

Ingeniørgeologisk rapport E6 Skogheim - Fossum

E6 Skogheim-Fossum, uten tunneler (planid: 2024 001)
Fagrapport

PlanID: 2024 001

Dokument ID: NV50E6BV-GEO-RAP-0001

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
00	14.03.24		Svrtrh/TANS/INGV	Shdtrh	Lontrh

Forord

Joint Venture Skanska Syltern (JV) skal bygge ny E6 Berkåk -Vindåsliene, på vegne av Nye Veier. Strekningen fra Skogheim til Fossum er omfattet av en egen reguleringsplan, med planID. 2020 001, vedtatt i 2022.

I den anledning optimaliseres veganlegget. Det er avdekket stort potensial for besparelser, noe som innebærer at gjeldende reguleringsplan må endres.

Rambøll og Henning Larsen Arkitekter bistår som rådgivere i prosjektet og har ansvar for bidraget med å utarbeide forslaget til ny reguleringsplan med plannavn E6 Skogheim – Fossum, uten tunneler, planID 2024 001. Dette skjer i tett dialog med ledelsen i JV og Nye Veier.

Nye Veier AS
Sluppenvegen 17B
7037 Trondheim
Tlf.: +47 479 72 727
www.nyeveier.no

Organisasjonsnummer: 915 488 099

Nye Veier AS
Side 2

Sammendrag

Det er i planfasen foretatt grunnboringer, kjerneboringer, seismikk, prøvegravinger og befaringer i forbindelse med planlegging av ny E6. Terrenget er bratt og krevende, spesielt med tanke på at eksisterende E6 skal være trafikkert under anleggsdriften. Ny E6 med fylkesvei som stedvis går på innsiden av E6 mot høye bergskjæringer er planlagt i et område med bratt sideterreng. Det er stedvis tykke løsmassemektheter i områder ovenfor relativt høye bergskjæringer. Skjæringshøyden er redusert i forhold til tilsvarende alternativ i en tidligere fase, og er nå på opp til ca. 35 meter. Løsmasser må i stort omfang støttes opp over bergskjæringene før bergskjæringene etableres, kfr geoteknisk rapport.

Trafikkavvikling blir et viktig tema da det vil forekomme arbeider helt inntil E6.

Skjæringene vil bli bygget gjennom en middels oppsprukken fyllitt/ glimmerskifer med 4 kartlagte hovedsprekkeretninger. Noen av sprekkeene er stedvis åpne og med svært ugunstig forløp som vil fordre mye bergsikring både før og etter at skjæringer er sprengt. Det er i planfasen fått noe mer kunnskap om sprekkesystemer sentralt i Vindåsliene etter at det er utført kjerneboring.

Bergmassene kan ikke brukes i øvre deler av veikroppen da den ikke har tilfredsstillende kvalitet. Det må tas hensyn til trafikk og jernbane ved sprenging. Vurdering av skredproblematikk og nødvendige tiltak er beskrevet i en egen rapport. Det forventes at det må etableres en del isnett i bergskjæringene da det er mye is i dagens skjæringer i Vindåsliene. Dette må kartlegges og prosjekteres i detalj under utførelsen, etter at skjæringene er etablert.

Det anbefales at det gjøres ytterligere tester med tanke på syredannende berg i planområdet og spesielt nord i planområdet der det skal tas ut berg for skjæringer for ny fylkesvei.

SAMMENDRAG	3
1 INNLEDNING	6
1.1 BAKGRUNN FOR PROSJEKTET	6
1.2 BESKRIVELSE AV ENDRINGSTILTAKENE	6
1.3 SUPPLERENDE KARTLEGGINGER	7
1.4 KONSEKVENSER AV ENDRINGSFORSLAGET	8
2 UTFØRTE UNDERSØKELSER.....	8
2.1 TIDLIGERE UNDERSØKELSER.....	8
2.2 UNDERSØKELSER UTFØRT I FORBINDELSE MED DENNE REGULERINGSPLANEN	9
2.2.1 Befaringer.....	9
2.2.2 Grunnboringer.....	9
2.2.3 Miljøundersøkelser	9
2.2.4 Seismikk	9
2.2.5 Prøvegravinger.....	9
2.2.6 LA-test, Mikro-Deval	9
2.2.7 Vannømfintlighet	9
2.2.8 Kjerneboringer	9
2.2.9 Andre undersøkelser	10
3 GRUNNLAG	10
3.1 GRUNNLAG FOR PROSJEKTERING OG RAPPORTENS OPPBYGGING	10
4 MYNDIGHETSKRAV OG GEOTEKNISK KATEGORI OG OVERSIKT SKJÆRINGER ...	10
5 KRAV TIL KONTROLL	13
FAKTADEL.....	15
6 BERGGRUNN	15
6.1 REGIONALGEOLOGI	15
6.2 BERGMASSEBESKRIVELSE	15
6.3 OPPSPREKKING	18
7 SVAKHETSSONER/ LINEAMENT	19
8 LØSMASSER – KVARTÆRGEOLOGI	20
9 VANNFORHOLD – HYDROLOGI/HYDROGEOLOGI	25
10 OMGIVELSER.....	29
11 KRAV TIL HÅNDTERING AV SPRENGSTEINSMASSER	32
12 GRUNNSPRENGING/ DYPSPRENGING	32
13 SKREDFARE.....	33
TOLKNINGSDEL	40
14 VURDERINGER AV UTFALLSMEKANISMER I BERGSKJÆRINGER OG BORAVVIK	40
14.1 SKJÆRINGER VED FYLKESVEI NORD FOR VINDÅSLIENE	40

14.2	SKJÆRINGER RUNDT VINDÅSLIBEKKEN (PROFIL 34820 – 35100).....	40
14.3	SKJÆRINGER VINDÅSLIENE NORD (PROFIL 35100 – 35420).....	44
14.4	SKJÆRINGER ØVERST I VINDÅSLIENE (PROFIL 34820 – 34220).....	45
14.5	DOBBELTSIDIGE SKJÆRINGER ØVERST I VINDÅSLIENE (PROFIL 34220 -33680)	45
14.6	SKJÆRINGER VINDÅSLIENE NORD (PROFIL CA 32740– 32140).....	47
14.7	BORAVVIK	49
15	VURDERING AV SIKRING AV LØSMASSER OVER BERGSKJÆRINGER	49
16	VURDERING AV GEOMETRISK UTFORMING AV SKJÆRINGER	50
17	BERGSIKRING	53
17.1	BERGSIKRINGSMETODER GENERELT	53
	<i>Rensk</i>	53
	<i>Bolting</i>	53
	<i>Forbolting</i>	53
	<i>Steinprangnett</i>	53
	<i>Sprøytebetong</i>	53
	<i>Vann</i>	53
	<i>Sikring av skråning over skjæringstopp</i>	53
17.2	MENGDER.....	54
18	VURDERING AV MEKANISKE EGENSKAPER OG ANVENDELSE AV SPRENGSTEINSMASSENE	59
19	VURDERINGER – HYDROLOGI/HYDROGEOLOGI	60
20	VURDERING AV KRAV TIL HÅNDTERING AV SPRENGSTEINSMASSER	61
21	VURDERING AV SKREDFARE.....	64
22	VANNØMFINTLIGHET, DYPSPRENGING, GRUNNSPRENGING	64
23	VURDERINGER AV TILTAK MOT OMGIVELSER	65
24	INGENIØRGEOLOGISK KOMPETANSE OG OPPFØLGING I BYGGEFASEN	65
25	GJENNOMFØRBARHET/SHA/SPESEIELLE FORHOLD/ UTTAK AV BERG OG LØSMASSER	66
26	ANBEFALTE VIDERE UNDERSØKELSER	68
27	REFERENCES	68

Vedlegg 1 Ingeniørgeologisk plantegning med lengdesnitt

Vedlegg 2 Tverrsnitt

Vedlegg 3 Seismiske profiler

Vedlegg 4 Fotovedlegg

Vedlegg 5 Sprekkeroser

1 Innledning

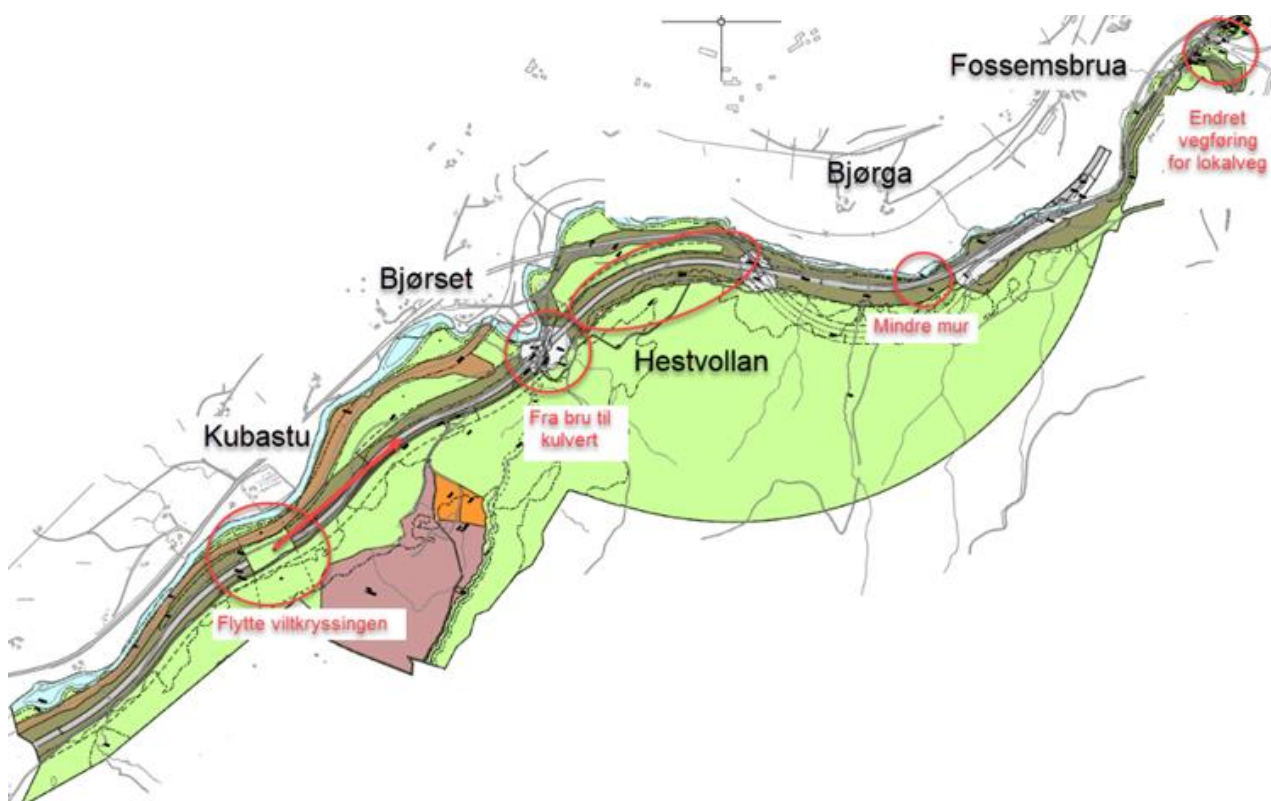
1.1 Bakgrunn for prosjektet

JV Skanska Syltern og Nye Veier innledet høsten 2023 en optimaliseringsfase for prosjektet E6 Berkåk-Vindåsliene. I fasen skal partene sammen optimalisere prosjektet med tanke på klima, miljø og kostreduksjon. I optimaliseringsfasen har det vist seg at det er store potensialer til forbedring på disse forholdene, dette medfører justert linjeføring i forhold til gjeldende reguleringsplan (planID: 2020 001).

På grunn av forslag til nye løsninger må det utarbeides en ny reguleringsplan med plannavn E6 Skogheim – Fossum, uten tunneler (planID 2024 001) som erstatter gjeldende reguleringsplan for Skogheim – Fossum (planID 2020 001), vedtatt i 2022.

1.2 Beskrivelse av endringstiltakene

Forslag til endringstiltak framkommer av figur 1.



Figur 1 Endring av elementer i reguleringsområdet.

Omreguleringen vil berøre forhold/endringer som listet opp under:

- Smidigere linjeføring for ny 4-felts E6,

Veganlegget blir liggende lavere i terrenget, og med noe krappere horisontalkurvatur. Ny løsning vil gjenbruke mer av dagens E6 enn tidligere planlagt, samt at lokalvegen i Vindåsliene ikke bygges i tunnel, men som en parallell til ny E6 i dagen. Konsekvensen av dette er mindre utslag for skjæringer og fyllinger, og mindre arealbruk til samferdselsformål.

- Kubastu viltovergang – flytting av viltovergang

I ny løsning blir plassering av viltovergang ca. 500 meter lengre nord enn hva som er foreslått i gjeldende plan fra 2022. Dette fører også til noe omlegging av lokalveg. Ledegjerde er vist mellom elva og jernbanen.

Ny plassering foreslås i et område med større avstand til jernbanen og i et mindre sidebratt terreng. Overgangens lengde øker fordi lokalvegen også føres over viltovergangen. E6 senkes gjennom området.

- Hestvollbrua – Bjørset – kulvert i stedet for bruløsning

I ny løsning foreslås det å senke E6 i terrenget for å bedre massebalanse og terrenginngrep. På denne måten blir kryssingen mer aktuell i form av kulvert og løsning for bekk, samt mulig småviltkryssing i kulvertløsningen, til erstatning for regulert bru over lokalveg- og bekkekryssing på Bjørset.

- Omlegging av E6 ved Hestvollan

I ny løsning foreslås E6 med en annen horisontalkurvatur og parallelført lokalveg i dagen, i stedet for i tunnel.

Endringen vil i hovedsak ligge innenfor samferdselsformål. Unntaket er at det går noe av LNF-arealet nord for regulert E6 som må brukes til vegformål, mens langt mer areal avsatt til vegformål, sør for ny veglinje, ikke blir berørt av vegformål.

- Mindre støttemur mot Ila

I ny løsning foreslås kortere støttemur sammenlignet med forslaget i gjeldende plan, noe som gir mindre inngrep i Ila. Årsaken til at muren og tiltaket nede ved elven er mindre nå, sammenlignet med gjeldende plan fra 2022, er fordi man har senket E6-linja og samtidig ligger nærmere eksisterende veg enn sist. Dette er mulig pga. fylkesvegen krysser over E6 med en overgangsbru istedenfor en tunnelportal under E6.

- Området ved Fossem bru

Gjeldende reguleringsplan (planID: 2020 001). legger opp til at lokalveg går på store fyllinger gjennom området. I foreslått ny løsning vil fylkesvegen senkes og føres over Fossem bru, med nytt dekke og nye brukar. Det blir ingen nye konstruksjoner/pilarer i elva. Det legges opp til at lokalvegen reguleres med bredde 7,5 meter.

Avkjøringen mot Vognillgrenda flyttes noe nærmere dagens avkjøring, enn det som ligger i regulert løsning.

1.3 Supplerende kartlegginger

Det er gjort kjerneboringer fra vegnivå og inn mot planlagt skjæring i kritiske og sentrale deler av Vindåsliene.

Det er utført noen grunnboringer i terrenget over planlagt vei i Vindåsliene.

Det er gjort befaringer i områder der det blir endringer i forhold til tidligere.

Det er gjort befaringer for å ytterligere kartlegge skredfare fra sideterreng. Dette temaet er beskrevet i en egen rapport som ligger ved reguleringsplanen.

1.4 Konsekvenser av endringsforslaget

Tunnel utgår. Dette vil bety mindre inngrep i påhuggsområdene. Ulempen kan være vanskeligere trafikkavvikling i byggetiden da muligheten for lede trafikk gjennom tunnel mens man bygger ut skjæringene i Vindåsliene utgår

Det blir høyere skjæringer i sentrale deler av Vindåsliene i sentrale deler av Vindåsliene i området rundt Vindåslibekken. I dette området er det i forbindelse med gjort undersøkelser i form av kjerneboring for å få god oversikt over sprekkesystemer og eventuelle slepper.

Fylkesveien vil ligge nærmest skjæring og E6 vil ligge lenger vekk fra skjæring på store deler av strekningen gjennom Vindåsliene.

Det vil bli mindre dobbeltsidig skjæring sør i Vindåsliene enn tidligere da linjeføringen går nærmere dagens E6 og skjærer gjennom terrenget er noe lavere enn tidligere.

2 Utførte undersøkelser

2.1 Tidligere undersøkelser

Det er tidligere laget en ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan for strekningen med løsning med E6 i tunnel gjennom Vindåsliene [1].

Det er laget en ingeniørgeologisk rapport for høye skjæringer på hele vegstrekningen (Ulsberg – Vindåsliene) der en av skjæringene er på strekningen Fossum – Skogheim [2].

Det er av Sweco, i forbindelse med utarbeidelse av tidligere reguleringsplan, utført seismikk i skråningene for planlagt påhugg og forskjæring til Vindåslitunnelen [1].

I forbindelse med tidl.reguleringsplan har Sweco utført grunnboringer i området langs vei og over planlagt forskjæring og planlagt påhugg for Vindåslitunnelen [1].

I 2004-2005 er det gjort grunnboringer langs veien og oppe i skråningene og anleggsveiene i forbindelse med utvidelse av E6 i Vindåsliene [3]. Det ligger også noen grunnundersøkelser fra samme periode i NADAG [4]

Det er utført helikopterbasert geoskanning (AEM) for Vindåslitunnelen fra helikopter av Emerald [5].

Det er utført diamantboringer for å undersøke en mulig malm ca 200 meter sørøst for profil ca 32400 [6].

2.2 Undersøkelser utført i forbindelse med denne reguleringsplanen

2.2.1 Befaringer

Befaringer i området er utført en rekke ganger på strekningen mellom våren 2020 til sommeren 2021 av ingeniørgeologene Stein Vegar Rødseth, Werner Stefanussen, Sverre Paulsen Thoresen, Endre Kjærnes Øen og Torgeir Fiskum Hansvik fra Rambøll.

I forbindelse med omregulering av gjeldende reguleringsplan fra 2022 (planID: 2020 001) og endring av linje er det i 2024 utført ytterligere befaringer av ingeniørgeologer fra Rambøll. Det er også gjort en ny vurdering av steinsprang og snøskredfare på strekningen. Skredvurdering fra sideterreng er tatt ut av denne rapporten og fins som egen rapport [7]. Det er benyttet drone for oversiktsbilder. Sprekker er kartlagt med geologisk kompass. Befaringer er gjort både når det var snøfritt og med snødekke.

2.2.2 Grunnboringer

Det er utført grunnboringer i området langs regulert vei i nærheten av og over tidligere regulert og planlagt tunnel. Resultatene er vist på tegninger og vedlegg 1 i denne rapporten. Se geoteknisk rapport for denne reguleringsplanen [8].

2.2.3 Miljøundersøkelser

Det er tatt prøver for å undersøke tilstedeværelsen av syredannende berg, [9]. Disse er tatt noe lenger sør enn planområdet i samme bergart.

2.2.4 Seismikk

Det er gjort seismiske undersøkelser over prosjektert bergskjæring på strekningen mellom profil 34060–34640
profil 34920 - 35020
profil 35100 – 35200
profil 35220 – 35350

I forbindelse i fra tidligere reguleringsarbeid [1] og i forbindelse med forrige revisjon av denne rapporten. I forbindelse med arbeid gjort i forbindelse med forrige revisjon ble det laget en seismisk rapport [10]. Utdrag i fra [10] er vist i vedlegg 3. Se vedlegg 1 for plassering.

2.2.5 Prøvegravinger

Det er gjort prøvegravinger (se Figur 11) for å kontrollere løsmassetype og seismiske resultat. Det er ikke laget noe rapport fra prøvegraving.

2.2.6 LA-test, Mikro-Deval

Det er tatt prøver av bergmasse for egnethet i veg [11].

2.2.7 Vannømfintlighet

Det er tatt prøver av bergmasse angående vannømfintlighet, [12] [13].

2.2.8 Kjerneboringer

Det er utført kjerneboringer i skjæring der man får de høyeste skjæringene sentralt i Vindåsliene. Det er ikke utført en detaljert vurdering av resultatene ut over å registrere at det ikke er svakhetssoner eller slepper i nivå med planlagt skjæring. Det er planlagt å gjennomføre detaljundersøkelser med televiewer av borhullene. Detaljering er planlagt utført i byggeplanfasen.

2.2.9 Andre undersøkelser

Det er gjort laserinnmåling av terreng i Vindåsliene for bruk i modell og planlegging.

3 Grunnlag

Følgende grunnlag er benyttet i forberedelse av feltarbeidet og som grunnlag til denne rapporten:

3.1 Grunnlag for prosjektering og rapportens oppbygging

Grunnlag for prosjektering:

- SVV håndbok N200 Vegbygging [14]
- Eurokode 7 [15]
- NS 8141:2001 Vibrasjoner og støt, 2. utg. 2001 [16]
- NBG Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering, Veileder [17]
Nye versjon av N200 er utgitt i juni 2021, men det er benyttet håndbøker som var gjeldene ved prosjekteringsoppstart.

