



Juni | 23

Detaljregulering E18 Ytre ringvei

Risiko- og sårbarhetsanalyse

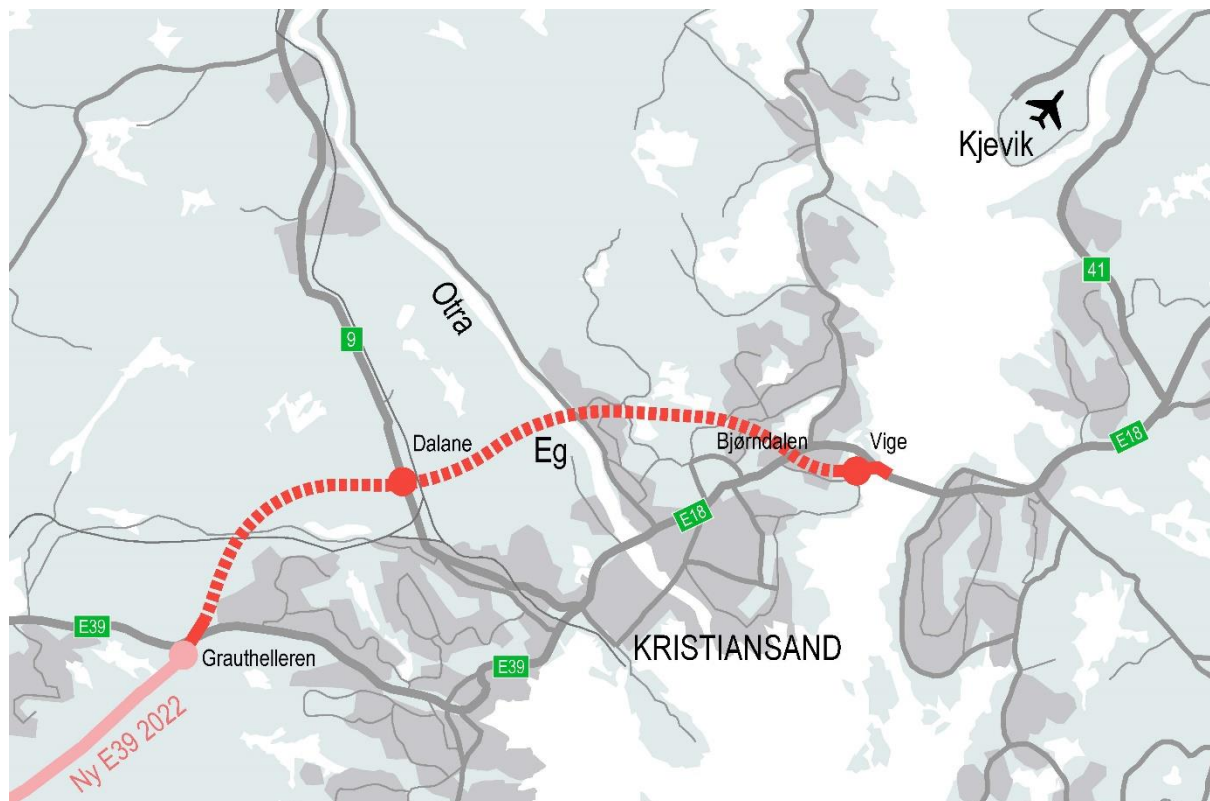
Oppdragsnr:	5206182
Oppdragsnavn:	Detaljregulering E18 Ytre ringvei
Dokument nr.:	NV42E18YR-PLA-RAP-0011
Filnavn	Risiko- og sårbarhetsanalyse

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
d01	02.06.2023	For godkjenning hos Nye Veier	KHMe	ToAHe	TeFaa
e02	27.06.2023	For behandling hos kommunen	KHMe	ToAHe	TeFaa

Forord

E18 Ytre ringvei på stekningen fra Vige til Grauthelleren er en del av hovedveiforbindelsen forbi Kristiansand. Nye Veier AS har ansvar for planlegging, bygging og drift av denne veistrekningen.



På vegne av Nye Veier AS har Norconsult as utarbeidet risiko- og sårbarhetsanalyse i forbindelse med reguleringsplanen for E18 Ytre ringvei. Risiko- og sårbarhetsanalysen er utarbeidet etter krav fra/i henhold til plan- og bygningsloven og veiledningsmateriell fra Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap og inngår som en del av grunnlaget for utarbeidelse av Reguleringsplanen for E18 Ytre ringvei.

Kontaktinformasjon:

Fagansvarlig for samfunnssikkerhet, Norconsult, Kevin Medby, 67 57 10 00,
firmapost@norconsult.com

Sammendrag

Plan- og bygningsloven [1] stiller krav om gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) ved all arealplanlegging, jf. § 4.3: "Ved utarbeidelse av planer for utbygging skal planmyndigheten påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet, eller selv foreta en slik analyse. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging. Område med fare, risiko eller sårbarhet avmerkes i planen som hensynssone, jf. §§ 11-8 og 12-6. Planmyndigheten skal i arealplaner vedta slike bestemmelser om utbyggingen i sonen, herunder forbud, som er nødvendig for å avverge skade og tap." Denne ROS-analysen vurderer og analyserer relevante farer, sårbarheter og risikoforhold ved planområdet for ny E18 Ytre ringvei Kristiansand, og identifiserer behov for sårbarhets- og risikoreducerende tiltak i forbindelse med fremtidig utvikling av området. Forhold knyttet til forventet fremtidig klima er en integrert del av analysen.

Planområdet fremstår generelt, med de tiltak som er beskrevet og forutsatt fulgt, som lite til moderat sårbart.

Det har blitt gjennomført en innledende fareidentifikasjon og sårbarhetsvurdering av de temaer som gjennom fareidentifikasjonen fremsto som relevante. Følgende farer har blitt utredet:

- Skredfare bratt terreng
- Ustabil grunn
- Flom i vassdrag
- Havnivåstigning, stormflo og bølger
- Transport av farlig gods
- Fremkommelighet for utrykningskjøretøy (anleggsfase)
- Rystelser (anleggsfase)

For disse temaene fremsto planområdet kun som lite til moderat sårbart. Bakgrunnen for dette er bl.a. tiltaket som i stor grad går i tunnel og dermed ikke påvirker omgivelsene i særlig grad. Videre foreligger det et omfattende grunnlag med faglige vurderinger og utredninger til grunn for planarbeidet. Noe som medfører at en rekke forhold allerede er fanget opp og håndtert i prosjektet. Det er naturlig at en i ROS-analysen for planområdet dermed tar hensyn til disse vurderingene som foreligger og tiltak som allerede vil bli implementert i prosjektet. Det er i stor grad med på å påvirke robustheten i planområdet.

Det er gjennom fareidentifikasjon og sårbarhetsvurdering identifisert tiltak som det ut fra samfunnssikkerhetshensyn er nødvendig å gjennomføre for å unngå å bygge sårbarhet inn i dette planområdet. Tiltakene er sammenfattet i rapportens sluttkapittel og må følges opp i det videre planarbeidet og prosjektering.

Innhold

Forord.....	3
Sammendrag.....	4
1 Tiltaksbeskrivelse.....	6
2 Innledning	7
2.1 Bakgrunn ROS-analyse.....	7
2.2 Forutsetninger og avgrensninger.....	7
2.3 Begreper og forkortelser	8
2.4 Styrende dokumenter	9
3 Metode	10
3.1 Innledning	10
3.2 Fareidentifikasjon.....	10
3.3 Sårbarhetsvurdering	10
3.4 Risikoanalyse.....	11
3.5 Sårbarhets- og risikoreducerende tiltak.....	13
3.6 Gjennomføring av analyse.....	13
4 Fareidentifikasjon og sårbarhetsvurdering	15
4.1 Planområdet	15
4.2 Innledende farekartlegging	15
4.3 Vurdering av usikkerhet.....	19
4.4 Sårbarhetsvurdering	19
5 Konklusjon	30
5.1 Konklusjon og oppsummering av tiltak	30
6 Referanser	32
Vedlegg 1 CEEQUAL-tabell.....	34

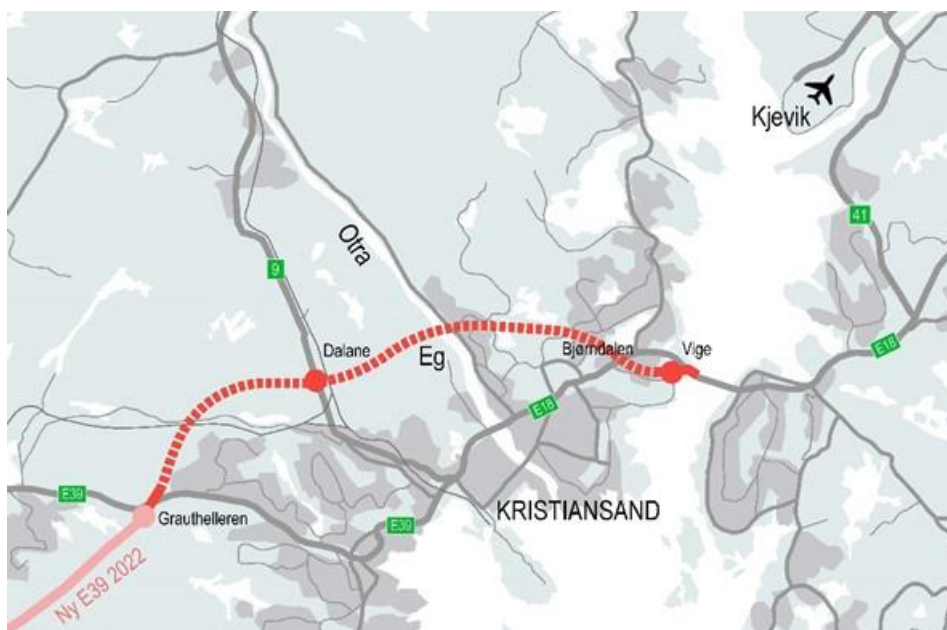
1 Tiltaksbeskrivelse

Norconsult utarbeider detaljreguleringsplan for Ytre ringvei i Kristiansand kommune på oppdrag fra Nye Veier AS. Ytre ringvei er om lag 10 kilometer og strekker seg fra Vige i øst til Grauthelleren i vest (figur 1-1). Veianlegget inngår i den 200 kilometer lange strekningen mellom Kristiansand i Agder og Ålgård i Rogaland som Nye Veier har ansvar for å bygge ut.

