summere sannsynligheten for samtlige uønskede hendelser som kan medføre stengt veg. For eksempel vil samtidige hendelser kun medføre én forekomst av vegstengning. Et sentralt spørsmål blir da hvordan man finner den samlede sannsynligheten for stengt veg på en strekning som er eksponert for ulike skredtyper og andre naturhendelser. Dette spørsmålet er besvart nedenfor, differensiert etter ulike årsaker til stengt veg som er inkludert i eksempelstudiene:

Stengt veg pga. Skred. Sannsynlighet for stengt veg beregnes fra sannsynlighetene for samtlige skredpunkt/potensielle skred på strekningen. Sannsynligheten for stengt veg settes til:

- ↗ Høyeste skredsannsynlighet blant skredpunktene, hvis potensielle skred på strekningen utløses av samme værhendelse
- ↗ Summen av samtlige skredsannsynligheter, hvis skredene er uavhengige (utløses av ulike hendelser)
- ↗ En kombinasjon av de to over, f.eks. Summen av samtlige steinspranghendelser og høyeste snøskredsannsynlighet.
- ↗ Alternativt kan stengestatistikk for strekningen benyttes om det er tilgjengelig

Stengt veg pga. Flom

- ↗ Flere steder av strekningen kan være berørt av samme flomhendelse. Høyeste flomsannsynlighet for strekningen benyttes.

Stengt veg pga. ekstremværhendelser

- ↗ Sannsynlighet for ekstremværs hendelse fra værobservasjons-statistikk

- Statistikk over frekvens av vegstengninger som følge av aktuelle ekstremværs-hendelsen

Stengt veg pga. kombinasjoner av ulike faretyper

- Dette var ikke blant problemstillinger i eksempelstudiene, men samme prinsippet som for skredtyper som utløses av ulike værhendelser/ulike ytre årsaker kan benyttes.

Sannsynlighet for treff på kjøretøy av skred:

- Sannsynlighet for treff på kjøretøy beregnes fra sannsynlighet for skred langs strekningen, ÅDT, skredbredde og fartsgrense på strekningen.
- Beregningen må differensieres etter skredbredde, men sannsynligheten for skred med samme skredbredde kan summeres.
- Fremgangsmåte for og eksempler på slike beregninger er gitt i Vedlegg E og Vedlegg I.

3.2.4 Vurdering av sannsynligheter i tiltaksalternativene

I eksempelstudiene er valg av skala for sannsynlighet også knyttet opp mot de tiltaksalternativ som vurderes. Tiltaksalternativene kan ha ulike begrensninger: (a) ved at de ikke reduserer risikoen på hele strekningen, (b) ved at de ikke reduserer risikoen for samtlige faretyper på strekningen eller (c) at de har effekt kun opp til et visst intensitetsnivå/returperiode for den faren de virker for. Disse begrensningene kan inkluderes i vurderingen av restrisiko i hvert av eksempelstudiene. I nytte-kostnadsanalysen av tiltaksalternativ er det imidlertid kun relevant å vurdere forhold som er ulike i nullalternativet og i tiltaksalternativet. Følgende tilnærminger og forenklinger er derfor benyttet i eksempelstudiene:

Tiltaksalternativene omfatter kun deler av strekningen:

Samlet sannsynlighet for hendelser som kan gi stengt veg eller personskaide beregnes kun for de delene av strekningen hvor tiltaksalternativet har en effekt. Delstrekningene der tiltaksalternativet ikke har en effekt vil ha lik risiko i nullalternativet og tiltaksalternativet. Tiltaksalternativet vil fortsatt være forbundet med en restrisiko (bl.a. pga. hendelser som er større enn det tiltaket er dimensjonert for), men denne vil være lavere enn i alternativ fremgangsmåte som beskrevet under). Estimert restrisiko inkluderes i analysen av tiltaket.

Alternativ fremgangsmåte kunne være å beregne samlet sannsynlighet for hendelser som kan gi stengt veg eller personskaide for hele strekningen i nullalternativet. Effekten av at tiltaksalternativet kun omfatter deler av strekningen inkluderes i restrisikovurderingene, ved å vurdere andelen av potensielle hendelser på disse strekningene.

Tiltaksalternativene reduserer kun risikoen for noen av faretypene:

Samlet sannsynlighet for hendelser som kan gi stengt veg eller personskade beregnes kun for de faretypene som tiltaksalternativet har en effekt på. Risikoen forbundet med faretyper der tiltaksalternativet ikke har en effekt vil ha lik risiko i nullalternativet og tiltaksalternativet.

Alternativ fremgangsmåte kunne være å beregne samlet sannsynlighet for alle faretyper som kan gi stengt veg eller personskader i nullalternativet. Effekten av at tiltaksalternativet kun omfatter noen av faretypene inkluderes i restrisikovurderingene, ved å vurdere andelen av faretyper som ikke omfattes av tiltaksalternativene.

Tiltaksalternativene reduserer kun risikoen forbundet med scenarioer opp til en viss alvorlighet/en viss returperiode

Kun scenarioer der tiltaksalternativene har en effekt vurderes. Risikoen forbundet med mer alvorlige scenarioer vil typisk være lik i tiltaksalternativene og nullalternativet (om vi forenklet antar null effekt av tiltaksalternativet for de alvorligste scenarioene).

Alternativ fremgangsmåte kunne være å vurdere samtlige scenarioer. Effekten av at tiltaksalternativet kun omfatter noen av faretypene inkluderes i restrisikovurderingene ved å vurdere hvor stor andel av risikoen som er forbundet med de scenarioene som ikke omfattes av tiltaksalternativene.

3.3 Vurdering av nedetid

Nedetid per hendelse ble vurdert på bakgrunn av:

- tilgjengelig statistikk på vegstengninger fra vegtrafikksentralen (VTS)
- estimert nedetid angitt per skredpunkt i NVDB
- erfaringsbaserte estimater på nedetid fra driftspersonell
- For flom: varighet av flomhendelsen

Nedetiden vil bl.a. variere med omfanget av hendelsen (tar lengre tid å rydde opp etter store hendelser enn små), i hvilken grad det er materielle skader på selve infrastrukturen, om det er trygt for driftspersonellet å utføre opprydding (fare for nye hendelser), tilgang på materiell for opprydding og varighet av selve naturhendelsen.

3.4 Samfunnsøkonomiske virkninger

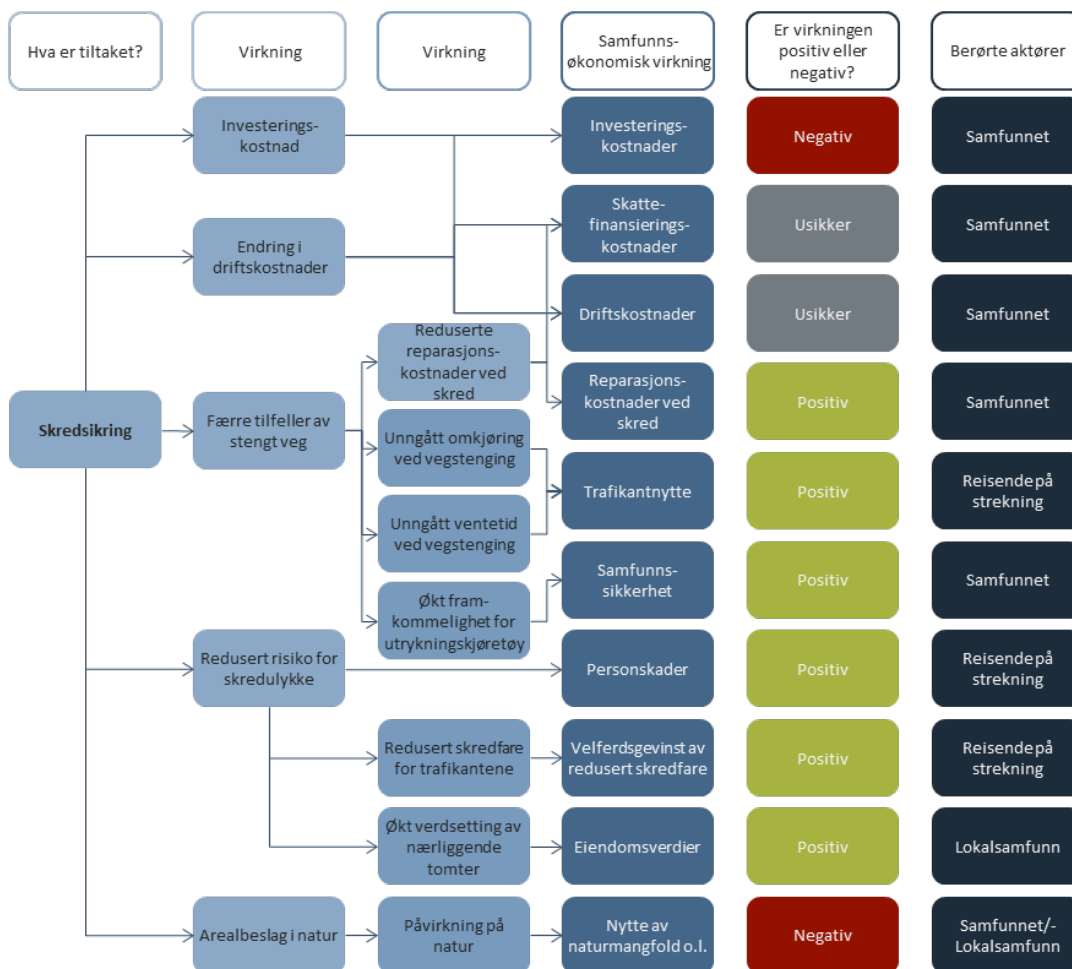
En utredning av konsekvenser av naturhendelser på veg skal omfatte alle virkninger, både de som kan verdsettes gjennom markedspriser, gjennom egne verdsettingsanalyser, eller gjennom egne metoder for å vurdere ikke-prissatte virkninger.

Menons rapport “Prising av klimarisiko i vegsektoren” påpeker at klimaendringer vil påvirke vegsektoren gjennom blant annet økt opplevd utrygghet og ulempe for trafikanter, endringer i omfanget av vegstengninger, og økte kostnader for investering, drift og vedlikehold av infrastruktur (Handberg m.fl., 2023). Disse endringene krever en

revisjon av hvordan samfunnsøkonomiske analyser håndterer fysisk klimarisiko. Rapporten anbefaler derfor en systematisk analyse av nyttevirkninger, kostnader og sannsynligheter for å gjøre gode beslutninger om risikoreducerende tiltak. Den peker også på behovet for å styrke beslutningsgrunnlaget slik at mest mulig av de relevante virkningene blir fanget opp og del av den prissatte analysen. Denne rapporten bygger videre på dette arbeidet.

3.4.1 Relevante samfunnsøkonomiske virkninger av klimatilpasnings-tiltak

Tiltak for klimatilpasning på veg vil i hovedsak ha som formål å redusere stenging av veg som følge av skred, ras eller flom, samt å redusere risiko for ulykker. Dette gir samfunnsnytte i form av redusert ulempe for trafikanter ved stenging, og redusert fare for ulykker knyttet til hendelser. I et samfunnsperspektiv er det imidlertid viktig å inkludere alle mulige samfunnsvirkninger i vurdering av et tiltak. For å illustrere omfanget av relevante virkninger, viser Figur 3-4 samfunnsøkonomiske virkninger av et skredsikringstiltak.



Figur 3-4: Illustrasjon av samfunnsøkonomiske virkninger og berørte aktører ved skredsikrings-tiltak på en vegstrekning.

I de følgende avsnittene beskriver vi virkninger av klimatilpasningstiltak som inngår i eksempelberegningene. Ikke alle virkningene er relevant for alle tiltak, og det kan også eksistere andre virkninger som oppstår ved tiltak vi ikke har analysert i denne omgang.

Investeringskostnader inkluderer kostnader knyttet til å gjennomføre tiltaket, eksempelvis byggekostnader, prosjekteringskostnader, og administrasjonskostnader.

