



RAPPORT

ROS - Naturfare

METODIKK FOR OG ANALYSE AV RISIKO- OG
SÅRBARHET FOR NATURFARE I TIDLIG PLAN-
FASE

DOK.NR. 20180631-01-R

REV.NR. 0 / 2020-03-05

Ved elektronisk overføring kan ikke konfidensialiteten eller autentisiteten av dette dokumentet garanteres. Adressaten bør vurdere denne risikoen og ta fullt ansvar for bruk av dette dokumentet.

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.

Neither the confidentiality nor the integrity of this document can be guaranteed following electronic transmission. The addressee should consider this risk and take full responsibility for use of this document.

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

Prosjektittel: ROS - Naturfare
Dokumenttittel: Metodikk for risiko- og sårbarhetsanalyse for naturfare i tidlig planfase
Dokumentnr.: 20180631-01-R
Dato: 2020-03-05
Rev.nr. / Rev.dato: 0 /

Oppdragsgiver

Oppdragsgiver: Nye Veier AS
Kontaktperson: Helga Lysgård
Kontraktreferanse: Avtale nr. 100249; Kontrakt inngått Nov. 2018

for NGI

Prosjektleder: Anders Solheim
Utarbeidet av: Anders Solheim, Bjørn Kalsnes, Carl Harbitz, Kjetil Sverdrup-Thygeson, Christina Ekeheien, Mats Ruge Holte (PwC), Fredrik Dingsør-Dehlin (PwC), Kai Fjelstad (HydraTeam AS), Amund Søvde Haslerud (Kjeller Vindteknikk), Hans Olav Hygen (MET)
Kontrollert av: Farrokh Nadim, Bjørn Kalsnes

Sammendrag

På oppdrag fra Nye Veier AS, har NGI ledet et konsortium bestående av, i tillegg til NGI, PwC, HydraTeam AS, Kjeller Vindteknikk og Meteorologisk Institutt. Formålet med prosjektet er, fra kravspesifikasjonen:

- Risikoidentifisering: Identifisere potensielle uønskede hendelser som følge av naturfare innen utbyggingsområdene.
- Risikoanalyse: Vurdere risiko/sannsynlighet (gjentakintervall) for naturfare innen utbyggingsområdene.
- Risikoevaluering: Vurdere tiltak som kan være aktuelle sikringstiltak.

Analysene skal utføres på et overordnet nivå i tidlig planfase av veiprojektene. Arbeidet gjelder hele Nye Veiers portefølje, bestående av følgende hovedstrekninger, på til sammen ca. 712 km: E6 Kvænangsfjellet, E6 Trøndelag: Ulsberg-Melhus og Ranheim-Åsen, E6 Innlandet: Kolomoen-Otta, E16 Kløfta Kongsvinger, E18 Sørøst: Langangen-Grimstad, og E39 Sørvest: Kristiansand – Ålgård.

Løsning og leveranser

Løsningen som presenteres i denne rapporten, innebærer både en GIS-basert metodikk som oppdragsgiver selv kan benytte i fremtidige prosjekter, og en analyse av hele prosjektporteføljen til Nye Veier. Løsningen består av tre deler, der de første to gjelder utvikling av metodikk:

Del 1 er en GIS-basert analyse av korridorer langs foreslåtte traséer, som en førstehånds screening av mulige fareområder i forhold til snøskred, steinsprang, jord- og flomskred, kvikkleireskred, flom og vind/snødrift. I tillegg er stormflo vurdert separat der det kan være relevant. I hovedsak benyttes datagrunnlag som er tilgjengelig fra NVE (flomsonekart og aktsomhetskart), men det er gjort optimalisering av noen av disse dataene i prosjektet. For steinsprang og snøskred kjøres numeriske utløpsmodeller langs traséene.

Del 2 er en videreutvikling av metodikken fra del 1, der en har utarbeidet rutiner for å kvantifisere risiko langs en gitt trasé. Dette innebærer også feltbefaringer i fareområder identifisert i del 1, og en videre justering og detaljering av GIS-metodikken. I tillegg vurderes effekt av klimaendringer og en identifiserer kritiske objekter som bruer og tunell-påhugg.

Del 3 innebærer å anvende metodikken utviklet i del 1 og 2, på hele Nye Veiers portefølje. Her er de fleste identifiserte faresegmenter befart, og en har angitt eventuelle sikringsbehov, konsekvenser ved hendelser, etc.

Leveransene i prosjektet består av tre deler: 1. GIS-verktøyet, som implementeres i Nye Veiers eget system (ArcGIS Pro), 2. denne rapporten, og 3. en digital leveranse, som er et interaktivt ArcGIS produkt, der resultatene er presentert i kart, og med faktaark som fremkommer ved klikk på enkeltelementer i kartet. Leveranse 3 ansees som hovedleveransen. Den digitale leveransen blir også implementert i Nye Veiers kartløsning, for

bruk ved Nye Veiers kontorer. En egen brukerveiledning blir utarbeidet når dette er gjort.

I tillegg er det utført del-oppdrag i henhold til tre endringsordrer. Disse er rapportert separat.

Sannsynlighet, nedetid og konsekvenser

Mange av vurderingene er gjort under feltbefaringene, og på et overordnet nivå. Det er viktig å være klar over at analysene i dette prosjektet ikke gir grunnlag for prosjektering av f.eks. sikringstiltak. Resultatene angir hvor en bør vurdere sikring eller noe omlegging av traséen, og hvor det da er behov for mer detaljerte undersøkelser. For å effektivisere prosessene opereres det med en del faste klasser både for sannsynlighet (antatt gjentaksintervall) for hendelser, antatt nedetid for veien, prisklasser for tiltak, og konsekvensklasser. Noe av dette vil være på den konservative siden, f.eks. lengden på nedetid etter en eventuell hendelse, som kanskje bare varer noen timer, men der vi kun opererer med dager og uker i denne studien.

En konservativ tilnærming til nedetid (maksimal nedetid er benyttet i analysen) påvirker også konsekvensvurderingene. I disse har vi kun sett på to konsekvenstyper, a) indirekte økonomisk konsekvens (IØK) ved at veien er stengt og trafikken må gå via de oftest langsommere omkjøringsmulighetene som finnes, og b) konsekvens for samfunnsikkerheten, der en har vurdert plasseringen av kritisk infrastruktur og i hvilken grad en veistengning påvirker nød-etatenes fremkommelighet. IØK estimeres kvantitativt, mens det kun er gjort en kvalitativ bedømmelse av hvordan samfunnsikkerheten påvirkes. Konsekvenser som tap av liv eller helse, tap av omdømme, psykiske plager, etc. er ikke vurdert i dette arbeidet.

Klima og klimaendringer

Klimaendringer fram mot år 2100 er vurdert på bakgrunn av prognoser for gitte stasjoner i Meteorologisk Institutt's stasjonsnett, der stasjoner som er mest relevante for hver strekning er benyttet. Nedbør og vind ansees som særlig relevante parametere. For jord- og flomskred har vi benyttet prognosene knyttet til de nevnte stasjonene, og sett spesielt på 90 minutters nedbør, siden korttidsnedbør vil ha størst betydning i flomskredløp med rask responstid. For flom i mindre vassdrag er tilsvarende gjort men med 24-timers nedbør. I større vassdrag er det lagt på en klimafaktor på 20% i tråd med anbefalinger fra NVE. Slike vurderinger er beheftet med stor grad av usikkerhet i mange ledd. Vi har derfor valgt å kun vurdere klimaets påvirkning på gjentaksintervallet for hendelser (sannsynligheten), og ikke konsekvensene, der usikkerhetene i utviklingen av forhold som påvirker disse (som f.eks. ÅDT) om mulig vil være enda større fram mot slutten av århundret. For alle identifiserte faresegmenter langs veiene (i.e. i alle fakta-arkene) er det tilknyttet en kommentar om klimapåvirkning, samt at dette også er presentert i risikodiagram for hvert segment. I en del tilfeller vil dette føre til at samlet risiko øker én klasse, oftest fra lav til middels, men i noen tilfeller fra middels til høy.

Når det gjelder andre faretyper enn jord- og flomskred og flom, er usikkerhetene så store at vi har valgt å beholde dagens sannsynlighet for disse ut århundret. Erosjon i bekker og elver er den viktigste årsaken til naturlig utløste kvikkleireskred (de fleste utløses av menneskelig aktivitet). Økt nedbør kan føre til økt fare for erosjon i vassdrag og dermed økt fare for kvikkleireskred, men dette vil avhenge sterkt av grunnforholdene og spesielt dyp til eventuell kvikkleire. Steinsprang kan utløses av kraftig nedbør men også av andre forhold, som fryse-tine prosesser, vind, rotsprengning, etc., og sammenhengen med nedbør er derfor ikke entydig. Vind er den klimaparameteren der det er minst data og størst usikkerhet rundt. Kraftigere vind vil selvsagt føre til at hyppigheten av vindrelaterte problemer kan øke enkelte steder. Samtidig vil kortere perioder med snø, samt høyere snøgrense og tregrense på sikt redusere faren for snødrift ved kraftig vind. Selv om usikkerheten er stor og vi har valgt å ikke øke sannsynligheten for disse faretypene, er det grunn til å anta at dersom klimaendringene fører til en endring, vil det være en forverring. Unntaket er snøskred, der en forventer en forbedring av faresituasjonen ut århundret på grunn av både kortere perioder med snø, og færre og mindre områder med snødekke, samt at høyere tregrense også reduserer faren.

Naturfare langs strekningene

Siste del av rapporten gir korte oppsummeringer av de viktigste naturfare utfordringene for de enkelte strekningene, oppdelt i delstrekninger. De aktuelle naturfarene er selvsagt avhengig av terreng og klimatiske forhold. Snøskred er et lite til ikke-eksisterende problem for Nye Veiers nåværende portefølje, med unntak av E6 Kvæangsfjellet, som passerer flere snøskredområder. På de andre strekningene finnes kun enkelte segmenter der snøskred kan være et problem, men med lav sannsynlighet. Klimautviklingen tilsier dessuten at med mindre snø og høyere tregrense fram mot slutten av århundret, vil snøskredfaren i disse områdene avta. Stormflo er også registrert som et potensielt problem kun i den vestligste delen av E6 Kvæangsfjellet (kan også påvirke elveflom på strekningen Kvål – Melhus). De andre strekningene ligger høyt nok hevet over havnivå til at dette ikke er noe problem.

Kvikkleire utgjør et betydelig problem langs strekningene E6 Trøndelag, E16 Kløfta-Kongsvinger, og E18 Sørøst. I tillegg finnes også noen få segmenter med potensiell fare for kvikkleireskred langs E39 Sørvest. Vi har vurdert faren for naturlig utløste kvikkleireskred, gjerne knyttet til erosjon i raviner og langs bekker og elver. Imidlertid er de fleste kvikkleireskred i de senere tiårene utløst av menneskelig aktivitet, og det forutsettes her at en ved utbygging gjør tilstrekkelige grunnundersøkelser og gjør nødvendige tiltak i områder med marin leire i forbindelse med prosjektering og anleggsdrift av veien. Kvikkleireskred er den naturfaren som vil kunne føre til lengst stenging av veien. Dette skyldes at slike skred kan ødelegge veien fullstendig, samt at det kreves svært omfattende undersøkelser og sikringsarbeider etter et kvikkleireskred.

Steinsprang, jord- og flomskred, og flom er de dominerende faretypene langs de fleste strekningene. Flomskred kan forekomme i de fleste bratte bekkeløp, oftest i forbindelse med ekstrem nedbør, og da ofte også forbundet med flom. For denne faretypen er potensialet for erosjon og massetransport vurdert for hvert tilfelle under befaring. Steinsprang er vurdert for naturlig terreng. Mange steder må det etableres til dels høye

skjæringer, men disse må vurderes og sikres i forbindelse med selve anleggsdriften. Hverken steinsprang eller jord- og flomskred fører vanligvis til langvarig stenging av veien, men i enkelte tilfeller, særlig der potensiell blokkstørrelse er stor, kan skade på veien være betydelig og nedetiden følgelig lenger. Mulig fare for brufundamenter og tunellpåhugg er også vurdert der vi har informasjon om slike.

Potensiell flomfare finnes alle steder der veien krysser eller ligger langs vassdrag og innsjøer. Flom i mindre vann og bekker/elver fører sjelden til langvarig stenging, men i tilfeller der det er muligheter for stor opp-magasinerings av vann, som langs store elver, store innsjøer, eller større områder med myrer og vann, har vi vurdert at stengetiden kan bli lenger, og har lagt noen segmenter i kategorien 5 dager til 3 ukers nedetid.

Vind og mulig snødrift er i hovedsak knyttet til lengre bruer. I de fleste tilfellene er det kun kraftig vind som kan utgjøre et problem, men spesielt på Kvæangsfjellet er kraftig vind med snødrift et stort problem langs dagens vei, og fører til hyppig stenging i vinterhalvåret. Dette er også de strekningene med høyest vurdert risiko, mye på grunn av hyppigheten av hendelser som fører til stengt vei. Her vil mye av problemet kunne løses ved planlagt tunell, og ett av tilleggsoppdragene har vært å vurdere beste beliggenhet for tunellpåhuggene. Utforming av portalene er også viktig i forhold til snødrift i slike områder.

Risikoreduserende tiltak

Sikringstiltak må planlegges for mange av de identifiserte faresegmentene. Disse må prosjekteres spesielt, og kostnadene estimert i dette arbeidet er kun veiledende. I mange tilfeller antas det at selve anleggsdriften vil eliminere farene, ved at mindre koller fjernes, eller at veien legges uansett på høye fyllinger eller på bruer. Imidlertid er 795 segmenter med mulig naturfare identifisert i dette arbeidet. Det vil være kostbart å sikre alle disse, noe som heller ikke skal være nødvendig. Imidlertid viser analyser at kostnadene ved stengt vei i dager eller uker kan være svært høye, og over tid langt dyrere enn å etablere sikring (NGI, 2020). Til slutt er det imidlertid viktig å tilføye at sikring ikke eliminerer risiko. Graden av sikring vil avhenge av hvilken risiko Nye Veier AS aksepterer, men det vil alltid være en restrisiko. Steinspranghendelsen på E18 ved Larvik 13 desember 2019, er et godt eksempel på dette.

Innhold

1	Innledning	10
1.1	Strekninger	10
1.2	Prosjektorganisering og gjennomføring	12
1.3	Prosjektets tre deler	13
1.4	Leveranser	13
2	Del 1; Vurdering av naturfare	14
2.1	Grunnlagsdata	14
2.2	Vurdering av snøskredfare	15
2.3	Vurdering av steinsprangfare	17
2.4	Vurdering av jord- og flomskredfare	18
2.5	Vurdering av fare for kvikkleireskred	22
2.6	Vurdering av flomfare	23
2.7	Vurdering av fare for vind og snødrift	25
2.8	Vurdering av stormflo	26
3	GIS-analysen (Del 1)	26
3.1	Innledning	26
3.2	Steinsprang	28
3.3	Snøskred	29
3.4	Kvikkleire	29
3.5	Jord-/flomskred	30
3.6	Flom	31
3.7	Vind / snødrift	31
3.8	Validering av Del 1 analysene - Test mot områder med nye faresonekart	32
4	Del 2; Feltarbeid, andre data, modellering og klimaanalyser	33
4.1	Feltbefaringer	33
4.2	Sannsynligheter, nedetid og mulige tiltak	35
4.3	Bruk av resultater fra tidligere undersøkelser	37
4.4	Bruk av numeriske beregninger av skredutløp.	37
4.5	Klimaanalyser	37
5	Vurdering av konsekvens og risiko	41
5.1	Metodikk	41
6	Del 3: Vurdering av alle strekningene	46
6.1	Digital leveranse	46
6.2	E6 Kvæangsfjellet	49
6.3	E6 Trøndelag	53
6.4	E6 Innlandet	67
6.5	E16 Kløfta – Kongsvinger	79
6.6	E18 Sørøst, Langangen-Grimstad	82
6.7	E39 Sørvest; Kristiansand – Ålgård	92
7	Kvalitetssikring	108
8	Noen oppsummerende bemerkninger	109
9	Referanser	110

Vedlegg

Vedlegg A	Vurderinger av klimaendringer i form av ekstremnedbør (MET.no)
Vedlegg B	Del 1 GIS-verktøy; Brukermanual

Kontroll- og referanseside

1 Innledning

Etter offentlig utlysning i juli 2017 med åpen konkurranse, ble et konsortium bestående av NGI, PwC, HydraTeam AS, Kjeller Vindteknikk AS (KVT) og Meteorologisk Institutt (MET) tildelt prosjektet Risiko- og sårbarhetsanalyse av Naturfare, Saksnr. 188935. Formålet med prosjektet er, som beskrevet i konkurransegrunnlagets kravspesifikasjon:

- Risikoidentifisering: Identifisere potensielle uønskede hendelser som følge av naturfare innen utbyggingsområdene
- Risikoanalyse: Vurdere risiko/sannsynlighet (gjentakintervall) for naturfare innen utbyggingsområdene.
- Risikoevaluering: Vurdere tiltak som kan være aktuelle sikringstiltak

Videre angir kravspesifikasjonen at 'analysene skal utføres på et overordnet nivå i tidlig planfase av en analysegruppe med fagkunnskap innen hydrologi, meteorologi eller klimaforskning, geologi, geoteknikk og erfaring med ROS analyser', og analysene skal inkludere skredutsatt vei, flomutsatt vei og værutsatt vei.

Løsningen som ble foreslått av konsortiet, og som presenteres her, innebærer både en GIS-basert metodikk som oppdragsgiver selv kan benytte i nåværende og fremtidige prosjekter, samt en analyse av hele prosjektporteføljen til Nye Veier (pr. februar 2020).

1.1 Streknings

Oppdraget gjelder hele porteføljen til Nye Veier AS. Den opprinnelige utlysningen gjaldt følgende hovedstrekninger, på totalt 530 km firefelts vei:

- E6 Innlandet: Kolomoen – Øyer
- E6 Trøndelag: Ulsberg – Melhus og Ranheim – Åsen
- E18 Sørøst: Langangen – Grimstad
- E39 Sørvest: Kristiansand – Ålgård

I 2019 fikk konsortiet beskjed om å legge til følgende strekninger, som ble foreslått tillagt, og senere tildelt Nye Veier AS av Samferdselsdepartementet:

- E6 Innlandet: Øyer – Otta
- E16 Innlandet: Kløfta – Kongsvinger
- E6 Trøndelag: Kvænangsfjellet.

I tillegg kom noen kortere strekninger som binder sammen delstrekninger i den opprinnelige porteføljen. Totalt skal ca. 712 km veitrasé vurderes (Tabell 1.1).

To tilleggsvurderinger ble bestilt i henholdsvis juni 2019 og oktober 2019, og omfattet:

- En vurdering og sammenligning av to alternativer, Alt. 1 og Alt. 4, for E16 Kløfta – Kongsvinger.

- ↗ En mer detaljert vurdering av snødrift-problematikk, samt en vurdering av status for eksisterende steinsprangssikring for E6 Kvænangsfjellet.

Begge disse to siste tilleggsvurderingene, samt de tre nye strekningene, har utgjort endringsordrer på det opprinnelige oppdraget.

Tabell 1.1 Strekninger og delstrekninger som inngår i ROS analysen.

Region	Delstrekning	Lengde (Km)	Planlagt byggestart / åpning (år)
E6 Trøndelag	Kvænangsfjellet	30	2021/2023
	Ulsberg - Vindåsliene	27	2021/2023
	Korporalsbru - Gyllan	15	2024/2027
	Gyllan - Kvål	18	2023/2026
	Kvål - Melhus Sentrum.	8	2019/2022
	Ranheim - Værnes	23	2020/2025
	Kvithammar - Åsen	19	2021/2026
	Totalt E6 Trøndelag		140
E6/E16 Innlandet	Kløfta - Kongsvinger (E16)	60	Ikke avklart
	Kolomoen - Moelv	46	Delvis åpnet, ferdig 2020
	Moelv - Øyer	48	2 faser 2021/2025 2020/2023
	Øyer - Otta	93	Ikke avklart
Totalt E6 Innlandet		247	
E18 Sørøst	Langangen - Rugtvedt	19	2021/2025
	Rugtvedt - Dørdal	17	Åpnet
	Dørdal - Tvedestrand	55	2021/2025 & 2024/2028
	Tvedestrand - Arendal	21	Åpnet
	Arendal - Grimstad	18	Ikke avklart
Totalt E18 Sørøst		130	
E39 Sørvest	Kr.sand øst - Kr.sand vest (Ytre Ring)	12	
	Kr.sand vest - Mandal øst	26	2018/2022
	Mandal øst - Lyngdal Vest	41	3 faser: 2019/2022 2022/2025 2021/2024
	Lyngdal vest - Flekkefjord øst.	39	2024/2028
	Flekkefjord øst - Ålgård	77	3 faser: 2022/2024 2023/2026 2024/2028
Totalt E39 Sørvest		195	
TOTALT		712	

1.2 Prosjektorganisering og gjennomføring

Prosjektet har vært organisert i 5 arbeidspakker (Tabell 1.2), som under hele prosjektet har jobbet tett integrert, og med 'flytende' grenser mellom de forskjellige arbeidspakkene. Prosjektmøter for hele konsortiet er arrangert månedlig, og møter der oppdragsgiver har deltatt er arrangert 5 ganger, inkl. oppstartsmøtet i Nye Veiers hovedkontor 20. november 2018. I tillegg er det gjennomført hyppige bilaterale møter mellom partnere og de forskjellige WP'ene, samt Skype møter, både mellom partnerne og med Nye Veier. Møter med Nye Veiers regionkontorer er arrangert, enten fysisk eller elektronisk, før befaring på de aktuelle strekningene.

Tabell 1.2 Organisering i arbeidspakker med deltakere og WP-ledere.

WP	Partner / leder
WP1: Administrasjon og ressursstyring	NGI / Anders Solheim
WP2: Datahøsting/risikoidentifisering	NGI / Bjørn Kalsnes
Overordnet: For hver fare/konsekvenstype; bestemte datakilde for nivå1 og 2	NGI, alle
– Hendelsesdatabaser	NGI
– Klimaforhold / data (nedbør, vind)	Met, KVT
– Naturforhold skred	NGI
– Naturforhold flom/stormflo	Hydrateam, NGI
WP3: Metodeutvikling-GIS	NGI / Kjetil Sverdrup-Thygeson
– Kartprodukter	NGI, Met
– Definere leveranse fra partnere, må kunne integreres med GIS-analysen	NGI, PwC, MET, KVT, HydraTeam
Jobber tett med WP2.	
WP4: Risikoanalyse	<u>PwC / Mats Ruge Holte, Fredrik Dingsør-Dehlin</u>
– Identifisere høyrisikoobjekter	NGI, PwC
– Meteorologi og klima, inkl. vind	Met, KVT
– ROS og samfunnsøkonomi	PwC, NGI
– Sikringstiltak	NGI, Hydrateam
– Metodeutvikling	PwC, NGI
WP5: ROS for hele porteføljen	NGI / Carl Harbitz
– Feltbefaringer	NGI, HydraTeam
– Oppdateringer og forbedring av metodikk	NGI, PwC, MET, KVT, HydraTeam, Nye Veier
- ROS analyser og leveranser	NGI
QC/QA	NGI / Farrokh Nadim, Bjørn Kalsnes

1.3 Prosjektets tre deler

Prosjektet har bestått av tre deler, der delene 1 og 2 gjelder utviklingen av metodikk i to nivåer, med økende detaljeringsgrad, mens del 3 omfatter den samlede ROS analysen for hele Nye Veiers portefølje.

Del 1: Utvikling av metodikk på Nivå 1

I del 1 utføres en relativt grov identifisering av naturfare langs definerte korridorer, uten at den endelige traseen nødvendigvis er bestemt. Denne analysen er i hovedsak basert på eksisterende, åpent tilgjengelige data, men der en viss grad av optimalisering (både kvalitativ og semi-kvantitativ) er foretatt. Denne optimaliseringen, som er beskrevet i kapitlene 2.7, er gjort fordi tilgjengelig informasjon, f.eks. fra aktsomhetskartene i www.skrednett.no, kan være svært konservative og vil antyde større sannsynlighet for uønskede hendelser mange steder enn hva som er den reelle situasjonen.

Metodikken som er utviklet i Del 1 har resultert i et GIS basert (ArcGIS Pro) verktøy som er installert hos Nye Veier og kan benyttes av deres personell for fremtidige strekninger. Her identifiseres områder med mulighet for naturfarehendelser, som er såpass alvorlige at de kan ha en økonomisk eller samfunnssikkerhetsmessig konsekvens.

Del 2: Videreutvikling av metodikk, Nivå 2

I denne delen er metodikk for kvantifisering av risiko langs en gitt trasé utviklet. Dette arbeidet inkluderer befaringer i områder som antyder høy fare fra Del 1 analysene. Et viktig element i dette har vært å validere resultatene fra Del 1 analysene for eventuelt å revidere metodikken som benyttes i GIS verktøyet. Videre har det vært aktuelt å kjøre simuleringer av skred i enkelte områder, og vurdere effekt av klimaendringer. Kritiske objekter, som broer, tunnel-påhugg, overganger, etc. er identifisert og vurdert. Metodikk for kvantifisering av konsekvens og dermed risiko, er utviklet.

Del 3: Gjennomføring av ROS-analyser for naturfare for hele Nye Veiers portefølje

Alle de tre delene overlapper, og del 3 må sees i tett tilknytning til Del 2. I Del 3 er hele porteføljen vurdert på bakgrunn av metodikken fra Del 1, samt detaljering fra Del 2 i de mest utsatte områdene. Dette resulterer i risikokart med fargekoder, som skal gi Nye Veier beslutningsstøtte i forhold til endelig trasévalg, samt eventuelle sikringsbehov. Når det gjelder sikring, angis behovet på et generisk nivå (ikke detaljert design eller prosjektering).

1.4 Leveranser

Leveransen i prosjektet består i hovedsak av tre deler:

1. Metodikken fra prosjektets Del 1. Dette er et ArcGIS-basert verktøy, som benytter eksisterende data og modellkjøringer til å analysere et areal innenfor et gitt polygon med hensyn på de aktuelle naturfarene. Verktøyet ble installert på

Nye Veiers kontor i Kristiansand i april 2019, og er siden noe oppdatert og justert basert på erfaringer gjort i felt. Oppdatert versjon installeres ved prosjektslutt.

2. Denne rapporten, som beskriver metodene som er anvendt, og som har hovedkonklusjoner og korte oppsummeringer for strekningene.
3. Et interaktivt ArcGIS produkt, der resultatene er presentert i kart, og med fakta-ark som fremkommer ved klikk på enkeltelementer i kartet. Denne digitale leveransen blir implementert i Nye Veiers kartløsning, for bruk ved Nye Veiers kontorer.

I tillegg er det levert rapporter på enkeltoppdrag (endringsordrer) underveis i prosjektet. Dette gjelder vurdering og sammenligning av to trasé alternativer for E16 Jessheim-Kongsvinger og vurdering av eksisterende steinsprangsikring og snødrift-problematikk for E6 Kvæangsfjellet, samt et bidrag til Nye Veiers innspill til 'Nasjonal Transportplan 2022-2033', på temaet 'Klimatilpasning'.

Underveis i prosjektet har i tillegg representanter for prosjektkonsortiet levert presentasjoner til forskjellige møter, samt delt informasjon med oppdragsgiver på et felles Sharepoint område.

2 Del 1; Vurdering av naturfare

2.1 Grunnlagsdata

Aktsomhetskartene for skred og flom, tilgjengelige på NVEs websider (<https://www.nve.no/flaum-og-skred/skrednett/>), er et viktig grunnlag for Del 1 analysene. Aktsomhetskartene er i hovedsak basert på en relativt grov terrenganalyse og numeriske utløpsberegninger (Tabell 2.1). De er som regel konservative, og er først og fremst ment å være et hjelpemiddel for norske kommuner, som, basert på aktsomhetssonene, kan angi behov for mer detaljert faresonekartlegging. For å komme fram til realistiske farenivå langs de undersøkte vei traséene i dette prosjektet, har det derfor vært behov for optimalisering i forhold til aktsomhetskartene. I det følgende beskrives grunnlaget for NVEs aktsomhetskart, samt hvilken metodikk som eventuelt er benyttet i dette prosjektet for optimalisering.

Tabell 2.1 Bakgrunnsinformasjon for NVEs aktsomhetskart for skred og flom.

Aktsomhetskart	Vises i kartet	Input data	Verktøy benyttet
Jord-/flomskred	Endelige soner for terskelverdisett (1-18)	Høydedata (DHM 10 m)	ArcGIS
	Kildeområder Skredutløp	Landsdekkende løsmassekart (Løsmasser N50/N250, NGU)	RiverTools v3.0
		Geomorfologiske tegn på historisk skredaktivitet (Norgei3D).	Norgei3D FlowR
Flom	Vannstand	Høydedata	
	Flomutsatte områder	Flomdata fra hydrologiske stasjoner	
Snøskred	Kildeområder	Terrengmodell 25x25 m	ArcGIS
	Utløpsområder		Empirisk alfa-beta metode
Steinskred / steinsprang	Kildeområder	Terrengmodell 25x25 m	ArcGIS
	Utløpsområder		Empirisk modell

2.2 Vurdering av snøskredfare

2.2.1 Formål og metodikk

Aktsomhetsområder (<https://www.nve.no/flaum-og-skred/skrednett/>) for snøskred viser potensielle løsneområder og utløpsområder for snøskred. Datasettet er tilpasset bruk sammen med N50 (1:50 000) bakgrunnsdata, og nøyaktigheten tilsier at man ikke bør benytte det sammen med bakgrunnsdata som inneholder bedre detaljeringsgrad enn dette. Skredfare knyttet til sørpeskred må vurderes særskilt, da kartene ikke gjelder sørpeskred.

For utarbeidelse av aktsomhetskartet er det brukt en landsdekkende terrengmodell (Statens kartverk) med oppløsning på 25x25 m, der datagrunnlaget hovedsakelig er basert på 20m koter. Kartene er utarbeidet ved bruk av en datamodell som ut fra helning på fjellsiden gjenkjenner terrenget der utløsning av snøskred er mulig. Fra hvert utløsningsområde beregnes utløpsområdet automatisk med empirisk alfa-beta metode (Lied & Bakkehøi, 1980). Effekten av lokale faktorer (for eksempel skog, utførte sikringstiltak o.l.) er ikke vurdert.

2.2.2 Optimalisering av snøskredkart

Aktsomhetskartet tar ikke hensyn til snøforhold, slik at kartlaget kan vise aktsomhetsområder selv i områder der det trolig ikke finnes nok snø til å danne et snøskred. Områder som dette bør derfor utelukkes.

Da modellen ikke tar hensyn til lokale faktorer som for eksempel skog, kan det reelle utløpsområdet være annerledes der det finnes tett vegetasjon. Det er mange faktorer som spiller inn når det gjelder skogens evne til å redusere utløsningen og utløpslengden til

skred. Skog har hovedsakelig en betydning for utløsning av skred. Effekten av skog på snøskred er i tillegg avhengig av treslag. Skogen danner et eget mikroklima, som påvirker snøens fysiske egenskaper i tillegg til at trestammene forankrer snødekket. Stammene bør være over 8-10 cm i diameter i brysthøyde, og en beregning utført av NGI peker på at det i en helning på 35° trengs 540 trær pr. dekar, med en diameter i brysthøyde på 10 cm, for å stabilisere snødekket. Effekten av skog nedenfor løsningsområdet er mindre, da skredet allerede har opparbeidet stor hastighet.

Behovet for å inkludere blant annet de faktorene som er nevnt ovenfor, tilstrekkelig snø og eventuell tilstedeværelse av skog, er bakgrunnen for utvikling av verktøyet NAKSIN.

NAKSIN

NAKSIN (Nye AktsomhetsKart for Snøskred I Norge) er et verktøy utviklet av NGI for å generere nye aktsomhetskart for snøskred. De nye aktsomhetskartene tar hensyn til de lokale klima- og vegetasjonsforholdene og er utviklet på oppdrag for Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). Skredets utløpsdistanse simuleres av beregningsprogrammet MoT-Voellmy som skal gjengi utløpsområdet. Utløpsområdet definerer aktsomhetssonen. Ved å implementere data som klima, terreng og skog (friksjons-koeffisientene avhenger bl.a. av klimaforholdene og skogegenskaper), vil de nye kartene fremstå mer realistisk enn de nåværende kartene. MoT-Voellmys kildekode er utarbeidet av NGI (Busengdal & Issler, 2018). Bruken av programvare med åpen kilde gjør at brukerne av NAKSIN ikke er avhengig av dyre lisenser for genereringen av de nye aktsomhetskartene. Det er lagt opp til at kommuner og rådgivende konsultantselskaper selv skal kunne utføre dette, hvor en viss forståelse og innsikt, samt kunnskap om spesielle skredhendelser i området er nødvendig. De nye aktsomhetskartene egner seg godt for å genereres i begrensede områder, som en enkelt kommune, eller som i dette prosjektet, langs vei-traséer. Generering av kartene skjer på en semi-automatisk måte, som krever at brukeren justerer noen manuelle parametere. Det vil i tillegg være noen valgmuligheter slik at snøskred eksperter kan oppnå best mulig resultater (Busengdal & Issler, 2018; Issler et al., under utarbeidelse).

NAKSIN er implementert i Python 3 ettersom de fleste geografiske informasjonssystemene (GIS) tilbyr et Python-applikasjonsgrensesnitt (API). MoT-Voellmy brukes som simuleringsverktøy, og kan enkelt startes fra en Python rutine. De geografiske inndataene (DTM, klima og skog) og NAKSINs utdata – aktsomhetskart – er alle rasterfiler i enten ESRI ASCII Grid eller BinaryTerrain 1.3 format (Issler et al., under utarbeidelse). Dette gjør visualisering i GIS enkel.

NAKSIN er fortsatt på utviklingsstadiet, men er tilstrekkelig testet, blant annet i en ny mastergradsoppgave ved Universitetet i Oslo (Busengdal, 2019) til at den er valgt som verktøy for snøskredanalysene i del 1 av dette prosjektet. Av hensyn til prosesserings-tiden er det valgt å gjøre analysene på en enkel måte, med færre simuleringer enn anbefalt f.eks. for et utviklingsprosjekt i en kommune. Imidlertid er alle potensielle snøskredområder som fremkommer fra analysene vurdert i felt. Om nødvendig er det kjørt ytterligere utløpsanalyser. Ytterligere beskrivelse av kjøringene med NAKSIN er gitt i kapittel 3.3.

2.3 Vurdering av steinsprangfare

2.3.1 Formål og metodikk

Aktsomhetskartene (<https://www.nve.no/flaum-og-skred/skrednett/>) viser potensielle løsneområder og utløpsområder for steinsprang. For analyseformål bør som hovedregel både utløsningsområder og utløpsområder benyttes sammen. For utarbeidelse av aktsomhetsområdene er det brukt en landsdekkende terrengmodell (Statens kartverk) med oppløsning 25x25 meter, der datagrunnlaget hovedsakelig er basert på 20 meters koter. Kartenes målestokk er 1:50 000, og med denne oppløsningen vises ikke løsneområder med mindre høydeforskjell enn 20 meter, og lokale skråninger med høydeforskjell på opptil 50 meter kan også falle utenfor aktsomhetssonene.

Aktsomhetsområdene er identifisert ved bruk av en datamodell som gjenkjenner mulige kildeområder (løsneområder) for steinsprang ut fra helning på terrenget og geologisk informasjon. Fra hvert kildeområde er utløpsområdet for steinsprang beregnet automatisk. Beregningene er basert på en empirisk modell utviklet av NGI, som er utviklet ved analyse av mer enn 120 undersøkte enkeltsprang. NGU har implementert modellen i GIS. Steinsprang løsner oftest i skråninger brattere enn 60° – 70°, men kan også skje i skråninger med slakere helning hvor andre faktorer spiller inn. En tommelfingerregel er at steinsprang kan passere foten av ura med en distanse tilsvarende 1/3 av fjellsidens høyde pluss 30m. Dette gjelder kun når fjellsiden er høyere enn 100 m og terrenget utenfor urfoten er slakt. Der terrenget er noe brattere utenfor urfoten (>15°) vil steinblokker kunne rulle lengre. Effekten av lokale faktorer som for eksempel skog er ikke vurdert.

2.3.2 Optimalisering av steinsprangkartene

Da aktsomhetskartet ikke tar hensyn til skog, er dette en faktor som kan være interessant å studere. Skog med en viss tetthet og trestørrelse kan bidra til å bremse steinsprangblokker, ved at enkeltblokker kolliderer med trestammer og på den måten taper energi. Dersom blokkstørrelsen er over ca. 5 m³, vil den dempende effekten av skogen være minimal. Skogen bør ha minst 100 m utstrekning i fallretningen, og trærnes diameter i brysthøyde bør være større enn 12 cm for å ha dempende effekt.

Skogen er ikke tatt inn i de automatiske beregningene (nedenfor) gjort for GIS analysene i del 1 av prosjektet. Imidlertid er alle potensielle steinsprangområder som fremkommer fra GIS analysen befart. Skog er da tatt hensyn til på en mer kvalitativ måte og påvirker den faregraden som fastsettes, og som benyttes videre i risikoanalysen.

Rockyfor3D

Modellering av steinsprang i Del 1 analysen langs angitte korridorer, er gjort med Rockyfor3D, en deterministisk, stokastisk modell som beregner utløp av steinsprang som enkeltblokker (Dorren, 2015). Blokkvolum og blokkform fastsettes, og utløpet som beregnes kan inkludere interaksjon med vegetasjon og evt. sikringstiltak.

Parametere som må inkluderes i modellen er:

- ↗ Antall simuleringer per celle
 - Antall blokker som simuleres fra hver celle i terrenngmodellen.
- ↗ Variasjon av blokkvolum (%)
 - Gir mulighet til å legge inn variasjon av forhåndsdefinert blokkvolum
- ↗ Ekstra startfallhøyde (m)
 - Blokker kan gis ekstra oppstarts-energi ved å gi dem ekstra fallhøyde i starten
- ↗ Terrenngmodell
 - Terrenngmodellen (raster) som ønskes brukt.
- ↗ Beregningsområde
 - Et polygon som definerer hvilket område beregningene skal kjøres for. Et enkelt polygon må være selektert. I dette prosjektet er kjøringene gjort langs korridorer på ca. 1km bredde.
- ↗ Bakketype
 - Definisjoner for bakketyper. Det er seks forskjellige forhåndsdefinerte bakketyper som det kan velges mellom, med ulike overflatekvaliteter.
- ↗ Løsneområde
 - Laget med definisjoner av potensielle utløsningsområder for steinsprang. Form og mål (lengde x bredde x høyde) på blokker må defineres for hvert løsneområde.
- ↗ Ruhet
 - Terrengets ruhet, angitt i prosentandel av størrelse på blokker innen bakketype-polygonet – 70%, 20% og 10% av blokktilfellene innen polygonet.

Modellen gir bl.a. resultat i form av *reach probability*, som gir en relativ sannsynlighet for hvordan terrenget bremses opp, sprer (eller styrer) blokkene. Hastighet og energi gir indikasjoner om rekkevidde. Av hensyn til prosesseringstiden er kjøringene noe forenklet. Nærmere beskrivelse av dette finnes i kapittel 3.2.

2.4 Vurdering av jord- og flomskredfare

2.4.1 NVE's aktsomhetskart; - metodikk

Aktsomhetskartene (<https://www.nve.no/flaum-og-skred/skrednett/>) viser potensielle utløpsområder for alle typer løsmasseskred (bortsett fra kvikkleireskred), små utglidninger og store flomskred i slake elveløp. Utløpsområdet dekker alle areal hvor skredet fortsatt inneholder en viss andel fast materiale som kan avsettes. Dersom vanninnholdet i skredet er veldig høyt, kan den mest vannholdige, tyntflytende delen av skredet i visse tilfeller flyte enda lenger. Riktig detaljeringsgrad vises når kartene betraktes i målestokk ca. 1:50 000.

Jordskred og små flomskred

Aktsomhetskartet er laget ved hjelp av to numeriske modeller (NGU, 2014):

- ↗ En for kildeområder
- ↗ En for skredutløp

Både identifiseringen av kildeområder og utløpsmodelleringen er basert på Kartverkets nyeste digitale høydemodell (DHM) med 10 m oppløsning. *Kildeområdene* blir identifisert ved hjelp av en empirisk tilnærming som analyserer tre topografiske egenskaper;

- ↗ Helningsvinkel
- ↗ Planarkurvatur
- ↗ Størrelse på det vanntilførende dreneringsområdet

Helningsvinkel og planarkurvatur beregnes med ArcGIS, mens vanntilførende område beregnes i RiverTools v3.0 (©Rivix, LLC; <https://rivix.com/>). En DHM-celle er regnet som et kildeområde når den oppfyller terskelkriteriene for alle de tre egenskapene samtidig. Terskelverdiene er tilpasset for ulike regioner som er inndelt etter prosedyrene beskrevet nedenfor.

Selve terskelverdiene er tilpasset forskjellige regioner i Norge, basert på topografiske, morfologiske og geologiske soneringsdata. Hvilke terskelverdier som skal benyttes, leses ut fra et soneringskart med 18 soner, som er laget ved å kombinere en DHM-datakilde, løsmasseklasse og skredaktivitetsklasse. *DHM-datakilden* skiller mellom områder som er basert på FKB-data og har høy kvalitet og områder som er avledet fra den landsdekkende 50x50 m DHM.

Da jord- og flomskred utløses i løsmasser, må startsonemodelleringen tilpasses løsmassetypene i området. Løsmassetypene hentes fra den nasjonale løsmassedatabasen ved NGU. Løsmassetypene er inndelt i 3 *løsmasseklasser* valgt med hensyn til hvor sensitive de respektive løsmassetypene generelt er for utløsning av jord- eller flomskred:

- ↗ Klasse I (mest sensitive): skredmateriale/skredavsetninger
- ↗ Klasse II (middels sensitive): øvrige løsmasser (morene, innsjø-/marine avsetninger, torv/myr/humus)
- ↗ Klasse III (minst sensitivt): bart fjell

Variasjoner i berggrunn og klima spiller også en stor rolle for potensialet av utløsning av jordskred. Norges landareal deles opp med hensyn til grad av synlige jord og flomskredspor, som et landsdekkende konsistent datasett av fortidens massebevegelsesaktivitet. Norgei3D (Norkart) brukes for visuelle analyser av landskapet, som er høyoppløselige flyfoto over hele landet drapert over en terrengmodell. Ut fra dette lages et datasett med områder delt inn i følgende *skredaktivitetsklasser*:

- 1) høy
- 2) middels
- 3) lav eller ingen jord eller-flomskredaktivitet.

Ved å kombinere DHM-datakilden, løsmasseklasser og skredaktivitetsklasser, får en det endelige soneringskartet med 18 soner/terskelverdisett som kan brukes i startsonemodelleringen (Figur 2.1).

		AKTIVITETSKLASS					
		HØY: 1	MIDDELS: 2	LAV: 3	HØY: 1	MIDDELS: 2	LAV: 3
LØSMASSEKLASS	SKREDAVSETN. : I	1 ° min: 23 ° max: 45 curv: -0.75 contr: 0.0045	4 ° min: 23 ° max: 45 curv: -1 contr: 0.007	7 ° min: 23 ° max: 45 curv: -1.1 contr: 0.008	10 ° min: 25 ° max: 45 curv: -0.5 contr: 0.006	13 ° min: 25 ° max: 45 curv: -0.6 contr: 0.008	16 ° min: 25 ° max: 45 curv: -0.7 contr: 0.01
	ØVRIGE LØSM. : II	2 ° min: 24 ° max: 45 curv: -1 contr: 0.007	5 ° min: 24 ° max: 45 curv: -1.15 contr: 0.0075	8 ° min: 25 ° max: 45 curv: -1.4 contr: 0.009	11 ° min: 25 ° max: 45 curv: -0.6 contr: 0.008	14 ° min: 25 ° max: 45 curv: -0.8 contr: 0.009	17 ° min: 25 ° max: 45 curv: -1 contr: 0.012
	BARTFJELL: III	3 ° min: 27 ° max: 45 curv: -1.5 contr: 0.01	6 ° min: 27 ° max: 45 curv: -1.7 contr: 0.012	9 ° min: 28 ° max: 45 curv: -2 contr: 0.015	12 ° min: 28 ° max: 45 curv: -1.2 contr: 0.01	15 ° min: 28 ° max: 45 curv: -1.5 contr: 0.015	18 ° min: 28 ° max: 45 curv: -1.5 contr: 0.02
		FKB			N50		
		DHM-datakilde					

Figur 2.1 Endelig terskelverdisett med 18 klasser i jordskred/små flomskred-startsonemodellen. Min og max er helningsvinkel i grader, curv. er planarkurvatur i m^{-1} , contr. er nedbørstilførende areal i km^2 (NGU, 2014).

Skredutløpet blir beregnet fra hver startsoner ved hjelp av en "multiple flow direction" modell i verktøyet FlowR, som tar hensyn til topografien langs utløpet. Med en probabilistisk metode beregner modellen i hvilken retning skredet beveger seg. Sikte vinkelen (gjennomsnittshelling mellom start- og slutt punkt for skredbanen) og en angitt kinetisk energibegrensning bestemmer skredets utløpsrekkevidde. Modelleringen tar ikke hensyn til vegetasjon og bebyggelse, og andre terrenginngrep som for eksempel skogsbilveger vil kun påvirke modelleringen av skredutløpet i den grad inngrepet synes i DHM.

Algoritmene for utløpslengden er enkle energibaserte beregninger som er basert på grunnleggende friksjonslover. De definerer hvorvidt skredet potensielt kan nå en annen celle, og kontrollerer dermed lengden av utløpet. I tillegg kan de redusere sidelengs spredning. Siden skredets masse er ukjent (modellen jobber kun etter topografiske basis-

data, uten informasjon om skredvolum eller masse) er modellen basert på en ligning for energi per enhet, endring i den potensielle energi og et konstant friksjonstap.

Mellomstore flomskred

Metoden ovenfor er for jordskred og små flomskred, og det er en egen utvidet metode for mellomstore flomskred. Dette er for å fange opp startsoner med større vanntilførende områder, i tillegg med lavere skråningsvinkel, som kan være typisk for mellomstore flomskred. I tillegg må kurvaturen være noe mer utpreget, som betyr at det fokuseres sterkere på kanaliserte skredtyper, som i et bekkeløp.

Den utvidede modellen er basert på samme prinsipp som for jord- og små flomskred. Terskelverdiene er dermed tilpasset for flomskred, og det brukes i tillegg en funksjon som beskriver forholdet mellom helningsvinkel og størrelse på det vanntilførende området. For mellomstore flomskred er det fremdeles nødvendig med ulike terskelverdi for de forskjellige aktivitetssonene, men det er ikke nødvendig med forskjellig terskelverdi for de ulike løsmassetypene eller DHM-sonene (Figur 2.2).

AKTIVITETSKLASS		
HØY: 1	MIDDELS: 2	LAV: 3
1	2	3
° min: 15	° min: 15	° min: 15
° max: 32	° max: 32	° max: 30
curv: -1.5	curv: -1.5	curv: -1.5
contr: 0.08	contr: 0.1	contr: 0.15

Figur 2.2 Terskelverdisett for startsonene i den utvidede modellen for mellomstore flomskred (NGU, 2014).

Løsmasseskred som ikke er inkludert i aktsomhetskart for jord- og flomskred

Overgangen mellom jord- og flomskred kan være flytende, og hver type skred kan i seg selv omfatte en rekke prosesser og variere i størrelse. Dette gjør det komplisert å modellere, da ikke alle prosesser fra små jordskred- til store flomskredhendelser kan dekkes av en modelleringsmetode (NGU, 2014). Modelleringsmetoden som er benyttet for å lage aktsomhetskart for jord- og flomskred viser derfor ikke store flomskred med høy vannandel i slake elveløp, kvikkleireskred eller små utglidninger.

2.4.2 Mulig forbedring av jord- og flomskredkartene

Etter noe testing ble aktsomhetskartene for 'mellomstore flomskred' valgt benyttet i GIS analysen i Del 1 av dette prosjektet. Våre vurderinger etter de første feltbefaringene, var at bruk av aktsomhetssonene for den lavere kategorien ga for konservative estimater, og dermed flere og større fareområder enn det som er realistisk. Videre optimalisering er mulig, og noen muligheter er kort beskrevet nedenfor, men disse er ikke utført her, i

hovedsak på grunn av at ytterligere optimalisering vil medføre lenger prosesseringstid, samt at alle strekningene blir befart i felt. Eventuelle lokaliteter med fare for jord- og flomskred som ikke er fanget opp av GIS analysen er også tatt med i de endelige resultatene etter befaringene.

Da modellen ikke tar hensyn til bebyggelse eller vegetasjon, kan det reelle utløpsområdet muligens være annerledes der det finnes tett vegetasjon/bebyggelse. Det er vesentlig større fare for jord- og flomskred på åpne flater enn i områder dekket av skog. På en hogstflate er stabiliteten av løsmassedekket redusert og fraværet av trær gir mindre oppbremsing.

Der det finnes terrenginngrep som for eksempel skogsbilveger som ikke synes i DHM, kan skredet ha et lengre utløp. Utløpsmodellering basert på N50-basisdata kan gi en lateral spredning av det berørte området, men har liten påvirkning på selve utløpslengden.

Terskelverdiene brukt for å bestemme kildeområdene i modellen er identifisert ut fra løsmassetype, terrenginformasjon og skredhistorikk. Denne informasjonen kan potensielt brukes til å lage en sannsynlighetsmatrise. For eksempel vil det trolig være større sannsynlighet for at det går skred i et kildeområde der det ofte har gått skred, enn i et der det aldri har gått skred. Det samme gjelder for et kildeområde i skredavsetning sammenlignet med et kildeområde i bart fjell, osv. Det er også mulig at en av de tre terskelverdiene (helningsvinkel, planarkurvatur eller areal nedbørfelt) er mer avgjørende for sannsynligheten for skred, slik at soner kan slås sammen og forenkles der en eller to av egenskapene har samme verdi (for eksempel klassene 9, 12, 15 og 18 dersom helningsvinkel er den egenskapen som er mest avgjørende (Figur 2.1)).

Dersom det eksisterer DHM med oppløsning på 1m for området, kan det være mulig å kjøre terskelverdiene mot en finere oppløsning for å eventuelt utelukke/snevre inn kildeområder. Dette forutsetter at soneringskartet med de 18 sonene er tilgjengelig.

Fjellskyggekart og skyggerelieff for DHM med 1m oppløsning kan brukes for å finne skredbaner og skredavsetninger som kan brukes i tillegg til dokumentert skredhistorikk for å estimere gjentaksintervall. For inkludering av klimadata kan det sees på forventede returperioder for ekstremvær som kraftig nedbør, som kan gi en indikasjon på hvor ofte man kan forvente et jord- eller flomskred trigget av kraftig nedbør. Dette vil være mest aktuelt for mindre lokaliteter der en ønsker å gjøre mer detaljerte undersøkelser.

2.5 Vurdering av fare for kvikkleireskred

2.5.1 Datagrunnlag og metodikk.

For at det skal gå kvikkleireskred, må to premisser oppfylles; det må være kvikkleire (eller det som kalles sprøbruddmateriale, heretter kun kalt kvikkleire) til stede, og topografien må ligge til rette for at det skal kunne gå skred. Siden Rissa-skredet i 1978 har det vært gjennomført en omfattende kartlegging for identifisering av store potensielle

kvikkleireskred, i første rekke i Trøndelag og på Østlandet, men i de senere årene er områder også i Nord-Norge og på Sørlandet inkludert. Fremdeles er det dog store områder som ikke er kartlagt.

GIS metodikken som er utviklet i dette prosjektet tar hensyn til de ovennevnte problemstillingene. Datagrunnlaget som ligger til grunn for analysene består derfor av følgende elementer:

- ↗ Identifiserte kvikkleirefaresoner med lav, middels eller høy faregrad (<https://www.nve.no/flaum-og-skred/skrednett/>). I de fleste tilfelle er disse faresonene basert på relativt lite datagrunnlag (én boring), men i enkelte tilfeller finnes det mye data.
- ↗ Løsmassekart fra NGU (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>) angir kartlagte løsmasser for hele landet. I dette prosjektet er områder klassifisert som marine sedimenter (oftest leire) betraktet som potensielle områder med kvikkleire. I tillegg er elv/breelv-sedimenter og flomavsetninger inkludert når disse ligger under marin grense, fordi marine sedimenter kan finnes under disse.
- ↗ Topografiske kart. Hvilken skråningshelning som er kritisk mht. stabilitet med påfølgende kvikkleireskred avhenger av de geotekniske egenskapene til jorda, samt hvilke mekanismer som potensielt kan utløse et skred (erosjon, ugunstig pålasting/avlastning). Når det gjelder hvor langt et kvikkleireskred kan bre seg bakover (utløsning), er en tommelfingerregel at et kvikkleireskred kan gå 15 ganger skråningshøyden eller i en helning på minst 1:15 (3.8 grader) for slakt hellende terreng. Som en kombinasjon av disse forholdene, er områder med helning brattere enn 1:5 (11.3 grader) benyttet for analysene i dette prosjektet.

2.5.2 Optimalisering

Da det ikke er aktsomhetskart som ligger til grunn for kvikkleire vurderingene i Del 1, har det ikke vært behov for noen optimalisering utover det som er beskrevet over.

2.6 Vurdering av flomfare

2.6.1 Formål, datagrunnlag og metodikk

Aktsomhetskartet (<https://www.nve.no/flaum-og-skred/skrednett/>) viser hvilke områder som potensielt kan være flomutsatt. Riktig detaljeringsgrad vises når kartet betraktes i målestokk ca. 1:50 000. Aktsomhetskartene sier ikke noe om sannsynlighet og kan derfor ikke benyttes etter sikkerhetskravene i Byggeteknisk forskrift (TEK 17).

Aktsomhetskartene for flom er basert på terrengmodeller og flominformasjon fra over 300 hydrologiske stasjoner og areal til nedbørfeltene. Metoden er basert på antakelsen at vannivå kan beregnes uten å bruke detaljerte hydrologiske eller hydrauliske beregninger, og det tas utgangspunkt i at vannstanden er en funksjon av feltareal, effektiv sjøprosent og avrenning. For dette benyttes det tre ulike ligninger tilpasset størrelsen på

nedbørfeltet til elva, der vannstanden (dH) beregnes som en funksjon av areal, og som funksjon av areal, avrenning og sjøprosent:

- 1) a) 0-1 km²: dH(m) = 2
 b) $dH(m) = 2,83 + 0,00027 \cdot \text{Areal} + 0,0009 \cdot \text{Avrenning} - 0,15 \cdot \text{Sjø\%}$
- 2) a) 1-500 km²: dH(m) = $0,965 \cdot \ln(\text{Areal}) + 2$
 b) $dH(m) = 2,83 + 0,00027 \cdot \text{Areal} + 0,0009 \cdot \text{Avrenning} - 0,15 \cdot \text{Sjø\%}$
- 3) a) >500 km²: dH(m) = 8
 b) $dH(m) = 6,83 + 0,00027 \cdot \text{Areal} + 0,0009 \cdot \text{Avrenning} - 0,15 \cdot \text{Sjø\%}$

NVE benytter av praktiske årsaker ligningen med feltareal som eneste parameter ved utarbeiding av aktsomhetskart (ligningene 1a, 2a, 3a), som betyr at for felt mindre enn 1 km² settes vannstandsendingen (dH) til 2 meter. For felt større enn 500 km² settes dH til 8 meter. For felt mellom disse størrelsene beregner NVE dH ved ligning 2a. Ligningene 1b, 2b og 2c benyttes til mer nøyaktige estimater av vannstandsendingen dH.