Følgende grunnlag er benyttet i forberedelse av feltarbeidet og utarbeidelse av denne rapporten:

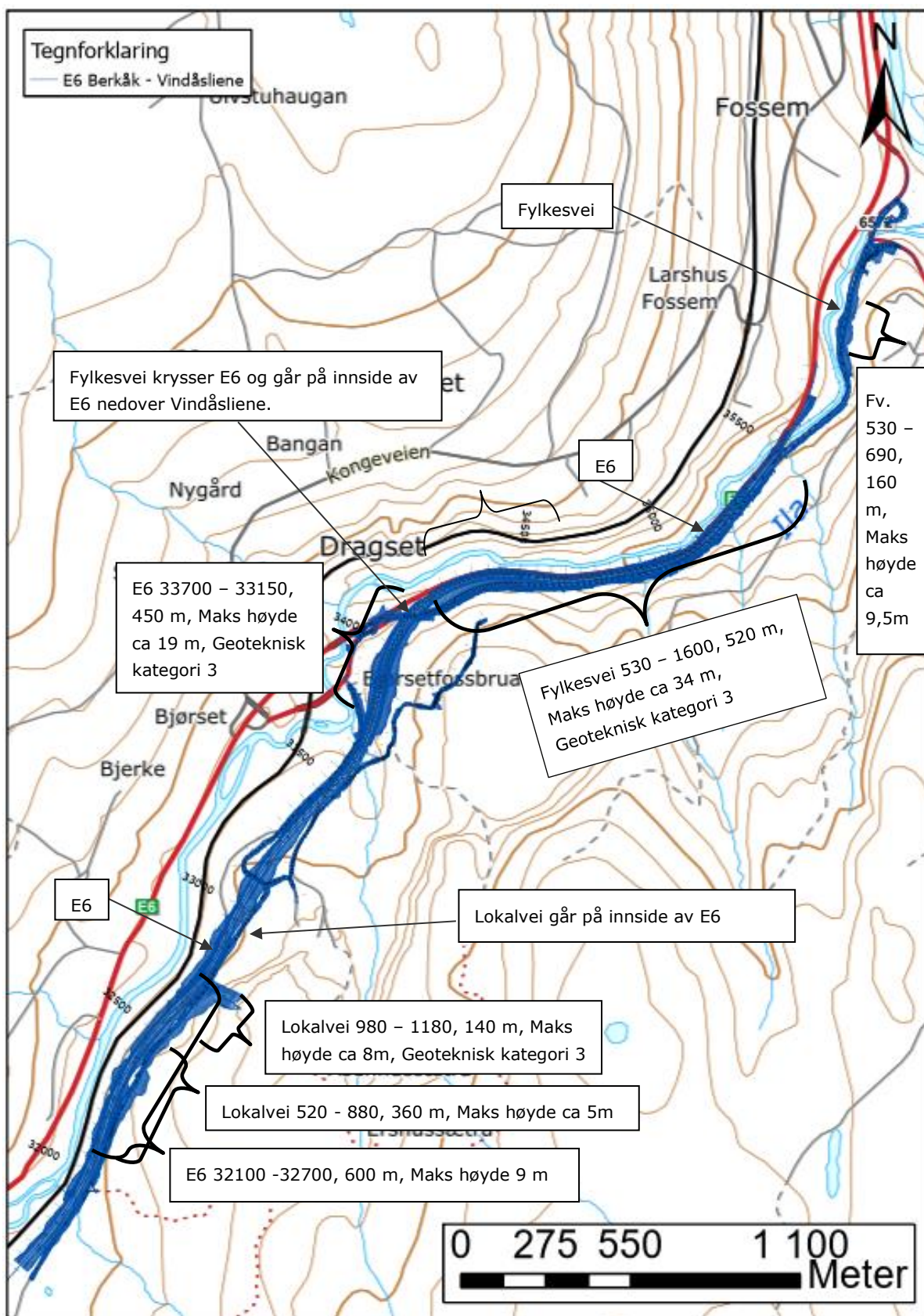
- Novapoint modell, Rambøll, 2024
- Berggrunnskart fra NGU, 1:50 000 [18]
- Kvartærgeologisk kart fra NGU, 1:250 000 [19]
- NGU Radon aktsomhetskart [20]
- NGU GRANADA, grunnvannsdatabase [21]
- Aktsomhetskart skred, skredhendelser fra NVE Atlas [22]
- E6 Ulsberg-Vindåsliene, Ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan – Vindåslitunnelen, 2016 [1]
- Detaljregulering Ulsberg – Vindåsliene - Ingeniørgeologisk rapport skjæringer i berg [2]
- NV50E6UV-GTK-RAP-0003-Geoteknisk prosj.rap. for område 7, Rambøll, 2024 [8]

4 Myndighetskrav og Geoteknisk kategori og oversikt skjæringer

Ifølge håndbok N200 [14] skal prosjekter klassifiseres i geotekniske kategorier avhengig av kompleksitet og risiko. Håndboka angir at følgende bergskjæringer skal plasseres i geoteknisk kategori 3:

1. Bergskjæringer høyere enn 10 meter (målt fra ferdig veg)
2. Bergskjæringer der svakhetssoner/slepper vil kunne føre til større utglidninger.
3. Bergskjæringer i foten av høye skrånninger/fjellsider der inngrep vil kunne føre til stabilitetsproblemer.
4. Bergskjæringer med skrånende terreng over skjæring, hvor skredfare og stabilitet må håndteres.
5. Bergskjæringer der hensynet til bygninger, konstruksjoner, infrastruktur o.l. i umiddelbar nærhet må ivaretas.
6. Bergskjæringer i bergarter som vil kunne gi forurensende avrenning.

For hovedlinjen vil vi få bergskjæringer høyere enn 10 meter og skjæringene faller således inn under geoteknisk kategori 3. Det er også sidebratt terreng som gjør at de faller inn under kategori 3 i forhold til punkt 4 i punktlisten over angående skrånende terreng hvor skredfare og stabilitet må håndteres. Det må også tas hensyn til deler av punkt 5 angående umiddelbar nærhet til infrastruktur. Bergskjæringene i planområdet er vist i en oversiktstegning i Figur 2 og skjæringene i geoteknisk kategori 2 og 3 er vist i Tabell 1 fra sør til nord.



Figur 2 Oversikt skjæringer

Tabell 1 Bergskjæringer i geoteknisk kategori 2 og 3 på strekningen.

Strekning (Høyre (H)/ venstre (V) side i profilretning	Geoteknisk kategori	Begrunnelse
980 – 1180 (H). Innenfor E6 mellom profil 32580-32770	3	5 - 10 meters høyde, men har bratt sideterreng.
32170 – 32230 (H)	2	5-10 meters høyde. Ingen andre forhold tilsier Geoteknisk kategori 3
32200 – 32250 (H)	3	> 10 meters høyde (max høyde ca 12 m). Geoteknisk kategori 3
32250 – 32290 (H)	2	5 - 10 meters høyde. Ingen andre forhold tilsier Geoteknisk kategori 3
32370 – 32470 (H)	2	5 - 10 meters høyde. Ingen andre forhold tilsier Geoteknisk kategori 3
33700 – 33720 (V)	2	5 - 10 meters høyde Ingen andre forhold tilsier Geoteknisk kategori 3
33720 – 33960 (V)	3	> 10 meters høyde (maks høyde ca 18 m)
33960 – 34140 (V)	3	5 - 10 meters høyde, men nærhet til E6 (viktig infrastruktur).
33670 – 33700 (H)	2	5 - 10 meters høyde. Ingen andre forhold tilsier Geoteknisk kategori 3
33700 - 34110 (H)	3	> 10 meters høyde (maks høyde ca 23 m)
34110 – 34180 (H)	3	5 - 10 meters høyde, men har nærhet til E6 (viktig infrastruktur).
300 – 360 (H). Innenfor E6 mellom profil 34120 – 34180.	3	5 - 10 meters høyde, men har bratt sideterreng og nærhet til E6 (viktig infrastruktur).
360 - 1600 (H). Innenfor E6 mellom profil 34180 – 35420.	3	> 10 meters høyde (maks høyde ca 34 m) og har bratt sideterreng og nærhet til E6 (viktig infrastruktur).
570 – 670 (H). Ny fylkesvei helt i sør.	2	5 - 10 meters høyde

5 Krav til Kontroll

Figur 3 viser en oversikt over kontrollregler for de forskjellige geotekniske kategoriene.

Kontroll- klasse	Kontrollform					
	Ved prosjektering			Ved utførelse		
	Egen- kontroll	Intern, system- atisk kontroll (kollegakontroll)	Utvidet kontroll	Egen- kontroll	Intern, system- atisk kontroll (kollegakontroll)	Utvidet kontroll
PKK1/UKK1	Kreves	Kreves ikke	Kreves ikke	Kreves	Kreves ikke	Kreves ikke
PKK2/UKK2	Kreves	Kreves	Kreves ¹⁾	Kreves	Kreves	Kreves ¹⁾
PKK3/UKK3	Kreves	Kreves	Kreves ²⁾	Kreves	Kreves	Kreves ²⁾

¹⁾ Utvidet kontroll i prosjekterings- og utførelseskontrollklasse PKK2/UKK2 kan begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll (kollegakontroll) er gjennomført og dokumentert.

²⁾ Utvidet kontroll i prosjekterings- og utførelseskontrollklasse PKK3/UKK3 skal utføres som en faglig kontroll.

Figur 3 Krav til kontrollform, jamfør Håndbok N200 [14]

Ved PKK3 settes det krav til utvidet kontroll (uavhengig kontroll) i tillegg til egenkontroll og kollegakontroll. Hovedhensikten med utvidet kontroll er å kontrollere at planlegging og prosjektering følger krav til geologiske forundersøkelser og rapport i kapittel 207 i håndbok N200. Det bemerkes at det også settes krav til utvidet kontroll ved utførelse for bergskjæringer i kontrollklasse PKK3/ UKK3. For PKK2/UKK2 kreves egenkontroll, intern systematisk kontroll og utvidet kontroll, men den utvidede kontrollen kan begrenses til en kontroll av at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert.

FAKTADEL

6 Berggrunn

6.1 Regionalgeologi

I henhold til berggrunnskart fra NGU er bergmassen i området en del av Trondheimsdekkekomplekset og Guladekket, antatt innskjøvet i tidligordovicisk til silurisk tid.

Sammen med Rørosdekkekomplekset utgjør disse den øvre dekkeserien i Trondheimsområdet med bergarter fra kambrisk til ordovicisk tid. Blant dekkekompleksene er det også angitt dypbergarter fra ordovicium og silurtiden, blant annet representert av hyperstenførende granodioritt (opdalitt) som er angitt i et område ved Skamfersætra ca. midt mellom Ulsberg og Berkåk.

De øvre dekkseriene er ofte svært forskjellige fra de underliggende, og inneholder bergarter med stor variasjon både i sammensetning, deformasjonsstil og omdanningsgrad. Dette gjør at geologien ofte er kompleks, og at det er usikkerhet knyttet de ulike bergartenes forløp i grunnen.

Trondheimsdekkekomplekset består hovedsakelig av metamorfe og sedimentære bergarter som for eksempel grønnstein, gråvakke, ulike typer fyllitt, sandsteiner og kvartsitter.

6.2 Bergmassebeskrivelse

Berggrunnskartet fra NGU viser at grunnen langs traseen består av bergarter som fyllitt, glimmerskifer, amfibolitt, grønnstein og tufitt, se Figur 6. Det bemerkes at berggrunnskartet til dels også baserer seg på tolkninger. Det er derfor knyttet usikkerhet til detaljene i kartet. En mer detaljert beskrivelse av bergartene er vist under.

Fyllitt og glimmerskifer er finkornede bergarter der hovedmineralene er kvarts og glimmer. Det kan forekomme fyllitter med innhold av kalk, biotitt og grafitt i området ifølge NGU kart. Disse bergartene har utpregede kløvegenskaper, noe som gjør de skifrige. På strekningen beskriver NGUs kart spesifikt «mørk kalkholdig biotittfyllitt, glimmerskifer og grafittfyllitt». Det er en glimmerskifer/ fyllitt som er observert i felt. Stedvis er det observert noe pyritt i bergarten, se 20. Spesielt er dette observert helt i nord ved planlagt ny fylkesvei.

Bergmassen varierer mellom å veldig skifrig, fyllittisk og forvitret til en mer bestandig bergmasse der borpiper vises etter sprenging. Stedvis er bergmassen gjennomsett av gjennomsettende sprekker som er omtalt senere i rapporten. Generelt er bergartene i større eller mindre grad småfoldet.

Eksempler på bergmassen er vist i Figur 4 og Figur 5.



Figur 4 Oppsprukket og forvitret bergmasse ved planlagt fylkesvei i nord



Figur 5 Mer kompetent, småfoldet bergmasse med synlige borpiper mer sentralt i Vindåsliene.

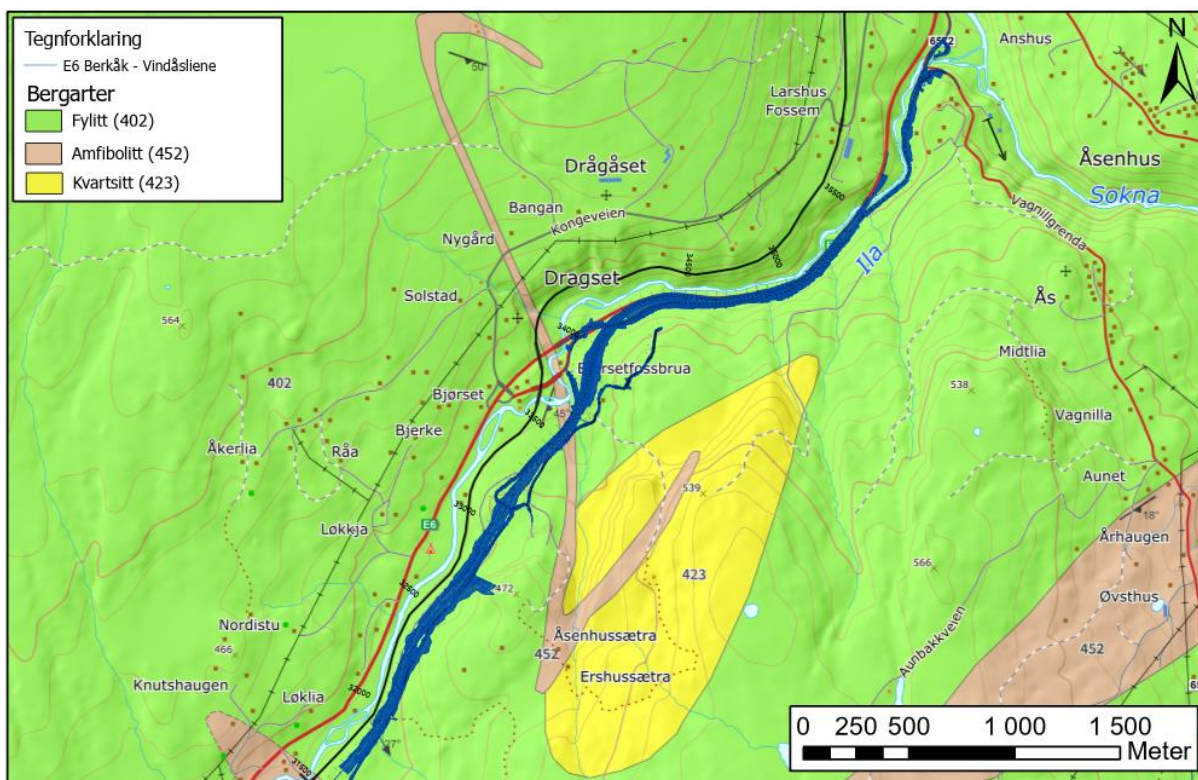
Flere bilder fra bergmassen er vist i vedlegg 5 som er et bildevedlegg.

I tillegg er det beskrevet et belte av amfibolitt, grønnstein og tuffitt som krysser traseen ved ca. profil 33650 og ca. profil 33700. Beltet er orientert i nord-sør-retning. Bergartsskillet er ikke observert i felt.

Amfibolitt er en middelskornet, mørk og metamorf bergart hovedsakelig bestående av hornblende og plagioklas. I dette området er både amfibolitt og grønnstein metamorfe bergarter med utgangspunkt i basalt og diabas.

Grønnstein er en middelskornet, grønnlig og metamorf bergart hovedsakelig bestående av feltspat og amfibol.

Tuffitt er en tuff som inneholder både pyroklastiske og detritale materialer, men hovedsakelig pyroklastisk. I følge IUGS- definisjon inneholder tuffitt 75% til 25% vulkansk (epiklastisk) materiale.



Figur 6 Berggrunnskart fra NGU med planlagt trasé.

6.3 Oppsprekking

Det er utført sprekkekartlegging i skjæringer i berg langs eksisterende E6, i linja over E6 i Vindåsliane der det har vært synlige bergblotninger, samt langs linja sør for Vindåsliane.

Bergmassen i eksisterende skjæring i berg langs E6 kan karakteriseres som middels oppsprukket. Det har forekommet enkelte utfall i forbindelse med gjennomsettende sprekker og slepper.

Målingene viser at bergmassens oppsprekingsgrad og sprekkeorienteringer varierer i området. Sprekkene kan karakteriseres som bølgete i stor skala og ru i liten skala. Bergmassen er typisk foliert/lagdelt med varierende grad av oppsprekking langs dette planet. Observerte sprekkeflater bærer preg av å være overflateoksiderte og påvirket av forvitring. Sprekker er stedvis åpne og gjennomsettende. Det er typisk registrert 4 sprekkesett i bergmassen, samt tilfeldige sprekker. Bergmassen kan karakteriseres som moderat til lite oppsprukket i henhold til oppsprekkingstallet (RQD-verdi).

Sprekkesett (se vedlegg 6):

1. N80-90°Ø og N80-90°V / 10-20°S (Foliasjon/lagdellingsplan)
2. N40-60°V / 40-70°NØ
3. N80-90°Ø og N80-90°V / ~90°S
4. N30-50°Ø / 45-75°NV

Sprekkeroser der det er differensiert på strekninger er vist senere i rapporten sammen med figurer og i vedlegg.

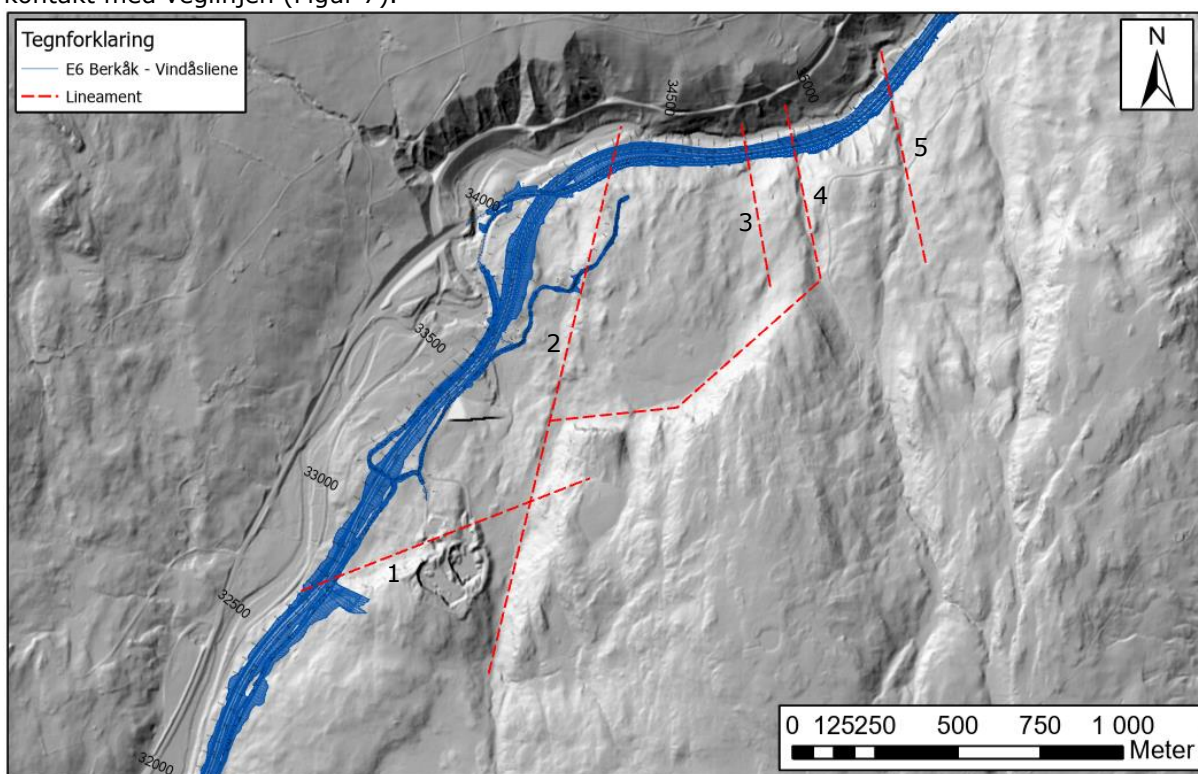
7 Svakhetssoner/ Lineament

I terrenget over E6 er det observert daler og forsenkninger som i geologiske termer ofte omtales som lineamenter. Lineamenter er ofte et tegn på en svakhetsone i grunnen. Disse kan deles inn i to hovedtyper [23]:

1. Svake bergartslag: Dannet primært som bergarter med høyt innhold av parallellorienterte mineraler som for eksempel talk, grafitt, kloritt, glimmer eller det kan være bergarter med svak mineralkornbinding. Skyveplan, forkastningssoner, pegmatittganger og diabasganger regnes også som svake bergartslag.

2. Tektoniske bruddsoner: Er et resultat av tektoniske spenninger og er en sone hvor det har foregått bevegelse. Deles videre inn i spaltesoner og knusningssoner.

Det er registrert 5 lineamenter i området som antas å representere svakhetssoner og som kan komme i kontakt med veglinjen (Figur 7).



Figur 7 Lineament som antas å representere svakhetssoner som kan komme i kontakt med veglinjen.

1. Terskel i nordøst-sørvestlig retning langs steil bergside med fjellmassiv mot sørøst og slakere terreng dekket av løsmasser mot nordvest. Observert i felt og ved bruk av kartdataverktøy. Vil komme i kontakt med planlagt linje ca. i profil 32680 og planlagt lokalvei på sørøstsiden av planlagt E6 ca. i profil 32700. Veilinja går fra å gå på fylling i disse profilnumrene til å få skjæring på sørøstsiden av planlagt vei.

2. Lineament i nord-sørlig retning som krysser ved traséen. Tydeligst i sør. Mindre markert mot kryssing av linjen. Lineamentet krysser linjen i profil ca. 34240.

3. Lineament i løsmasser langs bekkeløp i nord-sørlig retning. Kryssetraséen i terrenget ved profil 34780. Lineamentet er kartlagt i felt og ved bruk av kartdataverktøy.

4. Lineament i løsmasser langs Vindåslibekken i nord-sørlig retning. Kryssetraséen i terrenget ved profil 34930. Lineamentet er kartlagt i felt og ved bruk av kartdataverktøy.

5. Lineament i løsmasser langs Vindåslibekken i nord-sørlig retning. Kryssetraséen i terrenget ved profil 35240. Lineamentet er kartlagt i felt og ved bruk av kartdataverktøy.

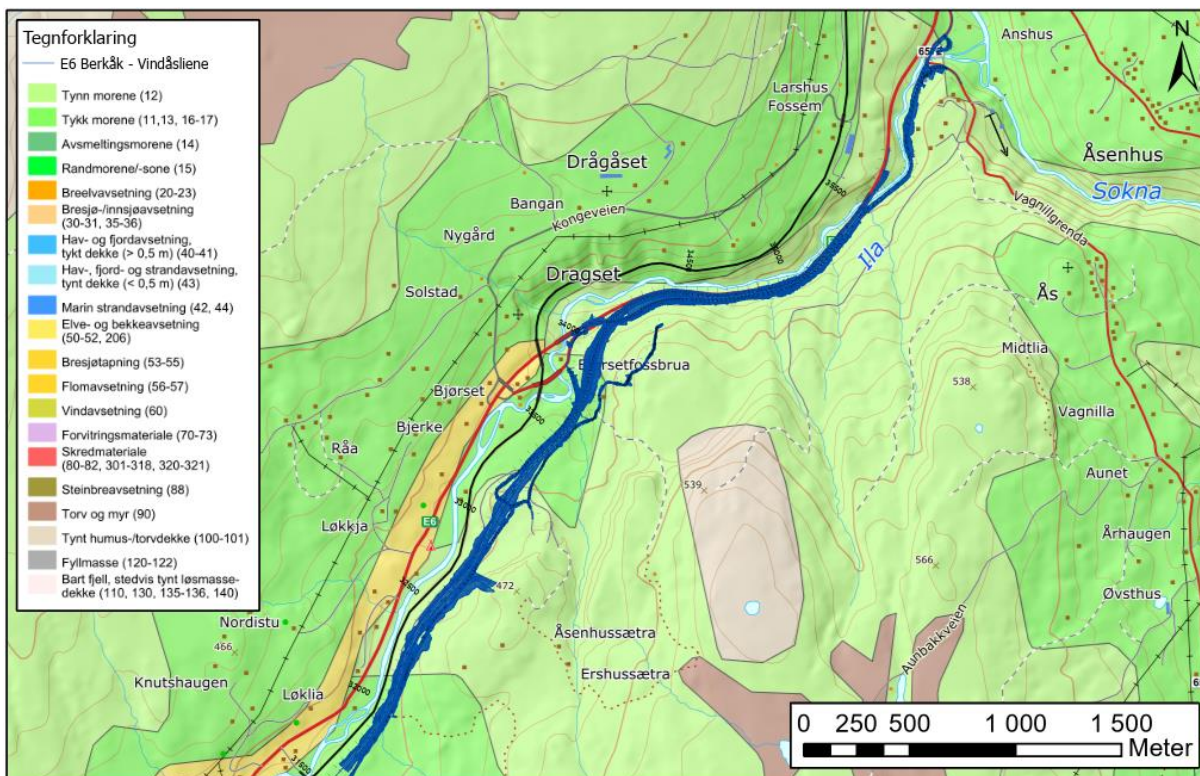
Bredde på lineament er ikke angitt da det er usikkert hvor mye de forskjellige påvirker veillinjen.