Endring i drift- og vedlikeholdskostnader inkluderer kostnader knyttet til å drifte og vedlikeholde tiltaket, samt endring i eksisterende drift og vedlikehold på strekningen, som følge av tiltaket eller som følge av klimaendringen. Kostnadene kan eksempelvis knytte seg til årlig vedlikehold av skredgjerder, eller drift av skredovervåkingssystemer. Drift- og vedlikeholdskostnader på strekningen kan endres av tiltakene, for eksempel vil kostnader knyttet til snøbrøyting reduseres dersom tiltaket består av å bygge en tunnel. Klimaendringer i seg selv kan påvirke kostnadene, eksempelvis kan vinterdriftkostnadene gå ned, mens økt påkjenning av vind og nedbør kan øke vedlikeholdskostnadene. Drifts- og vedlikeholdskostnadene totalt sett kan dermed både øke og minke.

Reparasjonskostnader ved skred, flom, eller ras vil normalt reduseres som følge av tiltaket. Reparasjonskostnader oppstår ved at vegen, og eventuelt omkringliggende bebyggelse, blir skadet ved hendelser.

Skattefinansieringskostnaden er kostnaden for samfunnet av å kreve inn skatt for å finansiere tiltaket. Skattefinansieringskostnaden settes til en prosentsats av finansieringsbehovet fra det offentlige knyttet til tiltaket, i vårt tilfelle kostnader for investering, drift, vedlikehold og reparasjon. I samfunnsøkonomiske analyser i Norge settes skattefinansieringskostnaden til 20 prosent. Skattefinansieringskostnaden kan i enkelte tilfeller være positiv dersom reduksjon i reparasjonskostnader og eksisterende driftskostnader er høyere enn investerings- og driftskostnader knyttet til tiltaket.

Natur- og miljøvirkninger oppstår ved arealbeslag i naturen, påvirkning på kulturarvverdier, støy- eller luftforurensing knyttet til tiltakene, eller annet som ikke er inkludert som prissatte virkninger. For eksempel vil en skredsikring innebære inngrep i naturen. Naturen har en verdi for samfunnet, dermed er naturinngrep en samfunnsøkonomisk virkning.

Tiltak som troverdig beskytter mot skred vil gi de reisende en velferdsgevinst. **Velferdsgevinsten av skredsikring** fanger opp at skredfare bidrar til utrygghet og bekymring, også for reisende som ikke utsettes for skredhendelser. Det er blant annet upraktisk å ikke vite om vegen kommer til å være åpen, og det kan føles lite trygt å gjennomføre reiser om man opplever at skred kan inntreffe. Navrud et.al (2020) gjorde verdsettelsesstudier for å anslå betalingsvillighet til å redusere fare for skred for reisende på skredutsatte strekninger, mens Navrud et.al (2022) la grunnlaget for hvordan verdsettelsesstudiens resultater skulle brukes i samfunnsøkonomiske analyser i praksis. Vi bygger videre på dette grunnlaget i våre analyser.

Trafikantnytt øker ved kortere reisetid og kortere reisedistanse. Tiltak fører til redusert ventetid og eventuelt redusert omkjøringsdistanse ved vegstenginger. Redusert reisetid er en samfunnsøkonomisk nyttevirkning. Distanseavhengige kostnader inkluderer blant annet kostnader knyttet til drivstoff og slitasje.¹ Trafikantnytt kan også øke dersom tiltaket innebærer høyere vegstandard, for eksempel dersom vegstrekningen legges i tunnel, med høyere fartsgrense enn tidligere. Dersom tiltaket fører til at flere velger å reise, grunnet eksempelvis kortere reisetid, så vil det også øke trafikantnytt.

Personskader knyttet til naturfarehendelser vil normalt reduseres ved tiltak som skredsikring eller tunnel. Tiltakene gir da en positiv nyttevirkning i form av reduksjon i personskader.

Samfunnsikkerheten kan for eksempel bedres ved at tiltak øker fremkommelighet for utrykningskjøretøy. Effekten på samfunnsikkerhet og beredskap vil i de aller fleste tilfeller være positiv som følge av tiltak.

Eiendomsverdier kan også påvirkes som følge av tiltak, dersom tiltaket gir redusert risiko for skade på eiendom, eller tryggere veg til området rundt eiendommen.

Til sammen beskriver disse nytte- og kostnadskomponentene de mest relevante virkningene i en samfunnsøkonomisk analyse av klimatilpasningstiltak for veg.

3.4.2 Metode og forutsetninger i analysene

Vi baserer analysen på en rekke grunnleggende samfunnsøkonomiske antagelser i tråd med DFØs veileder for samfunnsøkonomiske analyser og rundskriv r-109/21:

- Analyseperiode på 40 år og levetid på 75 år. Enkelte tiltak har levetid 40 år, og i disse tilfellene forutsetter vi en re-investering etter 40 år.
- Diskonteringsrate på 4 % første 40 år, deretter på 3 % de neste 35 årene.
- Alle tall neddiskonteres til investeringsåret 2025.
- Vi gjør en realprisjustering av priser som er forventet å øke i takt med realvekst i BNP. Dette gjelder tidsverdier, og velferdsgevinst av skredsikring. Vi benytter en justering på 0,9 %, som er forventet BNP-vekst i perspektivmeldingen.

I analysen legges det til grunn at investering og anleggsarbeidet starter i 2025, med forventning om at tiltakene tas i bruk fra og med 2026. Vi antar altså at varigheten av anleggsperioden for alle tiltakene er ett år. Dette representerer en forenkling siden noen av tiltakene kan ferdigstilles merkbart raskere, mens andre kan strekke seg over flere år. Ettersom målet med analysen primært er å evaluere metodikken og gi en indikasjon på omfanget av de potensielle virkningene, og ikke å tjene som et beslutningsgrunnlag for spesifikke investeringer, anser vi dette som en rimelig forenkling. For samfunnsøkonomiske analyser som er ment å danne grunnlag for faktiske beslutninger, ville det imidlertid være viktig å tilpasse anleggsperioden og tidspunktet hvor virkningene av det enkelte tiltak oppstår.

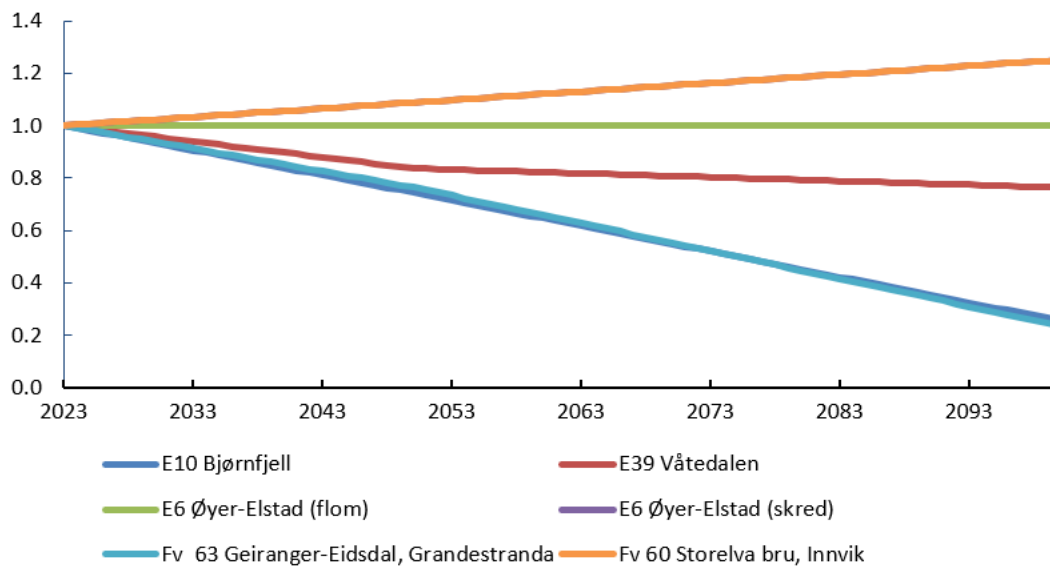
¹ Se [Håndbok for Konsekvensanalyser V712](#).

I analysen har vi tatt i bruk en verdsettingsfaktor for **velferdsgevinsten av skredsikring**, basert på studiene Navrud mfl. (2020) og Navrud mfl. (2022). Verdsettingsstudien viser at befolkningen verdsetter å forhindre en statistisk skredhendelse til 3,7 kr (2019-kr), i tillegg til 1,3 kr for en gjennomsnittlig skredstørrelse på 100 kubikkmeter. Denne betalingsvilligheten er definert per reise og per person. Basert på disse funnene, har vi forutsatt en verdsettingsfaktor på 5 kroner per reise, per person, for hvert skred som oppstår langs de ulike strekningene i løpet av et år. Som en forenkling har vi ikke justert verdsettingsfaktoren for å ta høyde for gjennomsnittlig skredstørrelse i det enkelte skredpunkt. Verdien er heller ikke realprisjustert siden faktiske virkninger gjennom tidsbruk og ulykker (helse og liv) fanges opp i andre deler av analysen. I samfunnsøkonomiske analyser som skal tjene som beslutningsgrunnlag for konkrete investeringer bør skredstørrelse tas høyde for, gitt at det finnes tilstrekkelige gode data på det.

Vi har også gjort flere antagelser for å beregne ulike input-verdier til analysen. For å beregne **frekvensene av skred og flom** har vi tatt utgangspunkt i anslag for frekvenser i år 2023, 2050 og 2100, som beskrevet i Tabell 4.3. Vi har deretter interpolert lineært mellom disse for å få anslag på antall hendelser for alle år mellom 2023 og 2100. Frekvensene er anslått både i nullalternativet, og i de ulike tiltaksalternativene for de fem eksempelstudiene. Der hvor det er relevant har vi også skilt mellom flomfrekvens og skredfrekvens. I beregning av forsinkelseskostnader har vi tatt høyde for i hvor stor grad skred forventes å medføre helt eller delvis stengt veg. Vi har forutsatt én times forsinkelse ved delvis stengt veg. For helt stengt veg har vi tatt utgangspunkt i tidsbruken ved å benytte nærmeste omkjøringsveg. Verdsettingsfaktoren for velferdstap forbundet med skred omfatter også skred som ikke medfører stenging og som skjer nær, men ikke på vegen. Frekvensene i Tabell 4.3 er oppjustert for å ta høyde for slike skred i beregning av velferdsgevinsten av skredsikring.²

Figur 3-5 illustrerer forventet frekvens av naturhendelser de ulike områdene de neste 75 årene.

² Vi antar at 87,5 prosent av snøskred og 85 prosent av steinsprang treffer veien. Tabell 4.3 viser skred som treffer veien, og vi har derfor justert opp frekvensen for disse skredtypene med henholdsvis 1/0,875 og 1/0,85. For isnedfall, jord- og flomskred antar vi at alle skred treffer veien.



Figur 3-5: Forventet frekvens av naturhendelser per år over tid, hvor frekvens i år 2023 er normert til 1. Antall skred (Fv63, E6 og E39) og stengt veg grunnet snøvær (E10) er synkende, mens frekvens av flom er økende (FV 60) eller konstant (E6).

Skredfrekvensen i E39 Våtedalen synker gjennomgående gjennom perioden, men raskest frem mot 2050. Reduksjonen kommer i all hovedsak av en antatt kraftig reduksjon i antallet snøskred. Dette blir motvirket noe av en økning i antall jordskred, som vi antar at vil firedobles frem mot 2100. Jordskredene står imidlertid for en liten andel av skredene i utgangspunktet, på kun 2 % av totale antall skred.³ Skredene langs fv. 63 er i hovedsak også snøskred, som antas å reduseres i løpet av perioden. Skredene langs E6 Øyer-Elstad er steinsprang og jordskred, hvor sistnevnte trekker opp skredfrekvensen.

Antallet stengninger langs strekningen E10 Bjørnfjell reduseres ettersom mange av disse skyldes trailer på tvers i Pettersbakken. Trailere på tvers øker med antall snødekkedager, som det blir færre av ettersom temperaturen øker over tid.