Ytre ringvei skal bygges for at transportkorridoren mellom Vige og Grauthelleren skal bli mer effektiv og mindre sårbar, samt for å avlaste dagens hovedveisystem gjennom Kristiansand sentrum. Veianlegget er planlagt med løsninger som har en positiv netto nytte per investert krone. I utformingen av veianlegget er det lagt stor vekt på å finne bærekraftige løsninger.

Ytre ringvei skal bygges som 4-felts motorvei, med fartsgrense 110 km/t på mesteparten av strekningen. Veien vil i hovedsak gå i tunnel. Det skal opparbeides to parallelle tunnellop, et for østgående og et for vestgående trafikk. På bakkeplan vil veien få tilkobling til E18 i Vige, riksvei 9 i Dalane og E39 ved Grauthelleren.

Etablering av tunnelsystemet vil generere et masseoverskudd i størrelsesorden 3 millioner m³ steinmasser. Reguleringsplanen sikrer mulighet for at masseoverskuddet kan fraktes til Mjåvannsområdet vest for Grauthelleren.



Figur 1-1: Oversiktsfigur av planlagt Ytre ringvei mellom Vige og Grauthelleren.

2 Innledning

2.1 Bakgrunn ROS-analyse

Plan- og bygningsloven [1] stiller krav om gjennomføring av risiko- og sårbarhetsanalyser (ROS-analyser) ved all arealplanlegging, jf. § 4.3: "Ved utarbeidelse av planer for utbygging skal planmyndigheten påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet, eller selv foreta en slik analyse. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging. Område med fare, risiko eller sårbarhet avmerkes i planen som hensynssone, jf. §§ 11-8 og 12-6. Planmyndigheten skal i arealplaner vedta slike bestemmelser om utbyggingen i sonen, herunder forbud, som er nødvendig for å avverge skade og tap."

Videre stiller NVEs retningslinjer 2-2011 «Flaum og skredfare i arealplanar» (rev. 2014) [2] krav om at det ikke skal bygges i utsatte områder. Tilsvarende gir også andre lover og forskrifter krav om sikkerhet mot farer. Blant annet skal det tas hensyn til beregninger om fremtidens klima. Se oversikt over styrende dokumenter i kapittel 2.4.

Denne ROS-analysen vurderer og analyserer relevante farer, sårbarheter og risikoforhold ved det aktuelle planområdet, og identifiserer behov for sårbarhets- og risikoreduserende tiltak i forbindelse med etablering av veianlegg E18 Ytre Ringvei. Forhold knyttet til forventet fremtidig klima er en integrert del av analysen.

2.2 Forutsetninger og avgrensninger

Følgende forutsetninger og avgrensninger er gjeldende for denne analysen:

- ROS-analysen er en overordnet og kvalitativ grovanalyse.
- Den er avgrenset til temaet samfunnssikkerhet slik dette brukes av Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).
- Analysen omfatter farer for tredjeperson, og tap av stabilitet og materielle verdier.
- Vurderingene i analysen er basert på foreliggende dokumentasjon om prosjektet.
- Analysen tar for seg forhold knyttet til driftsfasen (ferdig løsning), dersom det ikke avdekkes spesielle forhold for byggefasen som har betydning utover anleggsområdet (konsekvens for tredje person).

2.3 Begreper og forkortelser

Tabell 2-1: Oversikt over begreper og forkortelser.

Uttrykk	Beskrivelse
Konsekvens	Mulig følge av en uønsket hendelse. Konsekvenser kan uttrykkes med ord eller som en tallverdi for omfanget av skader på mennesker, tap av stabilitet og/eller materielle verdier. Det vil alltid være usikkerhet knyttet til hva som vil bli konsekvensene.
Risiko	Uttrykk for kombinasjonen av sannsynlighet for og konsekvensen av en uønsket hendelse.
Risikoanalyse	Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne risiko. Risikoanalysen utføres ved kartlegging av uønskede hendelser, deres årsaker, sannsynlighet og konsekvenser.
Risikoreduserende tiltak	Tiltak som påvirker sannsynligheten for eller konsekvensen av en uønsket hendelse. Risikoreduserende tiltak består av forebyggende tiltak og konsekvensreduserende tiltak.
Safety	Sikkerhet mot uønskede hendelser som opptrer som følge av en eller flere tilfældigheter.
Samfunnssikkerhet	Evnen samfunnet har til å opprettholde viktige samfunnsfunksjoner og å ivareta borgernes liv, helse og grunnleggende behov under ulike former for påkjenninger.
Sannsynlighet	I hvilken grad det er trolig at en hendelse vil kunne inntreffe.
Security	Sikkerhet mot uønskede hendelser som er resultat av overlegg og planlegging.
Stabilitet	Benyttes som en konsekvenskategorier og omhandler svikt i kritiske samfunnsfunksjoner og manglende dekning av grunnleggende behov hos befolkningen
Sårbarhet	Manglende evne hos et analyseobjekt til å motstå virkninger av en uønsket hendelse, og til å gjenopprette sin opprinnelige tilstand eller funksjon etter hendelsen.
Ekom	Elektronisk kommunikasjon. Med EKOM menes all form for elektronisk kommunikasjon og den infrastrukturen som må være til stede for at kapasitetskrevende tjenester skal fungere.
DSB	Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap
NGU	Norges geologiske undersøkelse
NVE	Norges vassdrags- og energidirektorat
SVV	Statens vegvesen
DSA	Direktoratet for strålevern og atomsikkerhet

2.4 Styrende dokumenter

Under vises en oversikt over styrende dokumenter som er grunnlag for denne ROS-analysen. Det vises for øvrig til referanseliste bakerst i rapporten for ytterligere detaljer.

- NS 5814:2021 Krav til risikovurderinger [3]
- Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven) [1]
- Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift – TEK 17). FOR-2017-06-19-840 [4]
- Veiledning om tekniske krav til byggverk [5]
- Brann- og eksplosjonsvernloven [6]
- Forskrift om strålevern og bruk av stråling [7]
- Samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging [8]
- NVEs retningslinjer nr. 2-2011: Flaum og skredfare i arealplanar, revidert 22. mai 2014 [2]
- NVE-veileder Nr. 1/2019 Vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper. [9]
- NVE veileder (digital) Utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng. [10]
- Retningslinjer for Fylkesmannens bruk av innsigelse i plansaker etter plan- og bygningsloven [11]
- Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning [12]

3 Metode

3.1 Innledning

Analysen av risiko for menneskers liv og helse, stabilitet og materielle verdier følger hovedprinsippene i *NS 5814:2021 Krav til risikovurderinger* [3]. Analysen følger også retningslinjene i DSBs veiledning *Samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging* [8].

Risiko knyttes til uønskede hendelser, dvs. hendelser som i utgangspunktet ikke skal inntreffe. Det er derfor knyttet usikkerhet til både om hendelsen inntreffer (sannsynlighet) og omfanget (konsekvens) av hendelsen dersom den inntreffer. Vurdering av usikkerhet gjøres basert på det kunnskapsgrunnlaget som legges til grunn for ROS-analysen.

Det er gjennomført en innledende farekartlegging hvor relevante farer tas med videre til en sårbarhetsvurdering. Farer som vurderes med moderat eller høy sårbarhet, vurderes i en detaljert risikoanalyse.

Gjennom fareidentifikasjonen, sårbarhetsanalysen og risikovurderingene, vil det bli fremmet tiltak som foreslås implementert. Disse sårbarhets- og risikoreduserende tiltakene oppsummeres i kapittel 5.2.

3.2 Fareidentifikasjon

En fare er en kilde til en hendelse, eksempelvis brann, ekstrem vind, trafikkulykke. Farer er ikke stedfestet og kan representere en "gruppe hendelser" med likhetstrekk. En hendelse er konkret, eksempelvis med hensyn til tid, sted og omfang. I kapittel 4.1 gjøres det en systematisk gjennomgang av analyseobjektet i en tabell basert på DSBs veiledning *Samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging* [8] og andre veiledninger utarbeidet av relevante myndigheter. Det benyttes oppdaterte kartgrunnlag til fareidentifikasjonen.

3.3 Sårbarhetsvurdering

Sårbarhet defineres ofte som analyseobjektets manglende evne til å opprettholde og/eller gjenoppta sin funksjon når det utsettes for en uønsket hendelse eller varig påkjenning. Robusthet er det motsatte - fravær av sårbarhet.

De farer som fremstår som relevante gjennom innledende farekartlegging, tas videre til en sårbarhetsvurdering i kapittel 4.3. I denne analysen graderes sårbarhet slik:

Tabell 3-1: Oversikt kategorisering sårbarhet

Sårbarhetskategori	Beskrivelse
Svært sårbart	Et vidt spekter av uønskede hendelser kan inntreffe der sikkerheten og området funksjonalitet rammes slik at akutt fare oppstår
Moderat sårbart	Et vidt spekter av uønskede hendelser kan inntreffe der sikkerheten og området funksjonalitet rammes slik at ulempe eller fare oppstår
Lite sårbart	Et vidt spekter av uønskede hendelser kan inntreffe der sikkerheten og området funksjonalitet rammes ubetydelig
Ikke sårbart	Et vidt spekter av uønskede hendelser kan inntreffe uten at sikkerheten og området funksjonalitet rammes

Det gjennomføres en detaljert risikoanalyse for farer hvor analyseobjektet fremstår som moderat eller svært sårbart.

3.4 Risikoanalyse

3.4.1 Kategorisering av sannsynlighet og konsekvens

De farer som fremstår med forhøyet sårbarhet i kapittel 4.3, tas videre til en detaljert hendelsesbasert risikoanalyse.

Hvor ofte en uønsket hendelse kan inntreffe, uttrykkes ved hjelp av begrepet sannsynlighet.

Konsekvensene er vurdert med hensyn til "Liv og helse", "Stabilitet" og "Materielle verdier".

Tabell 3-2: Sannsynlighetskategorier

Sannsynlighetskategori	Beskrivelse (frekvens)
1. Lite sannsynlig	Sjeldnere enn en gang hvert 1000 år
2. Moderat sannsynlig	Gjennomsnittlig hvert 100-1000 år
3. Sannsynlig	Gjennomsnittlig hvert 10-100 år
4. Meget sannsynlig	Gjennomsnittlig hvert 1-10 år
5. Svært sannsynlig	Oftere enn en gang per år

Tabell 3-3: Konsekvenskategorier

Konsekvenskategori	Beskrivelse
1. Svært liten konsekvens	Ingen personskade Ingen skade på eller tap av stabilitet Materielle skader < 100 000 kr
2. Liten konsekvens	Personskade Ubetydelig skade på eller tap av stabilitet

Konsekvenskategori	Beskrivelse
	Materielle skader 100 000 -1 000 000 kr
3. Middels konsekvens	Alvorlig personskade Kortvarig skade på eller tap av stabilitet Materielle skader 1 000 000 - 10 000 000 kr
4. Stor konsekvens	Dødelig skade, en person Skade på eller tap av stabilitet med noe varighet Store materielle skader 10 000 000 - 100 000 000 kr
5. Meget stor konsekvens	Dødelig skade, flere personer Varige skader på eller tap av stabilitet Svært store materielle skader > 100 000 000 kr

Sannsynlighets- og konsekvensvurdering av hendelser er bygget på erfaring (statistikk), trender (for eksempel klima) og faglig skjønn.