Ligningene er utredet fra målestasjoner ved å se på sammenhengen mellom vannstandsending og feltareal. For dette er det benyttet en lineær regresjonsanalyse der resultatene viser en moderat sammenheng med forklart varians (R²) verdier fra 0.3 til 0.5. Avvikene i vannstandsending i aktsomhetskartene sammenlignet med flomsonekart og NVE sine målestasjoner er mellom 2 og 4 meter. Det er utviklet en egen metode som bruker de beregnede vannivåene til å interpolere en flomslette. Ved å kombinere flomsletten med den digitale terrengmodellen (DTM) er det mulig å finne de potensielt flomutsatte områdene.

2.6.2 Optimalisering av aktsomhetskartene for flom

Da eneste parameter som benyttes for utarbeiding av aktsomhetskart er feltarealet, og ligningene er utredet fra sammenheng mellom vannstandsending og feltareal der det allerede eksisterer måledata, vil det trolig være utfordrende å modifisere aktsomhetskartet.

Flomsonekart er basert på statistisk analyse av historiske flommer, elvas topografi og hydraulisk modellering som beregner vannstander ved ulike flomstørrelser. Deretter finnes vanndekket areal ut fra beregnet vannstand ved bruk av en digital terrengmodell i GIS. Hydraulisk modellering i for eksempel HEC-RAS av enkelte områder vil dermed være en mulighet for modifisering av aktsomhetskartene, men dette er ikke utført i dette prosjektet.

2.7 Vurdering av fare for vind og snødrift

2.7.1 Datagrunnlag og metodikk

Vind og snødrift kan skape utfordringer for trafikken. Kraftig sidevind på utsatte steder er viktig å kartlegge, samt at kombinasjonen snø og vind vil kunne gi dårlig sikt, slik at veien må stenges i perioder. Redusert sikt på grunn av snø kan forekomme under snøvær, men ofte også når det er tørr snø på bakken kombinert med vind.

Vindanalysen fra Kjeller Vindteknikk (KVT) baserer seg på simuleringer med en numerisk værvarslingsmodell, Weather Research and Forecasting model (WRF). Det er tidligere utført ett år med simuleringer for hele Norge i 1 km x 1 km horisontal oppløsning, hvor timesverdier er lagret. Disse datasettene kombineres med en 39 år lang modellsimulering (1979 – 2018) i 4 km x 4 km oppløsning, gjennom en langtids-korrigeringsmetode kalt kvantil-regresjon (Liléo et al., 2013). Dette gir timesverdier for horisontal oppløsning på 1 km x 1 km.

Nærmest bakken beregner WRF-modellen meteorologiske parametere i ca. 18 m og 58 m høyde. Ved å benytte vindprofilen for de ulike tidspunkter kan vinden i 10 m høyde estimeres. Resultatene er bilineært interpolert til et 500 m x 500 m grid som dekker hele Norge, men er basert på 1 km x 1 km data.

Kraftig vind på utsatte steder

Det er vanlig at broer stenges ved målt 10-minutters middelvind over 25 m/s. En modell på 1 km x 1 km oppløsning med verdier for hver hele time vil ikke fange opp alle lokale variasjoner og forsterkninger, så det er rimelig å benytte en lavere terskelverdi, for eksempel 15 m/s eller 20 m/s. Forekomsten av vind over terskelverdier mellom 8 m/s til 20 m/s er produsert. En middelvind på 15 m/s er her valgt for ikke å undervurdere effekten av sidevind. Dersom modellresultatene evalueres mot målinger, kan denne terskelverdien justeres.

Snødrift

Vinden på timebasis er videre kombinert med snødata fra senorge.no. Snødataene angir mengden snøfall per dag. Vi antar at snøen kan virvles opp av moderat vind dersom det er tre eller færre dager siden snøfall. Har det gått lenger tid enn dette antas det at snøen har satt seg nok til at vinden ikke virvler den opp. En typisk moderat vindhastighet hvor snødrift kan oppstå er 7-8 m/s i 10 m høyde. Basert på typiske vertikale vindprofiler ved vindhastigheter rundt 10 m/s kan også 9 m/s for vinden i 18 m høyde benyttes. Analysert forekomst av vind over disse terskelverdier kombinert med snøfall siste tre dager, gir forekomst av snødrift.

Denne metoden er konservativ, da den ikke tar hensyn til temperatur og at snøen kan være eller bli våt nok til å ikke drifte. Metoden fanger heller ikke opp tilfeller hvor det kommer regn etter en periode med snø.

2.8 Vurdering av stormflo

Stormflo er en faretype som i fremtiden kan bli enda mer aktuell, gitt havnivåstigningen frem mot slutten av dette århundret sammen med mulig hyppigere og mer intense stormer. Det er imidlertid kun gjort en kvalitativ vurdering av denne faren, da det kun er en kort strekning langs E6 Kvænangsfjellet som vil kunne påvirkes av stormflo i dette prosjektet (stormflo kan riktignok også påvirke elveflom på strekningen Kvål – Melhus). Ett faresegment for stormflo er således lagt inn i den vestre enden av traséen langs E6 Kvænangsfjellet. Dette er markert som flom, da stormflo foreløpig ikke er blant de valgbare faretypene. Dette forklares i 'faktaarket' på det aktuelle faresegmentet. Langs fjorden i østenden er faren for stormflo neglisjert da traséen ligger tilstrekkelig høyt over havet. Ved eventuelle nye prosjekter, der veien legges nær sjøen, kan det vurderes å implementere en metodikk også for vurdering av stormflo. De regionale oversiktene fra Kartverket kan ikke benyttes direkte da de ikke tar hensyn til lokale effekter av oppstuvning og vindbølger.

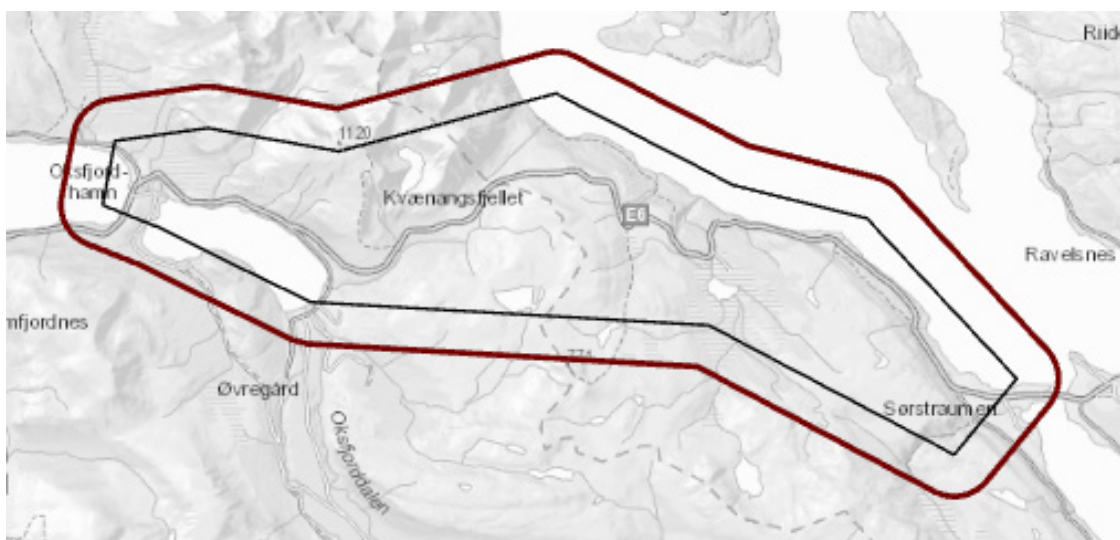
3 GIS-analysen (Del 1)

3.1 Innledning

Hele analysen skjer kun innenfor et angitt polygon. Polygonet kan være en "offisiell" veikorridor, eller et brukeren har laget selv. I tillegg er det mulighet å angi en bufferavstand, slik at det opprinnelige polygonet blir utvidet (Figur 3.1). Dette kan være nødvendig for å få med seg kildeområder for skred som ligger utenfor det egentlige analyseområdet. Dersom polygonet i utgangspunktet er laget slik at relevante utløsningsområder allerede er innenfor, kan bufferavstanden settes lavt.

Innenfor det endelige analyseområdet utføres analyser for 6 ulike naturfarer (stormflo kan inkluderes senere om ønskelig):

- ↗ Steinsprang
- ↗ Snøskred
- ↗ Kvikkleire
- ↗ Jord- og flomskred
- ↗ Flom
- ↗ Vind- og snødrift



Figur 3.1 Eksempel på analyseområde (svart) med buffer (rød) for E6 over Kvænangsfjellet. Bufferavstanden er her 1 km.

Metodikken for hver enkelt faretype varierer, avhengig av tilgjengelige landsdekkende data, karakteristika for faretypene og muligheten for å utføre optimalisering innen verktøyet (Kap. 2).

- Steinsprang: Det utføres dynamiske analyser ved hjelp av programmet RockyFor3D
- Snøskred: Det utføres dynamiske analyser ved hjelp av programmet NAKSIN.
- Jord/-flomskred: Gradering av aktsomhetskart ut fra helning, samt økt flomskredfare langs bratte elver.
- Flom: Gradering av aktsomhetskart ut fra flomhøyde, samt flomsoneer fra beregninger (flomsonekartlegging gjort av NVE)
- Kvikkleire: Analyse basert på marin grense, potensiell tilstedeværelse av marine sedimenter, helning og kartlagte faresoner
- Vind/snødrift: Antall dager med vindhastighet over en terskelverdi, med eller uten snø tilgjengelig

Fareklasser

I GIS analysen gjøres en klassifisering av fare i tre klasser, 1 (lavest) til 3 (høyest) (0 betyr minimal fare). Fareklassene defineres noe forskjellig ut fra faretype og dette forklares under beskrivelsen av faretypene (nedenfor). Fareklassene 1-3 angir ikke sannsynlighet, men kun en 'semi-kvantitativ' vurdering av faren. Dette gir så grunnlag for videre analyser og feltbefaringer der særlig fokus er lagt på strekninger med faregrad 2 og 3 fra GIS analysen, selv om de aller fleste strekninger med faregrad 1 også ble vurdert i felt.

3.2 Steinsprang

Data som er benyttet:

- ↗ Terrengmodell 10m
- ↗ Løsmassekart fra NGU

RockyFor3D (RF3D) kjøres med '*Rapid automatic simulation*'. Her er terrengmodellen input, og en del parametere settes med faste verdier:

- ↗ Bergtetthet: 2700 kg/m³
- ↗ Blokkdimensjon: 1m x 1m x 1m
- ↗ Blokkform: Rektangulær

Utløsningsområder, bakketype og ruhet finner RF3D automatisk ut fra helningen.

Resultatet fra RF3D er '*Reach Probability*' (RP), i prosent.

Tabell 3.1 Inndeling av fareklasser for steinsprang, basert på Reach Probability fra kjøring med Rockyfor3D.

Fareklasse	Inndeling
3	RP > 70 eller RP 40-70 og registrert skredavsetning eller helning > 44°
2	RP 40-70 eller RP < 40 og registrert skredavsetning
1	RP < 40
0	Ingen RP

Definert som skredavsetning (fra NGUs løsmassekart):

- ↗ Skredmateriale
- ↗ Fjellskredavsetning
- ↗ Steinsprangavsetning
- ↗ Fjellskred-/steinsprangavsetning
- ↗ Jordskred- og steinsprangavsetning

Etter de første feltbefaringene ble de lengste steinsprangutløpene vurdert som urealistiske. Det ble derfor satt en nedre grense på RP=20%, og alt med lavere RP enn dette ble klassifisert med minimal fare (0).

3.3 Snøskred

Data som er benyttet:

- ↗ Terrengmodell (oppløsning 10m)
- ↗ Skog (SAT-SKOG) (oppløsning 25m)

NAKSIN kjøres opptil 3 ganger med varierende gjentakintervall og antall Monte Carlo simuleringer.

- ↗ Run1: 100 år / 100.000
- ↗ Run2: 30 år / 30.000
- ↗ Run3: 10 år / 10.000

Normalt kjøres NAKSIN med 1.000.000 simuleringer. Dette er redusert her for å redusere prosesseringstiden, og gjentakintervallet er redusert for å "kompensere" for dette. Run2 kjøres bare dersom Run1 førte til snøskred innenfor analyseområdet, og Run3 kjøres bare dersom Run2 ga resultat.

Tabell 3.2 Inndeling i fareklasser for snøskred, basert på kjøring av NAKSIN.

Fareklasse	Inndeling
3	Snøskred i Run3
2	Snøskred i Run2
1	Snøskred i Run1

3.4 Kvikkleire

Data som er benyttet:

- ↗ Terrengmodell (oppløsning 10m)
- ↗ Helning (oppløsning 10m)
- ↗ Marin grense
- ↗ Løsmassekart (NGU)
- ↗ Kvikkleirefaresoner

Tabell 3.3 Inndeling i fareklasser for kvikkleireskred.

Fareklasse	Inndeling
3	Kvikkleirefaresone med fareklasse 2 eller 3 (middels eller høy)
2	Kvikkleirefaresone med fareklasse 1 eller under marin grense, marine/elveavsetninger og helning >1:5 (11.3°)
1	Under marin grense og marine/elveavsetninger og helning < 1:5 (11.3°)
0	Over marin grense - ikke marine avsetninger

Definert som elve-/marine avsetninger i NGUs løsmassekart (koder fra NGU):

- ↗ Breelavavsetning (kode 20)
- ↗ Hav og fjordavsetning (kode 40,41,43)
- ↗ Elve- og bekkeavsetning (kode 50)
- ↗ Flomavsetning (kode 54)
- ↗ Marin strandavsetning (kode 42)

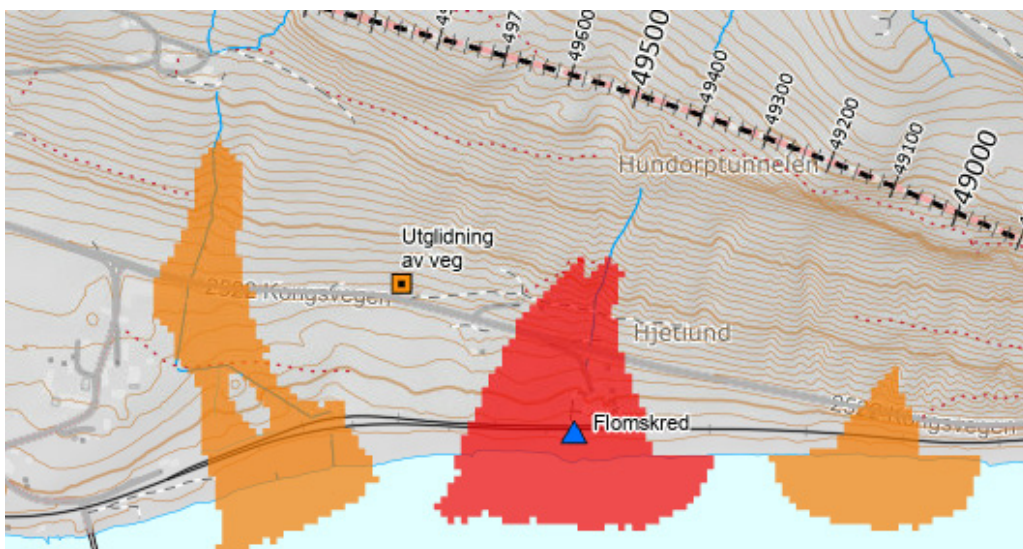
3.5 Jord-/flomskred

Data benyttet:

- ↗ Aktsomhetssoner for mellomstore flomskred
- ↗ Klassifisert aktsomhetskart jord-/flomskred pr vassdrag, med klassifisering fra 1 (lavest) til 4
- ↗ Skredhendelser med relevant skredtype

Tabell 3.4 Inndeling i fareklasser for jord- og flomskred.

Fareklasse	Inndeling
3	Aktsomhetszone og relevant skredhendelse innenfor 50 meter fra sonen
2	Aktsomhetszone og aktsomhetsklasse 3 eller 4
1	Aktsomhetszone og aktsomhetsklasse 1 eller 2



Figur 3.2 Eksempel på fareklassifisering av flomskred. Fareklasse 3 (rød) og 2 (oransje).

I eksempelet i Figur 3.2 er aktsomhetssonen innenfor et vassdragsområde klassifisert som 3 eller 4. Dette gir en fareklasse på 2 (Tabell 3.4). Det er imidlertid en historisk flomskredhendelse innenfor en av aktsomhetssonene, som gir en økning av fareklassen til 3.

3.6 Flom

Data som er benyttet:

- ↗ Aktsomhetskart flom
- ↗ Faresoner (gjentaksintervall 200 år)
- ↗ Maksimal vannstandstigning (raster 25m)

Tabell 3.5 Inndeling i fareklasser for flom

Fareklasse	Inndeling
3	Innenfor faresone eller aktsomhetszone og maksimal vannstandstigning 5 - 8m
2	Aktsomhetszone og maksimal vannstandstigning 2.5 - 5m
1	Aktsomhetszone og maksimal vannstandstigning 2 – 2.5m

Det er valgt å dele inn aktsomhetskartene inn i 3 fareklasser (Tabell 3.5) ut fra feltstørrelse/vannstandstigning for å kunne få et inntrykk av størrelsen på vassdraget. Ved å velge f.eks. veitrase gjennom mindre felt kan flomvolumet og omfanget bli mindre ved flom. Fareklassene sier ikke noe om sannsynlighet og kan derfor ikke benyttes etter sikkerhetskravene i Byggeteknisk forskrift (TEK 17).

Aktsomhetsområdene for flom er produsert på bakgrunn av hydrologisk modeller og terrenghelning, basert på erfaring fra norske vassdrag og en digital terrengmodell med vannstandsstigning (dH) for en 500 års flom. Regresjonsanalysen dekker 98% av alle hendelser og vil dermed kunne gi en overestimert av vannstandsstigning for alle vassdrag. Med tanke på målet med aktsomhetsområdene blir dette sett på som en fordel snarere enn en ulempe (NVE, 2011). Det er derfor av praktiske årsaker satt en øvre og nedre grense. For felt mindre enn 1 km² settes vannstandsendingen (dH) til 2 meter og for felt større enn 500 km² settes dH til 8 meter. Se kap. 2.6.1.

3.7 Vind / snødrift

Data som benyttes:

- ↗ Snødrift: Antall dager med vind over 12 m/s hvor det har snødd i løpet av siste tre dager
- ↗ Vind: Antall dager med vind over 15 m/s hvor det ikke har snødd i løpet av siste tre dager

Begge disse datasettene har en oppløsning på 500m.

Siden det ikke er satt noen nedre grense for snømengde, og det ikke skiller på våt og tørr snø, så er det valgt en noe høy vindstyrke for å vurdere snødrift (12 m/s). Velges en lavere vindstyrke vil forekomsten sannsynligvis bli høyere enn ventet. Det må presiseres at forekomsten er anslagsvis, og ikke er verifisert mot målinger.

Antagelsen her er at vindhastighetene angitt vil føre til stengning av vei. Dette kan enkelt justeres, siden vi har data for alle vindhastigheter mellom 8 m/s og 20 m/s.

Verdien for disse to summeres for hver celle/piksel, og fareklassen (Tabell 3.6) settes ut fra dette.

Tabell 3.6 Inndeling i fareklasser for vind med snødrift.

Fareklasse	Antall dager med vind over kritisk grense
3	Over 10 dager pr år
2	6 – 10 dager pr år
1	2 – 6 dager pr år

For E6 Kvæangsfjellet er benyttet snøfall kombinert med vind > 9m/s, uavhengig av retning som kriterium for snødrift (Kap.6.2).

3.8 Validering av Del 1 analysene - Test mot områder med nye faresonekart

Hele Norge er dekket av aktsomhetskart for snøskred, steinsprang, samt jord- og flomskred. Disse er generert utelukkende på bakgrunn av terrengmodeller med relativt lav oppløsning og numeriske modeller for skredutløp. Befaring er ikke gjennomført. Aktsomhetskartene er ment å angi hvor mer detaljert faresonekartlegging er nødvendig i forbindelse med f.eks. byggesaker eller reguleringsplaner. NGI har utført faresonekartlegging for skred i forskjellige grader av detalj i store deler av landet. Detaljeringsgraden for disse kan variere fra 1:5000 for reguleringsplaner og byggesaker, til 1:50000 for kommunenes arealplanlegging. I alle tilfellene er områdene grundig befart, og detaljeringsgraden er langt høyere enn i aktsomhetskartene.

GIS analysene i dette prosjektets Del 1, kan ansees å være en kraftig forbedret versjon av aktsomhetskartene, i og med at optimalisering er gjort for flere av faretypene, men områdene er fortsatt ikke befart eller har vært gjennom samme grad av detalj-vurderinger som faresonekartene. GIS analysen kjøres i et gitt polygon. Dette trenger ikke å være langs en vei, men kan være et hvilket som helst område. Faresonekartene er derfor godt egnet for validering av GIS-analysen. Vi anvendte derfor verktøyet på noen utvalgte områder der NGI har gjort faresonekartlegging for skred, på oppdrag fra NVE. De valgte områdene var Kvæangsfjellet og området mellom Kvam og Otta i Gudbrandsdalen, med hensikt å dekke forskjellige skredtyper i noe ulike klimasoner. Alle områdene var kartlagt på bakgrunn av kombinasjoner av feltbefaringer, terrenganalyse, klimaanalyser og historiske data.

Disse første vurderingene viste at GIS analysene ga akseptable, men noe konservative estimater av skredfare i forhold til faresonekartene. Med unntak av den tidligere nevnte avgrensingen på utløp av steinsprang, der RP <20% kuttet, førte ikke sammenligningen med faresonekartene til endringer i metodikken.

4 Del 2; Feltarbeid, andre data, modellering og klima-analyser

4.1 Feltbefaringer

Feltbefaringer er utført i perioden mai-august 2019. Alle veistrekningene er befart med fokus på så vel skredfare (alle skredtyper) og flom. Forskjellige team har vært på befaring gjennom perioden. HydraTeam AS har hatt ansvaret for flombefaringene, mens NGI har foretatt alle befaringer som gjaldt skred. NGI har også avhjulpet HydraTeam med flombefaringer langs enkelte strekninger, av hensyn til kapasitet hos HydraTeam. De to NGI medarbeiderne som har gjort flombefaringer hadde først en dag i felt med HydraTeam, før de har gjort befaringer på egen hånd. Alle flomvurderinger er kvalitets-sikret av HydraTeam. For vind ble det vurdert at fysiske befaringer ikke var nødvendige, men evaluering av terrenget ved hjelp av kart er gjort for alle strekninger. Vi har vurdert mulig kritiske punkter (utsatte lokaliteter, hovedsakelig bruer og tunnelpåhugg) basert på det Nye Veier AS har markert på kart. Her kan mer detaljerte analyser være nødvendig i forbindelse med endelig plassering og prosjektering. Metoden for detaljert vindevaluering er beskrevet i Kapittel 4.1.2.

4.1.1 Skred- og flombefaringer

Forberedelsene til og gjennomføringen av befaringene fulgte følgende prosedyre:

- Utarbeidelse av kartgrunnlag fra Del 1 analysene. Arbeidskart ble produsert i georeferert pdf format og hentet inn i programmet 'Avenza Maps' på felt-nettbrett. Det ble produsert ett sett med kart for hver relevant faretype, samt et sett med aggregerte farer. GIS analysene ble gjort langs senterlinjer levert fra Nye Veier, der planlagte tunneler og bruer var markert (men i noe varierende grad). NGI la selv på en metring langs traseen, og alle feltregistreringer er basert på denne metringen.
- Planlegging av befaringen, basert på gjennomgang av kartene fra GIS analysen (over). Dette innebar også etablering av Excel tabeller for rapportering av alle observasjoner fra befaringene. Excel tabellene er grunnlaget for all informasjon som senere inngår i den digitale leveransen. Tabellene er lagt opp for enkel registrering, med forhånds-definerte klasser for de fleste parametere, organisert som 'plukkklister' (Figur 4.1). Dette gjorde rapporteringen fra feltbefaringene raskere, samt at det også bidrar til en mer enhetlig rapportering fra de forskjellige felt-teamene.
- Befaring i felt. Teamene besto oftest av to personer. De fleste lokaliteter som ble registrert med fare i Del 1 GIS-analysen ble befart. I tillegg ble også noen få segmenter der GIS-analysen ikke indikerte fare, også befart. Hovedvekten ble lagt på lokaliteter med faregrad 2 eller 3 fra GIS analysen, men mange med laveste faregrad ble også inspisert. Kun lokaliteter som var spesielt vanskelige å nå, ble utelatt, da disse ville tatt uforholdsmessig lang tid. Slike lokaliteter ble imidlertid enten vurdert med kikkert fra avstand der dette var mulig, og ellers vurdert basert på tilgjengelig informasjon fra kart og flyfoto. Alle feltnotater og

fotos ble registrert i Avenza Maps på nettbrettene, og lastet opp til server etter hjemkomst.

- Innlegging av informasjon i Excel-arkene ble i stor grad gjort underveis i befaringene, men det ble også gjennomført en samlet gjennomgang og egen kvalitetssikring etter hver endt befaringsdag, samt tilbake på kontoret etter endt befarung. Til dette ble fotos og notater gjort under befaringene benyttet.
- Kvalitetssikring av registreringene er utført før de inngår i den endelige ROS analysen. Dette har vist seg nødvendig fordi forskjellige felt-team kan ha noe avvikende oppfatning av enkelte av parameterne som registreres, samt at det har vært nødvendig å redigere notater som legges inn i Excel filene, da dette kommer som informasjon i den endelige digitale leveransen.

4.1.2 Vind og snødrift

I befaringen for vind og snødrift er det i første omgang gjort en erfaringsbasert vurdering hvordan topografieeffekter (kanalisering, forsterkning, virvelavløsning, etc.) påvirker vindfeltet langs alle strekningene. Hensikten er å identifisere områder der det kan være problematisk med vind på tvers av veibane (særlig ved tunnelåpninger). Mulighet for snødrift er også vurdert for alle strekningene.

Etter den første analysen trekkes det ut modelldata for de potensielt problematiske strekningene, for ulike høyder (20, 40, 60, 80, 100 m). Dataene med 1 km horisontal oppløsning langtidskorrigeres som forklart i kapittel 3.7. Dataanalysen her benytter dermed mer detaljerte data i ulike høyder, sammenlignet med GIS-analysen beskrevet i kapittel 3.7. Modelldataene analyseres mer i detalj, hvor f.eks. frekvensen av sterk vind på tvers av veibanen kvantifiseres. Det er benyttet 25 m/s som grenseverdi (10-minutters middelvind), og modelldata er her tatt ut i representativ høyde (ca. bru-høyde er benyttet) slik at også vindkast kan vurderes.

Strekninger som stort sett er skjermet for vind på tvers av veibanen har vi vurdert som normale uten videre spesifiseringer. Kun utsatte strekninger er vurdert, og disse sammenfaller ofte med plassering av broer. Lave broer i skjermet terreng er dermed ofte vurdert som uproblematiske. Det må allikevel bemerkes at ekstremvær som f.eks. en 100-årsvind i prinsippet kan være problematisk i de fleste områder. Dette har imidlertid ikke vært fokuset i denne analysen.

For noen få strekninger er det vurdert at snødrift eller snøfokk kan forekomme. Dette er gjort ved å vurdere snø fra modellen med 4 km horisontal oppløsning kombinert med vind over 9 m/s på tvers av veibanen.

Varigheten av stenging på grunn av vindrelaterte hendelser er oftest kort (noen timer). I analysen er det derfor benyttet akkumulert tid innen hendelsesintervallet, oppgitt i antall dager: Det vil si at om hendelsen skjer oftere enn hvert fjerde år, så er tiden oppgitt i dager per fire år. Skjer hendelsen i 4-20 år, så er tiden oppgitt i dager per 20 år.

4.2 Sannsynligheter, nedetid og mulige tiltak

For en samlet ROS analyse vurderes alle farene, klassifisert som 1-3 i alvorlighetsgrad, som sannsynligheter eller antatt gjentakintervall. For videre vurdering av konsekvensen av hendelser, er det også nødvendig å gjøre vurdering av sannsynlig nedetid (stengt vei). I dette prosjektet ble konsekvenser vurdert kun i forhold til a) økonomisk kostnad ved stengt vei/vesentlig reduksjon i fremkommelighet og b) konsekvens for samfunnsikkerhet (Kap. 0). Antatt nedetid for veien ved en hendelse er videre vurdert ut fra hva slags hendelse det er snakk om, og til slutt er det gjort relativt grove vurderinger av hva et konkret tiltak, som f.eks. steinspranggjerdning, flomvoll, e.l., vil koste for det aktuelle faresegmentet. Disse tre parameterne, sannsynlighet, antatt nedetid og kostnad for tiltak, er lagt opp som plukkilister i Excel-ark som benyttes under feltbefaringene (Figur 4.1).

4.2.1 Sannsynligheter

Sannsynlighetsklassene defineres slik at de er i tråd med gjeldende praksis og lovverk. Plan og Bygningslovens Byggteknisk forskrift, TEK 17, omfatter krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger ved utbygging og spesifiserer største tillatte nominelle sannsynligheter for flom og skred.

For skred, der sikkerhetskravene er strengest, tar TEK 17 utgangspunkt i sannsynlighet for hendelse mot en 30 m bred sone (en standard tomte-bredde), mens vi i dette arbeidet har valgt å vurdere sannsynlighet mot vei pr. kilometer. Det er derfor gjort omregninger av tillatt sannsynlighet pr 30 m til tillatt sannsynlighet pr. kilometer under ulike antagelser (knyttet f.eks. til skredbredde). Det er også lagt til sannsynlighetsklasser som er høyere enn det som tillates for flom og skred i TEK 17, for å kunne vurdere sannsynligheter for andre naturhendelser, som er mindre alvorlige, men som skjer hyppigere. Hver sannsynlighetsklasse representerer en sannsynlighet, som er omtrent 5 ganger så høy som i klassen under. Vi har klassifisert alle hendelser med en sannsynlighet fra svært lav til svært høy (Tabell 4.1).

FRA (meter)	TIL (meter)	FARETYPE	SANNSYNLIGHET	VARIGHET	STENGNING	TILTAK	TILTAKSKOSTNAD	KOMMENTAR
2000	2300	Steinsprang	2 - Hvert 4-20 år	1-2 dager		Steinsprang gjerdning	Høy: > 1 million	
7630	7700	Jordskred	4 - Hvert 100-500 år	3-4 dager		Støtteforbygning	Middels: 100.000 - 1 million	

FARETYPE	SANNSYNLIGHET	STENGETID	TILTAK	TILTAKSKOSTNAD
Flom	1 - Ofteere enn en gang hvert 4. år	1-2 dager	Bolting/rensk/nett	Lav: < 100.000
Flomskred	2 - Hvert 4-20 år	3-4 dager	Steinsprang gjerdning	Middels: 100.000 - 1 million
Jordskred	3 - Hvert 20-100 år	5 dager - 3 uker	Kanalisering	Høy: > 1 million
Kvikkleire	4 - Hvert 100-500 år	3 uker - 3 måneder	Sedimentnett	
Steinsprang	5 - Sjeldnere enn hvert 500 år	Over 3 måneder	Støtteforbygning	
Snøskred			Erosjonssikring	
Sørpeskred			Planering/motfylling	
Vind/snødrift			Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	
			Voll	
			Innløpskontroll for bekk	
			Kulvert/skredbru	
			Bru	
			Rør	
			Andre tiltak	

Figur 4.1 Eksempel på Excel ark for registrering av feltvurderinger (øverst) og plukkilister for de forskjellige parameterne (nederst).

Tabell 4.1 Sannsynlighetsklasser benyttet i ROS analysen.

Sannsynlighetsklasse	Verbal beskrivelse	Nominell sannsynlighet
5: Svært høy	Oftere enn en gang hvert 4. år	>0.25/år
4: Høy	Hvert 4. – hvert 20. år	0.25/år – 0.05/år
3: Moderat	Hvert 20. år – hvert 100. år	0.05/år – 0.01/år
2: Lav	Hvert 100. år – hvert 500. år	0.01/år – 0.002/år
1: Svært lav	Sjeldnere enn hvert 500. år	<0.002/år

4.2.2 Nedetid ved hendelse

Antatt nedetid (Stengetid i Figur 4.1) er estimert på bakgrunn av erfaring fra prosjektets medarbeidere. De mest alvorlige hendelsene når det gjelder varighet av stengt vei vil utvilsomt være knyttet til et kvikkleireskred. I slike tilfeller vurderer vi at veien vil være stengt i minst 3 uker og kanskje så mye som 3 måneder eller mer, avhengig av omfanget av hendelsen og topografiske/geotekniske forhold i området for hendelsen. Å gjenåpne en vei som er ødelagt av et kvikkleireskred krever omfattende arbeider med grunnundersøkelser og sikring av store områder rundt selve skredet.

I den andre enden av skalaen finner vi steinsprang og snøskred. I de fleste tilfellene vil det være snakk om noen timer å rydde veien, men det kan ta tid å frakte inn utstyr. I tillegg kan det være nødvendig med undersøkelser i kildeområdet for å vurdere faren for flere hendelser. Derfor er de korteste stengetidene satt til hhv. 1-2 dager og 3-4 dager. Under feltbefaringene er det gjort vurdering av f.eks. størrelsen på eventuelle steinsprang der det er mulig å se sprekemønstre og lignende karakteristika i kildeområdene. Den kvalitative vurderingen av en hendelses mulige omfang påvirker valget av sannsynlig nedetid. I konsekvensvurderingene er maksimalverdien av nedetidsintervallet benyttet, unntatt for klassen 'over 3 måneder', der 90 dager er benyttet både for denne og for '3 uker til 3 måneder' (Figur 4.1).

4.2.3 Tiltak og tiltakskostnad

Risikoreduserende tiltak er gruppert og lagt i plukklistor (Figur 4.1) for enkelt valg under feltbefaringene. Dette er standard sikringstiltak, som i hovedsak er selvforklarende. Imidlertid kan det være tiltak som ikke faller under gruppene av standard tiltak. Derfor er det også lagt inn en klasse 'Andre tiltak'. Disse er eventuelt forklart i faktaarkene i den digitale leveransen, men i de fleste tilfellene gjelder dette at man anbefaler grunnundersøkelser for å avklare eventuell kvikkleirefare.

Kostnadene for risikoreduserende tiltak er basert på kunnskap om enhetspriser, som f.eks. pris pr. meter for steinspranggjerde, men er vurdert svært grovt. Samlet kostnad (samfunnsøkonomi og samfunnsikkerhet, Kapittel 5 og 6) ved at veien er stengt, vil i de fleste tilfeller overskride kostnaden for risikoreduserende tiltak.

4.3 Bruk av resultater fra tidligere undersøkelser

GIS analysene beskrevet i kapittel 3 forholder seg til åpent tilgjengelig data, gjerne knyttet til grunnforhold, klima og terreng. Mer detaljerte kunnskap om de lokale forholdene, for eksempel i form av resultater fra tidligere undersøkelser, er bare i liten grad brukt for GIS analysene. Denne type data er tatt mer hensyn til i de mer detaljerte analysene som ligger til grunn for de konkrete ROS analysene. Spesielt er dette relevant for ROS vurderingene av kvikkleireskred. Vurdering av GIS fareklasser for kvikkleireskred baserer seg på tilgjengelig kartdata relatert til kvikkleire faresoner, løsmassekart og terrengdata. For enkelte områder er det tidligere foretatt mer detaljerte vurderinger, for eksempel i form av grunnundersøkelser, stabilitetsberegninger eller forslag til stabiliserende tiltak. I slike tilfeller er disse vurderingene tatt hensyn til i de mer detaljerte ROS analysene (vel og merke om disse dataene er tilgjengelig for partnerskapet).

4.4 Bruk av numeriske beregninger av skredutløp.

Både for steinsprang og snøskred benyttes numeriske modellverktøy i GIS analysen, hhv. Rockyfor3D og NAKSIN (Kap. 2). Kun for enkelte områder langs E6 Innlandet, delstrekning Moelv-Øyer, der GIS analysen antydte snøskredfare er det utført ytterligere analyser av mulig utløp ved hjelp av alfa-beta metoden (Lied & Bakkehøi, 1980) langs utvalgte profiler. Dette ble gjort fordi befaringsene antydte at snøskredfare fra GIS analysen var overdrevet. Utover dette er det ikke utført numerisk modellering av noen av faretypene (unntatt det som er gjort langs alle strekningene med verktøyene NAKSIN og RockyFor3D i GIS analysen Del 1). I et tillegg (endringsordre) til dette prosjektet er det imidlertid utført analyser av steinsprang for vurdering av eksisterende sikringstiltak, samt simulering av vind og snødrift for utvalgte deler av E6 over Kvænangsfjellet. Et eget teknisk notat er levert for disse analysene (NGI, 2019).

4.5 Klimaanalyser

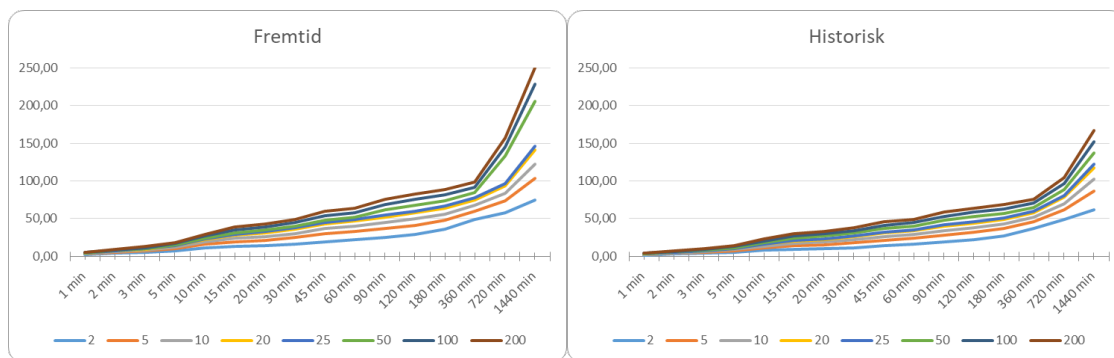
Nedbør og vind ansees som de klimaparametrene som har størst betydning for faretypene vurdert i dette arbeidet. Havnivåstigning sammen med mulig hyppigere og mer intense stormer er relevant de få stedene vi har vurdert stormflo.

Prosjektpartner Meteorologisk institutt (MET) har utført analyser av dagens og fremtidig nedbør, som er den klimafaktoren som er antatt å ha størst påvirkning på de analyserte naturfarene. Framskrivningene er utført for slutten av dette århundret, og er følgelig beheftet med de usikkerhetene som ligger i slike prognoser. Alle de vurderte faretypene kan påvirkes av klimaendringene, men vi anser jord- og flomskred samt flom som de faretypene der påvirkningen av endret klima er klarest. Der vurderingene har ført til økt sannsynlighet for uønskede hendelser, uansett faretype, er dette kommentert og markert i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

MET beregner IVF (Intensitet, Varighet og Frekvens) for nedbør i Norge. Operasjonelt har MET beregnet dette fra målestasjoner, i tillegg har MET en eksperimentell tjeneste

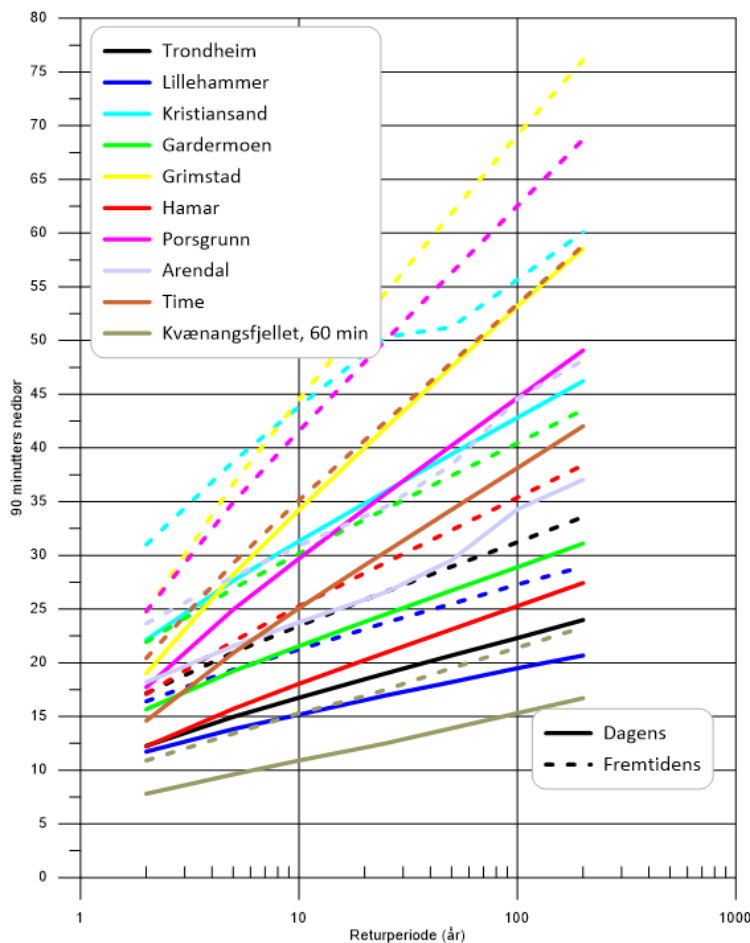
basert på griddete data. Begge disse datasettene er tilgjengelig på klimaservicesenter.no. For fremtidig klima har Klimaservicesenteret publisert en rapport med mer differensierte klimapåslag (NCCS, 2019). I prosjektet for Nye Veier har MET vurdert data fra et sett stasjoner nært de aktuelle veitraseene. Disse er sammenholdt med analyser av punkt i de griddete datasettene, og på bakgrunn av dette er anbefalinger av hvilke stasjoner som skal gjelde for hvilke deler av strekningene gitt.

MET har så benyttet data fra de valgte stasjonene til å beregne historisk og fremtidig (2100) nedbør med varighet fra ett minutt til ett døgn, for returperioder fra 2 til 200 år (Figur 4.2). Disse dataene gir det nødvendige grunnlaget for å etablere en klimafaktor, som benyttes for å vurdere eventuelt økt sannsynlighet for uønskede hendelser i lys av prognoserte klimaendringer.



Figur 4.2 Eksempel på analyse av nedbør med varighet fra 1 minutt til ett døgn og returperioder fra 2 til 200 år, fra stasjon Grimstad, for anvendelse på strekningen E18 Tvedestrand-Grimstad.

For bruk i prosjektet har vi benyttet IVF kurver for utvalgte stasjoner, som ansees representative for strekningene. For disse har vi sett på endring av 90 minutters (for flomskred) (Figur 4.3) og 24 timers nedbør (for flom) fra dagens situasjon og fram til år 2100. Endring i sannsynlighet (returperiode) for en gitt nedbørshendelse fås da ved å se hvor fremtidens kurve krysser samme nedbørintensitet. Dette er brukt for å markere og kommentere situasjonen fram mot slutten av dette århundret i faktaarkene i den digitale leveransen. Vurderingene er selvsagt forenklet og grove. De er beheftet med en serie av aggregerte usikkerheter, men gir allikevel en pekepinn på forventet utvikling. I vurderingene i den digitale leveransen har vi tatt utgangspunkt i at det vil være sannsynligheten som endres, mens konsekvensene vil være de samme. Dette er også en forenkling som innebærer stor grad av usikkerhet, gitt mulige demografiske endringer, endringer i ÅDT og endringer i infrastruktur utover i århundret.



Figur 4.3 Returperioder for dagens (heltrukket) og fremtidens (år 2100; stiplet) 90 minutters nedbør, basert på IVF kurver for utvalgte stasjoner benyttet for vurdering av flomskred i dette studiet. NB! 60 min nedbør benyttet for E6 Kvævangsfjellet.

Nedenfor gis korte vurderinger av hvordan klimaendringene påvirker analysene gjort i prosjektet:

Flom:

Flom vil påvirkes direkte av klimaendringenes økte nedbør. Responsen vil være forskjellig mellom store og små vassdrag, der sistnevnte har en rasker respons, mens de større vassdragene reagerer langsommere og vil i større grad påvirkes av langvarig nedbør. I følge NVE (2016) forventes en økning på 20% på fremtidige flommer i større vassdrag. I dette prosjektet har vi valgt å øke med én sannsynlighetsklasse fram mot år 2100 for slike vassdrag, mens vi har benyttet IVF kurver for 24 timers nedbør, tilsvarende som i Figur 4.3, for mindre vassdrag, noe som også oftest resulterer i økning på én sannsynlighetsklasse, men i noen tilfeller to.

Jord- og flomskred:

Jord- og flomskred vil påvirkes direkte og i betydelig grad av økt nedbør. Vi har vurdert relativt kortvarig intens nedbør som mest utslagsgivende for utløsning av skred, og i vurdering av antatt endring i sannsynlighet mot slutten av dette århundret har vi tatt utgangspunkt i prognosene for 90 minutters nedbør (Figur 4.3). Dette fører oftest til en økning på én sannsynlighetsklasse, men i noen tilfeller to.

Kvikkleireskred:

Kvikkleireskred utløses i seg selv ikke av økt nedbør, men økt flom og erosjon i elve- og bekkeløp kan føre til skred. Usikkerheten er imidlertid stor, blant annet med hensyn til tilstedeværelse av og eventuelt dyp til kvikkleire.. Sannsynligheten for utløsning av kvikkleireskred er derfor ikke økt.

Snø- og sørpeskred:

Snøskred påvirkes selvsagt av så vel økt nedbør som økt temperatur. Økt nedbør vil føre til mer snø i høyden, men samtidig stiger snøgrensen med økt temperatur. Vegetasjonsendringer som følge av økt temperatur fører også til reduksjon i snøskredaktiviteten. Det er imidlertid store usikkerheter, og snøskred er kun i liten grad dimensjonerende faretype langs de vurderte strekningene. Der dette er tilfelle, har vi vurdert usikkerhetene som så store at dagens sannsynlighet er opprettholdt ut århundret.

Hyppigheten av sørpeskred kan forventes å øke med økende temperatur og nedbør, som vil føre til flere regn-på-snø episoder. Imidlertid er det mange faktorer som bidrar til sørpeskred. Kun få steder langs traseene er sørpeskred forventet å utgjøre et problem, og disse vil i stor grad sammenfalle med flomskredbanene.

Steinsprang:

Steinsprang kan utløses av kraftig nedbør, men sammenhengen er ikke entydig. Steinsprang utløses også av fryse-time prosesser (frostsprengning), vind, etc. Det er store usikkerheter og vi har derfor vurdert det som mest realistisk å beholde dagens sannsynlighet for steinsprang.

Vind og snødrift:

Både nedbør, temperatur og vind vil påvirke sannsynligheten for snødrift. I et fremtidig klima vil økende nedbør som snø gi større fare for snødrift i fjellet. Samtidig vil økende temperatur bidra til kortere vintre og høyere både snøgrense og tregrense, faktorer som reduserer sannsynligheten for snødrift. Endring av vind er også en stor usikkerhet i vurderingene. Det er en tendens til at en i deler av landet får flere perioder med kraftig vind, men dette varierer og prognosene er usikre. På grunn av den store usikkerheten har vi vurdert det som mest realistisk å benytte dagens sannsynlighetsklasse ut århundret.

Stormflo:

Stormflo vil med stigende havnivå samt hyppigere og mer intense stormer bli et økende problem. Dette fører oftest til en økning på én sannsynlighetsklasse. De regionale

oversiktene fra Kartverket kan ikke benyttes direkte da de ikke tar hensyn til lokale effekter av oppstuvning og vindbølger.

5 Vurdering av konsekvens og risiko

5.1 Metodikk

I denne delen av analysen, har det blitt foretatt en risikokartlegging og semi-kvantitativ analyse av naturfare som Nye Veier står overfor innenfor sin portefølje. Dette innebærer at det er foretatt en vurdering av sannsynlighet for naturhendelser, deres eventuelle konsekvenser, samlet risiko og avslutningsvis er det identifisert tiltak som kan bidra til å redusere risikoen på et grovt nivå. Denne delen av analysen bygger på arbeidet beskrevet over, og det innebærer at de samme årsakskategoriene vurderes: Flom, vind, snøskred, steinsprang, kvikkleire og jord- og flomskred.

Arbeidet fokuserer på naturhendelser som fører til nedetid av veien. Konsekvenser i form av liv og helse er ikke inkludert av følgende grunner:

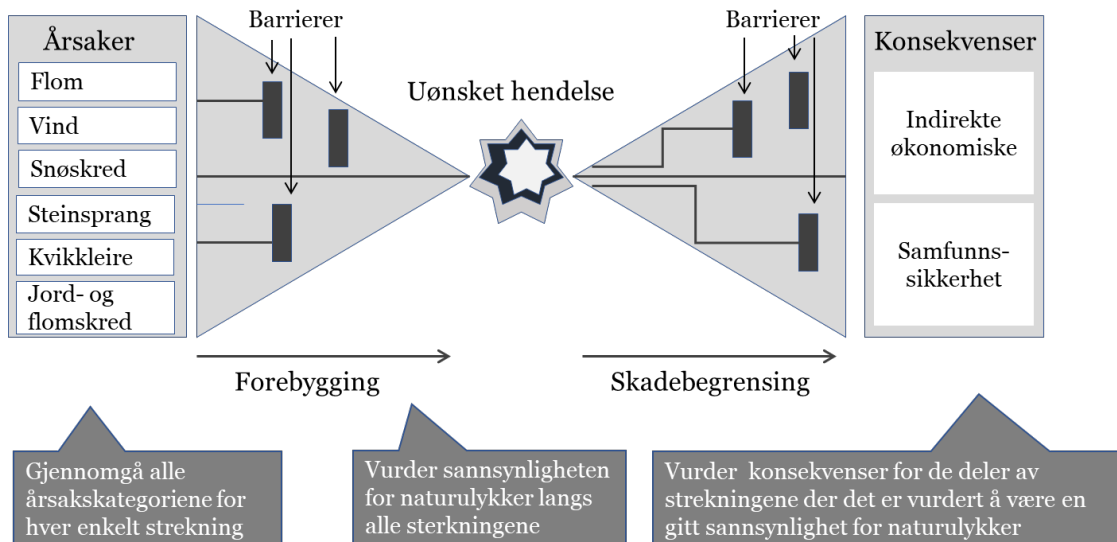
- Ulykkes-statistikk viser at skred og flom tar svært få liv på vei hvert år – både når det gjelder absolutte tall og når vi sammenlikner med trafikkulykker. Det vil derfor være andre typer konsekvenser som vil være styrende i risikobildet, dvs. bidra til den høyeste risikoen knyttet til naturfare. Dette kan også vises gjennom beregninger:
 - Sannsynligheten for naturhendelse på veggen (som fører til redusert framkommelighet) vil være langt større enn sannsynligheten for treff på kjøretøy, jf. beregninger. (F.eks. NIFS, 2014).
- Beregninger av tap av liv krever detaljerte data og beregninger, som det ikke er datagrunnlag for i tidlig planfase:
 - Treffsannsynlighet av skred på kjøretøy kan beregnes fra fart av kjøretøy, trafikkmengde og bredde og frekvens av skred.
 - Dødelighet av person i kjøretøy truffet av skred avhenger av kjøretøytype og intensitet av skredet.
- Sannsynlighetsklassene er valgt i samsvar med TEK 17 (kapittel 4.2.1) og personsikkerhet vil derfor inngå implisitt.

5.1.1 Overordnet tilnærming

I analysen er det tatt utgangspunkt i «bow tie»-modellen (Figur 5.1). Modellen har blitt brukt til å systematisk gjennomgå årsakene til de potensielle uønskede hendelsene, deres sannsynlighet, konsekvens samt til å synliggjøre barrierer som må være på plass for å sikre at risikoen er akseptabel (tiltak).

Varigheten av en eventuell veistengning (nedetid) er et avgjørende element i konsekvensvurderingene. I disse vurderingene er maksimalverdien av nedetidsintervallet benyttet, f.eks. er 3 uker (21 dager) benyttet for intervallet '5 dager til 3 uker'. Unntaket

er for klassen 'over 3 måneder', der 90 dager er benyttet både for denne og for '3 uker til 3 måneder' (Figur 4.1).



Figur 5.1 Skjematisert fremstilling av 'Bow-tie modellen'.

Det er tatt utgangspunkt i de uønskede hendelsene utledet fra analysene av naturfare. Deretter har konsekvensene av hendelsene blitt vurdert med utgangspunkt i et sett predefinerte konsekvenskategorier. En har også sett på hvilke barrierer som er på plass i de forskjellige prosjektene, og har anbefalt barrierer som vil kunne bidra til å redusere risikoen i prosjektene ytterligere.

I vurderingen av sannsynligheten for en uønsket hendelse, dvs. sannsynligheten for en hendelse som fører til en kortere eller lengre stengning av en veistrekning, tas det utgangspunkt i de definerte årsakskategoriene (naturhendelsene). Alle årsakskategoriene sannsynlighetsvurderes for hele veistrekningen med utgangspunkt i predefinert kriteriesett (Kap. 4.2.1). Det tas utgangspunkt i farene identifisert i Del 1, men disse suppleres med informasjon som har kommet frem i forbindelse med arbeidsmøter, befaring av strekning osv.

I vurderingen av konsekvenser er strekningene analysert der det er vurdert å være en gitt sannsynlighet for uønskede hendelser, markert med farger for 5 forskjellige antatte gjentakintervaller i den digitale kartleveransen. Disse strekningene konsekvensvurderes med utgangspunkt i det predefinerte kriteriesettet (Tabell 5.1):

Indirekte økonomiske konsekvenser (IØK): De indirekte økonomiske konsekvensene er kostnader som påløper samfunnet som følge av nedetid på strekningen. IØK er en funksjon av lengden på nedetiden og årsdøgntrafikk (ÅDT) på strekningen, samt kvalitet og kapasitet på omkjøringsveier.

