



E6 Roterud–Storhove

Delrapport veg i dagen og skjæringer

26.03 | 21

Ingeniørgeologisk – hydrogeologisk rapport for reguleringsplan



Oppdragsnr:	5195019
Oppdragsnavn:	E6 Roterud–Storhove
Dokument nr.:	RAPP-geo-007
Filnavn	RAPP-geo-007 Ingeniørgeologisk-hydrogeologisk rapport, dagstrekning

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Revisjon gjelder	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
C05	2021-03-26	Til behandling hos planmyndighet	AnOng HeBoe	MaLAn, EiHal	RuWes

Sammendrag

Nye Veier utarbeider reguleringsplan for ny E6 mellom Roterud i Gjøvik og Storhove i Lillehammer kommune. Strekningen er delt i fire parseller, der to større bergskjæringer etableres på parsell 3, mens forskjæringer for Vingnestunnelen etableres på parsell 4.

Vegtraseen går gjennom lite kupert terreng som i store deler av traseen er dekket med løsmasser, og landformer er preget av løsmasseavsetninger med lite synlig berg i dagen. Berggrunnen på hele strekningen består av vekslende lag av sandstein og skifer tilhørende Brøttumformasjonen. Bergartslagene er foldet, med varierende fallretning mot nord og sør langs traseen. Siden mesteparten av området langs traseen er dekket av sammenhengende løsmasser er det derfor knyttet usikkerheter til bergartsfordelingen, samt lokal orientering på sprekker. Det pågår supplerende grunnundersøkelser (kjerneboring) i forskjæringene ved Øyresvika og Trosset for å innhente mer informasjon om løsmasse- og bergforhold i forskjæringene.

Bergmassen er for det meste oppsprukket i tre sprekkesett, hvorav det ene er orientert parallelt lagretningen og dominerer sprekkebildet. Av potensielle stabilitetsscenarioer er kileutglidning funnet å være den mekanismen som sprekkegeometrien legger mest til rette for.

Bergsikring av normalt oppsprukket bergmasse forventes å gjøres med rensk, fiberarmert sprøytebetong, steinsprangnett/isnett og sikringsbolter. Det etableres bred fanggrøft som vil kunne ta mye av det mindre nedfallet fra skjæringene.

Innhold

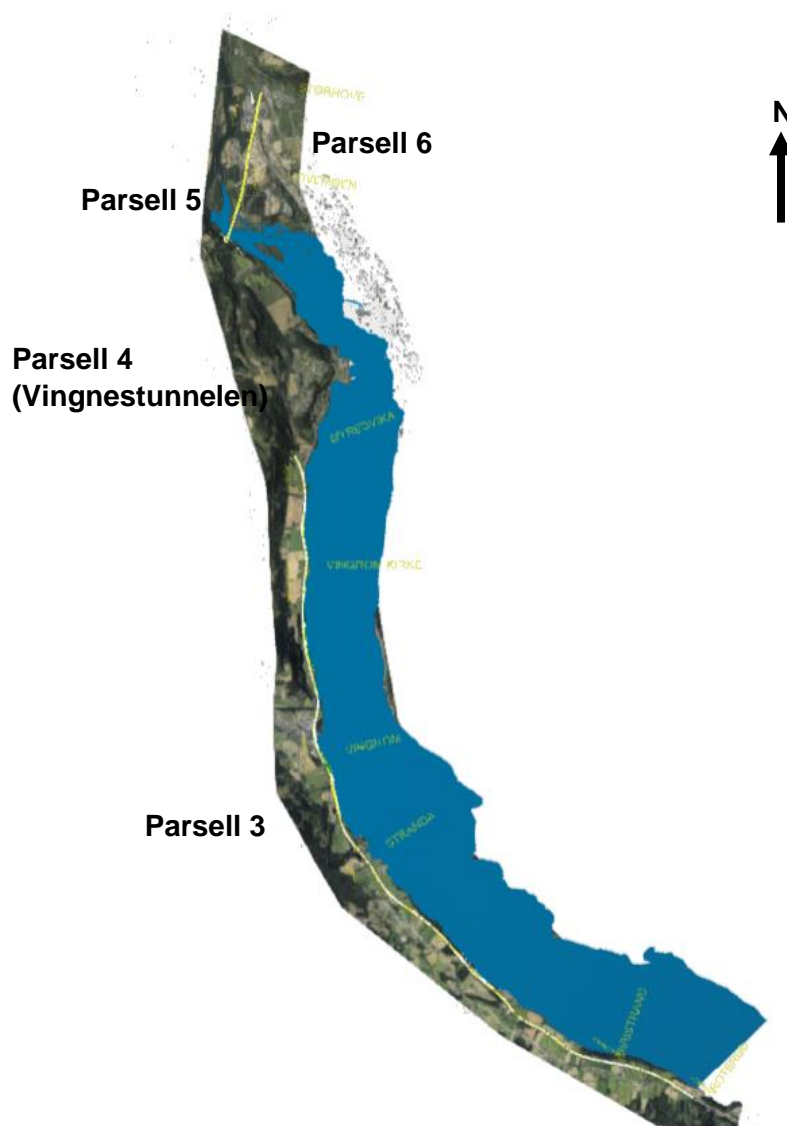
1	Innledning	5
1.1	Beskrivelse av prosjektet	5
1.2	Om rapporten	6
1.3	Geoteknisk kategori	6
1.4	Krav til sikkerhet mot skred	7
1.5	Bestemmende krav for hydrogeologisk prosjektering	8
1.6	Skjæringer langs ny E6 og omlagt fylkesvei 2540 Vingromvegen	9
2	Faktadel – Utførte grunnundersøkelser	14
2.1	Tidligere utførte grunnundersøkelser	14
2.2	Utførte grunnundersøkelser for reguleringsplanfasen	17
3	Faktadel – Beskrivelse av grunnforhold	19
3.1	Topografi og løsmasser	19
3.2	Avrenningsforhold og sårbar natur	20
3.3	Berggrunnsgeologi	24
3.4	Strukturgeologi	28
3.5	Bergmassens detaljoppsprekning	29
3.6	Resultater fra utførte grunnboringer	33
3.7	Resultater fra utført geofysikk	33
3.8	Utførte kjerneborhull	38
3.9	Anvendbarhet av steinmaterialer	39
3.10	Bergarter med syredannende potensiale	39
4	Tolkningsdel – Vurderinger av grunnforhold	40
4.6	Vurdering av forskjæringssoner	47
5	Tolkningsdel - Anleggsgjennomføring	56
5.1	Vurdering av sprengningstekniske forhold	56
5.2	Rystelser fra sprengning i dagen	57
5.3	Etablering av skjæringer	57
5.4	Sikring av skjæringer	59
5.5	Syredannende bergmasse	63
6	Oppfølging i anleggsfasen	64
7	Videre arbeider fram mot byggestart	65
8	Vurdering av restrisiko og undersøkelser i anleggsfasen	66
9	Referanser	68
10	Vedlegg	70

1 Innledning

1.1 Beskrivelse av prosjektet

Nye Veier utarbeider reguleringsplan for ny E6 mellom Roterud i Gjøvik kommune og Storhove i Lillehammer kommune. Strekningen er delt i fire parseller, som vist på Figur 1:

- Parsell 3: Roterud-Øyresvika – Hovedandel av dagstrekning, kryss ved Vingrom og Øyresvika
- Parsell 4: Øyresvika-Trosset – Vingnestunnelen inkludert forskjæringer
- Parsell 5: Trosset-Hovemoen – Bru over Lågendeltaet
- Parsell 6: Hovemoen-Storhove – Dagstrekning, kryss ved Storhove



Figur 1: Oversikt over strekningen med parsellinndeling. Klipp fra BIM-modell 23.11.2020

1.2 Om rapporten

Denne ingeniørgeologiske – hydrogeologiske rapporten gir en geologisk beskrivelse og ingeniørgeologisk/hydrogeologisk vurdering av forholdene langs dagstrekningen for ny E6. Den beskriver de geologiske forholdene på strekningen generelt, og de bergskjæringene som er prosjektert, inkludert forskjæringer for Vingnestunnelen, spesielt.

De kvartærgeologiske forholdene er beskrevet overordnet. For en mer detaljert beskrivelse og vurdering av de geotekniske forholdene vises det til RAPP-011 *Fagrapport geoteknikk*.

Rapporten har detaljnivået til Ingeniørgeologisk rapport for reguleringsplan som beskrevet i N200 Vegbygging. Rapporten er delt inn i to deler for å presisere hva som er observasjoner/fakta og hva som er vurderinger/tolkninger:

- Del I – Faktadelen, bestående av kapittel 2 og 3, er en sammenstilling av eksisterende grunnlagsmateriale og resultater fra utførte supplerende forundersøkelser/grunnundersøkelser. Faktadelen inkluderer ikke vurderinger og tolkninger som går ut over de observerte eller dokumenterte geologiske forholdene.
- Del II – Tolkningsdelen, bestående av kapittel 4 og 5 beskriver de vurderinger og tolkninger av geologiske og hydrogeologiske forhold for dagsonen som er gjort, slik som bergmassekvalitet, grunnvannsforhold langs tunneltraseen og vurderinger av sikringsbehov. I kapittel 6, 7 og 8 gjøres det vurderinger av restrisiko, beskrives gjenstående arbeider fram mot byggstart, samt gis anbefalinger for videre oppfølging og undersøkelser i anleggsfasen.

Det henvises til RAPP-ADM-004 *Designbasis* [1] for prosjekteringsforutsetninger. Informasjon i denne rapporten er ment å utfylle forutsetningene i designbasisen, og evt. endre disse ved behov.

1.2.1 Om tegningsvedlegg til ingeniørgeologisk rapport

Det er ikke utarbeidet tradisjonelle ingeniørgeologiske tegninger som vedlegg til denne rapporten. Ingeniørgeologisk og hydrogeologisk beskrivelse og prosjektering fremgår i stedet av egne grunnlagsmodeller og fagmodeller i BIM-modellen og som kartvisninger i GIS-modellen.

I henhold til konkurransegrunnlagets kapittel D1.2 skal all prosjektering foregå modellbasert med BIM. Det skal etableres en eneste, unik og felles kilde til informasjon for både dataverktøy, prosjekterende, utførende og byggherren. Denne kilden til informasjon er definert som BIM-modellen. Det er derfor ikke etablert dobbelt opp med ingeniørgeologiske og hydrogeologiske presentasjoner i BIM-modell og tegninger.

I GIS-modellen fremgår veganlegget sammen med berggrunnskart, utførte grunnundersøkelser og kartlegging. I BIM-modellen finnes utførte grunnundersøkelser, geologiske modeller og prosjekterte løsninger. Det vises til egen veileder for BIM- og GIS-modellene i ISY Prosjekt.

1.3 Geoteknisk kategori

I henhold til Håndbok N200 skal prosjekter klassifiseres i henhold til geoteknisk kategori avhengig av kompleksitet og risiko. Geoteknisk kategori settes i henhold til Eurokode 7. Geoteknisk kategori framkommer som en funksjon av prosjektets pålitelighetsklasse

(Consequence class/Reliability class) og vanskelighetsgrad. Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller, slik som tunneler og høye skjæringer, legges i henhold til Eurokode 0 tabell NA.A1(901) normalt i pålitelighetsklasse CC/RC 3.

I henhold til Håndbok N200 skal bergskjæringer som faller innunder en eller flere av følgende aktuelle problemstillinger plasseres i geoteknisk kategori 3:

- Bergskjæringer høyere enn 10 m (målt fra ferdig veg)
- Bergskjæringer der svakhetssoner/slepper vil kunne føre til større utglidninger
- Bergskjæringer i foten av høye skråninger der inngrep vil kunne føre til stabilitetsproblemer
- Bergskjæringer i bergarter som vil kunne gi forurensende avrenning

I henhold til håndbok N200 kan middels høye bergskjæringer (lavere enn 10 m) settes i geoteknisk kategori 2, og lave bergskjæringer (lavere enn 5 m) settes i geoteknisk kategori 1. Vanskelighetsgrad og høyde på skjæringer for Fv. 2538 Paul A. Owrens veg (< 10 m) og eventuelt andre lave bergskjæringer tilsier lavere geoteknisk kategori, men av hensyn til det syredannende potensialet i bergmassen og behov for geologisk oppfølging som følge av dette settes også geoteknisk kategori 3 for disse skjæringene.

1.4 Krav til sikkerhet mot skred

Risikoakseptkriterier for skred mot veg er gitt i henhold til NA-rundskriv 2014/08. Største tillatte sannsynlighet for skred på vei avhenger av ÅDT, og er for hovedvei satt til 1/1000 på alle delstrekninger.

Følgende ÅDT (dimensjonerende trafikkmengde, 20 år etter planlagt ferdigstillelse) legges til grunn for fastsettelse av sikkerhetskrav for skred på de ulike strekningene (Tabell 1) .

Tabell 1: Tabell over dimensjonerende trafikkmengde og akseptabel skredsannsynlighet for de ulike strekningene.

Strekning	Profilnummer, ca.	Dimensjonerende trafikkmengde (ÅDT)	Akseptabel skredsannsynlighet (pr. km og år)
Roterud - Vingrom	8950 – 20 000	20500	1/1000
Vingrom - Øyresvika	20 000 – 23 500	23400	1/1000
Øyresvika - Storhove	23 500 – 31 600	12100	1/1000

Vurdering av stabilitet og sikringstiltak i bergskjæringer som er nødvendig for å ivareta akseptkriteriet beskrives i denne rapporten. Vurdering av skredfare fra sideterreng til veg er omhandlet i egen rapport, RAPP-geo-004 *Skredfarevurdering*.

1.5 Bestemmende krav for hydrogeologisk prosjektering

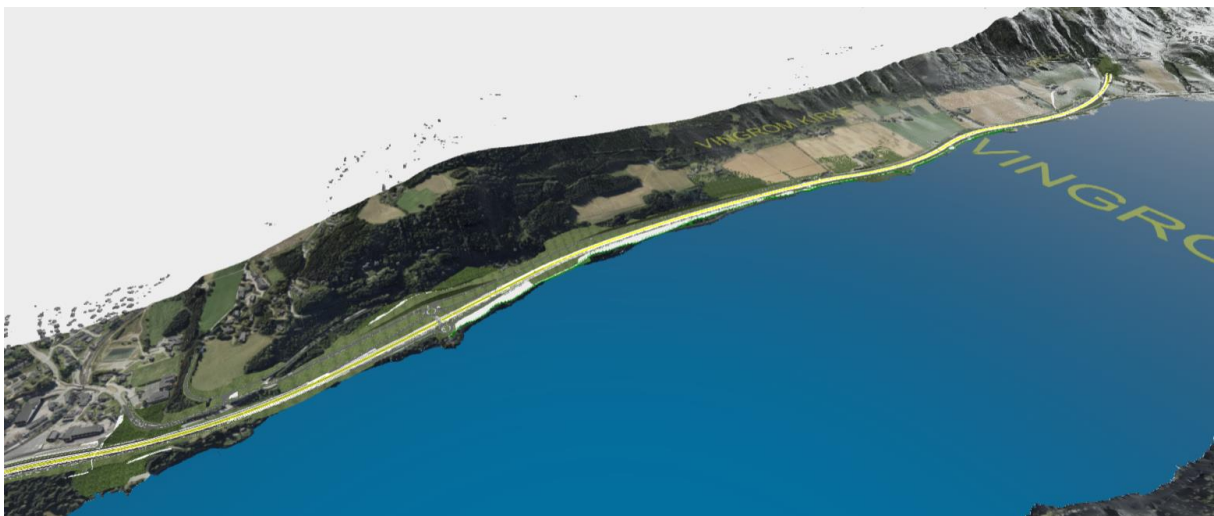
Vannressursloven §45, første ledd, sier «Ingen må iverksette grunnvannstiltak som kan være til nevneverdig skade eller ulempe for noen allmenne interesser uten konsesjon fra vassdragsmyndigheten». Det er tatt hensyn til grunnforhold, sårbare naturtyper, friluftsliv, vannforekomster, private brønner og grunnvannsforhold ved vurdering av hydrogeologiske forhold for dagstrekningen.