8 Løsmasser – Kvartærgeologi

På strekningen er det i henhold til kvartærgeologisk kart fra NGU vist «tynn morene» og «Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet». Det bemerkes at det kvartærgeologiske kartet til dels baserer seg på tolkninger.

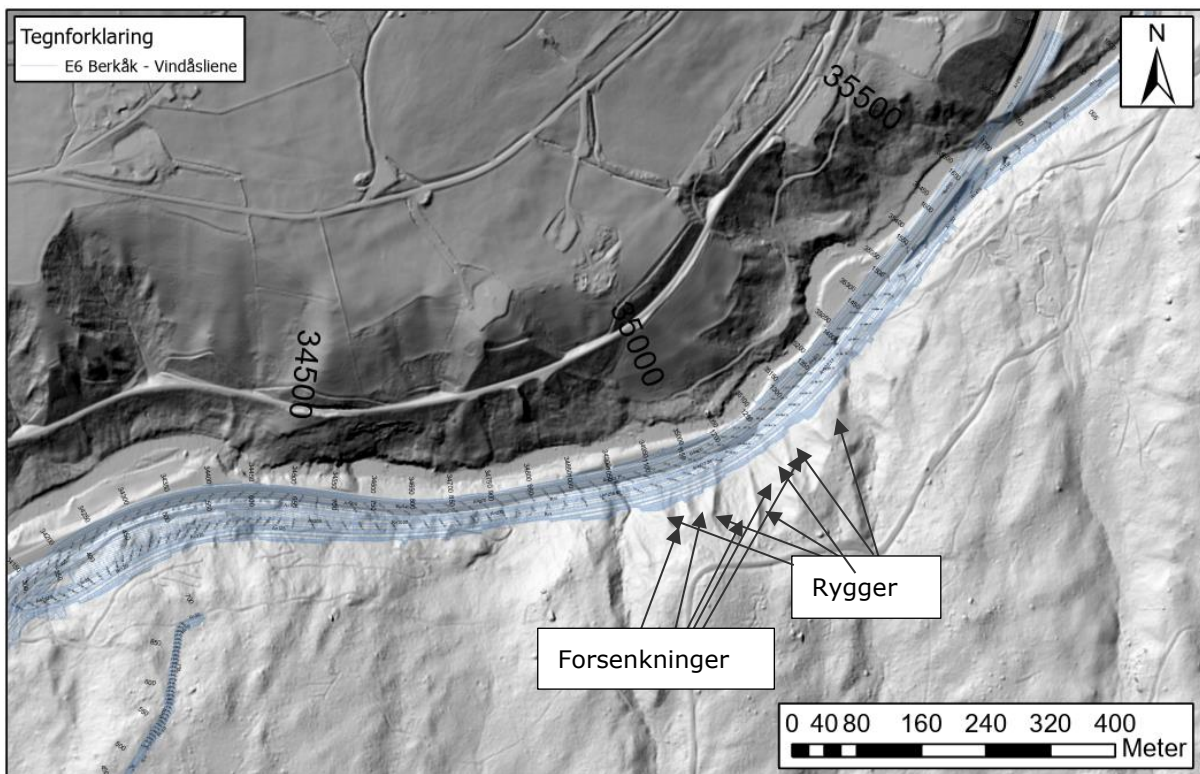
Tynn *morene* antyder et usammenhengende dekke med tykkelse normalt mindre enn 0,5 meter, men som lokalt kan være noe mer.

Morenemateriale, sammenhengende dekke, stedvis med stor mektighet er i NGUs løsmassekart definert som: «*Materiale plukket opp, transportert og avsatt av isbreer, vanligvis hardt sammenpakket, dårlig sortert og kan inneholde alt fra leir til stein og blokk. Moreneavsetninger med tykkelse fra 0,5 m til flere ti-talls meter. Det er få eller ingen fjellblotninger i området.*» NGUs løsmassekart med veillinje kan ses i Figur 8.



Figur 8 Løsmassekart (NGU). Mørk grønn viser tykk morene, lys grønn viser tynn morene, gul og oransje viser fluviale avsetninger, rosa viser forvitningsmateriale.

Planlagt vei på strekningen er planlagt som en utvidelse av eksisterende skjæringer i berg på sørøstsiden av E6 i nordre del mellom profil 34200 –35440 (rett etter Vindalslibrua), mens det sør for 34200 planlegges dobbeltsidig skjæringer i jomfruelig terreng. Fylkesvei skal ligge nærmest skjæringene på innsiden av E6 mellom profil 34200 –35440. I overkant av skjæringene i berg i de eksisterende skjæringene i Vindåsliene ligger det løsmasser som stedvis er dekket av plastringsmasser. Helningsvinkelen på terrenget i overkant av planlagt vei er 30-35°. Over området med tiltak er helning stedvis noe brattere eller i samme bratthet til man kommer opp mot toppen i området med den eksisterende skogsveien hvor terrenget flater ut. Plastringsmasser er sikringstiltak som ble utført i forbindelse med utvidelsen av E6 i årene 2004-2006. Videre sørover langs E6 er det observert flere forsenkninger i sideterrenget på sørvestsiden av E6. 2 steder er det montert tørrmurer for stabilisering av løsmassene i skråningen. Ovenfor disse tiltakene er det skogdekt og jomfruelig terreng. På skyggerelieff kan man se at det langs skråningen ovenfor dagens vei vekselvis er rygger og forsenkninger ned mot dagens vei (se Figur 9).



Figur 9 Skyggerelieffkart med forsenkninger og rygger som kan sees i terrenget.

I en rapport fra Rambøll [3] i forbindelse med utvidelse av veien i Vindåsliene er det beskrevet «Mesteparten av massene er meget faste, antatt moreneavsatt. Det er et parti med noe løsere, antatt (bre-?) elveavsatte, masser lengst nord.» Det er sannsynligvis de elveavsatte massene som kan ses i bakgrunnen på Figur 10 det henvises til. Det henvises for øvrig til geoteknisk rapport for reguleringsplan for strekningen for detaljer [8].



Figur 10 Løsmasser helt nord i Vindåsliene

Det er utført flere prøvegravinger på åsen ovenfor Vindåsliene for å avkrefte at ikke berget lå høyere enn der det er tolket sikker påvisning av berg i grunnboringsrapporter. Resultatet viste at det ikke ble påvist berg, men en meget fast morene etter noen få meter, noe som bekrefter beskrivelsen av «Mesteparten av massene er meget faste, antatt moreneavsatt» i [3]. Bergnivået er derfor prosjektert i høyde med sikker påvisning iht. til grunnboringer. Massene i øvre lag er noe løsere lagret. Bilde fra prøvegraving er vist i Figur 11.



Figur 11 Prøvegravingshull med plassering. Bildet er fra prøvehull lengst i nord.

Det er også gjort boringer fra anleggsveien ifm. utvidelsen i 2004-2006, reguleringsplanfasen for den tidligere regulerte Vindåslitunnelen og boringer ifm. denne reguleringsplanfasen. Alle boringer er vist i vedlegg 1. Det henvises til geoteknisk rapport [8] for ytterligere informasjon om løsmassene på strekningen.

I rapporten er løsmassene beskrevet som følgende:

«Fra Løklia, Figur 8, ved profil 31615 frem til ca. profil 34300 viser sonderingene et tynt organisk topp-lag over friksjonsmasser (silt, sand, grus) og morene over berg. Dybde til berg varierer mellom 1,0-11,6 meter med en gjennomsnittlig dybde til berg på ca. 5,6 meter.

Nedover langs Vindåsliene viser sonderingene, både langs Ila (elv) og langs Vindåsliene, friksjonsmasser med varierende fasthet over morene og berg. Langs Ila varierer dybde til berg mellom 1,3 og 11,5 meter, mens den langs Vindåsliene varierer mellom 0 og 19,6 meter.»

Størst dybde til berg er helt nord i Vindåsliene over ca. profil 35100 og prøvegraving av massene her har avdekket at løsmassene består av meget faste morenemasser (Figur 11).

En oversikt over blotninger, borepunkter og seismikk i reguleringsplanfase og byggeplanfase er vist på ingeniørgeologisk kart i vedlegg 1.

9 Vannforhold - hydrologi/hydrogeologi

I grunnvannsdatabasen Granada er det i kartgrunnet anvist en brønn ved Gullvåg camping. Denne er registrert som en undersøkelsesbrønn. Den er ca. 150 meter i fra veifyllingen og på andre siden av Ila og vil ikke bli påvirket av anleggsarbeidene.

Helt i nord på utbyggingsområde er det i Granada registrert 4 brønner ca. 200 meter vest for planlagt linje på andre siden av Ila (elva) som er 140 og 120 meter dype og 2 brønner ca. 150 øst for planlagt lokalvei som er henholdsvis 120 meter dype og 150 dype og er vannforsyningsbrønner, se Figur 12. Det kan også nevnes at det er logget at det er henholdsvis 44 og 50 meter til berg i de 2 sist nevnte borehullene. Det er også en del andre brønner i området, men på motsatt side av elva og mer enn 200 meter unna utbygging.

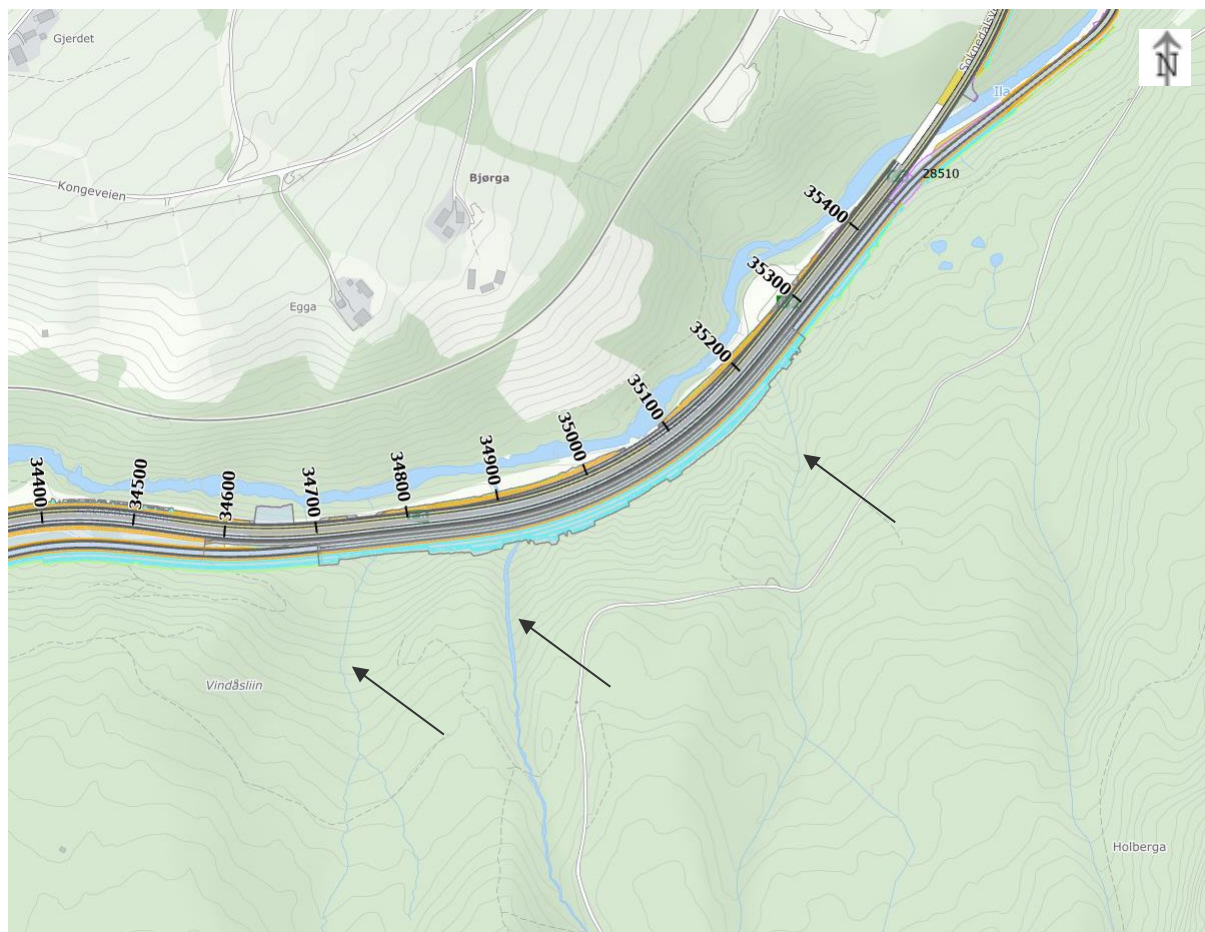


Figur 12 Brønner registrert i Granada (Nasjonal grunnvannsdatabase).

Det er i planområdet registrert 3 bekker som går i et område det er planlagt skjæringer (se Figur 13) og kommer i kontakt med planlagt ny vei. Profiler angitt i Tabell 2. Bekkene er smale, og bredde er derfor ikke angitt.

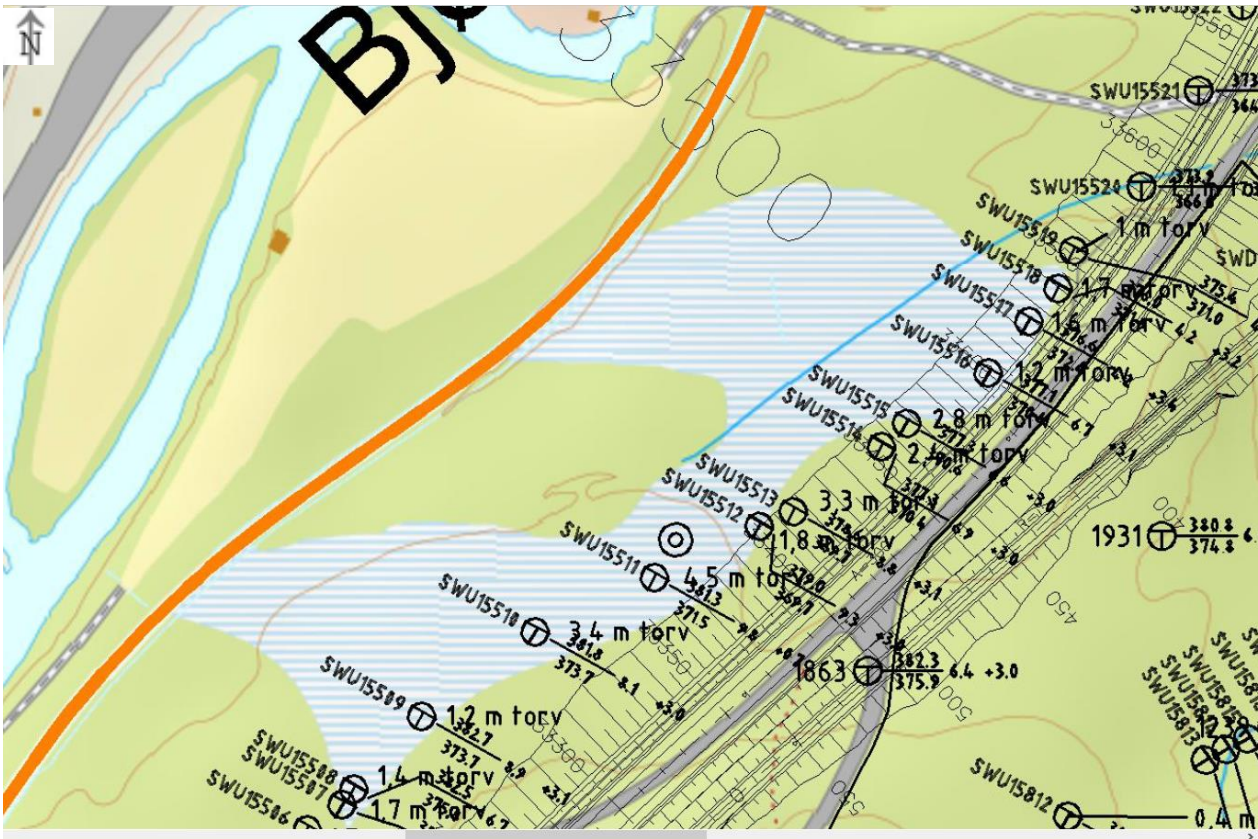
Tabell 2 Bekker som berører planlagt linje

Bekk	Profilnummer
Liten bekk ved 34760	Ca. profil 34760
Vindåslibekken	Ca. profil 34900
Bekk ved 35220	Ca. profil 35220

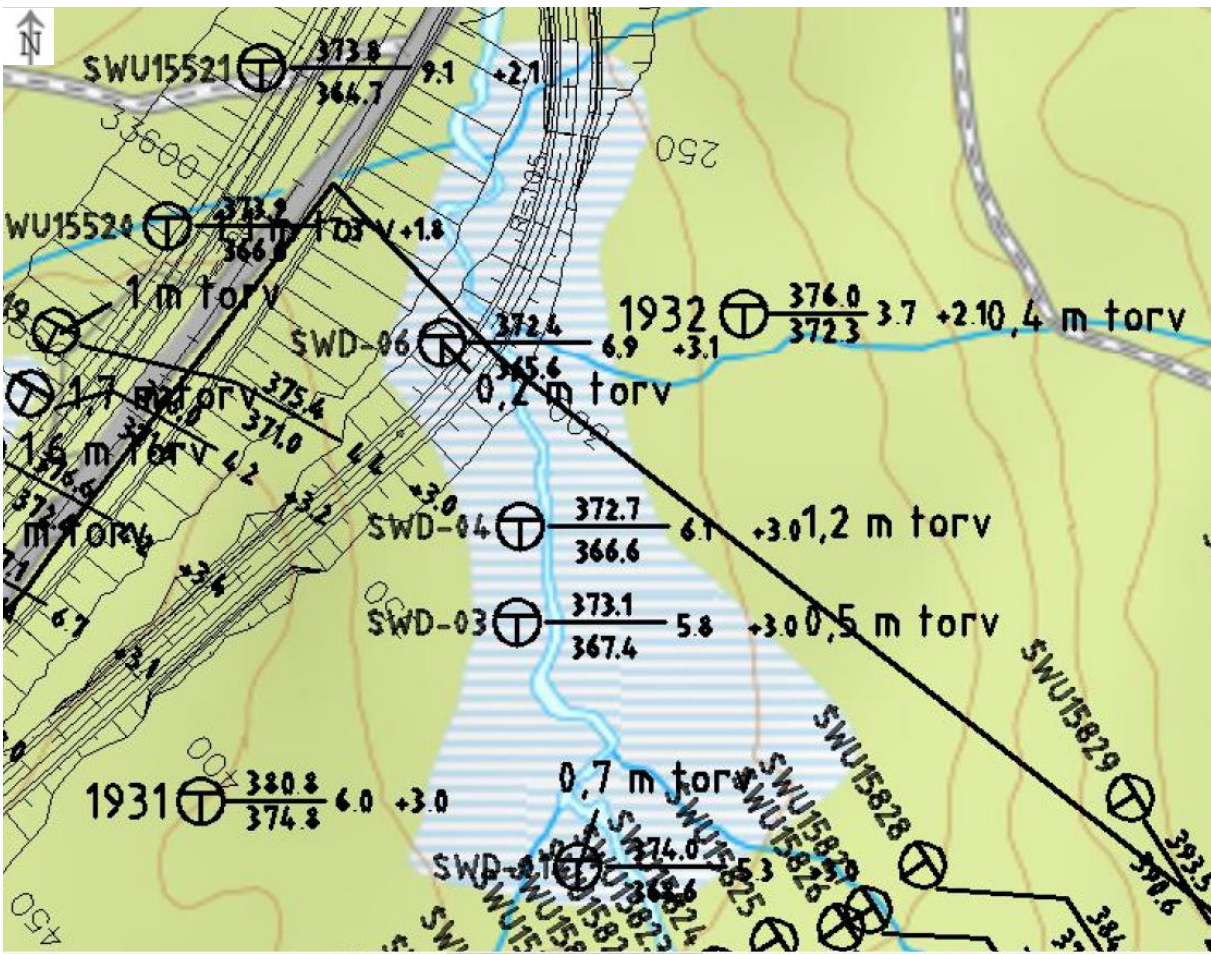


Figur 13 Bekker i Vindåsliene vist med svarte piler

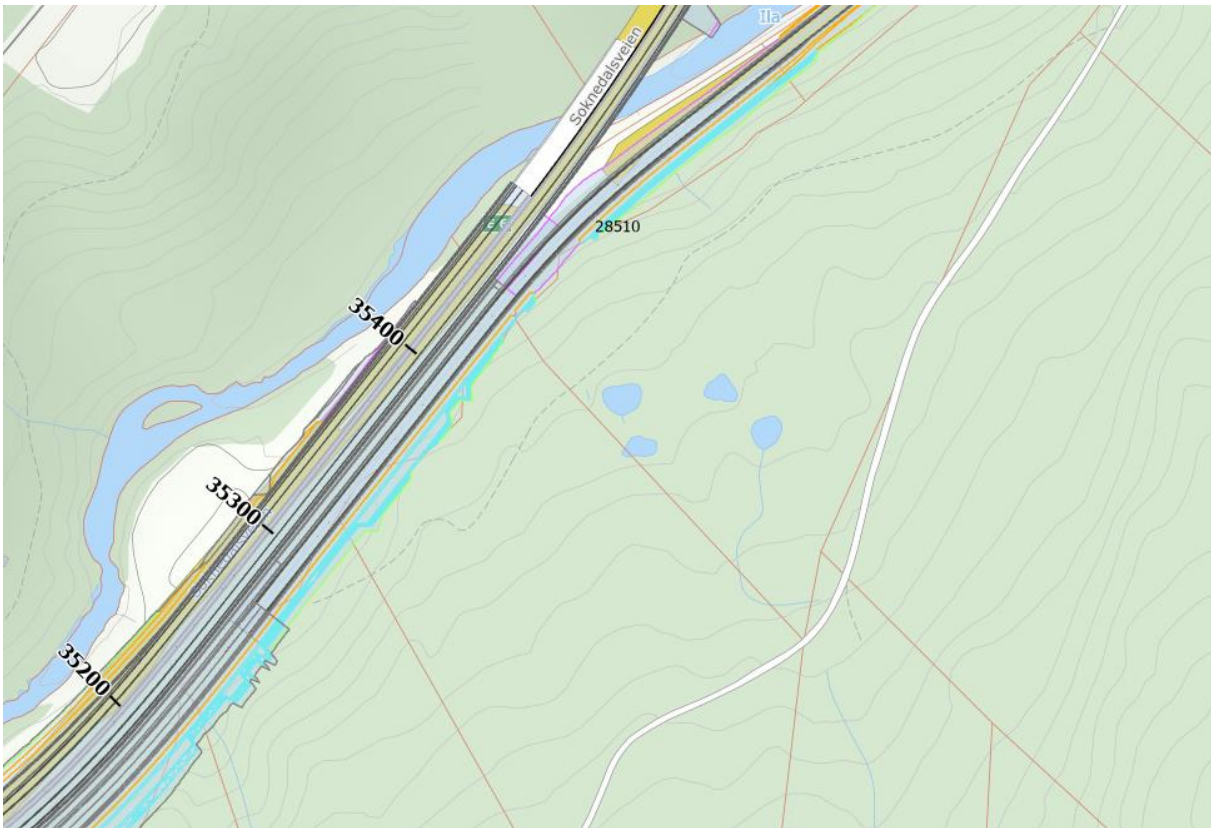
Det er to myrområder som blir berørt som er vist på kart (Figur 14 og Figur 15). Myr i Figur 14 og Figur 15 har torvmektighet på henholdsvis opp til 4,5 og 1,2 meters tykkelse iht. til geoteknisk boringer utført i området [8].



Figur 14 Myrområde, vist som blå og hvit skravur, mellom profil 33250–33530.