3.4.2 Vurdering av risiko

De uønskede hendelsene vurderes i forhold til mulige årsaker, sannsynlighet og konsekvens. Risikoreducerende tiltak vil bli vurdert. I en grovanalyse plasseres uønskede hendelser inn i en risikomatrix gitt av hendelsenes sannsynlighet og konsekvens.

Risikomatriksen har 3 soner:

GRØNN	Akseptabel risiko - risikoreducerende tiltak er ikke nødvendig, men bør vurderes
GUL	Akseptabel risiko - risikoreducerende tiltak må vurderes
RØD	Uakseptabel risiko - risikoreducerende tiltak er nødvendig

Akseptkriteriene for risiko er gitt av de fargede sonene i risikomatriksen nedenfor.

Tabell 3-4: Risikomatrixe

SANNSYNLIGHET	KONSEKVENNS				
	1. Svært liten	2. Liten	3. Middels	4. Stor	5. Meget stor
5. Svært sannsynlig	Gul	Gul	Rød	Rød	Rød
4. Meget sannsynlig	Grønn	Gul	Rød	Rød	Rød
3. Sannsynlig	Grønn	Grønn	Gul	Rød	Rød
2. Moderat sannsynlig	Grønn	Grønn	Gul	Gul	Rød
1. Lite sannsynlig	Grønn	Grønn	Grønn	Gul	Gul

3.5 Sårbarhets- og risikoreduserende tiltak

Med risikoreduserende tiltak mener vi sannsynlighetsreduserende (forebyggende) eller konsekvensreduserende tiltak (beredskap) som bidrar til å redusere risiko, for eksempel fra rød sone og ned til akseptabel gul eller grønn sone i risikomatriksen. De risikoreduserende tiltakene medfører at klassifisering av risiko for en hendelse forskyves i matrisen.

Hendelser i matrisens røde områder – risikoreduserende tiltak er nødvendig

Hendelser som ligger i det røde området i matrisen, er hendelser (med tilhørende sannsynlighet og konsekvens) vi på grunnlag av kriteriene ikke kan akseptere. Dette er hendelser som må følges opp i form av tiltak. Fortrinnsvis omfatter dette tiltak som retter seg mot årsakene til hendelsen, og på den måten reduserer sannsynligheten for at hendelsen kan inntreffe.

Hendelser i matrisens gule områder – tiltak må vurderes

Hendelser som befinner seg i det gule området, er hendelser som ikke direkte er en overskridelse av krav eller akseptkriterier, men som krever kontinuerlig fokus på risikostyring. I mange tilfeller er dette hendelser som man ikke kan forhindre, men hvor tiltak bør iverksettes så langt dette er hensiktsmessig ut ifra en kost/nytte-vurdering.

Hendelser i matrisens grønne områder – akseptabel risiko

Hendelser i den grønne sonen i risikomatriksen innebærer akseptabel risiko, dvs. at risikoreduserende tiltak ikke er nødvendig. Dersom risikoen for disse hendelsene kan reduseres ytterligere uten at dette krever betydelig ressursbruk, bør man imidlertid også vurdere å iverksette tiltak også for disse hendelsene.

3.6 Gjennomføring av analyse

Analysen er utarbeidet av Norconsult med ressurser innenfor samfunnssikkerhet. I tillegg til at en rekke andre fagområder har bidratt inn i analysen på ulike områder. Dette gjelder spesielt knyttet til andre vurderinger, utredninger og undersøkelser som også er utført parallelt i planarbeidet.

Det ble i forbindelse med ROS-analysen gjennomført et arbeidsmøte med relevante aktører 21. mai 2021 med følgende til stede:

Tabell 3-5: Oversikt over deltakere på analysemøte mai 2021.

Navn	Stilling	Virksomhet
Thomas Kaaløy Jensen	Prosjektleder plan E39	Nye Veier
Johnny Flæte	Operativ leder	Kristiansand brann- og redning
Ståle Skuterud	Seksjonsleder eiendom	Sørlandet sykehus
Martin Hauge	Beredskapssjef	Sørlandet sykehus
Vidar Jacobsen	Driftsleder	Agder Energi
Paul Anders Næss	Trainee sør beredskap	Kristiansand kommune
Terje Faanes	Oppdragsleder	Norconsult
Kristoffer Rein	Disiplinleder plan	Norconsult

Navn	Stilling	Virksomhet
Aiga de Zeeuw	Fagansvarlig geoteknikk	Norconsult
Vibeke Brandvold	Fagansvarlig hydrogeologi	Norconsult
Kristine Thorsen Sæthern	Fagansvarlig ingeniørgeologi	Norconsult
Heidi Kjennbakken	Oppdragsmedarbeider hydrogeologi	Norconsult
Anine Jensen	Oppdragsmedarbeider ROS	Norconsult
Kevin H. Medby	Fagansvarlig ROS og prosessleder	Norconsult

Den 22. april 2022 ble det avholdt et særmøte med Sørlandet sykehus. Hovedformålet med møtet var å oppdatere Sørlandet sykehus på flytting av tunneltrasé og følgene for tidligere innspill til ROS-analysen. I tillegg til en status på vurderinger og mulig påvirkning av sykehuset knyttet til geoteknikk, ingeniørgeologi, hydrogeologi og anleggsgjennomføring.

4 Fareidentifikasjon og sårbarhetsvurdering

4.1 Planområdet

Planområdet strekker seg mellom Vige i øst og Grauthelleren i vest. Planområdet skal dekke arealbehov for selve veianlegget, men også arealer for masselagring, rigg- og anleggsområder.

Ytre ringvei skal bygges i tunnel i berg og store deler av planområdet befinner seg derfor under bakken. I Vige, Dalane og Grauthelleren skal det etableres kryssområder på bakkenivå. Kryssområdet på Grauthelleren ivaretas av prosjektet Kristiansand vest – Mandal øst og faller derfor ikke innenfor planområdet for Ytre ringvei. At store deler av tiltaket er under bakken, påvirker også fareidentifikasjonen i denne ROS-analysen.

4.2 Innledende farekartlegging

Nedenfor følger en oversikt over relevante farer for planområdet. Oversikten tar utgangspunkt i DSBs veiledning Samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging [8], men tar også for seg forhold som etter faglig skjønn vurderes som relevante for dette analyseobjektet. Fareidentifikasjon var et sentralt tema i arbeidsmøte som ble avholdt 21. mai 2021.

Tabell 4-1: Oversikt over relevante farer.

Fare	Vurdering
NATURBASERTE FARER: naturlige, stedlige farer som gjør arealet sårbart og utsatt for uønskede hendelser	
Skredfare bratt terreng (snø, steinsprang, jord- og flomskred)	Store deler av tiltaket går i tunnel, men dagsoner utenfor tunnelene vil være spesielt utsatte. For å kunne etablere tunnelportalene må det gjøres omfattende tiltak i terrenget slik at dagens situasjon i disse områdene vil bli betydelig endret. I den forbindelse vil det også utføres et omfattende sikringsarbeid både ved portaler og eventuelt skjæringer inn mot disse. Det er i forbindelse med plan- og prosjekteringsarbeidet gjort ingeniørgeologiske vurderinger. Alle skrånninger og bergskjæringer vil bli sikret slik at skred ikke utgjør en fare for nytt veianlegg eller omgivelsene. Videre er det identifisert områder med skredfare fra naturlig terreng i Dalane. Temaet vurderes knyttet til skredfare i Dalane. Når det gjelder skrånninger og skjæringer vil disse områdene bli omarbeidet en god del i forhold til hvordan terrenget er utformet på nåværende tidspunkt og det forutsettes at skredfare elimineres, derfor vurderes ikke den delen ytterligere.
Ustabil grunn (områdestabilitet)	Det er flere kartlagte områder i Kristiansand med marin leire og til dels store områder med kartlagt kvikkleire. Videre er det setningsrisiko knyttet til tunnel som skal etableres. Temaet vurderes.
Flom i vassdrag (herunder isgang)	Grimsbekken må krysses inn til/ ut fra tunnelportalene. Bekken strekker seg også langs med ny rv. 9 som vil bli etablert. Som en del av planene er det også sett på områder for masselagring. Dette vil kunne medføre

Fare	Vurdering
	endringer i eksisterende flomregime i Fiskåvassdraget og Lille Kjelåstjønn. Temaet vurderes.
Havnivåstigning, stormflo og bølgepåvirkning	Tiltaket som er plassert i Vige, i planområdet østre del, ligger helt ned mot sjøen. Temaet vurderes.
Vind/ekstremnedbør (overvann)	Traseen er hovedsakelig i tunnel og er dermed skjermet for vind/ekstremnedbør. Kryss i dagsone kan være utsatt, spesielt for overvann. Dette må håndteres gjennom overvannssystem som etableres i tunnelene, og langs med vei i dagen. <i>Temaet vurderes ikke ytterligere i analysen gitt at tiltaket i hovedsak er tunnel.</i>
Skog- / lynnbrann	Traseen er hovedsakelig i tunnel og skjermet for eventuell skogbrann. Område i Vige vurderes ikke å være spesielt utsatt for denne type hendelser. I Dalane er det skogklede områder, men disse vurderes i liten grad å påvirke tunnelportalene. På Grauthelleren skal veianlegget kobles sammen med ny E39, som for tiden er under bygging for strekningen Kristiansand Vest – Mandal Øst. Krysset vil ligge i dagsonen. Dette krysset omfattes ikke av detaljreguleringsplanen for Ytre ringvei. <i>Temaet vurderes ikke ytterligere i analysen.</i>
Radon	Planområdet er lokalisert i områder med usikker til høy aktsomhet for radon (DSB kart). Langvarig eksponering for radon er forbundet med økt risiko for enkelte sykdommer. Med hensyn til trafikanter og personell med kortvarig opphold i tunnelen, som for eksempel ved vedlikeholdsarbeid i driftsfasen, er det liten sannsynlighet for at radon skal utgjøre noe helsefare. Med hensyn til personer som skal oppholde seg i tunnelen over lenger tidsrom, som under driving av tunnelen, kan det være aktuelt å gjennomføre avbøtende tiltak dersom det er høye nivåer av radon i anleggsfasen. Dette forutsettes fulgt opp videre i forbindelse med planlegging av anleggsarbeidene. <i>Temaet vurderes ikke ytterligere.</i>
VIRKSOMHETSBASERT FARE	
Brann/eksplosjon ved industrianlegg	Tiltaket det legges til rette for gjennom planen er et veianlegg og ikke bygninger som bolig, næring mv. Traseen går også for det meste i tunnel og vil ikke være påvirket av hendelser som skjer over bakkenivå. Det er lite industri i nærheten av tunnelportalene som vil kunne påvirke veianlegget i særlig grad. <i>Temaet vurderes ikke ytterligere.</i>
Kjemikalieutslipp og annen akutt forurensning	Det er ingen kjente kilder til kjemikalieutslipp og annen akutt forurensning som påvirker fremtidig veianlegg. Detaljreguleringsplanen legger heller ikke til rette for etablering av slik aktivitet. Det vil kunne oppstå ulykker på veien som medfører fare for akutt forurensning. Dette vurderes nærmere under temaet farlig gods. <i>Temaet kjemikalieutslipp og akutt forurensning vurderes ikke ytterligere.</i>
Transport av farlig gods	Det skal etableres ny E18, en vei det transporteres mye farlig gods på. Det antas at en del av disse transportene vil flyttes over fra dagens vei og til lang tunnel. Temaet vurderes.