Samfunnssikkerhetskonsklusjon: Samfunnssikkerhet er definert som evnen samfunns-sikkerhetsaktører, eksempelvis brann, politi, sivilforsvar, har til å levere sine tjenester. Denne evnen påvirkes bl.a. av nedetid. Samfunnssikkerhet er imidlertid ikke kun en funksjon av dette. Den påvirkes også av i hvilken grad nedetiden har betydning for kritiske strukturer og/eller innbyggere.

Tabell 5.2., hentet fra rapporten «Samfunnssikkerhet og samfunnsøkonomisk metode (SAMSØM)» utarbeidet for Samferdselsdepartementet (SD), viser sammenhengen mellom kritiske strukturer, antall som rammes, og i hvilken grad hendelser vurderes å ha lokal, regional eller nasjonal betydning for samfunnssikkerheten. Dette er lagt inn i vurderingene, og understreker at det ikke er en lineær sammenheng mellom nedetid og samfunnssikkerhetskonsklusjon.

Konsekvenser for liv og helse eller direkte økonomiske konsekvensene har ikke blitt analysert. Når det gjelder liv og helse er sannsynligheten for at en spesifikk hendelse rammer personer som ferdes på veien gjennomgående svært lav. For å beregne konsekvenser for liv og helse må man beregne sannsynligheter for at personer rammes direkte av hendelsen, og på det detaljnivået som analysene er gjennomført, ville en slik beregning vært beheftet med for mye usikkerhet. Når det gjelder direkte økonomiske konsekvenser, som kostnader knyttet til reparasjon eller gjenoppbygging av vei, har vi ikke vurdert dette fordi man i en slik analyse ville måtte vurdere skader av naturfarehendelsene i hvert enkelt tilfelle. På dette analysenivået ville også en slik analyse vært beheftet med for stor usikkerhet.

Oppsummert måles dermed konsekvens enten som indirekte økonomisk- eller samfunnssikkerhetskonsklusjon. Den høyeste konsekvensscoren er benyttet i presentasjonen av samlet risiko. Risikomatrisen som er benyttet i arbeidet følger strukturen på sannsynlighets- og konsekvenskategoriene vist tidligere.

I den endelige digitale kartleveransen blir sannsynlighet, konsekvens og samlet risiko presentert ved hjelp av fargede illustrasjoner langs veilinjen. I tillegg til dette er det utarbeidet egne risikorapporter i faktaark, som oppsummerer vurderingene for hvert enkelt segment hvor risiko er vurdert.

Tabell 5.1 Klasser som er benyttet for de to konsekvenskategoriene IØK og Samfunnssikkerhet. Se også Tabell 5.2 for hendelsens geografiske betydning.

	Indirekte økonomisk konsekvens	Samfunnssikkerhet
Meget stor	Kostnad som følge av nedetid > 100 000 001 NOK	Påvirker samfunnssikkerhetsaktørens tjenesteleveranser i > 4 uker <i>Og/eller</i> Påvirker tjenesteleveransene på en måte som er av nasjonal betydning
Stor	Kostnad som følge av nedetid 60 000 001-100 000 000 NOK	Påvirker samfunnssikkerhetsaktørens tjenesteleveranse 7 døgn til 4 uker <i>Og/eller</i> Påvirker tjenesteleveransen på en måte som er av regional betydning
Middels	Kostnad som følge av nedetid 30 000 001-60 000 000 NOK	Påvirker samfunnssikkerhetsaktørens tjenesteleveranse i 2-7 døgn <i>Og/eller</i> Påvirker tjenesteleveransen på en måte som er av regional betydning
Lav	Kostnad som følge av nedetid 8 000 001-30 000 000 NOK	Påvirker samfunnssikkerhetsaktørens tjenesteleveranse i <1 døgn <i>Og/eller</i> Påvirker tjenesteleveranse på en måte som er av lokal betydning
Meget lav	Kostnad som følge av nedetid < 8 000 000 NOK	Påvirker ikke/i liten grad samfunnssikkerhetsaktørens tjenesteleveranser

Tabell 5.2 Sammenheng mellom befolkning, kritiske samfunnsstrukturer og deres geografiske betydning.

	Lokal betydning	Regional betydning	Nasjonal betydning
Påvirker kritiske strukturer	Skoler, barnehager, sykehjem, mindre bedrifter, kommunale bygg, lokale kraft- og teleanlegg	Sykehus, havner, innenlands flyplasser, hjørnesteinsbedrifter, fylkesbygg, vann- og avløpsanlegg, større kraft- og forsyningsanlegg	Internasjonale havner og flyplasser, politiske bygg, bygninger med større symbolsk betydning
Påvirker befolknings-sentra	Tettsteder/byer med 5-15.000 innbyggere	Tettsteder/byer med 15-50.000 innbyggere	Tettsteder/byer med mer enn +50.000 innbyggere

5.1.2 Prosess for gjennomføring av ROS-analysene

For ROS-analysen er det utarbeidet en særskilt prosess for dette prosjektet. Denne tar utgangspunkt i stegene og aktivitetene beskrevet i «Norsk Standard 5814: 2008 Krav til risikovurderinger». Aktivitetene og hovedstegene i analysen er beskrevet nedenfor.

Analysene fra Del 1 og feltbefaringene danner et viktig utgangspunkt for analysen. Data-grunnlaget har blitt supplert med informasjon fra området som skal analyseres, eksempelvis detaljerte kart som beskriver utbygging og omkjøringsveier, regionale ROS-analyser fra fylker, kommuner og utbygger, oversikt over befolkningssentra og kritiske samfunnsfunksjoner i området, eksempelvis sykehus, brannstasjoner, osv.

Basert på informasjonssinnhentesfasen er følgende arbeidssteg gjennomført for hver enkelt strekning:

Steg 1 - Vurdering av sannsynlighet.

Steg 2 - Identifisering av områder med høy sannsynlighet.

Steg 3 - Vurdering av hendelser i områdene.

Stegene 1-3 er beskrevet i kapitlene 2, 3 og 4.

For å best mulig vurdere konsekvensene ved en hendelse (dvs. stenging av veien), ble det gjennomført arbeidsmøter med personell med kompetanse om prosjektet, eksempelvis fra Nye veier, prosjekterende, entreprenør osv., der planområdene ble gjennomgått i detalj. Befaring og arbeidsmøter har dannet grunnlaget for:

Steg 4 - Konsekvensvurdering: Basert på vurderinger av nedetid er det gjennomført en konsekvensvurdering med utgangspunkt i faktorene *indirekte økonomisk konsekvens* og *samfunnsikkerhet*. En sentral faktor her er nedetid – dvs. hvor lenge veien vil være stengt som følge av en gitt naturhendelse. Med utgangspunkt i kunnskap om området, bosetningsmønster og strategisk infrastruktur er konsekvenser av anslått nedetid analysert. Produktet fra dette analysesteget er konsekvensvurderinger, her definert som indirekte økonomiske- og samfunnsikkerhetskonsekvenser.

Steg 5 - Sammenkobling av sannsynlighet og konsekvens: Sannsynlighets- og konsekvensvurderingene er satt sammen til en risikovurdering for strekningen.

Steg 6 - Foreslå risikoreduserende tiltak og risikorapport: For områder med uakseptabel risiko bør det vurderes å gjennomføre risikoreduserende tiltak og utarbeide risikorapport.

Sannsynlighet, konsekvens og samlet risiko, samt forslag til risikoreduserende tiltak er i hovedsak beskrevet i faktaarkene i den digitale leveransen, men blir også beskrevet på overordnet nivå i kapittel 6 (nedenfor).

6 Del 3: Vurdering av alle strekningene

Dette kapittelet gir en oversikt over de enkelte strekningene som er vurdert i dette prosjektet, inndelt i delstrekninger der dette er aktuelt. Hensikten er å gi en overordnet oppsummering av hva som utgjør de viktigste naturfarene langs strekningene, samt hva som utgjør størst risiko, og hvorfor risiko blir vurdert som lav, middels eller høy. Mulige aktuelle sikringstiltak omtales noe, og det samme gjelder antatt klimapåvirkning gjennom dette århundret. Risiko for delstrekningene er vist i kart og tabeller for hver delstrekning. I tabellene har vi dessuten forsøkt å vise, med farger, hvordan risiko endres (eller ikke endres) til år 2100.

Oppsummeringene i dette kapittelet er basert på informasjonen som er tilgjengelig den digitale leveransen, kartproduktet og alle fakta-arkene. Det er i disse en finner detaljene, og denne oversikten er ikke ment å erstatte dette. En del av stedsnavnene i beskrivelsene av strekningene nedenfor vil ikke være synlige i figurene i kapittel 6, men vil fremgå i den digitale kartleveransen.

6.1 Digital leveranse

Foruten GIS-verktøyet for en første analyse av korridorer fra Del 1 (kapittel 2) består den digitale leveransen av to deler: kart (ArcGIS) og et sett faktaark. Det er generert ett faktaark for hvert faresegment for alle strekningene, totalt 795 faktaark.

Kartet

Kartet viser traseene med tunneller og bruer. Traséene er presentert slik NGI fikk dem fra Nye Veier i begynnelsen av prosjektet. Prosjektet har selv generert en metring langs traséene, som ikke er Nye Veiers offisielle metring. Alle faresegmenter er definert med denne prosjekt-genererte metringen. Kartet viser faresegmentene som farge-linjer langs traseen (Figur 6.1), i den lengden faren er registrert ved GIS-analysen i Del 1, og ved feltbefaring. Lengden på disse segmentene kan være konservativ, og noen av de identifiserte faresegmentene vil kreve nærmere analyse i forbindelse med endelig planlegging og prosjektering av veien, siden dette prosjektet forholder seg til en tidlig planfase. Fargene på faresegmentene representerer fem forskjellige sannsynlighetsklasser (kapittel 4.2.1). De er videre lagt på med en fast offset fra senterlinja til traséen. For enkelthets skyld er hver faretype gitt en fast offset, som er forskjellig for hver faretype (Figur 6.1). Dette er gjort for at de skal kunne skilles når flere faretyper overlapper langs samme segment. Dette kan også føre til at en 'fare-linje' kan synes trukket langt ut fra senterlinja til veien når det zoomes inn. Alle slike fargede linjer må projiseres inn på senterlinja for å se hvilket veisegment de faktisk representerer.

Maksimal risiko er også representert ved en farget strek. Denne er i tre farger, gul (lav risiko, 1), oransje (middels risiko, 2) og rød (høy risiko, 3), som alle er innrammet med tynne sorte streker og er den fargede linja som ligger nærmest traséens senterlinje (Figur 6.1). Den er litt offset for at det skal være mulig å se symbolene for om veien er i dagen (heltrukket trasé linje), i tunnel (sort stiplet linje) eller på bru (rød stiplet linje). Kartet

er videre ordnet slik at mer informasjon kommer fram ved å zoome inn på faresegmentene. Ved tilstrekkelig høy zoom vil en få fram tekst som sier hvilken faretype hver strek representerer samt hvilken fare som utgjør maksimal risiko (Figur 6.1), noe som er viktig der det er overlapp mellom faretypene.



Figur 6.1 Utdrag fra kartleveransen, E39 krysning av Sira. Høyre del viser utsnittet markert med firkant i venstre del, slik det fremkommer når en zoomer inn. Metreringen er her hver 100m. Sannsynligheter for flom og vind/snødrift på høyre side av traséen, som her er markert med bru, og maksimal risiko litt offset, til venstre for traséen. Her er vind styrende for maksimal risiko, som er middels, 2. Faktaark for flomfaren er vist i Figur 6.2

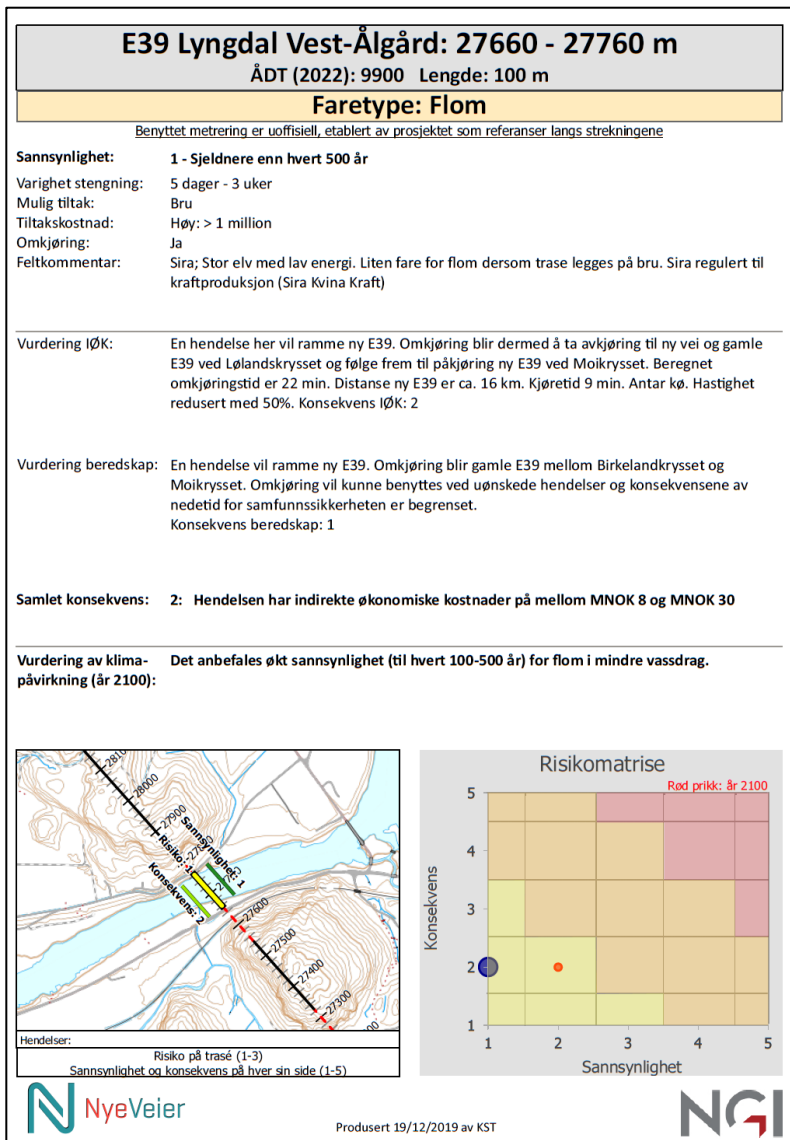
Utover det som er beskrevet over, kan en legge til den offentlig tilgjengelige informasjonen en ønsker. Med leveransen har vi lagt på mulighet for å hente fram informasjon som historiske skredhendelser, kartlagte kvikkleiresoner og marin grense (fra NVE), kvartærgeologisk kart og berggrunnskart (fra NGU), og resultater fra GIS analysen i Del 1. Annen ønsket informasjon kan hentes inn i ArcGIS etter behov.

Faktaarkene

Ved å zoome inn og klikke på et faresegment, vil en få opp faktaarket for den aktuelle faren langs faresegmentet (Figur 6.2). Faktaarket er delt i fire deler. Øverst gis informasjon om strekning, metrering fra – til for faresegmentet, lengde på segmentet, ÅDT og faretype.

I feltet nedenfor (Figur 6.2) følger informasjon om sannsynlighet (gjentaksintervall for hendelsen), antatt lengde på stenging ved en hendelse, foreslått type risikoreducerende tiltak, Antatt kostnad for tiltak, om det er omkjøringsmulighet, og kommentarer notert under feltbefaringene. Sannsynlighet, stengetid, tiltak og tiltakskostnad er alle fra 'plukk-listene' som ble benyttet i feltbefaringene (Figur 4.1). Disse parametrene er inndelt i ganske grove klasser for å effektivisere vurderingene under befaring. En mer detaljert og individuell vurdering av hvert enkelt faresegment ville ligge utenfor målsetningen

med dette prosjektet. Dette bør imidlertid gjøres for en del faresegmenter i forbindelse med detaljplanlegging og prosjektering av veien.



Figur 6.2 Eksempel på faktaark for flomfaren der E39 krysser Sira (Figur 6.1). Vind/snødrift er representert med et annet faktaark.

Det neste feltet gjelder konsekvenser (Figur 6.2). Kun to klasser konsekvenser er vurdert (kapittel 5), indirekte økonomiske konsekvenser av stengt vei (IØK) og konsekvens for beredskap (samfunnssikkerhet). Den første er vurdert kvantitativt mens den siste er en ren kvalitativ vurdering. Begge er basert på vurderte omkjøringsmuligheter. Klassene er beskrevet i Tabell 5.1 og Tabell 5.2. Samlet konsekvens Begge er beskrevet med tekst og gitt en verdi fra 1 til 5. Samlet konsekvens er også beskrevet i tekst og gitt den høyeste verdien av de to konsekvensklassene. Også i beskrivelsen av konsekvenser er en del standard tekst benyttet for å effektivisere prosessen (Figur 6.2). Maksimal nedetid

innenfor nedetidsintervallene er benyttet, f.eks. 3 uker for intervallet 5 dager til 3 uker (kapittel 5.1.1).

Det nederste feltet i faktaarkene (Figur 6.2) gir først en vurdering av hvordan forventet klimaendring fram mot slutten av århundret er vurdert å ville påvirke sannsynligheten for den aktuelle faren. Her er benyttet standard tekster for de forskjellige faretypene, og begrunnelsen for vurderingene er beskrevet i kapittel 4.5. Risiko i dag og for år 2100 er vist i diagrammet nederst til høyre i faktaarket, ved hhv. stor blå og liten rød prikk, mens sannsynlighet, konsekvens og risiko forbundet med den aktuelle faren er vist i det detaljerte kartet nederst til venstre. Her vil også tidligere skredhendelser som er registrert i NVEs hendelsesdatabase vises med en tegnforklaring.

En tabell med all informasjon som ligger til grunn for faktaarkene, sortert etter strekninger og delstrekninger, leveres i tillegg til de avtalte leveransene beskrevet over.

6.2 E6 Kvænangsfjellet

Ny E6 over Kvænangsfjellet er planlagt med byggestart i 2021 og åpning i 2023. Den planlagte traséen følger flere alternative ruter, som bare delvis følger dagens E6 i vest og i øst. Det største avviket fra dagens Trasé gjelder de planlagte tunnelene, der den lengste er ca. 2,6km og går under den høyeste delen av fjellovergangen, ca. 1 km syd for dagens trasé. (Figur 6.3). Traséen over Kvænangsfjellet er under planlegging, og er tenkt påbegynt i 2021 for åpning i 2023.

Kvænangsfjellet er utsatt for flere naturfarer, og er i dag ofte stengt om vinteren på grunn av vind og snødrift. Dette utgjør den viktigste faretypen i relativt lange segmenter på både vest- og østsiden av Kvænangsfjell-tunellen. Hyppigheten av slike hendelser er høy, og konsekvensen for beredskap er stor. Derfor gir dette høyeste risikoklasse, 3, på begge sider av tunellen (Figur 6.3).

Som kriterium for snødrift er benyttet snøfall kombinert med vind med styrke > 9 m/s, uavhengig av retning. Varighet av stengning er estimert som samlet antall dager i "Sannsynlighetsperioden", dvs. typisk samlet antall dager pr 4 år.

De lavtliggende delene av traséen fra Oksfjorden og langs Oksfjordvatnet i vest, samt langs Kvæningen i øst, ligger under marin grense og kan ha kvikkleire. En kvikkleire-sone er kartlagt vest for traséen, ved Elvenes ut mot Oksfjorden, og viser at området har kvikkleire. Selv om sannsynligheten for skred er lav, vil konsekvensen være stor, særlig for beredskapen, og maks risiko i disse segmentene blir derfor middels, 2. Helt i vest mot brua over Fiskelva, må bru og vei legges med tilstrekkelig høyde og erosjonssikring mot stormflo og havnivåstigning.

Strekningen langs Oksfjordvatnet, dersom en velger å følge dagens E6 trasé her, er utsatt for så vel steinsprang, som flomskred langs kryssende bekker, samt snø- og sørpeskred., som også til en viss grad vi følge bekkefarene. En rekke snøskred er registrert langs E6 nært østenden av Oksfjordvatnet. I tillegg er et lengre segment vest for Kvænangsfjell-

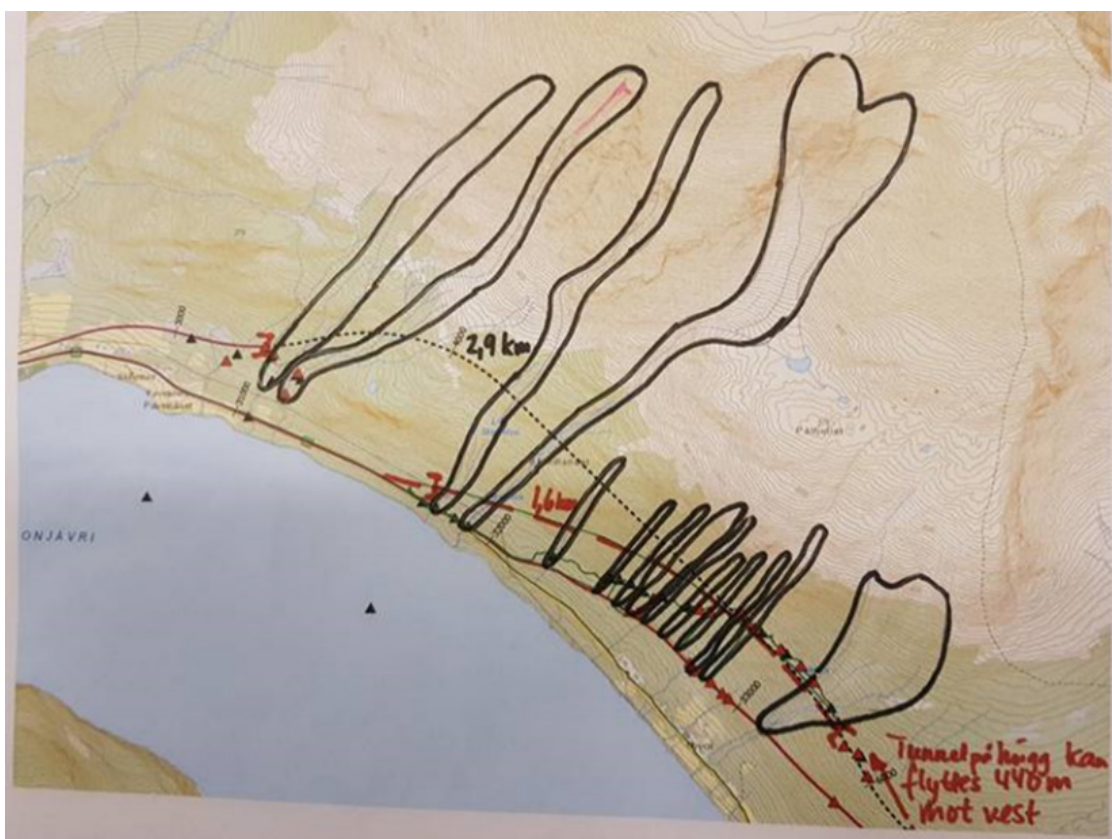
tunellen i et mulig snøskredområde. Langs denne delen av strekningen er det konsekvensen for samfunnssikkerheten som er det viktigste elementet i samlet risiko, som er vurdert å være middels.

På østsiden er steinsprang en vesentlig faretype i tillegg til kvikkleire, samt flom og flomskred i kryssende bekker. Lange segmenter av den planlagte traséen ligger langs bratte skråninger og skrenter, som må sikres mot steinsprang. Også i dette området er det konsekvensen for samfunnssikkerhet som er vurdert som mest alvorlig, og som gir middels risiko langs de definerte faresegmentene.

Klimaendringene fram mot år 2100 påvirker sannsynligheten for flom og flomskred, og i to segmenter øker risiko fra middels, 2, til høy, 3, i år 2100. For andre faretyper, samt for konsekvensene, er usikkerhetene så store at dagens sannsynligheter og konsekvenser er beholdt ut århundret.



Figur 6.3 E6 Kvænangsfjellet. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.



Figur 6.4 Skisse fra befaring med inntegnede skredbaner og alternative traséer. Stiplede linjer angir tunnel.

Et viktig element ved arbeidet med denne strekningen, var at NGI her skulle vurdere og sammenlikne ulike trasévalg, og da særlig med tanke på å forkorte tunnelene. I den vestlige delen (Mettevollia) ble to traséer vurdert. For "Øvre trasé" (opprinnelig forslag tilsendt fra Nye Veier) med 2.9 km tunnel, mener NGI at det østlige påhugget kan flyttes ca. 440 m bakover (mot vest). Da blir tunnelen langs "Øvre trasé" ca. 2.5 km. Etter å ha vurdert "Dagens trasé" foreslår NGI ut fra et rent skredteknisk synspunkt som et alternativ å følge denne traséen østover nesten bort til dagens bom, og deretter gå i tunnel fra "Dagens trasé" opp til "Øvre trasé". Dette vil gi en tunnel i Mettevollia på ca. 1.6 km (Figur 6.4).

For E6 Kvænavngsfjellet er det utført to tilleggsoppdrag, som hver er rapportert i egne tekniske notater (NGI, 2019b & 2019c), som gjelder hhv. vurdering av eksisterende steinsprangsikring, og vurdering av vind og snødrift ved planlagte tunell påhugg.

Vurdering av eksisterende steinsprangsikring ved Rakkenesura

Traséen for E6 Kvænavngsfjellet følger dagens E6 langs Rakkenesura på østsiden av fjellet, langs fjorden Kvænavngen. Her er veien sikret med steinspranggjerder i en strekning på ca. 930m. Lengst i vest er det ca. 250m med 6 m høyt 5000 kJ gjerde, mens det i resten av strekningen, ca. 680 m er 4 m høyt 3000 kJ gjerde. NGI er bedt om å vurdere om disse sikringstiltakene er tilstrekkelige for ny vei. Vurderingene er utført

blant annet ved modellering med RAMMS Rockfall. Resultatene viser at dagens sikring har tilstrekkelig energikapasitet i forhold til blokker på inntil 2 m³, men har en restrisiko som er knyttet til uvanlig store spranghøyder og/eller uvanlig store utfall i forhold til hva som er observert langs veien. Videre anbefales jevnlig kontroll og vedlikehold av nettene, som antas å ha en levetid på minst 50 år. Detaljer om vurderingene er beskrevet av NGI (2019b).

Tabell 6.1 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 Kvæangsfjellet. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	1460	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
0	25	Flom	4	3	Erosjonssikring	5	2	3
0	200	Flom	2	3	Bru	3	2	2
1710	2290	Kvikkleire	1	5	Erosjonssikring	1	2	2
2200	2240	Flom	3	3	Bru	4	2	2
5800	5900	Snøskred	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	2	2
7580	7780	Flom	3	3	Bru	4	2	2
8080	9160	Snøskred	4	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	2	2
9000	9600	Vind/snødrift	5	5	Andre tiltak	5	3	3
9600	10400	Vind/snødrift	5	5	Andre tiltak	5	3	3
9830	9900	Flom	3	3	Kulvert/skredbru	4	2	2
13000	13900	Vind/snødrift	5	5	Andre tiltak	5	3	3
13900	15100	Vind/snødrift	5	5	Andre tiltak	5	3	3
15020	15540	Flom	3	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	2	2
15900	16040	Flom	3	3	Bru	4	2	2
17620	17640	Flomskred	4	3	Bru	5	2	3
17700	17820	Steinsprang	4	3	Bolting/rensk/nett	4	2	2
18160	18190	Steinsprang	4	3	Bolting/rensk/nett	4	2	2
18190	18410	Steinsprang	4	3	Steinsprang gjerde	4	2	2
18410	19070	Steinsprang	2	3	Steinsprang gjerde	2	2	2
18960	19560	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
19830	19870	Flom	3	3	Rør	4	2	2
19840	20060	Kvikkleire	1	5	Erosjonssikring	1	2	2
22700	22800	Flom	3	3	Rør	4	2	2
23440	24540	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
24200	24400	Steinsprang	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	2	2

Vind og snødrift over Kvæangsfjellet

Formålet med denne analysen er å unngå at tunell påhuggene plasseres i områder der en må regne med store snø-ansamlinger, som vil kunne skape problemer for fremkommeligheten på veien. Vindanalysene er utført med programmet WindSim, sammen med klimadata fra nærliggende stasjoner, samt observasjoner i felt og fra flyfoto. Resultatene tilsier at den planlagte tunnelåpningen i øst ligger problematisk til i forhold til fremherskende vindretninger fra vest og sør, mens problemene vil være noe mindre for den vestlige åpningen. I begge tilfeller er utformingen av selve portalen viktig, men

problemene er enklere å håndtere i vest. I øst bør en vurdere å flytte påhugget sørover. Dette vil trolig også gi en slakere vei videre østover. Mer detaljer om analysene og vurderingene er beskrevet av NGI (2019c).

6.3 E6 Trøndelag

E6 Trøndelag er delt opp i seks delstrekninger, Ulsberg-Vindåsliene, Korporalsbru - Gyllan, Gyllan-Kvål, Kvål-Melhus, Ranheim-Værnes og Kvithammar-Åsen. Foreslått trasé følger eksisterende E6 langs mange strekninger, men benytter kun i sjelden grad eksisterende vei, som etter bygging vil fungere som en effektiv omkjøringsvei. I det følgende omtales hver delstrekning separat.

6.3.1 Ulsberg-Vindåsliene

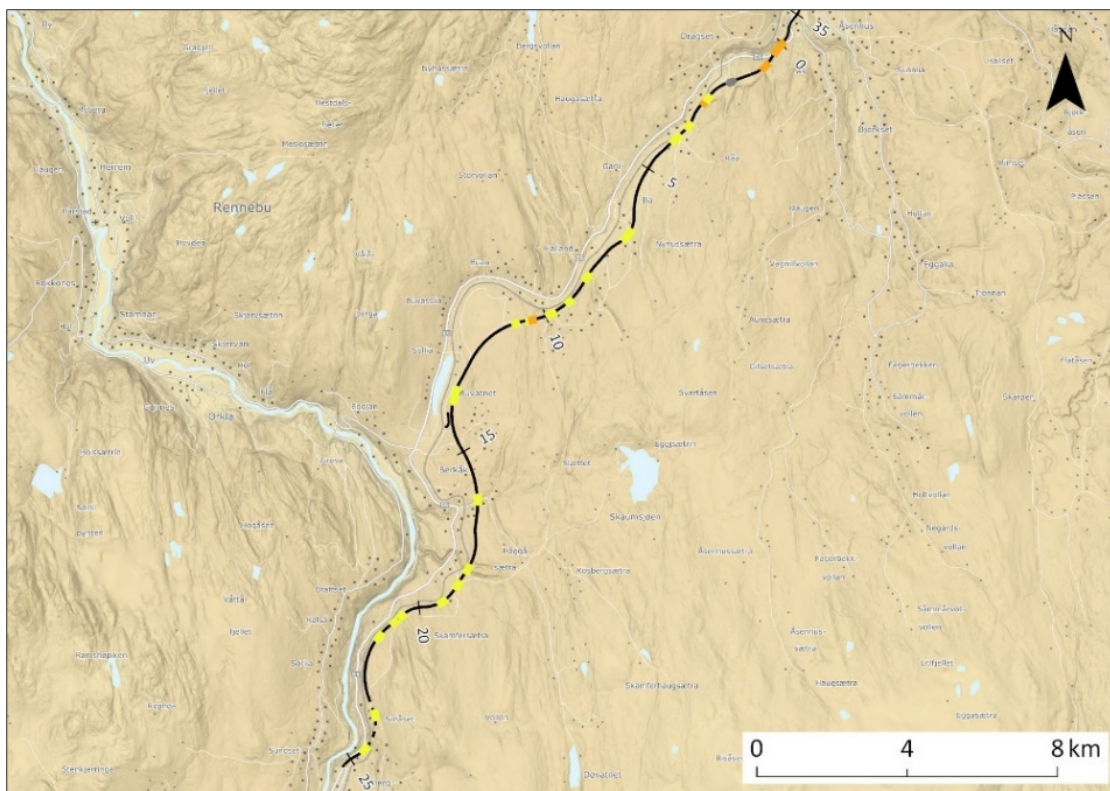
Den nye veien på denne delstrekningen er planlagt med byggestart i 2021 og åpning i 2023. Traséen følger i hovedsak langs, men noe øst for eksisterende E6. Den foreslås lagt i dagen med unntak av en strekning på ca. 1300m like nord for Ulsberg, traséens sydligste punkt (Figur 6.5).

Flom fra mindre vassdrag, som krysser traséen er den dominerende faretypen langs denne strekningen, med enkelte segmenter der også steinsprang, flomskred og, i ett tilfelle, snøskred også er et potensielt problem. På grunn av gode omkjøringsmuligheter de fleste steder, er konsekvensen lav, noe som fører til laveste risikoklasse, 1, de fleste stedene, men med noen segmenter med middels risiko, 2. De aller fleste stedene med potensiell flomfare, gjelder det mindre bekker og elver som krysser traséen, og der tiltakene er relativt enkle, godt dimensjonert kulvert eller bru. I ett segment, øst for Buvatnet, er en strekning på drøyt 300 m markert til ett segment, på grunn av at flere mindre bekker som drenerer et myrområde, krysser veien med korte mellomrom, og oppstiving av vann på oversiden av veien kan forekomme i en flomsituasjon.

Samlet risiko i hovedsak vurdert som liten langs strekningen, men med middels risiko (2) i tre segmenter og høy risiko (3) i ett. De tre med middels risiko gjelder steinsprang fra en skrent vest for Korporaldalen, mulig snøskred fra lokal skråning langs veien rett øst for Gullvåg og flom/flomskred i de nordligste 300 m av strekningen (Figur 6.5, Tabell 6.2). For de to førstnevnte er det høy sannsynlighet som gir middels risiko, selv om konsekvensen er vurdert som liten i begge tilfellene. I det 300m lange nordlige segmentet, er en hendelse vurdert å ha høyeste konsekvensklasse for samfunnssikkerhet, noe som gir middels risiko. Flom, med mulig massetransport i Vindåsbekken, er det eneste faresegmentet langs denne delstrekningen der risiko er vurdert å være høy. Dette skyldes at konsekvensen for samfunnssikkerhet er vurdert som høy, samtidig som sannsynligheten (gjentaksintervallet) for en hendelse er vurdert som middels, 3 (20-100 år).

Siden flom er dominerende faretype langs delstrekningen, vil forventet økning i nedbør på grunn av klimaendringene påvirke sannsynligheten for hendelser fram mot slutten av århundret. Dette gjør at risiko øker fra lav, 1, til middels, 2, langs en rekke fare-

segmenter. Flomskred påvirkes også direkte av økt nedbør, men det ene segmentet med flomskredfare har allerede middels risiko i dag, og selv med økt sannsynlighet, blir ikke risiko høy i år 2100, slik risikoklassene er definert i dette prosjektet.



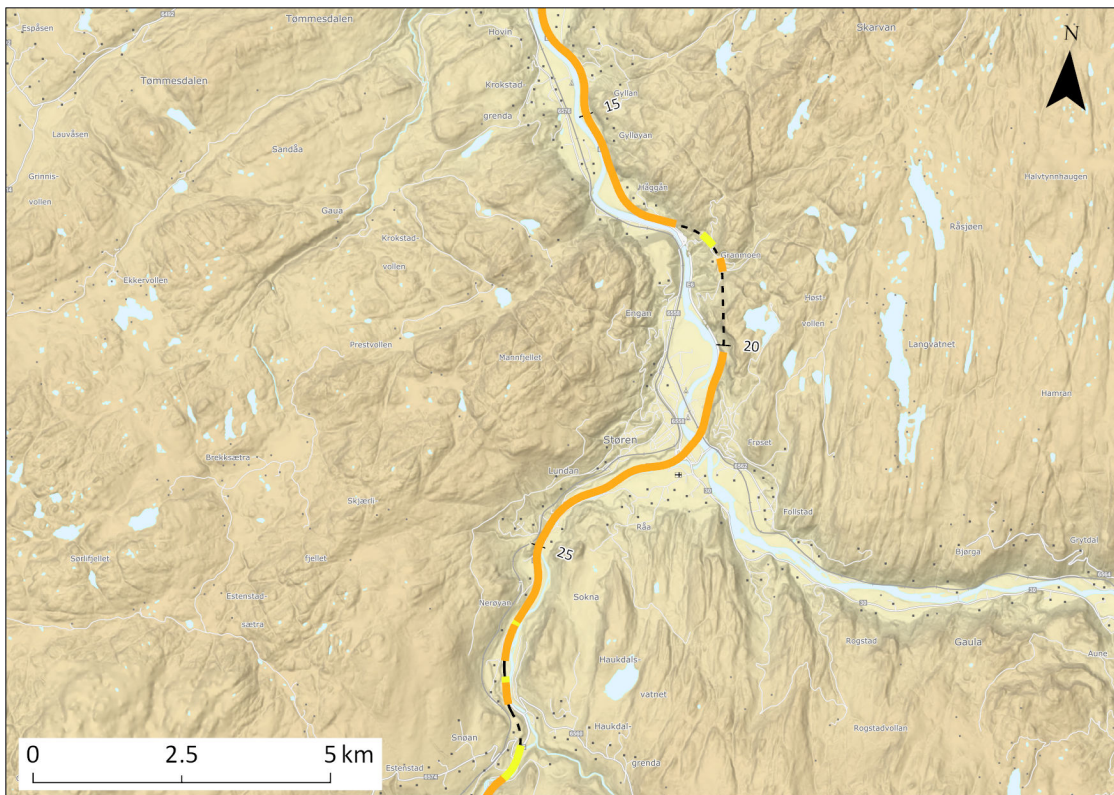
Figur 6.5 E6 mellom Ulsberg og Vindåsliene. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale kartleveransen.

Tabell 6.2 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Ulsberg og Vindåsliene. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i faktaarkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	240	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
210	280	Flomskred	2	3	Innløpskontroll for bekk	4	2	2
700	800	Flom	3	3	Rør	4	2	2
2500	2660	Steinsprang	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
2540	2680	Snøskred	4	1	Voll	4	2	2
3400	3460	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
3840	4000	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
6780	6820	Flom	3	1	Rør	4	1	2
6900	7000	Flom	3	1	Rør	4	1	2
8420	8510	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
9240	9280	Flom	3	1	Rør	4	1	2
9800	9900	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
10360	10400	Steinsprang	4	1	Bolting/rensk/nett	4	2	2
10380	10460	Flom	3	1	kulvert/skredbru	4	1	2
10820	10840	Flom	3	1	Rør	4	1	2
13280	13600	Flom	3	1	Rør	4	1	2
16300	16400	Flom	3	1	Bru dimensjonert for flom.	4	1	2
18200	18300	Flom	2	1	Bru dimensjonert for flom.	3	1	1
18240	18280	Flomskred	1	2	Bru dimensjonert for flomskred.	3	1	2
18700	18800	Flom	3	1	Rør	4	1	2
19310	19400	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
20500	20540	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
20760	20800	Flom	3	1	Rør	4	1	2
21300	21400	Flom	3	1	Rør	4	1	2
23540	23580	Flom	3	1	Rør	4	1	2
24500	24600	Flom	3	1	Bru dimensjonert for flom.	4	1	2

6.3.2 Korporalsbru - Gyllan

Denne delstrekningen, som er planlagt med byggestart og åpning i hhv. 2024 og 2027, starter rett nord for en ca. 3km lang tunell (Figur 6.6). Traséen krysser Sokna parallelt med dagens E6 ved Korporalsbrua. Traséen følger så stort sett dagens E6 på vestsiden av Sokna, med unntak av en ca. 500m tunell forbi Skjærli, og krysser Gaula ved Støren. Nord for Støren avviker foreslått trasé ved å gå i en ca. 2,7km tunell øst for dagens E6, fra Listuberga til den kommer i dagen sør for Moen og følger dagens E6 på østsiden av Gaula til Gyllan.



Figur 6.6 E6 mellom Korporalsbru og Gyllan. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale kartleveransen.

Denne delstrekningen har faresegmenter langs det meste av strekningen (Figur 6.6, Tabell 6.3). Hovedproblemene er knyttet til flom og kvikkleire, men det er også mange områder med fare for steinsprang og for flomskred. Ett segment har mulig snøskredfare.

Flomfaren er i hovedsak knyttet til de store elvene, Sokna og Gaula, og gjelder lange strekninger. Høyeste risiko er middels, 2, og selv om sannsynlighetsklassen økes med en klasse på grunn av forventet økt nedbør, og dermed høyere flomfare, ut dette århundret, vil ikke risiko komme på høyeste klasse, 3. Flomfaren er til stede det aller meste av delstrekningen, og tiltakene vil være å sørge for god dimensjon på bruer, rør og kulverter, samt høy fylling, der dette er relevant.

Områdene under marin grense strekker seg syddover i Sokndalen til rett sør for Korporalsbrua, og dette er grunnen til at faren for kvikkleireskred er dominerende, sammen med flom, i denne delstrekningen. Det er særlig fra området ved Kalvhaggen og nordover at kvikkleirefaren blir fremtredende. Helt nord, ved Gyllan, er kvikkleire faresoner kartlagt, noe som viser at det her er påvist kvikkleire i grunnen. Imidlertid vil det være å anbefale å utføre grunnundersøkelser langs det meste av traséen, som ligger lavere enn marin grense. Sannsynligheten for leiravsetninger avtar syddover, der fjorden var grunnere under isavsmeltingen.

Snøskredfare er registrert kun langs ett segment, sør for Flottaplassen. I dette området er skogen et usikkerhetsmoment, men faren og eventuell sikring bør vurderes i forbindelse med prosjekteringen.

Steinsprangfare forekommer flere steder fra skrenter i nærheten av traséen. Mange steder vil traséen ha elva med flomfare på den ene siden og relativt høye, bratte skrenter med steinsprangfare på den andre siden. Enkelte steder anbefales det å flytte traséen lenger ut fra skrenten, men dette blir ofte en avveining mot hensyn som gjelder elva. Dette er forhold som må avgjøres under prosjekteringen.

Fare for flomskred forekommer i hovedsak der mindre bekker fra sideterrenget krysser den planlagte traséen. Noen av disse faller bratt ned mot veien, og har tegn på massetransport. Maks risiko overstiger ikke middels, 2, selv med stipulert klimapåslag. Tiltak vil være å sikre tilstrekkelig kapasitet på bruer og kulverter. I de fleste flomskredbaner kan også sørpeskred forekomme.

At samlet risiko er så vidt høy som middels i de langt fleste av de identifiserte faresegmentene, skyldes for en stor del høye konsekvenser av hendelser. Kvikkleireskred kan føre til svært lang nedetid og dermed høye konsekvenser. At traséen i stor grad følger dagens E6 gjør også at begge påvirkes av flere av hendelsene, særlig av kvikkleireskred og flom i de store elvene, slik at omkjøringsmulighetene begrenses.

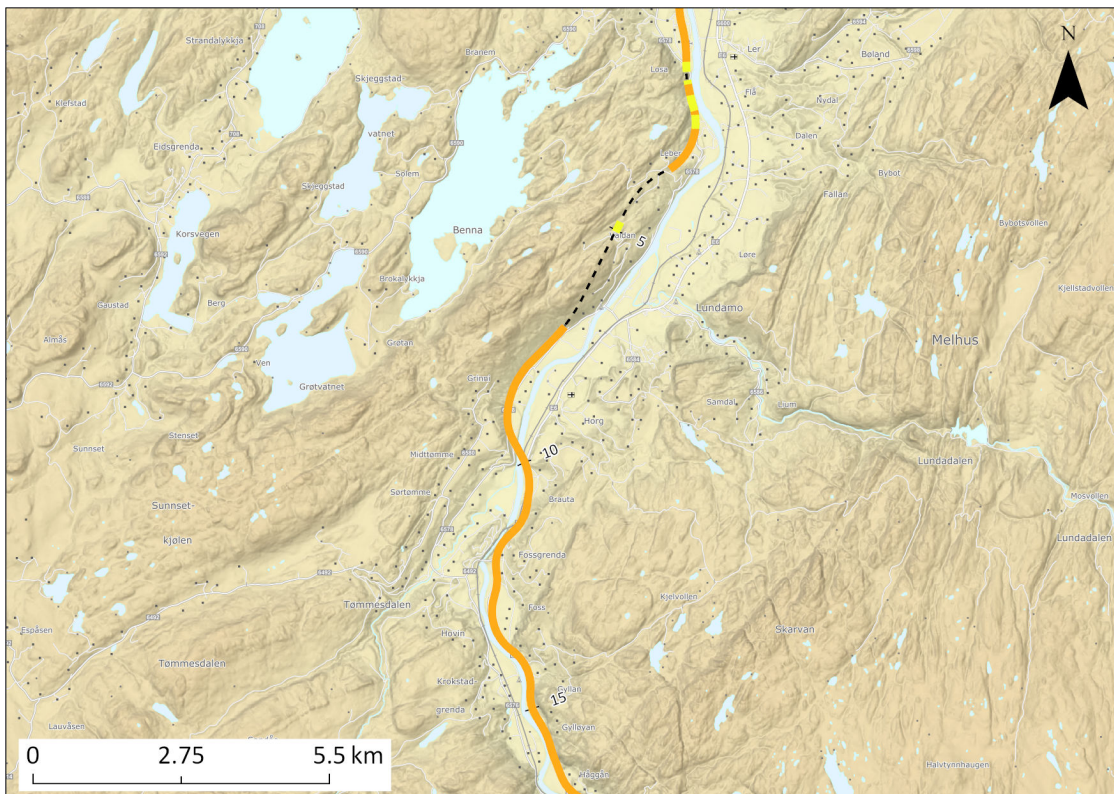
Flom og flomskred er de faretypene som påvirkes direkte av økt nedbør fram mot år 2100. I de fleste tilfellene øker sannsynligheten med én klasse, men i noen tilfeller med to klasser. Likevel øker ikke samlet maksimal risiko til høy langs noe identifisert faresegment.

Tabell 6.3 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Korporalsbru og Gyllan. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
13900	16000	Flom	2	4	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
14300	14400	Flom	3	3	Kulvert/skredbru	4	2	2
14560	14880	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
14560	14640	Steinsprang	3	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
14640	14720	Steinsprang	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	2	2
14880	15420	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
15400	15500	Flom	3	3	Rør	4	2	2
15420	15940	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
15760	15820	Steinsprang	3	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
15820	15980	Steinsprang	4	3	Bolting/rensk/nett	4	2	2
15940	16600	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
15980	16040	Steinsprang	3	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
16600	17000	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
17000	17420	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
17280	17360	Flomskred	1	3	Innløpskontroll for bekk	3	1	2
17460	17500	Steinsprang	3	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
20180	20300	Steinsprang	4	3	Steinsprang gjerde	4	2	2
20260	20560	Kvikkleire	2	5	Andre tiltak	2	2	2
20300	20440	Steinsprang	3	3	Voll	3	2	2
20500	20600	Flom	3	3	Rør	4	2	2
20550	20600	Flomskred	3	3	Innløpskontroll for bekk	4	2	2
20580	20620	Steinsprang	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	2	2
20600	21400	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
20640	20800	Steinsprang	3	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
20640	21560	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
20900	21000	Steinsprang	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	2	2
21000	21040	Steinsprang	3	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
21040	21180	Steinsprang	4	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	2	2
21180	21400	Steinsprang	3	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
21460	21760	Flom	3	3	Bru dimensjonert for flom.	4	2	2
21700	24960	Kvikkleire	2	5	Andre tiltak	2	2	2
21800	22700	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
22800	24900	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
23800	24100	Snøskred	2	3	Voll	2	2	2
24400	24600	Flomskred	2	3	Innløpskontroll for bekk	4	2	2
24660	24780	Steinsprang	3	3	Bolting/rensk/nett	3	2	2
24740	24840	Flom	3	3	Kulvert/skredbru	4	2	2
24790	24860	Flomskred	2	3	Innløpskontroll for bekk	4	2	2
24820	25060	Steinsprang	3	3	Bolting/rensk/nett	3	2	2
25060	26140	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
25200	25400	Flom	1	4	Andre tiltak	3	2	2
25500	25900	Flom	2	4	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
26200	26300	Flom	2	4	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
26240	26460	Flomskred	1	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
26500	26600	Flom	3	3	Rør	4	2	2
26600	27000	Flom	3	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	2	2
27400	27620	Flomskred	1	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
27500	27740	Flom	1	4	Erosjonssikring	3	2	2
28600	28900	Flom	1	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
29000	29100	Flom	1	3	Andre tiltak	3	1	2
29120	29240	Flom	2	3	Bru dimensjonert for flom.	3	2	2
29220	29300	Steinsprang	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	2	2
29300	29600	Steinsprang	3	3	Steinsprang gjerde	3	2	2
29600	29760	Steinsprang	2	3	Voll	2	2	2
29800	29900	Flom	3	3	Kulvert/skredbru	4	2	2
29810	29900	Flomskred	1	3	Innløpskontroll for bekk	3	1	2

6.3.3 Gyllan - Kvål

Delstrekningen er planlagt med byggestart i 2023 og åpning i 2026. Foreslått trasé fra følger eksisterende E6 på østsiden av Gaula til Brauta, der den krysser elva og fortsetter til Kvål på vestsiden av Gaula, mens eksisterende E6 går på østsiden helt til Kvål. Traséen går i en ca. 3,8km tunnel fra ca. ved Evjeøyen til Leberg, samt under Klevahammaren i ca. 500m lengde (Figur 6.7).



Figur 6.7 E6 Gyllan - Kvål. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Med unntak av tunnelene er det nesten sammenhengende faresegmenter langs denne delstrekningen. Store deler av strekningen har middels risiko, 2, og den dominerende faretypen er kvikkleire. Siden store deler av traséen går langs Gaula, er kvikkleireskred utløst av erosjon i elva et tenkelig scenario, og flere steder anbefales forbedret erosjons-sikring i Gaula.

I lavere områder på begge sider av Gaula er flom en aktuell fare, i tillegg til fare for kvikkleireskred. I de fleste kryssende bekker og mindre elver, er det dessuten fare for flomskred.

Særlig i den nordlige delen er det også flere segmenter med steinsprangfare fra skrenter i vest. I disse områdene må en også forvente store skjæringer. Anbefalte sikringstiltak sees fra Tabell 6.4, men i disse kjente kvikkleireområdene er grunnundersøkelser i forbindelse med prosjektering og anleggsdrift svært viktig.

Tabell 6.4 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Gyllan og Kvål. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	640	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
200	1000	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
300	420	Flom	3	1	Bru	4	1	2
600	640	Flom	3	1	Rør	4	1	2
640	1100	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
1100	1320	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
1360	1400	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
1700	2240	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
1760	1820	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
1780	1960	Kvikkleire	2	4	Andre tiltak	2	2	2
1800	1900	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
1840	2000	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
2040	2200	Steinsprang	3	1	Steinsprang gjerde	3	1	1
2140	2300	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
2200	2300	Steinsprang	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	1	1
2360	2470	Steinsprang	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	1	1
2500	2920	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
2660	2800	Steinsprang	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	1	1	1
3000	3370	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
3120	3230	Steinsprang	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
3310	3340	Steinsprang	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
6820	8780	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
7100	8000	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
7520	7660	Flomskred	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
8390	8480	Flomskred	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
8780	9700	Kvikkleire	2	4	Andre tiltak	2	2	2
8800	8920	Flom	3	1	Erosjonssikring	4	1	2
8880	8900	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
9600	9900	Vind/snødrift	4	1	Andre tiltak	4	2	2
9700	9900	Flom	2	1	Bru med tilstrekkelig høyde for fl	3	1	1
9900	14690	Kvikkleire	2	5	Andre tiltak	2	2	2
10860	10960	Flomskred	1	3	Innløpskontroll for bekk	3	1	2
12300	13800	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
12400	12500	Flom	3	3	Rør	4	2	2

Risiko langs den største delen av denne delstrekningen er middels, selv om den faktisk er lav i de fleste identifiserte faresegmentene. Dette skyldes at kvikkleirefaren er dominerende og dekke lange segmenter, der det også er andre farer, som steinsprang, flom og flomskred. Den lange potensielle nedetiden etter et kvikkleireskred gjør at kon-

sekvensene blir store, og dermed samlet maksimal risiko høy. På grunn av økt sannsynlighet for flom og flomskred på grunn av forventet økt nedbør fram mot år 2100, øker risiko fra lav til middels i flere segmenter (Tabell 6.4) For andre faretyper er usikkerhetene så store at dagens sannsynligheter beholdt. Det samme gjelder konsekvensene.

6.3.4 Kvål - Melhus

Strekningen mellom Kvål og Melhus er under bygging og er planlagt åpnet i 2022. Traséen følger i hovedtrekk eksisterende E6 og ligger i sin helhet i dagen, på østsiden av Gaula, etter at traséen krysser elva like syd for Kvål (Figur 6.8).

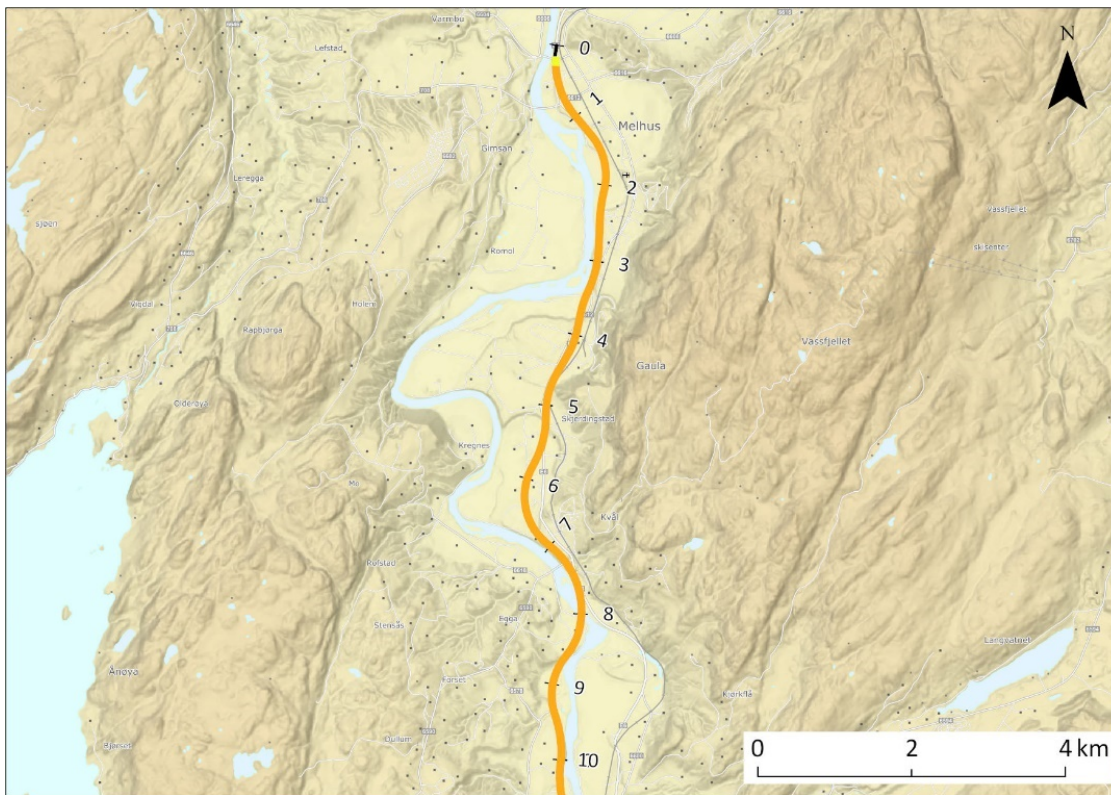
Hele denne delstrekningen er utsatt for naturfare, i hovedsak knyttet mulige kvikkleireskred, samt til flom i Gaula. Kvikkleireskred utgjør den klart dominerende faretypen. Samlet risiko er vurdert til middels, 2, langs hele strekningen (Tabell 6.5), med unntak av et mindre parti rett syd for Kvål, som har høyeste risikoklasse, 3. Dette skyldes sideelv med høy fallgradient ned mot Gaula, der også Gaula kan gå opp i sideelva ved stor vannføring i flomsituasjoner. I dette segmentet er konsekvensen for samfunnsikkerhetsaktørene vurdert som høy, noe som gir høy samlet risiko.