Det er i denne rapporten kun beskrevet hydrogeologiske forhold i forbindelse med skjæringer. Forurensning til akviferer og brønner som følge av avrenning fra vei, samt anleggets direkte påvirkning på disse, er beskrevet i fagrapport for naturressurser [37]. Grunnvannsakviferen på Hovemoen er beskrevet i egen fagrapport [38].

1.6 Skjæringer langs ny E6 og omlagt fylkesvei 2540 Vingromvegen

På strekningen fra Roterud og fram til forskjæring for Vingnestunnelen i Øyresvika (parsell 3), går vegen gjennom forholdsvis lite kupert terreng, og med gjennomgående mye løsmasser. Det er kun et par større permanente bergskjæringer som vil bli etablert på strekningen:

- Skjæring i tilknytning til kryss nord for Vingrom. Her blir det skjæring med høyde inntil 20 m og lengde på rundt 500 m. Skjæringen grenser mot fv. 2540 og rundkjøring tilknyttet krysset.
- Skjæring nord for kryss Vingrom. Her blir det en skjæring med lengde rundt 850 m og høyde inntil 16 m som etableres i forbindelse med flytting av fv. 2540.



Figur 2: Terreng langs Mjøsa fra Vingrom til tunnelpåhugg ved Øyresvika. Klipp fra BIM-modell 11.12.2020

Mindre skjæringer vil bli etablert sør for Vingrom, i forbindelse med omlegging av Fv. 2538 Paul A. Owrens veg.

Relativt korte forskjæringer i berg vil bli etablert i tilknytning til Vingnestunnelens påhugg ved Øyresvika og Trosset (parsell 4).

- Store løsmassemektheter og moderat stigende terreng i Øyresvika medfører stor forskjæring i løsmasser, men forskjæring i berg vil være forholdsvis beskjeden med tanke på skjæringsareal.
- Ved Trosset er det mindre løsmasseoverdekning og moderat stigende terreng, noe som medfører forholdsvis kort forskjæring.

På strekningen Hovemoen – Storhove (parsell 6) går vegen over større breelavsetninger hvor det ikke forventes noen bergskjæringer eller sprengningsarbeider.

En oversikt med nøkkeldata på de større skjæringene er gitt i

Tabell 2. Ikke alle mindre skjæringer (lavere enn 5 m) fremkommer nødvendigvis av tabellen.

I henhold til Designbasis [1] er det planlagt skjæringer med helning 10:1. Det etableres 2 m berghylle bak skjæringskant og bred fanggrøft i henhold til kravene satt i håndbok N200 [2].

Tabell 2: Oversikt over strekninger med større skjæringer

Beskrivelse	Veg	Profil fra (E6)	Profil til (E6)	Plassering i forhold til veg *	Lengde ***	Areal ***	Høyde (maks) ***	Høyde (snitt) ***	Orientering snitt (strøk)
					m	m ²	m	m	
Skjæring sør for Vingrom **	E6	18 500	18 700	Venstre	~200	0	0,0	0,0	332
	Fv. 2538	18 520	18 700	Venstre	~275	1 270	9,0	4,6	332/304
Skjæring for kryss Vingrom	Kryss E6, ramper og rundkjøring	20 287	20 668	Venstre	500	5 210	20,0	10,4	351
Skjæring nord for kryss Vingrom	E6 / Fv. 2540	20 975	21 825	Venstre	850	7 380	16,5	8,7	355
Forskjæring Øyresvika	E6	24 588	24 588	Påhugg	51	1 285	20,0	25,2	062
		24 573	24 588	Høyre	30	220	9,0	7,3	153
		24 528	24 588	Venstre	60	910	26,0	15,2	151
Forskjæring Trosset	E6	28 827	28 827	Påhugg	43	985	23,0	22,9	107
		28 827	28 867	Høyre	40	460	19,0	11,5	187
		28 827	28 867	Venstre	40	385	23,0	9,6	205

*: Anvisning av plassering er sett i retning med stigende profilnummer. Dvs. venstre skjæring tilsvarer skjæring vest for veien.

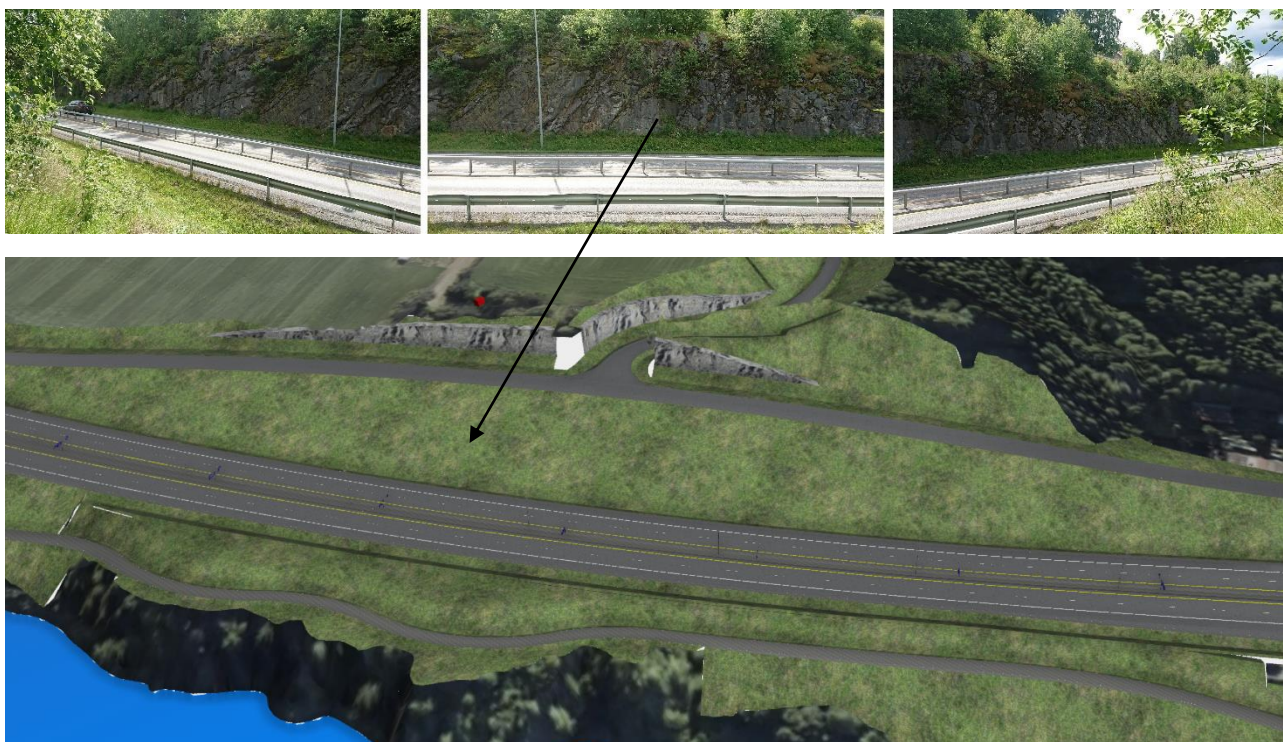
** : I prosjektert løsning så er det vist løsmasseskråning på strekningen hvor det i dag er en større bergskjæring. Permanente skjæringer vil imidlertid kunne bli etablert for Fv. 2538 Paul A. Owrens veg som ligger ovenfor skråningen. Tallene for fv. 2538 er samlet mengde av fire skjæringsflater.

***: Alle mål knyttet til skjæringene er hentet fra BIM-modellen, og avhenger av forutsatte løsmassetykkelser. Det er i varierende omfang gjort bergkontrollboringer der det skal etableres bergskjæringer.

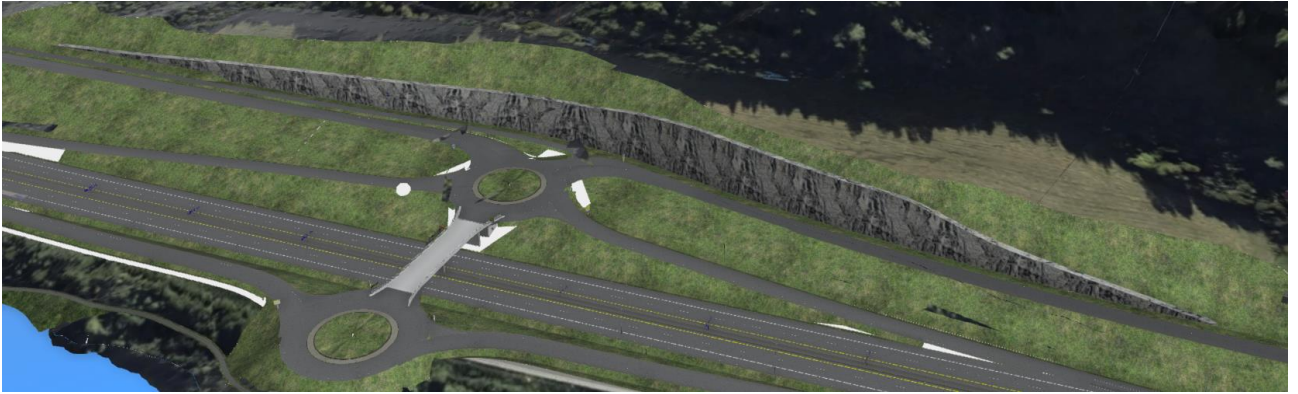
Aktuelle større skjæringer og forskjæringer er vist i



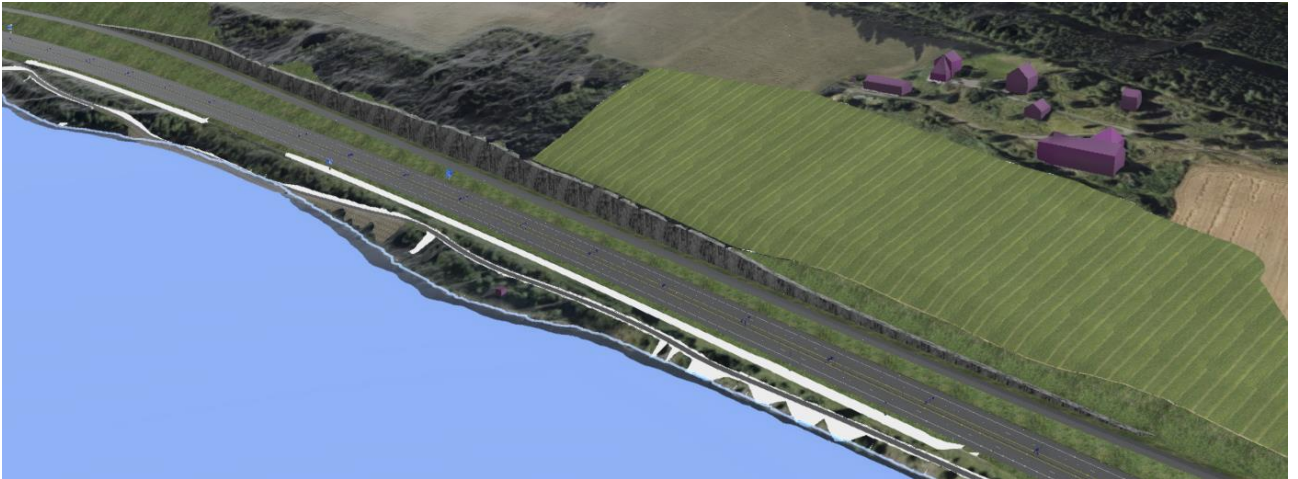
Figur 3 - Figur 7 (Utklipp fra BIM-modellen). Ikke alle mindre skjæringer (lavere enn 5 m) fremkommer nødvendigvis i oversikten.



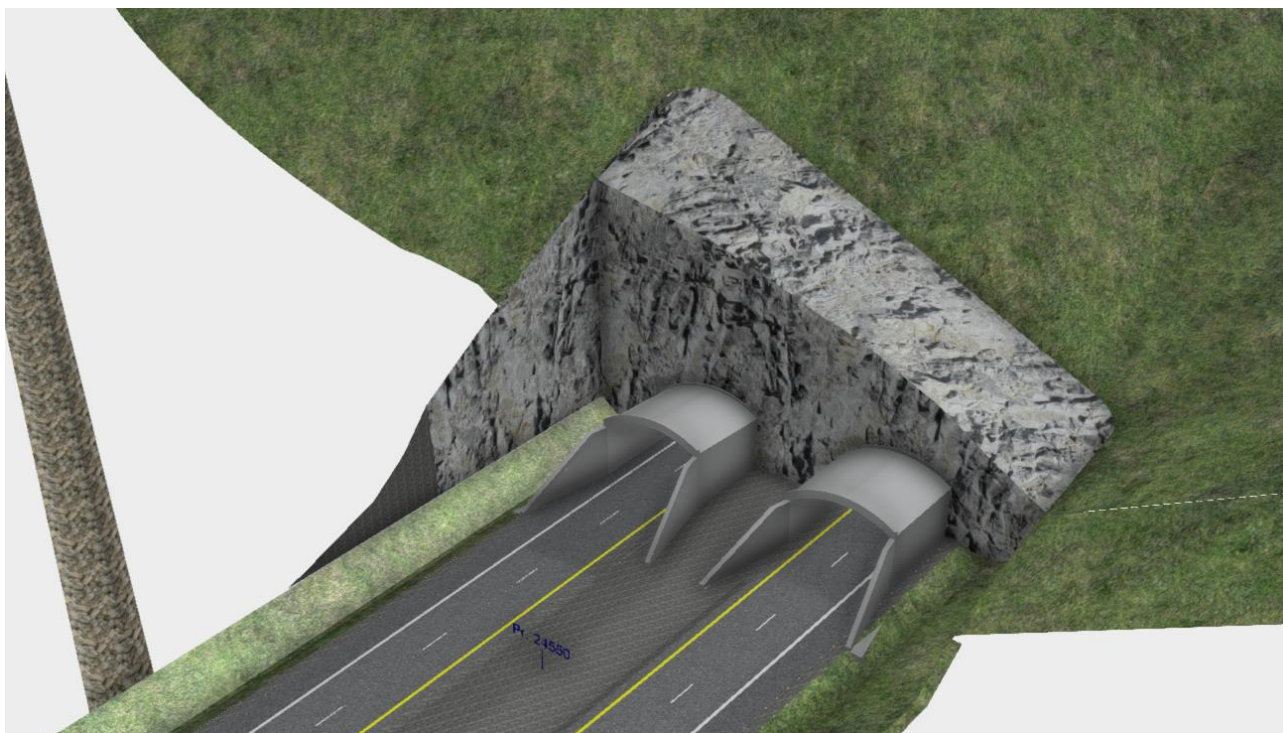
Figur 3: Skjæring sør for Vingrom. I dagens situasjon er dette den største skjæringen langs E6 på strekningen Roterud-Øyresvika. I fremtidig situasjon vil terrenget se annerledes ut, som vist i BIM-modellen er det prosjektert graveskråninger og bergskjæringer langs overliggende Fv. 2538 Paul A. Owrens veg. Pil markerer omtrentlig plassering av hvor bilder av skjæring sett mot vest er tatt. Klipp fra BIM-modell 18.03.2021



Figur 4: Skjæring for kryss Vingrom. Fv. 2540 går her parallelt E6 og er vegen som ligger nærmest skjæringen. Klipp fra BIM-modell 18.03.2021



Figur 5: Skjæring nord for kryss Vingrom. Fv. 2540 går her parallelt E6 og er vegen som ligger nærmest skjæringen. Klipp fra BIM-modell 18.03.2021



Figur 6: Forskjæring/påhugg Øyresvika. Portaler er tatt med for skala. Klipp fra BIM-modell 18.03.2021.