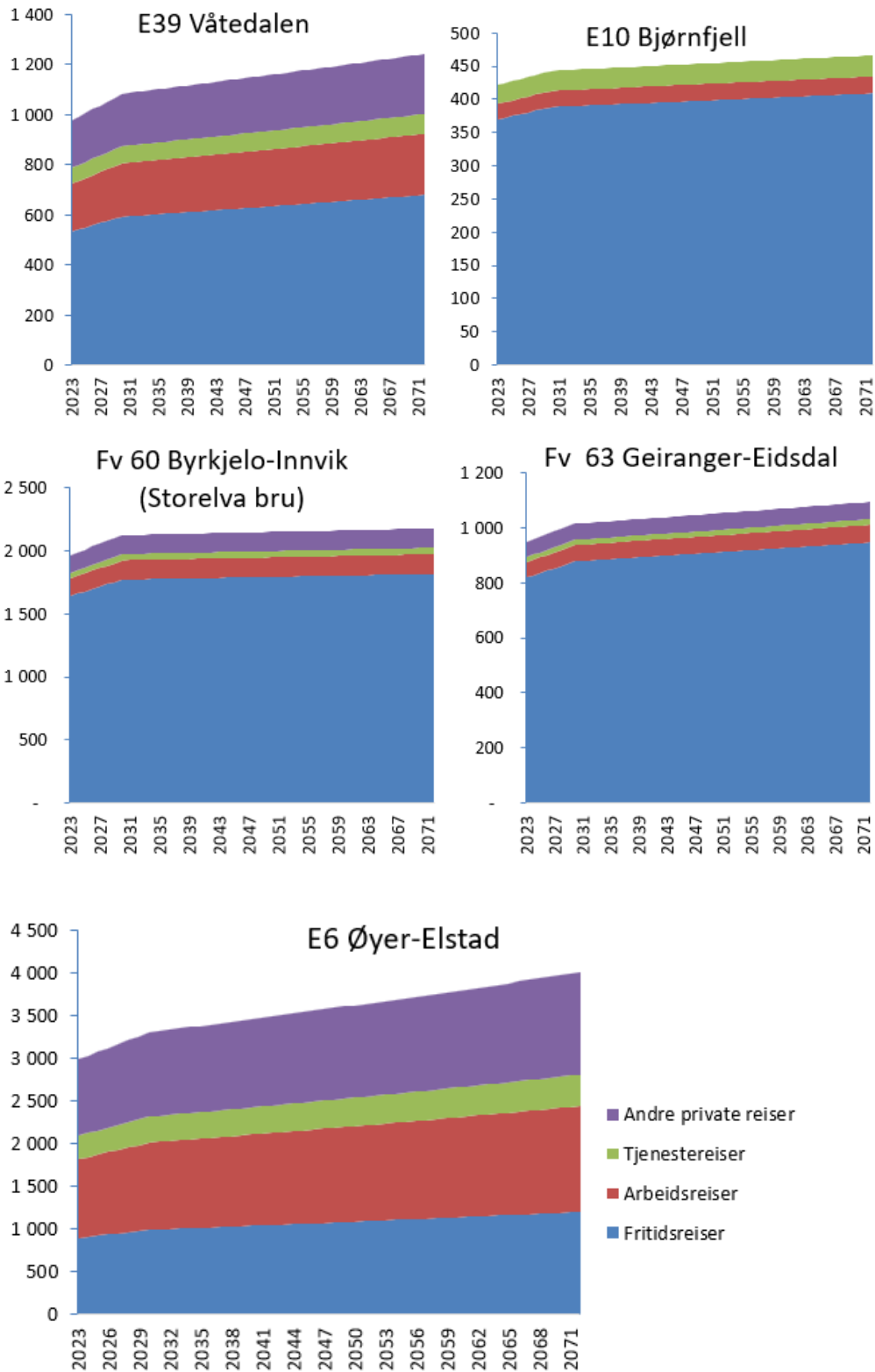
For flom antar vi en konstant årlig sannsynlighet i tilfellet E6 Øyer-Elstad, og en svak økning i flomsannsynligheten ved fv. 60 Byrkjelo-Innvik.

Menon har gjennomført egne **transportframskrivninger**, som er en viktig forutsetning i analysene. Det ble også gjort følsomhetsanalyse for transportframskrivningen, dokumentert i kapittel 4.3.3. For **persontransport** har vi tatt utgangspunkt i tellinger av ÅDT på strekningene i eksempelstudiene, som vi framskriver ved hjelp av de fylkesvise framskrivningene for NTP 2025-2036 (Madslie og Steinsland 2022). Der strekningene går over flere fylker har vi skjønsmessig fordelt framskrivningene per strekning. Siden virkningene først og fremst er relevante gjennom antall personer (ikke antall kjøretøy)

³ I analysen har vi antatt at skred i kategorien «ikke angitt» følger samme fordeling som øvrige skred.

gjør vi om dette til personreiser i personbiler med et antatt bilbelegg på 1.2. For bussreiser har vi for E10 Bjørnfjell, E39 Våtedalen og E6 Øyer-Elstad lagt til grunn forholdstallet antall bussreiser per bilreise på lange reiser fra Madslie og Steinsland (2022): 0.0444. For fylkesvegstrækningene er turistbusser mer relevant, og vi har lagt til grunn at alle tellinger av tunge kjøretøy er busser og lagt til et forholdstall om 17 passasjerer per buss (SSB kildetabell 11572 for Vestland i 2019). Dette overvurderer muligens omfanget av personreiser i buss, men for fylkesvegstrækningene har vi ikke inkludert godstransport. Vi har fordelt reisene på reisehensikt gjennom en egen kjøring av de regionale transportmodellene høsten 2022, med enkelte egne justeringer.

Resulterende persontransportframskrivninger oppsummeres i Figur 3-6.



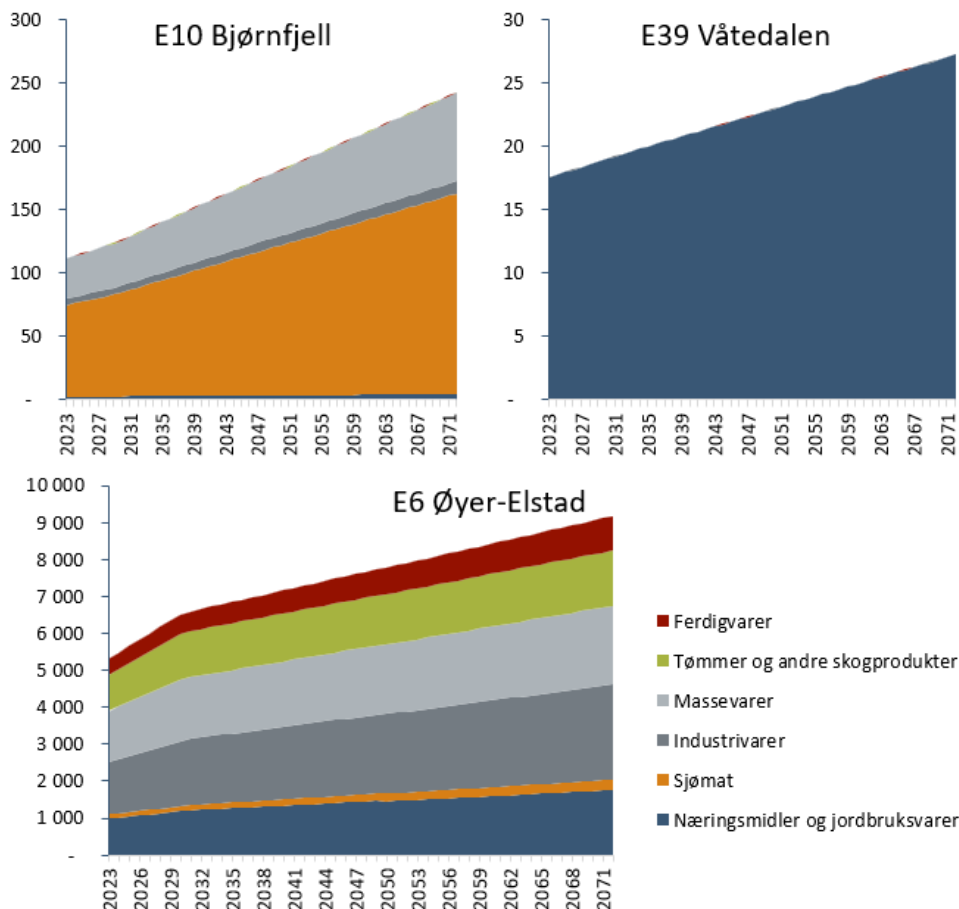
Figur 3-6 Persontransportframskrivningene som ligger til grunn for analysene: 1000 bil- og bussreisende per strekning

For **tidsforsinkelser av persontransport** tar vi utgangspunkt i standard tidsverdier for mellomlange reiser (Flugel mfl. 2020, s 117-118, Tabell 3.1). Satser varierer etter transportform (bilfører, bilpassasjer og bussreisende), og vi vekter satsene etter antatt fordeling mellom transportformene.

Tabell 3.1 Forsinkelseskostnader per reisehensikt, persontransport

Reisehensikt	2023-kr/time
Fritidsreiser	158
Arbeidsreiser	252
Tjenestereiser	628
<i>Bruker fritidssatser for private reiser</i>	<i>158</i>

Godstransporten på riksvegstrekingene tar utgangspunkt i registrert ÅDT for tunge kjøretøy, og framskrives i henhold til Nasjonal godstransportmodell (NGM) (egen kjøring oktober 2022). Strekingene fordeles skjønnsmessig ved å anta rutevalg (rutevalgsmodellen ble ikke kjørt). Resulterende framskrivninger oppsummeres i Figur 3-7.



Figur 3-7 Godstransportframskrivningene som ligger til grunn for analysene: 1000 tonn (tilpasset varegruppering)

For **tidsforsinkelser av godstransport** benytter vi anbefalte tidsverdier fra Halse mfl. (2018, s. 58), justert til 2023-kroner (Tabell 3.2).

Tabell 3.2 Forsinkelseskostnader per varetype, godstransport

Varegruppe	2023-kr/tonntime
Fersk fisk	232,3
Andre termovarer	132,2
Høyverdivarer	127,3
Elektrisk utstyr	89,0
Andre matvarer/næringsmidler	38,6
Annet stykkgoods	23,4
Frossen fisk	23,3
Byggevarer	16,8
Metaller og metallvarer	16,3
Petroleumsprodukter	9,4
Massevarer	5,8
Andre industrivarer	5,6
Kjemiske produkter	5,4
Tømmer og andre skogprodukter	2,4

Varegrupperingen av enhetskostnadene er krysset med varetypene i NGM for å anslå forsinkelseskostnadene. Vi har også lagt til en antatt kostnad forsinkelseskostnad grunnet sjåføren på 875 2023-kroner/time (Statens vegvesen 2021). Forsinkelsene antas forenklet å ha lineære kostnader, som normalt gjøres i tiltaksanalyser i transportsektoren.

For **spart reisetid og drivstoffkostnader** har vi beregnet effekten av økt gjennomsnittlig fart for strekningen E39 Våtedalen (tunnelalternativ). Vi antar at dette elementet ikke er relevant for de øvrige strekningene.

For **investeringskostnader, drift- og vedlikeholdskostnader, reparasjonskostnader**, og beregning av **personskade** har vi benyttet kostnadsestimater fra ulike kilder. Vi henviser til vedleggene per strekning for nærmere beskrivelse av antagelser for de ulike kostnadene per strekning.

4 Resultater av eksempelanalysene

Her går vi nærmere inn på de enkelte eksempelstrekningene, med vurderinger av utfordringer og tiltak, beregninger og vurderinger av hvordan klimaendringer påvirker lønnsomheten i tiltakene.

4.1 Problemstillinger for eksempelstudiene

For hvert eksempelstudium har vi vurdert avgrensinger av strekningene - f.eks. om vi skal vurdere typiske problemområder eller hele strekningen, og aktuelle tiltak. Vi har gjort vurderinger av nullalternativet og ett til to tiltaksalternativ (Tabell 4.1). Nærmere beskrivelser av problemstillingene er gitt i de neste delkapitlene.