Flere soner med fare for kvikkleireskred er kartlagt i dette området, og strekningen ligger i sin helhet under marin grense. I området ved Kvål går traséen gjennom to kartlagte faresoner for kvikkleire, med hhv. lav og middels faregrad. En må forvente kvikkleire i grunnen også utenfor sonene, og det vil være nødvendig med grunnundersøkelser og eventuelt stabiliserende tiltak i forbindelse med prosjektering og anleggsdrift.

Flomfaren er stort sett knyttet til at traséen ligger innenfor Gaulas flomsone. I tillegg er det flomfare knyttet til enkelte sidebekker- og elver. I den helt nordligste enden av strekningen er det dessuten en mulighet for at høy stormflo i fjorden kan påvirke flommen i elva så langt inn.

At samlet risiko er vurdert som 2, middels, skyldes i hovedsak at konsekvensene ved kvikkleireskred er høye på grunn av potensielt svært lang nedetid. I det korte segmentet med høyeste risiko, skyldes dette en kombinasjon av relativt høyt forventet gjentakintervall (sannsynlighet) og den alvorlige samfunnsikkerhetskonsekvensen av at både ny og gammel trasé påvirkes.

Sannsynligheten for flom er direkte koblet til nedbør, og derfor vil sannsynligheten øke fram mot år 2100. Dette fører til at risiko øker fra lav til middels i enkelte segmenter og fra middels til høy i ett segment (Tabell 6.5). For andre faretyper er usikkerhetene så store at dagens sannsynligheter beholdt. Det samme gjelder konsekvensene.



Figur 6.8 E6 Kvål - Melhus. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Tabell 6.5 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Kvål og Melhus. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
200	400	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
220	3500	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
1080	1160	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
1600	2560	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
3300	3780	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
3500	5500	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
5500	6660	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
6660	7470	Kvikkleire	2	5	Andre tiltak	2	2	2
7240	7320	Flom	3	5	Kulvert/skredbru	4	3	3
7440	9750	Flom	2	5	Bru	3	2	3
7470	7740	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
8040	8500	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
8500	8880	Kvikkleire	2	4	Andre tiltak	2	2	2
8880	10000	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2

6.3.5 Ranheim – Værnes

Den planlagte traséen fra Ranheim til Værnes, med planlagt byggestart i 2020 og åpning i 2025, følger i hovedsak dagens E6, inklusive tunellene. Maksimal risiko er middels, 2, langs store deler av traséen, med noen innslag av liten, 1, risiko. Kun få segmenter er vurdert å ikke ha noen risiko knyttet til Naturfare (Figur 6.9).



Figur 6.9 E6 Ranheim - Værnes. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Kvikkleire utgjør den dominerende faretypen. Hele området rundt Trondheimsfjorden er kjent for forekomster av kvikkleire, og flere soner med lav til middels faregrad er kartlagt langs traséen. Selv om sannsynligheten oftest er lav, er mulig nedetid for veien lang og dermed konsekvensene høye, noe som samlet trekker maks risiko opp til middels (Tabell 6.6). Grunnet den store usikkerheten knyttet til klimaendringenes påvirkning på kvikkleirefare, antas risikonivået ikke å øke fram mot år 2100. Kryssende bekker og elver er vurdert å representere flomfare, men disse utgjør kun begrensede segmenter av veien. Steinsprangfare forekommer alle steder der det er bratte skrenter, særlig på syd-siden av veien. I de fleste tilfellene kan det relativt enkelt sikres mot steinsprang med utvidet grøft og forhøyet fylling, kombinert med nett og bolting der det også må etableres skjæringer. Høye konsekvenser for samfunnssikkerhet og høye indirekte kostnader ved lengre perioder med stengt vei i tilfelle et kvikkleireskred er årsaken til middels risiko

de fleste stedene langs strekningen. Imidlertid er også steinsprangfare vurdert å føre til middels risiko langs enkelte segmenter, men i disse tilfellene er det i hovedsak høy sannsynlighet for hendelse som gir økt risiko.

Sannsynligheten for flom er direkte koblet til nedbør, og derfor vil sannsynligheten øke fram mot år 2100. Dette fører til at risiko øker fra lav til middels i en rekke segmenter. Ingen av de øvrige faretypene identifisert langs strekningen er vurdert å føre til økt risiko mot slutten av århundret. Dette skyldes store usikkerheter ved hvordan klimaendringene vil påvirke sannsynligheten for hendelser, samt at virkningen av klimaendringer kun er vurdert i forhold til sannsynligheten (gjentaksintervallet) av mulige hendelser.

Tabell 6.6 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Ranheim og Værnes. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

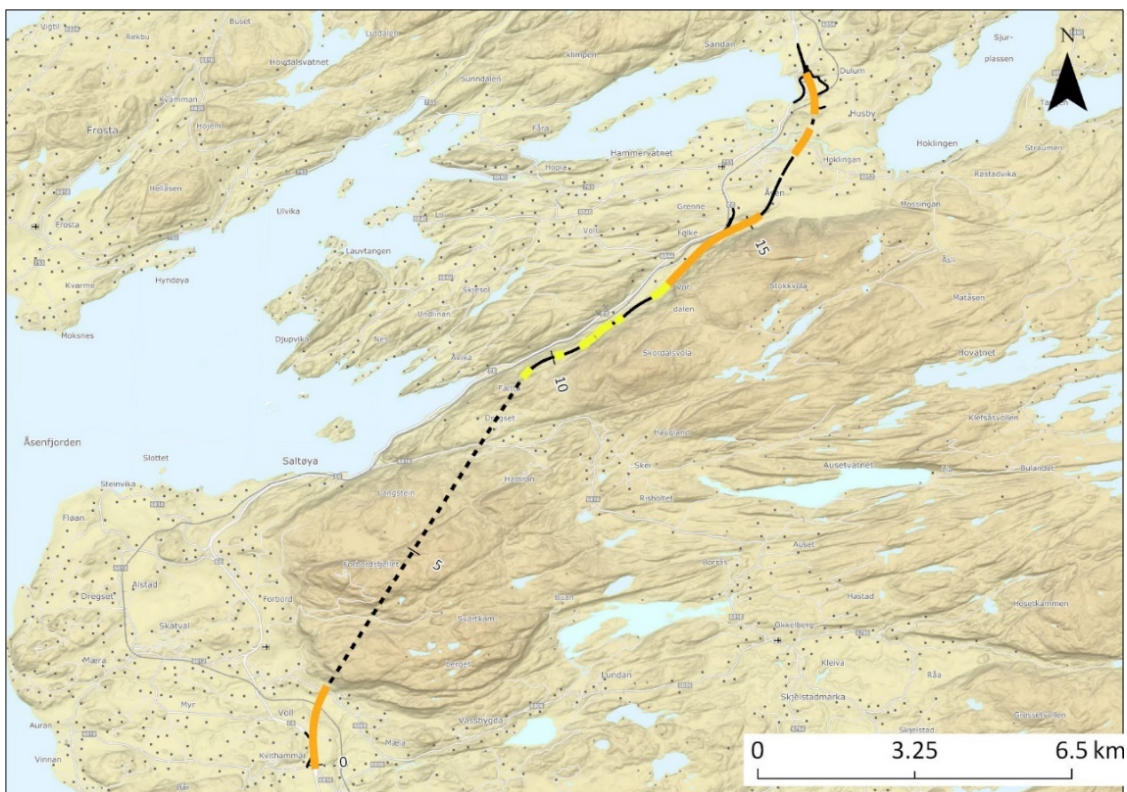
Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	1240	Kvikkleire	2	4	Andre tiltak	2	2	2
740	810	Flom	3	1	Rør	4	1	2
760	820	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
1240	1700	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
1700	2300	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
3980	4300	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
4080	4160	Flom	3	1	Rør	4	1	2
4300	4600	Kvikkleire	2	4	Andre tiltak	2	2	2
4500	4600	Flom	3	1	Rør	4	1	2
4600	5000	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
5000	6160	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
5140	5680	Steinsprang	3	1	Voll	3	1	1
5680	5780	Steinsprang	4	1	Bolting/rensk/nett	4	2	2
6160	6300	Steinsprang	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
6320	6420	Steinsprang	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
6840	10900	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
8000	8100	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
8900	8960	Flom	3	1	Rør	4	1	2
10860	11040	Steinsprang	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	1	1
12280	12680	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
12600	12700	Flom	3	1	Rør	4	1	2
14500	15620	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
14520	14560	Steinsprang	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
14600	14800	Flom	2	1	Bru	3	1	1
14860	15180	Steinsprang	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
15220	15280	Flom	3	1	Rør	4	1	2
15600	15680	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
15900	16260	Steinsprang	5	2	Steinsprang gjerde	5	2	2
16260	16340	Steinsprang	3	1	Voll	3	1	1
16280	16700	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
16420	16480	Flom	3	1	Rør	4	1	2
16440	16480	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
16500	16660	Steinsprang	4	1	Bolting/rensk/nett	4	2	2
16560	16680	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
20960	21120	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
21000	21100	Flom	3	1	Rør	4	1	2
21180	22600	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
21800	22300	Vind/snødrift	4	2	Andre tiltak	4	2	2
21860	22160	Flom	2	2	Bru	3	1	2

6.3.6 Kvithammar – Åsen

Byggestart for denne delstrekningen er planlagt i 2021, med åpning i 2026. Den planlagte traséen (Figur 6.10) tar av fra dagens E6 rett nord for Kvithammar og fortsetter nord-vestover gjennom en ca. 8,5 km lang tunell under Forbordsfjella og Steinsberga, før den kommer ut i dagen og går parallelt med, men noe sør-øst for dagens E6 gjennom Vuddudalen. Traséen går så øst for Åsen og treffer dagens E6 igjen ved Nordre Hammer.

Kvikkleire og steinsprang utgjør de dominerende faretypene langs strekningen. Høyeste maksimale risiko er middels, 2 (Tabell 6.7), og dette er ikke forventet å øke til høyeste klasse, 3, selv med forventet klimapåslag fram mot år 2100, men det er store usikkerheter knyttet til så vel effekten på steinsprang og naturlig erosjons-utløste kvikkleireskred, som på konsekvensene.

Hele området er kjent for å ha kvikkleireproblemer, noe som må tas hensyn til under prosjektering av veien. Det sydligste segmentet, fra Kvithammar til tunnelen, har fare for kvikkleireskred. Videre er det et langt segment med kvikkleirefare i den nordlige delen av Vuddudalen, samt øst for Åsen og i den siste delen av strekningen, opp mot Nordre Hammer.



Figur 6.10 E6 Kvithammar - Åsen. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Vuddudalen er kjent for steinsprangfare, og sammen med kvikkleire, er steinsprang den dominerende faretypen gjennom dalen, knyttet først og fremst til bratte skrenter i sør-øst, som Høngleiva og Ramshammaren. Flomfare er knyttet til kryssende bekker og elver, hvorav den største er Fossingelva ved Åsen. Noen av de mindre, bratte bekkene kan også være masseførende og utvikle seg til flomskred.

Som for delstrekningen Ranheim-Værnes, er det også kvikkleirefaren som gir økt risiko til 2, middels, langs denne delstrekningen, igjen på grunn av potensielt lang nedetid ved en hendelse. Av andre faretyper er det kun flom i Fossingelva som er vurdert å gi middels risiko. Kortere segmenter med flomfare, steinskredfare og flomskredfare er alle vurdert å gi liten risiko, vesentlig på grunn av kort potensiell nedetid og i hovedsak gode omkjøringsmuligheter. For noen av disse vil imidlertid risiko øke til middels på grunn av forventet økt nedbør og dermed økt sannsynlighet for hendelser mot slutten av århundret (Tabell 6.7).

Tabell 6.7 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Kvithammar og Åsen. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	1600	Kvikkleire	2	5	Erosjonssikring	2	2	2
940	1040	Flom	2	1	Bru	3	1	1
9320	9410	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
10120	10160	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
10680	10720	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
10700	10900	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
11080	11120	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
11220	11350	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
11580	11620	Flomskred	2	1	Innløpskontroll for bekk	4	1	2
11580	11600	Flom	3	1	Rør	4	1	2
12500	12540	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
12620	12660	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
12620	12660	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
12700	15200	Kvikkleire	1	4	Erosjonssikring	1	2	2
12760	12900	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
12900	13020	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
13040	13080	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
13060	13080	Flom	3	1	Rør	4	1	2
13300	13400	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
13400	13480	Flom	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	1	2
13480	13520	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
13480	13520	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
13520	13580	Flom	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	1	2
13580	13620	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
13700	13830	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
13830	13870	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
13870	14020	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
14000	14200	Flom	2	1	Bru	3	1	1
14600	15120	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
16800	17130	Kvikkleire	2	5	Erosjonssikring	2	2	2
17100	17200	Flom	2	3	Bru	3	2	2
17130	17270	Kvikkleire	2	5	Erosjonssikring	2	2	2
17750	18480	Kvikkleire	1	5	Støtteforbygning	1	2	2
18240	18400	Flom	2	1	Bru	3	1	1

6.3.7 E6 Trøndelag oppsummert

Totalt er 206 segmenter med potensiell naturfare registrert langs strekningen E6 Trøndelag, som består av 6 delstrekninger. De faretypene som dominerer risikobildet, er mulige kvikkleireskred og flomfare. Alle andre faretyper eksisterer også langs strekningen, men gir i de fleste tilfellene lavere risiko på grunn av at de oftest fører til kortere nedetid på veien og konsekvensene derfor er mindre. Store deler av strekningen ligger lavere enn marin grense, og kan derfor ha kvikkleire. Trøndelag er et kjent kvikkleireområde, og traséen går gjennom eller i nærheten av flere kartlagte soner med kvikkleirefare. Det vil også være kvikkleire i områder utenfor de kartlagte sonene, og dette må tas hensyn til under prosjekteringen av veien.

De øvrige faretypene undersøkt i dette arbeidet (med unntak av stormflo som kun kan påvirke flom i elva på strekningen Kvål – Melhus), forekommer også langs strekningen. Den største flomfaren er knyttet til de store elvene, Gaula og Sokna, men mindre kryssende bekker kan også medføre betydelig risiko, som Fossingelva nært åsen i nord av traséen. Bratte kryssende bekker og mindre elver kan også være utsatt for flomskred, og denne faren er fordelt utover hele strekningen, med unntak av delstrekningen mellom Kvål og Melhus. Steinsprangfare finnes alle steder der traséen går gjennom bratt terreng, og spesielt segmentet gjennom Vuddudalen er utsatt.

Vesentlig omlegging av traséen er ikke foreslått noen steder, men langs enkelte segmenter kan mindre justeringer være å anbefale, særlig der det er mulig å trekke traséen noe lenger ut fra mulige steinsprangområder. Langs mange av disse vil det imidlertid være nødvendig å etablere skjæringer, og da vil disse måtte sikres spesielt.

Risikobildet vil forverres noe mot slutten av århundret, men dette vil gjelde særlig for flom- og flomskredfare, og i mindre grad for de øvrige faretypene. Usikkerhetene er så vidt store når det gjelder klimaendringenes innvirkning på sannsynligheten for disse faretypene at det her er valgt å beholde dagens risiko også for slutten av århundret. Endringer av konsekvensene ved eventuelle hendelser er beheftet med så store usikkerheter når det gjelder en rekke faktorer, som demografi, bosetning, kjøremønster, etc., at disse er valgt å beholdes på dagens nivå. Om klimaendringene påvirker også disse faretypene, antas det imidlertid at det vil føre til en forverring, altså økt sannsynlighet. Unntaket er snøskred, der situasjonen forventes å bedres på grunn av kortere vintere og høyere både snøgrense og tregrense.

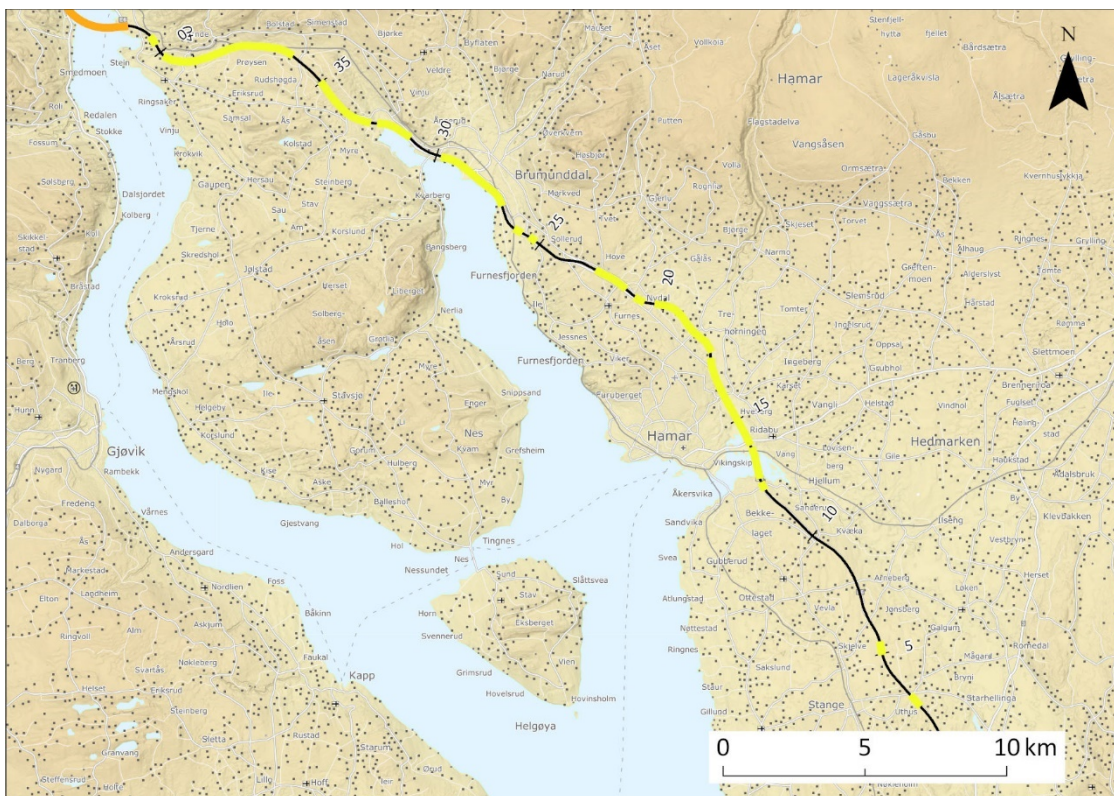
6.4 E6 Innlandet

E6 Innlandet er delt i fire delstrekninger, Kolomoen – Moelv, Moelv – Øyer, Øyer – Kvam, og Kvam – Otta. Strekningen er lang, xxxkm, og går i varierende terreng, fra de relativt flate områdene fra Kolomoen til Moelv, langs Mjøsas vestsida nord til Lillehammer, for så å gå gjennom brattere terreng i Gudbrandsdalen til Otta. Endringene i terreng gjør at naturfarene blir mer variert nordover, men siden hele strekningen i hovedsak følger et stort vassdrag, er flomfaren viktig i alle delstrekningene. Disse behandles separat nedenfor.

6.4.1 Kolomoen – Moelv

Denne delstrekningen er delvis åpnet og skal være fullt åpnet i 2020. Traséen strekker seg fra avkjøringen av Riksvei 3 til Elverum ved Kolomoen til Moelv (Figur 6.11). Den følger i sin helhet den gamle E6 traséen, med unntak av helt i nord, ved Moelv, der den nye traséen tar av for å krysse Mjøsa i en ny Mjøsbru, ca. 1km syd for dagens bru.

Basert på GIS analysene, befaringer og vurdering av hendelsesdata, er det kun flom som utgjør en fare langs denne delstrekningen. Risiko er ingen steder vurdert høyere enn laveste klasse, 1 (Figur 6.11, Tabell 6.8). Sannsynligheten varierer mellom 2 og 3, henholdsvis hvert 100-500 år og hvert 20-100 år. Imidlertid er konsekvensene lave på grunn av gode omkjørings muligheter langs hele strekningen.



Figur 6.11 E6 Kolomoen - Moelv. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale leveransen.

Flomfaren er knyttet til bekker som enten krysser eller løper parallelt med traséen, som Flagstadelva ved Hamar og Brumunda i Brumunddal. Langs Mjøsa, inklusive Furnesfjorden, er flomfaren knyttet til Mjøsas flomsone. Lavpunkter langs traséen er også markert med potensiell flomfare flere steder.

På grunn av generelt gode omkjøringsmuligheter, er konsekvensene av stengt fei vurdert som relativt små, noe som gjør at samlet risiko blir lav under dagens forhold, til tross for at flom i store vassdrag og innsjøer, som Mjøsa, kan føre til relativt lang nedetid for veien. Klimaendringene vil kunne føre til økt sannsynlighet for flom fram mot slutten av dette århundret. I hovedsak økes sannsynligheten med en klasse, noe som igjen fører til at de fleste faresegmentene får middels risiko, 2, i år 2100. Konsekvensene avhenger av mange faktorer, som arealbruk, demografi, etc., og har så store usikkerheter at vi har valgt å holde konsekvensene på samme nivå som for dagens situasjon.

Flomsikringstiltak vil være god drenering og plass til flom, i form av rør, grøfter, kulverter og bruer (Tabell 6.8). Denne delstrekningen er åpnet allerede, og tiltakene som er utført er vurdert som tilstrekkelige.

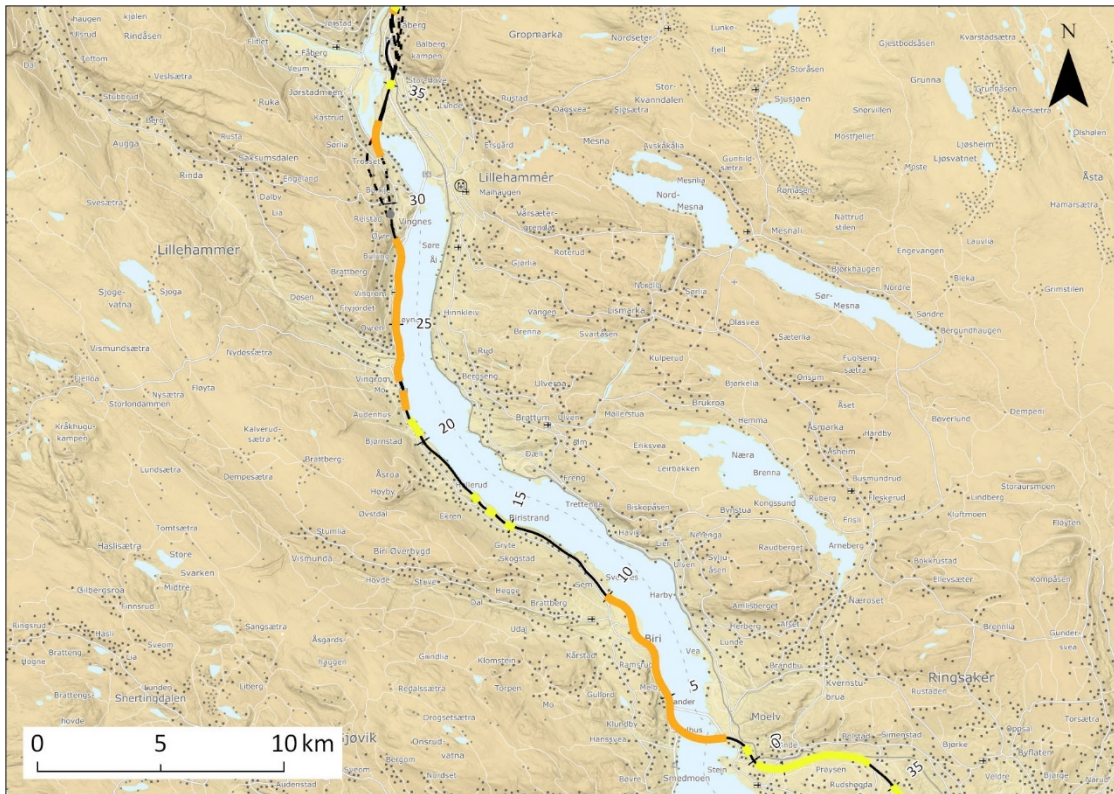
Tabell 6.8 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Kolomoen og Moelv. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	1400	Flom	3	1	Rør	4	1	2
2820	3080	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
5100	5300	Flom	3	1	Rør	4	1	2
12460	12500	Flom	3	1	Rør	4	1	2
12900	13520	Flom	2	2	Bru	3	1	2
13750	13770	Flom	2	2	Bru	3	1	2
14120	15820	Flom	2	2	Kulvert/skredbru	3	1	2
15820	16960	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
17140	17260	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
17720	18390	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
18390	20200	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
20840	20960	Flom	3	1	Rør	4	1	2
21640	22640	Flom	3	1	Rør	4	1	2
25290	25320	Flom	3	1	Rør	4	1	2
25870	25930	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
27120	29700	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
27840	27900	Flom	3	1	Rør	4	1	2
28200	28260	Flom	2	1	Bru	3	1	1
28810	28840	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
29490	29520	Flom	2	1	Bru	3	1	1
31260	32300	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
32160	32220	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
32800	34900	Flom	3	1	Rør	4	1	2
36500	39900	Flom	3	1	Rør	4	1	2
40000	41000	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2

6.4.2 Moelv – Øyer

Delstrekningen er delt i to parseller, ved Storhove, med byggestart i 2020 og 2021, og åpning i 2023 og 2025 i hhv den nordlige og sydlige parsellen. Etter at traséen har krysset

Mjøsa på ny Mjøsbru (Figur 6.12), følger den i hovedsak langs dagens E6 på vestsiden av Mjøsa til om lag 500 m syd for Øyresodden, der den nye traséen svinger mot nordvest for å gå i tunnel under Korpeberget, fram til ny bru over Gudbrandsdalslågen ved Våøya, nordvest for Lillehammer. Traséen skjærer så over Hovemoen, følger delvis gammel E6, før den går i tunnel øst for Fåberg. Den siste delen, til Øyer, følger stort sett dagens E6.



Figur 6.12 E6 Moelv - Øyer. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Flom og flomskred er de dominerende faretypene langs denne delstrekningen, men det er også segmenter med hhv. steinsprang- og jordskredfare (Tabell 6.9). I tillegg er det fare forbundet med kraftig vind over de lange bruene over Mjøsa og Lågen. Maksimal risiko varierer mellom lav, 1, og middels, 2. Dette skyldes i hovedsak at det er gode omkjøringsmuligheter i de fleste delene av delstrekningen, så konsekvensene for samfunnsøkonomi og for samfunnssikkerhet blir små. GIS analysen i del 1 av prosjektet antydte snøskredfare flere steder langs strekningen, med middels fareklasse, 2, nord for Lillehammer. Feltarbeidet, samt vurdering i etterkant har gjort at vi ikke vurderer snøskred som en aktuell faretype noen steder langs delstrekningen.

Begge de to store bruene, over hhv. Mjøsa og Lågen, har blitt klassifisert med høyeste sannsynlighetsklasse, 5, for vind, tilsvarende oftere enn en gang hvert 4 år (Figur 6.12,

Tabell 6.9). På grunn av omkjøringsmulighetene er likevel samlet risiko ikke høyere enn middels, 2. Perioder med sterk vind (>15m/s) vil trolig være relativt korte. Når det estimeres varighet av stengning, er det angitt som samlet antall dager pr. 4 år, og dette kan romme flere tilfeller. Tiltak i forhold til vind vil være vindskjermer langs brua.

Flomfaren er knyttet til Mjøsas flomsone og til mindre elver og bekker, som enten krysser traséen eller følger den parallelt. Flomfare fra Gudbrandsdalslågen gjelder kun i den helt nordligste delen av delstrekningen, ved Øyer. Mellom Lillehammer og Øyer ligger traséen høyt nok til at Lågen ikke påfører veien flomfare. Middels risiko, 2, gjelder Mjøsas flomsone, mens kryssende elver og bekker har flomfare kun i korte segmenter og gir kun en lav samlet risiko, 1. I Vingrom er det Mjøsas flomsone som gir middels risiko, mens flom i elva Rinda kun er vurdert å gi laveste risiko. Der det er behov for risikoreduserende tiltak, vil dette være i form av grøfter, kulverter, bruer, samt hevet veifylling enkelte steder langs Mjøsa.

Delstrekningen har mange kryssende elver og bekker med bratt fall, der det er sannsynlighet for massetransport og flomskred. Hendelser er også registrert i enkelte av disse, fra så sent som under flommen i 2013. Flere slike finnes langs Mjøsa, mellom Biri og Vingrom, og videre nordover mot tunellen før krysningen av Lågen. Videre er det flere segmenter med flomskredfare mellom Fåberg og Øyer. Ingen av disse er vurdert å gi mer enn lav risiko, 1, dels på grunn av vurdert middels til lav sannsynlighet, men mest på grunn av gode omkjøringsmuligheter og dermed lave konsekvenser. Risikoreduserende tiltak mot flomskred vil være godt dimensjonerte kulverter og bruer.

Traséen passerer bratte skrenter med steinsprangfare ved Kremmerodden, like nord for Mjøsbrua, samt i to segmenter like nord for Fåberg. Partiet ved Kremmerodden, samt det sydligste av segmentene nord for Fåberg har nest høyeste sannsynlighet, 4, noe som gir middels risiko, 2. I det nordligste av de to segmentene er det også vurdert at en kan ha jordskredfare. Det er en bratt skogkledd dalside ovenfor traseen, som bør undersøkes i større detalj i forbindelse med prosjekteringen av veien. Risikoreduserende tiltak i de tre segmentene med steinsprangfare vil være sikring med bolter og nett, samt eventuell rensk av løse blokker (Tabell 6.9).

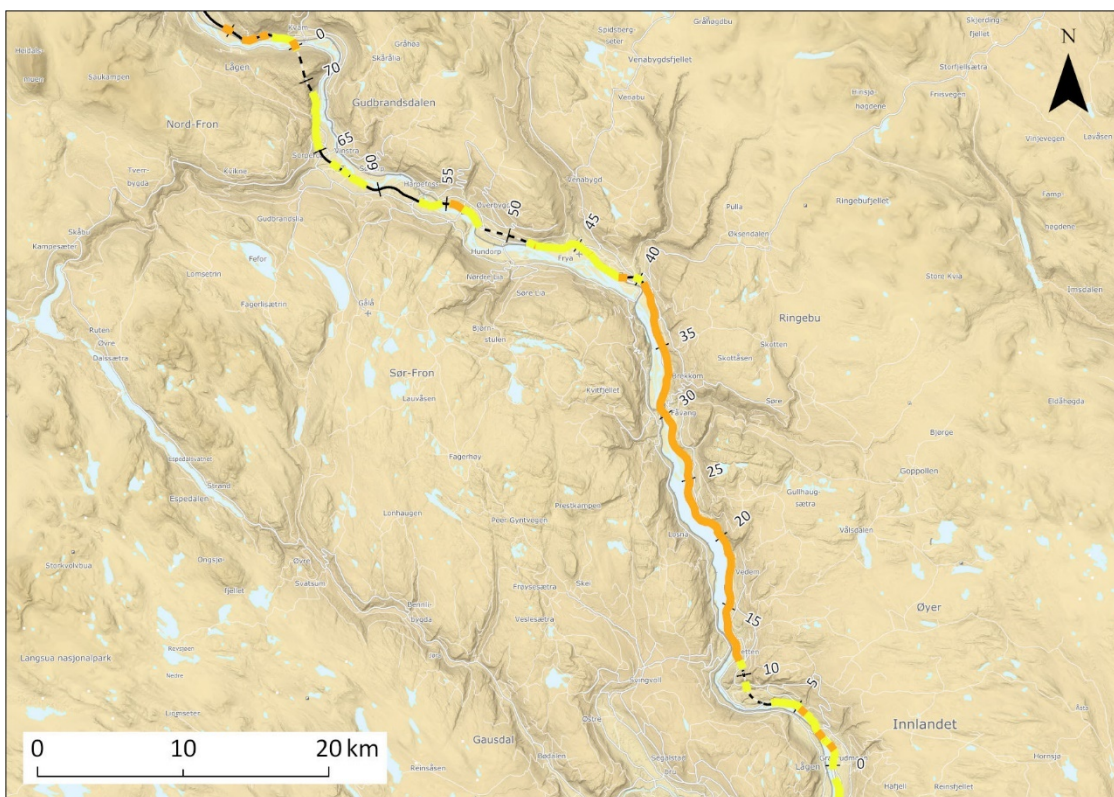
Klimaendringene vil påvirke sannsynligheten for flom og flomskred. I en del segmenter vil derfor risiko øke fra lav, 1, til middels, 2, men aldri til høyeste risiko, 3. Av hensyn til stor usikkerhet knyttet til utvikling av konsekvensene utover i århundret, er konsekvensene holdt på dagen nivå, noe som også er beskrevet over.

Tabell 6.9 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Moelv og Øyer. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
440	540	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
1695	4010	Vind/snødrift	5	1	Andre tiltak	5	2	2
1800	4000	Flom	2	3	Bru	3	2	2
4000	9920	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
6300	7000	Steinsprang	4	1	Steinsprang gjerde	4	2	2
9500	9920	Flom	2	1	Bru	3	1	1
15000	15100	Flomskred	3	1	Kulvert/skredbru	5	1	2
15020	15100	Flom	3	1	Bru	4	1	2
15950	16050	Flomskred	3	1	Kulvert/skredbru	5	1	2
15960	16000	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
16820	16900	Flom	2	1	Bru	3	1	1
20400	20460	Flom	3	1	Rør	4	1	2
20760	20900	Flom	2	1	Bru	3	1	1
21600	22100	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
22800	23500	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
23100	23200	Flom	2	1	Bru	3	1	1
23800	28000	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
25970	26020	Flomskred	3	1	Kulvert/skredbru	5	1	2
27500	27650	Flomskred	4	1	Kulvert/skredbru	5	2	2
28300	28400	Flomskred	4	1	Andre tiltak	5	2	2
28320	28380	Flom	4	1	Rør	5	2	2
32115	33290	Vind/snødrift	5	1	Andre tiltak	5	2	2
32500	32600	Flomskred	3	1	Kulvert/skredbru	5	1	2
32500	33220	Flom	2	3	Bru	3	2	2
34960	35020	Flom	3	1	Rør	4	1	2
37600	37750	Steinsprang	4	1	Steinsprang gjerde	4	2	2
37750	37900	Flomskred	3	1	Kulvert/skredbru	5	1	2
37790	37820	Flom	3	1	Rør	4	1	2
38100	38400	Jordskred	2	1	Voll	4	1	2
38100	38400	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
39140	39180	Flomskred	3	1	Kulvert/skredbru	5	1	2
40240	40260	Flom	3	1	Rør	4	1	2
40920	40960	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
41520	41600	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
41980	42220	Flom	3	1	Rør	4	1	2
43100	43160	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
43550	43700	Flomskred	3	1	Voll	5	1	2
43800	43950	Flomskred	3	1	Kulvert/skredbru	5	1	2
43840	43880	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
44200	44740	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
44660	44740	Flom	3	1	Bru	4	1	2

6.4.3 Øyer – Kvam

Hele strekningen fra Øyer til Otta er under planlegging, og byggestart er ikke avklart ennå. Planlagt trasée følger i all hovedsak dagens E6 på østsiden av Lågen fra Øyer til Grytting, der den krysser Lågen og fortsetter på vestsiden til den igjen krysser elva ved Kvam (Figur 6.13). Tuneller er ikke markert i kartmaterialet gjort tilgjengelig fra Nye Veier AS i dette prosjektet, men det forutsettes her at traséen følger dagens E6 også der denne er lagt i tunnell. Det største planlagte avviket fra dagens E6, er i Ringebru, der den nye traséen er planlagt i en sving øst for sentrum. Vi vet ikke om det her er planlagt tunnell.



Figur 6.13 E6 Øyer - Kvam. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Dette er en delstrekning med mange registrerte flom- og skredhendelser. Både snøskred, steinsprang, jordskred og flomskred er registrert på eller i nærheten av veien. Likevel er det flom i Lågen som utgjør den største faren langs de lengste partiene av delstrekningen. Maksimal risiko langs delstrekningen er middels, 2 (Tabell 6.10), og ingen steder er samlet maksimal risiko forventet å øke til maksimal, 3, mot slutten av århundret.

Den dominerende faretypen er flom i Gudbrandsdalslågen. I tillegg er det fare for så vel flom som flomskred fra sideelver som krysser traséen. Maksimal risiko knyttet til flom

i Lågen er vurdert å være kun på laveste nivå, 1, fram til Øyertunellen. Kun ved kryssning av enkelte bekker, fører flomskredfare til at maksimal risiko blir middels, 2. Fra Øyertunellen og fram til Ringebru øker risiko knyttet til flom i Lågen til middels, 2, noe som i hovedsak skyldes dårligere omkjøringsmuligheter og dermed økte konsekvenser, både indirekte økonomiske og for samfunnsikkerheten. Nord for Hundorp og fram til Teigkamptunellen, varierer risiko mellom lav, 1 og middels, 2, igjen hovedsakelig på grunn av varierende konsekvenser i forhold til omkjøringsmuligheter. Flomskredfare og behov for tiltak bør vurderes alle steder der bekker og elver krysser traseen. Flere steder er tydelige vifter avsatt, og danner mange steder odder ut i Lågen, noe som er tydelige tegn på betydelig potensial for massetransport.

Tabell 6.10 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Øyer og Kvam. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	6600	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
1300	1360	Flom	3	1	Bru	4	1	2
1320	1330	Flomskred	4	1	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
1740	1790	Flom	3	1	Bru	4	1	2
1760	1780	Flomskred	4	1	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
2440	2500	Flomskred	4	1	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
3240	3280	Flomskred	3	1	Innløpskontroll for bekk	5	1	2
3240	3300	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
3400	3420	Flomskred	3	1	Innløpskontroll for bekk	5	1	2
3700	3740	Flomskred	4	1	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
3840	3880	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
3840	3860	Flomskred	3	1	Innløpskontroll for bekk	5	1	2
4500	4540	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
4520	4540	Flomskred	4	1	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
5100	5160	Flom	3	1	Rør	4	1	2
5120	5130	Flomskred	3	1	Innløpskontroll for bekk	5	1	2
5180	5250	Flomskred	1	1	Innløpskontroll for bekk	3	1	1
5640	5680	Flom	3	1	Rør	4	1	2
5650	5660	Flomskred	3	1	Innløpskontroll for bekk	5	1	2
6440	6480	Flom	3	1	Rør	4	1	2
6460	6470	Flomskred	4	1	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
11300	11400	Jordskred	4	1	Andre tiltak	5	2	2
11640	12800	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
12000	12200	Jordskred	3	2	Planering/motfylling	5	2	2
12040	12080	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
12050	12070	Flomskred	3	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
12500	12600	Flom	2	2	Bru	3	1	2
12500	12800	Flomskred	3	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
12800	24760	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
13820	14000	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
14000	15300	Flom	4	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	5	2	2
14200	14300	Flomskred	4	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
15100	15200	Flomskred	4	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
15200	15500	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
15300	15400	Flom	5	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
15400	15500	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
15400	16200	Flom	4	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	5	2	2

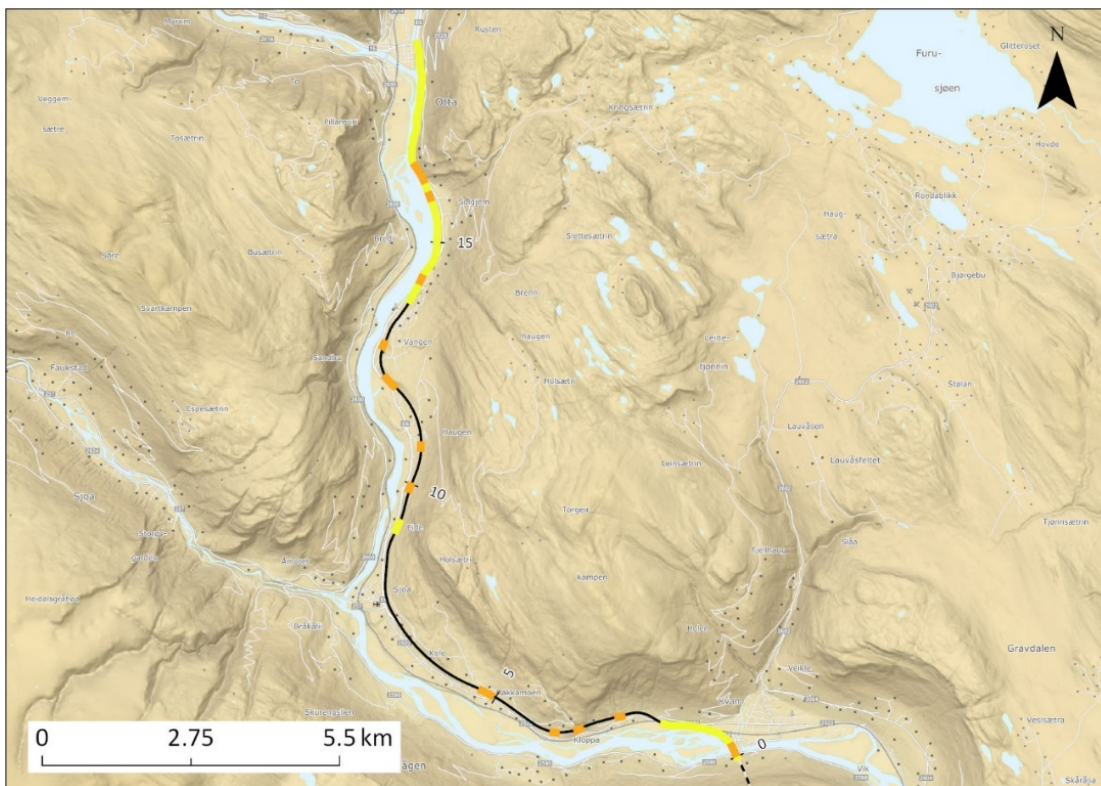
15700	15900	Flomskred	4	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
15870	15920	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
15880	15900	Flomskred	3	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
16200	16500	Steinsprang	3	2	Steinsprang gjerde	3	2	2
17620	17680	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
17640	17660	Flomskred	3	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
18460	18500	Flom	3	2	Rør	4	2	2
18600	18900	Flom	3	2	Bru	4	2	2
18640	18850	Flomskred	4	2	Erosjonssikring	5	2	2
20300	20500	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
20720	20730	Flomskred	4	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
20860	20900	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
20880	20900	Flomskred	3	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
21400	21700	Steinsprang	2	2	Bolting/rensk/nett	2	1	1
21760	21770	Flomskred	4	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
21760	21780	Flom	3	2	Rør	4	2	2
23020	23030	Flomskred	2	2	Innløpskontroll for bekk	4	1	2
23700	23800	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
23880	23910	Flom	3	2	Rør	4	2	2
23890	23900	Flomskred	3	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
24760	35500	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
25500	25900	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
25970	25980	Flomskred	3	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
26590	26660	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
26620	26630	Flomskred	3	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
30360	30440	Flom	3	2	Bru	4	2	2
31720	31760	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
35510	38440	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
35780	35940	Steinsprang	4	2	Bolting/rensk/nett	4	2	2
36040	36140	Flom	2	2	Bru	3	1	2
36080	36100	Flomskred	3	2	Sedimentnett	5	2	2
37080	37180	Flomskred	3	2	Kanalisering	5	2	2
37140	37200	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
38300	39350	Flomskred	4	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
40030	40120	Flom	3	1	Bru	4	1	2
41100	41150	Steinsprang	4	2	Bolting/rensk/nett	4	2	2
41100	47740	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
42300	42360	Steinsprang	4	2	Bolting/rensk/nett	4	2	2
43340	43440	Flomskred	1	2	Andre tiltak	3	1	2
43680	43700	Flomskred	4	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
43690	43720	Flom	2	2	Kulvert/skredbru	3	1	2
45200	45300	Flom	2	2	Bru	3	1	2
48020	48040	Steinsprang	4	2	Steinsprang gjerde	4	2	2
52340	52360	Flomskred	2	1	Innløpskontroll for bekk	4	1	2
52540	52600	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
52550	52560	Flomskred	3	1	Innløpskontroll for bekk	5	1	2
52600	53000	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
53000	53120	Flomskred	3	1	Innløpskontroll for bekk	5	1	2
53100	53500	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
53100	53400	Flomskred	4	1	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
53840	53910	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
53870	53880	Flomskred	3	1	Innløpskontroll for bekk	5	1	2
54080	54500	Flomskred	4	1	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
54440	54530	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
55560	56040	Flom	2	1	Bru	3	1	1
56560	56700	Flom	3	1	Bru	4	1	2
56630	56640	Flomskred	3	1	Andre tiltak	5	1	2
56660	56670	Jordskred	5	1	Erosjonssikring	5	2	2
61200	61360	Flom	3	1	Bru	4	1	2
61300	61310	Flomskred	3	1	Andre tiltak	5	1	2
61400	61900	Flom	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	1	1
61940	61980	Flom	2	1	Rør	3	1	1
62600	62700	Flom	3	1	Rør	4	1	2
63400	63600	Flom	2	1	Bru	3	1	1
65340	65410	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
65410	66100	Flom	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	1	1
65600	66000	Flomskred	1	1	Andre tiltak	3	1	1
66220	66500	Flomskred	1	1	Andre tiltak	3	1	1
66500	67100	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
67600	67700	Flom	3	1	Bru	4	1	2
67630	67670	Flomskred	1	1	Andre tiltak	3	1	1
67820	68020	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
68480	68850	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1

Steinsprangfaren er knyttet til lokale skrenter og bratte skråninger i partier langs det meste av strekningen, og særlig fra nord for Øyertunellen. Herfra finnes områder med steinsprangfare hele veien til Kvam. I enkelte segmenter, som syd for Teigkamptunellen, er steinsprangfaren knyttet til bratt skråning med snauhugst og traktorvei, heller enn skrenter.

En rekke forskjellige risikoreducerende tiltak er foreslått i faktaarkene i den digitale leveransen. For flom er bruer, kulverter og forhøyet veifylling de anbefalte tiltakene. Mange av disse vil også håndtere flomskredfaren, som i tillegg kan avhjelpest med erosjonsreducerende tiltak og innløpskontroll på bekkekryssninger. For steinsprang gjelder bolting kombinert med nett og rensk av løse blokker de fleste steder, mens steinspranggjerdet er anbefalt langs noen segmenter. Det vil etableres nye skjæringer mange steder, der sikring må vurderes i forbindelse med prosjekteringen.

Klimaendringene fram mot slutten av århundret påvirker sannsynligheten for flom og flomskred. Dette gjør at mange faresegmenters risiko øker fra lav til middels fram mot år 2100. For andre faretyper er usikkerhetene så vidt store at dagens sannsynlighet er beholdt ut århundret. Det samme gjelder konsekvensene.

6.4.4 Kvam – Otta



Figur 6.14 E6 Kvam - Otta. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Traséen krysser Lågen sydvest for Kvam sentrum og fortsetter å følge dagens E6 på østsiden av Lågen nordover (Figur 6.14). Nord for Sjoa ligger ny trasé i litt varierende avstand fra dagens E6, med ca. 50-200 m avstand både i østlig og vestlig retning fra dagens vei.

Dominerende faretype er også langs denne delstrekningen flom i Gudbrandsdalslågen. Dette gjelder særlig Det første stykket vest for Kvam, samt det siste stykket, fra Sandbumoen til Otta (Figur 6.14, Tabell 6.11). Langs begge disse segmentene er maksimal risiko liten, 1. Konsekvensene er begrenset, grunnet rimelige omkjøringsmuligheter, og i segmentet vest for Kvam ligger traséen såpass høyt at sannsynligheten for at flom i Lågen skal stenge veien er lav. Opp mot Otta er særlig strekningen fra Otta Renseanlegg til Otta sentrum utsatt for is-oppstuvning og flom.

Strekningen er utsatt for flomskred- og flomfare i de fleste kryssende elver og bekker, tilsvarende som for delstrekningen Øyer-Kvam. Flere segmenter er også utsatt for steinsprangfare langs skrenter og bratte skråninger. Ett segment, syd for Sandbumoen er vurdert å ha jordskredfare tilknyttet en bratt skråning, der høye skjæringer i løsmasser kan forventes som følge av veianlegget.

Maksimal risiko er middels, 2, i mange av disse kortere segmentene. Selv med forventet effekt av klimaendringer fram til år 2100, vurderes maksimal risiko ikke å nå opp i høyest klasse, 3 (Tabell 6.11).

Tabell 6.11 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E6 mellom Kvam og Otta. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	300	Flom	2	2	Bru	3	1	2
70	210	Vind/snødrift	5	2	Andre tiltak	5	2	2
300	1600	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
2440	2500	Flomskred	4	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
3240	3300	Steinsprang	3	2	Steinsprang gjerde	3	2	2
3700	3740	Flomskred	4	2	Innløpskontroll for bekk	5	2	2
5100	5280	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
5180	5250	Flomskred	1	2	Innløpskontroll for bekk	3	1	2
9100	9250	Steinsprang	2	2	Steinsprang gjerde	2	1	1
9900	9960	Flom	3	2	Rør	4	2	2
10700	10740	Flomskred	3	2	Kulvert/skredbru	5	2	2
10720	10750	Flom	3	2	Rør	4	2	2
12000	12200	Jordskred	4	2	Planering/motfylling	5	2	2
12800	12860	Flom	3	2	Rør	4	2	2
13800	18800	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
14200	14300	Flomskred	4	2	Kulvert/skredbru	5	2	2
14200	14260	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
15100	15200	Flomskred	4	2	Kulvert/skredbru	5	2	2
15700	15900	Flomskred	4	2	Kulvert/skredbru	5	2	2
15780	15820	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
16200	16500	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2

6.4.5 E6 Innlandet oppsummert

Totalt er 201 segmenter med potensiell naturfare registrert langs strekningen E6 Innlandet, som består av 4 delstrekninger, Kolomoen-Moelv, Moelv-Øyer, Øyer-Kvam og Kvam-Otta. Flom er den eneste faretypen i den sydligste delstrekningen, Kolomoen-Moelv, og er den dominerende faretypen også for de øvrige delstrekningene, siden hele strekningen ligger langs Mjøsa – Gudbrandsdalslågen vassdraget. Selv om Mjøsa og sydlige del av Gudbrandsdalen ligger under teoretisk marin grense, i hht. NGUs kart, er ikke marine avsetninger påvist nord for Minnesund, og Kvikkleire er ikke vurdert som et problem for strekningen. Grunnundersøkelser blir uansett gjennomført under anleggsdriften og eventuelle utfordrende grunnforhold dermed avdekket.

Fra Moelv og nordover blir faresituasjonen mer variert, og en får hyppig segmenter med steinsprangfare og jord- og flomskredfare. GIS-analysen i Del 1 antydte enkelte områder med snøskredfare, men disse ble 'friskmeldt' etter feltbefaring. Flom dominerer fortsatt i lange segmenter, men flomskredfare fra kryssende bratte bekker, med tegn på episoder med massetransport, er hyppig. Det samme gjelder steinsprangfare der traséen går nært bratt terreng, særlig i delstrekningene gjennom Gudbrandsdalen. De større bruene, over Mjøsa og Gudbrandsdalslågen kan være utsatt for kraftig vind, og tiltak i form av vindskjermer bør vurderes for disse. Anbefalte sikringstiltak for de enkelte faresegmentene er angitt i faktaarkene i den digitale leveransen.

Maksimal risiko varierer mellom lav, 1, og middels, 2, for hele strekningen. Store deler av strekningen har relativt gode omkjøringsmuligheter dersom E6 blir stengt, og dette bidrar til at maksimal risiko ikke er høyere enn middels, 2.

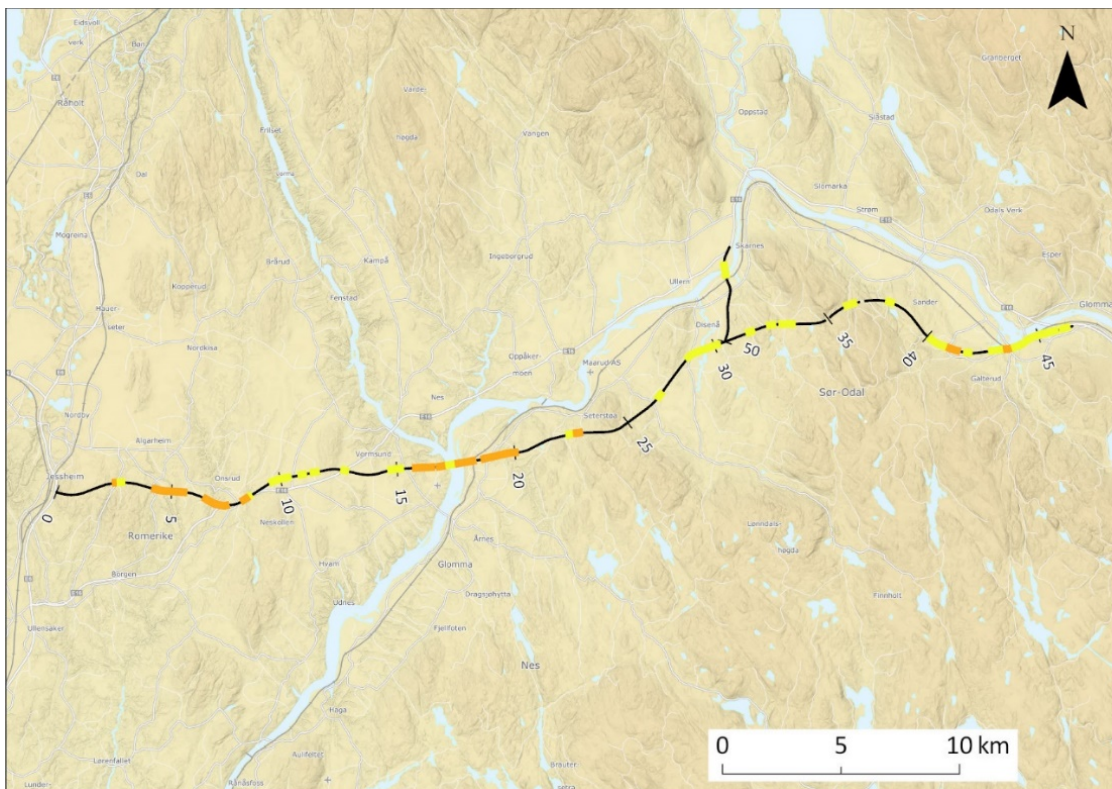
Vurderingene av eventuell økt sannsynlighet for hendelser på grunn av klimaendringer gir økt risiko fra lav til middels langs en rekke segmenter, men ikke til høy risiko, 3. Her er det imidlertid store usikkerheter, både i vurdering av sannsynlighet og eventuelle endringer som kan påvirke konsekvensene av hendelser. I dette arbeidet er hyppigheten (sannsynligheten) for flom og flomskred vurdert å være direkte påvirket av prognosert økt nedbør gjennom århundret. Andre faretyper kan påvirkes, men gitt de store usikkerhetene, har vi ikke økt risiko på grunn av klimaendringer. Om klimaendringene påvirker også disse faretypene, antas det imidlertid at det vil føre til en forverring, altså økt sannsynlighet. Unntaket er snøskred, der situasjonen forventes å bedres på grunn av kortere vintere og høyere både snøgrense og tregrense.