Figur 7: Forskjæring/påhugg Trosset. Portaler er tatt med for skala. Grøften til høyre på bildet er omlegging av Kollefallbekken som kommer ned rett nordvest for forskjæringen. Klipp fra BIM-modell 18.03.2021

2 Faktadel – Utførte grunnundersøkelser

2.1 Tidligere utførte grunnundersøkelser

2.1.1 Feltkartlegginger

Statens vegvesen Region øst har utarbeidet geologisk rapport til kommunedelplan (KDP) for strekningen E6 Vingrom – Ensby [6]. I forbindelse med dette arbeidet er det gjennomført geologisk feltkartlegging for flere forskjellige tunneltraseer mellom Øyresvika – Vingnes/Trosset under høsten 2016. Her inngår også vurderinger av forhold knyttet til forskjæringer. Strekningen fra Vingrom og fram til kryss ved Øyresvika er ikke beskrevet i ingeniørgeologisk rapport.

I 2018 foretok Nye Veier kartlegging av bergmassen på strekningen for ny E6 Moelv – Øyer [5]. Lokasjoner for feltkartlegging innenfor planområdet utført av Nye Veier er vist i GIS-modellen.

2.1.2 Geofysiske undersøkelser

Utførte geofysiske grunnundersøkelser ved Øyresvika, Trosset og Vingnestunnelen er vist i BIM modellen.

I 2015 ble det i forbindelse med utarbeidelse av KDP gjennomført refraksjonsseismikk ved flere mulige påhuggsområder i Øyresvika og langs mulige tunneltraseer ved Trosset. Undersøkelsene ble utført av GeoPhysix og resultatene er presentert i to rapporter [32][33].

Supplerende refraksjonsseismikk er utført av Geomap ved Øyresvika i desember 2018 [30].

Refraksjons- og refleksjonsseismikk samt resistivitets- og IP-målinger er utført av Ruden AS fra februar 2019 – juni 2019. Metoden er brukt dels til å kartlegge dybde til berg og bergkvalitet, og dels til å kartlegge syredannende bergarter i traseen. Undersøkelsene er utført ved og rapportert for 3 lokaliteter; Øyresvika [26], Vingnestunnelen [23] og Våløya [27].

2.1.3 Grunnboringer

Det er tidligere utført totalsonderinger og bergkontrollboringer på hele strekningen fra Roterud til Storhove.

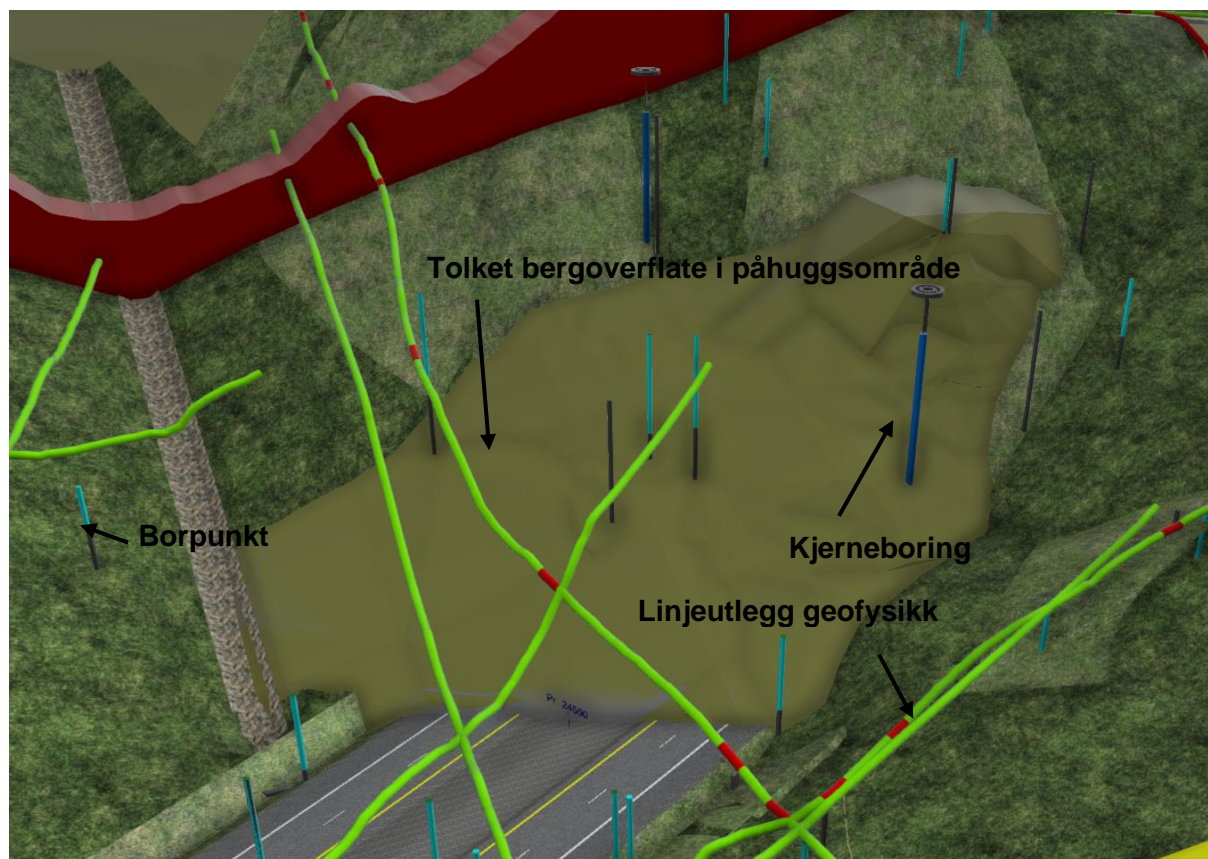
Det er i perioden 2012-2014 utført boringer og utarbeidet geotekniske datarapporter i regi av Rambøll AS [17][18][19][20][21].

Området mellom Vingrom og Roterud ble undersøkt i forbindelse med kommunedelplanen. Grunnboringene som er utført ble utført 2015 – 2016. Undersøkelsene er rapportert av Mannvit i geoteknisk datarapport til KDP [22].

Mesta har utført grunnboringer langs strekningen i perioden desember 2018 – juli 2019. Resultater fra grunnboringene er oppsummert i geoteknisk datarapport utarbeidet av Civil Consulting [24].

Sonic Drilling er utført av NGI ved Øyresvika i perioden mai 2019 – august 2019 [23]. Det er totalt boret 8 hull. Det ble samtidig etablert vannstandsør (rør med filter i bunn) i tre av punktene og utført et kjerneborhull med kort innbringsslengde i berg.

Samtlige utførte grunnboringer er vist i BIM modellen og GIS-modellen (Grunn og bergarbeider/NO_Grunnundersøkelser)



Figur 8: Klipp fra BIM-modellen med oversikt over deler av utførte grunnboringer og geofysikk. Tolket bergoverflate basert på boringer er vist som rød/grå overflate midt på bildet. Utklipp av BIM-modellen 18.03.2021

2.1.4 Grunnvannsnivå

I vannstandsørene i Øyresvika er vannstanden peilet ved seks tidspunkter. Rør 2 har ikke gitt respons på peilebåndet, og er trolig tett.

Tabell 3: Vannstandsør i Øyresvika montert av NGI i 2019

Måledato	Rør 3B (m under terreng)	Rør 2 (m under terreng)	Rør 1 (m under terreng)
2019-09-19	8,101	-	8,304
2019-07-30	-	-	8,034
2020-06-11	12,55	-	9,13
2020-07-08	14,1	-	9,16
2020-08-25	15,45	-	9,22
2020-08-27	15,62	-	-

Det er i tillegg etablert hydrauliske poretrykkmålere ved Elvestad/Strandengen. Det er ikke kjent at målerne er målt av.

2.1.5 Laboratorieanalyser

Statens vegvesen prøvetok i forbindelse med KDP bergartsprøver fra fire ulike lokaliteter som ble analysert ved Micro Deval- og Los Angeles [6][6]. Lokaliteter (omtrentlige plasseringer) fremgår av GIS-modellen (Grunn og bergarbeider/NO_igg_prøve_svv). Resultater fra prøvingene er rapportert i NOTA-geo-005 *Prøving av steinmaterialer for bruk i vegbygging*.

Det er i perioden 2017 – 2019 utført kjemisk analyse av svartskifre i Brøttumformasjonen. Undersøkelsene ble utført og rapportert av NGU[31], Nye Veier [34], Asplan Viak [29] og COWI.

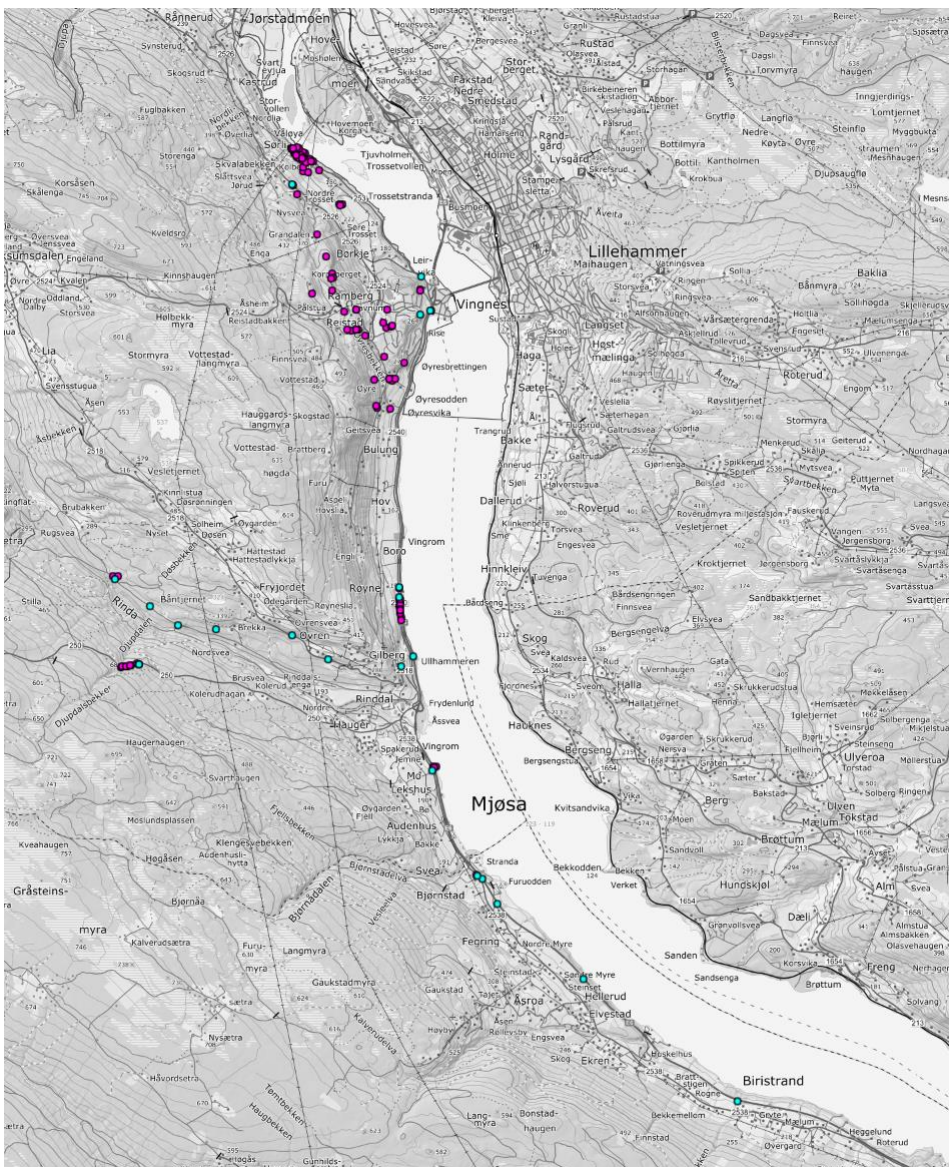
Lokaliteter for Nye Veier sin prøvetaking fremgår av GIS-modellen (Grunn og bergarbeider/NO_Ingeniørgeologi_NV). Det er tatt 9 skiferprøver fra 7 ulike lokaliteter (N1-N7), og også tatt vannprøver fra to lokaliteter (Nv1 og Nv2). Analyse er også gjort på en skiferprøve fra Sonic Drilling pkt. 7 ved Øyresvika, samt på kjernemateriale fra kjerneborhull K1.

For en nærmere beskrivelse av utførte undersøkelser og prøvepunkter henvises til RAPP-geo-005 *Fagrapport geokjemisk vurdering av Brøttumformasjonen*.

2.2 Utførte grunnundersøkelser for reguleringsplanfasen

2.2.1 Feltkartlegging

Innledende kartlegging av bergskjæringer og mindre bergblotninger ved E6 og Fylkesveiene for hele planområdet er gjort ved bruk av Google StreetView for å orientere seg om lokasjoner. Ikke alle bergblotninger langs E6 er av like stor betydning for prosjekteringen (små blotninger, ikke prosjektet bergskjæringer på strekningen), og ikke alle skjæringer langs E6 er heller lett tilgjengelige for kartlegging grunnet beliggenhet nær veien. Utført registrering av berg i dagen og utført kartlegging i felt fremgår av Figur 9. Det er særlig sør for Vingrom at det er blotninger langs E6 som ikke er blitt befart – en mindre skjæring ved Stranda og blotninger ved Furuodden, Søndre Myre og Biristrand. Plasseringer av registrert berg fremgår av GIS-modellen (Grunn og bergarbeider/NO_Ingeniørgeologi_gs).