Tabell 4.1 Oppsummering av eksempelstudiene

Vegstrekning	Tiltaksalternativer (utover nullalternativet)	Effekter av tiltaket	Faretyper	Konsekvens-typer
E10 Bjørnfjell	(1) Trollvann brøytestasjon – breddeutvidelse og snuplass (2) Pettersen-bakken – krabbefelt	(1) Reduserer snu-/-omkjøringstid ved stengt veg (2) Reduserer sannsynlighet for stengt veg	Snøfokk, snøstorm	Økonomiske (trafikkavbrudd og opprydding)
E39 Våtedalen	(1) Skredoverbygg og skredkontroll (2) Lang tunnel	(1) Reduserer eksponering, fare for liv og helse (2) Eliminerer sannsynlighet for skred mot veg	Snøskred, steinsprang og andre skred-typer	Økonomiske (trafikkavbrudd og opprydding inkl. evt. skader på veg) Personskader
E6 Øyer-Elstad	(1) Heving av veg (2) Tunnel Kleivberget	1 og 2 reduserer begge sannsynlighet for stengt veg.	Flom, skred	Økonomiske (trafikkavbrudd, opprydding og materielle skader)
Fv 63 Geiranger – Eidsdal, Grande-stranda	(1) Deteksjonstiltak og varsling (2) Skredoverbygg ved Grandestranda	(1) Reduserer eksponering, fare for liv og helse (2) Eliminerer sannsynlighet for skred mot veg	Snøskred	Økonomiske (oppnydding og trafikkavbrudd) Personskader
Fv. 60 Storelva bru, Innvik	1. Heving av bro og NVEs tiltakspakke: Fjerning av eksisterende erosjonssikring og etablering av ny erosjonssikring. Senkning av elv, heving av flomvoller, breddeutvidelse	Reduserer sannsynlighet for stengt veg, eliminerer oversvømmelse av Innvik sentrum for det vurderte flomscenariet inkl. klimapåslag	Flom	Økonomiske (skade på bebyggelse, kostnader av utilgjengelighet av bygg, trafikkavbrudd og opprydding, inkl. evt. skader på veg.)

4.1.1 Mål og avgrensninger for E10 Bjørnfjell

Analysen omfattet vurderinger av følgende punkter:

- ↗ Samfunnsøkonomiske konsekvenser av stengt veg
- ↗ Sammenheng mellom stengt veg og vær
- ↗ Endring av frekvens i stengt veg som følge av klimaendringer
- ↗ Effekt av tiltak for punktutbedringene.

Det ble besluttet å gjøre vurderinger av følgende tiltak:

- ↗ Oppstillingsplass og snuplass brøytestasjon Trollvann
- ↗ Pettersenbakken - – breddeutvidelse med skulder og grøft

Disse tiltakene vil påvirke klimarisikoen på ulik måte. Tiltaket i Pettersenbakken vil påvirke sannsynlighet for vegstengning og nedetid for vegen, fordi trailere på tvers i Pettersenbakken forhindrer brøyting som videre resulterer i stengt veg. Tiltakene ved Trollvann brøytestasjon: er for at bilene skal kunne snu når vegen er stengt. Tiltaket vil begrense konsekvensene av stengt veg, i form av mindre forsinkelser hos berørte trafikanter, men ikke påvirke sannsynligheten for stengt veg.

4.1.2 Mål og avgrensninger for E39 Våtedalen

Analysen omfattet vurderinger av følgende punkter:

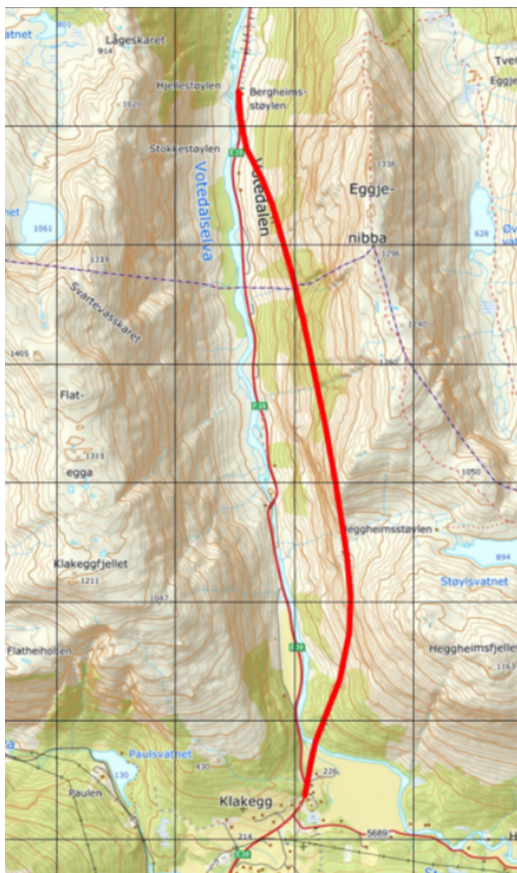
- ↗ Samfunnsøkonomiske konsekvenser av stengt veg
- ↗ Sikkerhet for vegbrukerne
- ↗ Andre virkninger av skred mot veg (f.eks. opplevd frykt for skred)
- ↗ Kostnader av opprydding og utbedringer etter hendelser
- ↗ Kostnader av tiltak
- ↗ Frekvens av skred i dagens klima
- ↗ Bestemmelse av parametere og terskelverdier for utløsning av skred
- ↗ Frekvens av skred i fremtidig klima, estimert fra overskridelse av terskelverdi i fremtidig klima

Tiltaksalternativ som vurderes:

- ↗ 0-alternativet (ingen sikring),
- ↗ Sikringsstrategi som kombinerer skredoverbygg, overvåkning og skredkontroll (kunstig utløsning av skred), jf. Tabell 4.2 nedenfor. Statens Vegvesen (2024) beskriver tre sikringsalternativ: tung sikring i alle skredpunkt, anbefalt løsning tung sikring og anbefalt løsning lett sikring.
- ↗ Lang tunnel som erstatter dagens veg gjennom skredområdet. Statens vegvesen (2022) beskriver reguleringsplan for Våtedalen som omfatter sikring av strekningen med tunnel (Figur 4-1).

Tabell 4.2 Alternative sikringsløsninger fra Statens Vegvesen (2024)

Skredpunkt	Tung sikring alle skrepunkt (1A)	Anbefalt løsning tung sikring (1B)	Anbefalt løsning lett sikring (1C)
Buskredfonna	Overbygg	Skredvoll	Skredvoll og fanggjerde
Kvitesvora	Overbygg	Skredvoll	Skredvoll
Brendestølfonna	Overbygg	Overbygg	Skredvoll og fanggjerde
Bukkesteinura	Overbygg	Overbygg	Skredvoll
Hestfonna	Overbygg	Overbygg	Skredkontroll
Sletteskredfonna	Overbygg	Overbygg	Skredkontroll
Bakkefonna	Varsling	Varsling	Varsling
Langhammaren	Overbygg	Fanggjerde	Fanggjerde
Steinlökkefonna	Fanggjerde	Fanggjerde	Fanggjerde



Figur 4-1 Trase for ny tunnel i Våtedalen (Statens vegvesen, 2020)

4.1.3 Mål og avgrensninger for E6 Øyer - Elstad

Analysen omfatter vurderinger av følgende punkter:

- Samfunnsøkonomiske konsekvenser av stengt veg
- Endring av frekvens i stengt veg som følge av klimaendringer

- ↗ Andre virkninger av skred mot veg (f.eks. opplevd frykt for skred)
- ↗ Kostnader av opprydding og utbedringer etter hendelser
- ↗ Kostnader av tiltak
- ↗ Effekt av tiltak.

Strekningen begrenses til strekningen Øyer-Elstad, som ikke er prioritert for oppgradering hos Nye Veier grunnet lav lønnsomhet. Hovedfokus er på flom, som deler av denne strekningen er utsatt for (Figur 2-4). Skred vurderes også, med fokus på skredutsatt område ved Kleivberget, litt sør for Elstad. Videre analyser gjøres av følgende tiltakspakker:

- ↗ Nullalternativet som innebærer ingen iverksatte tiltak
- ↗ Heving av veg vurderes som tiltak mot flom
- ↗ Tunnel gjennom Kleivberget er foreslått som tiltak mot skred (steinsprang)

Tiltakene omfatter risikoreduksjon på ulike deler av strekningen. De er derfor ikke alternative sikringsstrategier, men supplementære sikringsstrategier som kan implementeres uavhengig av hverandre.

4.1.4 Mål og avgrensninger for fv. 63 Geiranger - Eidsdal

Analysen omfattet vurderinger av følgende punkter:

- ↗ Samfunnsøkonomiske konsekvenser av stengt veg
- ↗ Sikkerhet for vegbrukerne
- ↗ Andre virkninger av skred mot veg (f.eks. opplevd frykt for skred)
- ↗ Kostnader av opprydding og utbedringer etter hendelser
- ↗ Kostnader og effekt av tiltak
- ↗ Frekvens av snøskred i dagens og fremtidig klima

Når ny lang tunnel i Innereidsdalen er ferdig i 2024, vil det være strekningen inn/ut av Geiranger langs Grandestranda som vil være den mest naturfareutsatte delen av fv. 63 Geiranger-Eidsdal. Det er derfor valgt å fokusere på Grandestranda i eksempelstudiet og nærmere bestemt på snøskred i skredløpene Grandefonna og Sildesteinen.

Tiltakspakkene som det ble besluttet å gjøre videre analyser av består av:

- ↗ Nullalternativ er dagens nivå av sikring (med ny lang tunnel Innereidsdalen ferdig 2024),
- ↗ Tiltakspakke A = deteksjonstiltak ferdig satt opp i 2023 (rapport Statens Vegvesen 2019), overvåkning og varsling med radar og stopplys
- ↗ Tiltakspakke B = skredoverbygg ved Grandestranda (forprosjekt Statens Vegvesen 2019, overslag 110 mill kr +/- 40%).

4.1.5 Mål og avgrensninger for fv. 60 Innvik

Analysen omfattet vurderinger av følgende punkter:

- ↗ Samfunnsøkonomiske konsekvenser av stengt veg
- ↗ Samfunnsøkonomiske konsekvenser av flom i Innvik sentrum

- ↗ Kostnader av opprydding og utbedringer etter hendelser
- ↗ Kostnader av tiltak
- ↗ Effekt av tiltak

Det ble besluttet å avgrense eksempelstudiet til Storelva bru i Innvik og å ha fokus på flomsituasjonen i klimarisikovurderingene.

Tiltakspakken som det ble besluttet å gjøre videre analyser av består av:

- ↗ Ny fylkesvegbru, ny kommunal bru og flomsikring langs elv.

Her blir effekten av tiltakene redusert flomfare og potensielt redusert bygnings-skade i Innvik sentrum. NGI har som en del av arbeidet utført nye flomsimuleringer for situasjonen med tiltak.

4.2 Resultater av vurderingene

Her presenteres resultat av samtlige vurderinger som benyttes inn i nyttekostnads-analysene. Dette omfatter vurderinger av sannsynlighet for stengt veg i dagens og i fremtidig klima (farevurderinger), vurderinger av effekter av tiltak og vurderinger av virkninger av naturhendelser på veg. Resultatene av farevurderingene for dagens og fremtidig klima er oppsummert i Tabell 4.3 for nullalternativet. Tabell 4.4 oppsummerer effekt av tiltaksalternativene. Sårbarhetsvurdering i form av følsomhetsanalyse for transportframskriving er gitt i kapittel 4.3.3.

Tabell 4.3 Resultater av farevurderinger i nullalternativet

Strekning	Fareparameter (samlet per år)	Forekomster per år/dager per sesong			Nedetid (timer)
		Dagens klima	2050	2100	
E10 Bjørnfjell	Stengning eller kolonne ved snødekkedager (83 % av disse omfatter stengning).	43	32	11	
	Stengning eller kolonne ved snøfall>8mm/døgn. <i>NB: Dagene med stengt vei/kolonne i denne kategorien inngår også i snødekkedager.</i>	12	9	4	
	Stengning grunnet trailer på tvers i Pettersenbakken. <i>NB: Dagene med stengt vei i denne kategorien</i>	6 (1 -12) dager		7 (2-20)	

Strekning	Fareparameter (samlet per år)	Forekomster per år/dager per sesong			Nedetid (timer)
		Dagens klima	2050	2100	
	<i>inngår også i snødekkedager.</i>				
E39 Våtedalen	Frekvens av stengt vei (tunnelparti) grunnet snøskred	1.15	0.60	0.26	11 t (middel-verdi rapporterte hendelser)
	Frekvens av stengt vei (tunnelparti) grunnet jord- og flomskred	0.08		0.24-0.4	
	Personskade grunnet skredtreff på kjøretøy	0.01-0.05 dødsfall per år		0.01 – 0.03 dødsfall per år	-
E6 Øyer-Elstad	Frekvens av stengt vei grunnet flom	1/50 år			30 -130 t for saktevoksende flom: 38 t for 50-års flommen, 73 t for 200-års flommen. <i>NB: Vesentlig høyere for flommer med erosjonspotensial, der reparasjonstiden vil være styrende</i>
	Frekvens av stengt vei grunnet skred ved Kleivberget	0.2		0.25 <i>(Steinsprang: tilnærmet uendret. Jordskred: 3- 5 ganger dagens hyppighet. Antar en økning på 25% for stengt vei.)</i>	8t
Fv. 63 Geiranger	Frekvens av stengt vei	0.8 (0.6-1.1)	0.6 (0.5-0.8)	0.2 (0.1-0.3)	72 t
	Personskade	0,01-0,03 dødsfall per år		0.002-0.01 dødsfall per år	-
Fv. 60 Innvik	Flomscenario som gir stengt vei og rammer Innvik sentrum	0.014		0,015/år – 0,02/år	Styres av reparasjonstid for vei/bro, estimert til 1-2 uker.