Fare	Vurdering
Elektromagnetiske felt	Tiltaket vil ikke tilrettelegge for langvarig personopphold og det vil ikke tilrettelegge for ny infrastruktur som medfører elektromagnetisk felt for eksisterende bebyggelse. <i>Temaet vurderes ikke ytterligere.</i>
Dambrudd	I tidlig fase av planarbeidet ble det tatt opp usikkerhet rundt damanleggene i Baneheia og mulig påvirkning fra drivearbeidet på tunnel under dette området. Gjennom planarbeidet er traseen flyttet betydelig lenger nord og disse dammene vurderes ikke å bli påvirket og dermed heller ikke medføre konsekvenser for sykehuset. <i>Temaet vurderes ikke ytterligere.</i>
INFRASTRUKTUR	
Vann- og avløpsanlegg/-ledningsnett	Vann og avløps infrastruktur blir spesielt påvirket i Vige. Der vil eksisterende vannledning over Topdalsfjorden måtte legges om på grunn av overfylling og fare for setninger. Vannledning legges om i fjorden og nytt inntak blir ved minestasjonen. Dette vil også medføre at ledningene på land må legges om. Dette er et forhold som er identifisert tidlig i prosessen og som ikke vurderes å være en fare, men et forhold det planlegges å gjøre endringer på i samarbeid med kommunen. <i>Temaet vurderes ikke ytterligere.</i>
Eksisterende kraftforsyning	<p>Tunnel krysser under viktige høyspentlinjer for Agder energi nett AS. Det er kraftsensitiv infrastruktur over tunnelen som i liten grad kan endres på, mastepunkter vil også kunne være utsatt ved rystelser. Agder energi opplyste på analyse møte at det ikke vil være konflikt med aktivitet i tunnel. At tunneltraseen gjennom planarbeidet er flyttet lenger nord gjør også at en har flyttet seg lenger unna viktige trafostasjoner som vil være utsatt ved rystelser.</p> <p>Innenfor de tre dagsonene er det linjestrekk og kabler i bakken som tilhører Agder energi, Telenor og Telia. Det vil være behov for ivaretagelse og omlegginger i anleggsfasen som må detaljeres i samarbeid med de respektive eierne av kabler/ linjer.</p> <p>Videre er det ivaretatt forhold knyttet til effektbehov for både drivefase og driftsfase, samt overordnet løsning for aktuelle forsyningspunkt. Dette vil ikke medføre konsekvenser for eksisterende forsyningsikkerhet til området.</p> <p>Det bemerkes også at det er søkt om konsesjon for etablering av ny 132 kV linje (luftstrekk) som tangerer masselagringsområdet på Øygardsvatnet. I samråd med konsesjonssøker må det avklares om masselagringsområdet må innskrenkes noe eller om det vil være behov for å gjøre en justering av trasé.</p>

Fare	Vurdering
	<p>Forhold knyttet til påvirkning og omlegging av infrastruktur, som kabler og linjestrekk må følges opp i den videre planlegging av anleggsperioden og <i>temaet vurderes ikke ytterligere.</i></p>
<p>Drikkevannskilder</p>	<p>Kristiansand forsynes normalt fra to vannkilder: Rossevann og Tronstadvann. Disse er lokalisert godt utenfor planområdet for ny E18 Ytre ringvei. Det samme gjelder krisevannkilden Vesvann [13]. Det er ikke registrert andre inntakspunkter i Mattilsynets kartgrunnlag (DSB kart). <i>Temaet vurderes ikke ytterligere.</i></p> <p>Det er også gjort et arbeid med kartlegging av grunnvannsbrønner i det hydrogeologiske arbeidet i forbindelse med planen [14]. Det arbeidet er utført på bakgrunn av NGUs grunnvannsdatabase og høringsinnspill. Det kan eksistere flere brønner enn det som fremgår i det grunnlaget og derfor anbefales å utføre en ytterligere kartlegging av energi- og grunnvannsbrønner i tunnelens område før anleggsstart. Opp til 300 m fra tunnelen er det i NGUs grunnvannsdatabase GRANADA registrert to energibrønner. De ligger ca. 150 og 300 m unna tunnelen i henholdsvis Bjørndalsheia 41B og Borghilds vei 40. Gjennom høringsuttalelser er det meldt inn syv private energibrønner som ikke inngår i grunnvannsdatabasen. Alt dette er energibrønner og ikke drikkevannskilder.</p>
<p>Fremkommelighet for utrykningskjøretøy</p>	<p>For et fremtidig utbygget veisystem vurderes fremkommeligheten for nødetaer å være god. Ny E18 Ytre ringvei vil også flytte gjennomgangstrafikk bort fra eksisterende veinett gjennom Kristiansand slik at fremkommeligheten også her vurderes å bli forbedret.</p> <p>Når det gjelder anleggsperioden vil den i stor grad foregå uten å forstyrre eksisterende trafikkbilde. Dette gjelder derimot ikke i dagsonene og spesielt i Vige. Temaet vurderes derfor å være relevant for anleggsperioden. I tillegg må det sikres adkomst til riggområdet i tunnel.</p>
<p>Slokkevann for brannvesenet</p>	<p>Temaet er relevant ved ulykker og hendelser i tunnelene. Det skal etableres egne brannvannsledninger under trykk i hele tunnelens lengde. Uttak legges i alle havarilommer med avstand på 250 meter. <i>På bakgrunn av dette vurderes ikke temaet ytterligere og vurderes godt ivaretatt.</i></p>
<p>SÅRBARE OBJEKTER</p>	
<p>Sårbare bygg*</p>	<p>Det er lokalisert sårbare bygg innenfor planområdet og med ulik nærhet til tunneltrasé, og som dermed kan bli påvirket av kommende anleggsarbeid (rystelser). De sårbare byggene vurderes ikke å bli påvirket av fremtidig utbygget veianlegg. <i>Sårbare bygg vurderes derfor nærmere under temaet vibrasjoner/ rystelser.</i></p>
<p>TILSIKTEDE HANDLINGER: Forhold ved analyseobjektet som gjør det sårbart for tilsiktede handlinger</p>	

Fare	Vurdering
Tilsiktede handlinger	Ingen forhold ved tiltaket som i dagens trusselbilde medfører økt trussel for tilsiktede handling. <i>Temaet vurderes ikke videre.</i>
SÆRSKILTE FORHOLD VED PLANOMRÅDET	
Rystelser	Tunneltrasé går under bebygde områder og det skal utføres omfattende sprengningsarbeid for å drive tunnel. Temaet vurderes.

**"Sårbare bygg" samsvarer med datasettet i kartinnsynsløsningen til DSB og omfatter barnehager, lekeplasser, skoler, sykehus, sykehjem, bo- og behandlingssenter, rehabiliteringsinstitusjoner, andre sykehjem/aldershjem og fengsler.*

4.3 Vurdering av usikkerhet

Denne analysen har lagt til grunn eksisterende dokumenter og kunnskap om planområdet. Dersom forutsetningene for analysen endres kan det medføre at de vurderinger som er gjort i ROS-analysen ikke lenger er gyldige, og en revisjon av analysen bør da vurderes. Mangelfulle historiske data og usikre klimaframskrivninger er eksempler på at det kan være usikkerhet knyttet til vurderinger som gjøres i slike kvalitative analyser. Dette tilsier at det ikke er mulig å beregne eller vurdere eksakt sannsynlighet for at en hendelse inntreffer, og konsekvensen av den dersom den inntreffer. Vurderingene er derfor basert på eksisterende kunnskap, erfaring og faglig skjønn, og vil derfor medføre en viss grad av usikkerhet.

4.4 Sårbarhetsvurdering

Følgende farer fremsto i fareidentifikasjonen som relevante, og det gjøres en sårbarhetsvurdering av disse:

- Skredfare bratt terreng
- Ustabil grunn
- Flom i vassdrag
- Havnivåstigning, stormflo og bølger
- Transport av farlig gods
- Fremkommelighet for utrykningskjøretøy (anleggsfase)
- Rystelser (anleggsfase)

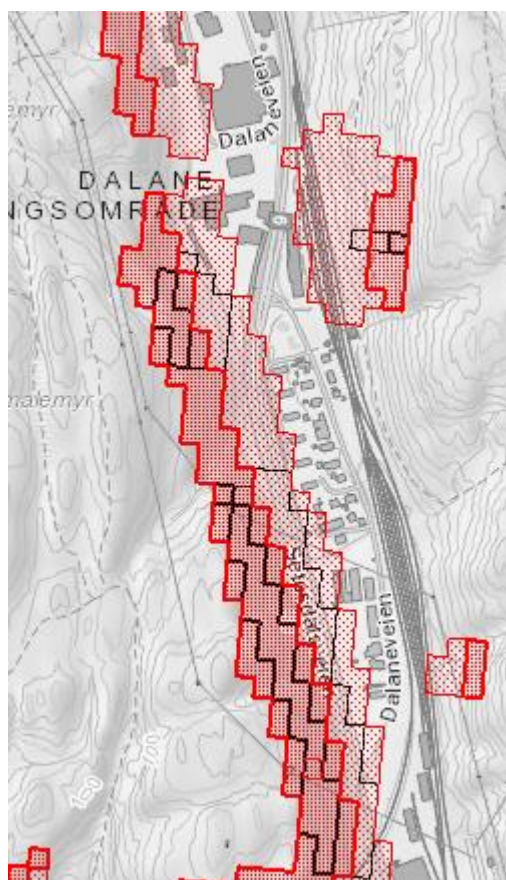
4.4.1 Sårbarhetsvurdering skredfare bratt terreng

Det er identifisert aktsomhetsområder for skred fra naturlig terreng i Dalane, se utklipp fra NVE Atlas (figur 4-1). Som en del av arbeidet med detaljregulering av E18 Ytre ringvei er det derfor gjennomført en skredfarevurdering av påhuggsområder, veistrekning og gang- og sykkelvei mellom nordre og søndre påhugg, ny veistrekning ved søndre påhuggsområde, samt fordrøyningsbasseng i Dalane [15].