Med unntak av eventuelle mindre justeringer av traséen for å unngå faresoner, f.eks. å legge veien noe lenger ut fra mulige steinsprangområder, er ingen større omlegginger foreslått. I trasé-grunnlaget oversendt fra Nye Veier AS har det vært noe usikkerhet mht. tunneller. Vi har antatt tunnell der traséen følger dagens E6 og denne går i tunnell. Der det kan være tvil, som f.eks. øst for Ringeby, har vi valgt å registrere eventuelle faresegmenter, selv om endelig trasé blir lagt i tunnell, og faren dermed elimineres.

6.5 E16 Kløfta – Kongsvinger

Strekningen er under planlegging og byggestart er ikke avklart ennå. Flere traséer er vurdert i GIS analysene, men i henhold til ønsker fra Nye Veier AS dekker fullstendige analyser kun "Alternativ 4", og det er kun denne traséen som rapporteres her. Alternativ 4 starter ved E6 rett syd for Jessheim, og møter dagens E16 ca. 500m vest for rundkjøringen ved Ringvoll (Figur 6.15). Traséen følger ikke dagens E16, men krysser Glomma syd for Nes, og følger så en rute på sydsiden av Glomma helt til Kongsvinger, med en avstikker nordover til dagens E16 ved Skarnes.

Basert på GIS analyser og empiriske hendelsesdata, er det kun to faretyper som er funnet gjeldende for denne strekningen; kvikkleireskred og flom (Tabell 6.12). Risiko vurderes ingen steder til mer enn middels, 2. Det er i hovedsak faren for kvikkleireskred som definerer høyeste risiko. Sannsynligheten for kvikkleireskred er vurdert til å være lav, men konsekvensene vil være høye fordi nedetiden for veien etter et eventuelt kvikkleireskred er lang, noe som gjør at risiko blir middels, 2, for enkelte segmenter. For flom er både sannsynlighet og konsekvens vurdert til å være forholdsvis lave, noe som gjør at risikoen er blir være lav, 1, for flom for alle segmentene definert med flomfare.



Figur 6.15 E16 Kløfta - Kongsvinger. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Store deler av traséen ligger under marin grense og går gjennom potensielle kvikkleire-områder. Traséen krysser både dype raviner, elver og bekker, alle topografiske elementer som normalt kan bidra til økt fare for kvikkleireskred. Flere kvikkleiresoner er kartlagt i området der traséen krysser Glomma syd for Nes. Dette påvirker vurdert fare for alle segmentene som krysser disse kartlagte faresonene, i henhold til metodikken beskrevet i kapittel 3.4. I tillegg er områder markert som marine sedimenter med noe helning inkludert som faresegmenter, spesielt i områder der det er elver, bekker eller raviner. De vanligste utløsermekanismer for kvikkleireskred er erosjon langs vannveier, i tillegg til anleggsvirksomhet (utfyllinger / avskjæringer / sprengning). Det viktigste tiltaket for å hindre naturlig utløste kvikkleireskred er derfor erosjonssikring. I tillegg må enkelte områder strengt reguleres for å hindre uvetting utfylling eller annen aktivitet som kan utløse kvikkleireskred, utført av tredjeperson.

Flomfaren er i første rekke knyttet til kryssende mindre elver og bekker. Et unntak er der traséen er innenfor Glommas flomsone, som også gjør seg gjeldende ved kryssing av Sæteråa, samt helt i øst, nært Kongsvinger.

Generelt har dette området gode omkjøringsmuligheter via mindre veier, eller via dagens E16. Dette gjør at konsekvensen for samfunnssikkerheten er generelt lav. Den lange potensielle nedetiden ved et kvikkleireskred, gir imidlertid høye indirekte økonomiske konsekvenser, og bidrar til økt risiko.

Klimaendringer fram mot år 2100 kan øke antall og intensitet på flommer. Risiko knyttet til flom er derfor vurdert til å være større på sikt enn den er i dag pga. økt sannsynlighet. Konsekvensen er beholdt lik som for dagens forhold, på grunn av store usikkerheter i å vurdere utviklingen i disse fram mot år 2100. Økt flomfare kan potensielt også øke faren for erosjon, som følgelig kan gi økt fare for kvikkleireskred. Imidlertid er usikkerheten relatert til dette så vidt stor at vi anbefaler å ikke øke risiko utover dagens. Det vil dog være viktig å dimensjonere bekkekrysninger (kulverter, bruer, etc.) i forhold til dagens 200 års flom.

Ingen vesentlig endring av trasé er foreslått som følge av undersøkelsene. En egen delrapport gir en vurdering av to trasévalg, Dette gjelder henholdsvis en trasé som går nord for Glomma (alternativ 1) og som innbefatter eksisterende E16 fra Kløfta til Nybakk, ny trasé mellom Nybakk og Slomarka, og eksisterende E16 mellom Slomarka og Kongsvinger, og alternativ 4, som er beskrevet her. Vurderingen konkluderer med at det generelle naturfarenivået er noe høyere for alternativ 1, men samtidig er det langs det alternativet allerede foretatt omfattende grunnundersøkelser.

Tabell 6.12 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E16 mellom Kløfta og Kongsvinger. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

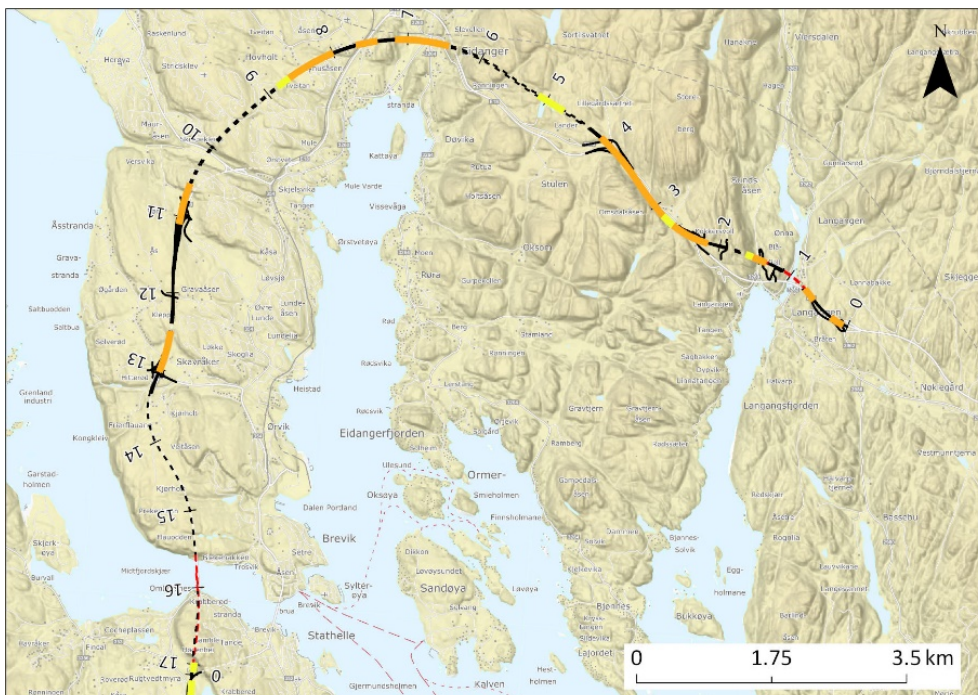
Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
2600	2800	Kvikkleire	1	4	Erosjonssikring	1	2	2
2640	2840	Flom	3	1	Bru	4	1	2
4300	5500	Kvikkleire	2	4	Erosjonssikring	2	2	2
4500	4700	Flom	2	1	Bru	4	1	2
5060	5100	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
5220	5260	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
6500	7400	Kvikkleire	2	4	Erosjonssikring	2	2	2
6700	7000	Flom	2	1	Bru	4	1	2
8220	8460	Kvikkleire	1	5	Erosjonssikring	1	2	2
8320	8470	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
9650	9900	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1
9720	10320	Flom	2	1	Bru	4	1	2
10900	10980	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
11420	11530	Flom	2	1	Rør	4	1	2
12720	12760	Flom	2	1	Rør	4	1	2
14750	15100	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1
15080	15130	Flom	2	1	Rør	4	1	2
15800	16440	Kvikkleire	2	4	Andre tiltak	2	2	2
15980	16080	Flom	2	1	Rør	4	1	2
16800	17200	Kvikkleire	2	4	Erosjonssikring	2	2	2
17160	17780	Flom	2	2	Bru	3	1	2
17600	18200	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
18700	20000	Kvikkleire	2	4	Erosjonssikring	2	2	2
19320	19720	Flom	2	1	Bru	4	1	2
22420	22460	Flom	2	1	Rør	4	1	2
22750	22850	Kvikkleire	1	4	Erosjonssikring	1	2	2
22790	22820	Flom	2	1	Rør	4	1	2
26720	26830	Flom	2	1	Rør	4	1	2
28800	29320	Flom	2	1	Rør	4	1	2
29320	30120	Flom	2	2	Bru	4	1	2
31570	31670	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
32500	32600	Flom	2	1	Rør	4	1	2
33020	33420	Flom	2	1	Rør	4	1	2
35980	36120	Flom	2	1	Rør	4	1	2
36000	36260	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
37780	37860	Flom	1	1	Bru	3	1	1
40200	40700	Flom	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
40700	41000	Flom	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
41100	41400	Kvikkleire	2	4	Erosjonssikring	2	2	2
41240	41320	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
41840	41900	Flom	3	1	Rør	4	1	2
42900	43200	Flom	1	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
43200	43500	Kvikkleire	1	4	Erosjonssikring	1	2	2
43200	43700	Flom	2	2	Bru	3	1	2
43700	43900	Kvikkleire	1	4	Erosjonssikring	1	2	2
43700	44600	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
44700	45720	Flom	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
46080	46240	Flom	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
52900	53200	Kvikkleire	1	2	Erosjonssikring	1	1	1
52900	53300	Flom	2	1	Bru	3	1	1

6.6 E18 Sørøst, Langangen-Grimstad

E18 Sørøst er delt opp i 5 delstrekninger, Langangen-Rugtvedt, Rugtvedt-Dørdal, Dørdal-Tvedestrand, Tvedestrand-Arendal og Arendal-Grimstad, totalt ca. 130km, hvorav to delstrekninger, Rugtvedt-Dørdal og Tvedestrand-Arendal, allerede er åpnet (Tabell 1.1). Totalt er 113 segmenter med naturfare registrert langs strekningen, og de omfatter alle faretyper unntatt snøskred og stormflo. Med noen unntak følger den planlagte traséen i stor grad langs eller i nærheten av dagens E18. Delstrekningene omtales separat nedenfor.

6.6.1 Langangen – Rugtvedt

Traséen, som har planlagt byggestart i 2021 og åpning i 2025 (Tabell 1.1), er lagt noe nord for nåværende E18 de første 2,5 km til Kokkersvoll, med nye bruer over Langangen og Sundsåsdalen, samt en 400m tunell etter Sundsåsdalen (Figur 6.16). Deretter følger den planlagte traséen langs dagens E18 til Lander, for så å gå inn i en ca. 2,3 km lang tunell til Eidanger krysset, i dagen nord for Eidangerfjorden, og så i en ny, 2,1 km tunell mellom Søndre Tveten og Hvalsåsen, på vestsiden av fjorden. Den siste delen går langs den nåværende tunnelen fra Kjørholt til Brevikbrua, og så videre i tunell til Rugtvedtmyra. Kvikkleire er den dominerende faretypen på denne strekningen. I tillegg er det steinsprangfare en rekke steder samt flomfare der traséen krysser bekker.



Figur 6.16 E18 Langangen - Rugtvedt. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale leveransen.

Store deler av traséen ligger under marin grense og kan derfor ha kvikkleire i grunnen. Sannsynligheten for naturlig utløste kvikkleireskred er lav, men på grunn av at stenge-tiden kan bli lang og dette er en vei med høy ÅDT, kan konsekvensene bli store. På denne delstrekningen er det imidlertid generelt gode omkjøringsmuligheter, og dette reduserer samlet risiko mange steder, særlig i forhold til beredskap og dermed samfunns-sikkerhet. I de fleste tilfellene anbefales at en gjør grunnundersøkelser i forbindelse med prosjekteringen av veien, for å avdekke hvorvidt det faktisk er kvikkleire i grunnen. I så fall trigger dette omfattende sikringsarbeid i forbindelse med selve anlegget. Utover dette er erosjonssikring av bekker og elver det viktigste tiltaket mot naturlig utløste skred. Høyest samlet risiko knyttet til kvikkleire er i de østre og vestre delene av traseen, men ingen steder er dagens risiko vurdert høyere enn middels, 2. Økt nedbør fram mot år 2100 kan øke faren for flom med erosjon, men usikkerheten knyttet til påvirkning av faren for kvikkleireskred er såpass stor at vi anbefaler at samlet risiko ikke økes (Tabell 6.13).

Traséen krysser eller går langs en rekke skrenter med steinsprangfare. Disse er oftest kortere segmenter enn for kvikkleire, og fører til lavere konsekvens selv om sannsynligheten er betydelig høyere. Dette på grunn av den relativt korte stengetiden forbundet med de fleste steinspranghendelser. Samlet risiko varierer fra lav til middels, og vurderes ikke å øke som følge av klimaendringene.

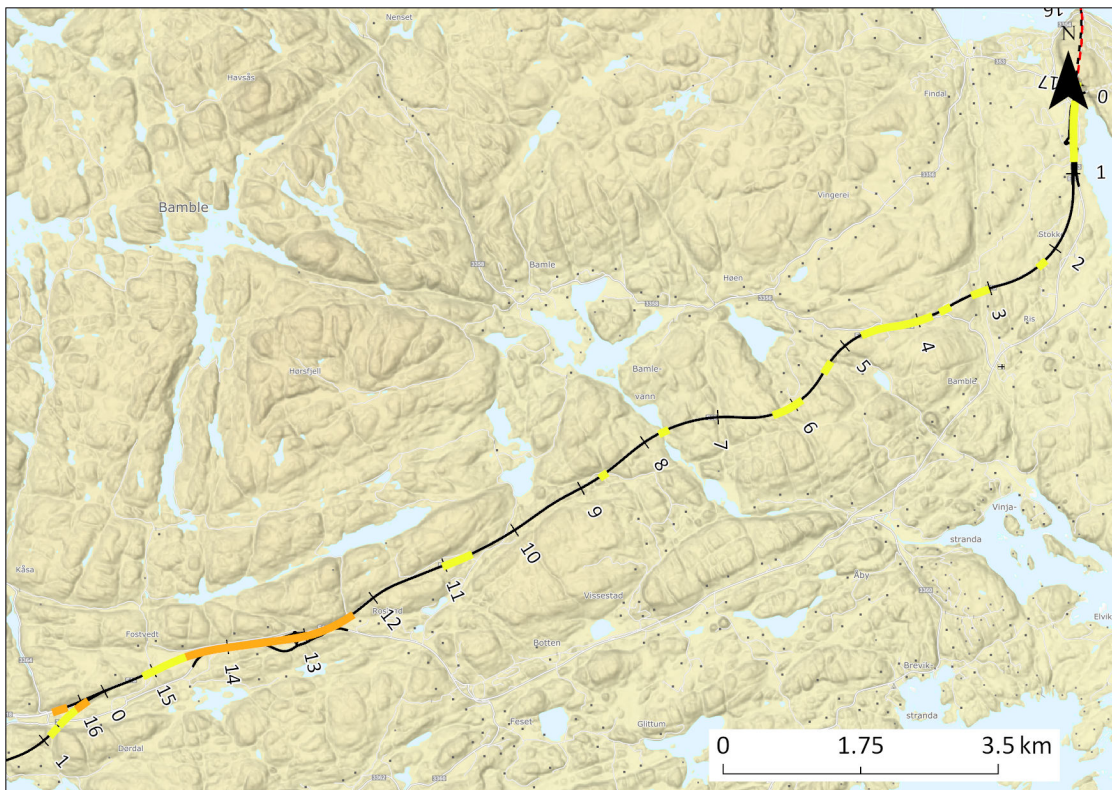
Flom i kryssende mindre vassdrag utgjør en begrenset fare. Eventuell stengetid vil være kort, og samlet risiko er kun i få tilfeller middels, 2. Flomfaren vil øke med økt nedbør ut dette århundret, og sannsynligheten økes med en klasse mot år 2100. Dette bringer maks risiko opp til middels, 2, i noen segmenter.

Tabell 6.13 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E18 mellom Langangen og Rugtvedt. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
100	200	Steinsprang	4	2	Bolting/rensk/nett	4	2	2
600	700	Steinsprang	4	2	Bolting/rensk/nett	4	2	2
1400	1600	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
1400	1500	Kvikkleire	1	4	Andre tiltak	1	2	2
2200	2620	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
2300	2800	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
2880	3520	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
3000	3100	Steinsprang	2	2	Bolting/rensk/nett	2	1	1
3200	3300	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
3400	3700	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
3780	4100	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
3960	4080	Flom	3	2	Bru	4	2	2
6500	6600	Steinsprang	5	1	Bolting/rensk/nett	5	2	2
6500	7120	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
6880	6930	Flom	2	1	Bru	3	1	1
7440	7640	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
8040	8300	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
8380	8800	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
10600	10700	Steinsprang	4	1	Bolting/rensk/nett	4	2	2
10680	11060	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
12540	13000	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
17020	17060	Steinsprang	3	1	Steinsprang gjerde	3	1	1

6.6.2 Rugtvedt - Dørdal

Denne delstrekningen er åpnet. Fra Rugtvedt går traséen alt vesentlig nord for dagens E18 (Figur 6.17), unntatt et mindre parti rett vest for Rosland, og traséen går i sin helhet i dagen. Kvikkleire er den dominerende faretypen. I tillegg er det flomfare ved kryssende vassdrag og vann.



Figur 6.17 E18 Rugtvedt - Dørdal. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Traséen går gjennom et småkupert terreng og mye av den ligger lavere enn marin grense, noe som innebærer at det er fare for kvikkleire langs store deler av traséen. Imidlertid er omkjøringsmulighetene gode, noe som gir begrensede konsekvenser, og med lav sannsynlighet er det hovedsakelig laveste risiko, 1, også i forbindelse med kvikkleire som jo kan føre til svært lang nedetid om et skred skulle skje. Kun ett segment er vurdert å ha middels risiko, 2. Dette er et 2,2 km langt segment mellom Rosland og Lillejordet, der et skred vil ramme både ny og gammel E18. Grunnet store usikkerheter, er sannsynligheten for naturlig utløste kvikkleireskred vurdert å være stabil ut århundret. Se ellers kapittel 6.6.1 for ytterligere kommentarer om kvikkleire og sikring.

Flomfaren er knyttet til kryssende eller langsgående bekker, samt myrdrag med mindre bekker. Dagens risiko er kun ett sted vurdert middels, 2. Dette er ved enden av del-

strekningen, der den nye traséen møter dagens E18 i Dørdal, og en flom vil påvirke både ny og gammel trasé. Ellers er risiko vurdert å være liten, 1. Flomfaren vil øke med økt nedbør ut dette århundret, og sannsynligheten økes med én klasse mot år 2100. Dette bringer maks risiko opp til middels, 2, i en del segmenter (Tabell 6.14).

For denne delstrekningen var alle bruene enten bygget eller under bygging under befaringen, og alle ble vurdert som tilstrekkelige i forhold til å håndtere flomfaren.

Tabell 6.14 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E18 mellom Rugtvedt og Dørdal. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørspregninger for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
120	800	Flom	1	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	1	1
2240	2280	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1
3060	3200	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1
3600	3660	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1
3860	4700	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
5320	5400	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1
5930	6250	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1
7700	7740	Flom	2	2	Bru	3	1	2
8660	8680	Flom	3	1	Rør	4	1	2
10670	10980	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
12380	14600	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
14500	14900	Flom	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	1	2
14900	15100	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
14960	15040	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
16240	16340	Flom	2	3	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2

6.6.3 Dørdal – Tvedestrand

Denne delstrekningen er igjen oppdelt i tre parseller. Parsellene fra Dørdal til fylkesgrensa og Pinesund til Tvedestrand er planlagt med byggestart i 2021 og ferdigstillelse i 2025, mens for parsellen fra fylkesgrensen til Pinesund er byggestart og ferdigstillelse planlagt hhv. 2024 og 2028. Den planlagte traséen ligger i dagen langs hele delstrekningen. Fra Dørdal til Bråtvannsdalen, vest for Sannidal krysser den dagens E18 flere ganger og ligger inntil 1 km både syd og nord og nord for denne (Figur 6.18). Herfra følger den traséen alt vesentlig dagens E18 til Buråsen, hvorfra traséen fortsetter inntil 2-3 km lenger inn i landet enn dagens trasé. Først ved enden av delstrekningen, nord for Tvedestrand, kommer de sammen igjen. Flom er den hyppigste faretypen langs denne delstrekningen, men kvikkleire forekommer også. I tillegg er det fare knyttet til kraftig vind ved noen bru-kryssinger.



Figur 6.18 E18 Dørdal - Tvedestrand. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale leveransen.

Fordi traséen er trukket lenger inn i landet, ligger mye av strekningen over marin grense, noe som i disse områdene eliminerer faren forbundet med kvikkleire. Den østligste delen av strekningen, fra Dørdal til Brynemo, har imidlertid segmenter der kvikkleire kan utgjøre en fare. Kun i to segmenter, ved Harestokkheia og nord for Heggland, er risiko vurdert som middels, 2, ellers er den lav, 1. Ved kryssing av dalføret fra Gjerstadvatnet, ligger igjen traséen under marin grense, og middels risiko, 2, er forbundet med fundamenter for to planlagte bruer i dette området. Helt på slutten av delstrekningen, der traséen igjen møter dagens E18, krysses igjen et belte under marin grense, med marine sedimenter og dermed mulig kvikkleire. Her vil en hendelse berøre både ny og gammel E18 og dette gir høy konsekvens og middels risiko, 2. De viktigste tiltakene vil være erosjonssikring for å hindre naturlig utløsning i forbindelse med bekker og elver, samt at en bør utføre grunnundersøkelser i forbindelse med prosjekteringen av veien, og selvsagt ta nødvendige forholdsregler og gjøre tiltak der kvikkleire påvises. Det er stor usikkerhet knyttet til hvorvidt klimaendringene kan føre til økt sannsynlighet for kvikkleireskred, og det anbefales derfor å beholde dagens sannsynlighet fram mot år 2100.

Flomfaren er knyttet til kryssende og/eller langsgående vassdrag. I de fleste tilfellene er dette mindre bekker og elver, og der sannsynlighet og konsekvens gir lav samlet risiko, 1. Noen steder er imidlertid risiko knyttet til flom vurdert som middels, 2. Det første av

disse segmentene er der traséen krysser sundet mellom Farsjø og Tisjø i det regulerte vassdraget med dam ved Tveitereidfoss, nedstrøms fra planlagt trasé. Helt mot slutten av delstrekningen krysser traséen Storelva ved inntaksdammen til Fosstveit kraftverk, og der det anbefales høy klaring for brua. Andre segmenter med middels risiko er alle knyttet til mindre bekker eller tjern og myrer. Ingen av disse har et risikonivå som nærmer seg stor, 3. Flomfare vil påvirkes av økt nedbør fram mot år 2100, og sannsynligheten økes med én klasse. Likevel får ingen av flomfaresegmentene høyeste risikoklasse.

Tabell 6.15 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E18 mellom Dørdal og Tvedestrand. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

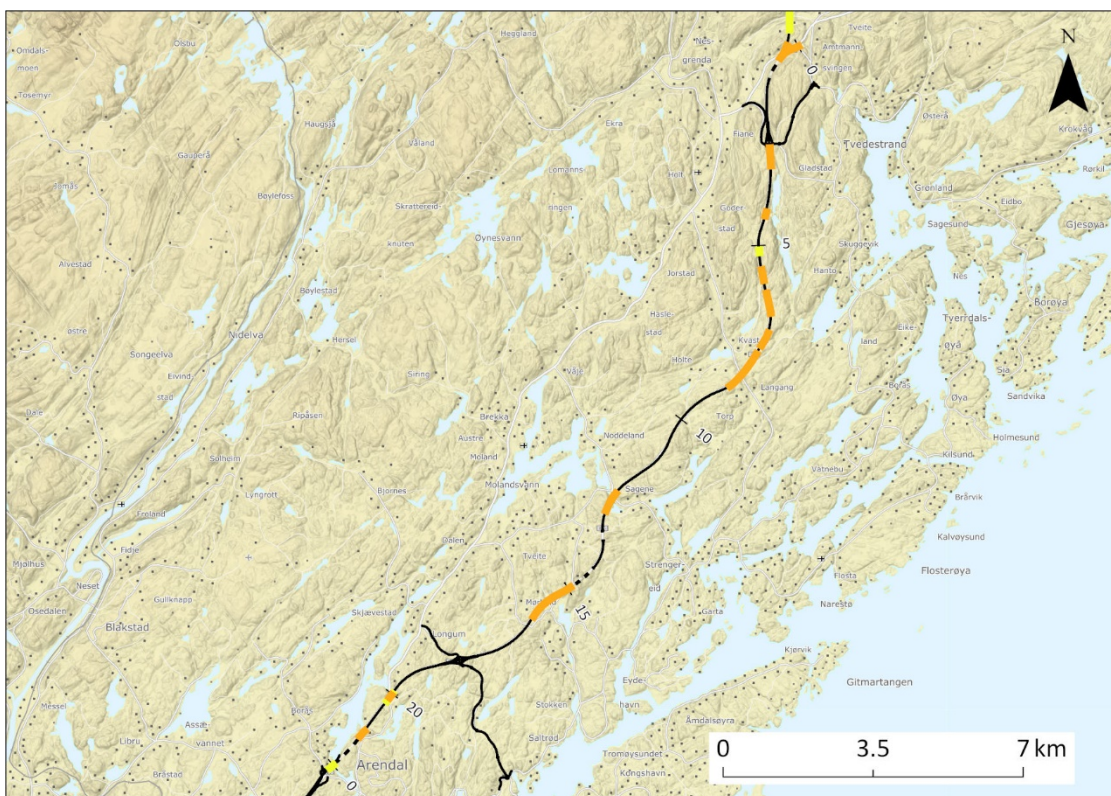
Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
380	680	Flom	2	2	Kulvert/skredbru	3	1	2
580	660	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1
800	860	Steinspran	1	1	Bolting/rensk/nett	1	1	1
2100	2300	Flom	2	2	Bru	3	1	2
2900	3120	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
2900	2940	Steinspran	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
5230	5320	Flom	2	2	Bru dimensjonert for flom	3	1	2
6090	6120	Flom	2	2	Bru dimensjonert for flom	3	1	2
6790	6820	Flom	3	2	Rør	4	2	2
8520	8620	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
8940	8980	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
9160	9245	Flom	2	2	Bru	3	1	2
10060	10900	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
11630	11660	Flom	2	2	Bru dimensjonert for flom	3	1	2
11920	12020	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
15080	15140	Flom	3	1	Bru dimensjonert for flom	4	1	2
17460	17540	Flom	3	1	Rør	4	1	2
20420	20470	Flom	3	2	Bru dimensjonert for flom	4	2	2
23200	23400	Flom	3	2	Rør	4	2	2
23800	23940	Flom	3	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	2	2
24670	24710	Flom	2	2	Bru dimensjonert for flom	3	1	2
25680	25920	Flom	2	2	Bru dimensjonert for flom	3	1	2
25720	26800	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
27000	27200	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
27100	27120	Steinspran	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
27180	27320	Flom	2	2	Bru dimensjonert for flom	3	1	2
28860	29000	Flom	3	2	Rør	4	2	2
31760	31830	Flom	2	1	Bru	3	1	1
40960	41040	Flom	2	1	Bru dimensjonert for flom	3	1	1
41300	41340	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
44420	44440	Flom	3	1	Rør	4	1	2
49520	49660	Flom	2	2	Bru	3	1	2
52120	52600	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
52170	52200	Steinspran	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
52270	52400	Flom	2	3	Bru dimensjonert for flom	3	2	2
52980	53300	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2

Delstrekningen har også enkelte segmenter med steinsprangfare, der det er høye skrenter. Ingen av disse har høy risiko, og det forventes ingen endring fram mot slutten av århundret. Skjæringer som etableres i forbindelse med anlegget håndteres separat.

På grunn av generelt gode omkjøringsmuligheter i dette området, er konsekvensene av stengt vei begrenset. I beredskapssammenheng er den nesten utelukkende lav, mens de indirekte økonomiske konsekvensene varierer fra 1 til 5, der høyeste konsekvens skyldes lang nedetid ved eventuelt kvikkleireskred.

6.6.4 Tvedestrand – Arendal

Denne delstrekningen er åpnet. Traséen følger i sin helhet dagens E18, også gjennom fire mindre tunneller. Utenom disse ligger traséen i dagen og krysser heller ingen større vassdrag (Figur 6.19). Kvikkleire er den dominerende faretypen, og der er noen kortere segmenter med flomfare.



Figur 6.19 E18 Tvedestrand - Arendal. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale leveransen.

Det meste av delstrekningen ligger under marin grense, med tilstedeværelse av marine avsetninger og dermed mulig kvikkleire. Alle segmentene med fare for kvikkleireskred har middels risikoklasse, 2. Sannsynligheten for naturlig utløst skred er vurdert som

svært lav, mindre enn hvert 500 år, men på grunn av potensielt lang nedetid, inntil 3 måneder eller mer, blir konsekvensene for en så sterkt trafikkert vei stor. Som for øvrige segmenter med kvikkleirefare, er usikkerheten rundt klimapåvirkning stor, og det anbefales følgelig å beholde dagens sannsynlighet for utløsning av skred (Tabell 6.16). Grunnundersøkelser anbefales i alle områder med mulig forekomst av kvikkleire.

Flomfaren skyldes kryssende mindre bekker og elver, og tiltaket er å sikre tilstrekkelig kapasitet der veien krysser disse. Maks risiko er lav, 1, men fordi flomfaren er direkte knyttet til økt nedbør, anbefales å øke med én sannsynlighetsklasse for flom fram mot år 2100. Dette bringer maks risiko opp i middels, 2, for noen segmenter fram mot slutten av århundret.

Som for delstrekningen Dørdal-Tvedestrand, er det indirekte økonomisk konsekvens ved stengt vei, som gjør størst utslag i forhold til risiko. Alle segmentene med middels risiko er knyttet til fare for kvikkleireskred. Utførte tiltak i forhold til kvikkleire kunne ikke vurderes under befaring, men tiltak mot flom ble vurdert som tilstrekkelige.

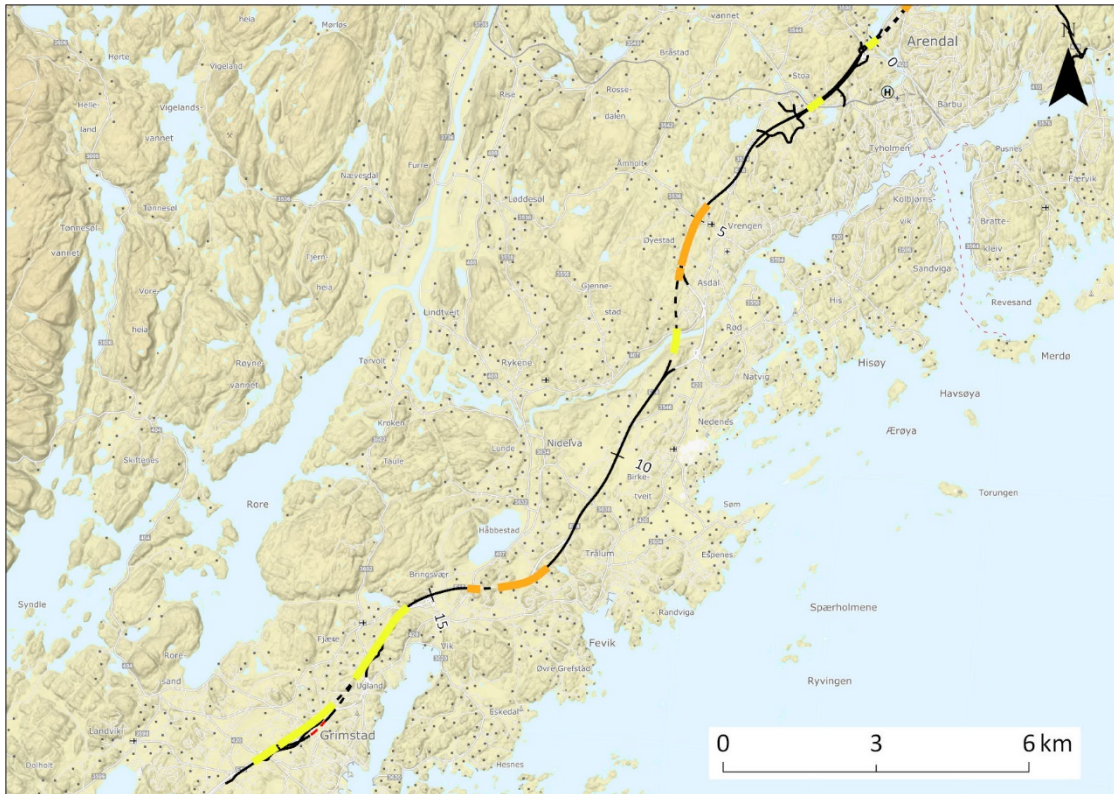
Tabell 6.16 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E18 mellom Tvedestrand og Arendal. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	400	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
2700	3100	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
4200	4280	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
5120	5160	Flom	3	1	Bru	4	1	2
5580	5820	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
6140	6600	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
7080	7400	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
7640	8600	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
8200	8300	Flom	2	1	Bru dimensjonert for flom	3	1	1
12360	12820	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
12400	12500	Flom	2	1	Bru dimensjonert for flom	3	1	1
14940	16050	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
15500	15600	Flom	2	1	Bru dimensjonert for flom	3	1	1
20000	20200	Flom	3	1	Rør	4	1	2
20040	20100	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
21080	21240	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2

6.6.5 Arendal – Grimstad

Dette er den siste traséen i strekningen E18 Sørøst, og byggestart er ikke avklart ennå. Planlagt trasé følger med få unntak dagens E18. Det største avviket fra dagens trasé er ved krysning av Nidelva, der ny trasé vil krysse ca. 0,5 km lenger vest (oppstrøms) for

dagens bru (Figur 6.20). Kvikkleire og flom er også for denne delstrekningen de dominerende faretypene. I tillegg er det ett segmenter med steinsprangfare.



Figur 6.20 E18 Arendal - Grimstad. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale leveransen.

Det meste av delstrekningen går gjennom områder under marin grense, og med marine avsetninger. I tillegg har NGI kartlagt soner med kvikkleirefare i dette området, og flere soner er kartlagt i nærheten av traséen. Sannsynligheten er vurdert som lav for kvikkleireskred, mens konsekvensen varierer fra høy til lav, avhengig av omkjøringsmulighetene. Nedetiden ved et kvikkleireskred er oftest lang, fra 3 uker til mer enn tre måneder. Det er indirekte økonomisk konsekvens ved lang nedetid som gir størst utslag på samlet risiko, mens konsekvensen i forhold til beredskap er lav for hele delstrekningen. Maks risiko for de fleste segmentene der kvikkleire utgjør faretypen, er middels, 2. usikkerheten rundt klimapåvirkning når det gjelder utløsning av kvikkleireskred gjør at vi anbefaler å opprettholde dagens sannsynlighet fram mot år 2100. I og med at grunnundersøkelser utført i forbindelse med kartleggingen av kvikkleire faresoner faktisk har bekreftet tilstedeværelse av kvikkleire, er det viktig at grunnundersøkelser planlegges i forbindelse med prosjekteringen av veien.

Med unntak av Nidelva skyldes flomfaren i hovedsak mindre bekker og elver som krysser traséen. I de fleste tilfellene er risiko liten, 1. Økt nedbør som følge av klima-

endringene fram mot år 2100 vil øke sannsynligheten for flom, og risiko øker noen steder til middels, 2. Imidlertid er konsekvensen i disse tilfellene lav, og det vil ikke være behov for særskilte tiltak utover å sørge for tilstrekkelig høyde på bruer og kapasitet på andre gjennomføringer.

Steinsprangfare er registrert i ett segment, der dagens E18 har et tunellpånugg syd for innsjøen Temse. Her vil det være en skjæring i brattskrenten fra Ravnåsen, som bør sikres.

I denne delstrekningen er det først og fremst flomfaren som påvirkes av klimaendringene fram mot år 2100. For de andre faretypene er usikkerhetene såpass store at det anbefales å opprettholde dagens sannsynlighet og dermed risiko.

Tabell 6.17 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E18 mellom Tvedestrand og Arendal. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
0	100	Flom	2	1	Bru	3	1	1
1600	1800	Flom	2	1	Bru dimensjonert for flom	3	1	1
4740	5900	Kvikkleire	1	5	Andre tiltak	1	2	2
5000	5100	Flom	3	1	Bru	4	1	2
5700	5800	Flom	3	1	Rør	4	1	2
6100	6200	Kvikkleire	1	5	Erosjonssikring	1	2	2
7300	7500	Flom	2	1	Bru dimensjonert for flom	3	1	1
7300	7630	Kvikkleire	1	1	Andre tiltak	1	1	1
12680	13600	Kvikkleire	1	5	Erosjonssikring	1	2	2
14100	14200	Steinsprang	4	1	Bolting/rensk/nett	4	2	2
15600	15800	Flom	3	1	Bru	4	1	2
15620	16300	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
16400	17200	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
19400	19700	Flom	3	1	Rør	4	1	2
19400	19800	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1

6.6.6 E18 Sørøst oppsummert

Totalt 104 segmenter med potensiell naturfare er registrert langs strekningen E18 Sørøst, Langangen – Grimstad, som består av 5 delstrekninger, Langangen-Rugtvedt, Rugtvedt-Dørdal, Dørdal-Tvedestrand, Tvedestrand-Arendal og Arendal-Grimstad. Mange av de registrerte faresegmentene er overlappende. Faretypene som er registrert langs traséen er kvikkleire, flom og steinsprang. Siden store deler av traséen ligger lavere enn marin grense, og kvikkleire er påvist mange steder langs traséen, utgjør fare for kvikkleireskred den alvorligste faretypen. Sannsynligheten for skred er lav, men på grunn av potensielt lang nedetid etter en hendelse, blir konsekvensene store, særlig de indirekte økonomiske konsekvensene. Omkjøringsmulighetene er generelt gode så konsekvensene for sam-

funnssikkerhet (beredskapssituasjonen, nødetatene, etc.) er lavere. Delstrekningene Rugtvedt-Dørdal og Tvedestrand- Arendal har kun fare for flom og kvikkleireskred, mens delstrekningen Arendal-Grimstad har ett segment med steinsprangfare. I de to andre delstrekningene er det hyppigere segmenter med steinsprangfare. Disse er segmentene er oftest begrenset ut utstrekning og fører vanligvis til kort nedetid fro veien.

Maksimal risiko for strekningen varierer mellom lav, 1, og middels, 2. Selv med vurdert påslag i sannsynlighet for klimaendringer fram mot år 2100 øker ikke risiko til høy, 3. Imidlertid er det i disse vurderingene kun tatt hensyn til at sannsynligheten (gjentakts-intervallet) øker. Endringer i konsekvenser ut århundret har så store usikkerheter, at vi har valgt å beholde dagens verdier både for indirekte økonomisk konsekvens og for samfunnssikkerhet. Videre er usikkerhetene store for faretyper som steinsprang og kvikkleireskred, og for disse faretypene er dagens sannsynlighet også beholdt. Om klimaendringene påvirker også disse faretypene, antas det imidlertid at det vil føre til en forverring, altså økt sannsynlighet.

Vi har ikke foreslått noen endringer i den planlagte traséen på grunn av naturfare.

6.7 E39 Sørvest; Kristiansand – Ålgård

E39 Sørvest er delt i 5 delstrekninger, Kristiansand Ytre, Kristiansand – Mandal Øst, Mandal Øst – Lyngdal Øst, Lyngdal Øst – Lyngdal Vest, Lyngdal Vest – Ålgård. Totalt er 106 segmenter med naturfare identifisert langs strekningen, og alle faretyper unntatt stormflo er registrert. Den planlagte traséen for E39 fra Kristiansand til Ålgård følger kun i svært begrenset gra dagens E39, som i mange tilfeller blir aktuell omkjøringsvei i tilfelle hendelser som fører til stengt vei. Delstrekningene omtales separat nedenfor.

6.7.1 Kristiansand Ytre

Dette er en ny ringvei nord for Kristiansand, og det aller meste av traseen er planlagt lagt i tunell. Tid for byggestart er ikke fastsatt ennå (Tabell 1.1). Syv segmenter med potensiell naturfare er registrert, men seks av disse fordeler seg på kun to strekninger. Disse er begge forbundet med områder der det skal etableres bruer, og der marin grense følger dalfører innover land (Figur 6.21). Disse to strekningene har begge fare for kraftig vind, for flom og for kvikkleireskred.

Det østligste segmentet er ved krysning av Otra ved Brudesteinen, der faren for kvikkleireskred først og fremst vil være knyttet til brufundamentene. Det andre segmentet er ved bru-krysningen av Setesdalsveien, ved Kristiansand Jernstøperi. Dalen er under marin grense og mulig tilstedeværelse av kvikkleire bør vurderes i forbindelse med brufundamentene. Begge steder antas at brua vil bli høy nok til at flomfaren elimineres. Begge stedene vil kraftig vind kunne skape problemer, og det anbefales vindskjerm som tiltak. Begge disse faresegmentene er vurdert å ha middels risiko, noe som tilskrives den relativt høye sannsynligheten for kraftig vind. Konsekvensene ved eventuell stenging er vurdert som små. Det siste faresegmentet gjelder flomfare fra en mindre bekk i vestlig ende av delstrekningen.

Prognosert økning i nedbør fram mot slutten av dette århundret gir økt sannsynlighet for flom, noe som gjør at risiko øker fra lav, 1, til middels, 2, i to av segmentene (Tabell 6.18).



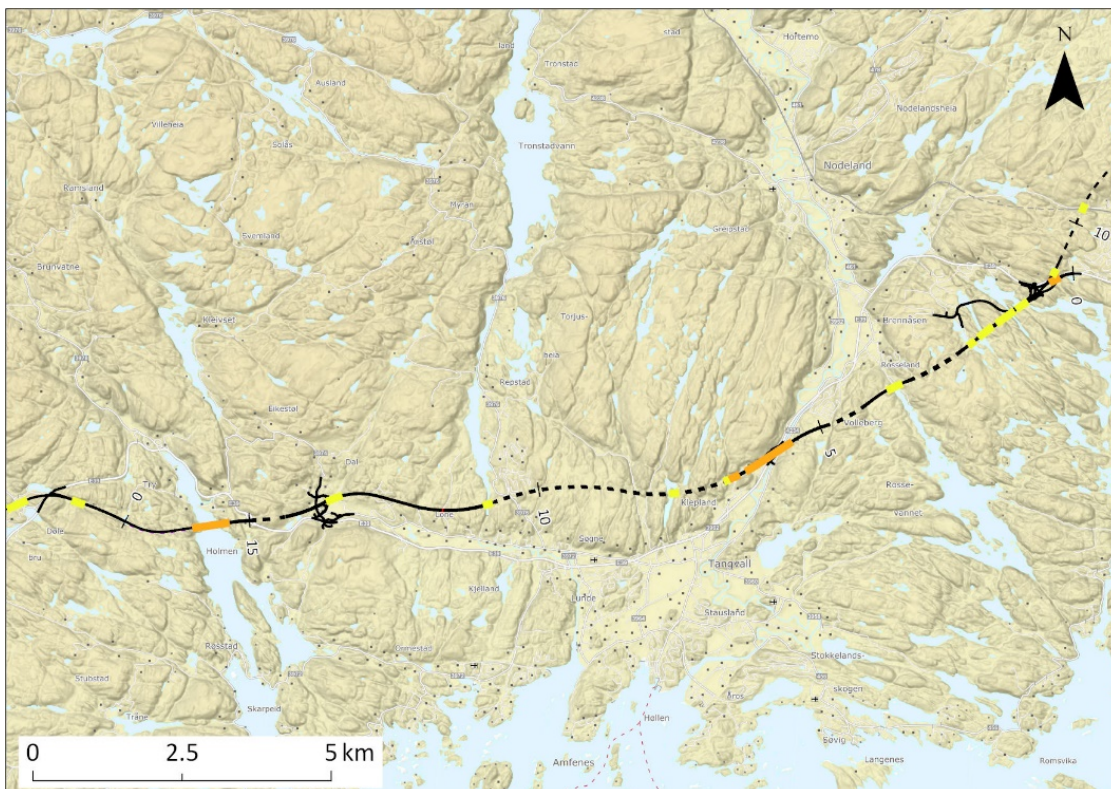
Figur 6.21 E39 Kristiansand Ytre. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i fakta-arkene i den digitale leveransen.

Tabell 6.18 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E39, Kristiansand Ytre. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørspregoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
5400	5600	Kvikkleire	1	3	Erosjonssikring	1	1	1
5450	5600	Vind/snødrift	4	1	Andre tiltak	4	2	2
5480	5580	Flom	2	1	Bru	3	1	1
6850	7660	Vind/snødrift	4	1	Andre tiltak	4	2	2
7100	7300	Kvikkleire	1	3	Andre tiltak	1	1	1
7180	7320	Flom	1	1	Kulvert/skredbru	1	1	1
10890	10910	Flom	3	1	Rør	4	1	2

6.7.2 Kristiansand – Mandal Øst

Denne delstrekningen er under bygging og er planlagt åpnet i 2022 (Tabell 1.1). Den planlagte traséen ligger i sin helhet utenfor dagens E39, dels nord og syd for dagens trasé, slik at planlagt trasé vil krysse den gamle fire steder, inklusive start og stopp på delstrekningen (Figur 6.22). Det meste av den planlagte traséen ligger over marin grense, med unntak av krysningene av Songdalselva og den indre delen av Trysfjorden. Kvikkleire er bare vurdert som en fare ved førstnevnte lokalitet.



Figur 6.22 E39 Kristiansand – Mandal Øst. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale leveransen.

Flom og steinsprang utgjør de dominerende faretypene langs denne delstrekningen, som går i relativt kupert terreng. Imidlertid elimineres mye fare, særlig for steinsprang, ved at lange strekninger legges i tunell (Figur 6.22). I hovedsak er flomfaren vurdert å føre til lav risiko, mye grunnet lav vurdert konsekvens som følge av gode omkjøringsmuligheter. Det finnes noen unntak, der risiko er middels. Disse er langs Grauthelljtjønn helt øst langs strekningen, ved kryssing av Songdalselva og ved en bekk vest for Fløybakken.

Steinsprangfare er forbundet med lav risiko, og på grunn av høy usikkerhet knyttet til klimapåvirkning av steinsprangfare, forventes ikke risiko å øke mot slutten av århundret. Imidlertid vil en trolig måtte utføre sikring i mange skjæringer langs den nye traséen.

Flomskredfare er registrert i ett segment, langs den samme bekken som er registrert med flomfare vest for Fløybakken, men med lav samlet risiko. Fare for vind/snødrift er også identifisert i to lokaliteter, ved brukryssingen i nordenden av Rossevannet og ved krysningen av Trysfjorden. Kun ved den sistnevnte er risiko vurdert som middels, på grunn av høy sannsynlighet.

Klimaendringene vil påvirke sannsynligheten for flom, og noen segmenter får økt risiko til lav, 1, til middels, 2, mot slutten av århundret, mens to segmenter øker fra middels til høy risiko, 3, ved år 2100. På grunn av høy usikkerhet knyttet til klimapåvirkningen på steinsprang og kvikkleireskred, er ikke sannsynligheten økt for disse skredtypene, og derfor heller ikke sannsynligheten.

Tabell 6.19 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E39, Kristiansand – Mandal øst. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
300	370	Flom	3	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	2	2
980	1090	Flom	2	2	Bru	3	1	2
1250	1280	Flom	2	2	Bru	3	1	2
1400	1500	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
1700	1800	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
1830	1880	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
2080	2100	Flom	3	1	Rør	4	1	2
3500	3660	Vind/snødrift	3	1	Andre tiltak	3	1	1
3540	3600	Flom	2	2	Bru	3	1	2
5600	6400	Kvikkleire	1	5	Erosjonssikring	1	1	2
5680	6000	Flom	2	5	Bru	3	2	3
6640	6760	Flom	3	4	Rør	4	2	3
6700	6800	Flomskred	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
6700	6800	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
10870	10910	Flom	2	1	Bru	3	1	1
13440	13600	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
15400	15900	Vind/snødrift	4	1	Andre tiltak	4	2	2
15540	15780	Flom	1	2	Bru	2	1	1

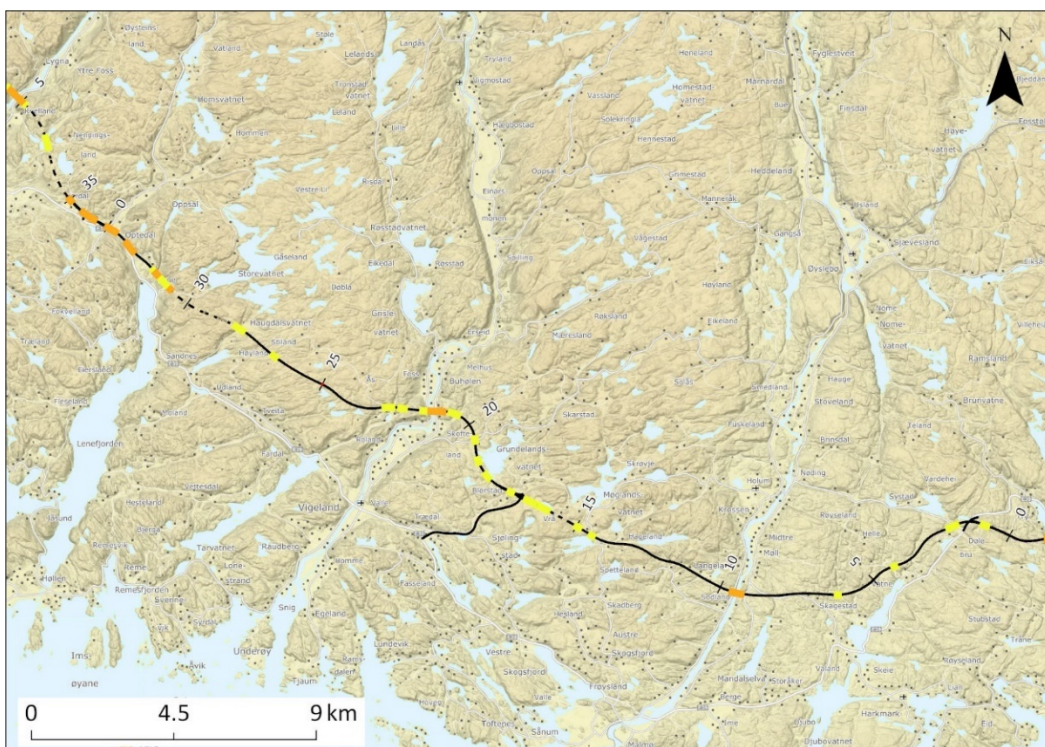
6.7.3 Mandal Øst – Lyngdal Øst

Delstrekningen er oppdelt i to parseller, der Mandal øst – Mandal by er under bygging og skal åpnes i 2022, mens Mandal by – Lyngdal øst har planlagt byggestart og åpning hhv. i 2022 og 2025 (Tabell 1.1). Også i denne delstrekningen ligger planlagt trasé utenfor nåværende E39, stort sett på nordsiden av dagens vei, og med en avstand opp til

4 km fra dagens E39 (Figur 6.23). Med unntak av to tunneller nært den vestlige enden, ligger denne delstrekningen i dagen. Dominerende faretyper er flom (hyppigst) og steinsprang, men der er også segmenter med fare for flomskred, kvikkleire og vind. Risiko er lav i de fleste segmentene, men kan endres mot slutten av århundret på grunn av klimaendringer.

To korte strekninger ligger under marin grense, men kun en av disse er vurdert å ha mulig fare for kvikkleireskred. Dette er ved krysningen av Audna, der det anbefales grunnundersøkelser og eventuell erosjonssikring ved den flate Helmermoen. På grunn av potensielt lang nedetid for veien ved en hendelse, er indirekte økonomisk konsekvens relativt høy, noe som fører til middels risiko for dette segmentet.

Alle deler av traséen som krysser eller ligger langs bekker og elver, samt de som ligger ved vann, er potensielt utsatt for flomfare. I de fleste tilfellene er risiko vurdert å være lav. Det er relativt gode omkjøringsmuligheter ved å benytte den gamle E39 traséen. I den vestlige delen er segmenter med flomfare som gir middels risiko. I hovedsak skyldes dette at en flomsituasjon er antatt å påvirke både ny og gammel E39, og omkjøringsmulighetene blir derfor noe vanskeligere, som gir økte konsekvenser både i indirekte økonomiske konsekvenser og i beredskapssammenheng. Dette gjelder særlig i områdene ved Husefjellet, ved Optedal og vest for Bjørnen. Sannsynligheten vil øke gjennom århundret, men risikoen er ikke vurdert å komme opp i 3, høy.



Figur 6.23 E39 Mandal Øst – Lyngdal Øst. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traseen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale leveransen.