*Estimatet omfatter også endring i trafikkmengder

Tabell 4.4 oppsummerer resultater av vurderinger når det gjelder effekt av tiltak. Beskrivelse av bakgrunnen for vurderingene og antagelsene bak er gitt i de respektive

vedleggene for hver av klimarisikovurderingene. Vurderingen følger strategier for vurdering av sannsynligheter i tiltaksalternativene som er presentert i kapittel 3.2.4.

Tabell 4.4 Effekt av tiltaksalternativene

Strekning	Tiltaksalternativer (utover nullalternativet)	Reduksjon sannsynlighet	Reduksjon konsekvens
E10 Bjørnfjell	Trollvann brøytestasjon – breddeutvidelse og snuplass	-	10 % reduksjon i omkjøringstid
	Pettersen-bakken – krabbefelt	Tiltaket reduserer sannsynligheten for stengt vei med 7,5% - 12%. (Antagelser: Tiltaket gir 50% - 80% reduksjon i stengt vei med utspring i Pettersen-bakken, som videre er antatt å omfatte 15% av stengt veitilfellene). I analysen benytter vi en reduksjon i stengingsfrekvens på 10%.	-
E39 Våtedalen	Skredoverbygg og skredkontroll, alternativ 1A-1C	Risikoreduksjonsestimater fra Statens Vegvesen, benyttes for snøskred: 1A: 96% 1B: 85% 1C: 70% Tiltakspakkene omfatter noen løsninger som er designet for snøskred. Anslag på effekt av tiltakspakkene på jordskred: 1A: 90% 1B: 79% 1C: 42%	Tiltakspakke 1C kan innebære økt nedetid, grunnet skredkontroll (nedsprenning av snøskred), men dette vil være varslet nedetid.
	Lang tunnel	100% reduksjon i sannsynlighet for stengt vei og treff av skred på kjøretøy for strekningen som dekkes av tunnel	-
E6 Øyer-Elstad	Heving av vei	100 % reduksjon for flommer i størrelsesorden 50-200-årsflom, men ingen reduksjon for flommer med returperiode over 200 år	-
	Tunnel Kleivberget	100% reduksjon i skredfare for strekningen som dekkes av tunnel	-

Strekning	Tiltaksalternativer (utover nullalternativet)	Reduksjon sannsynlighet	Reduksjon konsekvens
Fv. 63, Geiranger	Deteksjonstiltak og varslings	75% reduksjon i sannsynlighet for treff på kjøretøy	Kan øke nedetid, men forbedre forutsigbarhet og dermed redusere forsinkelser
	Skredoverbygg ved Grandestranda	100% reduksjon i sannsynlighet for stengt vei og for treff på kjøretøy	-
Fv. 60 Storelva bru, Innvik	Heving av bro og NVEs tiltakspakke: Fjerning av eksisterende erosjonssikring og etablering av ny erosjonssikring. Senkning av elv, heving av flomvoller, breddeutvidelse	Ingen reduksjon i sannsynlighet for forekomst av flom	Tiltakene er forventet å gi: <ul style="list-style-type: none"> • 100% konsekvensreduksjon av det analyserte flomscenariet (mellom 50-årsflom og 200-årsflom, inkl. klimapåslag). • 0% konsekvensreduksjon for scenarioer med større flommer (f.eks. 1000-års flommen). Konsekvensene av større flommer er derfor den samme i nullalternativet som i tiltaksalternativet.

4.3 Samfunnsøkonomiske vurderinger

I dette delkapitlet presenteres og analyseres de samfunnsøkonomiske virkningene av ulike klimatilpasningstiltak for veistrekningene som er omfattet av eksempelstudiene. Her vurderes den samfunnsøkonomiske lønnsomheten gitt utviklingen i frekvenser og effekt av tiltak som beskrevet i 4.2, både for nullalternativet og for tiltaksalternativene.

4.3.1 Samfunnsøkonomiske kostnader i nullalternativ

Prissatte kostnader knyttet til naturfare inkluderer velferdstap ved skredfare, forsinkelser, personskade og reparasjonskostnader ved hendelser langs veien. Tabell 4.5 viser neddiskonterte kostnader knyttet til naturfare i nullalternativet for de ulike strekningene som inngår i eksempelstudiene. Kostnadene er basert på skred- og flomfrekvensene i Tabell 4.3.

Tabell 4.5: Prissatte diskonterte kostnader knyttet til naturfarer for de ulike strekningene, mill. 2023-kroner.⁴

	E39 Våtedalen	Fv. 63 Geiranger	E10 Bjørnfjell	Fv. 60 Innvik	E6 Øyer- Elstad
Velferdstap av skredfare	742	134	-	-	155
Forsinkelse	86	47	603	13	5
Personskade	44	25	-	-	-
Reparasjonskostnader	21	21	3	44	46
Skattefinansieringskostnad	4	1	1	9	9
SUM	897	213	607	66	215

For tre av strekningene er det velferdstapet forbundet med skredfare som er den klart største kostnaden. Kostnaden er dessuten betydelig større for strekningen E39 Våtedalen enn for de øvrige to strekningene, ettersom denne strekningen er særlig skredutsatt. Virkningen er satt til null for fv. 60 Innvik og E10 Bjørnfjell, ettersom det her er flom og glatt vei som utgjør naturfaren. Den opprinnelige verdsettingsstudien for velferdsgevinsten omhandler kun skredfare og det finnes ikke informasjon om hva befolkningens verdsetting av fare for flom og glatt vei er. Vi har forutsatt at virkningen er lik null for flom og glatt vei, ettersom disse hendelsene ikke oppstår brått og uventet, i motsetning til skred.

Den høye skredhyppigheten trekker også opp forsinkelseskostnadene for E39 Våtedalen. Ved skredhendelser er det i praksis ingen gode omkjøringsveier, noe som gjør at ventekostnadene blir høye. De høyeste forsinkelseskostnadene finner vi langs strekningen E10 Bjørnfjell. Dette kommer av at hyppigheten av veistenginger er høyere langs denne strekningen enn for andre, med anslagsvis 36 årlige stenginger i 2023.⁵

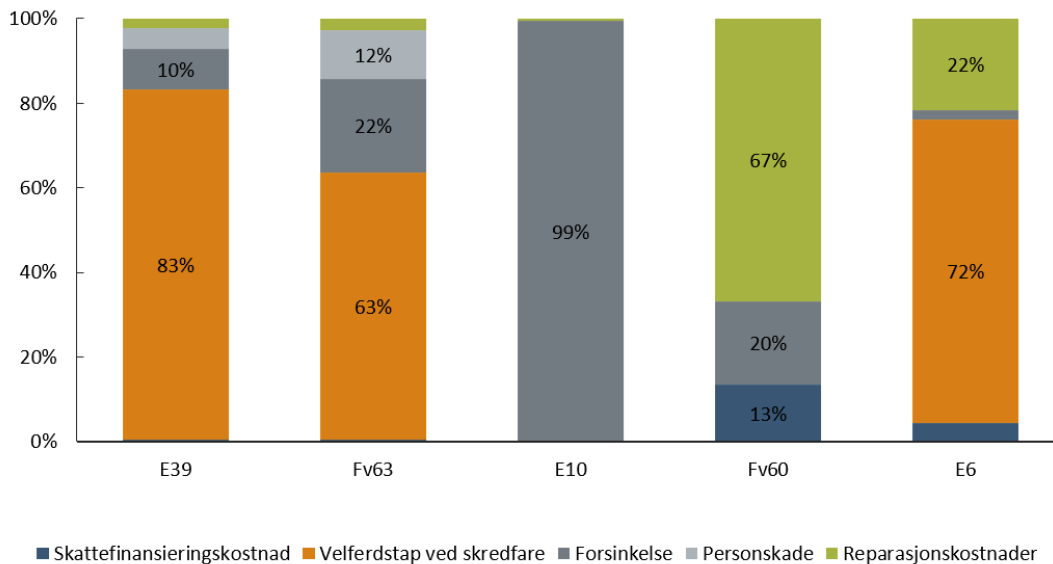
Kostnader for personskader ligger kun inne for strekningene E39 Våtedalen og fv. 63 Geiranger. Disse to strekningene omfatter snøskred og av erfaring vet man at snøskred mot åpen vei kan resultere i dødsfall. Mens faretypene for de andre veistrekningene er ikke ansett å utgjøre fare for liv og helse.

Den siste kostnaden er reparasjonskostnader. Disse er særlig store ved fv. 60 Byrkjelo-Innvik og E6 Øyer-Elstad, hvor kostnaden per hendelse er betraktelig høyere enn langs de andre strekningene.

⁴ Vi har her tatt utgangspunkt i persontransport ved beregning av velferdstap av skredfare. Dette er en forenkling, og i samfunnsøkonomiske analyser som skal utgjøre et beslutningsgrunnlag bør man også inkludere godstransportsjåfører i trafikkgrunnlaget.

⁵ I tillegg er det et høyt innslag av tunge kjøretøy med fersk fisk på strekningen. Dette bidrar til at en times forsinkelse har per kjøretøy her verdsettes høyere enn for øvrige strekninger, der personreiser og mindre tidskritisk last utgjør en større andel av trafikken. Strekningen har imidlertid lav ÅDT slik at samlet kostnad per time stengt vei er lavere for denne enn for de øvrige strekningene.

Figur 4-21 illustrerer gjennomsnittlig fordeling mellom kostnader knyttet til naturhendelser.

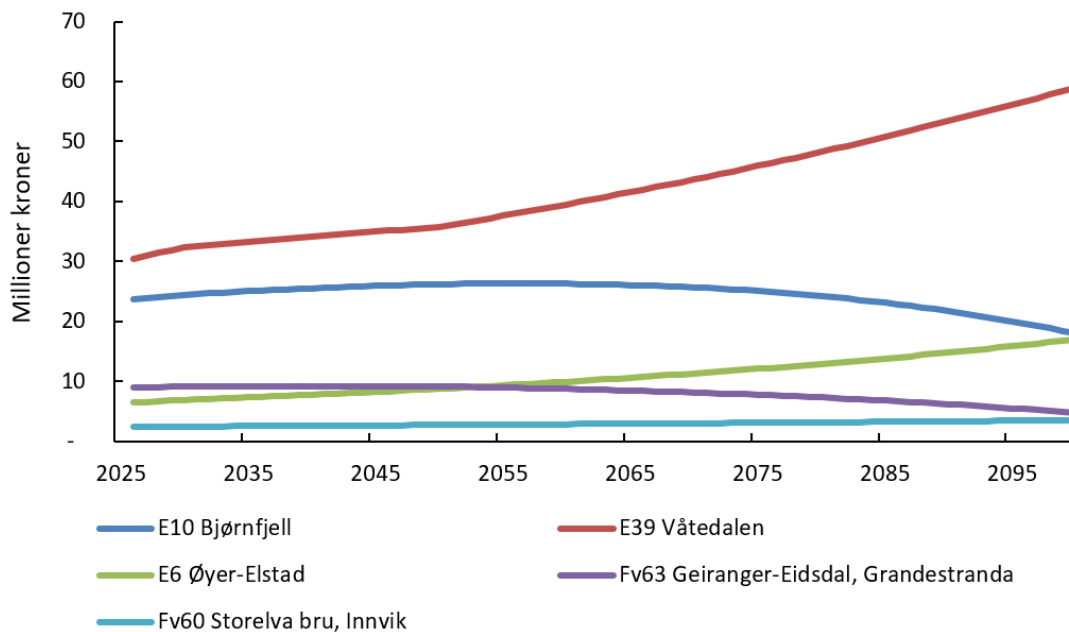


Figur 4-2: Fordeling av samfunnsøkonomiske virkninger knyttet til naturfarer for de fem eksempelstudiene som inngår i våre analyser.