Figur 15 Myrområde, vist som blå og hvit skravur, ved profil 33580 - 33660. Det er fire små vannansamlinger over linjen over planlagt linje ved ca. profil 35450, Figur 16.

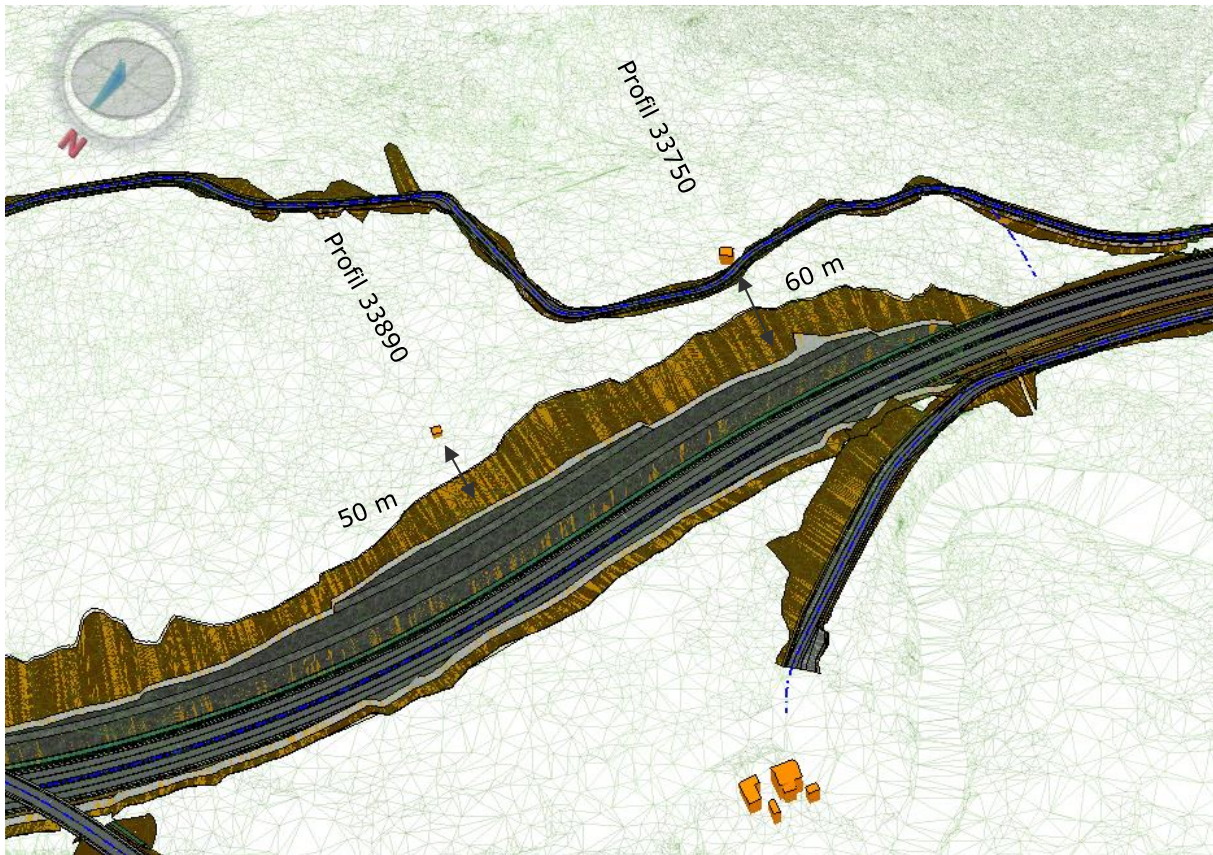


Figur 16. 4 Små vannansamlinger over planlagt linje ved ca. profil 35420 - 35480.

10 Omgivelser

Bygninger og konstruksjoner nærmere enn 100 meter til planlagt linje er vist på Figur 17-Figur 19. NS 8141 sier at man bør gjøre tilstandsregistreringer på hus nærmere enn 100 meter fra sprengningssted.

- Det er 2 små bygninger som ligger over veien ved profil 33750 og 33890 (se Figur 17). En husklynge ligger lenger vekk enn 100 meter sør for E6.



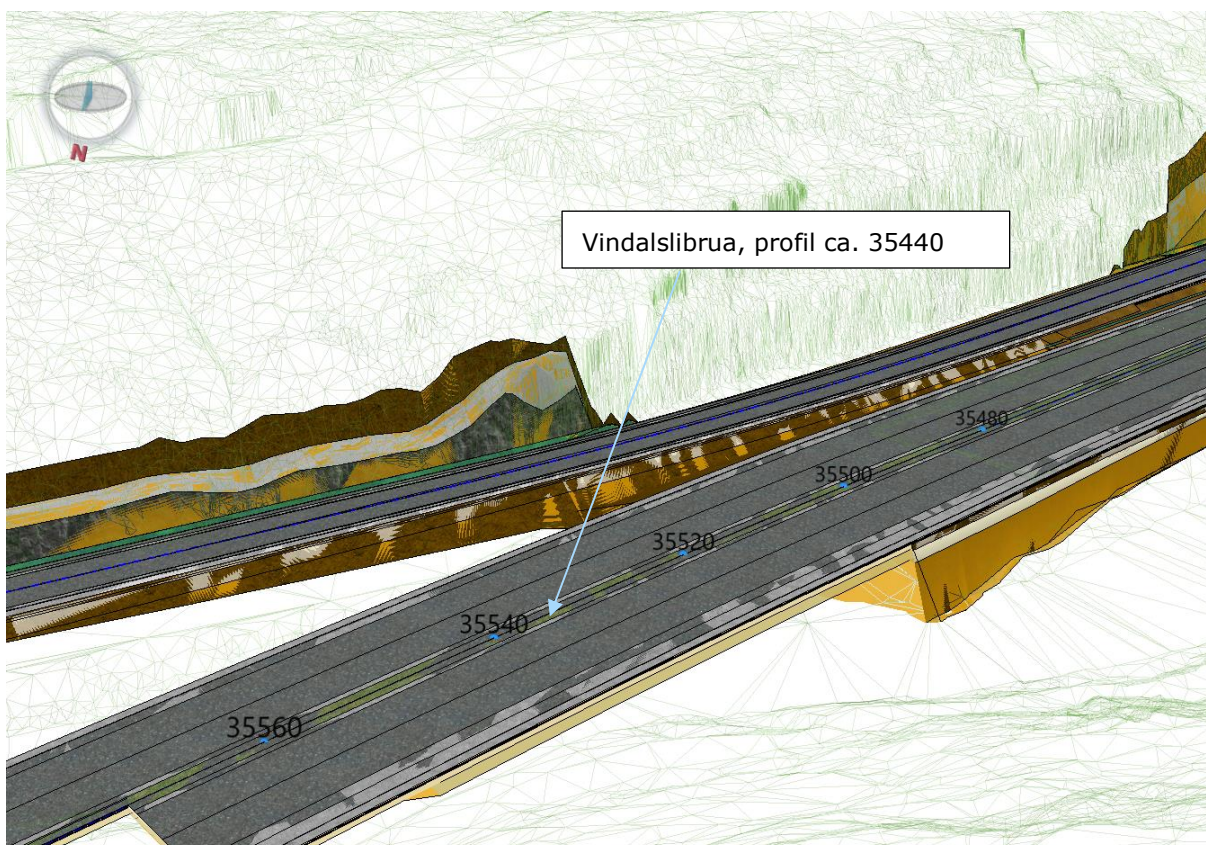
Figur 17 Bygninger ved profil 33820 og lokalvei

- Det er noen hus ved sideveiprofil 640 og 840 (se Figur 18). Husene som ligger i selve linjen, må rives.



Figur 18 Hus ved lokalvei helt i nord langs lokalveg

- Det er ingen høyspentlinjer som berører linjen.
- Jernbanen ligger på andre siden av dalen. Sprengning vil være innenfor sikkerhetsavstanden på 800 meter fra Dovrebanen (Bane NOR). Hele strekningen i planområdet ligger nærmere enn 800 meter til jernbanen.
- Vindalslibrua ligger nærmere enn 100 meter fra der det er planlagt sprengningsarbeider. Brua er fundamentert på berg, Figur 18.



Figur 19 Vindalslibrua

- Det er 2 stagforankrede tørrsteinmur i Vindåsliene ved profil 34960–34990, se Figur 36, samt en mindre mur rett øst for Vindåslibekken ved profil 34930.
- Det er ingen nærliggende bergrom som er registrert.

11 Krav til håndtering av sprengsteinsmasser

Det er utført analyser av borkaks fra grunnundersøkelser og jordsmonn som er analysert for syredannende egenskaper, tungmetaller samt radon litt lenger sør enn delstrekning som har samme i samme bergart. Resultatet viste at det ikke har nivå som tilsier at det er spesielle krav til håndtering av sprengsteinsmassene. [9]. Det er imidlertid observert noe pyrittholdig bergmasse i soner i nordre deler av prosjektområde der det er planlagt skjæring for fylkesvei mellom profil ca 540 – 690. Det er i samme område observert forvitret brunfarget bergoverflate. Se vurderinger i kapittel 20 Vurdering av krav til håndtering av sprengsteinsmasser. Ved profil ca 32400 er det ifølge [6] gjort en kjerneboring for å vurdere en malmføremst ca 200 meter sørøst for planlagt veilinje.

12 Grunnsprenging/ dypsprenging

Avhengig av den stedlige bergartens vannømfintlighet etter sprengning skal det utføres dyp- eller grunnsprenging ved utarbeidelse av skjæringer i berg. Forhold som har betydning for bergartens vannømfintlighet er motstand mot nedknusning, innhold av glimmer o.l. I bergarter som ikke klassifiseres som vannømfintlige skal det utføres dypsprenging. I bergarter som kan klassifiseres som vannømfintlige skal det utføres grunnsprenging. Det henvises til håndbok N200 [14] for detaljer.

13 Skredfare

Skredvurdering er tatt vurdert i en egen rapport [7]. I denne rapporten er det kun tatt med noen faktaopplysninger om reglement, faresonekart og tidligere hendelser.

Statens vegvesen har utarbeidet risikoakseptkriterier for skred på veg (N200, Kapittel 1.7 Sikkerhet mot skred). Jamfør N200 skal Figur 20 benyttes som risikoakseptkriterier for skred på veg. Planlagt vei har en ÅDT > 8000 og sikkerhetskravene pr. km er 1/300 for akseptabel skredsannsynlighet (bør-krav).

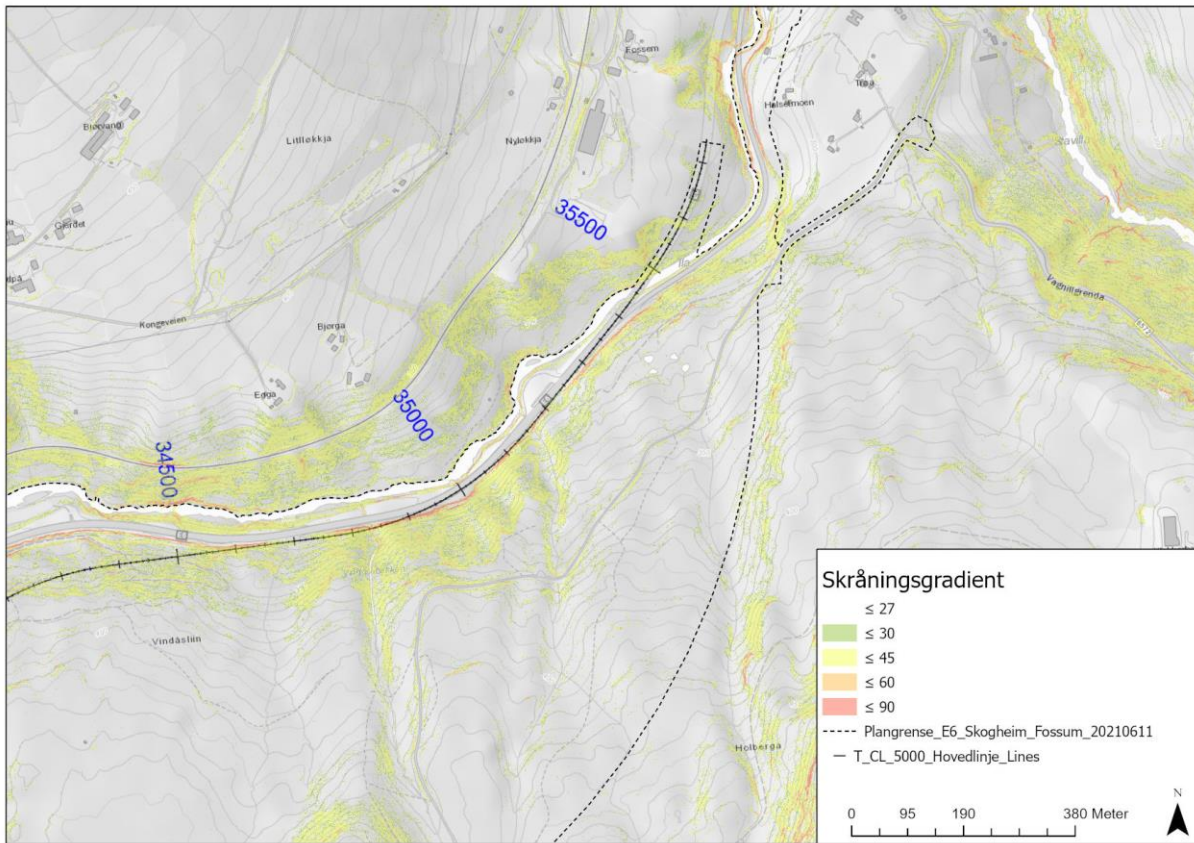
Akseptkriteriene/sikkerhetskravet skal hensyntas i alle planfaser av prosjekteringen.

Begrepet skred omfatter i denne sammenheng snøskred, flomskred, jordskred, isskred, steinsprang, steinskred og fjellskred.

Dimensjonerende trafikkmengde	Samlet skredsannsynlighet per km og år
< 500	1/20
500 - 3999	1/50
4000 - 5999	1/100
6000-11 999	1/300
≥ 12 000	1/1000

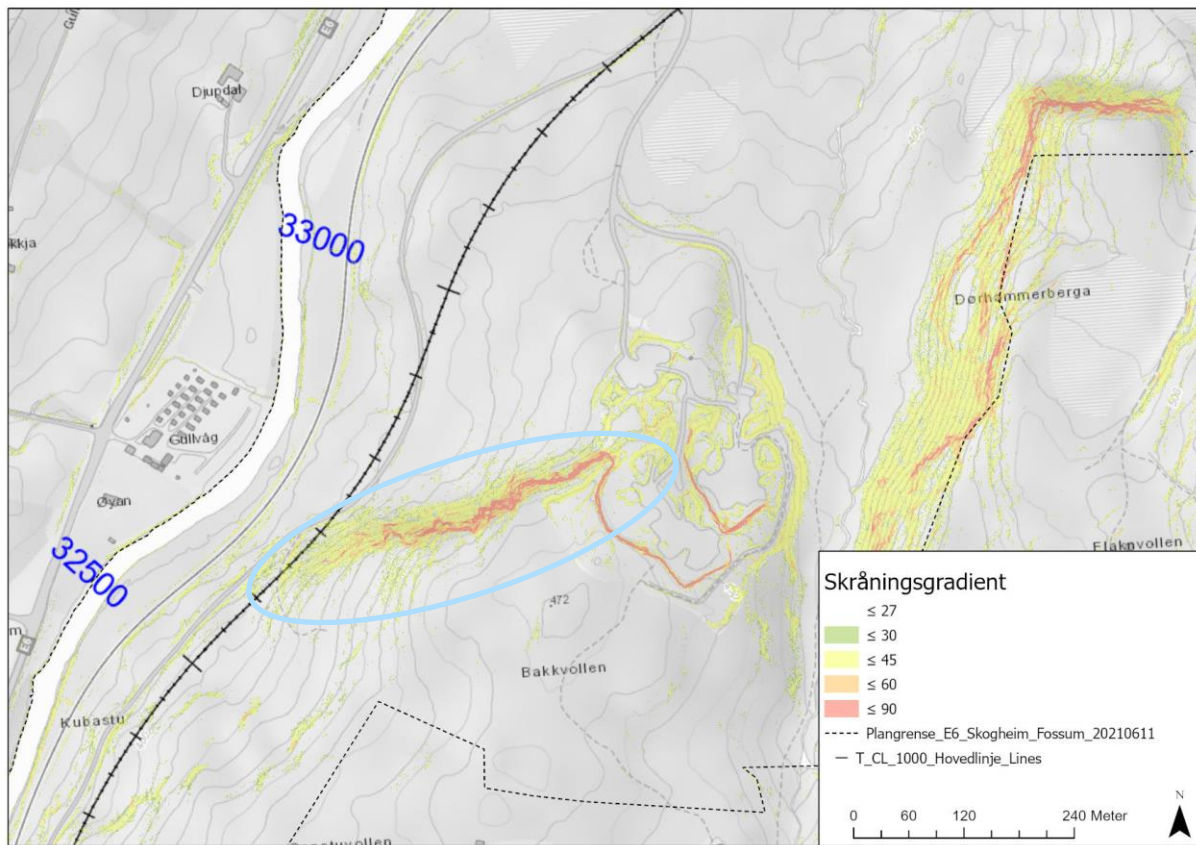
Figur 20 Sikkerhetskrav til skredsannsynlighet på vei, gjeldene sikkerhetskrav er markert med rødt.

Topografien langs planlagt veistrekning er gjennomgående brattere i nordlig del av traséen ved Vindåsliene, vist i Figur 21. Langs Vindåsliene på sørsiden av veien, mellom profil 35140 og 34340, er det varierende skråningsgradient i sideterrenget opp til ca. 45°.



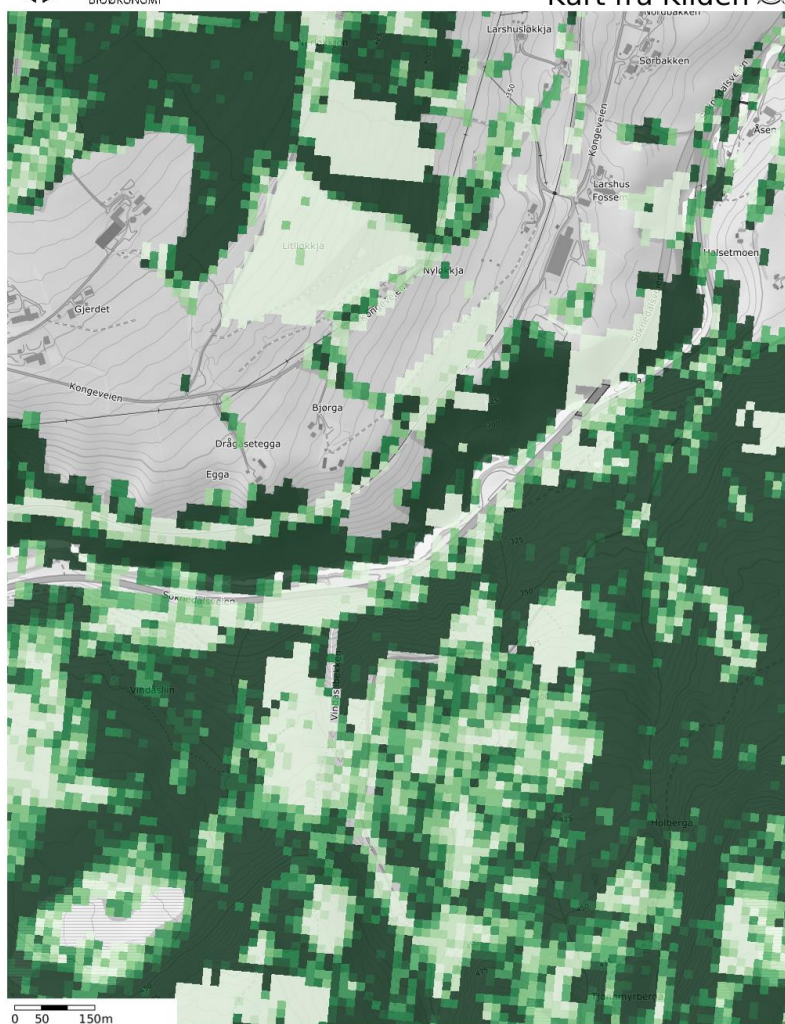
Figur 21 Skråningskart for nordlige del av traséen

Topografien i sørlige del av traséen, vist på Figur 22, er generelt slakere, bortsett fra et brattere område vist med blå ring på Figur 22.



Figur 22 Skråningskart for sørlige del av traséen, klippeområde vist med blå ring.

Vegetasjonen over Vindåsliene består av gran. Kronedekningskart fra NIBIO [24] er vist i Figur 23.