Steinsprangfare finnes langs hele delstrekningen, men faresegmentene er hyppigst i den vestlige halvdel. Kun i dette området, særlig sørøst og nordvest for Optedal er steinsprangfaren vurdert å føre til middels risiko. Dette har sammenheng med at traséen kommer inn i en mer variert topografi, med høyere relieff enn lenger sørøst. I dette området finnes også de to eneste segmentene med flomskredfare. Det ene gjelder en mindre, bratt bekk ved Husefjellet, mens det andre gjelder elva gjennom gjelet rett vest for dette, som munner ut i Lenefjorden ved Lene. Begge disse segmentene er vurdert å ha lav risiko, på grunn av lav sannsynlighet kombinert med begrensede konsekvenser.

Tre segmenter langs den planlagte traséen er vurdert å være utsatt for kraftig vind, med eventuell snødrift dersom forholdene tilsier dette. Det ene segmentet gjelder brukrysningen av Mandalsåni. Her er sannsynligheten høy, noe som gir middels risiko selv om konsekvensene i dette tilfellet er små. Det andre segmentet er ved kryssing av Audna, og den samme vurderingen som ved Mandalsåni gjelder også her, høy sannsynlighet gir middels risiko til tross for begrensede konsekvenser. Et siste segment med fare knyttet til kraftig vind, er ved kryssing av elva ved Optedal. Også her er risiko vurdert som middels, 2, men her ligger risiko nærmere høy, 3, enn for de to andre segmentene. Sannsynligheten er høy som i de andre to tilfellene, men her vil en vind-episode også påvirke gamle E39, noe som begrenser omkjøringsmulighetene og dermed gir konsekvensklasse 3.

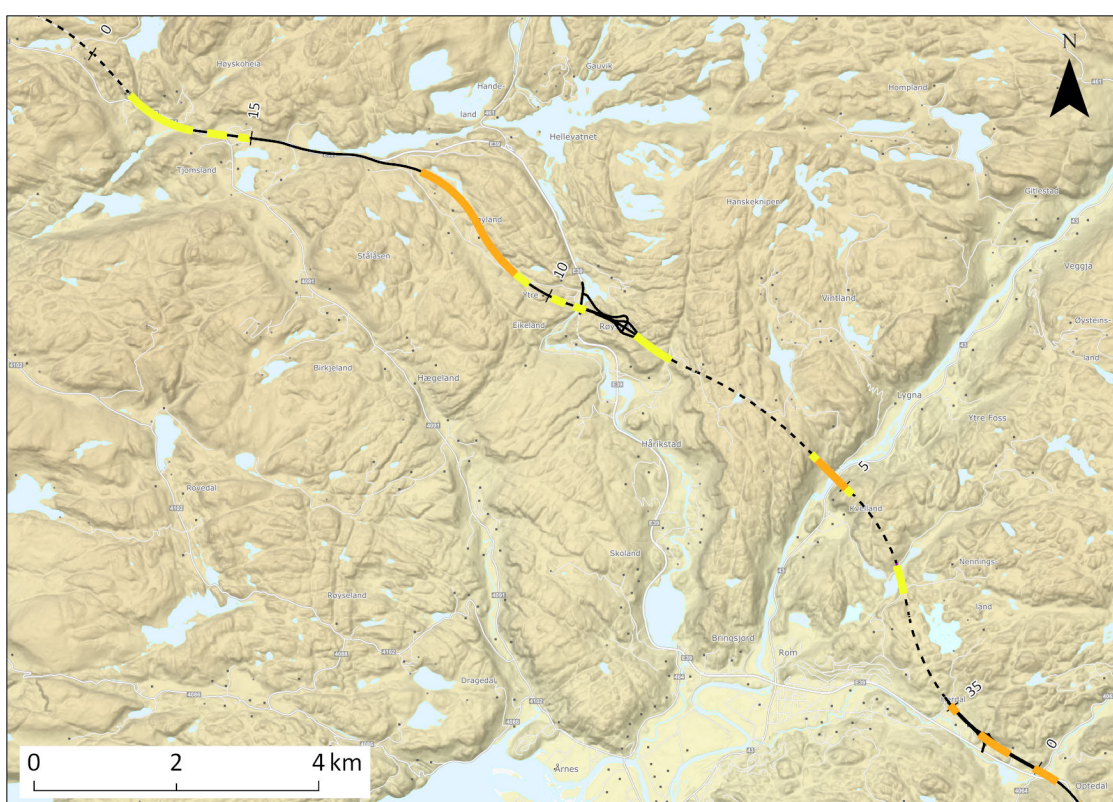
Klimaendringen fram mot år 2100 påvirker sannsynligheten for flom og flomskred og fører til at noen segmenter får økt risiko fram mot år 2100 (Tabell 6.20). For andre faretyper, samt for konsekvensene, er usikkerhetene så store med hensyn til påvirkning på gjentaksintervall samt på utviklingen i momenter som kan endre konsekvensen, at dagens verdier er beholdt ut århundret.

Tabell 6.20 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E39, Mandal øst – Lyngdal øst. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
800	900	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
1800	2040	Flom	2	2	Bru	3	1	2
4190	4210	Flom	3	1	Bru	4	1	2
6240	6260	Flom	3	1	Bru	4	1	2
9325	9565	Vind/snødrift	4	1	Andre tiltak	4	2	2
9390	9520	Flom	2	3	Bru	3	2	2
9500	9600	Steinsprang	2	3	Bolting/rensk/nett	2	2	2
14420	14450	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
14920	14980	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
16060	16300	Flom	2	1	Bru	3	1	1
16540	16780	Flom	3	1	Rør	4	1	2
17320	17360	Flom	3	1	Rør	4	1	2
18190	18300	Flom	2	1	Bru	3	1	1
18760	18840	Flom	2	1	Bru	3	1	1
19440	19510	Flom	2	1	Bru	3	1	1
20490	20520	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
20600	20700	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
20980	21565	Vind/snødrift	4	1	Andre tiltak	4	2	2
21200	21400	Kvikkleire	1	4	Erosjonssikring	1	2	2
21200	21340	Flom	2	2	Bru	3	1	2
21400	21600	Steinsprang	2	2	Bolting/rensk/nett	2	1	1
22200	22300	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
22600	22800	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
26730	26800	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
28060	28160	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
28200	28300	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
30720	30920	Flom	3	3	Rør	4	2	2
30900	31500	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
31100	31200	Flomskred	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
31300	31400	Flomskred	2	2	Bru	3	1	2
31340	31370	Flom	3	3	Kulvert/skredbru	4	2	2
32400	32700	Steinsprang	3	3	Bolting/rensk/nett	3	2	2
33235	33505	Vind/snødrift	4	3	Andre tiltak	4	2	2
33290	33320	Flom	3	3	Rør	4	2	2
33340	33460	Flom	2	3	Bru	3	2	2
34960	34990	Flom	3	3	Rør	4	2	2

6.7.4 Lyngdal øst – Lyngdal vest.

Denne delstrekningen har planlagt byggestart og åpning i hhv. 2024 og 2028. Planlagt vei følger i hovedsak en ny trasé, nord for dagens E39 den østligste halvdel, før den krysser dagens E39 ved Ytre Eikeland, og så følger dagens vei fra Lyngåsen til tunnelen vest for Tjomsland (Figur 6.24). Traséen ligger i sin helhet høyere enn marin grense, så kvikkleire er ikke en problemstilling langs denne delstrekningen. Flom og steinsprang er de dominerende faretypene, men flere segmenter har også mulig flomskredfare. To segmenter kan også ha problemer med kraftig vind. En relativt stor del av delstrekningen er planlagt lagt i tunell, noe som eliminerer flere potensielle faresegmenter.



Figur 6.24 E39 Lyngdal øst – Lyngdal Vest. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale leveransen.

Flomfare finnes langs flere segmenter av strekningen, men kun ett sted, ved kryssing av en mindre bekk nær østlig ende av delstrekningen, er risiko vurdert å være høyere enn 1, lav, noe som i hovedsak skyldes gode omkjøringsmuligheter ved å benytte gamle E39. Ellers i den østlige delen med lang strekning i tunell, er flomfaren knyttet til de lokalitetene der traséen kommer i dagen i forbindelse med kryssing av Lyngna og Grimshammerbekken, og her vil veien bygges i en relativt høy bru, så risikoen vurderes som lav. Det samme gjelder lenger vest, ved krysning av Møska. I den vestlige delen vil flomhendelser kunne påvirke både ny og gammel E39, men kombinasjon av lav sann-

synlighet og fortsatt begrensede konsekvenser gir lav risiko i disse segmentene også. I noen av dem vil økt sannsynlighet på grunn av klimaendringer gi middels risiko mot slutten av århundret.

Steinsprangfaren er heller ikke vurdert å føre til mer enn lav risiko langs delstrekningen. Faren er knyttet til skrenter i en 'småruglete' topografi, der en sannsynligvis vil måtte etablere mange og til dels lange skjæringer. Disse må sikres spesielt, men dette blir en del av prosjekteringen av anlegget. Det vil også være steinsprangfare mot tunell påhuggene og brufundamentene der traséen kommer i dagen og krysser Lygna.

Flomskred kan forekomme i bratte bekkefar, og sammenfaller ofte med flomfare. Ved krysning av Grimshammerbekken, en sideelv til Lygna, er risiko forbundet med flomskredfaren vurdert som 2, middels. Her er det planlagt bru, og det er da viktig at det beregnes nok kapasitet til at eventuelle flomskred kan passere. Bekkefaret rett vest av den lange tunnelen i øst kan også være masseførende og ha flomskredfare. Det samme gjelder bekkefaret ved tunell påhugget i vest, ved Dragedalen. Disse er i dag forbundet med lav risiko, men er forventet å øke til 2, middels, utover i århundret på grunn av klimaendringer.

Kraftig vind kan være et problem ved krysning av Lygna, der dette kan forekomme relativt ofte, noe som gir middels risiko, selv om konsekvensene ansees som lave. Også i en ca. 2km lang strekning langs Høylandsheia kan vind være et problem, her også med mulig snødrift om vinteren. Begge segmentene får middels risiko, 2, grunnet høy sannsynlighet. Vind/snøskjermer vil være det anbefalte tiltaket.

I hovedsak er det indirekte økonomisk konsekvens ved at veien er stengt som påvirker samlet konsekvens, og gir middels risiko, 2, i dag. Økning i risiko til middels, 2, for en rekke segmenter fram mot slutten av århundret gjelder flom og flomskred, og skyldes økt sannsynlighet for slike hendelser med økt nedbør. For steinsprang og vind er usikkerhetene rundt klimapåvirkningene så store at dagens sannsynlighet er beholdt, og det samme gjelder konsekvensene.

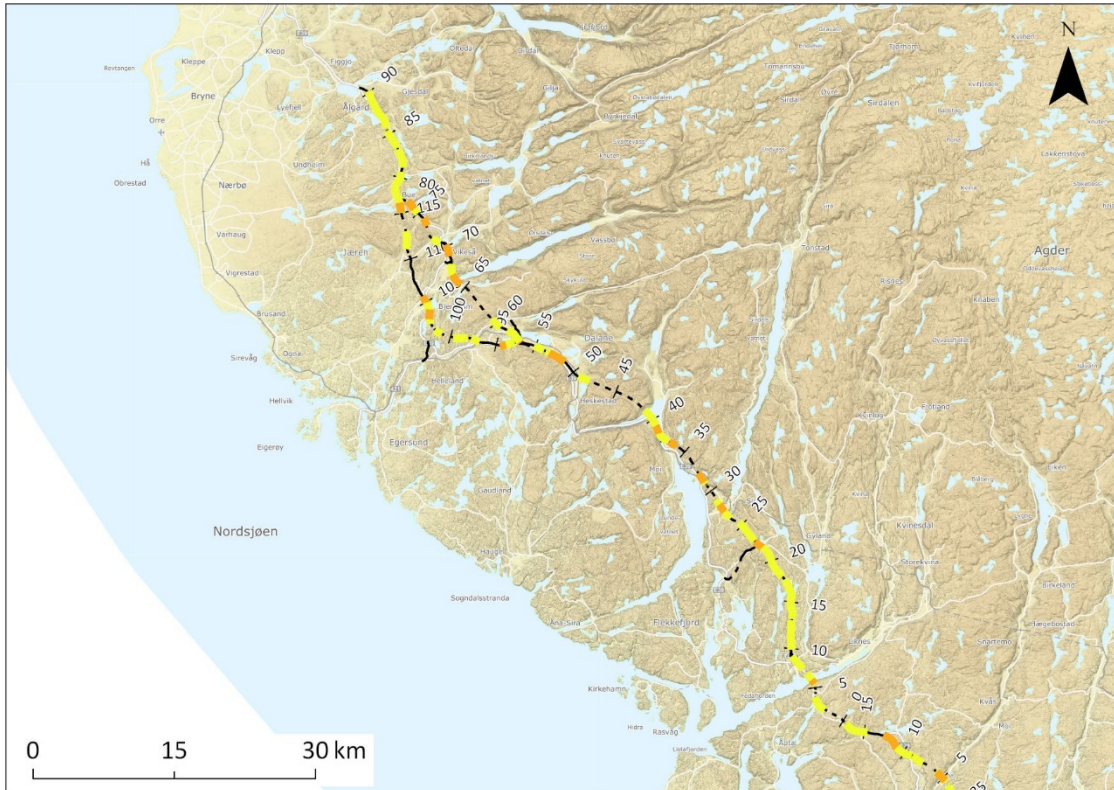
Tabell 6.21 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E39, Lyngdal øst – Lyngdal vest. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørsprognoser for år 2100. Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
500	900	Steinsprang	3	3	Bolting/rensk/nett	3	2	2
1440	1480	Flom	3	3	Rør	4	2	2
3300	3500	Steinsprang	2	2	Bolting/rensk/nett	2	1	1
3500	3600	Flom	2	1	Bru	3	1	1
4900	5200	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
5020	5460	Vind/snødrift	5	1	Andre tiltak	5	2	2
5140	5250	Flom	2	1	Bru	3	1	1
5200	5600	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
5370	5480	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
5400	5500	Flomskred	2	4	Bru	3	2	2
8100	8140	Flom	3	1	Rør	4	1	2
8100	8200	Flomskred	2	2	Bru	3	1	2
8300	8600	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
9500	9570	Flom	2	1	Bru	3	1	1
9800	9900	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
10380	10840	Flom	3	1	Bru	4	1	2
10500	12500	Vind/snødrift	5	1	Andre tiltak	5	2	2
10800	10900	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
11300	11400	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
15080	15130	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
15400	15570	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
15880	16010	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
16010	16380	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
16070	16090	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
16380	16520	Flom	3	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	4	1	2
16400	16800	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
16600	16700	Flomskred	2	2	Kulvert/skredbru	3	1	2
16670	16730	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2

6.7.5 Lyngdal vest – Ålgård

Denne lange delstrekningen, på totalt 116km, er delt i to parseller, Lyngdal vest – Flekkefjord øst og Flekkefjord øst – Ålgård. Den første er planlagt med hhv. byggestart og åpning i 2024 og 2028, mens den siste og lengste, fra Flekkefjord igjen er delt i tre, med tidligste byggestart i 2022 og siste åpning i 2028 (Tabell 1.1). Unntatt de siste ca. 16-17 km øst for Ålgård følger planlagt trasé ikke dagens E39, men krysser den flere steder (Figur 6.25). I et stykke av traséen, mellom Dalane og Bue, er det foreslått to alternative ruter, som begge er vurdert med hensyn på naturfare. Det nordøstligste (lengst inn i landet) alternativet av disse to har større andel tunell enn det andre alternativet. Kun ved kryssing av Fedafjorden ligger traséen under marin grense, men her er det planlagt en høy bru og med stort sett fjell i dagen, er ikke kvikkleire en aktuell problemstilling langs denne delstrekningen. Flom og steinsprang er de dominerende faretypene, men flomskred, jordskred, kraftig vind og snøskred kan også forekomme.

Maksimal risiko veksler mellom 1, lav og 2, middels, men hoveddelen av fare-segmentene har lav risiko, dels på grunn av lav sannsynlighet, men også i stor grad på grunn av gode omkjøringsmuligheter ved å benytte dagens E39.



Figur 6.25 E39 Lyngdal Vest - Ålgård. Fargene viser maksimal risiko i segmenter langs traséen med lav (gul), middels (oransje) og høy (rød). Metreringen (her i km) er generert av NGI og er ikke Nye Veier AS sin 'offisielle' metrering. Detaljer om faretype, konsekvenser, etc. finnes i faktaarkene i den digitale leveransen.

En viss flomfare finnes alle steder traséen krysser eller går langs vann eller elver og bekker. I de aller fleste segmentene er risiko lav, men er forventet å øke til middels utover i århundret på grunn av klimaendringer. Segmenter med flomfare som er vurdert å føre til middels risiko i dag, er ved kryssing av sørvest enden av Lølandsvannet, ved kryssing av Tronvika i Lundevannet, Kryssing av Hauklandsbekken, ved begge kryssingene av Bjerkreimselva, i begge traséalternativene i dette området, samt ved kryssing av et par mindre bekker i det sydligste alternativet, der oppstuvning kan være et problem og det er viktig med godt dimensjonerte kulverter. Flere av segmentene med registrert flomfare er allerede planlagt med bruer, som også er det foreslåtte risikoreducerende tiltaket i de fleste tilfellene.

Det meste av traséen går i kupert terreng med mange bratte skråninger og skrenter der det vil være steinsprangfare. De fleste av disse er vurdert å ha lav risiko og faren kan lett reduseres med enkle tiltak. I mange tilfeller vil det også bli etablert skjæringer, og for disse må sikringsbehovet vurderes særskilt under prosjekteringsfasen. Et 900m langt

segment med middels risiko er registrert langs vestsiden av Hovsvatnet. Her er en lang og bratt skogkledd skråning, der tre hendelser med steinsprang er registrert på jernbanelinja. I dette området er risiko vurdert som 2, middels. I tillegg bør denne skråningen også vurderes med hensyn på mulig jordskredfare, spesielt hvis en fjerner skog i skråningen. Vest for Bilstadvatnet er det også et segment på over 1 km med steinsprangfare som gir middels risiko, og der det også kan forekomme jordskred. I denne skråningen kan også snøskred tenkes å forekomme dersom forholdene ligger til rette, og dette bør vurderes nærmere, og det anbefales å unngå snauhugst. Her bør traséen legges så langt ut fra skråningen som mulig. Videre er det middels risiko forbundet med steinsprangfare ved den sydlige tunell åpningen der veien skal i bru over utløpet av Ørsdalsvatnet. I det sydlige trasé alternativet er det kun én strekning der steinsprangfare gir middels risiko. Dette er vest for vannet Berse, og middels risiko skyldes relativt høy sannsynlighet for hendelse.

I ett segment på 300m lengde ved Tønneplassen, syd for Teksevatnet, er det registrert snøskredfare med sannsynlighet i nest laveste klasse, 100-500 års gjentaksintervall. Det finnes mulige områder der snø kan ansamles og skred utløses i skråningen fra Middagsknuten i syd. Imidlertid er det sjelden det vil være forhold som tilsier snøskredfare, og vi forventer mindre snø og høyere snøgrense i framtiden. Usikkerhetene er imidlertid store og vi har valgt å holde på dagens sannsynlighet og risiko, som da er vurdert som 1, lav nå og gjennom resten av århundret.

Flomskredfare er registrert i 6 segmenter langs traséen, alle knyttet til mindre bekker som krysser veien, og som kan bli masseførende ved store nedbørshendelser. Alle har lav risiko i dag, men for 5 av de 6 er risiko vurdert å øke til middels fram mot år 2100. En bør også være oppmerksom på mulighet for sørpeskred i slike bekkeløp, noe som også kan tenkes å øke i hyppighet gjennom århundret.

Vind kan utgjøre et problem i flere segmenter langs delstrekningen, først og fremst i forbindelse med bruer, f.eks. over Fedafjorden og over Sira. Alle har relativt høy sannsynlighet, varierende mellom de to høyeste klassene, 4 og 5, noe som fører til at de er klassifisert som middels risiko, 2, til tross for at konsekvensene er lave, 1 og 2 i samlet konsekvens. Kun ett av segmentene er ikke knyttet til bruer. Dette er vest for Snøsvatnet, ved utløpet av Snøsskaret, der også snødrift ut skaret kan være et problem i vinterhalvåret. Snø- og/eller vindskjermer vil være anbefalt tiltak på lokalitetene med vindproblemer.

På grunn av gode omkjøringsmuligheter er konsekvensen for samfunnssikkerheten utelukkende lav, 1, i alle segmentene, mens indirekte økonomiske konsekvenser for det meste varierer mellom 1 og 2, altså lavt. I tre segmenter er denne konsekvensen imidlertid 3 og 5, alle forbundet med flom, og alle fordi potensiell nedetid for veien er vurdert å kunne bli så lang som 5 dager – 3 uker.

Klimaendringene fram mot slutten av århundret fører til at en rekke av faresegmentene for flom og flomskred får økt risiko på grunn av forventet hyppigere gjentaksintervall (sannsynlighet). I de fleste tilfellene øker risiko fra lav, 1 til middels, 2, mens for de to

segmenter nevnt ovenfor, der konsekvens er 5, øker risiko ved år 2100 til høy, 3 (Tabell 6.23).

6.7.6 De to trasé alternativene mellom Dalane og Bue

De to trasé alternativene er litt forskjellige, både med hensyn til rene veiparametre og til faresegmenter (Tabell 6.22). Det østlige alternativet er ca. 3 km kortere og har lengre strekning i tunell enn det vestlige. Begge her planlagt med 8 bruer på til sammen 1,8 – 1,9 km total lengde.

Det østlige alternativet har totalt større lengde med registrert fare, har noe lavere total lengde faresegmenter med risiko 2, middels i dag, men flere segmenter med en betydelig større lengde som har risiko 2, middels i 2100. Begge har ett segment på 300m der risiko er vurdert å bli 3, høy, fram mot år 2100.

Fra et rent naturfare-ståsted, ser det vestlige trasé alternativet best ut dersom en også skal ta hensyn til prognoserte klimaendringer.

Tabell 6.22 Noen tall for de to trasé alternativene, basert på trasé data fra Nye Veier AS

Element	Alt. øst	Alt. vest
Lengde	22 km	25 km
Tunell; antall/total lengde	4/8370m	4/5540
Bruer; antall/total lengde	8/1820m	8/1890
Faresegmenter; antall/lengde	17/3910	19/2380m
Faresegmenter med risiko 2, middels; antall/lengde	5/590m	5/720m
Faresegmenter med risiko 2 i 2100; antall/lengde	13/3250 (1/300: høy)	10/1220 (1/300m: høy)

Tabell 6.23 Samlet maksimal risiko i identifiserte faresegmenter langs E39, Lyngdal vest – Ålgård. Eventuelt endret sannsynlighet (returperiode) og risiko er basert på nedbørspregninger for år 2100 Sannsynlighet, konsekvens og tiltak er angitt i forhold til gitte klasser, beskrevet i kapittel 4 og kapittel 5. Ytterligere detaljer finnes i fakta-arkene i den digitale kartleveransen.

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
2700	2740	Flom	2	1	Bru	3	1	1
2840	2920	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
3180	3220	Flom	2	1	Bru	3	1	1
3420	3500	Steinsprang	2	1	Andre tiltak	2	1	1
3520	3620	Flom	1	2	Bru	2	1	1
5720	5800	Steinsprang	3	1	Steinsprang gjerde	3	1	1
5800	6360	Vind/snødrift	5	1	Andre tiltak	5	2	2
6340	6380	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
7800	7840	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
7900	8000	Flom	1	3	Bru	2	1	2
8740	8800	Flom	1	1	Bru	2	1	1
10300	10440	Steinsprang	3	1	Andre tiltak	3	1	1
11040	11200	Steinsprang	1	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	1	1	1
11840	12300	Steinsprang	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	1	1
12400	12620	Flom	3	1	Bru	4	1	2
13560	13820	Steinsprang	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	2	1	1
13940	14100	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
14280	14460	Steinsprang	2	1	Voll	2	1	1
14400	14460	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
14900	15600	Steinsprang	1	2	Andre tiltak	1	1	1
16300	16360	Flom	2	2	Bru	3	1	2
17140	17160	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
18360	18800	Flom	3	1	Bru	4	1	2
19140	19280	Flom	2	2	Bru	3	1	2
19500	19600	Steinsprang	1	1	Andre tiltak	1	1	1
19640	20000	Flom	2	2	Bru	3	1	2
20040	20120	Steinsprang	1	1	Bolting/rensk/nett	1	1	1
20900	21040	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
21320	21340	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
21880	22340	Flom	2	3	Bru	3	2	2
23280	23460	Steinsprang	2	1	Voll	2	1	1
23500	25000	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
24100	25000	Steinsprang	3	1	Steinsprang gjerde	3	1	1
26880	26920	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
27140	27180	Flom	1	1	Bru	2	1	1
27540	27880	Vind/snødrift	4	1	Andre tiltak	4	2	2
27660	27760	Flom	1	2	Bru	2	1	1
28280	28500	Steinsprang	3	1	Steinsprang gjerde	3	1	1
31380	31460	Steinsprang	2	2	Bolting/rensk/nett	2	1	1
31580	31920	Flom	1	5	Bru	2	2	2
37500	37600	Flom	3	1	Bru	4	1	2
38160	38280	Flom	2	2	Bru	3	1	2
38300	40640	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
38380	38420	Flomskred	2	2	Bru	3	1	2
38800	39700	Steinsprang	3	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	2	2
40000	40100	Flom	3	2	Bru	4	2	2
40020	40060	Flomskred	2	2	Bru	3	1	2

Fra (m)	Til (m)	Faretype	Sanns. (dagens)	Kons. (dagens)	Tiltak	Sanns. (2100)	Risiko (dagens)	Risiko (2100)
40640	40920	Flom	2	2	Bru	3	1	2
48420	48500	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
48520	48880	Flom	2	1	Bru	3	1	1
51860	52920	Steinsprang	3	2	Steinsprang gjerde	3	2	2
53240	53320	Flomskred	2	2	Kulvert/skredbru	3	1	2
54400	54700	Snøskred	2	2	Voll	2	1	1
56960	56990	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
57100	57280	Flom	2	2	Bru	3	1	2
58020	58120	Flom	1	1	Bru	2	1	1
59700	59900	Flom	1	2	Bru	2	1	1
60080	60160	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
65960	66100	Steinsprang	3	2	Bolting/rensk/nett	3	2	2
65960	66260	Vind/snødrift	5	2	Andre tiltak	5	2	2
66040	66180	Flom	2	2	Bru	3	1	2
66400	66500	Vind/snødrift	4	1	Andre tiltak	4	2	2
66840	66900	Steinsprang	3	1	Bolting/rensk/nett	3	1	1
67500	67640	Flomskred	3	1	Voll	4	1	2
69340	69400	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
69500	69800	Flom	2	5	Bru	3	2	3
71240	71420	Flom	2	2	Bru	3	1	2
73720	73780	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
75400	75600	Jordskred	2	2	Andre tiltak	3	1	2
75600	75800	Flom	2	2	Bru	3	1	2
76000	76300	Vind/snødrift	5	1	Andre tiltak	5	2	2
77700	77820	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
77840	79560	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
79560	79620	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
79700	80200	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
81500	81680	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
82180	82300	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
82600	82720	Flom	2	2	Bru	3	1	2
83720	83760	Flom	2	1	Bru	3	1	1
84500	84610	Flom	2	1	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	1
84910	85000	Flom	2	1	Bru	3	1	1
86100	86200	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
86400	86480	Steinsprang	2	1	Steinsprang gjerde	2	1	1
86440	87900	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
87900	89340	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
89340	89720	Flom	2	2	Bru	3	1	2
93400	93520	Steinsprang	2	2	Steinsprang gjerde	2	1	1
94100	94200	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
97240	97360	Flom	2	2	Bru	3	1	2
98600	98720	Flom	2	1	Bru	3	1	1
99240	99280	Flom	3	1	Bru	4	1	2
101380	101400	Steinsprang	1	2	Bolting/rensk/nett	1	1	1
103000	103020	Flomskred	2	2	Bru	3	1	2
103080	103420	Flom	2	2	Utvidet veigrøft/forhøyet fylling	3	1	2
103500	103540	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
103680	103720	Flom	3	2	Kulvert/skredbru	4	2	2
104000	104240	Steinsprang	3	2	Voll	3	2	2
104320	104500	Flom	2	2	Bru	3	1	2
105000	105300	Flom	2	5	Bru	3	2	3
111500	111720	Flomskred	1	1	Erosjonssikring	2	1	1
111720	111780	Flom	2	1	Kulvert/skredbru	3	1	1
112500	112600	Flom	3	1	Kulvert/skredbru	4	1	2
115420	115500	Steinsprang	2	1	Bolting/rensk/nett	2	1	1
115500	115700	Vind/snødrift	5	1	Andre tiltak	5	2	2
115600	115740	Flom	2	1	Bru	3	1	1
116240	116340	Steinsprang	2	1	Andre tiltak	2	1	1

6.7.7 E39 sørvest oppsummert

Totalt 104 segmenter med potensiell naturfare er registrert langs strekningen E39 Sørvest, Kristiansand – Ålgård, som består av 5 delstrekninger, Kristiansand Ytre, Kristiansand – Mandal Øst, Mandal Øst – Lyngdal Øst, Lyngdal Øst – Lyngdal Vest, Lyngdal Vest – Ålgård. Mange av de registrerte faresegmentene er overlappende. Alle faretyper som er vurdert i dette arbeidet, med unntak av stormflo, er identifisert langs strekningen. Flom og steinsprang utgjør de hyppigste farene, mens snøskredfare er registrert som eget segment kun ett sted, mens en annen skråning, registrert med steinsprangfare, også bør vurderes med tanke på jordskred og snøskred. Det meste av traséen ligger høyere enn marin grense, og mulig fare for kvikkleireskred er i hovedsak knyttet til krysning av fjorder eller elvedaler og alt vesentlig i den østlige delen av traseen.

Flom og steinsprang utgjør de hyppigste faretypene, mens kraftig vind er mest et potensielt problem i forbindelse med bruer. Et par lokaliteter har et mulig vindproblem uten at det er bru, og som også kan ha snødrift i vinterhalvåret, når snøforholdene ligger til rette for dette. Flomfare finnes alle steder traséen krysser eller er i nærheten av bekker, elver og vann. I mange av disse lokalitetene vil det trolig uansett etableres høye fyllinger og/eller bruer, slik at faren elimineres. Mange av de brattere bekkene som krysser veien vil også ha kapasitet til å transportere sedimenter og kan bli flomskredløp. I disse er det viktig å sørge for godt dimensjonerte kulverter eller bruer. Steinsprangfare finnes alle steder der vi har høye skråninger og skrenter.

Maksimal risiko er for det meste lav, 1, eller middels, 2, men kommer enkelte steder opp i høy, 3. Høy risiko gjelder enkelte segmenter med fare for kraftig vind, eventuelt med snødrift, og skyldes forventet høy sannsynlighet for slike hendelser. Oftest fører imidlertid hver enkelt hendelse til relativt kort nedetid for veien. Det meste av den planlagte traséen vil ikke følge dagens E39, som dermed gir, sammen med mindre veier i regionen, relativt gode omkjøringsmuligheter. Dette fører til at konsekvensene for samfunnsikkerheten, altså nødetatens mulighet til å levere tjenester, er lav langs hele strekningen, med unntak av enkelte segmenter nært den vestlige enden av delstrekningen Mandal øst – Lyngdal vest, der hendelser vil kunne ramme både gammel og ny vei, og dermed påvirke omkjøringsmulighetene. Indirekte økonomisk konsekvens varierer fra 1 til 5, og er nært knyttet til lengden på potensiell nedetid for veien.

Økt nedbør som følge av klimaendringene fram mot år 2100 påvirker i første rekke sannsynligheten for flom og flomskred, og fører til høyere risiko forbundet med disse faretypene langs en rekke faresegmenter i år 2100. For de øvrige faretypene som er vurdert, er usikkerhetene så store at vi har valgt å beholde dagens sannsynlighet for hendelser knyttet til disse. Om klimaendringene påvirker også disse faretypene, antas det imidlertid at det vil føre til en forverring, altså økt sannsynlighet. Konsekvensene vil påvirkes av utviklingen av en rekke parametere. Disse har så store usikkerheter at vi har beholdt dagens konsekvenser.

Ingen vesentlige endringer i planlagt trasé er foreslått, men enkelte mindre justeringer, som å trekke traséen lenger ut fra en skråning, er anbefalt i faktaarkene i den digitale

leveransen. Den største foreslåtte endringen er i det sydlige trasé alternativet, vest i delstrekningen Lyngdal vest – Ålgård. Der kan en unngå et mulig steinsprangproblem sør for Bue, ved å trekke traséen noe lenger (ca. 100m) vest, over vannet og inn Vaulaskaret, fram til brua over vestenden av Vaulavatnet, dersom dette er mulig fra et veiteknisk perspektiv.

7 Kvalitetssikring

Overordnet kvalitetssikring er ivarettatt ved at kvalitetsansvarlig for prosjektet (Dr. Farrokh Nadim) har deltatt i alle møter, og vært med å definere metodikk og leveranser, inklusive GIS analysen i Del 1 av prosjektet og det GIS-baserte verktøyet som utgjorde første leveranse. Både Bjørn Kalsnes og Dr. Nadim har i tillegg gått gjennom denne rapporten, og har vært holdt løpende orientert om arbeidet med de digitale kartleveransene.

Kvalitetssikring i felt er gjort ved at det nesten alltid har vært to medarbeidere sammen i felt, som har diskutert vurderingene før de er lagt i endelige Excel-ark for videre prosessering. Der mindre erfarne har vært ute, har det vært i samarbeid med en erfaren. I de tilfellene NGI har gjort feltarbeid relatert til flom, har partner HydraTeam kvalitetssikret resultatene av feltarbeidet i etterkant.

Kvalitetssikring av endelige vurderinger er gjort i flere omganger. Alle vurderinger etter feltbefaringene er kombinert med resultatene fra GIS analysen i Del 1 og lagt i Excel-tabeller, som er gjennomgått for eventuelle feil. Partner PwC har fått Excel-arkene og har lagt sine vurderinger av konsekvens inn i disse, kvalitetssikret vurderingene og overlevert tabellene til NGI. NGI har så koblet alle tabeller og generert den digitale kartløsningen og alle fakta-arkene. Før utlegging på WMS tjenesten, er faktaarkene gjennomgått og eventuelle feil eller misforståelser rettet opp.

Leveransen inneholder svært mye informasjon. Det er derfor gjort *en siste gjennomgang* av så vel kartproduktet, alle faktaark og denne rapporten før prosjektet er betegnet som avsluttet og overlevert. Denne fasen innebar også at oppdragsgiver, Nye Veier AS har hatt anledning til å komme med tilbakemeldinger. Eventuelle feil eller uklarheter som da fortsatt finnes er rettet opp før endelig rapport er levert og det digitale produktet installert på Nye Veiers egen kart / innsynsløsning.

8 Noen oppsummerende bemerkninger

- Ca. 700 km veitrasé er vurdert med hensyn på naturfare på et nivå tilsvarende 'tidlig planfase', til tross for at enkelte av parsellene er under bygging og/ eller er allerede åpnet. Disse vurderingene er ikke ment å erstatte eventuelle detaljerte vurderinger som vil være påkrevet i en del lokaliteter i forbindelse med prosjektering av veien og eventuelle sikringstiltak.
- Prosjektet har utviklet og levert et GIS-basert verktøy for en første 'screening' av mulige naturfarer i et område, i dette tilfellet et polygon rundt en planlagt veitrasé. Denne screeningen bygger på offentlig tilgjengelige data, men har også innebygget rutiner for en optimalisering av resultatene.
- Naturfarene som er vurdert er flom, jord- og flomskred, kvikkleireskred, snøskred, steinsprang, vind/snødrift og stormflo. I tillegg er sørpeskred vurdert i enkelte tilfeller. De aller fleste segmentene identifisert i GIS-analysen er også vurdert i felt.
- Hovedleveransen av resultater fra prosjektet er et GIS-basert digitalt produkt, der sannsynlighet, konsekvenser og risiko presenteres på kart og i faktaark med beskrivelser og detaljert informasjon.
- Sannsynlighet (gjentaksintervall) og konsekvens gir vurdert risiko, klassifisert som lav (1), middels (2), eller høy (3). Kun indirekte økonomiske konsekvenser ved stengt vei og konsekvens for samfunnssikkerheten er vurdert.
- 795 segmenter med potensiell fare og risiko er identifisert. I de fleste tilfellene er dagens risiko vurdert å være lav, 1, eller middels, 2. Kun i to delstrekninger er segmenter identifisert med høy risiko, 3, for dagens situasjon. Dette gjelder E6 Kvæangsfjellet, og E6 Trøndelag: Kvål-Melhus. I tillegg har to delstrekninger forventet høy risiko i enkelte segmenter ved slutten av århundret. Dette er E39 Sørvest: Kristiansand-Mandal øst og Lyngdal vest-Ålgård.
- Klimaendringene er vurdert med hensyn på forventet økt nedbør. Det er ikke gjort en detaljert analyse, men forventet endring i korttidsnedbør og anbefalt påslag for flom i vassdrag er benyttet. Forventet økning i nedbør er i hovedsak vurdert å påvirke sannsynligheten for flom og flomskred. For de andre faretypene er usikkerhetene vurdert å være såpass store at det er valgt å beholde dagens sannsynlighet. Det samme gjelder konsekvensene, der utviklingen i de mange faktorene som påvirker dette også har store usikkerheter. Derfor er det også valgt å beholde dagens konsekvensklasser ut århundret.
- Risikoreducerende tiltak er foreslått for alle faresegmentene. Kostnadene for disse er kun anslått svært grovt. Både selve tiltaket og kostnadene vil måtte vurderes i langt større detalj i forbindelse med prosjektering og bygging. Analyser viser dog at i de langt fleste tilfellene er kostnadene for å etablere sikringstiltak lavere enn kostnadene ved stengt vei (NGI, 2020).

9 Referanser

- Busengdal, M., 2019: Validering og testing av nye aktsomhetskart for snøskred i Norge (NAKSIN). MSc. oppgave i geofag. Inst. for geofag, Universitetet i Oslo, 164pp.
- Busengdal, M. & Issler, D. (2018). Kildekode til NAKSIN. NGI Teknisk notat 20150457-08-TN. Norges Geotekniske Institutt (NGI): Oslo, Norge.
- Domaas, Ulrik. 1994. Geometrical methods of calculating rockfall range. NGI, Norway.
- Dorren L.K.A., (2015) Rockyfor3D (v5.2) revealed – Transparent description of the complete 3D rockfall model. EcorisQ paper (www.ecorisq.org): 32 p.
- Issler, D., Gauer, P., Gisnås, G. K. & Domaas, U. (under utarbeidelse). Approaches to including forest effects in avalanche hazard indication maps in Norway
- Lied, K. & Bakkehøi, K. (1980). Empirical calculations of snow-avalanche run-out distance based on topographic parameters. Journal of Glaciology, 26(94), 165-177.
- NGU. 2014. Aktsomhetskart jord- og flomskred: metodeutvikling og landsdekkende modellering. Rapport nummer 2014.019.
- NGI, 2019a. Vurdering av alternative traséer E16 Kløfta-Kongsvinger. NGI Teknisk Notat 20180631-01-TN.
- NGI, 2019b. Vurdering av eksisterende steinsprangsikring ved Rakkenesura. NGI Teknisk Notat 20180631-02-TN.
- NGI, 2019c. Vind og snødrift over Kvæangsfjellet. Teknisk Notat 20180631-03-TN.
- NGI, 2020: ROS – Naturfare: Innspill til Nasjonal Transportplan, NTP 2022-2033, Oppgave 7: Klimatilpasning
- NIFS 2014: Sammenligning av risikoakseptkriterier for skred og flom. NIFS (Naturfare, Infrastruktur, Flom og Skred) Rapport nr. 26 http://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_26.pdf
- Norsk klimaservicesenter, 2019: Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge. NCCS report 5/2019.
- Norsk Standard, 2008: NS 5814, Krav til risikovurderinger
- NVE/NGI. 2015. Oppsummeringsrapport for skog og skredprosjektet. Rapport nr. 92/2015.
- Pereboom, Ivar Olaf. Identification of areas exposed to flooding in Norway at a national level. NVE, Norway.
- NVE, 2011 Preliminary Flood Risk Assessment in Norway. Report no. 7-2011.
- NVE, 2016: Klimaendring og framtidige flommer i Norge. Rapport nr. 81-2016

Vedlegg A

VURDERINGER AV KLIMAENDRINGER I FORM AV EKSTREMNEDBØR (MET.NO)

Innhold

A1	Innledning og bakgrunn	3
A2	Ekstremnedbør for E6 Kvæangsfjellet	3
A2.1	Dagens IVF	3
A2.2	Vurderinger av variasjoner langs traseen	4
A2.3	Klimapåslag	5
A2.4	Oppsummering	6
A3	Ekstremnedbør for E6 Trøndelag	7
A3.1	Dagens IVF	7
A3.2	Vurderinger av variasjoner langs traseen	8
A3.3	Sammenligning av døgnnedbør	8
A3.4	Klimapåslag	9
A3.5	Oppsummering	10
A4	Ekstremnedbør for E6 Innlandet	11
A4.1	Dagens IVF	11
A4.2	Vurderinger av variasjoner langs traseen	12
A4.3	Sammenligning av døgnnedbør	13
A4.4	Klimapåslag	14
A4.5	Oppsummering	15
A5	Ekstremnedbør for E16 Kløfta-Kongsvinger	16
A5.1	Dagens IVF	16
A5.2	Vurderinger av variasjoner langs traseen	17
A5.3	Sammenligning av døgnnedbør	18
A5.4	Klimapåslag	19
A5.5	Oppsummering	20
A6	Ekstremnedbør for E18 Langangen-Dørdal	20
A6.1	Dagens IVF	20
A6.2	Vurderinger av variasjoner langs traseen	21
A6.3	Sammenligning av døgnnedbør	22
A6.4	Klimapåslag	22
A6.5	Oppsummering	23
A7	Ekstremnedbør for E18 Tvedestrand-Grimstad	23

A7.1	Dagens IVF	23
A7.2	Vurderinger av variasjoner langs traseen	25
A7.3	Sammenligning av døgnedbør	25
A7.4	Klimapåslag	26
A7.5	Oppsummering	27
A8	Ekstremnedbør for E39 Kristiansand-Ålgård	29
A8.1	Dagens IVF	29
A8.2	Vurderinger av variasjoner langs traseen	30
A8.3	Sammenligning av døgnedbør	31
A8.4	Klimapåslag	31
A8.5	Oppsummering	32

A1 Innledning og bakgrunn

Dette vedlegget inneholder beskrivelse av vurderinger av klimaendringer i form av ekstremnedbør for Nye Veiers prosjektportefølje. Notatet er levert av Meteorologisk institutt (MET).

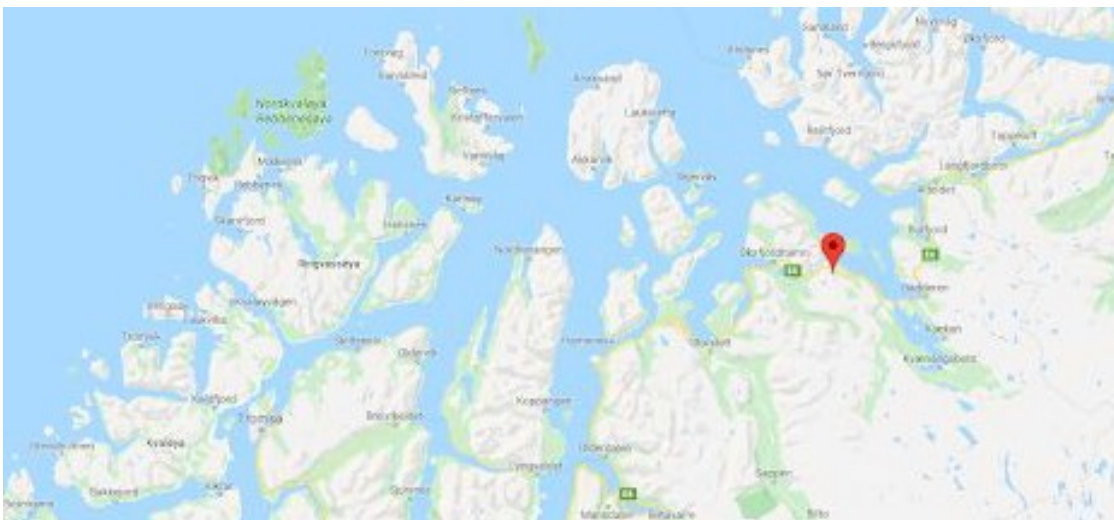
MET beregner IVF (Intensitet, Varighet og Frekvens) for nedbør i Norge. Operasjonelt har MET beregnet dette fra målestasjoner, i tillegg har MET en eksperimentell tjeneste basert på griddete data. Begge disse datasettene er tilgjengelig på klimaservicesenter.no. For fremtidig klima har klimaservicesenteret publisert en rapport med mer differensierte klimapåslag ("Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge." NCCS report 5/2019).

A2 Ekstremnedbør for E6 Kvæningsfjellet

A2.1 Dagens IVF

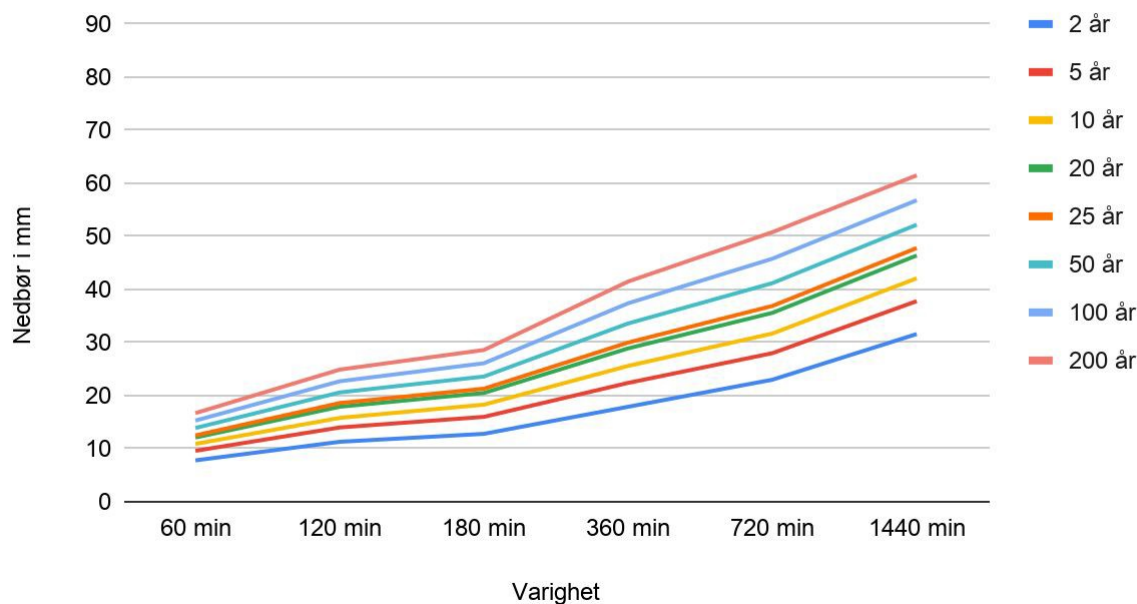
En utfordring med Kvæningsfjellet er at det her ikke finnes noen relevante IVF kurver, den nærmeste er fra Bardufoss. Det er derfor utført tilsvarende beregninger for ekstremnedbør fra 1 times observasjoner foretatt i Tromsø

Kartet (figur A1) under viser et utsnitt over det aktuelle området, og figur A2 viser "IVF" kurver beregnet fra timesverdier for Tromsø



Figur A1: Kart over aktuelt område. Rød markør på Kvæningsfjellet, Tromsø er nede til venstre i figuren

"IVF" basert på timesverdier for Tromsø

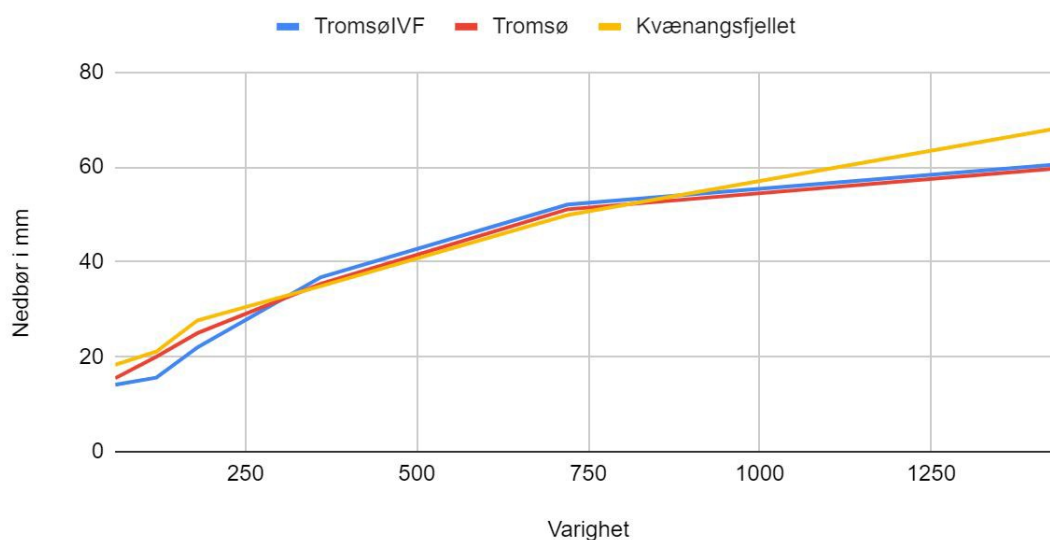


A2.2 Vurderinger av variasjoner langs traseen

MET tilbyr IVF kurver basert på 1*1 km grid, disse er ikke egnet for dimensjonering, men brukes her som indikator for representativiteten til Tromsø for Kvænangsfjellet. I figur A3 sammenlignes IVF fra observasjoner i Tromsø, og grid i Tromsø og Kvænangsfjellet.

Hovedkonklusjonen her er at Tromsø er godt representativ for Kvænangsfjellet.

Sammenligning av "IVF" fra observasjoner i Tromsø, og grid i Tromsø og Kvæangsfjellet for 100 år gjentakintervall



Figur A3: Sammenligning av 100 år returperiode for punkter fra grid (Tromsø og Kvæangsfjellet), og fra Tromsø IVF

A2.3 Klimapåslag

I rapporten “Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge” er et mer nyansert bilde på klimapåslag enn det tidligere på 40% på varigheter under 3 timer presentert.

Tabell A1: Klimapåslag ved ulike varigheter og returperioder.

Varighet	< M50		≥ M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

Terskler mellom «Lav M5» (tørre områder) og «Høy M5» (nedbørrike områder) anslås som følger:

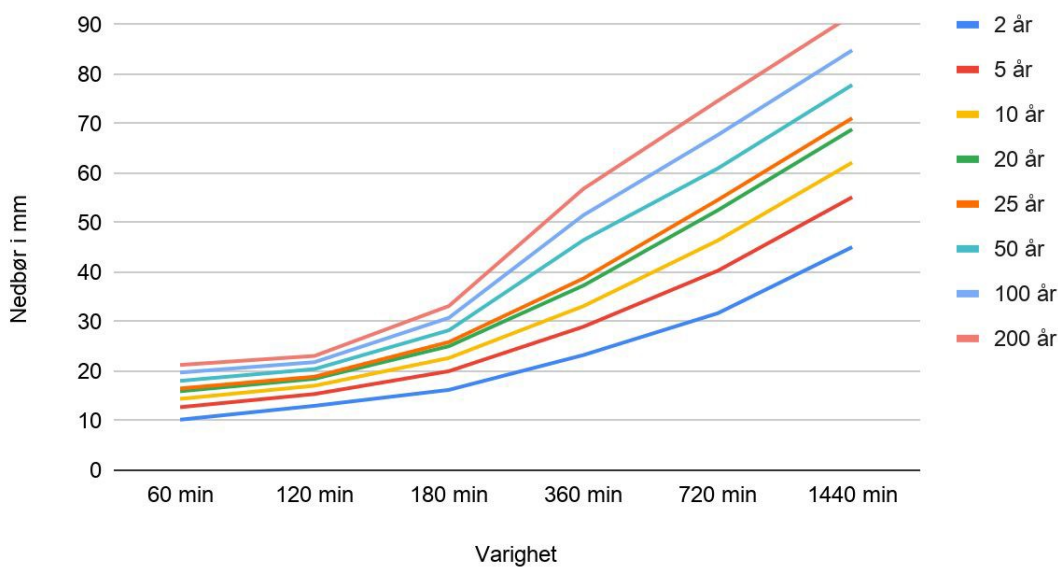
- 24-timersnedbør: M5 ≈ 70 mm
- 12-timersnedbør: M5 ≈ 50 mm
- 6-timersnedbør: M5 ≈ 40 mm
- 3-timersnedbør: M5 ≈ 30 mm

Ut fra denne oversikten er "Lav M5" lagt til grunn for beregninger av klimapåslag. Resultatet av dette er lagt ved i et eget regneark.

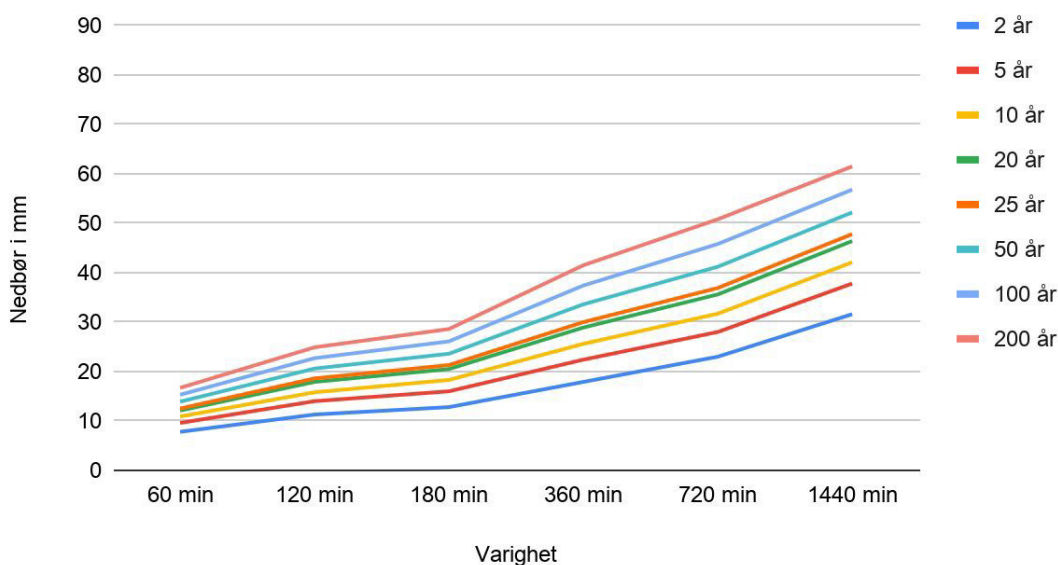
A2.4 Oppsummering

Observasjoner fra Tromsø ser ut til å representere ekstremnedbøren for Tromsø bra. Under er dagens IVF beregnet på timesverdier og IVF der klimapåslaget er lagt inn. Som en ser fra figur A4 er det spesielt lengre varigheter som blir sterkt påvirket.