Velferdstap ved skredfare er den klart største samfunnsøkonomiske kostnaden for strekninger hvor naturfaren er ras eller skred. At det opplevde velferdstapet ved skredfare er langt større enn de direkte konsekvensene av skredhendelser (personskader, forsinkelse og reparasjonskostnader) kan framstå lite intuitivt. En viktig årsak til at velferdsgevinsten likevel dominerer øvrige virkninger er at alle reisende på strekningen påføres et velferdstap ved skredfare, uavhengig av om det skjer en hendelse eller ikke. De direkte kostnadene oppstår kun dersom det skjer en hendelse. I et tilfelle med ett årlig skred inntreffer for eksempel reparasjonskostnader og forsinkelsen én gang per år, mens de reisende langs strekningen opplever utrygghet hver eneste reise.

Samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til naturfarer endrer seg over tid som følge av endringer i frekvensen av veistenginger (Figur 3-5), og endringer i trafikkmønster. Isolert sett vil kostnadene på alle strekningene øke over tid på grunn av realprisjustering av kostnadsposter.⁶ Figur 4-3 illustrerer utviklingen i kostnader over tid på de ulike strekningene.

⁶ Forsinkelseskostnader, personskade og velferdstap ved skredfare verdsettes høyere over tid, i takt med forventet BNP-vekst (også kalt realprisjustering).



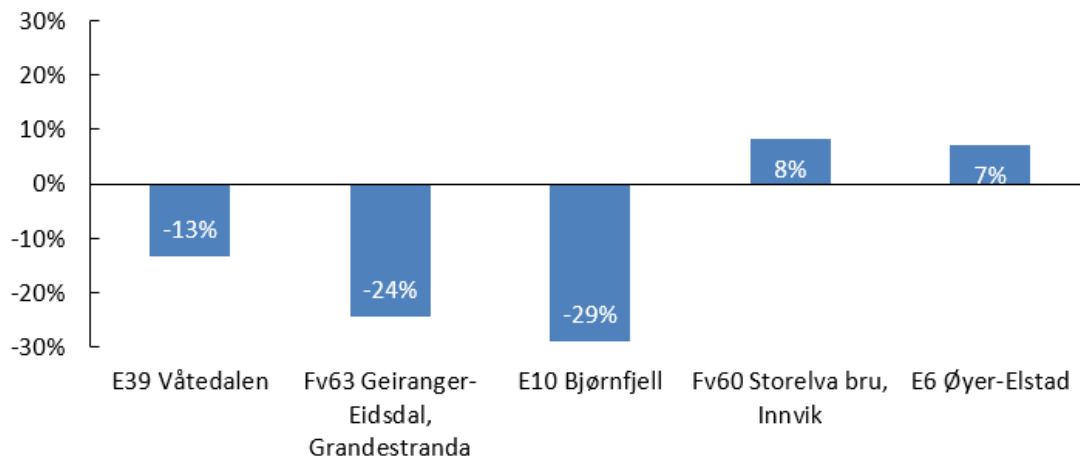
Figur 4-3: Utvikling i forventede årlige samfunnsøkonomiske kostnader knyttet til naturhendelser over tid på ulike strekninger.

Kostnadene for E39 Våtedalen og E6 Øyer-Elstad vil øke over tid på grunn av økt trafikkmengde og økt verdsetting av kostnadene som inntreffer. For Våtedalen overskygger disse effektene det at frekvensen av naturfarer blir lavere over tid.

Fv 63 Byrkjelo-Innvik og E10 Bjørnfjell har kostnader som stiger noe i begynnelsen, men som blir lavere lengre ut i perioden. I begynnelsen kommer økningen som følge av økt trafikkmengde. Ut i perioden faller imidlertid stengningsfrekvensen for både E10 Bjørnfjell og Fv63 Geiranger-Eidsdal kraftig over tid, noe som leder til en nedgang i kostnadene.

For fv. 60 Byrkjelo-Innvik er kostnadene relativt jevne over perioden, men med en svak stigning over tid. Sammenliknet med flere av de andre tiltakene er det her ikke lagt til grunn en betydelig endring i hyppighet over tid.

Klimaendringer påvirker de samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til naturfarer de neste årene. Ettersom klimaendringer gir en reduksjon i skred på strekningene i vår analyse, vil de samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til skred synke. Det motsatte er tilfelle for strekningene som er utsatt for flom. Figur 4-4 viser endring i samfunnsøkonomiske kostnader med klimaendringer relativt til et scenario uten klimaendringer.



Figur 4-4: prosentvis endring i samfunnsøkonomiske kostnader de neste 75 årene (ned-diskontert) på strekninger grunnet reduksjon eller økning i naturhendelser.

4.3.2 Samfunnsøkonomiske virkninger av klimatilpassingstiltak

Klimatilpassingstiltak reduserer de samfunnsøkonomiske kostnadene knyttet til naturfarer beskrevet i forrige avsnitt. I de følgende delene beskriver vi relevante tiltak på de ulike strekningene, og virkninger av tiltakene. Virkningen av tiltak baseres på reduksjonen i skred- og flomfrekvens, som følger av Tabell 4.5. For samtlige eksempelstudier har vi interpolert mellom årene 2023, 2050 og 2100.

E10 Bjørnfjell

Det aktuelle tiltaket på strekningen E10 Bjørnfjell innebærer en breddeutvidelse av veien og etablering av snuplass ved Trollvann brøytestasjon. Breddeutvidelsen og krabbefeltet vil gi bedre fremkommelighet under hendelser, og gi mulighet til å passere trailere som har havnet på tvers i Pettersbakken.

Tabell 4.6 oppsummerer størrelsen på virkninger av tiltaket, og samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

Investeringskostnaden omfatter kostnaden av veiutbygging. Større veibane innebærer også en økning i drift- og vedlikeholdskostnadene.

Tiltaket innebærer lavere reparasjonskostnader, fordi tiltaket reduserer hendelsesfrekvensen. Det største nyttekomponenten kommer imidlertid av lavere ventekostnader for trafikantene.

Ikke-prissatte virkninger innebærer en mulig nedgang i personskader, arealbeslag og andre konsekvenser for natur og miljø i forbindelse med veiutbygging, og økt samfunnsikkerhet grunnet bedre fremkommelighet.

Tabell 4.6: Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved E10 Bjørnfjell, mill. 2023-kroner.

	Breddeutvidelse + krabbefelt
Prissatte virkninger	
Investeringskostnad	- 45
Drift og vedlikehold	- 1
Skattefinansieringskostnader	- 9
Reduserte reparasjonskostnader	0,3
Trafikantnytte	114
Samfunnsøkonomisk prissatt netto nåverdi	59
Ikke prissatte virkninger	
Personskader	+
Skade på natur og miljø	-
Økt samfunnssikkerhet	+

Totalt er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt, med en prissatt netto nåverdi på rundt 60 mill. kroner. Dette skyldes i hovedsak at hendelsesfrekvensen er svært høy, og at en mindre prosentvis reduksjon i denne fortsatt vil kunne gi en høy samlet tidsbesparelse for trafikantene. Sett opp mot de øvrige strekningene er heller ikke investeringskostnaden særlig høy for dette tiltaket.

E39 Våtedalen

Fire ulike tiltak er aktuelle for strekningen.

Tiltak 1A, 1B og 1C er sikringstiltak som forhindrer skred og ras på veien i ulik grad. De tre tiltakene er alle versjoner av sikringstiltak, med skredsikring i totalt ni skredpunkter. Som investeringskostnaden tilsier er 1A det mest omfattende tiltaket, med tung sikring i alle skredpunkt. Det er her overbygg i syv skredpunkter, samt ett punkt med fanggjerde og ett med varsling. Tiltak 1B innebærer også tung sikring i enkelte skredpunkt, men med skredvoll og fanggjerde i tre av skredpunktene fremfor overbygg. Løsning 1C innebærer lett sikring av alle skredpunkt, med skredvoll, skredkontroll, fanggjerde og varsling. For å anslå reduksjonen i skredfrekvens har vi her sett på fordelingen av skredtyper i år 2023, 205 og 2100, og antatt at frekvensen for hver skredtype endres i tråd med faktorene i tabell 4-5.

Tiltak 2 innebærer å bygge tunnel som dekker store deler av strekningen. En tunnel vil beskytte direkte mot skred og ras, men den foreslåtte tunnelen dekker ikke absolutt alle skredpunktene langs strekningen. Tunnelløsningen innebærer også en betydelig økning i drift- og vedlikeholdskostnader, til blant annet belysning, ventilasjon, og tunnelvask.

Virkninger og samfunnsøkonomisk lønnsomhet av de ulike tiltakene er oppsummert i Tabell 4.7.

Tabell 4.7: Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved E39 Våtedalen. I mill. 2023-kroner.

	Tiltak 1A	Tiltak 1B	Tiltak 1C	Tiltak 2
Prissatte virkninger				
Investeringskostnad	-1 006	-543	-110	-1 525
Drift og vedlikehold	-	-	-	-351
Skattefinansieringskostnader	-197	-105	-19	-372
Reduserte reparasjonskostnader	19	17	12	17
Velferdsgevinst av redusert skredfare	685	611	400	607
Redusert personskade	41	36	24	36
Trafikantnytte, forsinkelse tilknyttet skred	79	71	46	70
Trafikantnytte veiforbedring	-	-	-	211
Samfunnsøkonomisk prissatt netto nåverdi	-379	87	353	-1 307
Ikke prissatte virkninger				
Skade på natur og miljø	-	-	-	-
Økt samfunnssikkerhet	+	+	+	+

Samtlige tiltak vil medføre færre skred som treffer på eller ved veien. Dette vil redusere velferdstap knyttet til skredfare, samt kostnader knyttet til reparasjon, personskade og forsinkelser. For tunnelalternativet er det en ytterligere positiv virkning, som kommer av at tunnelen holder en bedre veistandard, med større bredde og færre svinger, som bidrar til at trafikantene kan holde høyere fart enn på eksisterende vei. Dette gjør at trafikantene sparer tid.

Ikke prissatte virkninger omfatter en mulig nedgang i personskader, skader på natur og miljø i forbindelse med naturinngrep ved skredsikring og tunnelutbygging, og økt samfunnssikkerhet grunnet bedre fremkommelighet.

Totalt sett ser vi at tiltak 1A og tiltak 2 får negative nytteverdier på henholdsvis 380 og 1300 mill. kroner. Dette skyldes de høye investeringskostnadene av tiltakene, hvor nytteverdien som følger av blant annet velferdsgevinsten av skredsikring og spart tid ikke er stor nok til å veie opp for kostnadssiden. Tiltak 1B og 1C er imidlertid begge samfunnsøkonomisk lønnsomme. Tiltak 1B har nyttevirksomheter i samme størrelsesorden som tiltak 1A, men betydelig lavere investeringskostnader, og blir derfor lønnsomt. Tiltak 1C har lavere nyttevirksomheter enn både 1A og 1B. Kostnadene er imidlertid også svært mye lavere, noe som gjør dette tiltaket til det mest samfunnsøkonomisk lønnsomme.⁷

⁷ Bruk av manuell skredkontroll vil kunne gi høyere drift- og vedlikeholdskostnader. Vi har ikke gjort beregninger av de mulige økte drift- og vedlikeholdskostnadene i denne arbeidspakken.

E6 Øyer-Elstad

For strekningen Øyer-Elstad vurderer vi den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av to ulike tiltak: tunnelløsning for å beskytte mot skred, og heving av vei for å beskytte mot flom. Tiltakene beskytter altså mot ulike naturfarer. Det betyr at effekten av tiltakene ikke er overlappende, i motsetning til de andre strekningene.

Virkninger og samfunnsøkonomisk lønnsomhet av de ulike tiltakene er oppsummert i Tabell 4-8.

Tabell 4-8: Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved E6 Øyer-Elstad, mill. 2023-kroner.