Tegnforklaring

Kronedekning

0-10 %
10-20 %
20-30 %
30-40 %
40-50 %
50-60 %
60-70 %
70-80 %
80-90 %
90-100 %

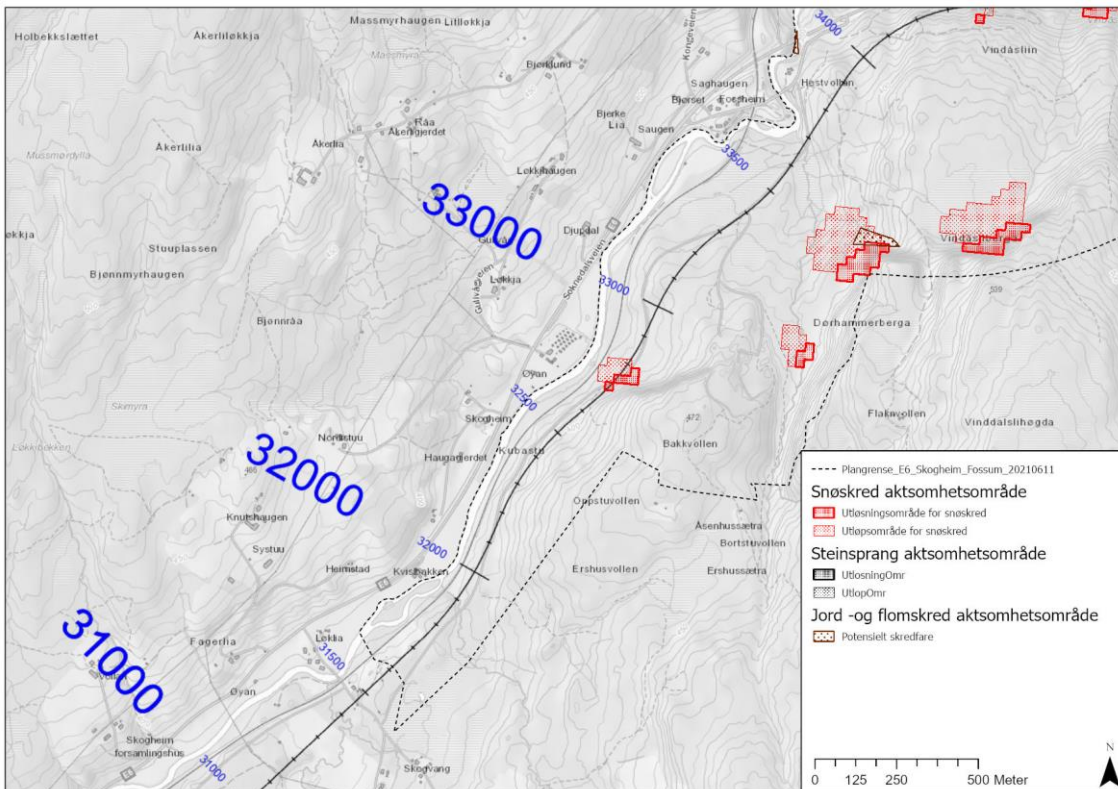
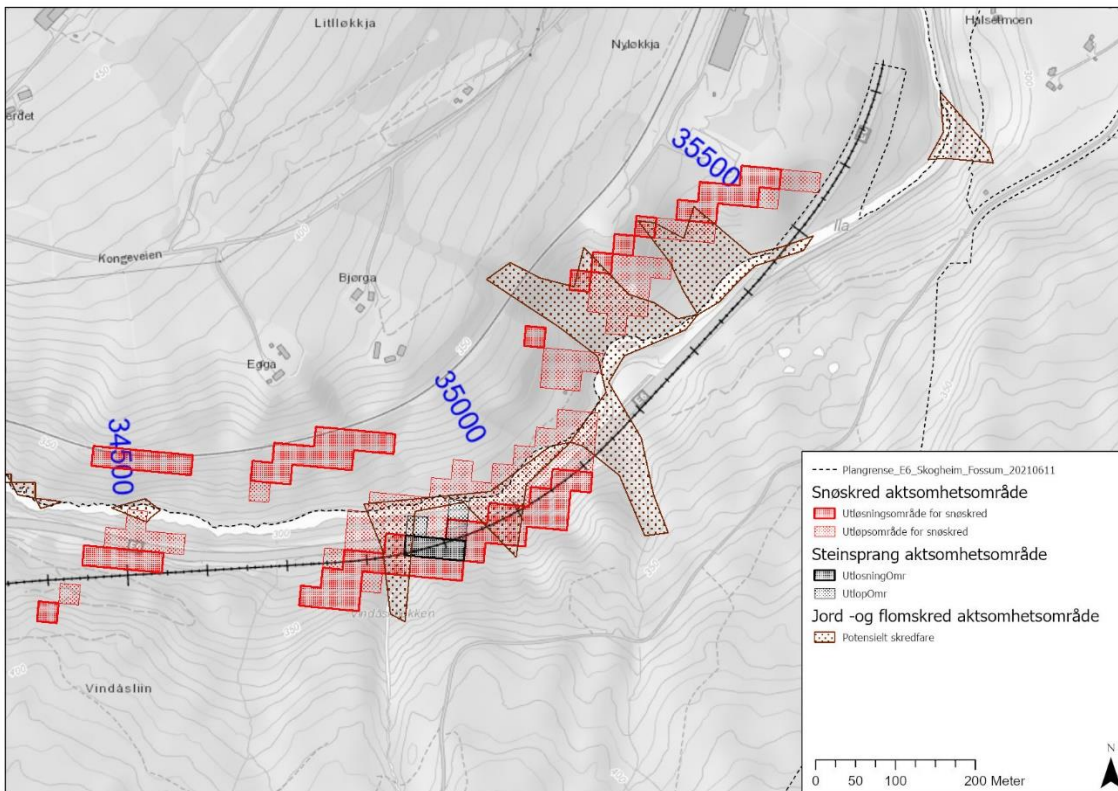
Koordinatsystem: UTM 33

kilden.nibio.no

21.02.2022

Figur 23 Kronedekningskart fra NIBIO, viser tett kronedekning (over 50%) i området.

Det finnes aktsomhetsområder for snøskred, steinsprang samt jord- og flomskred i sideterrenget til planlagt veitrasé. Disse er vist i Figur 24.



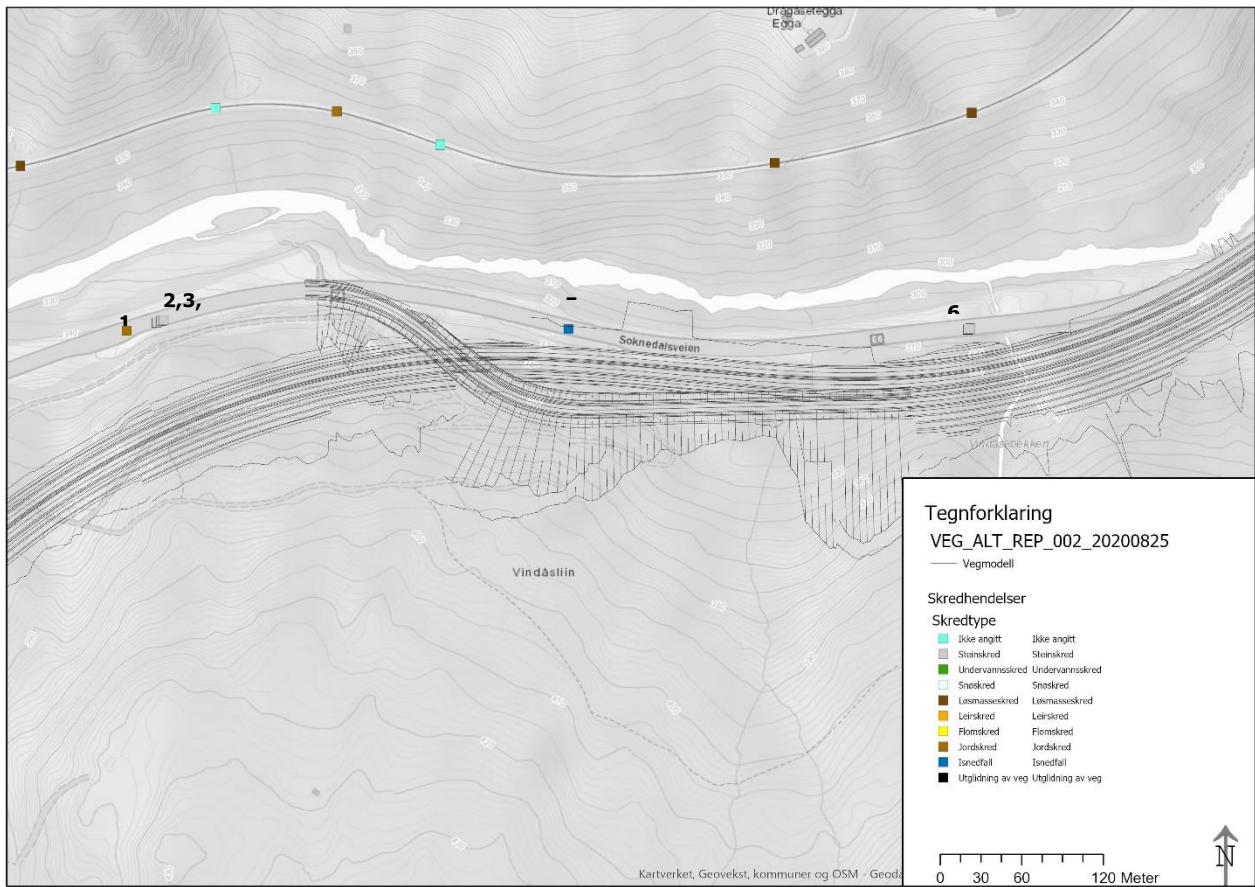
Figur 24 Aktsomhetsområder langs planlagt veilinje.

Det er registrert 6 skredhendelser på E6 ved Vindåsliene på Skrednett [22]. 4 steinsprang, 1 isnedfall og 1 jordskred. Skredhendelsene er vist under på Figur 25.

Skredhendelsene er oppgitt i Tabell 3, fra vest mot øst.

Tabell 3 Registrerte skredhendelser

Skredtype	Dato	Beskrivelse
1. Jordskred	06.05.2019	Løsnet fra vegskjæring 0-50 m over veg. Anslått skredvolum: <10 m ³ . Blokkert veglengde: Kun i grøft.
2. Steinsprang	21.08.2018	Stein på EV. 6 løsnet fra vegskjæring 0-50 m over veg. Anslått skredvolum: <10 m ³ . Blokkert veglengde: Kun i grøft.
3. Steinsprang	02.11.2016	Mangler beskrivelse i databasen.
4. Steinsprang	01.08.2007	Mangler beskrivelse i databasen.
5. Isnedfall	05.05.2008	Mangler beskrivelse i databasen.
6. Steinsprang	29.04.2016	Stein på EV. 6 løsnet fra fjell/dalside 0-50 m over veg. anslått skredvolum: <10 m ³ . blokkert veglengde: kun i grøft. tidspunkt for skredhendelsen kan være usikkert.



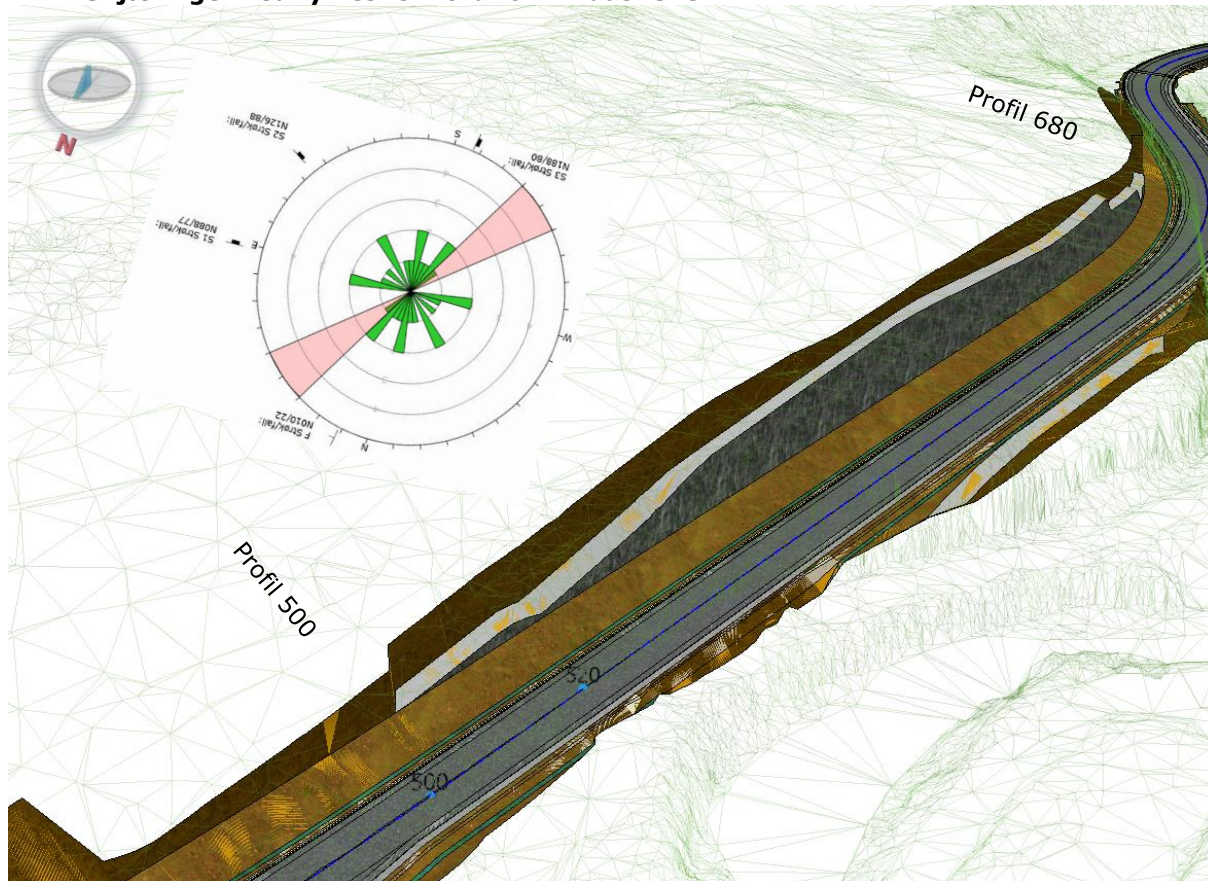
Figur 25 Registrerte skredhendelser hentet fra Skrednett.

Basert på helningskart og kart for aktsomhetsområder, er skredutsatte områder undersøkt nærmere under beforing.

TOLKNINGSDEL

14 Vurderinger av utfallsmekanismer i bergskjæringer og boravvik

14.1 Skjæringer ved fylkesvei nord for Vindåsliene



Figur 26 Skjæringer ved fylkesvei i nord

Orienteringen på fylkesveien er vurdert til å ha en akse sørvest-nordøst (se rød markering i Figur 27) der bergskjæringens orientering har gjennomsnittlig fallretning N310 mot nordvest.

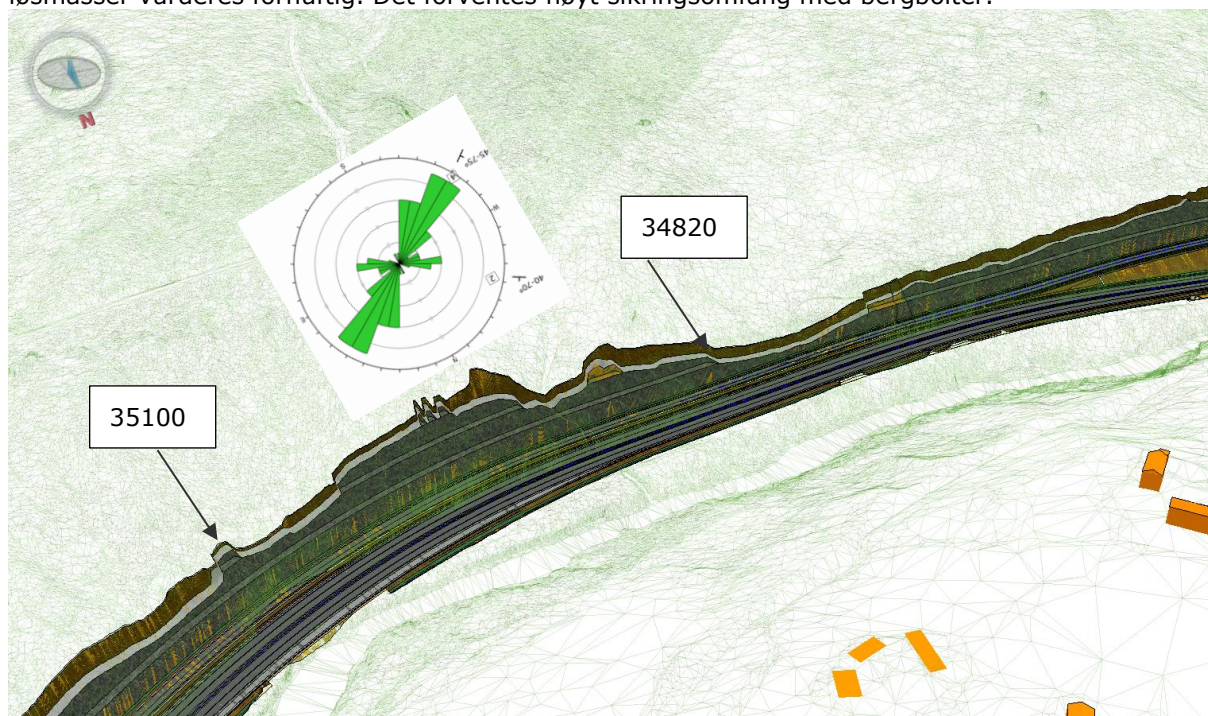
De mest fremtredende utfallsmekanismene er vurdert til å være plan utglidning langs S3 i østre skjæring. For motsatt side er skjæring lavere, men den mest fremtredende utfallsmekanismen er vurdert å være toppling langs S3. Berget er mye mer forvitret og oppsprukket enn man har observert i resten av reguleringsplansområdet slik at det sannsynligvis vil bli mye småfallent berg i skjæringen.

14.2 Skjæringer rundt Vindåslibekken (Profil 34820 – 35100)

Der traséen går i sørvestlig- til nordøstlig retning, ligger traséen med liten vinkel eller parallelt sprekkesett 4 (se kapittel 6) som har steilt fall ut mot veien. Dette er veldig ugunstig, og det må forventes at det må gjøres mye boltesikring og/eller forbolting i disse skjæringene for å sikre mot utfall. Kileutglidning mellom sprekkesett 2 og 3 kan også være en mulig utfallsmekanisme. Det forventes høyt sikringsomfang med bergbolter. Det er planlagt at løsmassene på toppen av skjæringene skal støttes opp med jordnagling. Disse støttekonstruksjonene skal settes opp før bergskjæringene sprenges. Det er da viktig at støttekonstruksjonene står uskadd også etter sprenging av skjæringene. Det vil da bli behov for en viss avstand mellom topp skjæring og støttekonstruksjon. I områdene der det er fare for at det er

sprekker eller kombinasjoner av sprekker som danner kiler som går under støttekonstruksjonene og har steilt fall ut av skjæringene, må det foretas forbolting og sømboring for å hindre ukontrollerte større utfall av både berg og løsmasser.

Sentralt i Vindåsliene ved Vindåslibekken der veien dreier nesten parallelt sprekkplan 4 (Figur 27), vil kileutglidning mellom sprekkese 2 og 4 eller plan utglidning fra sprekkese 4, være den mest fremtredende utfallsmekanismen. Det kan også oppstå ustabile plan mellom sprekkese 3 og 2. Man kan vurdere å sprengne langs sprekkese 3 som er nær vertikal, hvis dette etter avdekking av løsmasser vurderes fornuftig. Det forventes høyt sikringsomfang med bergbolter.



Figur 27 Skjæringer ved Vindåslibekken. Sprekkerosen kan sees i vedlegg 6

Sprekkese 4 er veldig fremtredende i området mellom profil 34830 og 35030, og kan ses nede fra veien som tydelige glatte, bølgete sprekkeseplan med varierende og skiftende steilt fall på mellom ca. 45° og 75° ut mot eksisterende og planlagt E6 (Figur 27, Figur 28 og Figur 29). Akkurat ved Vindåslibekken dreier hovedsprekkeretning 4 til å ha en overvekt av sprekker som har strøk N070Ø grader og dermed går parallelt veien i dette området. Forbolting her vil være påkrevd og detaljerte stabilitetsberegninger må utføres for kontroll av forbolting for å sikre at man ikke får store ukontrollerte utfall. Det er også svært viktig å kartlegge bergmassen ytterligere etter at løsmassene er fjernet.

I overgangssonene mellom de to retningene kan lokalt andre utfallsmekanismer opptre. Andre utfallsmekanismer vil også kunne forekomme og må vurderes på stedet både etter avdekking av berg og etter sprenging, men de ovenfor beskrevne utfallsmekanismer vurderes å være de viktigste. Det gjelder spesielt sprekkeretning 4, som tidligere nevnt, som har åpne og glatte sprekkeseplan. Detaljerte utfallsmekanismer bør kartlegges i byggeplanfase.

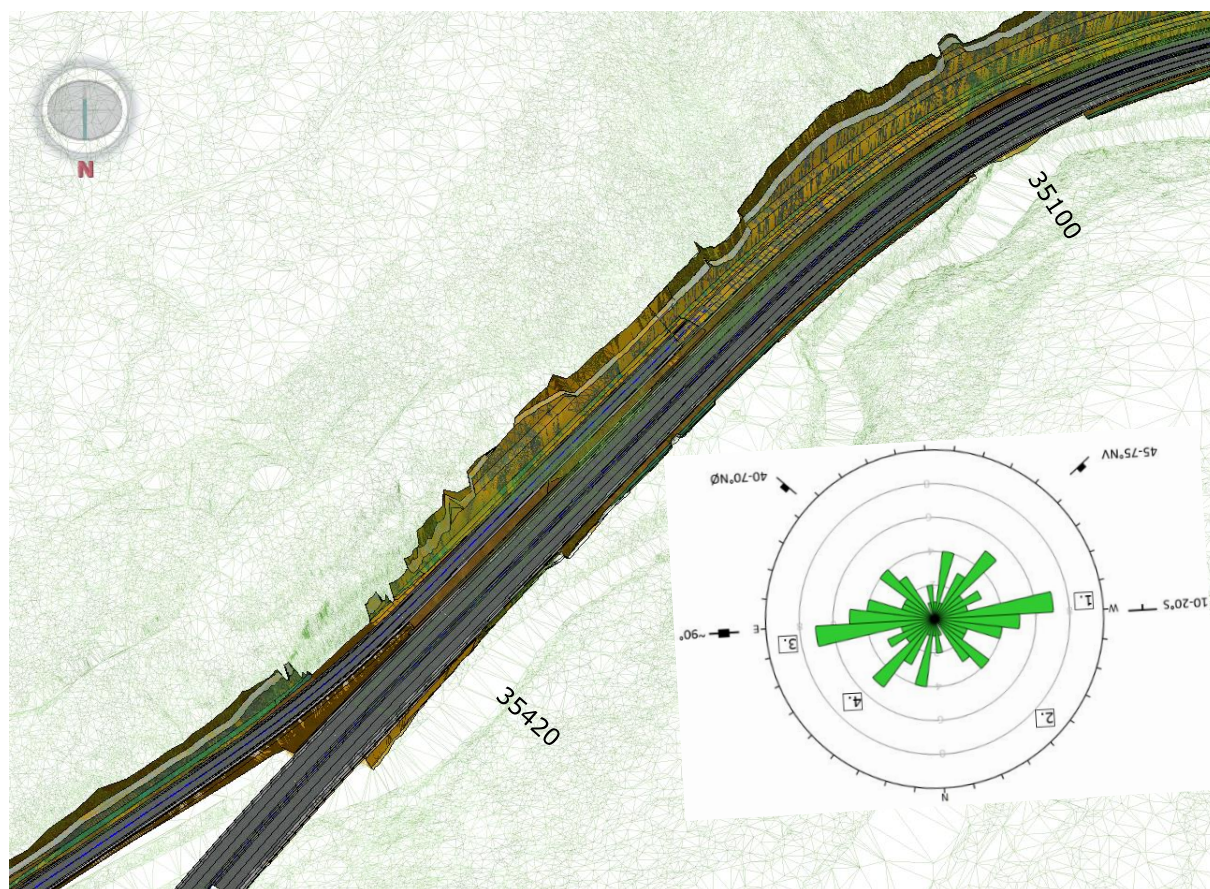


Figur 28 Sprekkeplan 4 med steilt fall ut av eksisterende skjæring ved profil ca. 34920. Bildet er tatt mot sørvest.



Figur 29 Sprekkeplan 4 med glatte bølgede plan. Bildet er tatt ved profil 34810.

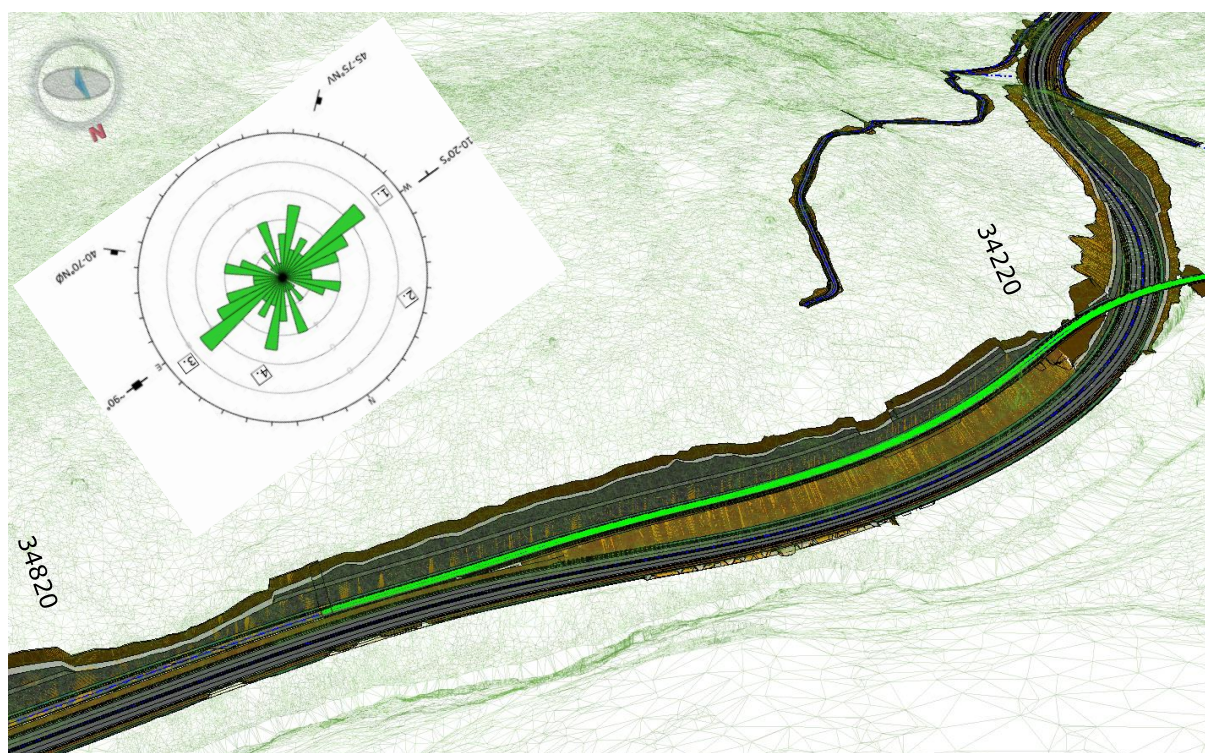
14.3 Skjæringer Vindåsliene nord (profil 35100 – 35420)



Figur 30 Skjæringer Vindåsliene nord (profil 35100 – 35420).