Figur 9: Oversikt over registrering av berg i dagen nær E6 og tilstøtende veger ved bruk av Google StreetView (turkise punkter), samt utført feltkartlegging (lilla punkter)

Supplerende ingeniørgeologisk/hydrogeologisk kartlegging av påhuggsområdene, skjæringer langs lett tilgjengelige deler av vegtraseen, samt ved plassering for mulig massetak ved Torpavegen, er utført av Norconsult sommer og høst 2020. Kartlagte lokaliteter fremgår av GIS-modellen (Grunn og bergarbeider/NO_Ingeniørgeologi, NO_Hydrogeologi). En sammenstilling av utført kartlegging, med fokus på bergatsfordeling og forekomst av svovelholdig (potensielt syredannende berg) er vedlagt som Vedlegg 3.

Alle registreringer gjort i Google StreetView og forbindelse med feltkartleggingen er sammenstilt i RAPP-geo-008 *Datarapport Ingeniørgeologisk og hydrogeologisk kartlegging*

2.2.2 Grunnboringer

Utførte grunnboringer er vist i BIM- og GIS-modell. Resultater fra boringene vil bli rapportert i RAPP-geo-012 *Datarapport geoteknikk*.

Det er utført kjerneboringer i forskjæringen ved Øyresvika og planlagt kjerneboring innenfor forskjæringen ved Trosset. Lokasjoner og resultat fra kjerneboringene vil bli presentert i RAPP-geo-010 *Datarapport kjernelegging*. Kjerneborehullene er vist i BIM modellen.

2.2.3 Grunnvannsnivå

Det befinner seg flere private brønner i nærhet til veitraseen. Det er samlet informasjon om private brønner ved at det er sendt ut brev til alle eiere av eiendommer innenfor en sone på 400 m til hver side av tunneltraseen, samt 200 m til hver side av veitraseen i dagsonen. Eiere har selv meldt inn sine brønner. Til tross for at det er mottatt mange svar, finnes det trolig flere brønner enn det som er kartlagt. Kartlagte brønner er vist i GIS-modell (Grunn og bergarbeider/NO_hgg_privatbrønn_#).

Det er planlagt å sette ned piezometre/vannstandsror for overvåking av poretrykk i Øyresvika, som et supplement til vannstandsrorene som allerede finnes.

2.2.4 Laboratorieanalyser

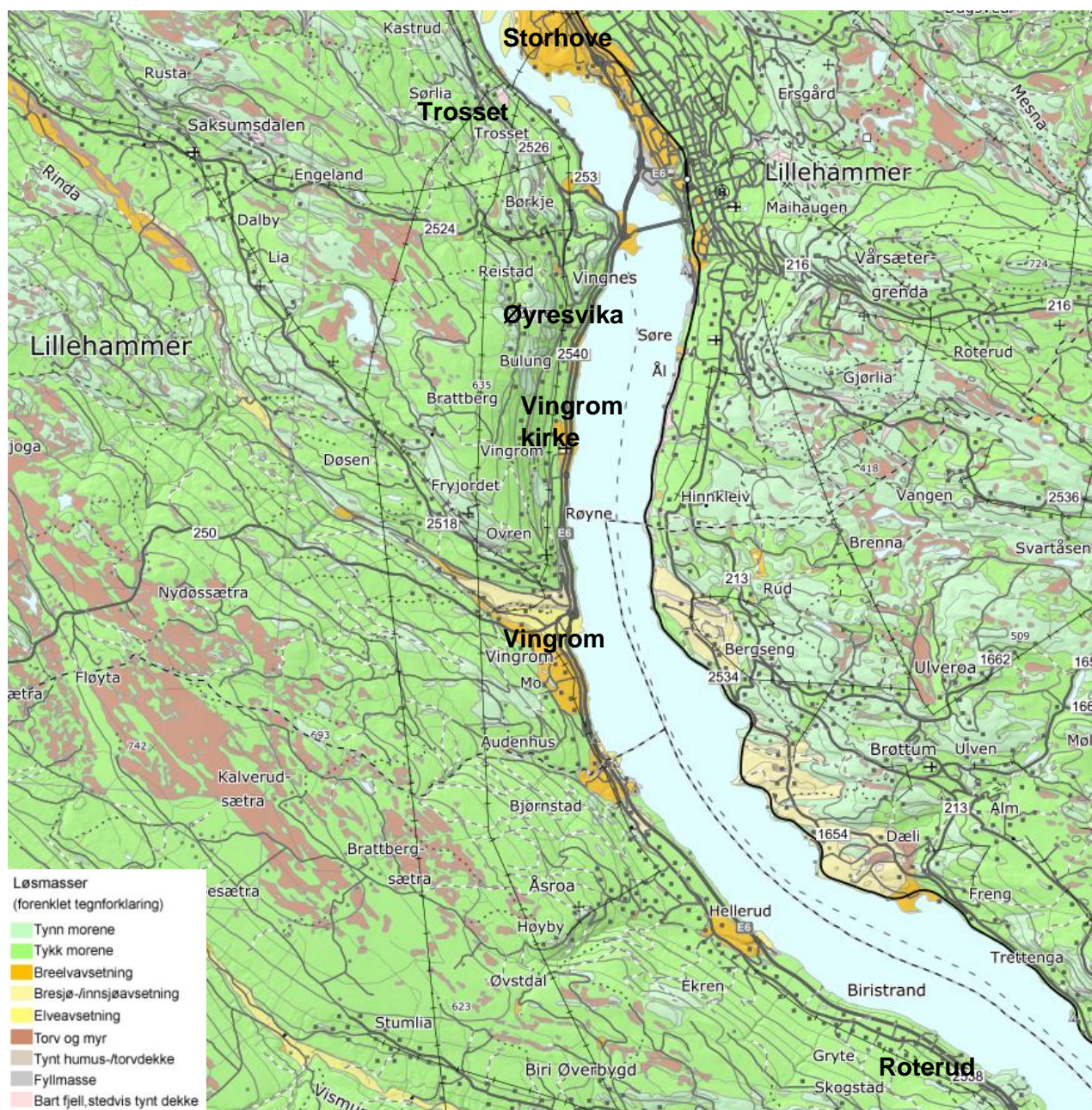
AF har tatt 3 bergartsprøver som har blitt analysert ved Micro Deval- og Los Angeles-analyser i forbindelse med reguleringsplan. Lokaliteter (omtrentlige plasseringer) fremgår av GIS-modellen (Grunn og bergarbeider/NO_igg_prøve_af). Det henvises til notat NOTA-geo-005 *Prøving av steinmaterialer for bruk i vegbygging* for beskrivelse av utførte laboratorieundersøkelser for kvalitet av steinmaterialer.

I forbindelse med prosjektering for reguleringsplan er det utført supplerende geokjemiske undersøkelser på steinprøver fra kjerneborhull K1. Det henvises til rapport RAPP-geo-005 Fagrapport geokjemisk analyse av Brøttumformasjonen for beskrivelse av utførte laboratorieundersøkelser med hensyn på syredannende potensiale til bergartene.

3 Faktadel – Beskrivelse av grunnforhold

3.1 Topografi og løsmasser

Topografien på strekningen preges av forholdsvis jevnt skrånende og moderat fallende terreng ned mot Mjøsa, men med økende bratthet på terrenget mot Vingnes og videre nordover. Fra Roterud og mot Vingrom er terrenget forholdsvis slakt, og dalsiden som løper parallelt Mjøsa ligger forholdsvis godt tilbaketrasket fra Mjøsa. Fra Øyresvika og videre mot Vingnes og Trosset ligger det høyereliggende terrenget nærmere Mjøsa/Lågen.



Figur 10 Kvartærgeologisk kart over strekningen [9]

Kvartærgeologisk kart over strekningen Roterud-Storhove fremgår av Figur 10.

Typiske grunnforhold i planområdet består av et topplag av sand/grus med noe finstoffinnhold (silt og/eller leire) og stedvis noe organisk innhold med varierende mektighet over morene ned til berg. Overgangen mellom det øvre laget og bunnmorenen er ofte vanskelig å identifisere. Morenemassene er faste med relativt høyt innhold av silt og leire. De har god bæreevne, dersom de ikke eksponeres for vann. Deler av morenen betegnes som Mjøsmorene med høyt innhold av finstoff som silt og leire.

Det er delstrekninger der øvre lag består av breelvavsetninger og elve- og bekkeavsetninger. Dette er typisk der det kommer ut elver og bekkedaler i dag, ved Hellerud/Elvestad, Bjørnstad, Vingrom og kryssingen over Lågen ved Hovemoen. Dette er masser med mindre innhold av finstoff, de er mer lagdelte og ikke så hardt pakket. Bresjøavsetninger finnes ved Vingrom, mens store breelvavsetninger finnes ved Hovemoen-Storhove.

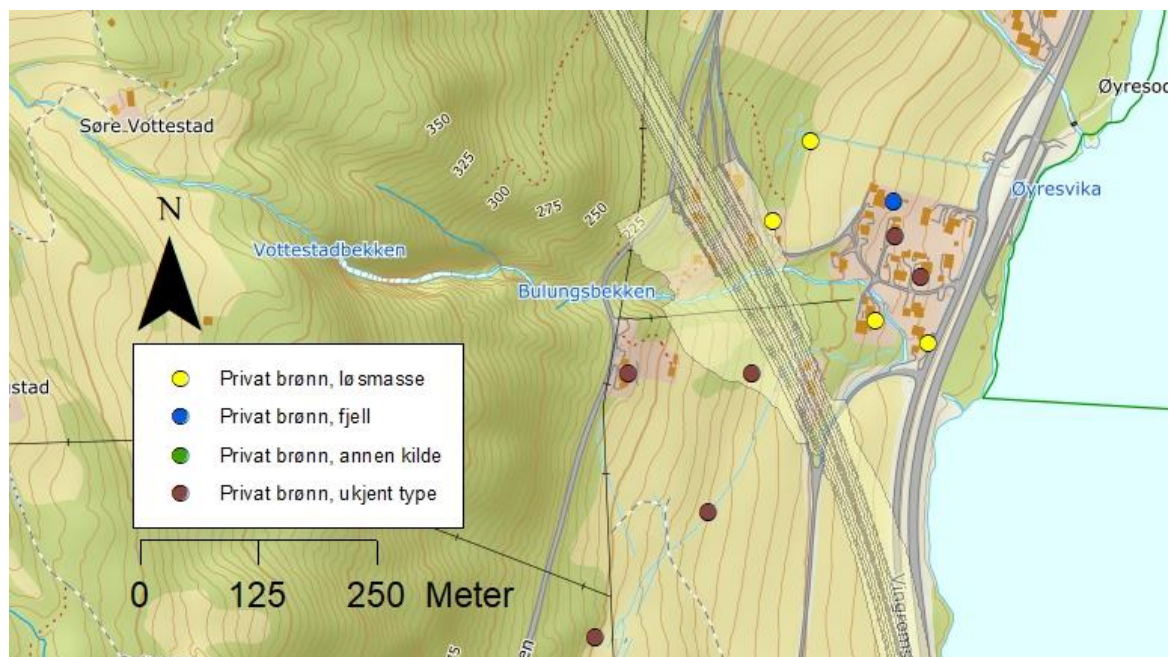
Dybder til berg er generelt store, sonderinger er i stor grad stoppet uten å nå berg, og avsluttet etter 6 – 9 m boring i løsmasser. På noen delstrekninger er det registrert berg i dagen og små dybder til berg. Berg i dagen forekommer lokalt ved Biristrand, ved Stranda, sør for der Flutua kommer ut og søndre del av Vingrom, samt langs Fylkesvei 2540 mellom Vingrom og Vingrom kirke.

Kvartærgeologien og de geotekniske forholdene for strekningen er nærmere beskrevet og vurdert i RAPP-geo-011 *Fagrapport geoteknikk*.

3.2 Avrenningsforhold og sårbar natur

Årlig nedørsmengde i området er ca. 700 mm/år. Avrenningen er estimert å være 515 mm/år [35].

Generelt er det få tjern og vann langs dagstrekningen, med unntak av Mjøsa. Det er kartlagt to bekker som vil bli direkte berørt av skjæringer. Dette er Bulungsbekken (Figur 11), som kommer i konflikt med skjæringen for det søndre tunnelpåhugget, samt en mindre bekk ved Bøsodden, som kommer i konflikt med skjæringen nord for kryss Vingrom (Figur 12). Det er ikke registrert naturtyper i nærhet til de planlagte bergskjæringene i Miljødirektoratets karttjeneste Naturbase [36].



Figur 11. Bulungsbekken ved påhugg sør.

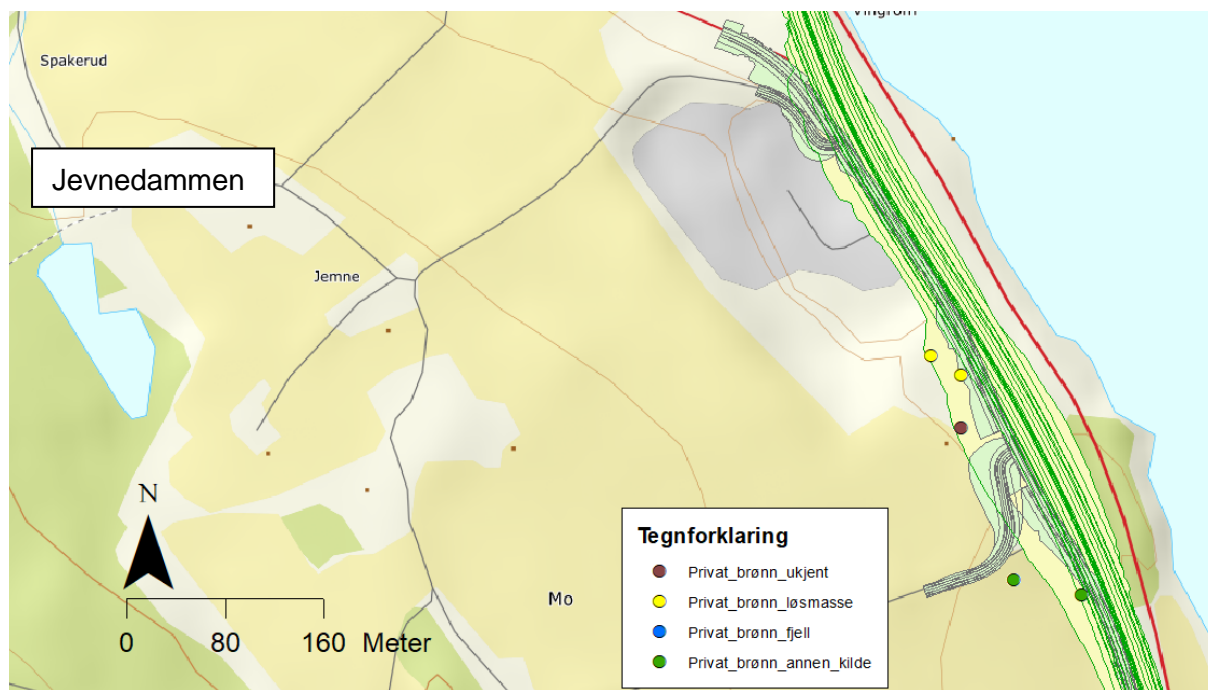


Figur 12. Bekk ved Bøsodden.