	Tunnel	Heving av vei
Prissatte virkninger		
Investeringskostnad	- 671	- 469
Drift og vedlikehold	- 176	-
Skattefinansieringskostnader	- 169	- 90
Reduserte reparasjonskostnader	1	18
Velferdsgevinst av redusert skredfare	155	-
Trafikantnytte	3	1
Samfunnsøkonomisk prissatt netto nåverdi	- 857	- 540
Ikke prissatte virkninger		
Skade på natur og miljø	-	-
Økt samfunnssikkerhet	+	+

De to tiltakene har investeringskostnader i samme størrelsesorden. I likhet med Våtedalen, innebærer også tunnelalternativet for Øyer-Elstad ekstra vedlikeholdskostnader. Dette gjør tunnelløsningen en god del dyrere enn hevingen av vei.

Ingen av alternativene er samfunnsøkonomisk lønnsomme, ettersom den prissatte nytten i begge tilfeller kun utgjør en brøkdel av kostnadene.

Fv63 Geiranger-Eidsdal

For strekningen Geiranger-Eidsdal er det skred som utgjør naturfaren, og de to analyserte tiltakene er automatisk skredvarsling og skredoverbygg. Tunnelalternativet vil her fjerne hele skredrisikoen, og ikke bare risikoen for stengt vei.

Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av de to tiltakene er oppsummert i Tabell 4.9.

Tabell 4.9: Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved FV63 Geiranger-Eidsdal, mill. 2023-kroner.

	Automatisk skredvarsling	Skredoverbygg
Prissatte virkninger		
Investeringskostnad	- 12	- 129
Drift og vedlikehold	-	-
Skattefinansieringskostnader	- 2	- 25
Reparasjonskostnader	4	6
Velferdsgevinst av redusert skredfare	101	134
Redusert personskade	19	25
Trafikantnytte	35	47
Samfunnsøkonomisk prissatt netto nåverdi	145	58
Ikke prissatte virkninger		
Skade på natur og miljø	-	-
Økt samfunnssikkerhet	+	+

Automatisk skredvarsling er det minst kostbare tiltaket, med en investeringskostnad på 12 mill. kroner. Dette tiltaket reduserer antallet unødvendige stenginger, og reduserer også faren for å bli tatt av skred ved å gi økt presisjon i varslingen.

Skredoverbygg utgjør et dyrere, men også sikrere alternativ, ettersom dette gjør at skredet ikke vil treffe veien. Reduksjonen i skredfrekvens gjør at nytten av skredoverbygget er høyere enn for den automatiske skredvarslingen. Nyttens er imidlertid ikke høy nok til å veie opp for kostnadsdifferansen, noe som gjør automatisk skredvarsling til det mest lønnsomme tiltaket. Begge tiltakene er samfunnsøkonomisk lønnsomme.

Vi har i vår analyse forutsatt at trafikantene har like høy betalingsvillighet for risiko-reduksjon gjennom varsling som gjennom fysiske skredsikringstiltak. Dette er en usikker antagelse, som potensielt overestimerer nytten av skredvarsling. I den opprinnelige verdsettingsstudien velferdsgevinsten av skredsikring bygger på, så er ikke skredvarsling omtalt eller undersøkt. Respondentene ble spurt om deres betalingsvillighet for at en reiserute skulle ha en dag færre med skred. Det er ikke gitt at et varslingssystem medfører tilsvarende velferdsgevinst, som å fysisk sikre seg mot at færre skred går og treffer på eller ved veien. Det er naturlig å anta at betalingsvilligheten er begrunnet med opplevd utrygghet, men verdsettingsstudien har ikke undersøkt bakgrunnen for respondentenes svar. Det bidrar ytterligere til usikkerhet rundt om verdsettingsfaktoren i realiteten kan overføres til bruk på skredvarslingstiltak. Om og i hvor stor grad verdsettingsfaktoren kan benyttes på skredvarslingstiltak bør undersøkes nøyere. I eventuelle nye verdsettingsstudier bør respondentene stilles spørsmål som kan dekke deres betalingsvillighet for skredvarsling, sett opp mot fysisk skredsikring.

Fv. 60 Storelva bru, Innvik

I eksempelstudiet Byrkjelo-Innvik analyserer vi virkningen av et kombinert tiltak, med flomsikring og heving av bro, oppsummert i Tabell 4-10. Hensikten er å redusere faren for at dagens brokonstruksjon skal lede til oversvømmelse i tettstedet.

Tabell 4-10: Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak ved fv. 60 Byrkjelo-Innvik, mill. 2023-kroner.

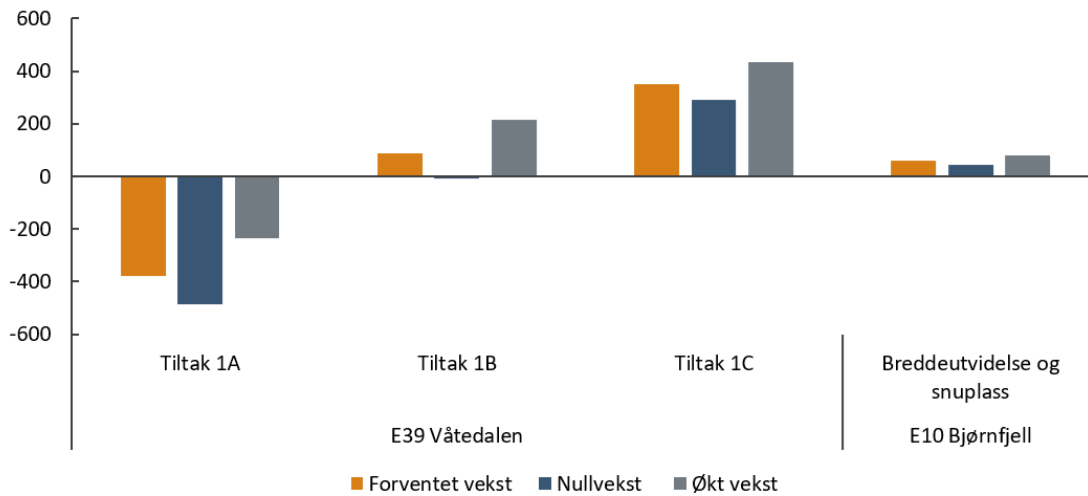
	Flomtiltak + heving av bro
Prissatte virkninger	
Investeringskostnad	- 132
Drift og vedlikehold	-
Skattefinansieringskostnader	- 18
Reparasjonskostnader	44
Redusert personskade	-
Trafikantnytte	13
SUM	- 93
Ikke prissatte virkninger	
Produksjonstap	+

Den viktigste virkningen av tiltaket vil være at man unngår høye reparasjonsskader på bygninger og andre konstruksjoner ved flom. Dette er reflektert i at reparasjonskostnadene blir lavere som følge av tiltaket.

Totalt sett er ikke tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt, ettersom reduksjonen i reparasjonskostnader ikke er stor nok til å veie opp for investeringskostnaden. I tillegg til reparasjonskostnader vil det imidlertid også oppstå et produksjonstap dersom en flom gjør at man ikke kan benytte bygningene en lengre periode, noe som vil gi en ytterligere nyttegevinst. Sistnevnte gevinst er inkludert som en ikke-prissatt virkning i nytte-regnskapet per nå, men vår vurdering er at virkningen trolig ikke er tilstrekkelig stor til å gjøre tiltaket lønnsomt.

4.3.3 Følsomhetsanalyse - trafikkvekst

Hovedanalysen legger til grunn trafikkveksten beskrevet i kapittel 3.4.2 Metode og forutsetninger i analysene. Det kan likevel være interessant å undersøke hvordan den samfunnsøkonomiske lønnsomheten påvirkes av ulike forutsetninger for trafikkvekst. I figur 4-5 viser vi den samfunnsøkonomiske lønnsomheten for tiltak når vi legger til grunn forventet trafikkvekst, ingen trafikkvekst og en høyere trafikkvekst enn antatt i hovedanalysen.



Figur 4-5: Samfunnsøkonomisk lønnsomhet av utvalgte tiltak gitt ulike forutsetninger om trafikkvekst.

Vi har her antatt en konstant trafikk både for godstransport og persontransport lik nivået i 2024 i nullvekstscenarioet. I scenarioet for økt vekst har vi antatt en 29 prosent høyere trafikk mot veksten i hovedscenarioet fra og med 2050. For perioden fra i dag til 2050 har vi antatt lineær økning opp mot det nye nivået for 2050. Økningen tilsvarer differansen i 2050 mellom normal- og høyscenarioet for befolkningsvekst i kommunene hvor veiene ligger.

Figuren viser at lavere trafikkvekst isolert sett tiltakene mindre lønnsomme, mens en høyere trafikkvekst gjør tiltakene mer lønnsomme. Dette er også intuitivt, ettersom flere reisende langs strekningen gir flere som drar nytte av tiltakene. Den største virkningsendringen er for tilfellet E39 Våtedalen er velferdsgevinsten av skredsikring. Dette skyldes at velferdsgevinsten av skredsikring er den største virkningen i utgangspunktet, og at den avhenger direkte av antall personer som reiser langs strekningen. Sistnevnte gjelder også for forsinkelseskostnadene, som er den største virkningen for E10 Bjørnfjell. Øvrige nevnte virkninger vil ikke påvirkes av trafikkmengden langs strekningene.

5 Sluttvurderinger

Arbeidet med eksempelstudiene har hatt som formål å teste ut arbeidsmetodikken i konkrete samfunnsøkonomiske vurderinger, som grunnlag for anbefalinger for fremtidige samfunnsøkonomiske analyser av klimatilpasningstiltak.

5.1 Datatilgang og databruk

For vurdering av klimapåvirkning og farevurderinger av naturfare ble følgende informasjon benyttet:

- Data om tidligere uønskede naturhendelser (skred, stengninger, etc.) og gjennomførte farevurderinger (skredpunkt) fra vegkart.no (NVDB),
- Fare- og aktsomhetskart samt kart over tidligere hendelser fra NVE,
- Stengning av vei og bilberging fra veitrafikksentralen (VTS),
- Dokumentasjon på naturfareutredninger for de respektive eksempelstrekningene, tilgjengeliggjort fra Statens Vegvesen og Nye Veier
- Rapporter med fareutredninger fra NGI.
- Personlig kommunikasjon med driftspersonell for å få estimater på tid og kostnader for opprydding etter hendelser

KSS' fylkesvise klimaprofiler (KSS, 2024) oppsummerer klimaendringenes effekt på naturfare og gir oppsummering med de viktigste endringene for hvert fylke. Utviklingen kvantifiseres imidlertid ikke og spesielt for skred mangler det eksplisitte anbefalinger om kvantifisering av effekt av klimaendringer. I eksempelstudiene har endringer av sannsynlighet blitt vurdert gjennom bruk av terskelverdimodeller. En slik modell angir en verdi for en eller flere kritiske klimaparametere som kan gi utløsning av naturhendelsen, f.eks. at døgnnedbørsmengder over et visst nivå kan utløse jordskred. Klimafremskrivingskurver for klimaparameteren ble studert for å finne ut hvilken returperiode et nivå av en klimaparameter vil ha i fremtiden. For klimaparametere relevante for utløsning av naturhendelsene ble historiske observasjoner fra værstasjoner hentet fra seklima.met.no/observations, og interpolerte verdier fra målestasjoner hentet fra senorge.no eller xgeo.no. Framskrivninger av klimadata ble hentet fra KSS (nedlasting.nve.no/klimadata/kss).

For vurderinger av eksponering og sårbarhet ble det benyttet registrerte verdier av ÅDT, samt fylkesvise framskrivninger for NTP 2025-2036 for persontransport og framskrivninger i Nasjonal Godstransport Modell (NGM) for godstransport.

For vurderinger av kostnader og effekt av tiltak ble det benyttet:

- Dokumentasjon på tiltaksutredninger for de respektive eksempelstrekningene, tilgjengeliggjort fra Statens Vegvesen og Nye Veier
- Personlig kommunikasjon med driftspersonell for estimater på effekt av tiltak

Siden mange av de mest alvorlige naturskadehendelsene forekommer relativt sjeldent var det ikke statistisk grunnlag for å estimere materielle ødeleggelser og personskader fra tidligere naturskadehendelser. For vurdering av slike konsekvenser ble det derfor i

stor grad benyttet modeller som relaterer intensitet i naturhendelsen til materielle skader og personskader.