Figur 30 viser skjæringene med sprekkeroser over skjæring mellom profil 35080 – 35420. Det vil også her kunne oppstå uheldige kombinasjoner av sprekkeretning 4 og de andre sprekkeretningene, samt plan utglidning fra sprekkeretning 4. I området er dog sprekkeretning 4 ikke like utpreget og tydelig som nede ved Vindåsliebekken. Detaljerte utfallsmekanismer bør utføres i byggeplanfase der man deler inn strekningene for kortere strekninger. Det vil også her bli behov for forbolting for å sikre mot ukontrollerte utfall, spesielt der det er etablert jordnaglingskonstruksjoner på oversiden av skjæringene. Det vil være aktuelt med jordskjæringer med helning 1:2 eller jordnagling over skjæring. Dette vil måtte prosjekteres i byggeplanfase og vil hovedsakelig bli omtalt i geoteknisk rapport for byggeplan.

14.4 Skjæringar øverst i Vindåsliene (profil 34820 – 34220)



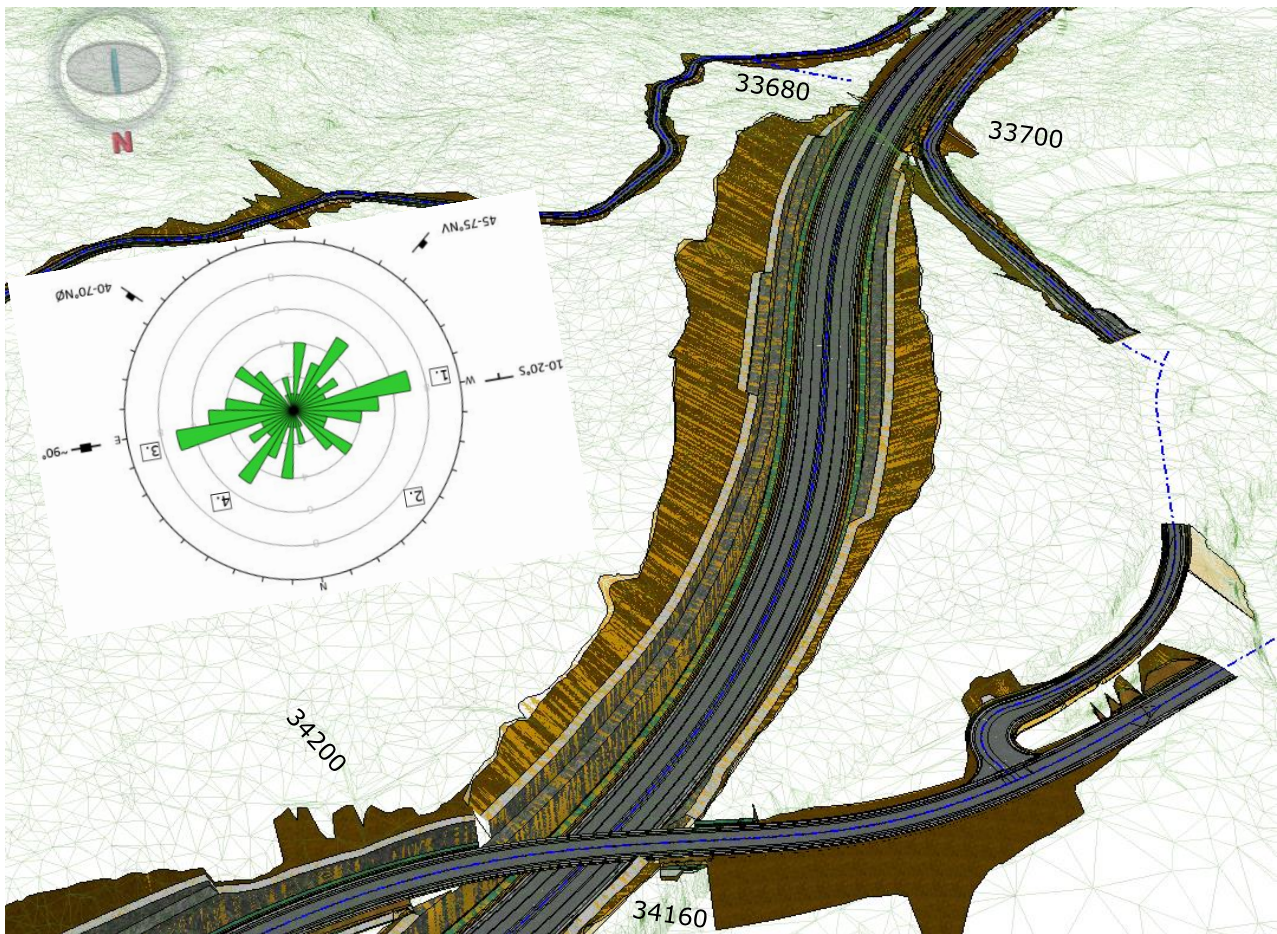
Figur 31 Skjæringar mellom profil 34220 – 34820. Sprekkerose kan også sees i vedlegg 6.

Skjæringene øverst i Vindåsliene, her mellom profil 34820 og 34220 (E6), har høyde opp til ca 20 meter (se Figur 31). Ovenfor disse skjæringene har man ifølge bergmodell som er beregnet ut ifra de tilgjengelige grunnundersøkelsene løsmassemektigheter på i størrelsesorden 5 meter som er planlagt støttet opp med jordnagling samt stedvis legges opp i stabil vinkel hvis løsmassetykkelse og bratthet på sideterreng tillater det. Disse skjæringene vil i større grad gå parallelt med sprekeretning 3 som har steilt fall som kan falle overens med planlagt skjæringshelning som i utgangspunktet er gunstig. I dette området er sprekeretning 4 ikke like utpreget og tydelig som nede ved Vindåsliebekken, men det vil her kunne oppstå kileutglidning mellom sprekeretning 4 og sprekeretning 2.

Det vil følgelig her også bli behov for forbolting for å sikre mot ukontrollerte utfall, spesielt der det er etablert jordnaglingskonstruksjoner på oversiden av skjæringene. Jordnaglingskonstruksjonene kan typisk ha en bratt helning typisk en mellom 2:1 og 3:1. Dette må prosjekteres av konstruksjon/geoteknikk. Det er lagt opp til et areal med avstand på ca. 3 meter mellom prosjektert topp skjæring og støttekonstruksjon. Detaljerte utfallsmekanismer bør utføres i byggeplanfase der man deler inn strekningene for kortere strekninger.

14.5 Dobbeltsidige skjæringar øverst i Vindåsliene (profil 34220 -33680)

Veilinjen dreier øverst i Vindåsliene fra en øst-vest-retning mer og mer mot en nordøst - sørvestlig retning, Figur 32.



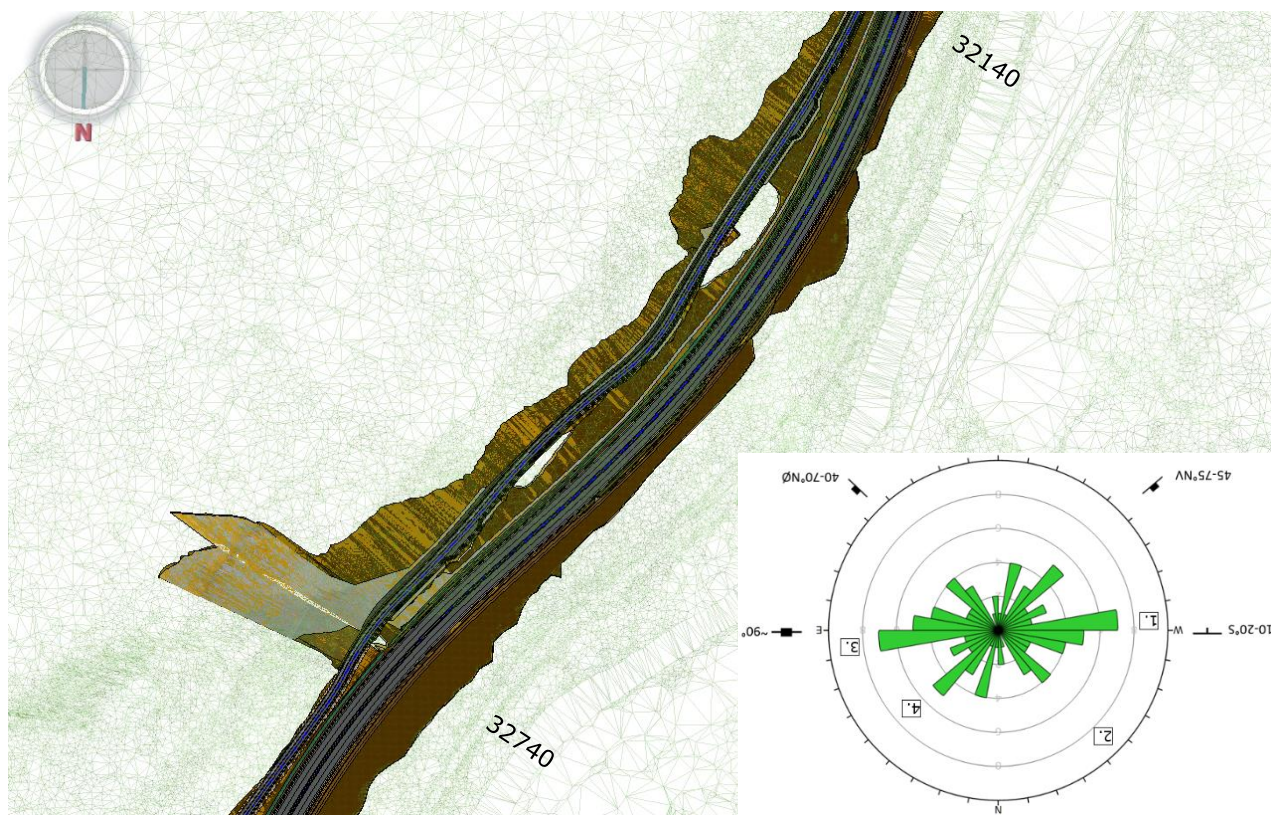
Figur 32 Skjæringer Vindåsliene nord (profil 34160– 33680)

På deler av strekningen i den østlige skjæringen vil plan utglidning fra sprekkeseett 4 være aktuelt når veilinjen går parallelt denne. Det vil også kunne forekomme kileutglidninger mellom sprekkeseett 4 og 2 og 4 og 3.

For den vestre skjæringen vurderes toppling langs sprekkeseett 4 som en utfallsmekanisme. I tillegg vurderes kileutfall mellom sprekkeseett 3 og 2 som en potensiell utfallsmeksnisme.

Detaljerte utfallsmekanismer bør utføres i byggeplanfase der man deler inn strekningene for kortere strekninger.

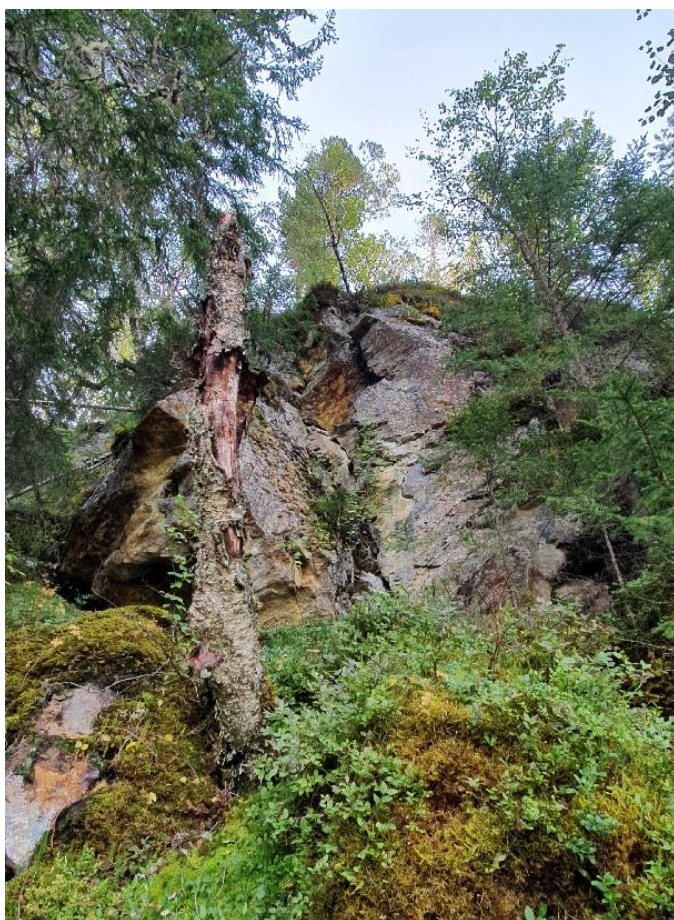
14.6 Skjæringer Vindåsliene nord (profil ca 32740– 32140)



Figur 33 Skjæringer Vindåsliene nord (profil ca 32740– 32140)

Sprekkesett som har strøk går nær strøket til sprekksett 4 definerer tydelig retning til klippen til venstre for veglinjen. Sprekkesettet har steilt fall som har ført til en del utfall nedenfor klippen. Se Figur 34 fra klippen der det har kommet en del nedfall fra.

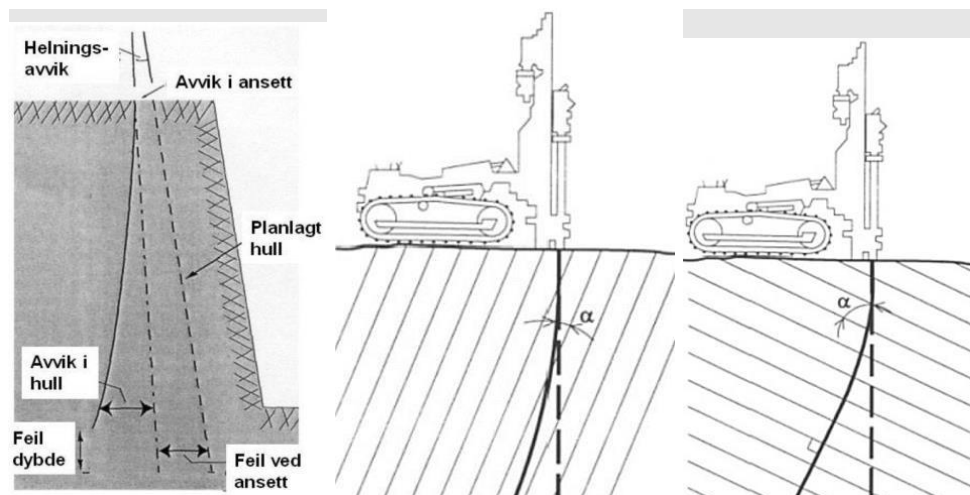
Det vurderes at den mest fremtredende utfallsmekanismen mot vei vil kunne være kileutglidninger mellom sprekksett 4 og 2.



Figur 34 Oppsprekking med steilt fall i naturlig skråning vest for profil 32740 som definerer strøket på skråningen.

14.7 Boravvik

Med tanke på boravvik vurderes det at det er mest sannsynlig at dette kan forekomme ved at boringene blir dratt mot å følge de steile sprekkene i sprekkesett 2, 3 og 4 eller trekke normalt mot sprekkesett 1 (se Figur 35).



Figur 35: a) Mulige årsaker til boreavvik. b) Borehull avbøyes langs bergmassens foliasjonsretning. c) Borehull avbøyes normalt på bergmassens foliasjonsretning. Figurene er hentet fra tidligere utgave av Håndbok N200.

15 Vurdering av sikring av løsmasser over bergskjæringer

Løsmassene er i utgangspunktet planlagt lagt med stabil skråningsvinkel med 1:2 ovenfor bergskjæringer. Nedover langs Vindåsliene vil det med denne skråningsvinkelen bli betydelige skråningsutslag i løsmasser langs sørsiden av veien. Det er derfor planlagt lengre strekninger med støttekonstruksjoner. Det legges i utgangspunktet opp til jordnagling der det blir store skråningsutslag for å spare inngrep og store forflytninger av masser. Støttemurer er også en mulighet. Dette må prosjekteres i detalj før oppstart av byggearbeidene. Det må legges opp til en fleksibel løsning for å kunne ta høyde for ulike mektigheter på løsmassene. En eksisterende støttemur er vist i Figur 36 fra Vindåsliene som ble bygd i 2004 som er stagforankret til berg.

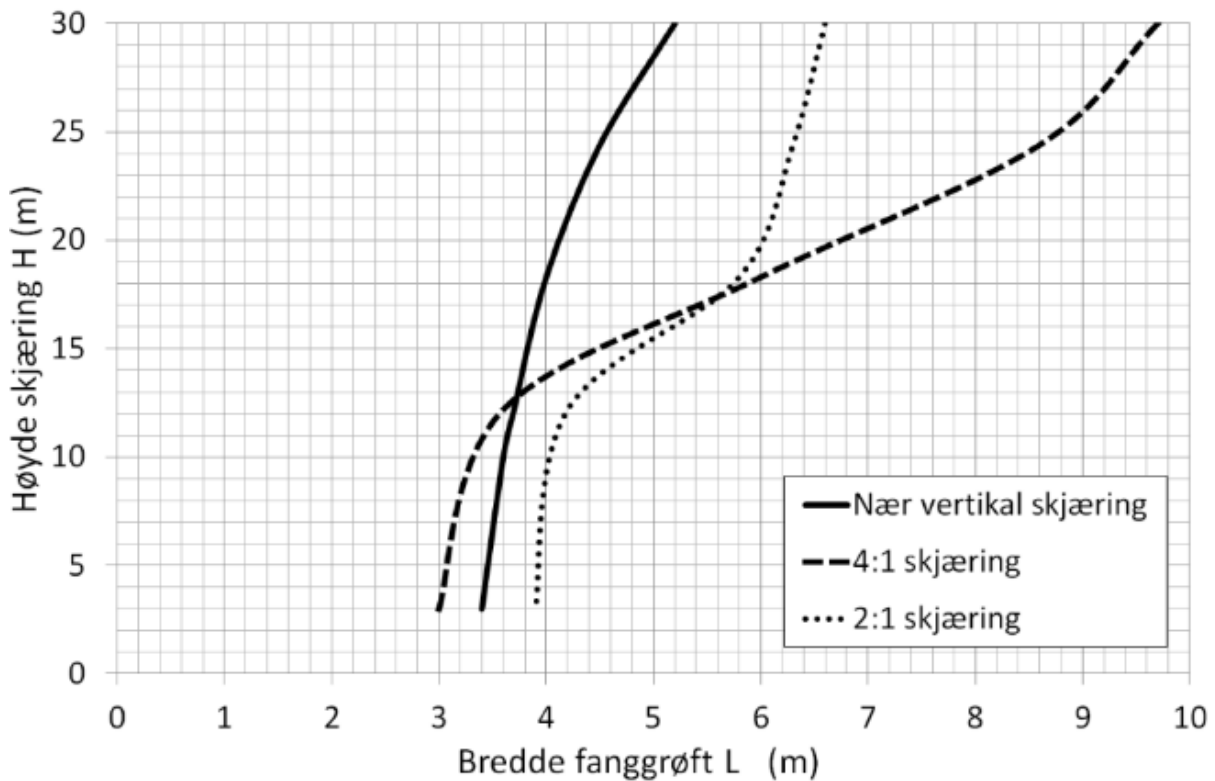


Figur 36 Støttemur i Vindåsliene (Profil ca. 34960–34990) (Foto: Google maps).

Der hvor man graver vekk i 1:2 vil det være hensiktsmessig å starte helt øverst og grave seg nedover mot skjæringskant for ikke å ha for bratte jordskjæringer under utførelsen. Prosjektering og stabilisering av løsmasseskjæringene er for øvrig beskrevet i geoteknisk rapport [8] for strekningen.

16 Vurdering av geometrisk utforming av skjæringer

I områder med skjæringer i berg skal vegprofilet utarbeides med åpen fanggrøft som vist i vedlegg 2 med minimum bredde på fanggrøft avhengig av skjæringshøyde og skjæringshelning i henhold til figur 1.9.1-2 i håndbok N200, se Figur 37.



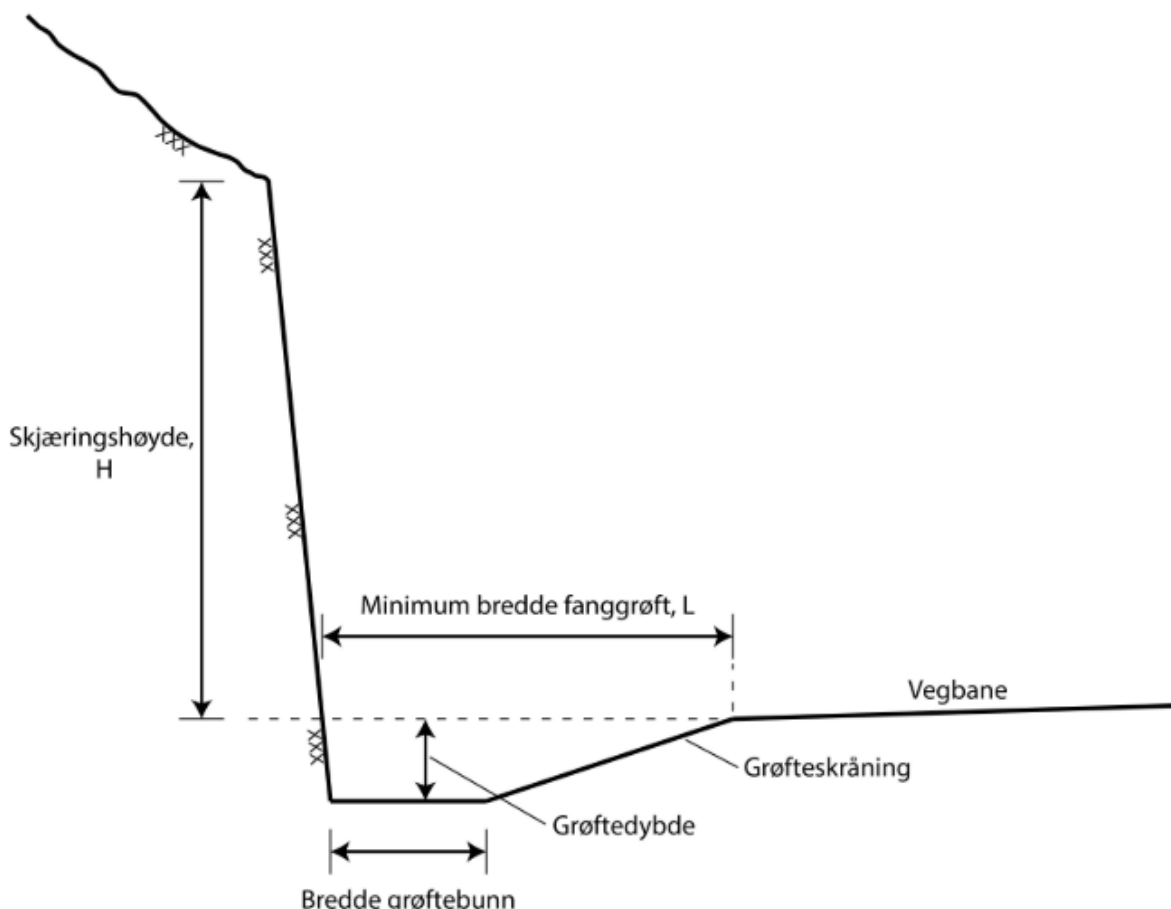
Figur 37 Bredder på fanggrøft

Figuren viser nødvendig bredde på fanggrøft uten avtrapping. Det vil si at hvis skjæringen har avtrappinger (paller) kan denne kun benyttes for den nederste delen av skjæringen opp til første avtrapping.