Det er i den utførte skredfarevurderinger gjort vurderinger av alle skredtyper, selv om aktsomhetsområdene i henhold til NVE Atlas kun viser soner for snøskred og steinsprang. Undersøkelsene og modelleringer gjennomført i området viser at det er steinsprang som er dimensjonerende skredtype for fastsettelse av faresoner innenfor kartleggingsområdet. Kartleggingsområdet er vurdert av Norconsult for sikkerhetsklasse S1 og S2 etter TEK17 [5], og ÅDT 6 000-11 999 og $\geq 12\ 000$ etter SVV N200 [16]. Basert på skredfarevurderingen er faresonene opptegnet for nominell årlig sannsynlighet $\geq 1/100$ og $\geq 1/1\ 000$.

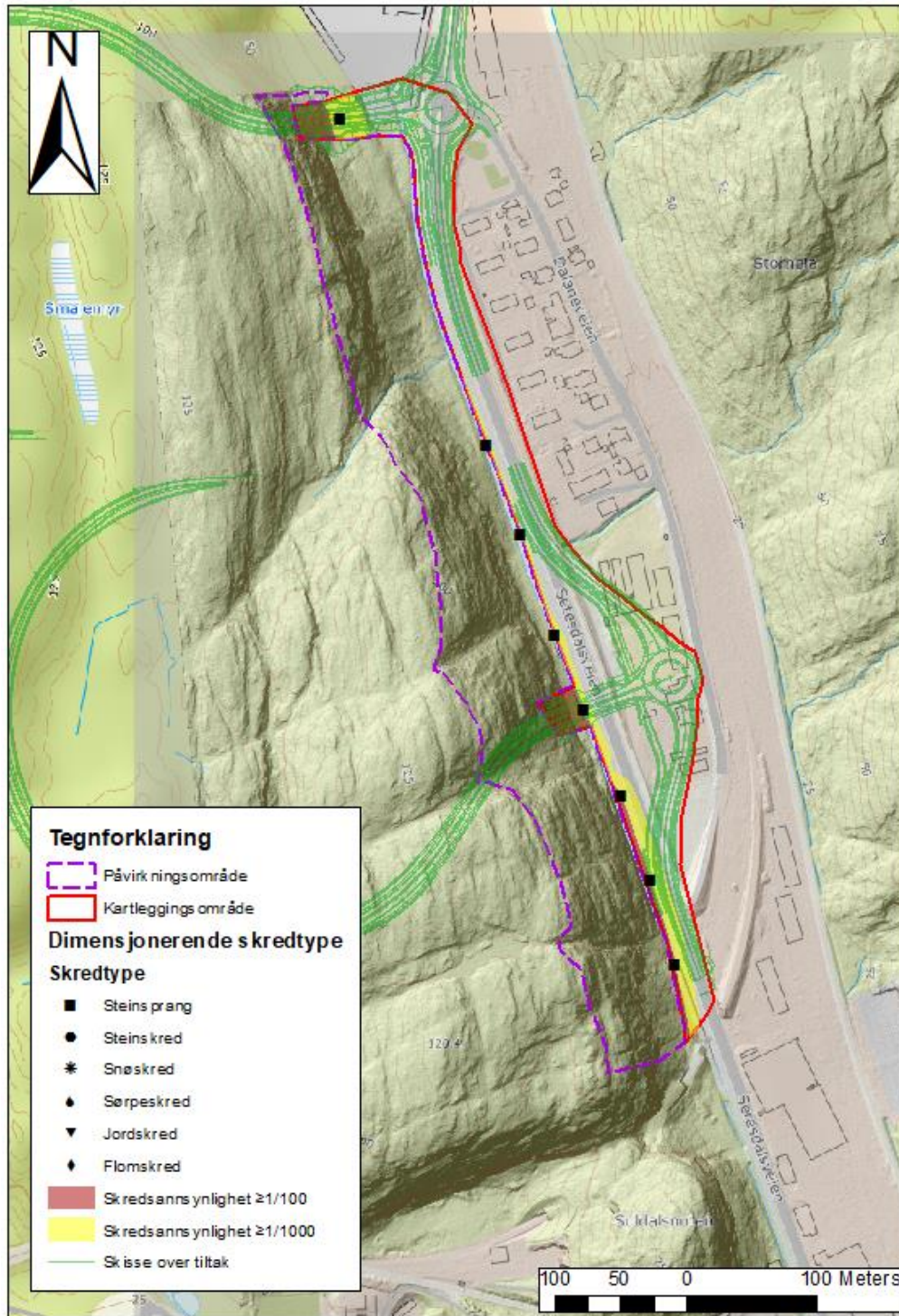
Den gjennomførte skredfarevurderingen viser at enkelte deler av kartleggingsområdet ikke tilfredsstiller krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasse S1, S2 og sikkerhetskrav i N200 for ÅDT $>12\ 000$. Begge påhuggsområder ligger innenfor faresone S1. Planlagt gang- og sykkelvei ligger stort sett innenfor S2 langs søndre del av kartleggingsområdet. Bilvei med ÅDT $>12\ 000$ ligger kun innenfor S2 like utenfor søndre tunnelportal. Årlig nominell sannsynlighet for skred er større enn sikkerhetskravet for disse områdene. Områder utenfor markerte faresoner (figur 4-2) tilfredsstiller krav til sikkerhet mot skred for sikkerhetsklasser S1, S2 og sikkerhetskravene i N200. Fordrøyningsareal og bilvei med ÅDT 6 000-11 999 tilfredsstiller disse kravene. Det bemerkes i denne sammenheng at fordrøyningsarealene skal gro til, og vil ikke være tilrettelagt eller egne seg for opphold.

Det er steinsprang som utløser behov for sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot skred for planlagt tiltak innenfor definerte faresoner (figur 4-2). Aktuelle sikringstiltak kan være spredt blokkbolting og bruk av steinsprangnett eller wirenett i skrenter. Fanggjerdje kan også være et mulig sikringstiltak. Aktuelle sikringstiltak må detaljprosjekteres på et senere tidspunkt.



Figur 4-1: Utklipp fra NVE atlas - rød skravur viser aktsomhetsområde snøskred, sort viser aktsomhetsområde steinskrud.

Basert på gjennomført skredfarekartlegging og hensynssonene som etableres, og at det skal gjennomføres sikringstiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet i området, vurderes planområdet som lite til moderat sårbart overfor temaet.

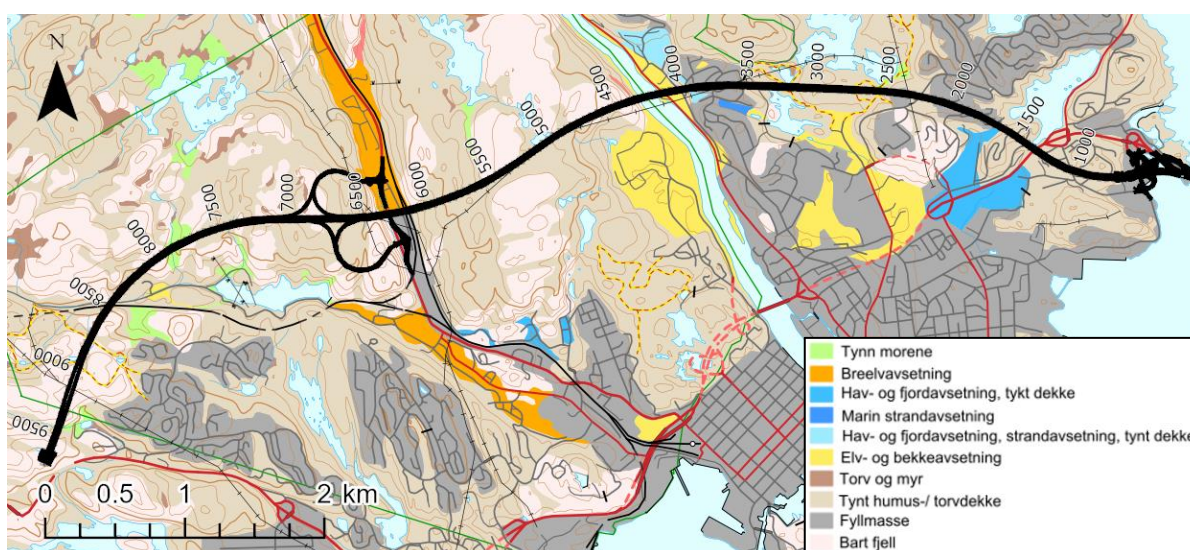


Figur 4-2: Oversikt over faresoner [15]

4.4.2 Sårbarhetsvurdering ustabil grunn

Figur 4-3 viser NGUs kvartærgeologiske kart over området. I heiområdene er det typisk bart berg eller tynt torvdekke på toppene, og morenedekke i bunn av dalsøkkene. Det er også enkelte partier med torv og myr. I de flatt liggende områdene er det forskjellige typer løsmasser. Flere av disse områdene er dekket av marine avsetninger. Det er også partier med elv- og breelvavsetninger. I vestsiden av Dalane ligger det urmasser i skråningen ned mot dalbunnen.

Det er påvist kvikkleire i flere områder langs tunneltraseen. Dette gjelder ved Bjørndalsletta, Sødal og Eg.



Figur 4-3: Kvartærgeologisk kart fra NGU (kartleggingsmålestokk 1:50 000). Kilde: NGUs løsmassekart.