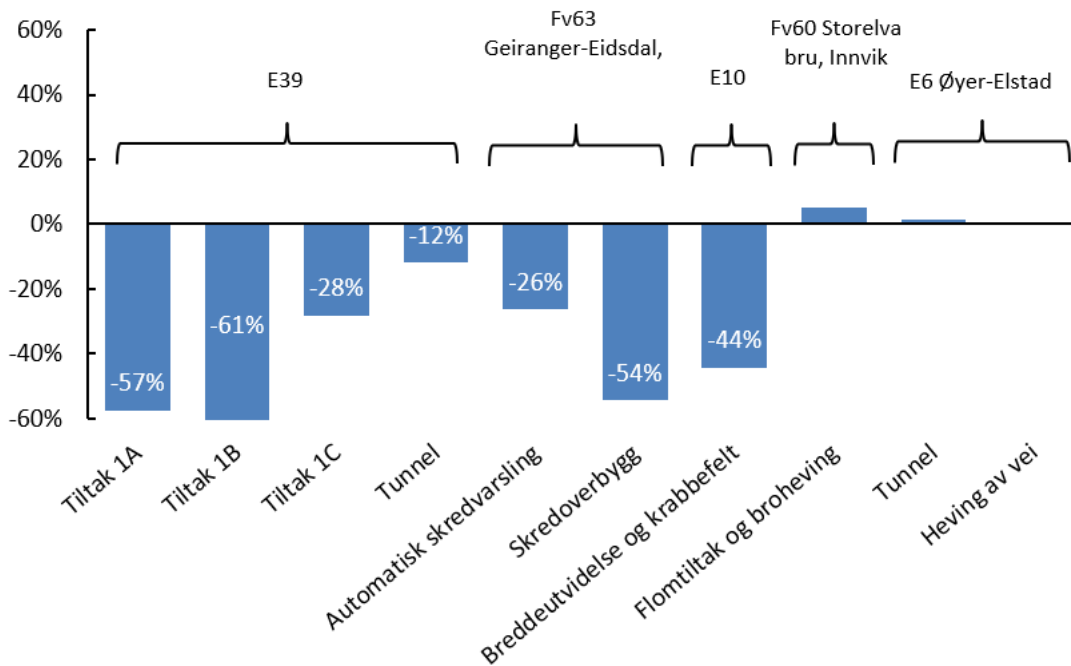
5.2 Oppsummering over funn med betydning for videre arbeid

Samfunnsøkonomiske analyser er egnet metode for å prioritere tiltak mot naturfarer i veisektoren. Gjennom eksempelstudiene har vi avdekket beslutningsrelevante kostnader og nyttevirksomheter av klimatilpasningstiltak. Samfunnsøkonomisk metode gir et godt grunnlag for å prioritere sikring på strekninger med høyest kostnader knyttet til naturfare, samt velge tiltaket som mest kostnadseffektivt beskytter mot naturfare.

Skred har vist seg å ha spesielt store negative samfunnsøkonomiske virkninger, på grunn av velferdstapet knyttet til skredfare hos reisende. Den opplevde utryggheten og bekymringen blant trafikanter på skredutsatte veistrekninger betyr at sikringstiltak gir en betydelig velferdsgevinst. Det betyr også at relativt enkle skredsikringstiltak, også med delvis beskyttelse, kan gi stor nytte. Omfattende sikringstiltak, som tunnel eller omlegging av strekningen, vil sjelden være mer lønnsomt enn enkle sikringstiltak, med mindre redusert reisetid eller andre virkninger som oppstår er betydelige.

Type naturfare og type sikringstiltak er avgjørende for hvilke samfunnsøkonomiske virkninger som er mest betydningsfulle. Mens velferdsgevinster er betydelige ved skredsikring, kan tiltak for andre type naturfarer ha større nyttevirksomheter i form av redusert reisetid eller lavere vedlikeholdskostnader.

Klimaendringer vil påvirke frekvensen av naturfarer i fremtiden. Mange av våre eksempelstudier tar for seg strekninger med snøskred, i hovedsak i lavtliggende områder. På disse strekningene vil det bli færre snøskred i fremtiden grunnet mindre snøfall. Dette gir lavere kostnader knyttet til snøskred i fremtiden, og dermed lavere nytte av skredsikring, som vist i Figur 5-1. I vårt tilfelle var det likevel lønnsomt å sikre mot skred på strekningene. Det varierer om klimaendringer gir uendret, økt eller redusert frekvens, for ulike naturfarer og ulike geografiske lokasjoner i landet. Potensielt kan endringer i frekvensen avgjøre om et tiltak er lønnsomt eller ikke.



Figur 5-1: Endring i samfunnsøkonomisk lønnsomhet som følge av klimaendringer

Eksempelstudiene har avdekket at skredstatistikken ofte er mangelfull. Det er avgjørende å ha et godt datagrunnlag for frekvenser av skredhendelser, som også tar høyde for klimaendringer, for å kunne gjennomføre nøyaktige samfunnsøkonomiske analyser. Forutsatt frekvens av naturfare har direkte betydning for størrelse på samfunnsøkonomiske virkninger, og dermed nytte av sikringstiltak.

Det gjenstår metodiske avklaringer for å bedre kvaliteten på samfunnsøkonomiske analyser av risikoreducerende tiltak mot klimapåvirkede naturfarer. Disse inkluderer vurderinger av hvilke kilder til skredstatistikk som bør benyttes og hvordan disse eventuelt på justeres i tilfeller der det ikke finnes kompetanse og tid til å gjøre detaljerte naturfarevurderinger. Videre er det behov for helst landsdekkende prognoser for klimapåvirkning på naturfarefrekvenser, samt enkelte metodiske avklaringer rundt bruk av verdsettingsfaktor for velferdsgevinst av skredsikring. Disse spørsmålene drøftes videre i Arbeidspakke 4 (Aalen og Bruvoll; 2025).

6 Referanser

Aalen, P. og Bruvoll, A. (2025): Metode for å hensynta klimarisiko i samfunnsøkonomiske analyser, Sluttrapport i arbeidspakke 4 i Innovasjonsprosjektet KlimaVei av Frankmo, M. A., Aalen, P., Hole, I. N., Bruvoll, A., Navrud, S., Eidsvig, U. Og Gislås, K, Menon publikasjon nr 160/2024, Publisert 1. Januar 2025. Oslo: Menon Economics. Prosjektrapport 6.

Flugel, S., Halse, A. H., Hulleberg, N., Jordbakke, G. N., Veistein, K., Sundfør, H. B. og Kouwenhoven, M. (2020) Verdsetting av reisetid og tidsavhengige faktorer: Dokumentasjonsrapport til Verdsettingsstudien 2018-2020. TØI-rapport nr. 1762.

Halse, A. H., Mjøsund, C., Killi, M., Flugel, S., Jordbakke, G. N., Hovi, I. B., Kouwenhoven, M. og de Jong, G. (2019) Bedrifters verdsetting av raskere og mer pålitelig transport: Den norske verdsettingsstudien for godstransport 2018. TØI-rapport nr. 1680.

Handberg, Ø. N., Arnesen, T. G. og Bruvoll, A. (2023) Prising av klimarisiko i vegsektoren, Menon publikasjon nr. 37/2023.

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. og Ådlandsvik, B. (2015): Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpassing oppdatert i 2015, Norsk klimaservicesenter (NKSS/NCCS (eng.)) Rapport no. 2/2015, 2. opplag.

Holm, T., B. og Aall, C. (2022) Klimarisiko for vegtransportsektoren. Eit kunnskapsgrunnlag og rammeverk for vurdering av klimarisiko på case-nivå i prosjektet «Klimatilpassing og veitransport», VF-rapport nr. 3-2022, Sogndal, 2022.06.14.

Holm, T., B. (2023) Barrierar for klimatilpassing på veg. Ei undersøking av nasjonale og regionale vegaktørar. VF-rapport nr. 11-2023, Sogndal, Vestlandsforskning.

KSS (2024) Fylkesvise klimaprofiler, Norsk Klimaservice senter. Tilgjengelig på: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>

Nye Veier (2022) Problemanalyse av strekningen E6 Øyer-Otta. NV34E6ØO-PLN-NOT-0007, Dokumentnr. 2022.09.20, Oppdragsnummer 629042-02.

Madslie, A. og Steinsland, C. (2022) Framskrivninger for persontransport til NTP 2025-2036. TØI-rapport nr. 1926.

Skrede, H., Body, N. S., Jaedicke, C. (2022) H1.1 Klimapåvirkning, KlimaVei rapport, Dok. Nr. 20210107-01-R, 2022-06-10.

Statens Vegvesen (2018) Regnemodell for skredpunkt - revidert utgave. Brukerveiledning. Statens Vegvesen rapport nr. 349. Geoteknikk og skred, mai 2018.

Statens Vegvesen (2019) Hovedstrekning E10 Riksgrensen - Stormyra. E10 Riksgrensen - Trældal. Kostnadsoverslag etter Anslagsmetoden, anslagsrapport 10. mai 2019. Prosessleder Petter Hildre.

Statens vegvesen (2020) E39 Tunnel Våtedalen, Statens vegvesen, Divisjon Utbygging. Prosjektnummer: B11948, September 2020.

Statens Vegvesen (2021) Håndbok V712 i konsekvensanalyser.

Statens vegvesen (2022) Reguleringsplan Våtedalen. Sentralt styringsdokument, Statens vegvesen, Divisjon Utbygging. Prosjektnummer: B11948, 7. Januar 2022. (Anslagsrapport med kostnader ligger i Vedlegg B i denne referansen).

Statens Vegvesen (2024) Rapport om skredsikring i Våtedalen kapittel 7, utkast tilsendt fra Jens Øyen Tveit.

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Eksempelstudier		Dokumentnr./Document no. 20210107-02-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Norges Forskningsråd	Dato/Date 2025-01-01
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution ÅPEN: Skal tilgjengeliggjøres i åpent arkiv (BRAGE) / OPEN: To be published in open archives (BRAGE)		
Emneord/Keywords		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality	Felt navn/Field name
Sted/Location	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, bloknr./Field, Block No.
UTM-koordinater/UTM-coordinates Sone: Øst: Nord:	Koordinater/Coordinates Projeksjon, datum: Øst: Nord:

Dokumentkontroll/Document control Kvalitetssikring i henhold til/Quality assurance according to NS-EN ISO9001					
Rev/Rev.	Revisjonsgrunnlag/Reason for revision	Egenkontroll av/ Self review by:	Sidemanns-kontroll av/ Colleague review by:	Uavhengig kontroll av/ Independent review by:	Tverrfaglig kontroll av/ Inter-disciplinary review by:
0	Originaldokument	2024-10-09 Unni Eidsvig	2024-10-02 Annegrete Bruvoll		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 1. januar 2025	Prosjektleder/Project Manager Unni Eidsvig
--	------------------------------------	--

NGI – Norges Geotekniske Institutt - er et uavhengig forskningsinstitutt innen geoteknikk og andre ingeniørrettede geofag.

Vi kombinerer geokunnskap og teknologi for å utvikle smarte og bærekraftige løsninger innen infrastruktur på land og til havs, innen miljøteknologi, forurenset grunn og naturfarer som jord- og snøskred. Forskningen vår leverer kunnskap som bidrar til å løse noen av de viktigste utfordringene verden står overfor innenfor klima, miljø, energi og samfunnsikkerhet.

Samfunnsoppgaven vår er å utvikle geofagene og fremskaffe kunnskapsgrunnlaget for å bygge, bo og ferdes på sikker grunn. Dette løser vi ved å la forskning og rådgivning gå "hånd i hånd" og være brobygger mellom akademia, næringsliv og det offentlige.

Vi har kontorer i Norge, USA og Australia og vi har internasjonalt anerkjente laboratorier.

www.ngi.no

NGI – The Norwegian Geotechnical Institute – is an independent research centre in the field of geotechnical engineering and the engineering geosciences.

We combine geotechnical knowledge and technology to develop smart and sustainable solutions in infrastructure on land and at sea, in environmental technology, contaminated soil and natural hazards such as landslides and avalanches. Our research provides knowledge that contributes to solve some of the most important challenges the world faces with regards to climate, the environment, energy and societal security.

Our societal mission is to develop the geosciences and produce the knowledge basis to build, live and travel on safe ground. We solve this by combining research and consulting hand-in-hand and being a bridge-builder between academia, industry and the public sector.

We have offices in Norway, the US and Australia, including internationally recognised laboratories.

www.ngi.no