I beregnings- og datagrunnlaget for Figur 37 er det ifølge N200 kun tatt høyde for små uregelmessigheter i skjæringsoverflaten som følge av geologi og sprengingen.

For delen av skjæringen over første avtrapping forutsettes det utført egne vurderinger.

Det er planlagt avtrappinger for skjæringer i berg, med høyde større enn 10-12 m. Det er planlagt å legge inn en avtrappinger på 4-5 m med fanggrøft med størrelse minimum slik det er vist i Figur 37. Selve grøften skal utformes som vist i Figur 38 som kommer i fra N200.



Figur 38 Prinsippskisse for utforming av fanggrøft.

For de delene av skjæringen som ligger ovenfor første avtrapping er det vurdert at hver avtrapping betraktes som en egen skjæring som kan utformes og sikres på tilsvarende måte som den nederste. Avtrappingene sprenges brede nok til at stein og blokker kan fanges opp. For en 10 m høy skjæring vil det dermed bli minimum 3,6 m bredde på avtrapping for å kunne fungere tilnærmet som grøften nedenfor den første avtrappingen. Ved utfall som gjør at hyllebredden blir <4 m eller at hyllen ikke har full funksjon, må det gjøres spesielle vurderinger og ekstra bergsikringstiltak for å sikre tilstrekkelig sikkerhet mot nedfall på vei. Slike tiltak vil da typisk være sikring med steinsprangnett. I de høyeste skjæringene bør det gjøres ekstra sikringstiltak da det vil bli vanskelig å komme til for å gjøre inspeksjon og vedlikehold i permanentfasen.

Det er for det meste morenemasser i prosjektområdet og helningsvinkelen avspeiler dette. Områder med skjæring er regulert med basis i at løsmasseskråning over skjæring skal legges inn med helningsvinkel 1:2. Der det er store mektigheter skal det benyttes støttekonstruksjoner, sannsynligvis jordnagling, som gjør at massene støttes opp i en brattere vinkel. Det henvises til geoteknisk rapport for reguleringsplan [8] utført av Rambøll. Det er beskrevet noe angående uttaksmetodikk under kapittel 25 *Gjennomførbarhet/SHA/spesielle forhold/ uttak av berg og løsmasser*. Det er mulig å eventuelt vurdere annen utforming på skjæringene for å minske berguttaket i senere planfaser. Det må da gjøres nye vurderinger på sikkerheten not nedfall på vei med ny geometri.

17 Bergsikring

17.1 Bergsikringsmetoder generelt

For skjæringer i berg er normale sikringsmetoder som rensk, bolting og nett de mest brukte. Som angitt i funksjonskravene i N200, kapittel 221 skal skjæringene sikres slik at det ikke forekommer nedfall av stein og is på vegbanen.

Rensk

Det skal normalt utføres maskinell rensk av samtlige bergskjæringer. Dette arbeidet må utføres uten å rive opp fjellet unødige da dette vil kunne øke potensiale for nedfall og øke sikringsomfang. Ved rensk av låseblokker kan dette føre til ytterligere nedfall av overliggende bergmasse. Det bør utføres manuell rensk også som del av sluttgjennomgangen.

Bolting

Det vil bli behov for spredt til systematisk bolting i alle skjæringene i berg. Boltelengde og type må vurderes basert på geologiske forhold, men normalt vil det benyttes fullt innstøpte sikringsbolter med lengde 3, 4, 5 og 6 meter. Der hvor det er nødvendig med umiddelbar sikring bør kombinasjonsbolter benyttes slik at de kan inngå i den permanente sikringen.

Det kan også bli behov for bolting med stag med stor kapasitet og lengder på 6 -12 meter for å sikre stabilitet, spesielt i områdene det er kartlagt åpne, steile sprekker.

Forbolting

Det vil også bli aktuelt med forbolter for å forhindre bakbrytning. Dette er spesielt aktuelt der man har støttekonstruksjoner på toppen av skjæringene som man må sikre stabiliteten til. Det er også aktuelt der skjæringen etableres med hylle for å bevare hyllenes geometri.

Til forbolting vil det være aktuelt å bruke stag med stor kapasitet for å sikre stabilitet i de tilfellene beskrevet over. I forbindelse med forbolting anbefales det en betongdrager som binder sammen forboltene, der det er svært viktig å beholde kontur.

Steinprangnett

I områder med moderat til svært oppsprukket berg og fare for mye små nedfall, må behovet for nettsikring vurderes.

Sprøytebetong

Et alternativ til nett i forbindelse med oppknust berg er bruk av sprøytebetong. I skjæringer bør det benyttes sprøytebetong av typen B35 og E1000. Sprøytebetongen må dreneres med dreneringshull gjennom sprøytebetong etter påføring.

Vann

I områder hvor vann renner langs skjæringsveggen, vil dette kunne føre til iskjøvingsproblematikk. Aktuelle tiltak vil være å kontrollere nedføringen ved bruk av dreneringsgrøfter og utsprengning av nisjer i skjæringsveggen, og/eller bruk av isnett. I forbindelse med vannførende slepper og svakhetssoner vil dreneringshull være et aktuelt tiltak.

Sikring av skråning over skjæringstopp

Løsmasser og vegetasjon bør fjernes til minimum 2,0 meter utenfor prosjektert skjæringstopp, og 3 meter der det er planlagt løsmasseskråning støttet opp med jordanker.

17.2 Mengder

En oversikt over skjæringer samt lengde og gjennomsnittshøyde er vist under i Tabell 4.

I Vindåsliene må det forventes behov for utstrakt bruk av bergsikringsnett og isnett i skjæringene. Det må forventes utstrakt systematisk forbolting der det er planlagt støttekonstruksjoner for jord over skjæring. Det forventes også behov for mye bergbolter.

Det kan bli behov for plankestengsel (Sognemur) for å stabilisere mindre jordskjæringer over bergskjæring. Støttekonstruksjoner over bergskjæringer må prosjekteres spesielt.

For områdene med bergskjæringer over ca. 3 meter er det utarbeidet et sikringsmengdeanslag. Som basis for disse er følgende lagt til grunn med grunnlag i bergmassekvaliteten på strekningen:

- 1 bolt pr. 10 m² skjæringsvegg er beregnet som et gjennomsnitt for alle skjæringer.
- Boltelengder 3,0 meter (45%), 4,0 meter (40%), 5,0 meter (10%) og 6,0 meter (5%). Det er også lagt inn bolter med høyere kapasitet og lengder for å ta høyde for behov for tyngre sikring.
- Steinsprangnett og isnett er vurdert spesielt i hvert tilfelle i tabell under. Mengde er vurdert som en samlet mengde nett uavhengig av type nett og er beregnet som en prosentandel av bergskjæringens areal. For de høyeste skjæringene er det lagt inn et behov for til sammen 75 % av skjæringsarealet skal sikres med is-/ steinsprangnett da det vil bli vanskelig med adkomst for vedlikeholdsarbeid i permanentsituasjonen.

Det er vist i Tabell 4 hvilke skjæringer som er regnet å ha behov for denne tettheten av nettsikring. Det er også beskrevet hvor det er forventet bruk av lengere bolter med høy kapasitet.

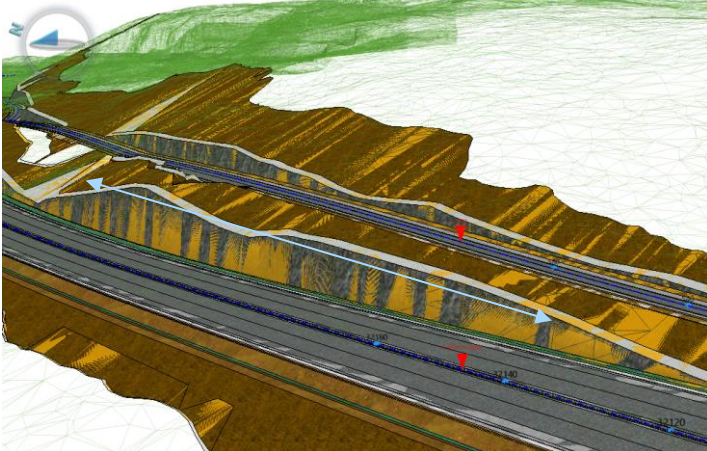
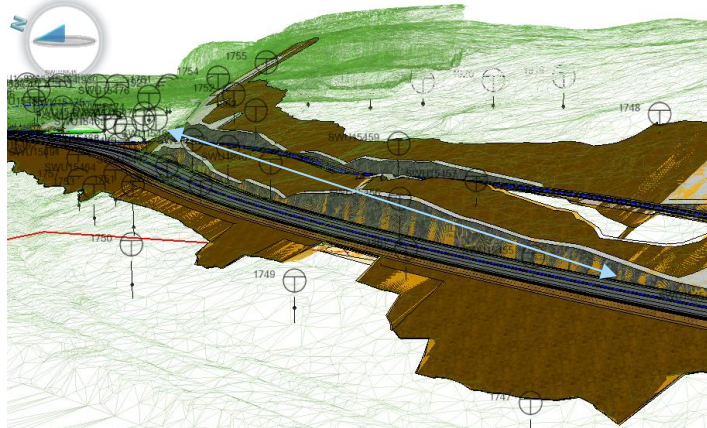
Behov for is-/ steinsprangnett er vurdert basert på hydrologiske, og hydrogeologiske forhold ved de aktuelle skjæringene.

Oversikt over skjæringene på strekningen er vist i Tabell 4, og estimat på sikringsmengder er gitt i



Tabell 5.

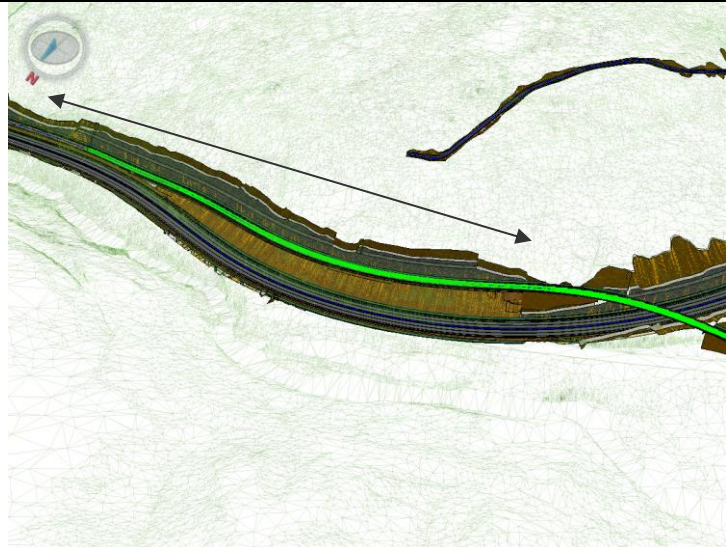
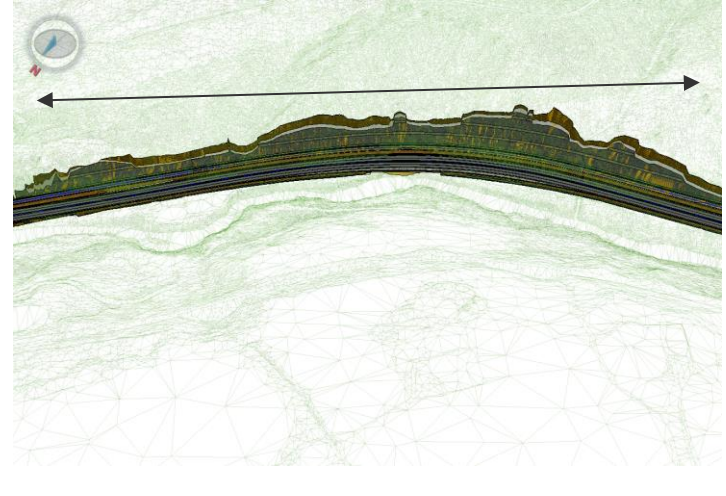
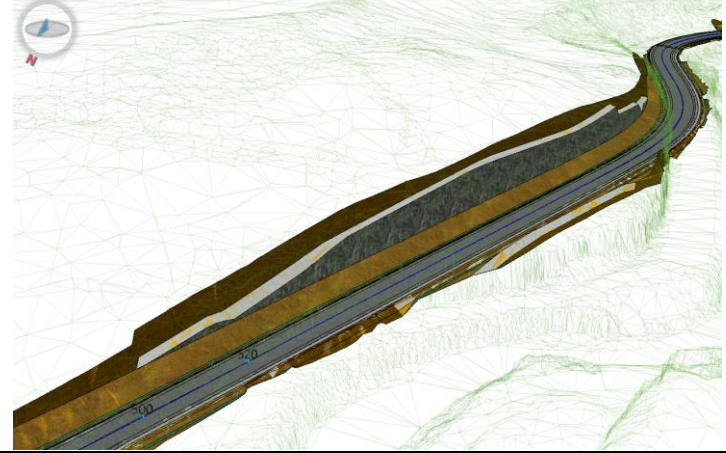
All sikringen som er beskrevet i teksten over skal utføres som angitt i Håndbok R761 Prosesskode 1 - Statens vegvesen.

Tabell 4 Oppsummering geometri skjæringer over ca. 3 meter på strekningen

Delstrekning Fra sør mot nord	Lengde skjæringsvegg med høyde over ca. 3 meter/ spesielle sikringsbehov	Areal skjæringsvegg med høyde over ca. 5 meter
<p>32130–32280 (gjennomsnitt høyde ca. 7 m, høyre side)</p> 	<p>120 m</p> <p>Ca 20 % av areal beregnet med sikringsnett. Begrunnelse: Begrenset med vann, men E6</p>	<p>840 m²</p>
<p>32340–32680 (gjennomsnitt høyde ca. 5 m, høyre side)</p> 	<p>340 m</p> <p>Ca 20 % av areal beregnet med sikringsnett. Begrunnelse: Begrenset med vann, men E6</p>	<p>1700 m²</p>
<p>640–720, lokalveg (gjennomsnitt høyde ca. 3 m, ensidig)</p>	<p>80 m</p> <p>Ca 20 % av areal beregnet med sikringsnett. Begrunnelse: Lokalveg, men sannsynligvis mye vann fra terreng.</p>	<p>240 m²</p>

<p>800–1120, lokalveg (gjennomsnitt høyde ca. 5 m, ensidig)</p>	<p>320 m</p> <p>Ca 20 % av areal beregnet med sikringsnett. Begrunnelse: Lokalveg, men sannsynligvis mye vann fra terreng.</p>	<p>1600 m²</p>
<p>33700–34170 (gjennomsnitt høyde ca. 16 m, høyre side)</p>	<p>470 m</p> <p>Vurderte, spesielle sikringsbehov:</p> <p>Steinsprengnett/ isnettbehov: ca 75 % av areal pga vanskelig tilkomst i garantitiden</p>	<p>7520 m²</p>

		
<p>33700–34140 (gjennomsnitt høyde ca. 12 m, venstre side)</p> 	<p>440 m</p> <p>Steinsprengnett/ isnettbehov: ca 40 % av areal pga Begrunnelse: Lite vann fra skjæring vanskelig tilkomst i garantitiden.</p>	<p>5280 m²</p>
<p>360 (34200 (E6)) – 880 (34740 (E6)) (gjennomsnitt høyde ca. 13 m, høyre side)</p>	<p>520 m</p> <p>Vurderte, spesielle sikringsbehov: Steinsprengnett/ isnettbehov: ca 75 % av areal.</p> <p>Begrunnelse: Lettere tilkomst pga lokalveg, men veldig mye vann i terreng.</p> <p>Behov for forbolting foran</p>	<p>6760 m²</p>

	<p>støttekonstruksjoner for jord</p>	
<p>34820 – 35420 (gjennomsnitt høyde ca. 17 m, høyre side)</p> 	<p>600 m</p> <p>Vurderte, spesielle sikringsbehov: Steinsprengnett/ isnettbehov: ca 75 % av areal.</p> <p>Behov for forbolting foran støttekonstruksjoner for jord</p>	<p>10200 m²</p>
<p>Lokalvei 530–670 (gjennomsnitt høyde ca. 7 m, ensidig)</p> 	<p>140 m</p> <p>Steinsprengnett/ isnettbehov: ca 0 % av areal. Begrunnelse: Lite vann fra terreng og lokalveg</p>	<p>980 m²</p>
<p>Totalt</p>	<p>3030 m</p>	<p>35120 m²</p>

Tabell 5 Estimert på sikringsmengder

Bergsikring	Enhet	Antall
Bolt à 3 meter	stk.	1600
Bolt à 4 meter	stk.	1400
Bolt à 5 meter	stk.	400
Bolt à 6 meter	stk.	200
Forbolting 4-8 meter (anslått mengde)	stk.	2000
Stag med stor kapasitet med lengder 9–12 meter (anslått mengde)	stk.	50
Steinsprangnett	m ²	10000
Isnett	m ²	10000
Sprøytebetong (anslått mengde)	m ³	100

Disse mengdene baserer seg på geometrien som er lagt til grunn for skjæringene. Ved bruk av andre utforminger av skjæringene vil det kunne påvirke forventede mengder. Mengdene er kun et anslag og det vil være store usikkerheter med mengdene.

18 Vurdering av mekaniske egenskaper og anvendelse av sprengsteinsmassene

Tabell 6 gir en oversikt over erfaringsverdier for borsynkindeks, borslitasjeindeks og anvendelse av sprengsteinsmassene for de ulike bergartene i området. Det bemerkes at det ikke er utført laboratorieundersøkelser for kontroll av erfaringstallene. Det vil derfor kunne forekomme variasjoner fra tabellen og virkelige verdier. Det vil også kunne forekomme variasjoner innad i samme bergart langs traseen. Geologiske forhold som påvirker sprengbarheten er blant annet trykkstyrke, strekkstyrke, anisotropiforhold og oppsprekkingsgrad. Grønnstein kan til dels karakteriseres som homogen med lavt anisotropiforhold og vil dermed ha god sprengbarhet. Hvor bergmassen har en mer skifrig karakter som for fyllitt og skifer vil anisotropiforholdet øke og bergmassen ha ulike materialetekniske egenskaper i ulike retninger. Dette vil redusere bergmassens sprengbarhet [25]. Det er stort sett bare fyllitt/glimmerskifer som vil påtreffes i linjen. I utgangspunktet vil en fyllitt/glimmerskifer som man har på stedet ha relativt høy borsynkindeks (DRI) og liten borslitasjeindeks (BWI). Imidlertid rapporterte entreprenør i forbindelse med bergskjæringen langs den nye vegstrekningen mellom Soknedalstunnelen og Korporalsbrua, bygget ca. år 2019, høy grad av borslitasje. Ifølge berggrunnskart fra NGU var dette i samme type bergart som bergart i planlagt veilinje i planområdet. Man kan derfor regne med at det vil kunne være høy borslitasje og også relativt lav borsynk i bergmassen.

Tabell 6 Oversikt erfaringsverdier borslitasje-, borsynkindeks [14] og anvendelse av sprengsteinsmassene

Bergart	Borsynkindeks (DRI)	Borslitasjeindeks (BWI)	Anvendelse av sprengsteinsmassene
Tufitt	Variierende/ukjent	Variierende/ukjent	Variierende/ukjent
Grønnstein	Lav til middels	Lav til middels	Homogen bergart, erfaringsmessig godt egnet som vegbyggingsmateriale

Amfibolitt	Lav til middels	Lav til middels	Lagdelt, men vanligvis godt egnet som vegbyggingsmateriale
Fyllitt og skifer	Sannsynligvis lav til middels borsynk	Sannsynligvis høy borslitasjeindeks	Lite egnet som bære- eller forsterkningslag.

Det er tatt prøver (Micro-Deval og LA-test) av fyllitt/glimmerskifer nederst i Vindåsliene ved profil 35380. Resultatet viser at bergmassen ikke er egnet til bruk i bærelag eller forsterkningslag (Resultat: Los Angeles: 18, Micro-Deval: 27). [11] Visuell og ingeniørgeologisk vurdering av påtrufne masser i linjen der det er fyllitt/glimmerskifer tilsier også at massen er lite egnet i bærelag eller forsterkningslag. Denne samme vurderingen er gjort for bergmassen for hele strekningen i reguleringsplanen for den opprinnelige Vindåslitunnelen [1].

Massene vil kunne være egnet som fyllmasser, men i de tilfeller de brukes i vegkroppen eller nær vegkroppen, må det kontrolleres at bergmassen ikke er vannømfintlig.

19 Vurderinger - hydrologi/hydrogeologi

Det vurderes, og det er observert, at det kommer mye vann i områdene i skråningene i Vindåsliene der det er forsenkninger ned mot dagens vei som er vist i (Figur 9) samt flere andre steder. Det er også 3 bekker som er vist i Figur 13 som kommer ut i skjæring på strekningen. Bekkenes profilnummer og lavbrekkene som fører/kan føre vann samt der det er observert vann i skjæringer er vist i Tabell 7. Overflateavrenning og bekker fra terrenget ovenfor skjæringer må vurderes tatt ned i nisjer og føres under dagens E6 i stikkrenner.

Tabell 7 Bekker som passerer planlagt vei i skjæring

Navn	Profilnr.
Isdannelse	Ca. profil 34680 - 34700
Liten bekk ved 34690	Ca. profil 34780
Vindåslibekken	Ca. profil 34920
Ravineforsenkninger/lavbrekk i terrenget over planlagt vei	Ca. profil 34950-34970
Ravineforsenkninger/lavbrekk i terrenget over planlagt vei	Ca. profil 34990-35010
Ravineforsenkninger/lavbrekk i terrenget over planlagt vei	Ca. profil 35030-35050
Ravineforsenkninger/lavbrekk i terrenget over planlagt vei	Ca. profil 35065-35075
Ravineforsenkninger/lavbrekk i terrenget over planlagt vei	Ca. profil 35115-35135
Bekk ved 35230	Ca. profil 35230

Det kan i tillegg dannes is flere andre steder enn de registrerte i Tabell 7.

Det vurderes at der det er steile åpne sprekker vil det kunne komme grunnvann ut av skjæringer og isskjøving kan oppstå. Det er observert at det bygger mye is i de eksisterende skjæringene på en rekke steder mellom profil 34260 og 35460 nedover Vindåsliene.