Som en del av arbeidet med Ytre ringvei er det gjennomført omfattende geotekniske undersøkelser og vurderinger. Dette arbeidet er nærmere omtalt i geoteknisk fagrapport [17]. Temaet er derfor særskilt undersøkt og omtalt i foreliggende rapporter. Den geotekniske fagrapporten oppsummerer blant annet følgende:

Det planlegges store utfyllinger på dagens sjøbunn i Vigebukta for veikryss i Vige. Grunnforholdene i Vigebukta består av setningsgivende leirmasser som også defineres som sprøbruddmateriale i de øverste meterne. Stabilitet av fyllinger må tilfredsstille strenge krav, både i henhold til Statens vegvesens regelverk og NVE veileder 1/2019. Det foreslås derfor etablering av motfyllinger for å oppnå kravene til stabilitet. Videre er grunnen meget setningsgivende og det estimeres at setninger under veifyllinger og motfyllinger vil være opp til 1,5 m og vil foregå over mer enn 100 år uten tiltak. For å få unnagjort størsteparten av setninger i anleggstiden foreslås det etablering av vertikaldren i leirmasser kombinert med forbelastning. Forbelastning foreslås gjennomført ved masseutskiftning med lette masser etter endt forbelastningstid. Fyllingstopp vil på denne måten aldri overstige planlagt framtidig veinivå, og løsningen vil derfor kreve mindre motfylling enn dersom det legges steinfylling med overhøyde.

For områdestabilitet gjelder kravene i NVE veileder 1/2019. Veilederen presenterer metodikk for utredning av aktsomhetsområder og faresoner. Det er kartlagt en del kvikkleiresoner for Kristiansand by som er vist på NVEs temakart. Den nye veien ligger i tunnel, og har ikke fysisk inngrep i dagsoner i åpent terreng i de kartlagte kvikkleiresonene. Det er kontrollert at dagens stabilitet i de kartlagte kvikkleiresonene holder krav til robusthet i henhold til kvikkleireveilederen.

I dette prosjektet er det utført vurdering av fare for setninger langs veitraseen som følge av innlekkasje av grunnvann i tunnel. Områdene på Bjørndalen og Eg (ved Sørlandet sykehus) er mest utsatte for setninger. I disse områder bør grunnvannssenkning begrenses slik at effekten ikke blir større enn normal/naturlig variasjon av poretrykk i grunnen.

For ny bru over E18 kan én akse (landkaret på nordsiden av E18) vurderes direktefundamentert på berg, mens i de andre aksene vurderes pelefundamentering.

Kulverten i Vige antas direktefundamentert på løsmasser.

Videre er det i et foreliggende geoteknisk notat [18] konkludert med følgende knyttet til områdestabilitet på Sødal:

På Sødal terrasse er det utført nye supplerende grunnundersøkelser. Det er utført en ny utredning av områdestabilitet. Det er kontrollert at dagens sikkerhet holder krav til robusthet som er krav for skrån timer i faresonen som ligger utenfor influensområdet for tiltak i tiltakskategori K3 og K4.

Vibrasjoner fra tunnel både i anleggs- og driftsfase må tilfredsstill e krav til frekvensveid svinghastighet $v_f \leq 45$ mm/s i henhold NS 8141-3. Standarden stiller også krav til omfang og plassering av målinger.

Den geotekniske fagrapporten oppsummerer også følgende spesielle forhold og usikkerheter knyttet til den geotekniske prosjekteringen [17]:

Problemstilling – område	Spesielle forhold og usikkerheter	Tiltak for å redusere eller fjerne usikkerheter
Fylling i Vige	<p>Lokal- og områdestabilitet må ivaretas i alle faser, for etablering av vertikaldren, fylling med steinmasser og endelig veifylling.</p> <p>Nøyaktig utstrekning av fyllmasser i bukta er ukjent. Dette kan ha betydning for installasjon av vertikaldren, da det er behov for føringsrør ved installasjon gjennom fyllmasser.</p>	<p>Det er utført geoteknisk vurdering og foreslått faseplaner i geoteknisk notat NV42E39VK-GTK-NOT-0002 [2].</p> <p>Utstrekning av fyllmasser er kartlagt basert på tidligere prosjekter, sjøbunnskanning og grunnundersøkelser.</p> <p>Det anbefales supplerende boringer i neste fase for å kartlegge utstrekning av fyllmasser i større grad.</p>
Grunnvannssenkning	<p>Fare for grunnvannssenkning på grunn av innlekkasje i tunnel.</p> <p>Setningsgivende stor mektighet av leire på Bjørndalen og Otra.</p>	<p>Veitraseen er optimalisert etter tverrfaglig vurdering av fare for innlekkasje til tunnel og risikovurdering av setninger i omkringliggende områder.</p> <p>Det er installert poretrykksmålere på Bjørndalen og Otra for å overvåke poretrykksforhold i grunnen i lengre tid.</p> <p>Overvåkning av vannstand i tjern.</p>

Figur 4-4: Spesielle forhold og usikkerheter knyttet til den geotekniske prosjekteringen [17]

Det bemerkes at det også er gjennomført et omfattende hydrogeologisk arbeid i forbindelse med planarbeidet. Dette er oppsummert i Hydrogeologisk fagrapport [14]. Den fagrapporten oppsummerer bl.a. følgende:

I alle tunneler vil det være en viss innlekkasje som kan påvirke grunnvannstand, men det kan iverksettes tiltak for å begrense innlekkasjen. Denne rapporten presenterer tetthetskrav (maksimal tillatt innlekkasje) for tunneltraseen. Formålet med tetthetskravene er å ivareta viktige naturforekomster, vannspeil, kulturminner og å unngå skadelige setninger på naboeiendommer. Kravene er basert på en hydrogeologisk tolkning av forholdene langs traseen, i samarbeid med tilgrensende fag (ingeniørgeologi, geoteknikk, ytre miljø osv.). Formålet med tetthetskravene er å ivareta viktige naturforekomster, vannspeil, kulturminner og å unngå skadelige setninger på naboeiendommer. Kravene er basert på en hydrogeologisk tolkning av

forholdene langs traseen, i samarbeid med tilgrensende fag (ingeniørgeologi, geoteknikk, ytre miljø osv.).

I forbindelse med vurdering av tetthetskrav og kartlegging av grunnvannsforhold er det utført grunnundersøkelser i form av hammerhull, løsmassebrønner og poretrykksmålere. Dette er vurdert i sammenheng med refraksjonsseismikk, kjerneboring, borehullslogging, totalsonderinger og andre geotekniske undersøkelser.

Basert på det omfattende geotekniske og hydrogeologiske arbeidet som er gjort i forbindelse med veiplanleggingen, og konklusjonen om at områdestabilitet vil være ivaretatt i kombinasjon med en forutsetning om at identifiserte tiltak følges opp gjennom prosjektet, vurderes planområdet som lite til moderat sårbart overfor temaet. Også forholdet til setningsskader på eksisterende bygninger vurderes å være i varetatt gjennom kravene som stilles til prosjektet gjennom den hydrogeologiske fagrapporten.

4.4.3 Sårbarhetsvurdering flom i vassdrag

Det er identifisert fare for flom i Grimsbekken i Dalane og så er det i planarbeidet identifisert to flomveier inn i skjæring ved Grauthelleren, som kan bli påvirket av tiltaket. Dette er nøye utredet i fagrapport hydrologi [19] som er utarbeidet i forbindelse med planarbeidet.

I Dalane og for Grimsbekken er det gjort beregninger av 200-årsflom med klimapåslag. Disse beregningene legges til grunn for ny vei i området. Tilførselsveien til de to tunnelportalene i området må krysse Grimsbekken. Gjennom de hydrologiske vurderingene er det Norconsults anbefaling at det legges to rør med dimensjon 2 000 mm for å gi tilstrekkelig sikkerhet ved 200-årsflom med klimapåslag. Det er beregnet følgende flomsikre nivåer, inklusive 0,5 m fribord, for de to tilførselsveiene:

- Kote 25,2 for nordre tilførselsvei
- Kote 23,7 for søndre tilførselsvei

Videre i det hydrologiske arbeidet er det konkludert med følgende for Dalane:

Begge tilførselsveiene fører inn i tunneler, og før munningene må det bygges terskler som hindrer at vann kan renne ned i tunnelene via veienes overbygning. Topp terskler må ligge på de flomsikre nivåene angitt for de to tilførselsveiene.

Det er gjort hydrauliske modelleringer i Dalane for å dokumentere at flomforholdene vil være like for 3. parter i området, både oppstrøms og nedstrøms tiltakene, etter at Ytre ringvei er bygd. Grimsbekken vil omlegges på en kort strekning nedstrøms nordre tilførselsvei, samt lokalt både opp- og nedstrøms søndre tilførselsvei. Det er beregnet utforming for nytt bekkeløp.

I Grauthelleren er det gjort beregninger av vannføring ved 200-årsflom med klimapåslag for to mindre flomveier som vil renne ut i bergskjæringen ved tunnelen for Ytre ringvei. For disse to områdene konkluderes det med at flomvannføringen vil håndteres ved at den føres i rør i grøft på nordsiden av Ytre ringvei, i retning sør og ut av parsellen for prosjektet.

Som en del av reguleringsplanen for Ytre ringvei er det også sett på områder for masselagring. Dette gjelder området ved Øygardsvatnet og Lille Kjelåstjønn. I den

forbindelse er det også gjort hydrologiske vurderinger knyttet til masselagringen [20].
Konklusjonen fra disse vurderingene er som følger:

Alternativ A:

Dersom det ikke gjøres tiltak, vil en utfylling av Øygardsvatnet medføre en økning i avløpsflommene fra Fiskåvannet. Økningen vil være beskjeden for de hyppigst forekommende flommene, men økningen er større ved store flommer som en 200-årsflom. Uten tiltak er det risiko for at igjennyllingen medfører økte flomskader nedstrøms Fiskåvannet.

Det tiltaket som er vurdert som mest aktuelt, innebærer fordrøyning i fyllingen ved Øygardsvatnet. Fordrøyning er vurdert å være et tilstrekkelig tiltak dersom avløpet begrenses til 1000 l/s, og fordrøyningsvolumet dimensjoneres for gjentaksintervall 200 år (inkludert klimapåslag). Å fordrøye vann i fyllingen ved Øygardsvatnet er et tiltak som ikke medfører økt arealinngrep, kan gjennomføres innenfor gjeldende reguleringsplan og som ikke er avhengig av andre parter. Prosjektet anbefaler derfor å gå videre med fordrøyning i fyllingen ved Øygardsvatnet for å kompensere for økt avrenning. Nødvendig fordrøyningsvolum er avhengig av om gjenfylt Øygardsvatn skal benyttes for industri eller om fyllingen tildekkes med vekstjord.