Det skal etableres en skjæring i løsmasser ved Elvestad/Strandengen. Kalverudelva befinner seg i nærhet til denne. Elva har et stort nedbørsfelt på 10,3 km², ligger relativt lavt i terrenget og er avskåret fra skjæringen av en kolle. Løsmasseskjæringa er inkludert i vurderingen for dagstrekningen da den planlegges å bli 10-15 m høy.

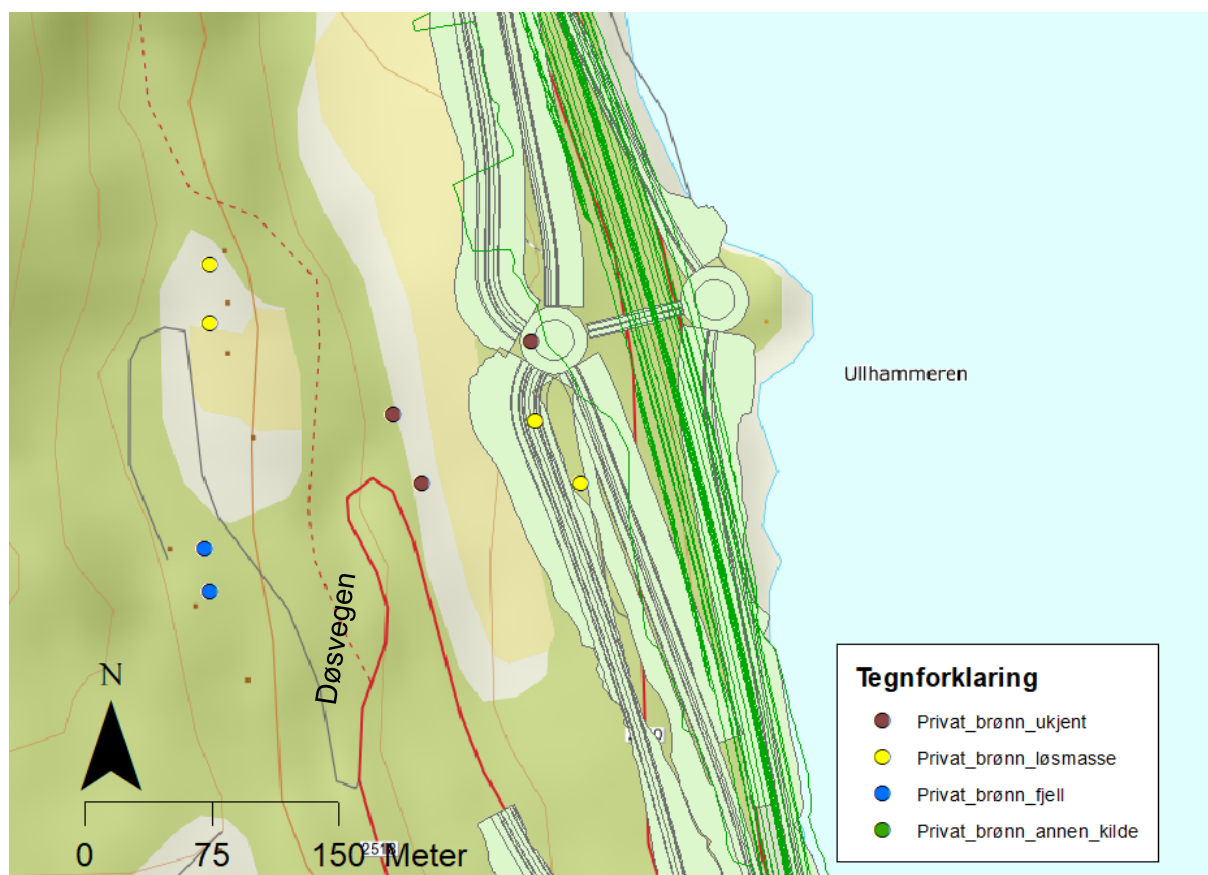
Nærmeste tjern til bergskjæringa sør på Vingrom er Jevnedammen, som befinner seg over 450 m fra skjæringen (Figur 13). Tjernet ligger sannsynligvis utenfor skjæringens

influensoverflate og er derfor ikke vurdert nærmere. Det er ikke kartlagt forekomster som kan påvirkes av skjæringen, med unntak av enkelte brønner som befinner seg på tomter som blir direkte berørt av tiltaket.



Figur 13. Vingrom sør. Tiltak omtrentlig skravert. Jevnedammen i vest.

Bergskjæringa ved kryssløsningen på Vingrom nord vil legge beslag på boliger med privat drikkevannsforsyning (Figur 14). Brønnene her er dermed ikke inkludert i vurderingen. I tillegg er det registrert flere private brønner i Døsvegen, oppstrøms kryss nord og skjæringen. Brønnen som forsyner Døsvegen 97 og 99 er en 80-90 m dyp fjellbrønn som er oppgitt å ikke gi mer vann enn det som er absolutt nødvendig. Øvrige brønner i Døsvegen 89-93, samt to brønner øst for disse, er gravde i løsmasser eller etablert i ukjente grunnforhold.



Figur 14. Kryssløsning nord på Vingrom, med skjæringer omtrentlig skravert.

Skjæringer ved tunnelportalene vil endre naturlig grunnvannstrømning (Figur 11). Bulungsbekken vil bli direkte berørt ved etablering av den søndre tunnelportalen. Målinger i vannstandsør nær bekken vitner om at bekken ikke står i kontakt med grunnvannet her, da vannstandsørene viser grunnvannsnivå 8-15 m under terrengoverflaten. Det befinner seg private brønner oppstrøms tunnelportalen i sør, mens nærmeste registrerte brønn til tunnelportalen i nord befinner seg omtrent 350 m sør for portalen. Brønnene ved tunnelportalen i nord vurderes derfor å være mer utsatt ved lekkasjer i tunnel enn ved lekkasjer i portalområdet, og er vurdert nærmere i ingeniør- og hydrogeologisk rapport for tunnel, RAPP-geo-001.

3.3 Berggrunnsgeologi

Berggrunnsgeologisk kart over strekningen Roterud-Storhove fremgår av Figur 15.

Berggrunnen på hele strekningen består av vekslende lag av sandstein og skifer tilhørende Brøttumformasjonen [10].



Figur 15: Berggrunnsgeologisk kart over strekningen i detaljgrad 1:50.000, med strukturmålinger [10]. Ifølge tegnforklaringen til berggrunnskartet er bergartene «Sandstein og skifer i veksling»

Brøttumformasjonen er del av Hedmarksgruppen, en mektig geologisk lagrekke av sedimentbergarter som ble avsatt i et stort basseng i kambrium. Formasjonen tilhører den eldste og stratigrafisk laveste delen av Hedmarksgruppen, og har en stor lateral utbredelse i de sentrale og sørlige delene av Hedmarksbassenget. Bergartene i Brøttumformasjonen har avsetningsmønstre som er karakteristiske for turbidittavsetninger – bergarter dannet ved tetthetsstrømmer og undersjøiske avsetninger dannet ved turbidittstrømmer (avsetninger dannet ved undersjøiske ras) [7].

Brøttumformasjonen innenfor prosjektområdet består av sandsteiner som veksler (og fingrer) med grå og svarte fyllittiske og hemipelagiske skifere. (Hemipelagiske avsetninger består stort sett av finkornet materiale, delvis produsert i vannmassene lokalt, og delvis tilført utenifra). Sandsteinene er grå, fine til grovkornete, og opptrer både i tykke og tynne lag. Sandsteinslagene forekommer med varierende fordeling av kornstørrelser innad i de enkelte benkene, det er kartlagt varianter av sandstein med både normal og invers gradering (oppoverfinings og oppovergrovings sekvens), i tillegg til homogene horisonter. [7] I Lillehammerområdet er det også kartlagt slamrike sandsteinshorisonter. Grå skifer innenfor området kan karakteriseres som siltstein mer enn leirskifer, og det forekommer varianter av slik grå skifer/siltstein både med og uten tydelig lagdeling/struktur [8].



Figur 16: Skjæring i nedlagt steinbrudd ved Trosset. Øverst sandstein, over skiferlag (siltstein og svartskifer). Nederste lag er mørkt grunnet sig av grunnvann. Tydelig utfelling sees på deler av bergoverflaten.

Ved kartlegging i felt fremstår bergmassen som lagdelt/benket, med vekselvis sandstein og siltstein/leirskifer og varierende grad av oppsprekking. Tykkelse og hyppighet på de ulike sedimentære lagene varierer avhengig av hvor i den stratigrafiske lagpakken de observeres, men sandsteiner og sandholdig gråskifer/siltstein synes generelt å forekomme med større hyppighet og med større tykkelse på benkene enn hva som er tilfellet for ren siltstein/grå

leirskifer og svartskifer. Det er observert antatt svartskifer ved flere lokasjoner, men tykkelsen på de enkelte svartskiferbenkene synes generelt å være mindre enn tykkelsen på benker av sandstein eller leirskifer. Overgangen mellom de ulike lag er i varierende grad markerte, mellom mange horisonter er det glidende overganger mer enn skarpe laggrensener. Pågående grunnundersøkelser for Vingnestunnelen ventes å gi mer informasjon om bergartsfordeling og variasjon i tykkelse på sandsteins- og skiferbenker, og vil være relevant selv om boringene i hovedsak foregår utenfor områder for de aktuelle skjæringene.

Generelt er svak gråskifer/svartskifer betydelig forvitret sammenlignet med mer motstandsdyktig sandstein og sandholdig skifer, men dette vurderes å være et overflatefenomen som ikke er like markert når man kommer under dagbergsonen.



Figur 17: Store kontraster på bergmassekvalitet og forvitningsgrad i liten skjæring sør for Vingrom. Lokalitet på østsiden av dagens E6, på motsatt side i forhold til skjæringen vist på



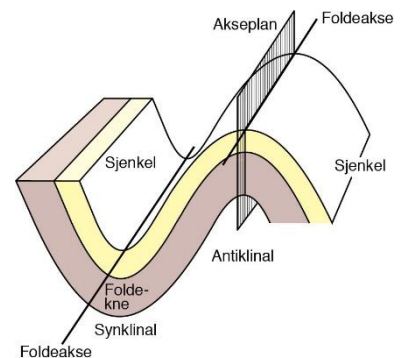
Figur 3. Sandsteinen fremstår som lite forvitret, mens tynnere lag av antatt svartkifer/svak grå leirskifer med karakter som tynne flattbrødlignende flak er sterkt forvitret og nesten gått helt i oppløsning. Mindre forvitret grå leirskifer forekommer også i skjæringen.

Større blotninger av berg med beliggenhet tett på traseen finnes langs Fv. 2540 mellom Vingrom og Vingrom kirke, samt langs E6 sør for Vingrom. Disse er befart og befaringsnotater er sammenstilt i RAPP-geo-008.

Videre sørover finnes det enkelte mindre skjæringer og blotninger som ikke er blitt befart i felt grunnet nærheten til E6, men som er registrert ved bruk av Google StreetView. Samtlige lokaliteter er rapportert i RAPP-geo-008.

3.4 Strukturgeologi

Brøttumformasjonen ble tektonisk påvirket under den kaledonske fjellkjededannelsen. Berggrunnen er som følge av dette foldet, med orientering på foldeaksen omtrent Ø-V og med et fall på lagretningen som varierer over prosjektområdet. Dette ser man over Vingnestunnelen, der lagretningen på søndre del av Vingnestunnelen har fall mot S og N, mens lagretningen har fall mot N i nordlige del av Vingnestunnelen.



Figur 18: Illustrasjon av begreper relatert til foldet lagdelt bergmasse. Kilde: Store Norske Leksikon



Figur 19: Skjæring langs E6 (østre side) ved Stranda med antiformal fold.

Tydelige tegn til folding er synlig i flere av de skjæringene som forekommer på dagstrekningen mellom Roterud og Øyresvika, blant annet i skjæring langs Fv. 2540 mellom Vingrom og Vingrom kirke (antiklinal og synklinal fold), i skjæring langs E6 sør for Vingrom (antiklinal fold) og i liten skjæring langs E6 ved Stranda (Figur 19, også antiklinal fold).

3.5 Bergmassens detaljoppsprekning

Oppsprekningen av bergmassen forekommer i hovedsak langs tre gjentakende sprekeretninger (sprekkesett) - Lagretning, Sprekkesett 2 og Sprekkesett 3, der sprekker parallelt lagretningen er det mest dominerende. Orienteringen på lagdelingssprekkene varierer på grunn av foldingen i bergmassen. For de øvrige sprekkesettene er antall registreringer for få til sikkert si noe om variasjonen på sprekkenes innad i de tolkede settene er tilfeldig eller følger lagretningen.

I Figur 20 er lagdelingssprekker og øvrige sprekker sammenstilt i polplot for berg på strekningen Parsell 3 (Roterud – Øyresvika), mens Figur 21 viser sprekkeroser for samme strekningen. En sammenstilling av tolkede sprekkesett for parsell 3 fremgår av Tabell 4.

Tabell 4 Oversikt av tolkede sprekkesett for parsell 3 Roterud - Øyresvika

Sprekkesett	Fall (°)	Fallretning	Sprekkeavstand ¹
1 Lagdeling S	30	009	0,05 – 2,0 m
2 Lagdeling N	48	189	0,05 – 2,0 m
3 Sprekkesett 2	73	020	0,1 – 3,0 m
4 Sprekkesett 3	85	098	0,1 – 3,0 m

¹ Observert sprekkeavstand er generelt lavere i skifer og høyere i sandstein, dette forklarer spennet i sprekkeavstand.

I Figur 22 viser lagdelingssprekker og øvrige sprekker sammenstilt i polplot for berg nordligste del av Vingnestunnelen samt dagstrekningen nord for tunnelpåhugget ved Trosset før kryssing Lågen (dvs. deler av Parsell 4 og 5). Figur 23 viser tilsvarende sprekkeroser for de samme strekningene. En sammenstilling av tolkede sprekkesett for parsell 4/5 fremgår av Tabell 5.

Tabell 5 Oversikt av tolkede sprekkesett for parsell 4/5 ved Trosset

Sprekkesett	Fall (°)	Fallretning	Sprekkeavstand ¹
1 Lagdeling S	23	344	0,05 – 2,0 m
2 Lagdeling N	21	215	0,05 – 2,0 m
3 Sprekkesett 2	83	025	0,1 – 3,0 m
4 Sprekkesett 3	72	134	0,1 – 3,0 m

¹ Observert sprekkeavstand er generelt lavere i skifer og høyere i sandstein, dette forklarer spennet i sprekkeavstand.