IVF med klimapåslag



"IVF" basert på timesverdier for Tromsø

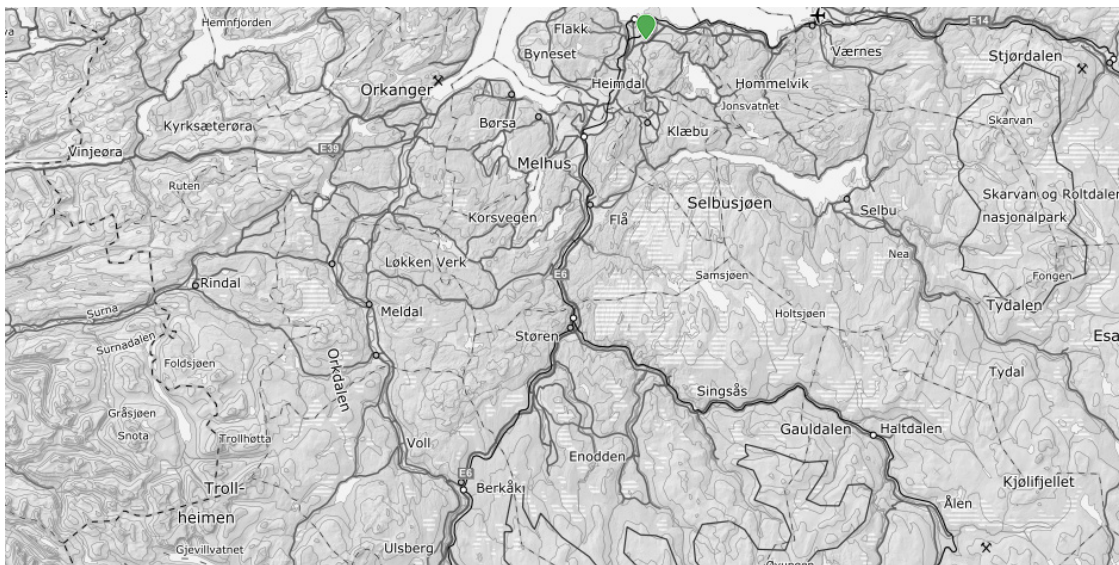


Figur A4: Fremtidig og historisk IVF kurver for Tromsø

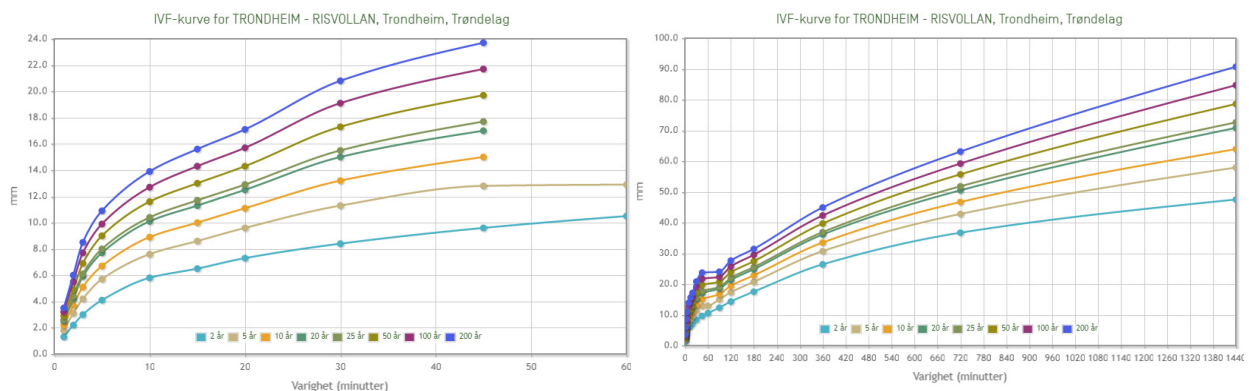
A3 Ekstremnedbør for E6 Trøndelag

A3.1 Dagens IVF

Kartet under viser et utsnitt over det aktuelle området. I dette området er det flere stasjoner i Trondheim kommune, men den mest aktuelle er på Trondheim - Risvollan med målinger 1986 - 2019 (Videre betegnet som Trondheim IVF).



Figur A5: Kart over aktuelle målestasjoner med beregnede IVF kurver

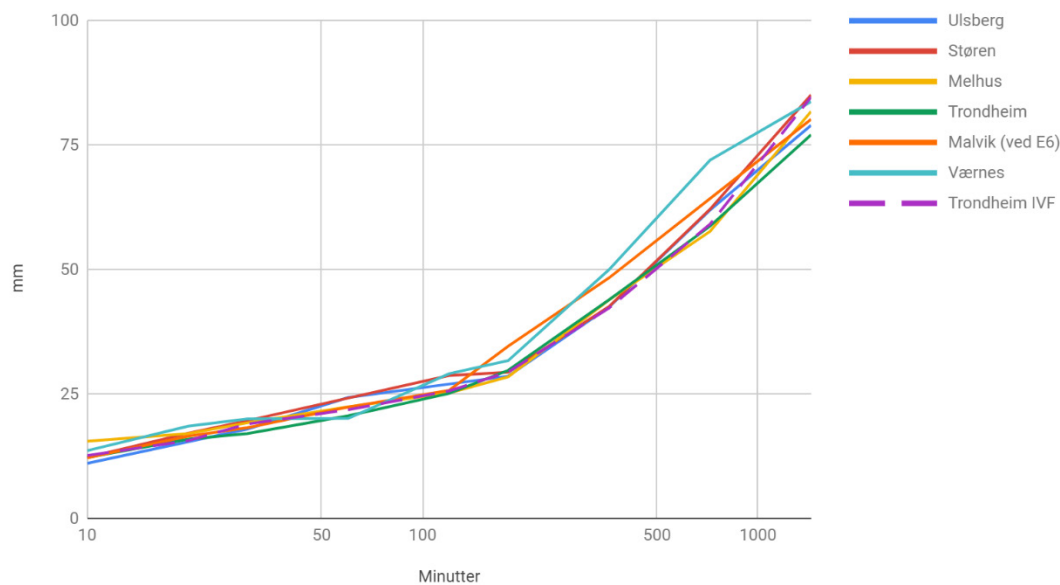


Figur A6: IVF kurve for inntil 1 time og alle varigheter for Trondheim

A3.2 Vurderinger av variasjoner langs traseen

MET tilbyr IVF kurver basert på 1*1 km grid, disse er ikke egnet for dimensjonering, men brukes her som indikator for variasjonen langs traseen. Punktene Ulsberg, Støren, Melhus, Trondheim, Malvik og Værnes er hentet ut av tjenesten, og 100 år returperiode sammenlignes. Så lang returperiode benyttes for å trekke frem ulikhetene.

Sammenligning av 100 år returperiode for ulike punkt fra Grid og to fra observasjoner



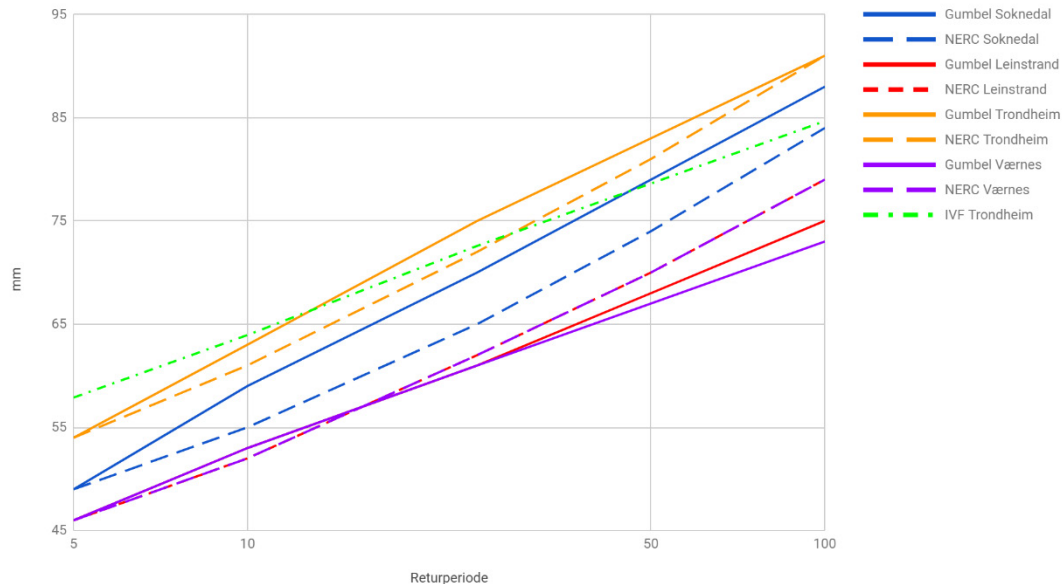
Figur A7: Sammenligning av 100 år returperiode for punkter fra grid (Ulsberg, Støren, Melhus, Trondheim, Malvik, Værnes), og fra Trondheim IVF

Sammenligning av resultater fra grid og målestasjoner viser stor grad av overenstemmelse mellom disse, og ingen sterke regionale signaturer, med et mulig unntak på noe kraftigere på lengre varigheter på aksene Trondheim-Stjørdal.

A3.3 Sammenligning av døgnedbør

Spørsmålet om IVF kurvene gir et riktig bilde på ekstremnedbøren er vanskelig å besvare entydig. I Figur A8 er en slik sammenligning utført for målestasjoner med døgnedbør i Soknedal, Leinstrand, Trondheim og Værnes, samt IVF beregningene for Trondheim. Her er det klart at Værnes og Leinstrand har ganske lik signatur, og minst ekstremnedbør for området. De kraftigste ekstremnedbørberegningene finner vi for Trondheim og Trondheim IVF. Totalt viser IVF fra Trondheim ganske godt samsvar med beregninger på døgnedbørmålingene, og det anbefales å bruke IVF fra Trondheim for hele strekningen.

Sammenligning av 24 timer nedbør fra ulike stasjoner og beregninger



Figur A8: Sammenligning av ekstremberegninger på 24 timer.

A3.4 Klimapåslag

I rapporten “Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge.” er et mer nyansert bilde på klimapåslag en det tidligere på 40% på varigheter under 3 timer presentert.

Tabell A2: Klimapåslag ved ulike varigheter og returperioder.

Varighet	< M50		≥ M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

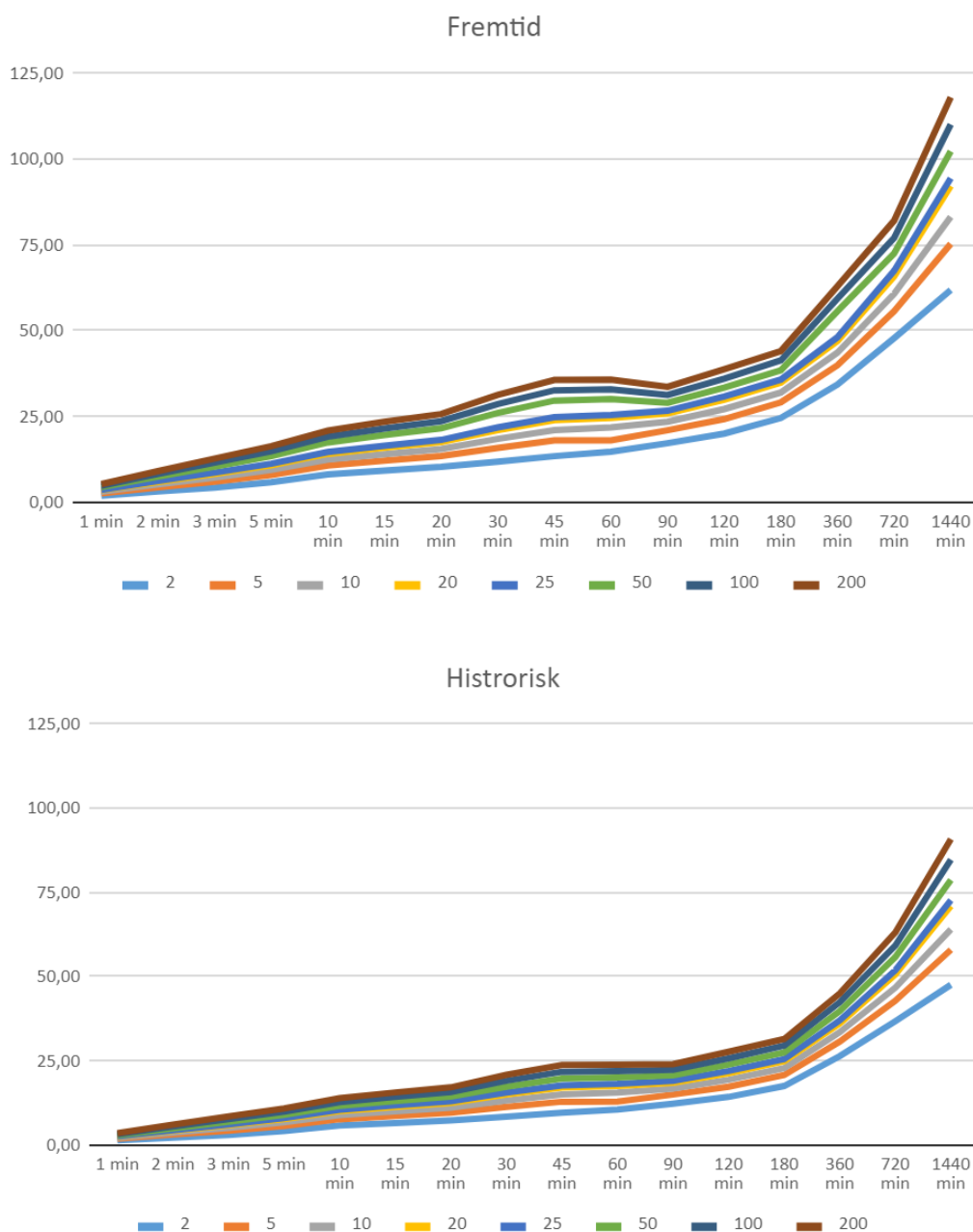
Terskler mellom «Lav M5» (tørre områder) og «Høy M5» (nedbørrike områder) anslås som følger:

- 24-timersnedbør: M5 ≈ 70 mm
- 12-timersnedbør: M5 ≈ 50 mm
- 6-timersnedbør: M5 ≈ 40 mm
- 3-timersnedbør: M5 ≈ 30 mm

Ut fra denne oversikten er “Lav M5” lagt til grunn for beregninger av klimapåslag. Resultatet av dette er lagt ved i et eget regneark.

A3.5 Oppsummering

For beregninger på 24 timer/døgnnedbør ser en at IVF kurven fra Trondheim matcher beregningene på døgnverdier brukbart, og det er så svake signaler om en flytter langs akse at det anbefales å legge IVF fra Trondheim til grunn for hele strekningen.

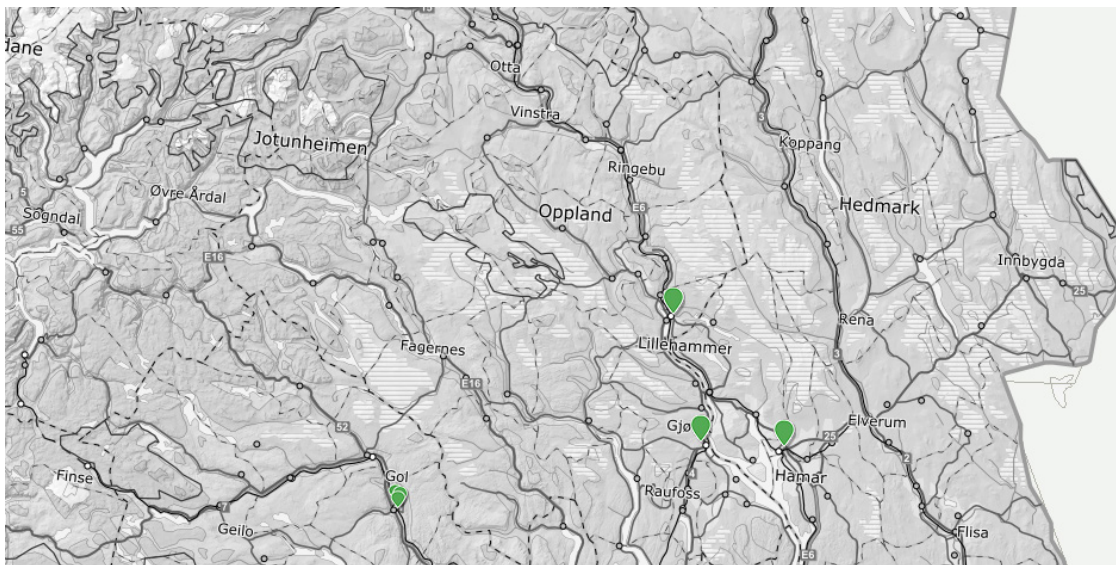


Figur A9: Fremtidig og historisk IVF kurver for Trondheim

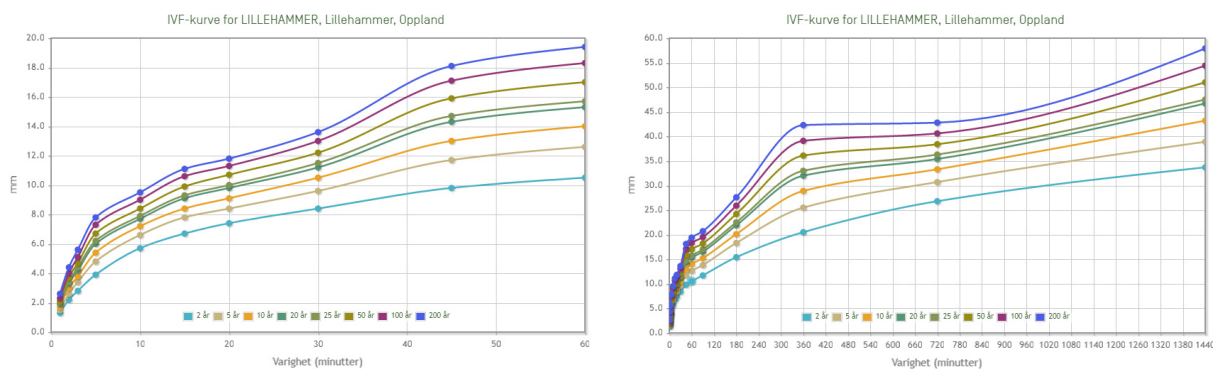
A4 Ekstremnedbør for E6 Innlandet

A4.1 Dagens IVF

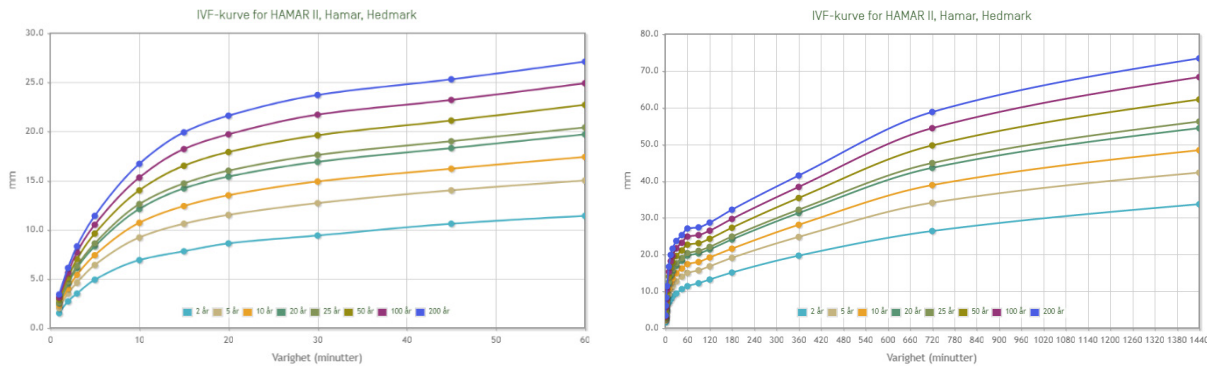
Kartet under viser et utsnitt over det aktuelle området. I dette området er det tre aktuelle stasjoner, og det er valgt å jobbe videre med Hamar (1968 - 2019) og Lillehammer (1969 - 1991)



Figur A10: Kart over aktuelle målestasjoner med beregnede IVF kurver



Figur A11: IVF kurve for inntil 1 time og alle varigheter for Lillehammer

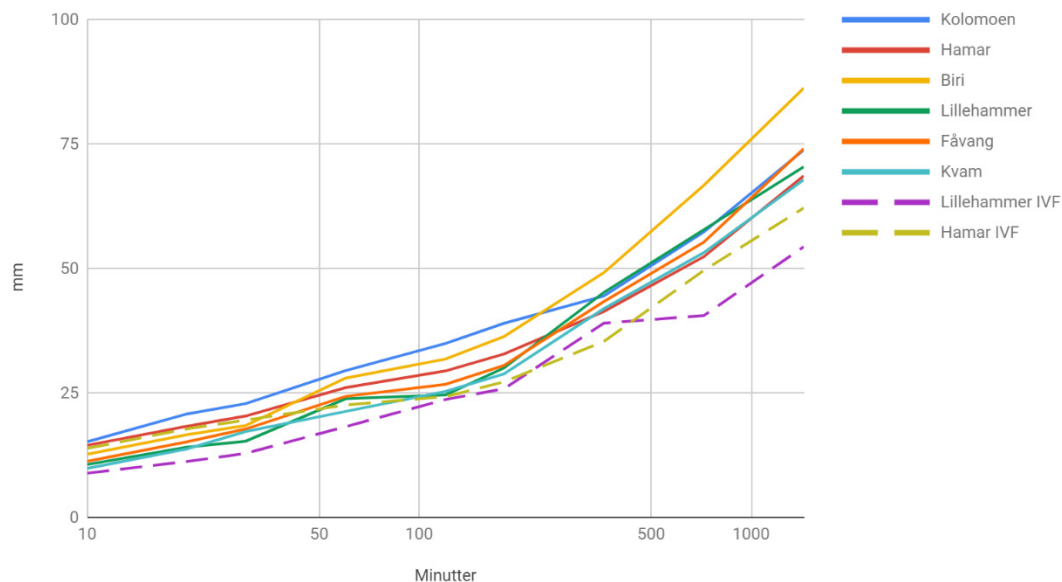


Figur A12: IVF kurve for inntil 1 time og alle varigheter for Hamar

A4.2 Vurderinger av variasjoner langs traseen

MET tilbyr IVF kurver basert på 1*1 km grid, disse er ikke egnet for dimensjonering, men brukes her som indikator for variasjonen langs traseen. Punktene Kolomoen, Hamar, Biri, Lillehammer, Fåvang, og Kvam er hentet ut av tjenesten, og 100 år returperiode sammenlignes. Så lang returperiode benyttes for å trekke frem ulikhetene.

Sammenligning av 100 år returperiode for ulike punkt fra grid og observasjoner



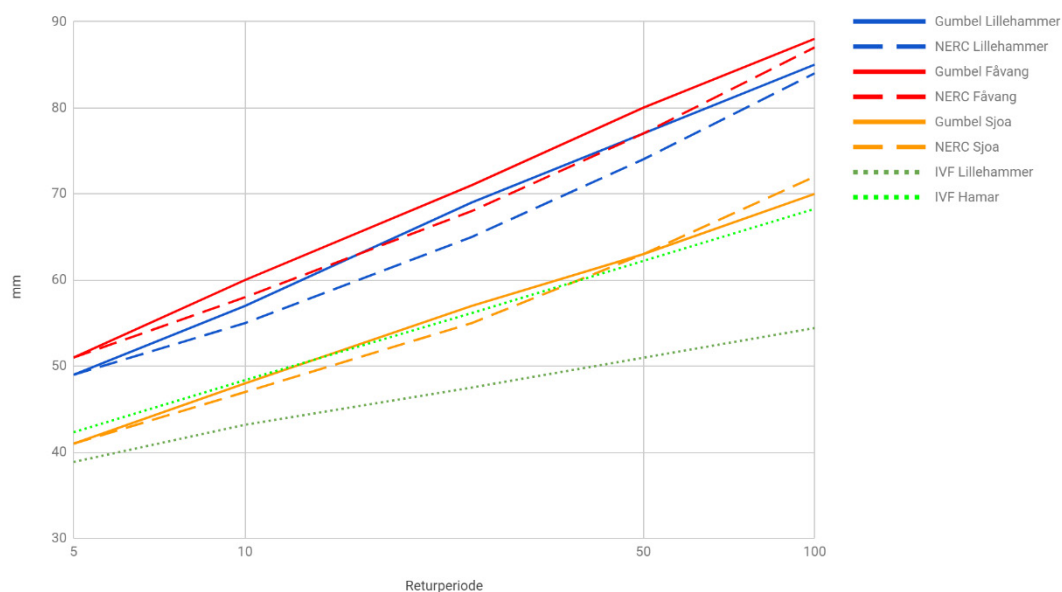
Figur A13: Sammenligning av 100 år returperiode for punkter fra grid (Kolomoen, Hamar, Biri, Lillehammer, Fåvang, og Kvam), og fra Lillehammer IVF og Hamar IVF

Sammenligning av resultater fra grid og målestasjoner viser bra overenstemmelse mellom grid og Hamar IVF, men Lillehammer IVF viser avvikende tendenser for lengre varigheter.

A4.3 Sammenligning av døgnedbør

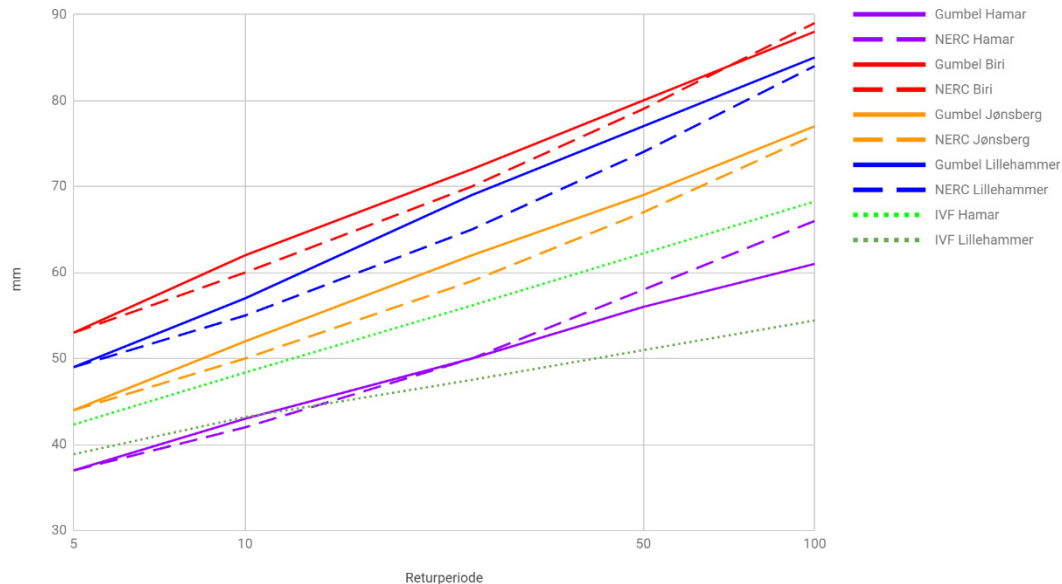
Spørsmålet om IVF kurvene gir et riktig bilde på ekstremnedbøren er vanskelig å besvare entydig. I figur A14 og A15 er en slik sammenligning utført for målestasjoner med døgnedbør i Lillehammer, Fåberg og Sjøa, samt IVF beregningene for Lillehammer og Hamar. Her er det klart at IVF fra Lillehammer viser størst overenstemmelse med døgnobservasjonene, men IVF Lillehammer underestimerer nedbøren, dette kan komme av at Lillehammer har en kortere måleserie. For den søndre delen (figur A15) viser fortsatt Lillehammer en underestimering. Det ser også ut til å være noe mer kraftig nedbør i nordre del av strekningen enn søndre del.

Sammenligning av 24 timer nedbør fra ulike stasjoner og beregninger



Figur A14: Sammenligning av ekstremberegninger på 24 timer for nordre del.

Sammenligning av 24 timer nedbør fra ulike stasjoner og beregninger



Figur A15: Sammenligning av ekstremberegninger på 24 timer for søndre del

A4.4 Klimapåslag

I rapporten “Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge.” er et mer nyansert bilde på klimapåslag en det tidligere på 40% på varigheter under 3 timer presentert.

Tabell A3: Klimapåslag ved ulike varigheter og returperioder.

Varighet	< M50		≥ M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

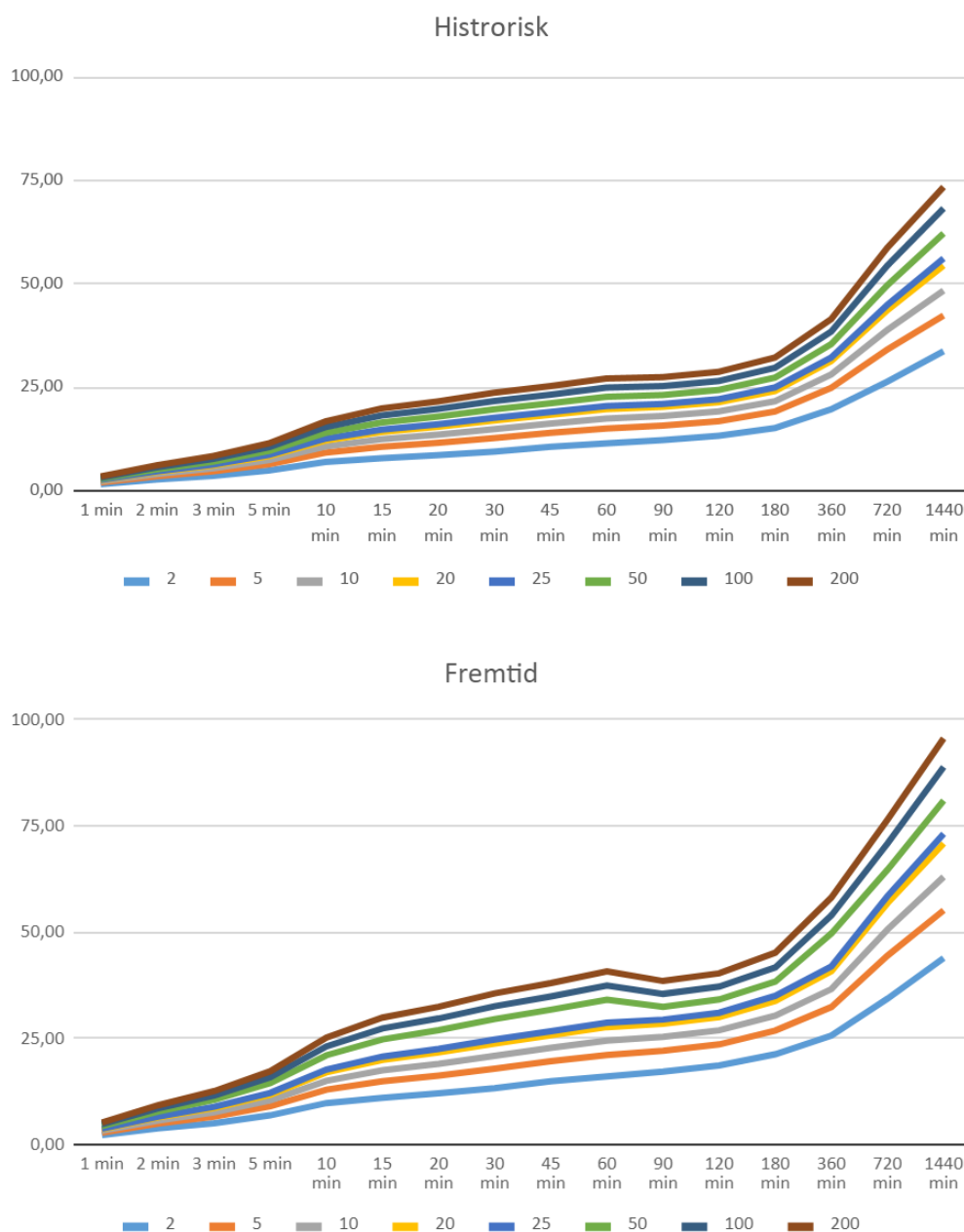
Terskler mellom «Lav M5» (tørre områder) og «Høy M5» (nedbørrike områder) anslås som følger:

- 24-timersnedbør: M5 ≈ 70 mm
- 12-timersnedbør: M5 ≈ 50 mm
- 6-timersnedbør: M5 ≈ 40 mm
- 3-timersnedbør: M5 ≈ 30 mm

Ut fra denne oversikten er “Lav M5” lagt til grunn for beregninger av klimapåslag. Resultatet av dette er lagt ved i et eget regneark.

A4.5 Oppsummering

For beregninger på 24 timer/døgnetbør ser en at IVF kurven fra Hamar gir det beste bildet for store deler av strekningen, selv om det kan se ut som om den kurven også har en tendens til å underestimere. Det er også et signal om at den kraftigste nedbøren kommer i nordenden av Mjøsa, og noe avtagende videre nordover i Gudbrandsdalen.



Figur A16: Fremtidig og historisk IVF kurver for Hamar

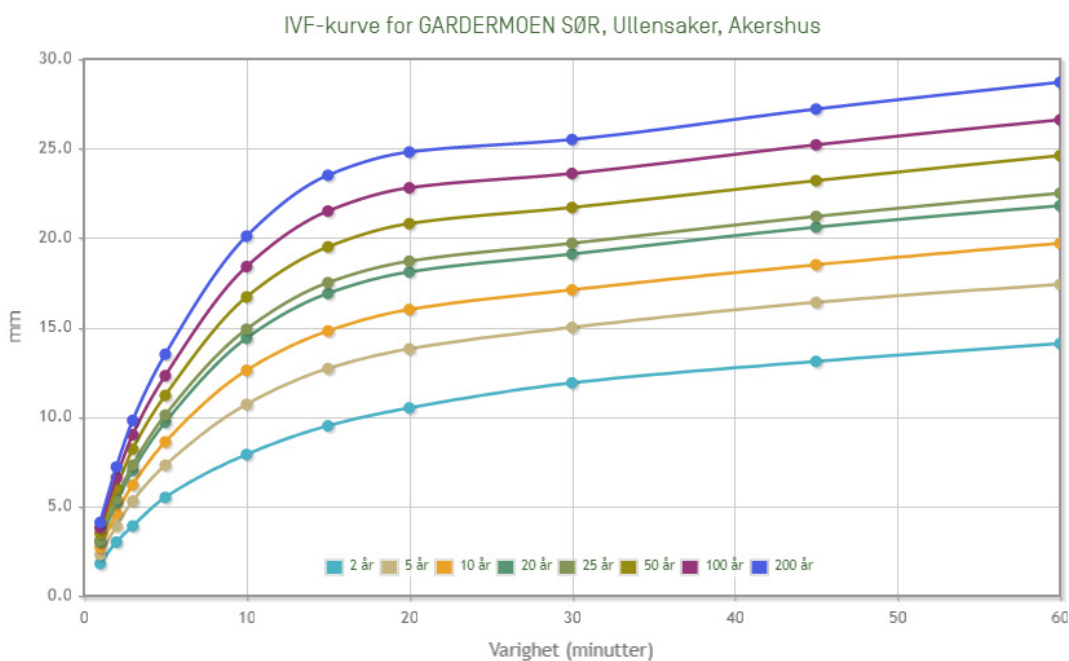
A5 Ekstremnedbør for E16 Kløfta-Kongsvinger

A5.1 Dagens IVF

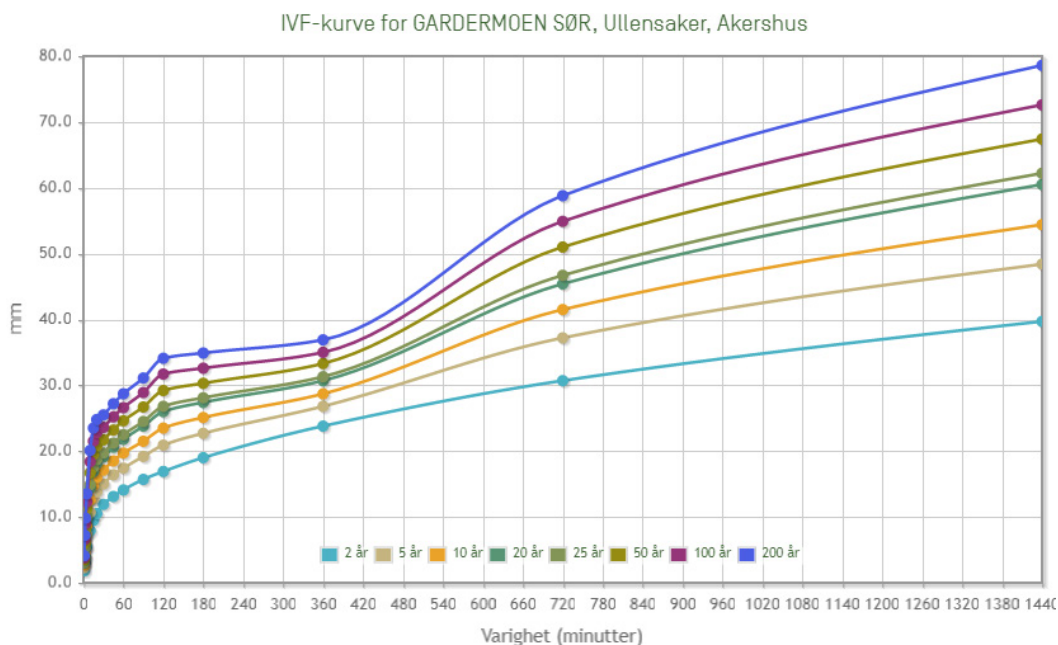
Kartet under viser et utsnitt over det aktuelle området. I dette området er det kun Gardermoen som har relevant IVF beregninger basert på målinger, der var det målinger i perioden 1967 – 2010



Figur A17: Kart over området Kløfta - Kongsvinger



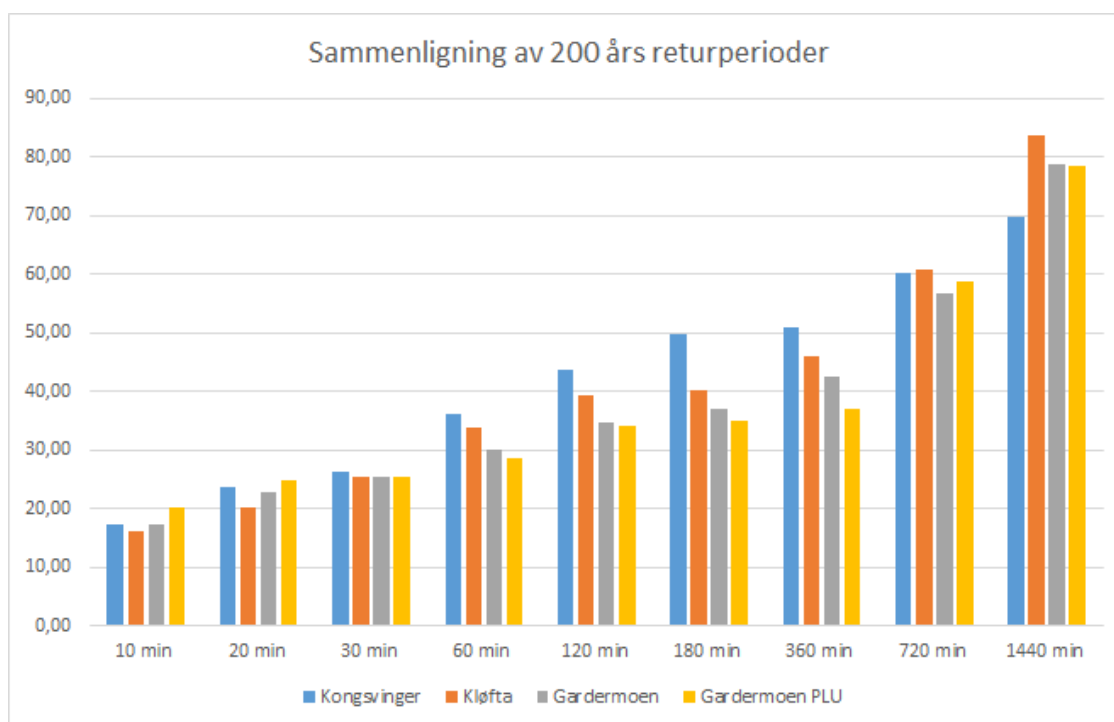
Figur A18: IVF-kurve for Gardermoen for 1 - 60 minutter, hentet klimaservicesenter.no



Figur A19: IVF-kurve for alle varigheter på Gardermoen

A5.2 Vurderinger av variasjoner langs traseen

MET tilbyr IVF kurver basert på 1*1 km grid, disse er ikke egnet for dimensjonering, men brukes her som indikator for variasjonen langs traseen. Punktene Gardermoen, Kløfta og Kongsvinger er hentet ut av tjenesten, og 200 år returperiode sammenlignes. Så lang returperiode benyttes for å trekke frem ulikhetene.

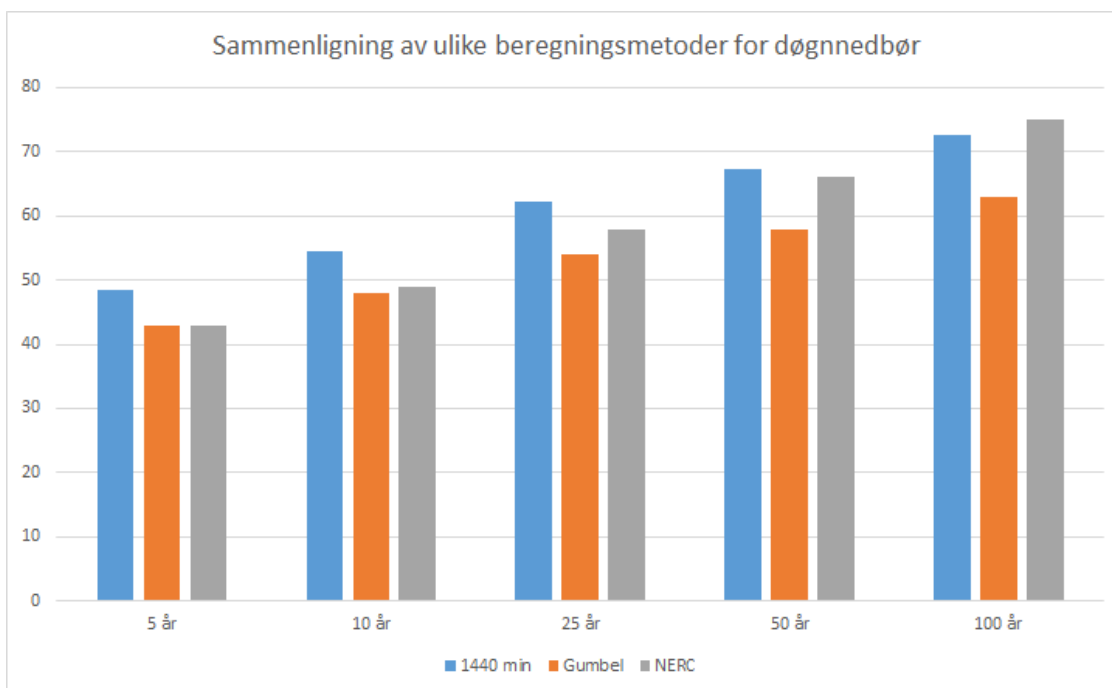


Figur A20: Sammenligning av 200 år returperiode for tre punkter fra grid (Kongsvinger, Kløfta og Gardermoen), og et fra målestasjon (Gardermoen PLU)

Sammenligningen i figur A20 viser at Kongsvinger (blå) skiller seg med mer nedbør for mellomlange varigheter, 1 time til 12 timer, og mindre nedbør på 24 timer.

A5.3 Sammenligning av døgnnedbør

Spørsmålet om IVF kurvene gir et riktig bilde på ekstremnedbøren er vanskelig å besvare entydig. En vurdering kan gjøres på Gardermoen basert på verdiene for 24 timer der ulike datasett kan sammenlignes. (se for øvrig MET rapport 9/2016 <https://www.met.no/publikasjoner/met-report/met-report-2016>). I Figur A21 er en slik sammenligning utført for Gardermoen der tre ulike kombinasjoner av statistisk funksjon og datasett er representert. De blå søylene er fra IVF beregningen for Gardermoen, og den har en tendens til å ha overestimert nedbør for kortere returperioder, mens den er mer på linje med NERC beregningen fra rundt 50 år returperiode. Beregninger basert på Gumbel er systematisk noe lavere enn de andre. Totalt kan en si at IVF beregningen er en akseptabelt god indikator.



Figur A21: sammenligning av ulike returverdier for 24 timer varighet for Gardermoen.

A5.4 Klimapåslag

I rapporten «Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge.» er et mer nyansert bilde på klimapåslag en det tidligere på 40% på varigheter under 3 timer presentert.

Tabell A4: Klimapåslag ved ulike varigheter og returperioder.

Varighet	< M50		≥ M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

Terskler mellom «Lav M5» (tørre områder) og «Høy M5» (nedbørrike områder) anslås som følger:

- 24-timersnedbør: M5 ≈ 70 mm
- 12-timersnedbør: M5 ≈ 50 mm
- 6-timersnedbør: M5 ≈ 40 mm
- 3-timersnedbør: M5 ≈ 30 mm

Ut fra denne oversikten kommer Gardermoen i kategorien “Lav M5”. Resultatet av dette er lagt ved i et eget regneark.

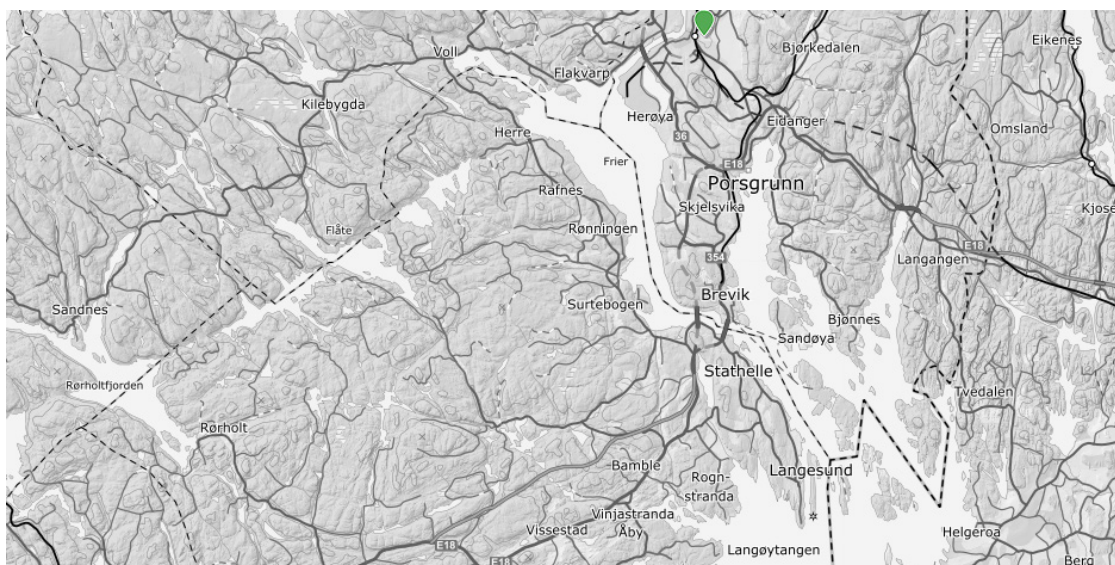
A5.5 Oppsummering

Gardermoen er en brukbar indikator for ekstremnedbør i området som omfatter strekningen Kløfta - Kongsvinger, med et forbehold om at Gardermoen kan underestimere ekstremnedbør for 1 - 12 timer varighet i den østlige delen av strekningen. Det er utført beregninger av ny IVF med klimapåslag i eget regneark. En utfordring her er at uttrekket fra grid indikerer at for mellomlange varigheter 3-6 timer er forskjellen Gardermoen Kongsvinger i samme størrelsesorden som klimapåslaget.

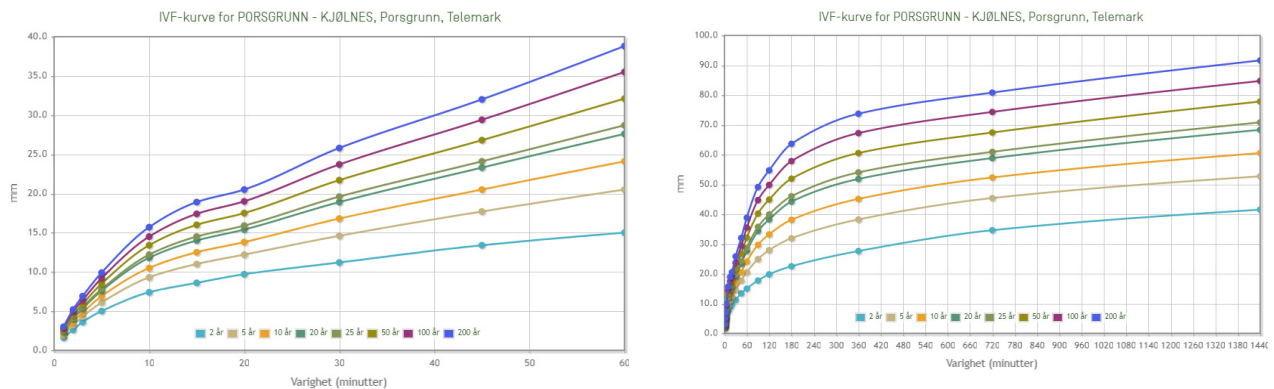
A6 Ekstremnedbør for E18 Langangen-Dørdal

A6.1 Dagens IVF

Kartet under viser et utsnitt over det aktuelle området. I dette området er den mest aktuelle målestasjonen Porsgrunn som har relevant IVF beregninger med observasjoner i perioden 1973 - 2019 (ikke komplett sammenhengende serie)



Figur A22: Kart over aktuelle målestasjoner med beregnede IVF kurver

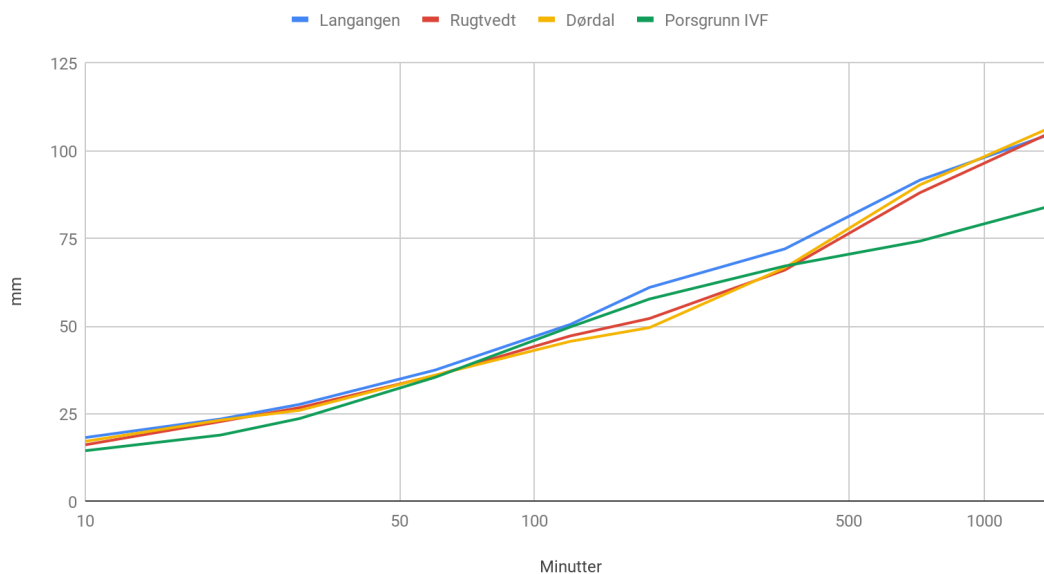


Figur A23: IVF kurve for inntil 1 time og alle varigheter for Porsgrunn

A6.2 Vurderinger av variasjoner langs traseen

MET tilbyr IVF kurver basert på 1*1 km grid, disse er ikke egnet for dimensjonering, men brukes her som indikator for variasjonen langs traseen. Punktene Tvedestrand, Arendal og Grimstad er hentet ut av tjenesten, og 100 år returperiode sammenlignes. Så lang returperiode benyttes for å trekke frem ulikhetene.

Sammenligning av 100 år returperiode for ulike punkt fra Grid og observasjoner



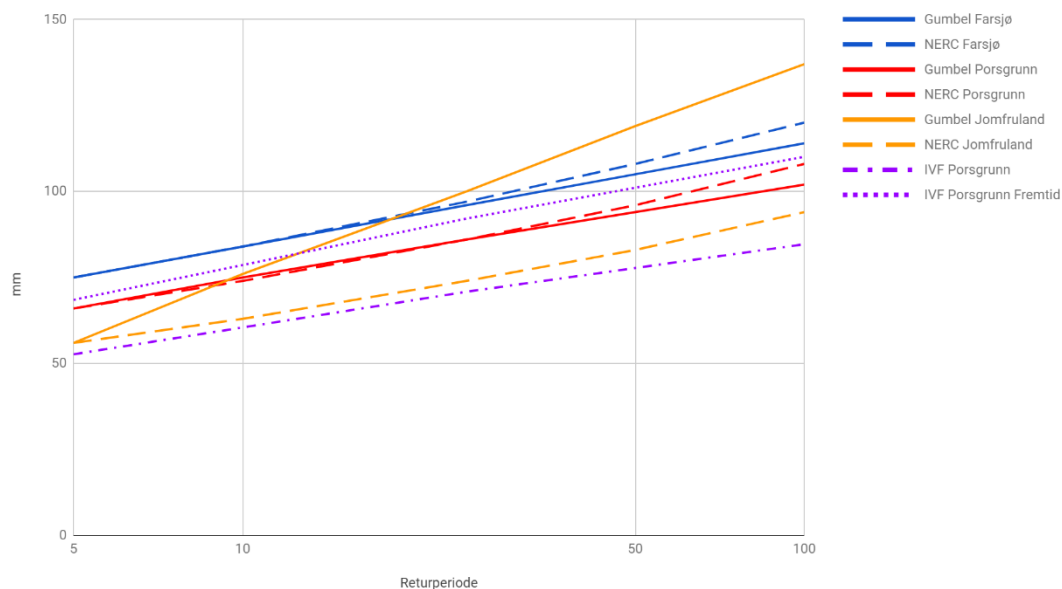
Figur A24: Sammenligning av 100 år returperiode for tre punkter fra grid (Langangen, Rugtvedt og Dørdal), og fra Porsgrunn IVF

Sammenligning av resultater fra grid og målestasjoner viser stor grad av orenstemmelse mellom disse, og ingen regionale signaturer, dette skyldes nok at det er relativt korte avstander.