Nedstrøms Øygardsvatnet vil utfylling av Øygardsvatnet gi endringer i vannføring og vannstand. Størst vil endringene bli i tørrværsperioder i de korte bekkestrekingene høyt oppe i vassdraget, mellom Øygardsvatn og Mjåvann. På strekningen mellom Mjåvann og utløpet i fjorden er endringene små.

Med tanke på Elkems vannforsyningsikkerhet, ventes utfylling av Øygardsvatnet å ha neglisjerbar betydning.

Alternativ B:

Ved utfylling av Grauthellerheia er det ventet at flomstørrelsen mellom Grauthellerheia og Indre Fiskåvann vil reduseres noe, mens i Indre Fiskåvann vil endringen være neglisjerbar. For å sikre at overflateavrenning fra utfyllingen ved Grauthellerheia havner i eksisterende bekkeløp, bør det lages en overvannsgrøft på det utfylte området.

Utfylling av Mjåvann vest vil medføre at flomstørrelsen i bekken ut av området øker, dersom det blir industri på utfylt område. Stikkrennen under Farvannsbakken er i tilfelle ikke stor nok til å ta unna 200-årsflommen etter utfylling av Mjåvann vest. Det anbefales derfor at man enten gjør tiltak i innløpet til stikkrennen for å bedre kapasiteten, eller at hele stikkrennen byttes ut med en større dimensjon. Foreløpige beregninger tilsier at dimensjon for et nytt betongrør bør være 1 800 mm. Dersom utfyllingen av Mjåvann vest beholdes som LNF-område er det ikke behov for å gjøre noe med stikkrenna under Farvannsbakken.

Utfylling av Grauthellerheia og Mjåvann vest vil ikke medføre noen endring for Elkems vannforsyningsikkerhet.

Basert på konklusjonene i fagrapport hydrologi [19] og de hydrologiske vurderingene for masselaging [20], i tillegg til at nye veianlegg vil være dimensjonert for å ha sikkerhet mot 200-års flom med klimapåslag, vurderes planområdet som lite sårbart overfor temaet.

4.4.4 Sårbarhetsvurdering havnivåstigning, stormflo og bølger

Gjennom det hydrologiske arbeidet [19] er det gjort vurderinger knyttet til fremtidig havnivåstigning og bølgepåvirkning av den delen av planområdet som ligger sjønært, det vil si Vige.

For dette området konkluderes det med følgende:

Det er beregnet nivå for stormflo med 200-års gjentaksintervall i år 2130. Det er også beregnet tillegg for bølger i bølgeutsatt område. Konklusjonen ved Vige er følgende:

- *Dimensjonerende nivå stormflo er på kote 2,35*
- *Tillegg for bølgeoppskylning på 0,5 m for bølgeutsatt område*
- *Topp vei i bølgeutsatt område legges på minimum kote 3,40, hvilket inkluderer 0,5 m fribord (bølgeutsatt område er definert som 3 m horisontalt fra topp fyllingskant mot sjø)*
- *Topp vei i område som ikke er utsatt for bølger legges på minimum kote 2,85, hvilket inkluderer 0,5 m fribord*

For å unngå at sjøvann renner inn i overbygningen til Ytre ringvei, og deretter inn i Otratunnelen som går videre mot Dalane, må det bygges en terskel før tunnelmunningen. Topp terskel må ligge på minimum kote 2,85.

Basert på konklusjonene i fagrapport hydrologi [19] og at nytt veianlegg vil være dimensjonert for å ha sikkerhet mot stormflo med 200-års returintervall inkludert bølgepåvirkning, vurderes planområdet som lite sårbart overfor temaet.

4.4.5 Sårbarhetsvurdering transport av farlig gods

Det er en omfattende transport av farlig gods på dagens E18/ E39 gjennom Kristiansand (kart.dsb.no). Mengden gods som transporteres i området som følge av ny E18 Ytre ringvei vurderes ikke å bli endret. Deler av transporten vil derimot flyttes inn i tunnelen og bort fra bebygde områder inn mot og gjennom Kristiansand sentrum, men det vil fortsatt gå en god del av denne type transporter også på dagens vei nett mellom øst og vest i Kristiansand.

Ny vei og tunnel vil ha et høyt sikkerhetsnivå. Det vil være enveistrafikk i hovedløpet og tunnelen er ikke tilrettelagt for toveistrafikk. Videre er det planlagt med følgende sikkerhetsutrustningen i tunnelen:

- AID (hendelsesdetektering).
- Havarinisjer hver 500 meter i hvert løp.
- Nødutganger over til motsatt løp hver 250 meter.
- Dimensjonerende branneffekt for brannventilasjon i tunnelen er 50 MW.
- Rømningsbelysning.
- Nødstasjoner hver 125 meter.

- Trykksatt brannvannsløsning gjennom hele tunnelen med uttak i tverrslag hver 250 meter.

DSB mottar på landsbasis årlig mellom 40-70 hendelser som inkluderer farlig gods, 55 hendelser i 2015 (DSBs uhellstatistikk for 2015). Tallene omfatter også hendelser med farlig gods på jernbane og ferge. Det settes ofte en evakueringsradius på 3-500 meter ved slike tilfeller.

Det er rimelig å anta at hendelser med farlig gods vil forekomme hyppigst i de områdene hvor det fraktes mest gods (rundt de store byene og langs hovedtrafikkårene). I de fleste tilfellene fører en hendelse med farlig gods til akutt utslipp til grunnen og til luft, og med små konsekvenser for liv og helse. Andelen hendelser hvor det vil oppstå en brann eller eksplosjon er erfaringsmessig svært lav.

Planforslaget tilrettelegger ikke for langvarig personopphold som boliger mv, og tunneler vil raskt kunne evakueres dersom behov. Sikkerhetstiltak i tunnelen vil også bidra til at brannvesen vil kunne gjøre en innsats ved hendelser i tunnel. Planområdet og planlagt tiltak vurderes som lite sårbart for transport av farlig gods.

4.4.6 Sårbarhetsvurdering fremkommelighet for utrykningskjøretøy (anleggsfase)

Fremkommelighet for utrykningskjøretøy vurderes for fremtidig driftsfase å være god og bedre enn i dag. I stor grad vil anleggsperioden ikke påvirke fremkommelighet negativt, da denne i hovedsak vil være knyttet til tunneldriving og ikke påvirke dagens veinett. Samtidig vil anleggsperioden i Vige kunne medføre et komplisert trafikkbilde deler av anleggsperioden, med noe trafikkomlegging.

Dette er forhold en vil være opptatt av i anleggsperioden, og i den videre planlegging av arbeid i dette området tilrådes det at nødetatene, spesielt brannvesenet, inviteres inn for å komme med sine synspunkter.

Videre må det i den videre planleggingen av anleggsperioden være dialog med nødetatene når det gjelder å definere angrepspunkter og tilkomster til anleggsområdene. Dette for å sikre nødetatene adkomst dersom det inntreffer ulykker i anleggsperioden.

Planområdet vurderes som lite til moderat sårbart overfor temaet.

4.4.7 Sårbarhetsvurdering rystelser (anleggsfase)

Vibrasjoner og rystelser vil oppstå i forbindelse med driving av tunnelene og tilhørende sprengningsarbeid. Det er spesielt tre forhold som er viktige i den sammenheng og det er skade på bygninger, herunder Statsarkivet Kristiansand, rystelser som påvirker drift ved sykehuset og rystelser som medfører utløsning av kvikkleireskred.

I forbindelse med planarbeidet er det utarbeidet et notat knyttet til denne sårbarheten i planområdet [21]. I notatet gjøres det beregninger og vurderinger knyttet til rystelser i grunnen som både kan påvirke bygninger og sykehusets sensitive utstyr samt vurderinger

knyttet til utløsning av kvikkleireskred. Det redegjøres ikke nærmere for de beregningene i denne ROS-analysen, men det vises til følgende konklusjon i notatet:

Sykehus

Vibrasjonene kommer til å bli merkbare, men det forventes ikke skade på bygninger eller utstyr. Generelt er vibrasjoner fra sprengning kraftig nok til at alt vibrasjonssensitivt arbeid på sykehuset bør stanses under sprengningssalvene. Fast tidspunkt og varsling mellom sykehus og sprengningsentreprenør er derfor nødvendig. Dataanlegg og spesielt utstyr, slik som utstyr for laseroperasjoner, pleier å være sensitive overfor vibrasjoner. Vi anbefaler å sette en vibrasjonsgrense på VC-A for slikt utstyr, eller andre grenseverdier spesifisert av produsentene. Det må utføres vibrasjonsmålinger på bygninger med vibrasjonssensitivt utstyr.

Kvikkleire

Det forventes ikke at sprengningsarbeidene, med størrelse på salver forutsatt i dette notatet, vil forårsake utløsning av kvikkleireskred, men i henhold til NS8141-3 skal vibrasjonene på 3 punkter i kvikkleiresonen måles.

Tunnel krysser også under Statsbygg sitt bygg for Statsarkivet Kristiansand, dette er også et bygg som vil være sensitivt for rystelser og vibrasjoner. Arkivet har en viktig oppgave med å bevare regionens eldste arkiver fra statsforvaltningen i Agder, kommunene og fylkeskommunen i vestre del av Agder. Bygget tilfredsstillende arkivlovens strenge bygningskrav. Det vil derfor kunne være nødvendig å ta særskilte hensyn også i dette området ved anleggsgjennomføring.

Basert på vurderingene og konklusjonene i notatet *Vibrasjoner fra tunnelsprengning for E18 Ytre ringvei* [21] vurderes planområdet som lite til moderat sårbart. Det forutsettes i dette at foreslåtte tiltak inkluderes i de videre arbeidene med planlegging av anleggsarbeidene (se nærmere omtale i kapittel 5).

5 Konklusjon

5.1 Konklusjon og oppsummering av tiltak

Planområdet fremstår generelt, med de tiltak som er beskrevet og forutsatt fulgt, som lite til moderat sårbart.

Det har blitt gjennomført en innledende fareidentifikasjon og sårbarhetsvurdering av de temaer som gjennom fareidentifikasjonen fremsto som relevante. Følgende farer har blitt utredet:

- Skredfare bratt terreng
- Ustabil grunn
- Flom i vassdrag
- Havnivåstigning, stormflo og bølger
- Transport av farlig gods
- Fremkommelighet for utrykningskjøretøy (anleggsfase)
- Rystelser (anleggsfase)

For disse temaene fremstår planområdet kun som lite til moderat sårbart. Bakgrunnen for dette er bl.a. tiltaket som i stor grad går i tunnel og dermed ikke påvirker omgivelsene i særlig grad. Videre foreligger det et omfattende grunnlag med faglige vurderinger og utredninger til grunn for planarbeidet, noe som medfører at en rekke forhold allerede er fanget opp og håndtert i prosjektet. Det er naturlig at en i ROS-analysen for planområdet dermed tar hensyn til disse vurderingene som foreligger og tiltak som allerede vil bli implementert i prosjektet. Det er i stor grad med på å påvirke robustheten i planområdet.