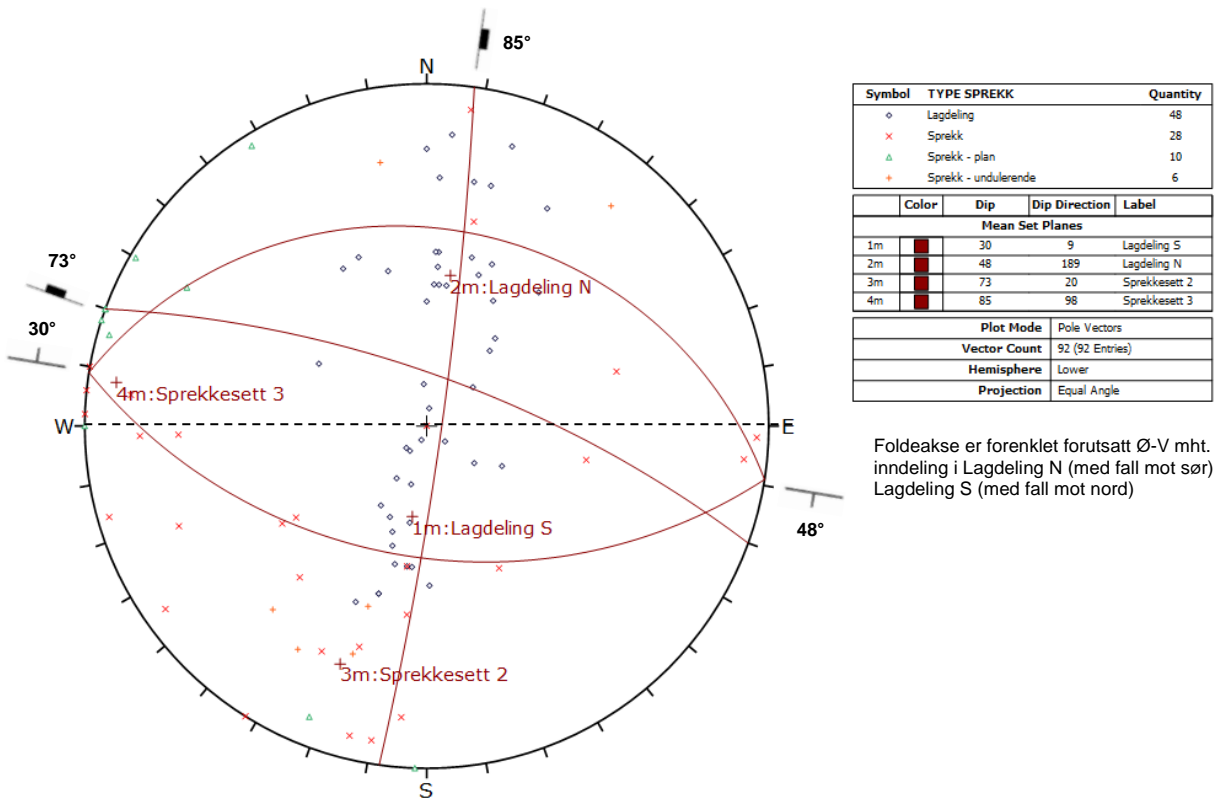
I vedlegg 1 er det også sammenstilt representative sprekkemålinger for følgende strekninger:

1. Hellerud – Vingrom (trolig ikke permanente skjæringer)
2. Skjæring sør for Vingrom (trolig ikke permanent skjæring for E6)
3. Skjæring for kryss Vingrom
4. Skjæring nord for kryss Vingrom
5. Forskjæring Øyresvika (vestre skjæring, påhuggsflate)
6. Forskjæring Trosset (vestre og østre skjæring, påhuggsflate)

Målinger av lagdelingssprekker er i varierende grad overrepresentert i forhold til andre sprekkemålinger. For strekningen Hellerud – Vingrom er det få bergblotninger i dagen nærme vegtraseen, og sprekkemålingene er i stor grad basert på NGU sine strukturmålinger (Figur 15). Også i forskjæringsområdet ved Øyresvika er det få blotninger i dagen, grunnet store løsmassemektheter. For de andre strekningene er det i større grad bergskjæringer hvor det har vært mulig med kartlegging av opptredende sprekker. Kartlagte og registrerte bergblotninger langs E6 er vist i GIS-modellen.

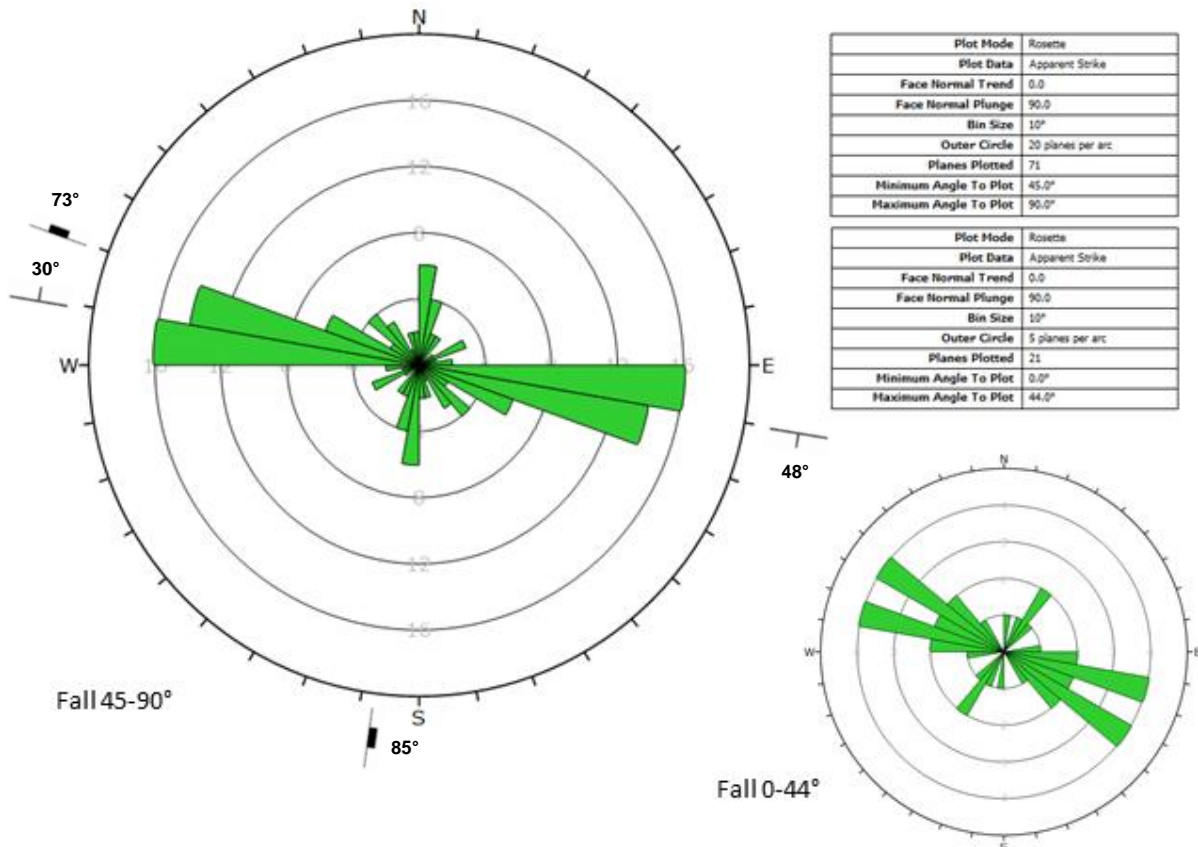
Antall bergblotninger på strekningene er generelt lavt og gjerne med begrenset bergoverflate eksponert i dagen. Observerte sprekkeavstander gjenspeiler bergartstype og bergmassekvalitet. Det er derfor generelt lavere sprekkeavstand i skifer og høyere sprekkeavstand i sandstein. Forholdsvis massive sandsteinsbenker med lagtykkelse på flere meter, og tilsvarende høy sprekkeavstand kan bli avløst av et forskifret lag av svartskifer med svært tett avstand mellom lagdelingssprekkene. I tett forskifret berg vil lagdelingssprekkene kunne være det eneste sprekkesettet som er tydelig definert, mens sprekker i andre retninger kan fremstå som mer tilfeldig oppsprekning (villsprekker) enn systematisk oppsprekning.

Generelt er sprekkeplanene i sandstein ru og plane til undulerende, og uten belegg. I leirskiferen er det observert glatte og bølgede sprekkeflater, stedvis spalter skifer i 2-10 mm tynne flak. Tilstedeværelse av grafitt på sprekkeplan kan gi redusert friksjonsvinkel. Det er ikke registrert sprekker med leirbelegg på sprekker i dagen, men det er mange flater med oksidasjonsbelegg.

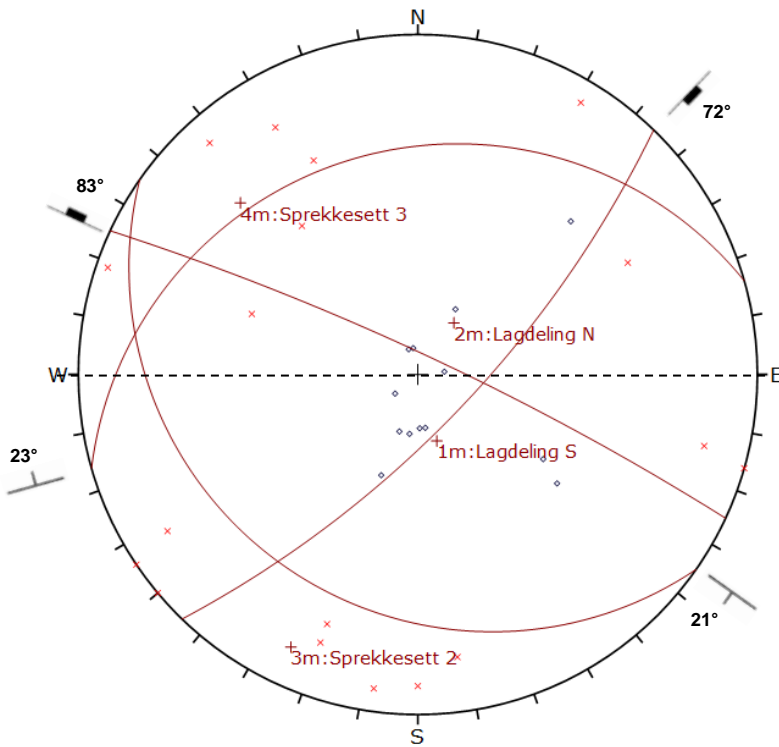


Foldeakse er forenklet forutsatt Ø-V mht. inndelingen i Lagdelling N (med fall mot sør) og Lagdelling S (med fall mot nord)

Figur 20: Polplott for sprekke- og strukturmålinger parsell 3 fra Hellerud til Øyresvika. Inndelingen av lagdelingssprekker i Lagdelling N (med fall mot sør) og Lagdelling S (med fall mot nord)



Figur 21: Sprekkerose for sprekke- og strukturmålinger, parsell 3 – fra Hellerud til Øyresvika



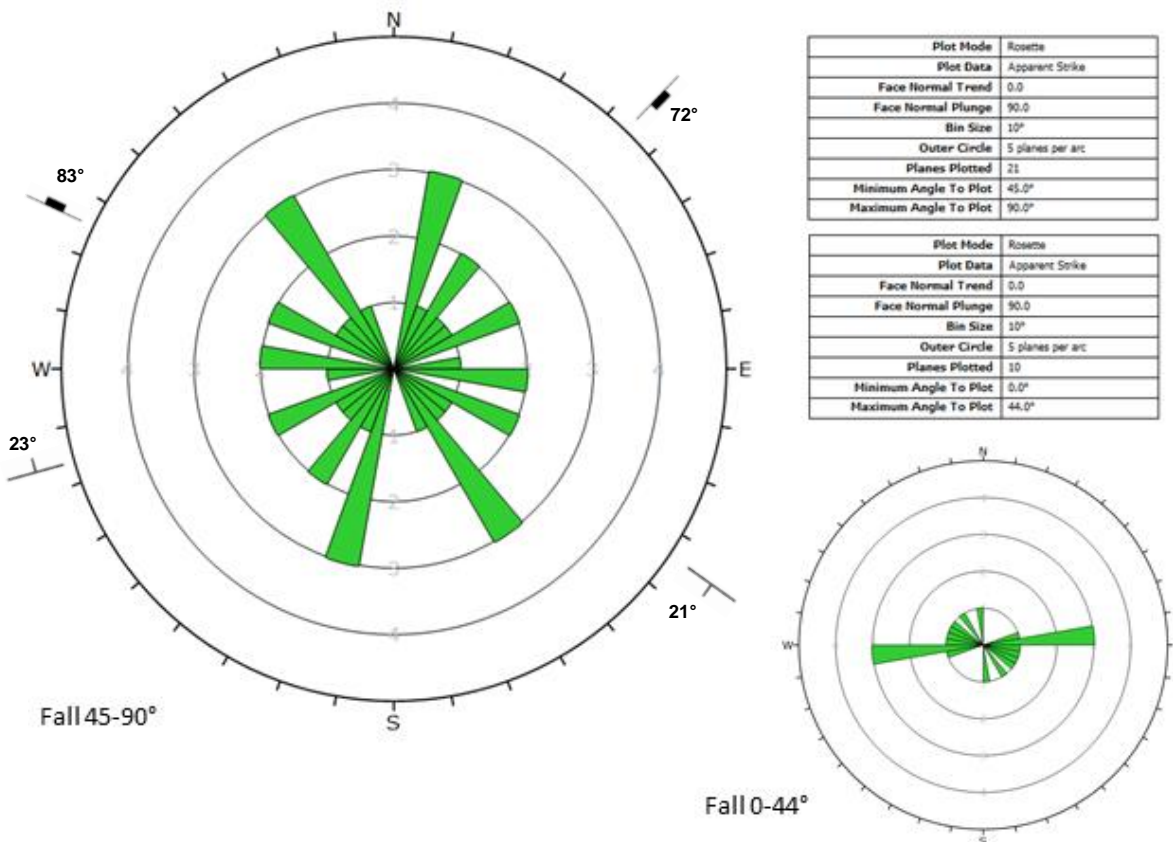
Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
○	Lagdeling	13
×	Sprekk	18

	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
1m		23	344	Lagdeling S
2m		21	215	Lagdeling N
3m		83	25	Sprekkesett 2
4m		72	134	Sprekkesett 3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Foldeakse er forenklet forutsatt Ø-V mht. inndeling i Lagdeling N (med fall mot sør) og Lagdeling S (med fall mot nord)

Figur 22: Polplott for sprekke- og strukturmålinger på parsell 4 og 5 - strekningen fra Vingnestunnelen til Lågen



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	21
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	10
Minimum Angle To Plot	0.0°
Maximum Angle To Plot	44.0°

Figur 23: Sprekkerose for sprekke- og strukturmålinger, parsell 4 og 5 - strekningen fra Vingnestunnelen til Lågen