Figur 39 Is i Vindåsliene ved profil ca. 34600-34700 (Rambøll: Video fra bil 2020)

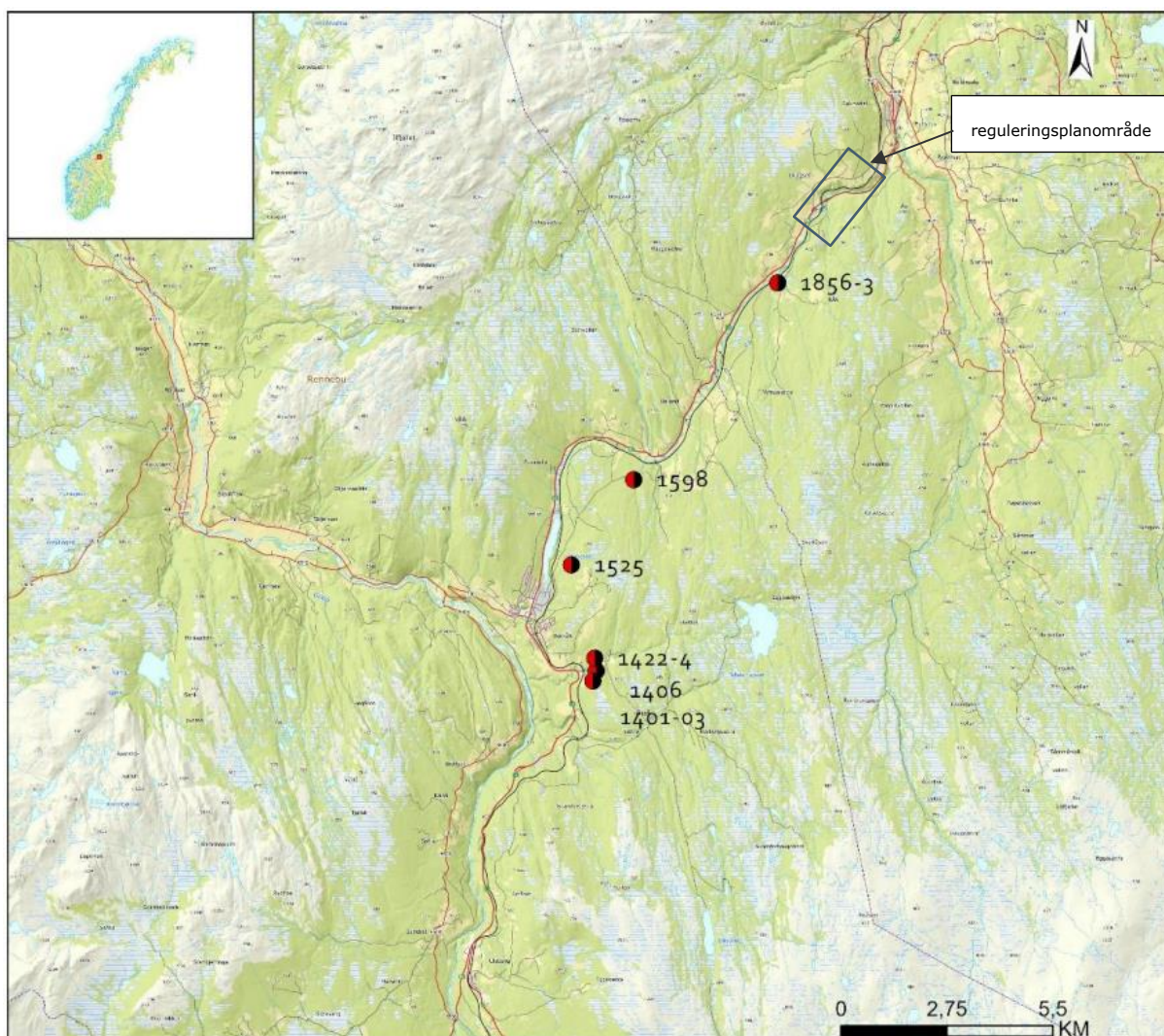
Det vurderes at grunnvannsbrønnene ikke påvirkes av anleggsarbeidene, med tanke på avstand på >150 meter til tiltak.

De små myrområder som er beskrevet under faktadelen i rapporten vil ikke bli drenert ut i skjæringene da veien ligger på fylling i de områdene det gjelder.

Det vurderes at vannansamlinger over linjen vist i Figur 16 vil bli lite påvirket av de nye skjæringene da det ikke tas ut mye berg i bredden mot vannansamlingene i dette området.

20 Vurdering av krav til håndtering av sprengsteinsmasser

Resultatene som foreligger på nåværende tidspunkt, viser at bergprøvene ikke har syredannende potensial, ikke har høyt radoninnhold eller inneholder skadelige nivåer av tungmetaller. Prøvene er imidlertid tatt utenfor planområdet. De fleste i samme bergart som bergarten som er kartlagt i planområdet, glimmerskifer/fyllitt. Utførte prøvetakinger er vist under i Figur 40.



Figur 40 Røde punkt viser utførte grunnboringer der det er tatt prøve fra borkaks [9].

Resultater av tester foreligger i rapport [9]. Utdrag fra konklusjonen i rapporten er gjengitt under angående videre prøvetaking:

«Ingen av berg- og jordprøvene tatt på strekningen er karakterisert som syredannende og berggrunnen og løsmasser på det planlagt tiltaksområdet ved E6 Ulsberg-Vindåsliene er ikke å anse som syredannende grunnet lavt svovelinnhold (<8000 mg/kg) og andre tungmetaller, lavt urankonsentrasjon (lavt radioaktivt potensiale).....

...Da det var utfordrende å hente tilstrekkelig borkaksprøver grunnet massene beskaffenhet og porøsitet, anbefaler Rambøll ytterligere prøvetaking. Prøvetakingen skal kartlegge omfanget av bergarter for å utelukke usikkerheter tilknyttet bergartenes syredannelse samt minimere uønsket miljøpåvirkning ved sur avrenning. Supplerende prøver anbefales tatt i skjæringer i byggefasen i område hvor det er planlagt å utføre større berguttak eller områder med synlig gul utfelling samt der berg kommer i kontakt med grunnvann. Entreprenør skal inspisere fragmenter av skifer for å sjekke om det utvikles misfarging på overflaten (gul farge). Dersom misfarging observeres, skal miljørådgiver kontaktes umiddelbart og geokjemiske analyser utføres.»

Det anbefales på bakgrunn av denne rapporten at det tas prøver for å verifisere resultater som foreligger hittil.

Det er nord i reguleringsplansområdet observert noe misfarging av fyllitt samt tilstedeværelse av pyritt som tidligere nevnt i *11 Krav til håndtering av sprengsteinsmasser*, se Figur 41 og Figur 42.

Problematikk knyttet til syredannede berg er vanligvis i forbindelse med mikrostørrelser på mineralkorn for pyritt eller pyrititt som gir svært stor overflate noe som ikke er vanlig i de trønderske bergartene på grunn av dannelseshistorien til bergartene.



Figur 41 Pyrittførende berg fra nord i planområdet ved planlagt fylkesvei



Figur 42 Noe misfarget berg

Det anbefales at det gjøres videre undersøkelser for å vurdere om bergmassen kan ha syredannende egenskaper senere i reguleringsplanfasen eller byggeplanfase ved planlagt fylkesvei i nord. Som nevnt i Kapittel 11 ble det på 80-tallet undersøkt en potensiell malmforekomst på toppen av åsen ca 200 m sørøst for profil ca 32400. Det er ikke synlige bergblotninger i dette området nær planlagt veilinje.

Det vil være naturlig å utføre analyser av berget i disse 2 områdene og ellers rutinemessig langs linjen for å kontrollere sikre at det ikke blir tatt ut berg med syredannende potensial og at det eventuelt bli gjort riktige tiltak hvis det skulle være tilfelle.

21 Vurdering av skredfare

Skredvurdering er tatt vurdert i en egen rapport [7]

22 Vannømfintlighet, dypsprenging, grunnsprenging

Bergartene i området varierer hvorvidt de forventes å være vannømfintlige. Fyllitt og skifer er typisk potensielt vannømfintlige bergarter. Det er ikke observert klare bergartsgrenser mellom de ulike bergartene i området. Det er tatt ut 1 prøve som er undersøkt med tanke på vannømfintlighet fra planområde, ca ved profil 33960. Det er også tatt ut prøver og gjort forundersøkelser av skiferbergarter ved 2 lokasjoner ved Skauma ca. 13 km lenger sørøst. Det er også gjort en prøvegraving og analyse av sprengte masser i sålen ned mot berg etter utlegging ved Skauma [18] der veibyggingen er påbegynt. Materialet er i alle 3 analysetilfeller ble betegnet som «ikke vannømfintlig», men de ligger relativt nært opp til terskelverdien for vannømfintlighet (Tabell 8).

Tabell 8 Prøveresultater vannømfintlighet

Prøvested	Finstoffinnhold	Terskelverdi
Prøve ved vindåsliene (profil 33960) [13]	4,9% Finstoff	Terskelverdi for vannømfintlig: > 7 % finstoff
Prøve ved Skauma (profil 18250) [26]	6,0% Finstoff	
Prøve ved Skauma (Adkomstvei Skauma) [26]	5,6% Finstoff	
Prøve ved Skauma (Profil 18000) [12]	6,3% Finstoff	
2 prøvehull ved Skauma [27] Punkt 1 – X: 1535913.21, Y: 76714.44, Z: 511.59 Punkt 2 – X: 1535742.79, Y: 76737.91, Z: 509.25	3,5% Finstoff 2,8% Finstoff	

Det bør tas ut flere prøver for å verifisere om bergmassen er vannømfintlig. Bruk av dyp- og grunnsprengning må også vurderes fortløpende i anleggsperioden etter hvert som bergoverflaten avdekkes og skjæringene tas ut.

23 Vurderinger av tiltak mot omgivelser

Rystelseskrav for hus nærmere enn 100 meter må beregnes iht. NS 8141 når man har oversikt over fundamenterings- og grunnforhold. Det må monteres rystelsesmålere som dokumenterer at anleggsarbeidene overholder kravene. Bygninger og konstruksjoner som vil ha behov for rystelsesgrenser er beskrevet under kapittel 10 «Omgivelser», dette inkluderer Vindåslibrua.

Ved sprengning i skjæringer må trafikk på E6 stanses i korte perioder mens det sprenges og utføres kontroll på eksisterende E6. Sprengningsrystelser kan oppleves skremmende for trafikanter og rystelser kan føre til ustabile situasjoner i skråningene/skjæringene over eksisterende E6.

Sprenging i skjæringer må gjøres i perioder der det ikke går tog og i god dialog med Bane NOR selv om det er god avstand til jernbanen.

Eksisterende stagforankrede støttemur i Vindåsliene vurderes som svært stabil, solid konstruert og å ikke ha behov for begrensninger på rystelser.

24 Ingeniørgeologisk kompetanse og oppfølging i byggefasen

For byggefasen skal det sørges for at prosjektet har tilstrekkelig bemanning og den nødvendige bergtekniske/ingeniørgeologiske kompetansen for å håndtere de forventede utfordringene. En person med bergteknisk/ingeniørgeologisk kompetanse skal ha det faglige ansvar for permanent sikringen [28]. Med tanke på de forhold som forventes for denne traseen, bør denne personen ha minimum 5 års erfaring. Oppfølgingen må foregå i samarbeid med person med høy

geoteknisk kompetanse. Det vil sannsynligvis også bli nødvendig og trekke inn folk med kompetanse på konstruksjoner.

Det anbefales at det utføres geologisk detaljkartlegging etter at bergoverflaten er avdekket og etter sprengning av hver pallhøyde. Kartlegging og sikring av skjæringen bør utføres fortløpende for å kunne justere skjæringsvinkel og behov for forbolting. Den utførte sikringen skal sammen med de geologiske forholdene dokumenteres i en sluttrapport. Rapporten skal også inneholde informasjon for fremtidig vedlikehold [28]. For skjæringer i berg som vurderes til geoteknisk kategori 3 i prosjekteringsfasen, skal det også utføres utvidet kontroll under utførelsen jmfør kapittel 5.

25 Gjennomførbarhet/SHA/spesielle forhold/ uttak av berg og løsmasser

Bygging av ny E6 i Vindåsliene vil medføre omfattende arbeider langs eksisterende E6 og er teknisk krevende i forhold til topografi og trafikkavvikling på dagens E6. Det vil være behov for transport av store mengder løsmasser og omfattende sikring av løsmasser for å oppnå prosjektert skråningshelning. I skråninger ovenfor dagens E6 vil det være behov for massetransport langs midlertidige vegger og sikring av berg og løsmasser i anleggsperioden og permanentfasen.

Løsmassene er i utgangspunktet planlagt lagt i 1:2 over bergskjæringer. Det er usikkerhet til løsmassetykkelsen mange steder ovenfor skjæringer. Nedover langs Vindåsliene vil det bli betydelige bergskjæringshøyder langs sørsiden av vegen. Her vil det bli behov for støttekonstruksjoner som tørrmur, støttemur og/eller jordnagling. Dette må prosjekteres før oppstart av byggearbeidene. Der hvor man graver vekk løsmasser med skråningsvinkel 1:2 vil det være hensiktsmessig å starte helt øverst og grave seg nedover mot skjæringskant for ikke å få for bratte jordskråninger i anleggsfasen.

Der hvor det er planlagt jordnagling må man etter frigraving av en viss høyde med løsmasser, sikre den frigravde seksjonen med stag til berg. I utgangspunktet er jordnaglingen planlagt utført ved at det bores stag gjennom løsmasser til berg som forankrer en bånd- og nettkonstruksjon eller en isolert mur med sprøytebetong og armering/nett/bånd. Helningen og utførelsen av denne konstruksjonen må detaljprosjekteres. Etter at en seksjon er sikret kan man grave seg ned videre. Denne blir da forankret gjennom løsmasser til berg. Sikringskonstruksjonen må planlegges slik at foten til denne havner minimum 3 meter bak prosjektert bergskjæringstopp.

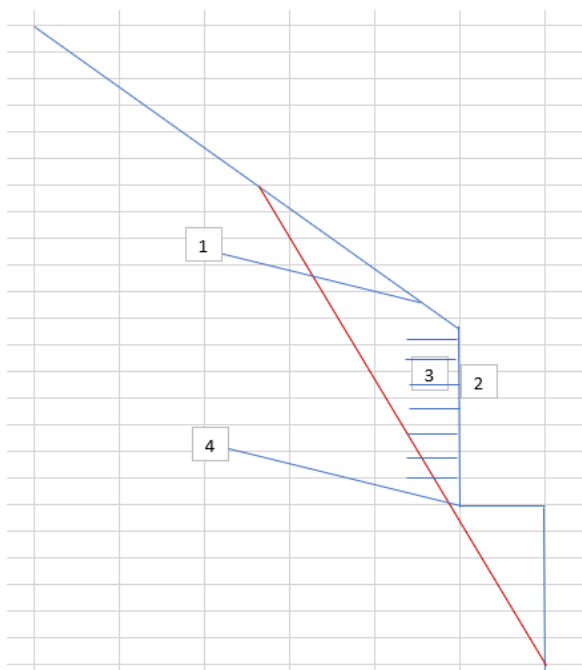
Etter at støttekonstruksjonen er etablert må løsmassene over berget i område nedenfor støttekonstruksjonen renskes for løsmasser til berg. Rensken må utføres med slik nøyaktighet at det går an å gjøre en grundig ingeniørgeologisk vurdering av bergmassen. Undersøkelsen skal spesielt vurdere om det er sprekker eller slepper i berget med uheldig geometri som kan gjøre støttekonstruksjonen ustabil når man sprenger berget foran denne. Etter at det er gjort en vurdering av dette må det tas beslutning om det skal utføres forbolting, i hvilket omfang forboltingen skal utføres og om det er nødvendig å bruke forbolter med større kapasitet og lengde enn det som er ansettes som normalt (4-8 meter).

Etter at forbolting er utført eventuelt, må det vurderes om det skal utføres spesielle tiltak under sprengning. Der man etablerer støttekonstruksjoner vil det måtte gjøres tiltak under sprengning for å skåne den nyetablerte sikringskonstruksjonen. Det anbefales at det bores 1 eller 2 rader med sømboring i sprengningskonturen, typisk med $c/c = ca. 25 \text{ cm}$. Det bør i tillegg benyttes reduserte ladninger i konturen og forsiktig sprenging. Man bør i tillegg måle rystelser på de nyetablerte konstruksjonene.

Der løsmassene blir lagt opp i stabil vinkel over skjæring må det også etter avdekking av løsmassene gjøres en grundig ingeniørgeologisk vurdering av bergmassen og spesielt vurdere om det er sprekker eller slepper i berget. Vurdering av behov for forbolting gjøres for hver salve.

I Vindåsliene ved Vindåslibekken er det i dagens bergskjæring noen gjennomsettende sprekkeretninger tilnærmet parallell dagens skjæring og med steilt fall ut av skjæring. Fallet varierer mellom 45° og 75° og fremstår åpne og til dels vannførende i dagen. Dette er berg som er eksponert i dagen og ha noe dårligere bergkvalitet enn forventet lenger inn i berget. Man må kunne forvente de samme sprekkeretningene lenger inn i berget som også kan være åpne og vannførende. På grunn av løsmassene over planlagte skjæringer vil det være svært vanskelig å få oversikt over sprekkenes eventuelle eksistens og forløp i terrenget ovenfor skjæringene. Det vil også kunne være vanskelig å registrere selv uten løsmasser. Det kan også være sprekkesystem som etter utsprenging av pall blir eksponert og kan rase ut.

For å redusere risiko for utfall kan det stedvis bli behov for omfattende forbolting med lange stag i stort omfang. Prinsippet er vist i Figur 43.



Figur 43 Sikringsprinsipp med potensiell sprekk og prinsipp sikring

Rekkefølgen av de viktigste sikringsprinsippene vil være:

0. Kartlegging av sprekker/slepper over sprengingskontur
1. Forbolting
2. Sprenging av pall
3. Sikring av skjæring
4. Forbolting for neste pall

Det vurderes at det vil være krevende, men gjennomførbart å utføre anleggsarbeidene.

At dette skal foregå i til dels svært bratt terreng direkte over viktig og trafikkert infrastruktur setter store krav til planlegging, gjennomføring og oppfølging av arbeidene med sikring av berg og jordskjæringer både i anleggsfasen og for permanentfasen. Det vil utvilsomt bli perioder der trafikken

må stoppes. Det er i tillegg viktig at trafikkavvikling for eksisterende trafikk gjøres sikkert og pålitelig i anleggsperioden.

Ved arbeid med rensk og sikring av skjæringer er det viktig å utvise aktsomhet og benytte maskiner og utstyr med tilstrekkelig rekkevidde slik at eventuell nedfall ikke skader personer og utstyr. Det er viktig at det utføres hyppige sikker jobb analyser (SJA) for arbeidene med bergskjæringene og sideterrenget for å identifisere alle farer og utveksle erfaringer.

Sideterrenget opp langs Vindåsliene er bratt og det er viktig at det tas hensyn til skredfare og stabilitet til løsmasser i anleggsfasen. Områder med skredfare er vurdert i [7]. Dette er en vurdering ut fra dagens situasjon. Arbeidene oppe i skråningene med trefelling og terrenginngrep kan påvirke situasjonen slik at det kan bli behov for ekstra sikring i anleggsfasen eller permanent situasjonen. Dette må følges opp i anleggsfasen.

26 Anbefalte videre undersøkelser

- I byggeplanfasen og byggefasen kan det gjøres supplerende grunnboringer ved anleggsveier for å dokumentere løsmassemekktighet og løsmasstype. Grunnboringer gjøres i linja for bergskjæringstopp.
- Dette må detaljeres i neste fase, detaljprosjekteringsfasen.
- Miljøundersøkelser med tanke på håndtering av sprengsteinsmasser.
- Videre kartlegging av sprekker etter hvert som berget avdekkes.
- Videre prøver av bergmasse med tanke på vannømfintlighet.
- Detaljert prosjektering av skjæringsutforming.
- Videre geotekniske vurderinger knyttet til skråningsstabilitet i anleggsfasen og permanent.
- Ytterligere vurderinger av de utførte kjerneboringene med støtte i televiewer- undersøkelser av kjerneborhullene som er planlagt utført.

27 References

- [1] «E6 Ulsberg-Vindåsliene, Ingeniørgeologisk rapport til reguleringsplan – Vindåslitunnelen,» SWECO NORGE, 2016.
- [2] «Detaljregulering Ulsberg – Vindåsliene Ingeniørgeologisk rapport Skjæringer i berg,» Sweco, 05.03.2019.
- [3] «640060A_320B_B01, E6 Vindalsliene - Fossumbrua i Midtre Gauldal. Massetak i framtidig trase,,» Rambøll, 28.08.2004.
- [4] NGU, «NADAG (<https://geo.ngu.no/kart/nadag-avansert/>),» 2024.
- [5] E. Geomodelling, «DOK. NR. 18023-02-R, E6 Trøndelag – Ulsberg-Vindåsliene Leveransebeskrivelse geoskanning 2019,» 13.12.2019.
- [6] «Rapport fra diamantboring på Gullvåg (Soknedalskogen) forekomsten, vinteren 1985,» Folldal Verk A/S,, 1985.
- [7] Rambøll, «Utredning av fare for snøskred og steinsprang langs E6 Berkåk-Vindåsliene - Område 7,» 2024.
- [8] «NV50E6UV-GTK-RAP-0003-Geoteknisk prosj.rap. for område 7,» Rambøll, 2024.
- [9] Rambøll, «E6UV-YML-RAP-006,» 2022.

- [10] G. AS, «Rapport 20431: Refraksjonsseismiske undersøkelser. Refraksjonsseismiske undersøkelser for utbygging av ny E6 Vindåsliene og Ulsberg, Trøndelag fylke.,» 14.12.2020.
- [11] 2020-R-005 Rambøll LA og MD Håndstykker for lab knusing Ved steinbrudd og ved påhogg nord-signert, Veidekke Industri As, 2020.
- [12] «2021-R-001 Sikteanalyse Håndstykker for lab knusing Vannømfintlighet profil 18000-signert,» Veidekke industri As, 2021.
- [13] 2021-R-056 Sikteanalyse Håndstykker for lab knusing Vannømfintlighet Vindåsliene-signert, Veidekke Industri As, 2021.
- [14] Statens vegvesen, Håndbok N200, Vegbygging, Vegdirektoratet, 2022.
- [15] S. Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020, Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering - Del 1: Almenne regler,» 2020..
- [16] «NS 8141:2022», Vibrasjoner og støt, Norsk Standard,,» 2022.
- [17] N. bergmekanikkgruppe, «Veileder for bruk av Eurokode 7 til bergteknisk prosjektering, Norsk bergmekanikkgruppe,,» 2011..
- [18] NGU, «Berggrunnskart,» https://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/.
- [19] NGU, «Kvartærgeologisk kart fra NGU, 1:250 000 https://geo.ngu.no/kart/losmasse_mobil/,» 2024.
- [20] NGU, «https://geo.ngu.no/kart/radon_mobil/,» 2024.
- [21] NGU, «Granada vanndatabase https://geo.ngu.no/kart/granada_mobil/,» 2024.
- [22] NVE, «NVE skredatlas [Skredenett.no]».
- [23] B. Nilsen og E. Broch, Ingeniørgeologi Berg – Grunnkurskompendium, 2009.
- [24] NIBIO, «Kilden,» 2022. [Internett]. Available: <https://kilden.nibio.no/>.
- [25] A. Bruland, «Anlegsteknikk GK Kompendium,» NTNU, Trondheim, 2016.
- [26] «2020-R-116 Mekanisk Håndstykker for lab knusing Rambøll Ulsberg,» Veidekke Industri As, 2020.
- [27] Befaringsnotat 19.04.2021, område 3, Rambøll Norge, 2021.
- [28] SVV, «Vegbygging håndbok N200,» 2022.

Vi bygger **gode** veier **raskt** og **smart**