Det er gjennom fareidentifikasjon og sårbarhetsvurdering identifisert tiltak som det ut fra samfunnssikkerhetshensyn er nødvendig å gjennomføre for å unngå å bygge sårbarhet inn i dette planområdet. Tiltakene er sammenfattet nedenfor og må følges opp i byggefasen.

Tabell 5-1: Oppsummering av identifiserte tiltak.

Fare	Sårbarhets- og risikoreduserende tiltak
Skredfare	Hensynssoner kartlagt gjennom skredfarevurdering implementeres i plankartet.
	Sikringstiltak identifisert i Dalane området må følges videre opp gjennom totalentreprise under prosjektering og bygging.
	Sikringstiltak identifisert knyttet til tunnelportalene må følges opp videre i totalentreprise under prosjektering og bygging.
Ustabil grunn	Tiltak identifisert i fagrapport geoteknikk må følges opp videre i totalentreprise under prosjektering og bygging.

Fare	Sårbarhets- og risikoreducerende tiltak
Ustabil grunn – setninger	Tiltak identifisert i Fagrapport Ingeniørgeologi og Fagrapport hydrogeologi må følges opp videre i totalentreprise under prosjektering og bygging
Flom i vassdrag	<p>Ny vei og tilhørende infrastruktur skal dimensjoneres for å kunne ha sikkerhet mot 200-års flom med klimapåslag. Tiltak identifisert i fagrapport hydrologi forutsettes fulgt opp i totalentreprise under prosjektering og bygging.</p> <p>Gjennomføre tiltak som foreslått i rapporten Hydrologiske vurderinger for masselagring [20]; fordrøyning i fyllingen. Følges opp i totalentreprise under prosjektering og bygging.</p>
Havnivåstigning	Ny vei og tilhørende infrastruktur skal dimensjoneres for å kunne ha sikkerhet mot stormflo og bølgepåvirkning med gjentakintervall 200 år i 2130. Tiltak identifisert i fagrapport hydrologi forutsettes fulgt opp.
Overvann	Overvannsystem som etableres må være dimensjonert for å ta unna forventede endringer i klima og nedbørsregimet følges opp i totalentreprise under prosjektering og bygging.
Radon	Med hensyn til personer som skal oppholde seg i tunnelen over lenger tidsrom, som under driving av tunnelen, kan det være aktuelt å gjennomføre avbøtende tiltak dersom det er høye nivåer av radon i anleggsfasen. Dette forutsettes fulgt opp videre i forbindelse med planlegging av anleggsarbeidene.
VA-infrastruktur	Flytting av eksisterende VA-infrastruktur må skje i tett samarbeid med kommunen.
Eksisterende kraftforsyning/ kommunikasjons infrastruktur	Det vil være behov for ivaretagelse og omlegginger i anleggsfasen som må detaljeres i samarbeid med de respektive eierne av kabler/ linjer.
Grunnvannsbrønner (energi)	Det tilrådes å utføre en ytterligere kartlegging av energi- og grunnvannsbrønner i tunnelens område før anleggsstart.
Fremkommelighet nødetater	Inkludere nødetatene i forbindelse med planlegging av anleggsgjennomføring og veiomlegging for arbeider i Vige.
Rystelser	Det må etableres tett dialog mellom entreprenør og sykehuset.
	Det må etableres faste tidspunkt sprengning kan utføres og ikke fravikes.
	Varsling mellom sykehus og sprengningsentreprenør er nødvendig.
	Det anbefales å sette en vibrasjonsgrense på VC-A for vibrasjonssensitivt utstyr, eller andre grenseverdier spesifisert av produsentene.
	Det må vurderes behov for spesielle tiltak (vibrasjonskrav) når anleggsarbeid krysser under Statsarkivet Agder sitt bygg.
	Det må utføres vibrasjonsmålinger på bygninger med vibrasjonssensitivt utstyr, eksempelvis Statsarkivet Kristiansand
	Det må etableres nødvendige kontrollregimet for å kunne måle vibrasjonene på 3 punkter i kvikkleiresonen.

6 Referanser

- [1] Kommunal- og distriktsdepartementet, «Lov om planlegging og byggesaksbehandling (plan- og bygningsloven),» 2008.
- [2] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «NVEs retningslinjer nr. 2-2011: Flaum og skredfare i arealplanar, revidert 22. mai 2014,» 2014.
- [3] Standard Norge, «NS 5814:2021 Krav til risikovurderinger,» 2021.
- [4] Kommunal- og distriktsdepartementet, «Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift – TEK 17). FOR-2017-06-19-840,» 2017.
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, «Veiledning om tekniske krav til byggverk,» 2017.
- [6] Justis- og beredskapsdepartementet, «Lov om vern mot brann, eksplosjon og ulykker med farlig stoff og om brannvesenets redningsoppgaver (brann- og eksplosjonsvernloven),» 2021. [Internett]. Available: <https://lovdata.no/lov/2002-06-14-20>.
- [7] Helse- og omsorgsdepartementet, «Forskrift om strålevern og bruk av stråling (strålevernforskriften),» 2020.
- [8] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «Samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging,» 2017.
- [9] S.-A. S. E. D. H. Toril Wiig, «Veileder nr. 1/2019 Sikkerhet mot kvikkleireskred : vurdering av områdestabilitet ved arealplanlegging og utbygging i områder med kvikkleire og andre jordarter med sprøbruddegenskaper,» Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo, 2019.
- [10] Norges vassdrags- og energidirektorat, «Utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng.,» 12 11 2020. [Internett]. Available: <https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no/>. [Funnet 05 2022].
- [11] Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, «Retningslinjer for Fylkesmannens bruk av innsigelse For å ivareta samfunnssikkerhet i arealplanleggingen,» DSB, Tønsberg, 2010.
- [12] Kommunal- og distriktsdepartementet, «Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning,» 2018.
- [13] Teknisk, Ingeniørvesenet, «Kristiansand kommune Hovedplann vannforsyning,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.kristiansand.kommune.no/globalassets/innhold/bolig-kart-og-eiendom/vann-og-avlop/hovedplan-vannforsyning-2018-09-21.pdf>. [Funnet Juni 2022].
- [14] Norconsult AS, «GEO-RAP-0004_Fagrapport hydrogeologi,» 2023.
- [15] Norconsult AS, «GEO-RAP-0002_Skredfarevurdering Dalane,» 2023.
- [16] Statens Vegvesen, «Håndbok N200 Vegbygging,» 2021.
- [17] Norconsult AS, «GTK-RAP-0002_Fagrapport geoteknikk,» 2023.
- [18] Norconsult AS, «GTK-NOT-0005_Områdestabilitet Vige og Sødal,» 2023.

- [19] Norconsult AS, « VAA-RAP-0001_Fagrapport hydrologi,» 2023.
- [20] Norconsult AS, «VAA-RAP-0002_Hydrologiske vurderinger ved lokaliteter for massedisponering,» 2023.
- [21] Norconsult AS, «GTK-NOT-0006_Vibrasjoner fra tunnelsprengning for E18 Ytre ringvei,» 2023.

Vedlegg 1 CEEQUAL-tabell

Denne rapporten dekker ett eller flere dokumentasjonskrav under CEEQUAL (BREEAM Infrastructure). CEEQUAL har evidensbaserte vurderingskriterier og ekstern verifisering, og brukes for å måle bærekraft i et prosjekt. For å forbedre erfaringsoverføring til neste fase er de relevante kravene oppsummert og referert til i følgende tabell.

Tabell 6-1: Relevant krav i CEEQUAL svart ut i ROS-analysen

Krav i CEEQUAL-manualen	Relevant avsnitt med dokumentasjon i dette dokument	Kommentar
1.2.7 «The environmental risks, impacts, and opportunities for environmental enhancements, and the associated social issues»	Kap. 3, 4 og 5.	ROS-analysen vurderer farer, sårbarheter og uønskede hendelser ved planområdet og planlagte tiltak.
1.2.8 «Appropriate mechanisms have been put in place to manage the project's environmental and social risks, impacts and opportunities.»	Kap. 3, 4 og 5.	ROS-analysen vil kunne benyttes som et beslutningsgrunnlag for videre vurdering av risikoreducerende tiltaki prosjektet basert på identifiserte farer, sårbarheter og uønskede hendelser.
2.1.2 «At strategy and design stages, relevant stakeholders have identified (or reviewed): a) Dependencies associated with the asset and its function(s) b)The criticality of the asset and its components»	Kap. 3	ROS-analysen benytter metode basert på NS 5814 - krav til risikoanalyser og DSBs veiledning samfunnssikkerhet i kommunens arealplanlegging. Det er gjennomført arbeidsmøte med relevante aktører hvor det skal identifiseres farer relevante for planområdet. Dette gjelder hvordan omgivelsene vil påvirke planområdet og hvordan tiltaket vil kunne påvirke omgivelsene.
2.1.4 «At each project stage, using current project information, risks and impacts have been identified and assessed (or reviewed and updated) for one or more resilience topics in accordance with the guidance»	Kap. 2, 3 og 4	Metoden benyttet for ROS-analysen vil ivareta risikovurderinger knyttet til 3. person, stabilitet og materielle verdier (etter DSB veiledning). I ROS-analysen vil det bli gjennomført et fareidentifikasjonsmøte med relevante aktører slik at relevante farer blir identifisert og vurdert i analysen. Datakilder og underlag vil bli innhentet der hvor det er mulig som grunnlag til vurderinger i

		analysen. Utredninger fra andre fag vil også bli benyttet som grunnlag.
2.1.6 «During design and construction, using current project information, a resilience plan has been developed (or updated) based on a current risk assessment(s) and an appraisal of potential solutions to enhance resilience and meet the resilience requirements for the project»		ROS-analysen har et metodekapittel og en beskrivelse av prosess som viser hvordan arbeidsgruppen har kommet frem til resultatene. Resultatene er beskrevet i rapporten og benyttes som underlag til planbestemmelser og eventuelt konkurransegrunnlag dersom behov. Analysen vurderer ikke kostnader knyttet til tiltakene.