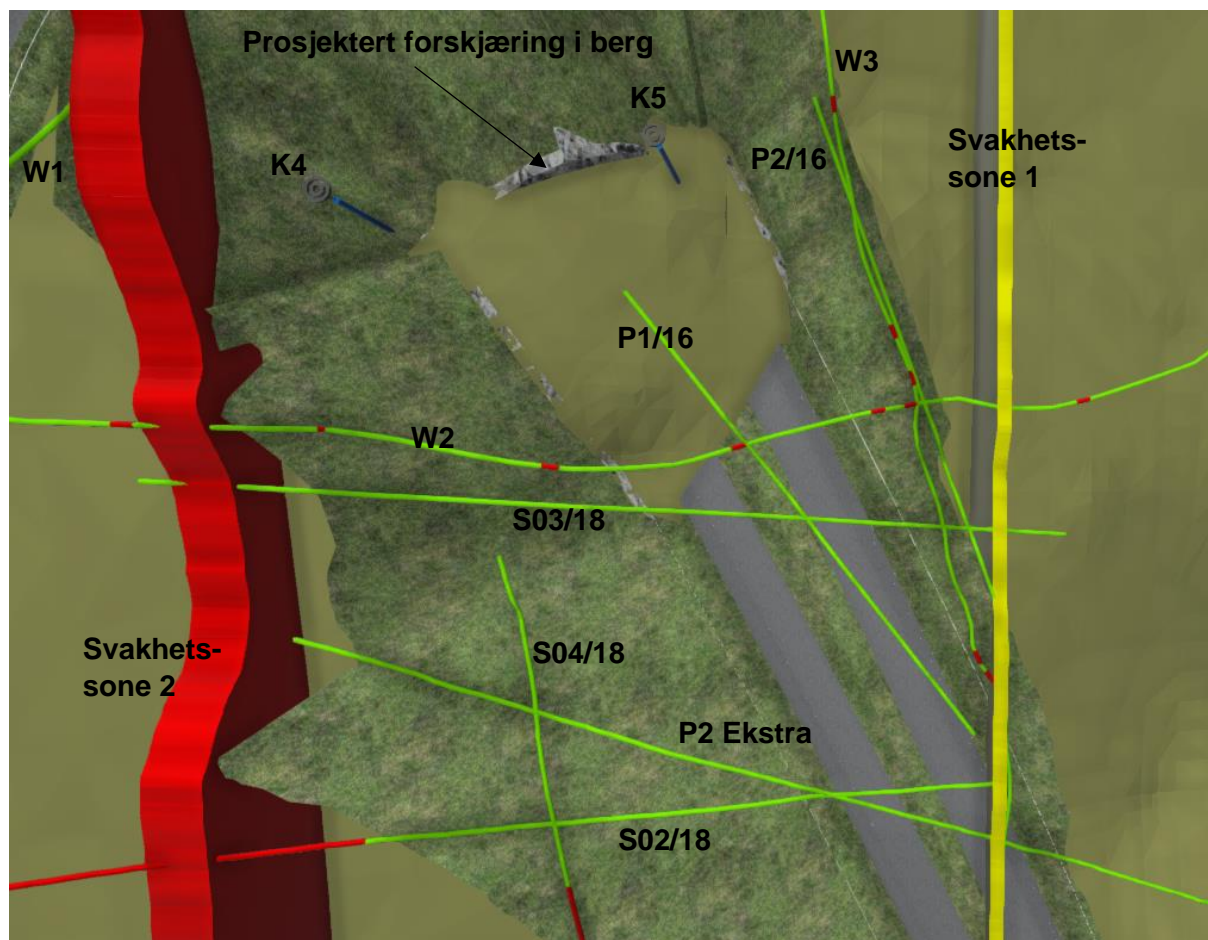
Figur 24: Ulike bergarter med svært ulik sprekkeavstand på lagdelingssprekker. Sandstein over antatt svartskifer og siltstein. Skjæring ved Fv 2540 Vingromvegen.

3.6 Resultater fra utførte grunnboringer

Plassering og resultater (dybder) til berg for utførte grunnboringer (for bergkontroll) fremgår av BIM-modellen og GIS-modellen (Grunn og bergarbeider/NO_Grunnundersøkelser). Boredata for undersøkelser gjennomført i forbindelse med reguleringsplan er sammenstilt i RAPP-geo-012 *Datarapport geoteknikk*.

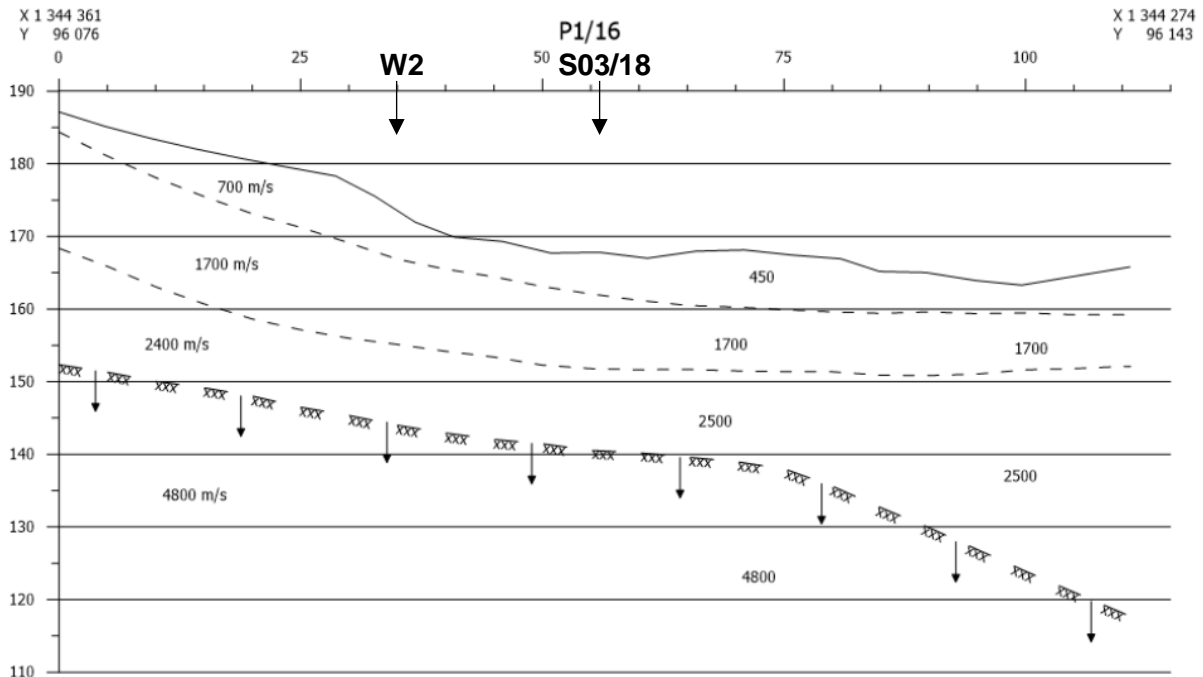
3.7 Resultater fra utført geofysikk

Av utførte geofysiske målinger i Øyresvika [26][30][32][33] er det flere profiler som dekker forskjæringen, men i mindre grad dekker de den delen som er forventet å gå i berg. De aktuelle profilene i forskjæringen fremgår av Figur 25. GeoPhysix sitt profil P1/16 går tilnærmet parallelt midtrabatt i forskjæringen, men avsluttes ved ca. profil 24.560, rundt 27 m før prosjektet påhuggsflate. Rudens profil W1 langs Hovslivegen ligger vest for påhuggsflaten, men i lengre avstand fra påhugget. (Se RAPP-geo-001 for nærmere beskrivelse av dette profilet). GeoPhysix sitt profil P2/16 samt Ruden sitt profil W3 følger forskjæringen parallelt og rett øst for denne. I sørlig del av forventet forskjæring i berg krysser Ruden sitt profil W2 samt GeoMap sitt S02/18.

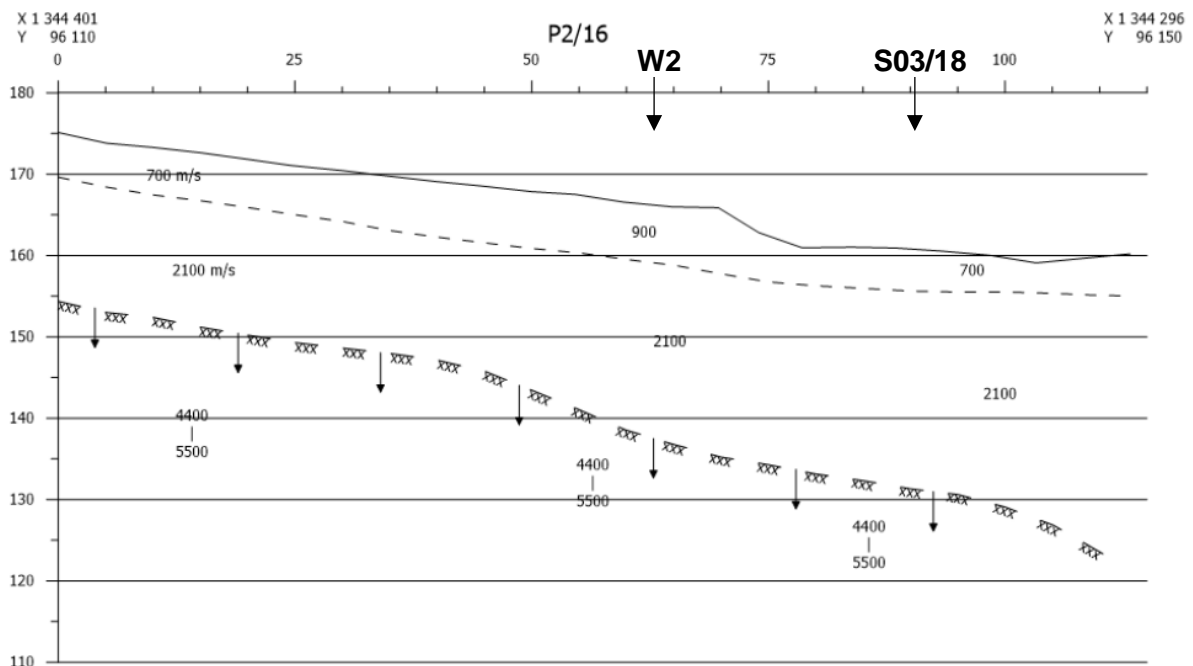


Figur 25: Utført geofysikk i forskjæringen ved Øyresvika ved hhv. GeoPhysix (S), GeoMap (P), Ruden (W). Lavhastighetssoner er markert med rødt på seismikkprofilene. Utklipp av BIM-modellen 22.12.2020. Svakhetssonemodell samt planlagt plassering av kjerneborhull K4 og K5 fremgår også.

Undersøkelsene til GeoPhysix og GeoMap er begrenset til refraksjonsseismikk, mens undersøkelsene til Ruden omfatter hybridseismikk (refleksjonsseismikk og refraksjonsseismikk), resistivitetmålinger (ERT) og IP-målinger (indusert polarisasjon).



Figur 26: Profil P1/16 (GeoPhysix), sett med ståsted sørvest i himmelretning nordøst. Profilet er vist fra NV (0 m) mot SØ (115 m) Klipp fra [33]

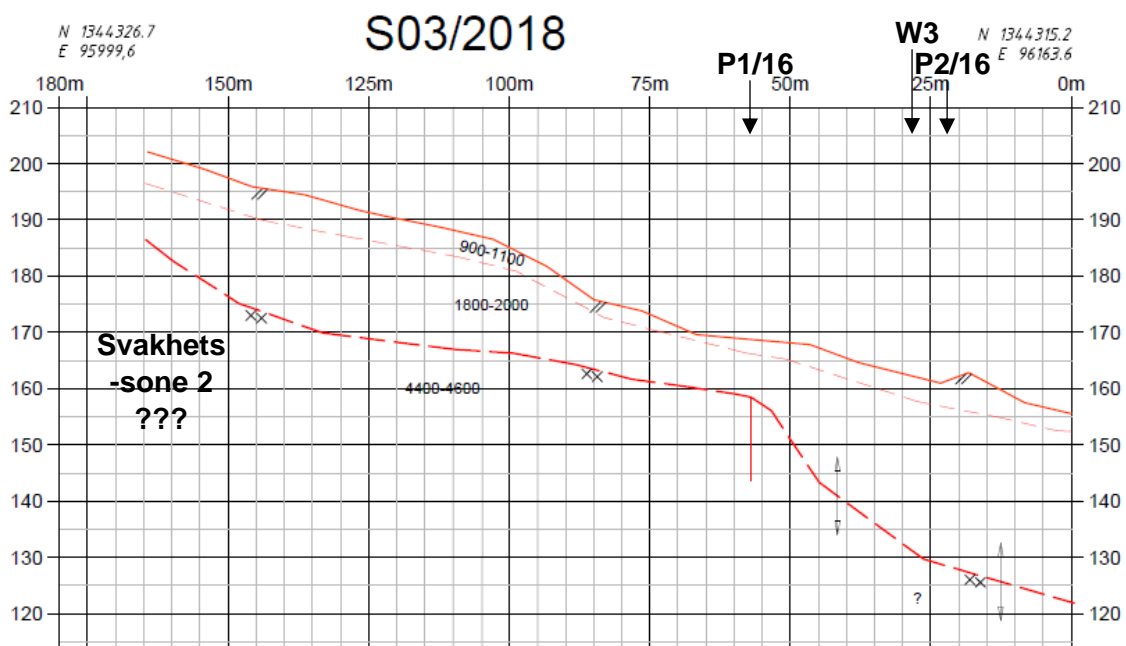


Figur 27: Profil P2/16 (GeoPhysix), sett med ståsted vest i himmelretning øst. Profilet er vist fra NNW (0 m) mot SSØ (115 m) Klipp fra [33]

Profilene P1/16 og P2/16 indikerer begge at løsmassetykkelsen øker fra nord mot sør, samt at dybden til berg faller av raskere enn det synkende terrenget. I P1 ble det registrert fra ca.

20 til 35 meter med løsmasser, mens det i P2 ble registrert noe mindre, ca. 17 til 30 meter. Det ble registrert to hastigheter i løsmassene, et øvre lag med hastighet 450-900 m/s, og et underliggende lag med hastighet 1700-2500 m/s. Hastighetene indikerer et tørt lag over grunnvann overliggene et underliggende vannmettet, fast lag. Hastighetene indikerer faste morenemasser. Hastigheten i berggrunnen ble registrert til 4400-5500 m/s, i P2 ble de registrert noe lavere hastigheter nær overflaten (dagberg) [33]. I profilene til GeoPhysix er det ikke tolket noen lavhastighetssoner/svakhetssoner.