A6.3 Sammenligning av døgnedbør

Spørsmålet om IVF kurvene gir et riktig bilde på ekstremnedbøren er vanskelig å besvare entydig. I Figur A25 er en slik sammenligning utført for målestasjoner med døgnedbør i Farsjø, Porsgrunn og Jomfruland, samt IVF beregningene for Porsgrunn. IVF for Porsgrunn er signifikant lavere enn tilsvarende basert på døgnerverdier, faktisk er ulikheten i samme størrelsesorden som klimapåslaget (IVF Porsgrunn Fremtid). Jomfruland avviker også så mye fra de andre at den ikke gir mye informasjon. Det er et svakt geografisk signal på kraftigere byger innenlands, noe som sammenfaller med forventninger og resultatene i Arendal

Sammenligning av 24 timer nedbør fra ulike stasjoner og beregninger



Figur A25: Sammenligning av ekstremberegninger på 24 timer.

A6.4 Klimapåslag

I rapporten “Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge.” er et mer nyansert bilde på klimapåslag en det tidligere på 40% på varigheter under 3 timer presentert.

Tabell A5: Klimapåslag ved ulike varigheter og returperioder.

Varighet	< M50		≥ M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

Terskler mellom «Lav M5» (tørre områder) og «Høy M5» (nedbørrike områder) anslås som følger:

- 24-timersnedbør: M5 ≈ 70 mm
- 12-timersnedbør: M5 ≈ 50 mm
- 6-timersnedbør: M5 ≈ 40 mm
- 3-timersnedbør: M5 ≈ 30 mm

Ut fra denne oversikten er “Lav M5” lagt til grunn for beregninger av klimapåslag. Resultatet av dette er lagt ved i et eget regneark.

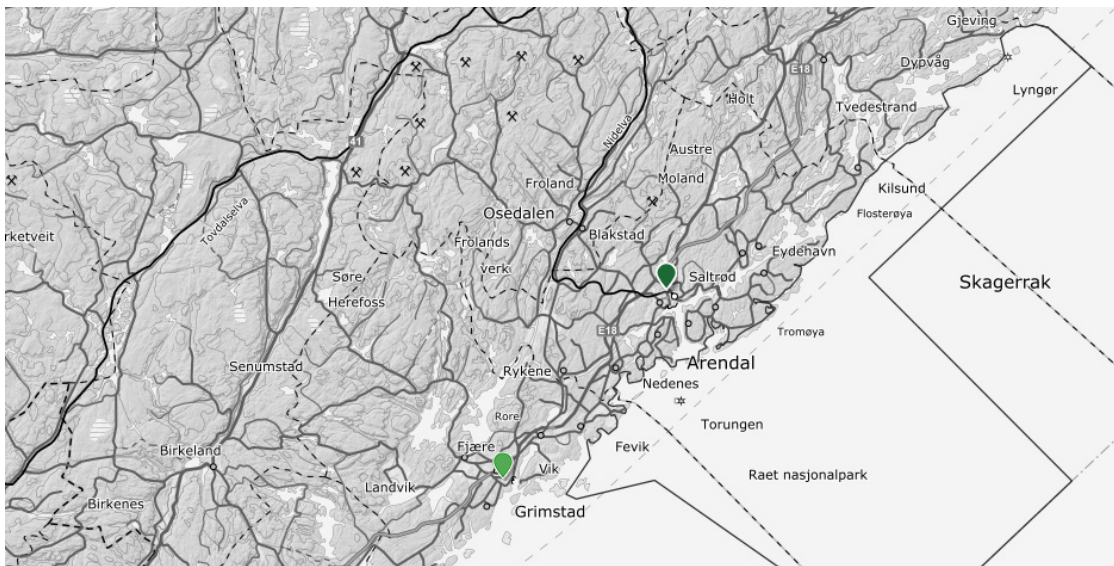
A6.5 Oppsummering

For beregninger på 24 timer/døgnnedbør ser en at IVF kurven fra Porsgrunn trolig underestimerer ekstremnedbøren med ca 30%. det er allikevel valgt å legge ved IVF og potensiell fremtidig IVF kurve for Porsgrunn. Sammenlignet med kurvene rundt Arendal er det også klart at Porsgrunn er betydelig lavere (ca 50%).

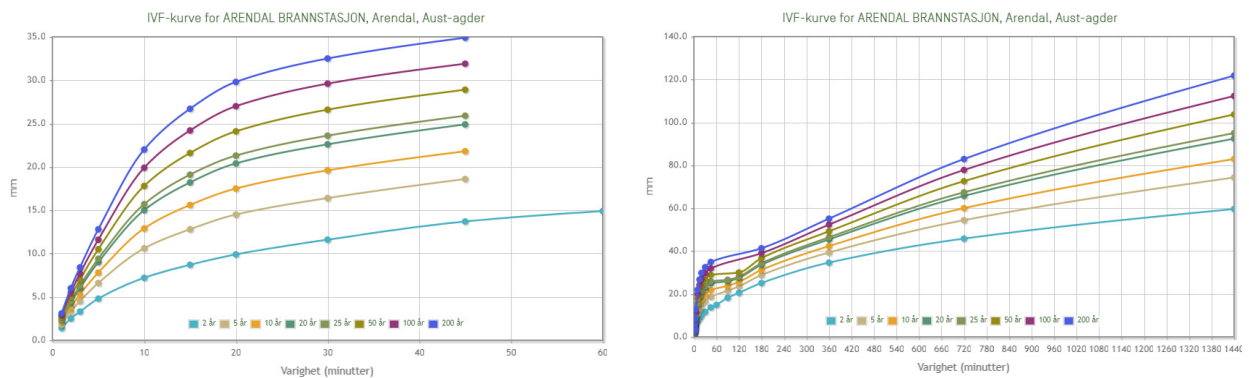
A7 Ekstremnedbør for E18 Tvedestrand-Grimstad

A7.1 Dagens IVF

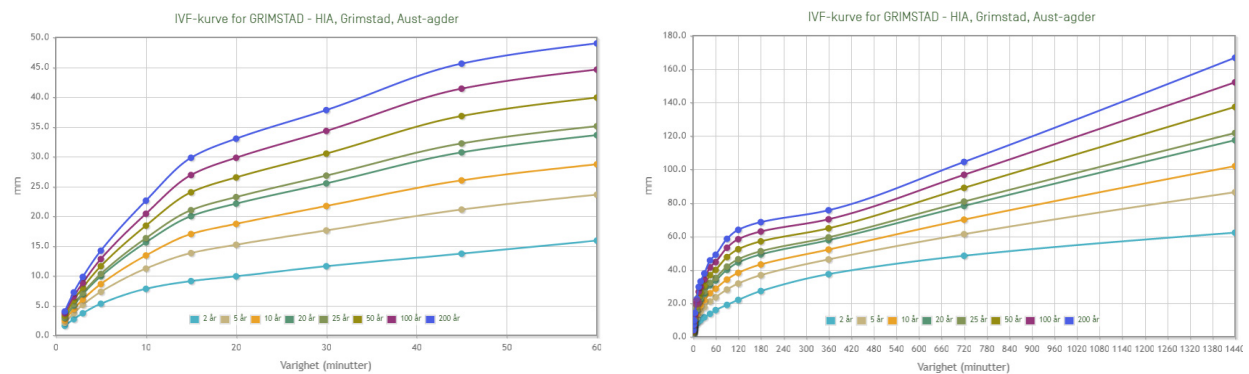
Kartet under viser et utsnitt over det aktuelle området. I dette området er det to aktuelle målestasjoner Arendal og Grimstad som har relevant IVF beregninger med observasjoner i henholdsvis 1967-1996 og 1974-1997.



Figur A26: Kart over aktuelle målestasjoner med beregnede IVF kurver



Figur A27: IVF kurve for inntil 1 time og alle varigheter for Arendal

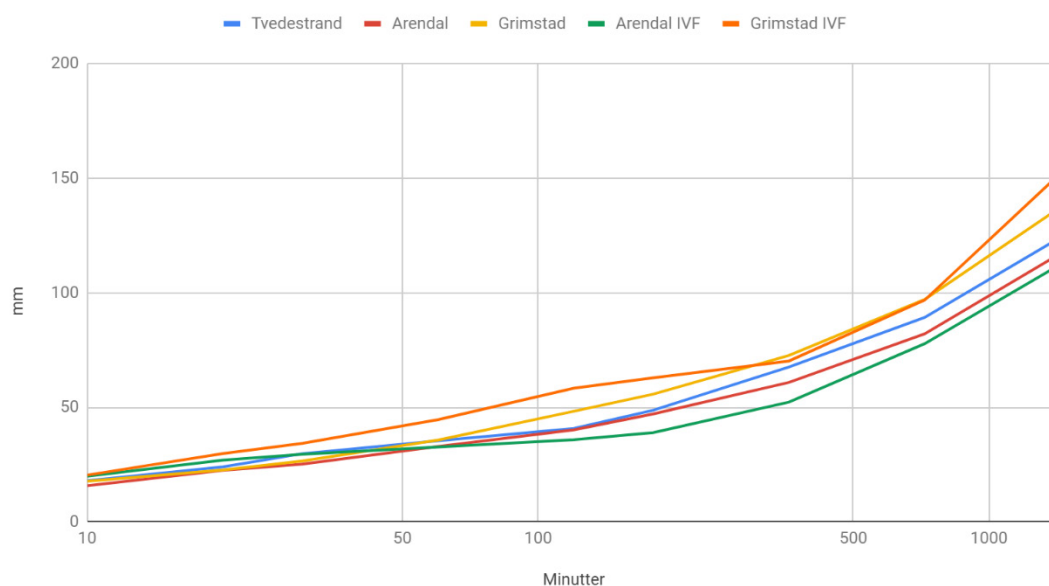


Figur A28: IVF kurve for inntil 1 time og alle varigheter for Grimstad

A7.2 Vurderinger av variasjoner langs traseen

MET tilbyr IVF kurver basert på 1*1 km grid, disse er ikke egnet for dimensjonering, men brukes her som indikator for variasjonen langs traseen. Punktene Tvedestrand, Arendal og Grimstad er hentet ut av tjenesten, og 100 år returperiode sammenlignes. Så lang returperiode benyttes for å trekke frem ulikhetene.

Sammenligning av 100 år returperiode for ulike punkt fra Grid og fra observasjoner



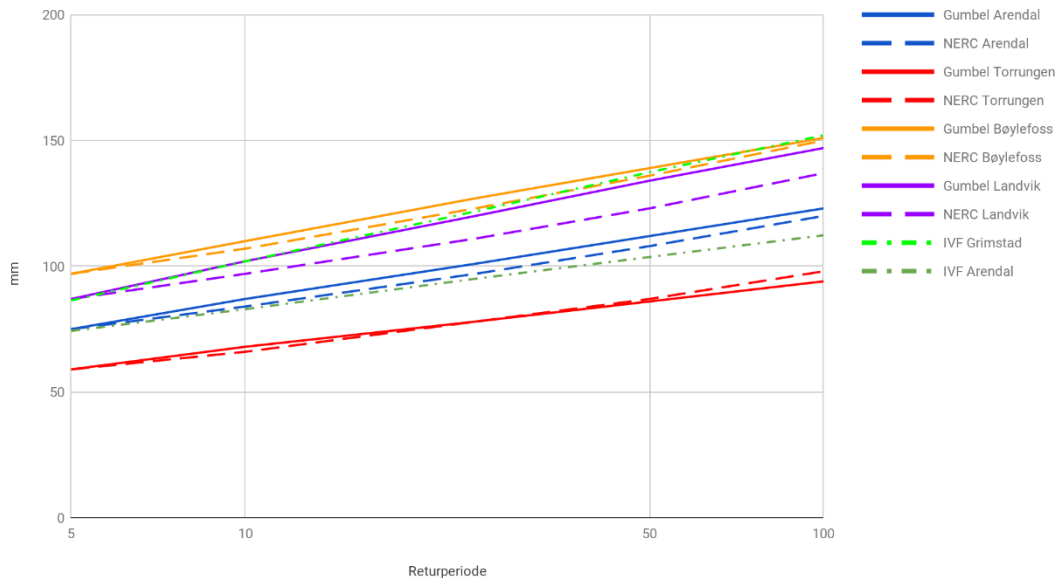
Figur A29: Sammenligning av 100 år returperiode for tre punkter fra grid (Tvedestrand, Arendal og Grimstad), og fra to målestasjoner (Arendal IVF og Grimstad IVF)

Sammenligning av resultater fra grid og målestasjoner viser stor grad av overenstemmelse mellom disse. Ut fra dette er kan det se ut som om ekstrembygene er noe kraftigere i vestre ende og inn i landet enn ut mot kysten som f.eks. Arendal

A7.3 Sammenligning av døgnetbør

Spørsmålet om IVF kurvene gir et riktig bilde på ekstremnedbøren er vanskelig å besvare entydig. I Figur A30 er en slik sammenligning utført for målestasjoner med døgnetbør i Arendal, Torrungen, Bøylefoss og Landvik, samt IVF beregningene for Arendal og Grimstad. IVF for Arendal sammenfaller godt med beregninger basert på døgnerverdier i Arendal. Tilsvarende er det en brukbar sammenheng mellom beregningene for Landvik og Grimstad. en ser også at Torrungen har betydelig lavere ekstremverdier, noe en også kan forvente med en såpass marint preget stasjon.

Sammenligning av 24 timer nedbør fra ulike stasjoner og beregninger



Figur A30: Sammenligning av ekstremberegninger på 24 timer.

A7.4 Klimapåslag

I rapporten “Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge.” er et mer nyansert bilde på klimapåslag en det tidligere på 40% på varigheter under 3 timer presentert.

Tabell A6: Klimapåslag ved ulike varigheter og returperioder.

Varighet	< M50		≥ M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

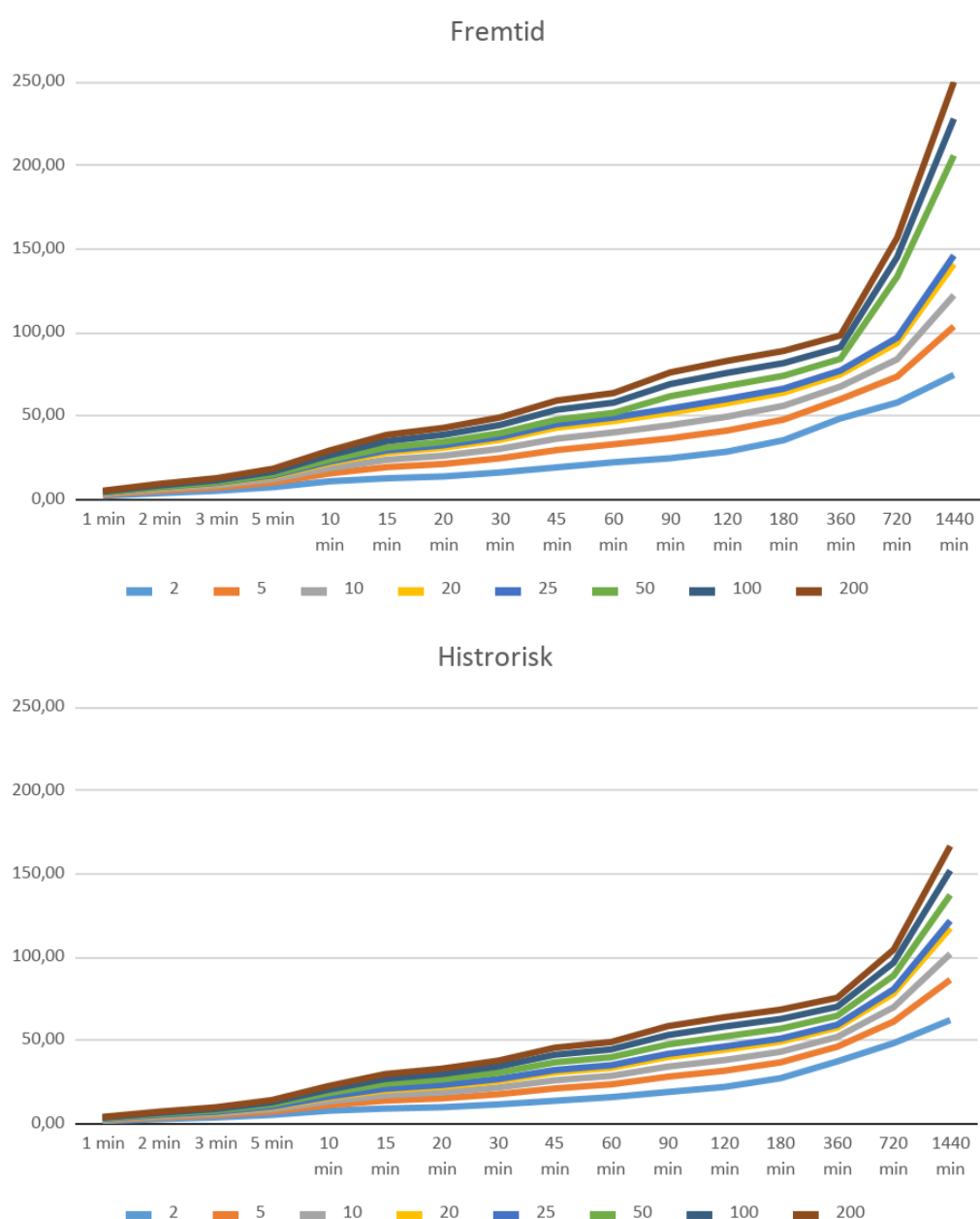
Terskler mellom «Lav M5» (tørre områder) og «Høy M5» (nedbørrike områder) anslås som følger:

- 24-timersnedbør: M5 ≈ 70 mm
- 12-timersnedbør: M5 ≈ 50 mm
- 6-timersnedbør: M5 ≈ 40 mm
- 3-timersnedbør: M5 ≈ 30 mm

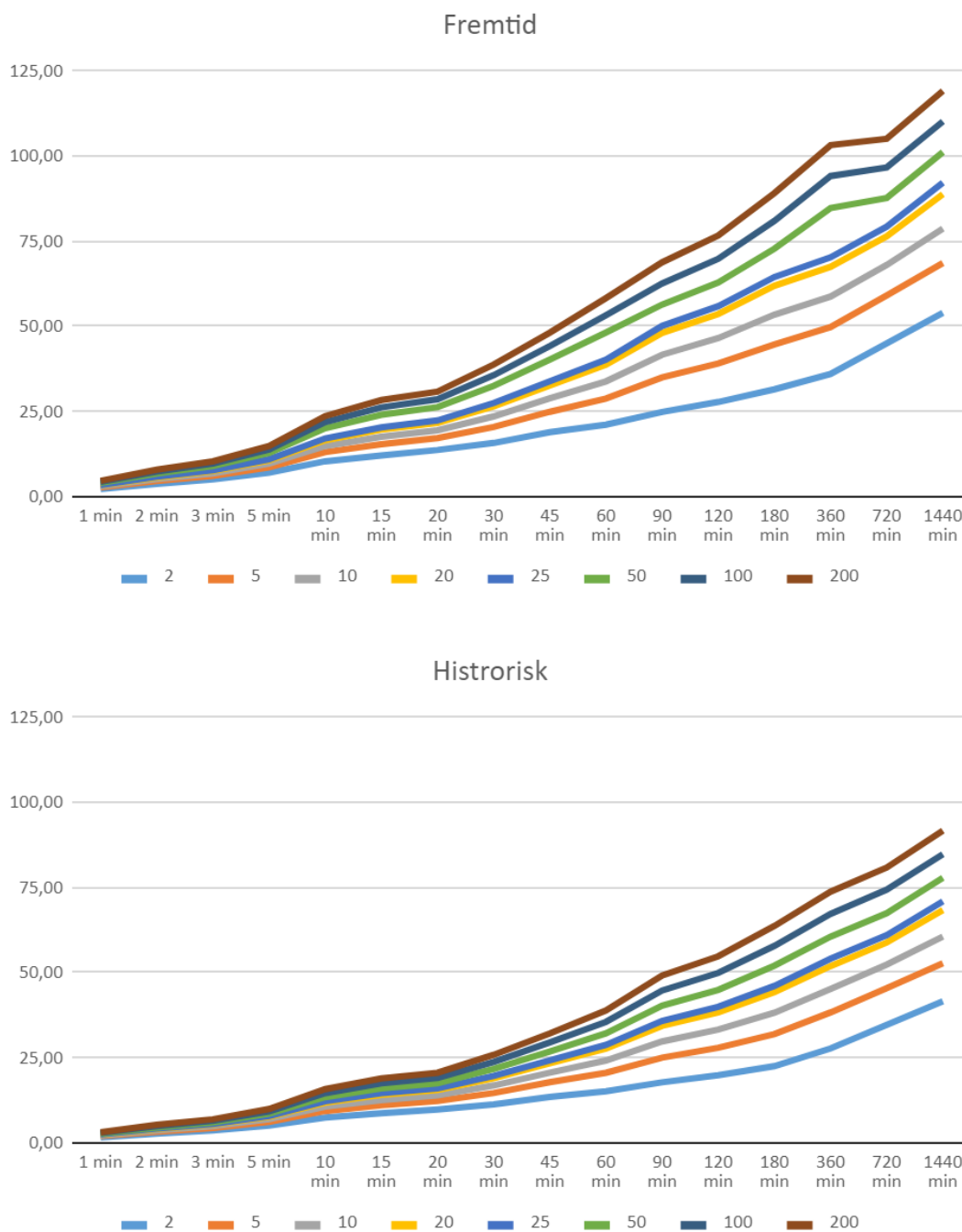
Ut fra denne oversikten er “Høy M5” lagt til grunn for beregninger av klimapåslag. Resultatet av dette er lagt ved i et eget regneark.

A7.5 Oppsummering

IVF kurvene for Arendal og Grimstad er en brukbar indikator for ekstremnedbør i området som omfatter strekningen. Analyse av datasettene viser, ikke overraskende, en klar kyst-innland kontrast med økende ekstreme byger i innlandet. Denne grensen mellom innland og kyst vil variere med lokal topografi, og det anbefales å legge IVF for Grimstad til grunn for beregninger langs strekningen.



Figur A31: Fremtidig og historisk IVF kurver for Grimstad



Figur A32: Fremtidig og historisk IVF kurver for Porsgrunn

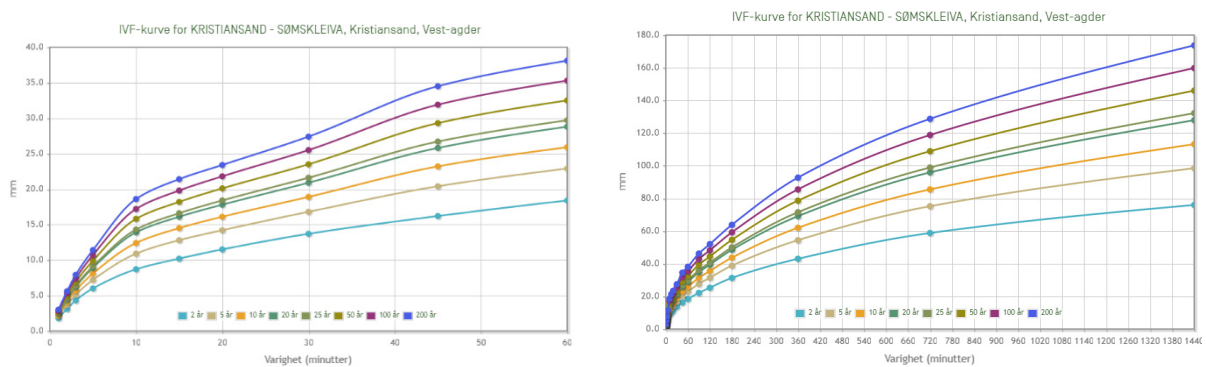
A8 Ekstremnedbør for E39 Kristiansand-Ålgård

A8.1 Dagens IVF

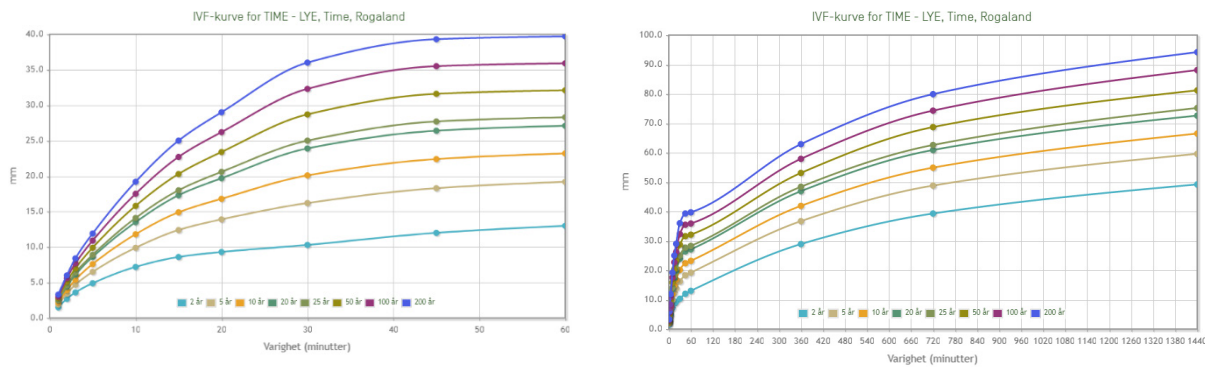
Kartet under viser et utsnitt over det aktuelle området. I dette området er det tre aktuelle stasjoner, og det er valgt å jobbe videre med Kristiansand (1968 - 2019) og Time (1974 - 2019)



Figur A33: Kart over aktuelle målestasjoner med beregnede IVF kurver



Figur A34: IVF kurve for inntil 1 time og alle varigheter for Kristiansand

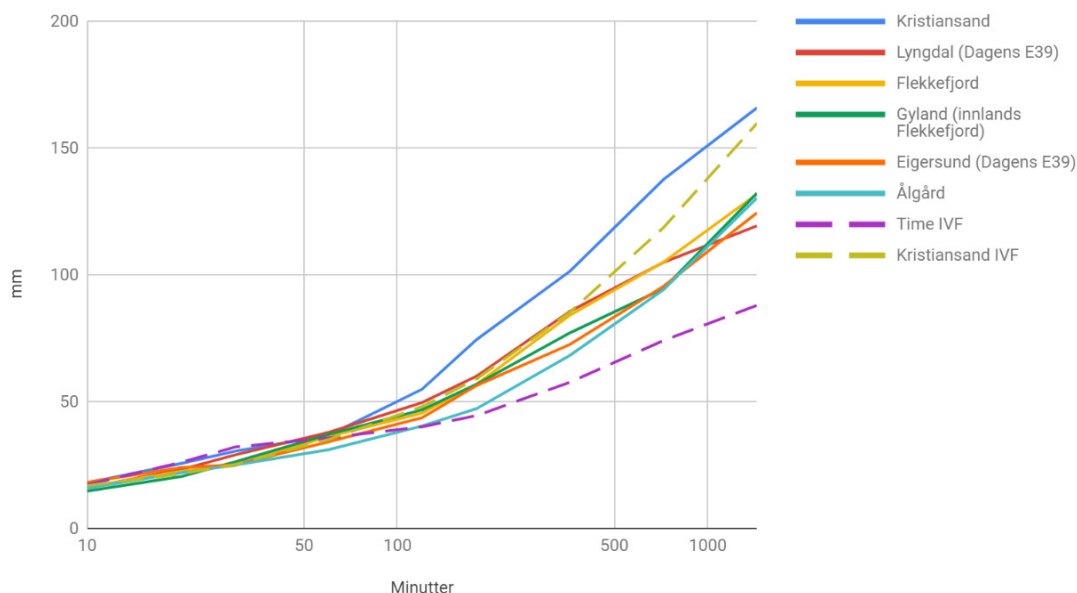


Figur A35: IVF kurve for inntil 1 time og alle varigheter for Time

A8.2 Vurderinger av variasjoner langs traseen

MET tilbyr IVF kurver basert på 1*1 km grid, disse er ikke egnet for dimensjonering, men brukes her som indikator for variasjonen langs traseen. Punktene (Kristiansand, Lyngdal, Flekkefjord, Gyland, Eigersund og Ålgård er hentet ut av tjenesten, og 100 år returperiode fra IVF På Time og Kristiansand) sammenlignes. Så lang returperiode benyttes for å trekke frem ulikhetene.

Sammenligning av 100 år returperiode for ulike punkt fra grid og observasjoner



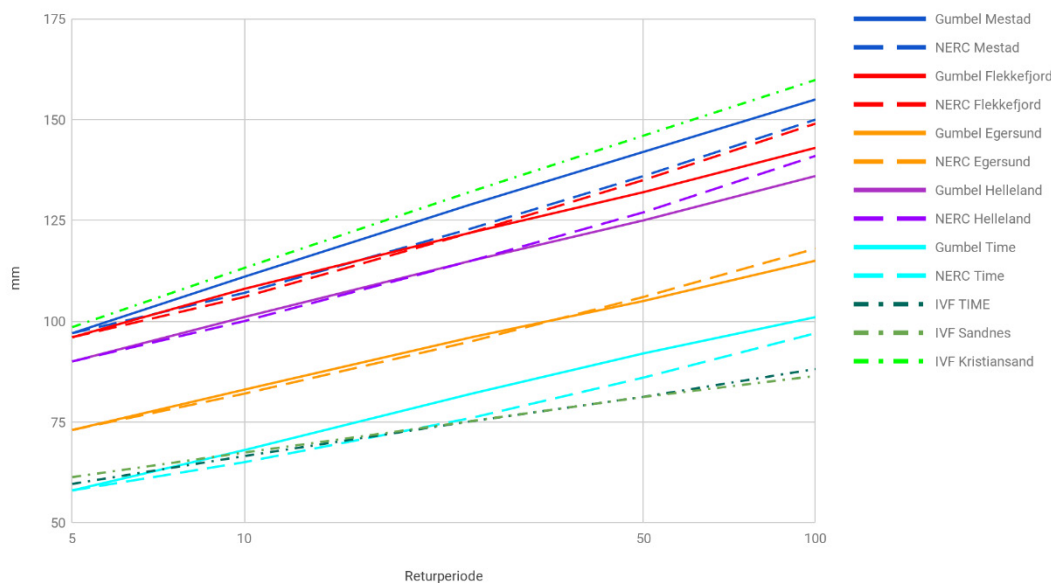
Figur A36: Sammenligning av 100 år returperiode for punkter fra grid (Kristiansand, Lyngdal, Flekkefjord, Gyland, Eigersund, Ålgård), og fra Kristiansand IVF og Time IVF

For kortere varigheter er det liten forskjell på de ulike beregningene, mens det på lengre varigheter er klare forskjeller. Time IVF viser klart lavere ekstremnedbør for varigheter over 2 timer.

A8.3 Sammenligning av døggnedbør

Spørsmålet om IVF kurvene gir et riktig bilde på ekstremnedbøren er vanskelig å besvare entydig. I Figur A37 er en slik sammenligning utført for målestasjoner med døggnedbør i Mestad, Flekkefjord, Egersund, Helleland og Time, samt IVF beregningene for Kristiansand, Sandnes og Time. Her er det en klar tendens til at ekstremnedbøren er mer ekstrem i østlige deler av området, og mindre ekstrem mot kysten og vest. Dette er tydelig både i IVF kurvene der kurvene for Sandnes og Time i praksis er overlappende, mens IVF for Kristiansand er betydelig kraftigere. Tilsvarende mønstre finner en i tallene hentet ut fra døgnobservasjonene.

Sammenligning av 24 timer nedbør fra ulike stasjoner og beregninger



Figur A37: Sammenligning av ekstremberegninger på 24 timer.

A8.4 Klimapåslag

I rapporten “Klimapåslag for korttidsnedbør - Anbefalte verdier for Norge.” er et mer nyansert bilde på klimapåslag en det tidligere på 40% på varigheter under 3 timer presentert.

Tabell A7: Klimapåslag ved ulike varigheter og returperioder.

Varighet	< M50		≥ M50	
	Lav M5	Høy M5	Lav M5	Høy M5
≤ 1 time	40	40	50	50
2 – 3 timer	40	30	40	30
4 – 6 timer	30	30	40	30
7 – 24 timer	30	20	30	30

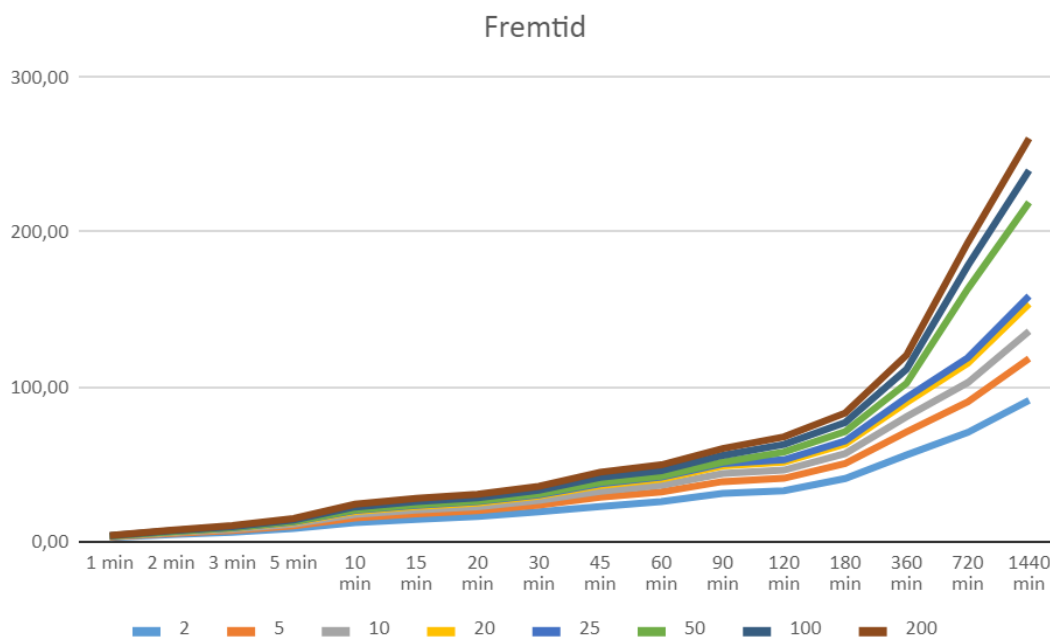
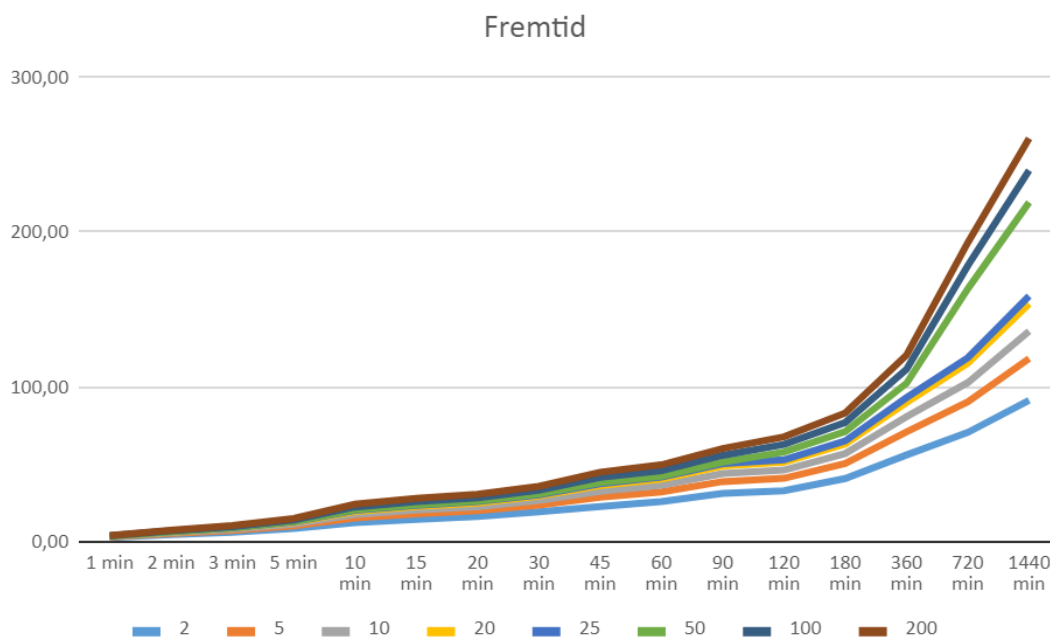
Terskler mellom «Lav M5» (tørre områder) og «Høy M5» (nedbørrike områder) anslås som følger:

- 24-timersnedbør: M5 ≈ 70 mm
- 12-timersnedbør: M5 ≈ 50 mm
- 6-timersnedbør: M5 ≈ 40 mm
- 3-timersnedbør: M5 ≈ 30 mm

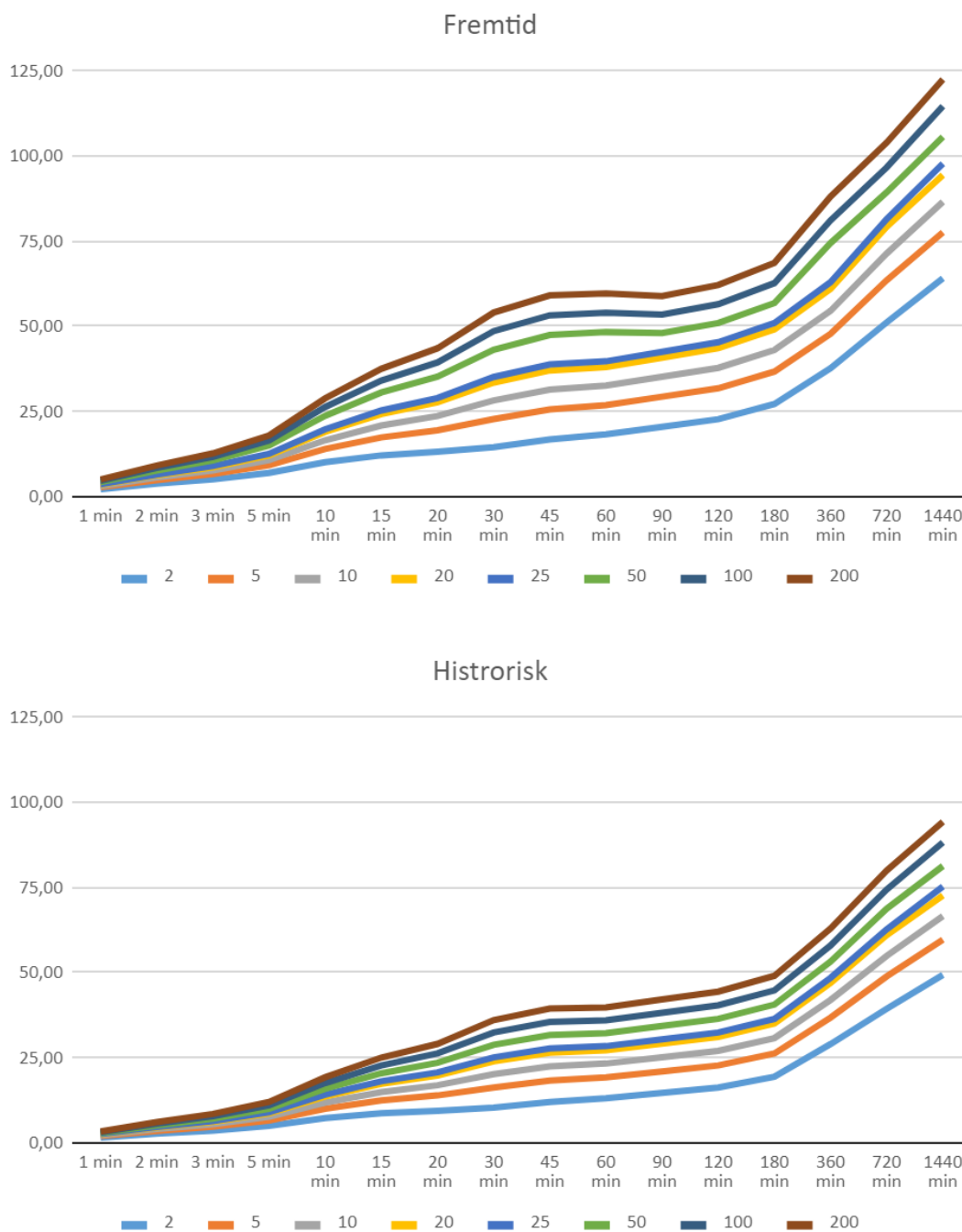
Ut fra denne oversikten er “Høy M5” lagt til grunn for beregninger av klimapåslag i Kristiansand, og “Lav M5” for Time. Resultatet av dette er lagt ved i et eget regneark.

A8.5 Oppsummering

For beregninger på 24 timer/døgnsnedbør ser en at IVF kurven fra Kristiansand gir det beste bildet i østlig del, mens i vestlige områder gir Time et bedre bilde. Føre var prinsippet tilsier at en bør benytte et høyt anslag, så antydningvis bør IVF fra Kristiansand benyttes øst for Flekkefjord, og Time vest/nord for Egersund. Området mellom Flekkefjord og Egersund bør begge vurderes.



Figur A38: Fremtidig og historisk IVF kurver for Kristiansand



Figur A39: Fremtidig og historisk IVF kurver for Time

Vedlegg B

DEL 1 GIS-VERKTØY; BRUKERMANUAL

Innhold

B1 Innledning	2
B2 Veiledning for bruk	2
B2.1 Naturfareanalyse	2
B2.2 Traséstatistikk	4
B2.3 Katalogstruktur	5
B2.4 Loggfil	5
B2.5 Avanserte innstillinger	5

B1 Innledning

Dette dokumentet er en veiledning for bruk av analyseverktøy for naturfarer i Nye veier. Verktøyet er implementert i ArcGIS Pro med et enkelt brukergrensesnitt, og er klar for bruk. Alle datasett som brukes under analysen er allerede lagt inn i systemet, og inkluderer hele Norge (unntatt Svalbard).

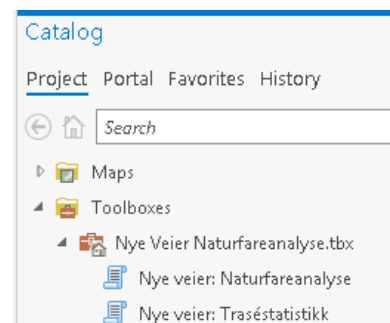
Veiledningen inneholder også en oversikt over katalogstrukturen for installasjonen, samt systemkrav for programvare og maskinvare.


B2 Veiledning for bruk

Verktøyene er tilgjengelig i ArcGIS Pro i en "toolbox" med navn *Nye veier Naturfareanalyse.tbx*.

Det er to verktøy tilgjengelig; et for å kjøre selve analysen og et for å hente ut statistikk fra analysen langs en selvvalgt trasé.

For å åpne dialogboksen for et verktøy dobbeltklikker man på dette.



Begge verktøyene har innebygget hjelpetekst, for å se disse beveger man markøren over de blå spørsmålstegnene .

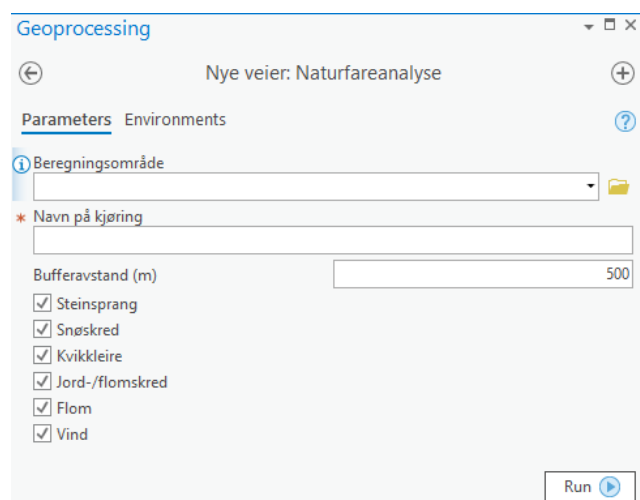
B2.1 Naturfareanalyse

Verktøyet har tre parametere som brukeren vanligvis trenger å forholde seg til:

Beregningsområde: Dette er en peker til et kartlag med polygoner, og man velger det kartlaget som inneholder området man vil utføre en naturfareanalyse på.

Det er kun mulig å analysere ett polygon for hver kjøring, og dersom kartlaget inneholder flere polygoner, så må det aktuelle polygonet være utvalgt på forhånd.

Navn på kjøring: Et beskrivende navn på analysen. Dette vil bli brukt som navn på katalog med analyseresultater, samt på kartlaget med resultater som blir lagt til under analysen. Navnet kan inkludere mellomrom, mens æ, ø og å blir endret til 'ae', 'oe' og 'a' når resultat katalogen opprettes.



Bufferavstand: Avhengig av topografien i beregningsområdet, kan det være aktuelt å utvide arealet det utføres analyse for. Årsaken til dette er for å fange opp utløsningsområder for snøskred og steinsprang utenfor beregningsområdet, som potensielt kan ha utløp innenfor beregningsområdet.

Dersom beregningsområdet allerede er laget med tanke på dette, kan bufferavstanden settes til 0.

Når disse parameterne er satt, kan analysen startes ved å klikke på **Run** nederst til høyre i dialogboksen.

For å kunne følge med på progresjonen til analysen, kan man eventuelt klikke på **View Details** nederst til høyre i dialogboksen.

Når verktøyet er ferdig, vil resultatet fra analysen bli lagt til som nye kartlag. Disse legges automatisk til i gruppelaget **Resultater**, og blir samlet i et nytt gruppelag med navnet som ble valgt når analysen ble startet.

Kartlagene som blir lagt til presenterer analysene med ulike fokus, og kan inndeles i 3 varianter (ovenfra og ned):

1. **Analyseområdet**, inkludert bufferavstanden angitt som parameter
2. Ulike **aggregerte** visninger, hvor alle faretypene er representert.
3. Hver av de 6 ulike faretypene vist enkeltvis.
 Dersom en eller flere av faretypene mangler, er det fordi disse ikke ble funnet innenfor beregningsområdet.



De ulike aggregerte kartlagene er symbolisert slik:

- **Fareklasser summert**
 Her er polygonene klassifisert ved å summere fareklassene for alle faretypene innenfor hvert polygon
- **Høyeste fareklasse**
 Her er polygonene symbolisert etter den høyeste fareklassen uansett faretype innenfor hvert polygon
- **Aggregert fareklasse**
 Her er polygonene klassifisert (1-5) etter de to faktorene ovenfor, på følgende vis:

Høyeste fareklasse	Fareklasser summert	Aggregert fareklasse
0	0	1
1	1-6	2
2	2-5	3
2	6-7	4
2	8-12	5
3	3-7	4
3	8-18	5

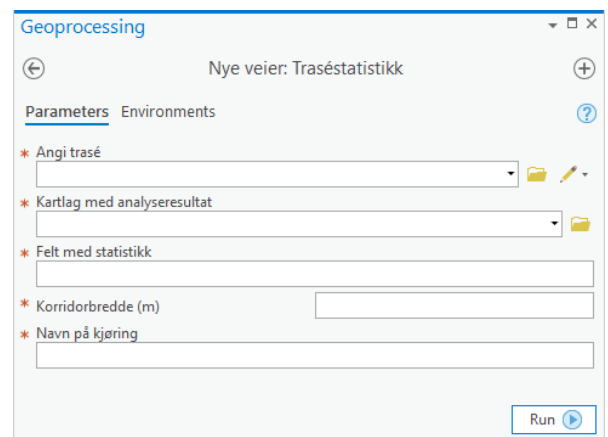
- **Antall faretyper**
 Her er polygonene symbolisert etter antall ulike faretyper innenfor hvert polygon

B2.2 Traséstatistikk

Dette verktøyet henter ut statistikk fra en allerede utført naturfareanalyse.

Statistikken beregnes med en angitt bredde langs en trasé i et eksisterende kartlag, eller som digitaliseres direkte.

Angi trasé: Her velger man enten blyanten og digitaliserer en linje i kartet, eller man velger et kartlag med aktuell trasé. Dersom kartlaget inneholder flere traséer, må den aktuelle være utvalgt på forhånd.



Kartlag med analyseresultat: Her velger man et kartlag med resultat fra en naturfareanalyse som er kjørt for aktuelt område. Dette kan være en enkelt faretype (*Snøskred fareklasse, Steinsprang fareklasse, ...*) eller et aggregert/summert kartlag (*Aggregert fareklasse, Fareklasser summert, ...*).

Felt med statistikk: Dette er en nedtrekksmeny med tilgjengelige egenskaper fra det valgte kartlaget. Her spesifiserer man hva man vil vise statistikk for. Dette kan være samlet fareklasse eller en spesifikk type naturfare.

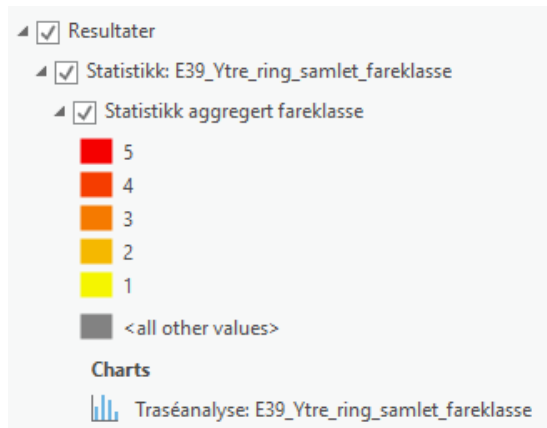
Korridorbredde: Statistikk blir beregnet for en korridor langs traséen. Her angir man total bredde for denne korridoren.

Navn på kjøring: Dette er et valgfritt navn for analysen. Det vil være navnet på kartlaget med statistikk som blir lagt til.

Når verktøyet er kjørt ferdig, vil resultatet blir lagt til som et kartlag med som viser data innenfor korridoren i kartet, samt en graf med statistikk.

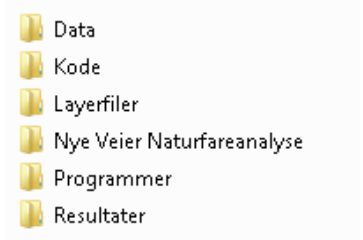
Hvis man dobbeltklikker på grafsymbolet, vil fordelingen av fareklasser innenfor korridoren bli vist.

Den viser foreløpig ikke hvor stor andel av hele korridorens areal dette utgjør.



B2.3 Katalogstruktur

Installasjonen består av en trestruktur med 6 kataloger, og det er bare katalogen **Resultater** som kan være av interesse for en bruker av verktøyet:



- **Data** Alt av data som inngår i analysene
- **Kode** Alle python-script som kjøres under analysene
- **Layerfiler** Filer med symbolisering av kartlag
- **Nye Veier Naturfareanalyse** Prosjektfil for ArcGIS Pro, toolbox med analyseverktøyet
- **Programmer** Program for steinspranganalyse (**RockyFor3D**)
- **Resultater** Katalog hvor resultat fra alle kjøring plasseres. Det opprettes én underkatalog for hver kjøring, med det navnet som blir gitt i brukergrensesnittet.

B2.4 Loggfil

I resultatkatalogen for hver kjøring lagres det en loggfil som beskriver fremdriften under kjøringen, samt eventuelle feilmeldinger dersom noe ikke fungerer som det skal.

Et eksempel kan være ...**Resultater**\E6_Vuddudalen**Loggfil_E6_Vuddudalen.txt**

B2.5 Avanserte innstillinger

Dette er beregnet på systemadministrator, og er ikke ment for den enkelte bruker.

Alle innstillinger som ikke er vist i dialogene, er konfigurert i en enkelt fil.

Denne kan man finne her: **C:\Naturfareanalyser\Kode\Innstillinger.py**

Filen inneholder mange parametere for konfigurering av verktøyet, men det er kun de to øverste det er aktuelt å justere for å tilpasse installasjonen:

- **homeDir** Dette er rotkatalogen for installasjonen, og må justeres før verktøyene kan kjøres

- *debug* Denne settes til ***True*** for å få med mer informasjon i loggfilen, ellers ***False***

Dokumentinformasjon/Document information		
Dokumenttittel/Document title Metodikk for risiko- og sårbarhetsanalyse for naturfare i tidlig planfase		Dokumentnr./Document no. 20180631-01-R
Dokumenttype/Type of document Rapport / Report	Oppdragsgiver/Client Nye Veier AS	Dato/Date 2020-03-05
Rettigheter til dokumentet iht kontrakt/ Proprietary rights to the document according to contract NGI		Rev.nr.&dato/Rev.no.&date 0 /
Distribusjon/Distribution BEGRENSET: Distribueres til oppdragsgiver og er tilgjengelig for NGIs ansatte / LIMITED: Distributed to client and available for NGI employees		
Emneord/Keywords Naturfare, risiko, sårbarhet, vei, skred, flom		

Stedfesting/Geographical information	
Land, fylke/Country Norge	Havområde/Offshore area
Kommune/Municipality	Feltnavn/Field name
Sted/Location	Sted/Location
Kartblad/Map	Felt, blokknr./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	2020-02-25 Anders Solheim	2020-02-25 Farrokh Nadim		
0	Sammendrag og grovkontroll		2020-02-24 Bjørn Kalsnes		

Dokument godkjent for utsendelse/ Document approved for release	Dato/Date 5. mars 2020	Prosjektleder/Project Manager Anders Solheim
--	----------------------------------	--

NGI (Norges Geotekniske Institutt) er et internasjonalt ledende senter for forskning og rådgivning innen ingeniørrelaterte geofag. Vi tilbyr ekspertise om jord, berg og snø og deres påvirkning på miljøet, konstruksjoner og anlegg, og hvordan jord og berg kan benyttes som byggegrunn og byggemateriale.

Vi arbeider i følgende markeder: Offshore energi – Bygg, anlegg og samferdsel – Naturfare – Miljøteknologi.

NGI er en privat næringsdrivende stiftelse med kontor og laboratorier i Oslo, avdelingskontor i Trondheim og datterselskaper i Houston, Texas, USA og i Perth, Western Australia.

www.ngi.no

NGI (Norwegian Geotechnical Institute) is a leading international centre for research and consulting within the geosciences. NGI develops optimum solutions for society and offers expertise on the behaviour of soil, rock and snow and their interaction with the natural and built environment.

NGI works within the following sectors: Offshore energy – Building, Construction and Transportation – Natural Hazards – Environmental Engineering.

NGI is a private foundation with office and laboratories in Oslo, a branch office in Trondheim and daughter companies in Houston, Texas, USA and in Perth, Western Australia

www.ngi.no