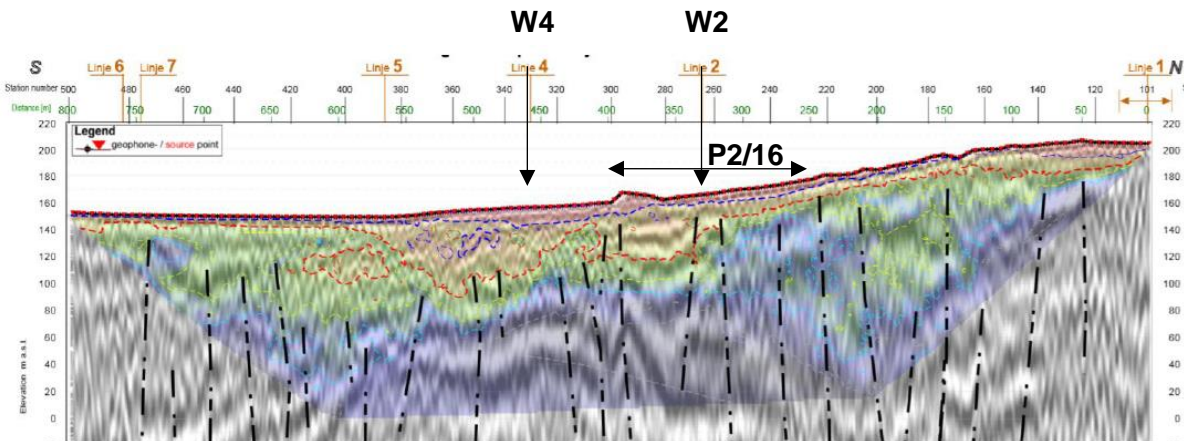
Profil S03/2018 indikerer, tilsvarende som kartlagt av GeoPhysix, lagdelte løsmasser og økende løsmassemektighet mot øst. I måledataene er det usikkerhet knyttet til lyd hastighet i berg og dybde til berg i østre delen av profilet grunnet kort avstand mellom utskudd og profilet. I profilet til GeoMap er det ikke tolket noen lavhastighetssoner/svakhetssoner. Den regionale svakhetssonen i området, vist i BIM-modellen og navngitt svakhetszone 2, er påvist ved geofysikkprofiler nord for (P3 Ekstra) og sør for (P2 Ekstra) profil S03/2018, men fremgår ikke av GeoMap sitt profil.



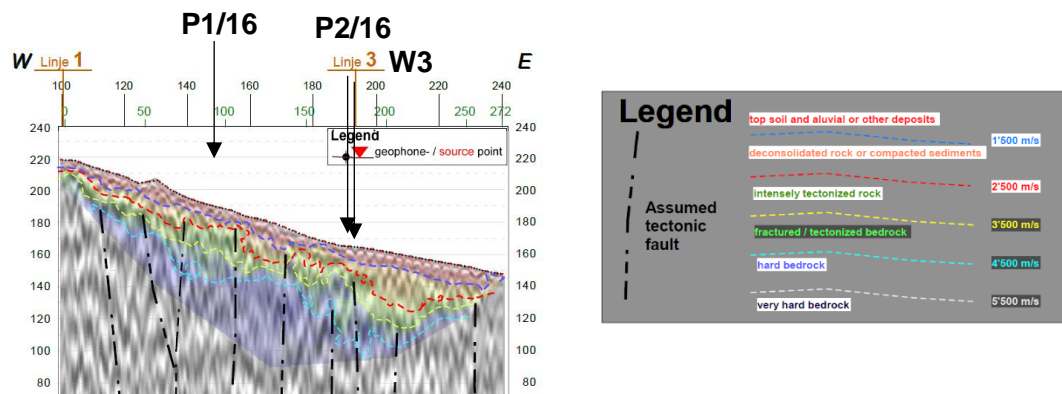
Figur 28: Profil S03/2018 (GeoMap), sett med ståsted fra sør i himmelretning nord. Profilet er vist fra V (180 m) til Ø (0 m). Klipp fra [30]

Profil W3 strekker seg over hele forskjæringen, inkludert deler med kun løsmasseskjæring sørover, og videre parallelt Vingnestunnelen nordover. Resultater fra hybridseismikk fremgår av Figur 29. Målingene indikerer for den sørlige delen av profilet en forkastningszone rundt 360-400 m. I [26] beskrives en klar distinksjon mellom grunnforholdene nord for denne sonen i forhold til sør for sonen. Grensen mellom kompakte løsmasser (Mjøsmorene) og forvitret dagberg (sandstein og skifer) under er beskrevet å være vanskelig å tyde grunnet overlappende hastighetsprofiler. Det er vurdert at fastere berg (hastighet større enn 3500 m/s) påtreffes i en dybde på rundt 70 m i sørlige delen av profilet. For den nordlige delen av

profilen viser målingene en usikker overgang mellom oppknust (dag)berg og fastere underliggende berg. Mens det sør for sonen er målt berg med antatt lavt sulfidinnhold, indikerer resistivitets- (ERT) og IP-målingene nord for sonen berg med 10%+ sulfidinnhold, dvs. sannsynlig forekomst av svartskifer.



Figur 29: Profil W3 med utført refraksjons- og refleksjonsseismikk, sett fra ståsted øst i himmelretning vest. Profilert er vist fra S (800 m) til N (0 m). Klipp fra [26].



Figur 30: Profil W2 med utført refraksjons- og refleksjonsseismikk, sett fra ståsted sør i himmelretning nord. Profilert er vist fra V (0 m) til Ø (272 m). Klipp fra [26].

Profil W2 går på tvers av forskjæringen. Resultater fra hybridseismikk fremgår av Figur 30. Målingene viser en dybde til antatt oppsprukket dagberg på 10-20 meter i vestre del av profilet som øker med synkende terreng til 20-40 meter i østre delen av profilet. ERT/IP-målingene langs dette profilet viser høye IP-verdier langs hele profilet til dybder av 30-40 meter, som indikerer at berggrunnen her inneholder relativt høy andel sulfider, trolig svartskifer.

Ut fra utført geofysikk i området er det vanskelig å trekke noen absolutte konklusjoner. Dette skyldes nok delvis at metodene som Ruden har benyttet er mer omfattende enn det som GeoPhysix og GeoMap har benyttet. Måten å presentere resultater på (og forenkle registrerte data ved tolkning) kan også ha en betydning med tanke på presenterte data langs profilene. Ruden har ikke angitt tolket bergoverflate på sine profiler, men derimot angitt hastighetsintervaller for ulik grad av oppsprukket bergmasse og for kompakt morene. Ruden gir i sin rapport [26] heller ingen nærmere beskrivelse knyttet til usikkerhet ved ERT/IP-

målingene med tanke på påvisning av sulfider. Det er ikke gitt noen kommentarer knyttet til hvilke minimumstykkelser eller gjentaksintervaller på lagpakker med skifer inneholdende disse mineralene som er nødvendig for å få utslag på målingene, eller hva målingene som er utført indikerer med hensyn til omfang av svartskifer.

Det synes ikke, der profiler krysser hverandre, hverken være helt sammenfallende hastigheter i berggrunnen eller dybder til berg. Eksempelvis kryssningen mellom profil P1/16-S03/18 der GeoMap angir ca. 10 m til fast berg (4400-4600 m/s), mens GeoPhysix i samme området angir 27 m til berg med samme hastighet (4800 m/s). I kryssningen S03/18 – P2/16 er det tilsynelatende samsvar mellom GeoMap og GeoPhysix sine målinger med rundt 30 m til berg, mens Ruden i det samme området angir langt større dybder, 40-70 m til hastigheter som tilsvarer fast berg (hastigheter > 4500 m/s). Manglende kontrast (og lik hastighetssignatur) mellom fast morene overlagret oppsprukket berg er trolig en medvirkende årsak til ulike resultater. Det bemerkes også at det i Ruden sitt profil er kartlagt en rekke markerte og mindre markerte tektoniske strukturer, slike er ikke påvist i GeoPhysix eller GeoMap sine profiler. Dette skyldes trolig ulike metoder benyttet ved målingene – Ruden har refleksjonsseismikk i tillegg til refraksjonsseismikk.

3.8 Utførte kjerneborhull

3.8.1 Kjerneborhull K4

Det er i reguleringsplanfasen utført supplerende kjerneboring av to kjerneborhull i forskjæring Øyresvika, K4 og K5. Kjerneboringene har plassering i hver ende av påhuggsflaten, og hensikten med kjerneboringen var å få en sikker bestemmelse av bergoverflatens plassering i forhold til ovenforliggende Mjøsmorene. Videre å kartlegge bergmasseforhold ved tunnelnivå, samt å undersøke fordeling mellom svartskifer og sandstein. Borehullets planlagte plassering fremgår i BIM-modellen.

Kjerneborhull K4 har plassering i vestre hjørne i forskjæringen, og er boret vertikalt med en planlagt lengde på 60 m. Forløp av boring og logging av kjernematerialet vil bli rapportert i revidert utgave av denne rapporten når supplerende undersøkelser er ferdigstilte.

3.8.2 Kjerneborhull K5

Kjerneborhull K5 er lokalisert i samme område og har samme formål som kjerneborhull K4. Kjerneborhull K5 har plassering i østre hjørne i forskjæringen, og er boret vertikalt med en planlagt lengde på 40 m. Forløp av boring og logging av kjernematerialet vil bli rapportert i revidert utgave av denne rapporten når supplerende undersøkelser er ferdigstilte. Borehullets planlagte plassering fremgår i BIM-modellen.

3.8.3 Kjerneborhull K6

Det er i reguleringsplanfasen også planlagt et nytt kjerneboring lengst nord i tunneltraseen, i påhuggsområdet ved Trosset. Dette da det foreliggende kjerneborhullet K1 i området har lokalisering noe for langt unna (250 m) påhugget til å med sikkerhet kunne si noe om bergforholdene i dette området. Hensikten med kjerneboringen er å undersøke bergmassekvalitet og bergartstype nærmere på tunnelnivå, der slank bergstabbe vil bli

etablert mellom de to tunnellopene. Forløp av boring og logging av kjernematerialet vil bli rapportert i revidert utgave av denne rapporten når supplerende undersøkelser er ferdigstilte. Foreløpig plassering med 55 m langt kjerneborhull er vist i BIM modellen. Det vil være aktuelt å trekke borehullet helt ut i påhuggsområdet.

3.9 Anvendbarhet av steinmaterialer

Det henvises til notat NOTA-geo-005 *Prøving av steinmaterialer for bruk i vegbygging* for utredning av dette temaet.

3.10 Bergarter med syredannende potensiale

Det henvises til rapport RAPP-geo-005 *Fagrapport geokjemisk vurdering av Brøttumformasjonen* for utredning av temaet.

4 Tolkningsdel – Vurderinger av grunnforhold

4.1 Løsmasser og dybder til berg

Løsmassetykkelser og dybder til berg kan leses ut fra bergoverflatemodell og terrengmodell i BIM-modellen.

Det er generelt liten kontrast mellom borparametere fra boring i fast Mjøsmorene og i oppsprukket dagberg. Grunnet de forholdsvis like boregenskapene, og at Mjøsmorenen mange steder ligger rett over berg, er det en generell usikkerhet knyttet til de angitte bergdybdene.

Grunnet usikkerheten knyttet til angitte dybder til berg ved de geofysiske målingene, er dybde til berg i Øyresvika-området slik denne fremgår av BIM-modellen i all hovedsak basert på sammenstilte og tolkede dybder fra grunnboringer. For enkelte borpunkter, bl.a. der man har utført Sonic-boringer, har det vært samsvar mellom boring og geofysikk. Dette har blitt hensyntatt i bergmodell.

Resultater fra supplerende kjerneboringer i Øyresvika og Trosset forventes å gi sikker informasjon om overgangen mellom morene og berg i påhuggsområdene.

4.2 Bergartsfordeling

4.2.1 Bergartsfordeling skjæringer generelt

Det er for reguleringsplan ikke gjort noen systematisk kartlegging av rekkefølge på bergartstype og tykkelse på de enkelte bergartslagene (stratigrafisk kartlegging) for den delen av Brøttumformasjonen som vegtraseen berører i dagen. Det er på østsiden av Mjøsa tidligere utført geologisk kartlegging [8], men resultatene fra denne kartleggingen er ikke sammenstilt med utført kartlegging på vestsiden av Mjøsa.

Det forventes imidlertid, ut fra de observasjonene som er gjort, at berggrunnen der det skal etableres permanente skjæringer eller utføres sprengning for veglinja, vil veksle mellom de ulike sandstein- og skiferbergartene i Brøttumformasjonen. Det antas at alle bergartene (sandstein, siltstein/grå skifer, svartskifer) vil kunne være representert alle steder.

4.2.2 Bergartsfordeling i forskjæring Øyresvika

Øyresvika-området er tidligere beskrevet å kunne ha en høyere andel svartskifer. Trolig skyldes dette orienteringen på lagpakken i dette området mer enn at lagene her er tykkere enn ellers.

Ut fra tidligere utførte undersøkelser ved NGI [23], hvorav også et kortere kjerneborhull 3B, består berget i området trolig både av lysere grå skifer/sandstein, men også mye mørk skifer/svartskifer.

Som tidligere beskrevet indikerer utførte geofysiske målinger i området en andel med antatt sulfidholdig berg som slår ut på resistivitets- og IP-målingene. Pågående kjerneboringer i forskjæringen (K4 og K5) ventes å gi mer sikkerhet knyttet til bergartsfordeling, forekomst av svartskifer og plassering av overgang mellom dagberg og Mjøsmorene i dette området.

4.2.3 Bergartsfordeling i forskjæring Trosset

Ved Trosset er det observert skifer overlåret av sandsteinsbenker ved fossen i Kollefall, se Figur 31. Disse lagene ligger imidlertid stratigrafisk sett over planlagt nivå for forskjæringen.

Ut fra kjent bergartsfordeling i kjerneborhull K1, samt under forutsetning av et antatt fall mot N358Ø på lagene med 18° er det tolket at nivå ferdig veg ved påhugget vil ligge i samme horisont som er påtruffet ved 38 m dybde i kjerneborehull K1. Om antakelsene om fall er riktige, medfører dette at det i forskjæringen vil være flere ulike benker regnet fra vegnivå og opp til topp av skjæring, se

Tabell 6.

Pågående kjerneboring nær forskjæringen (K6) ventes å gi mer sikkerhet knyttet til bergartsfordeling, forekomst av svartkifer og plassering av overgang mellom dagberg og Mjøsmorene i dette området.

Tabell 6: Mulig bergartsfordeling i forskjæring Trosset, forutsatt 18° fall på bergartslagene mot N358Ø, og basert på logget kjerne fra kjernehull K1, dvs. forutsatt konstant lagtykkelse på de enkelte lagene. (Kjerneborhullet har plassering rundt 250 m fra påhugg og rundt 90 m fra gjeldende trasé). Q-verdi parametere er for kjerne K1 og ikke nødvendigvis representative verdier i forskjæringen. Bergartsfordeling: Sandstein (gul), grå/lys grå skifer (grønn), svart/mørk grå skifer (mørk grå), veksling sandstein/mørk skifer (lys grå), veksling sandstein/lys skifer (oransje). Sprekkesoner/knusningssoner vist i rødt.

Dybde	Bergart	Soner	Jn	Jr	Ja	RQD	Q																																																																																																																																																																																						
21			6	1,5	1	70	18																																																																																																																																																																																						
			6	1,5	1			22			3	2	1	72	48	3	2	1	23			6	1,5	1	36	9	6	1,5	1	24			3	2	1	89	60	3	2	1	25			6	1,5	1	63	16	6	1,5	1	26			4	2	1	83	55	4	2	1	27			6	1,5	1	55	37	6	1,5	1	28			4	2	1	89	22	4	2	1	29			4	2	1	75	9	4	2	1	30			3	2	1	73	18	3	2	1	31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1
22			3	2	1	72	48																																																																																																																																																																																						
			3	2	1			23			6	1,5	1	36	9	6	1,5	1	24			3	2	1	89	60	3	2	1	25			6	1,5	1	63	16	6	1,5	1	26			4	2	1	83	55	4	2	1	27			6	1,5	1	55	37	6	1,5	1	28			4	2	1	89	22	4	2	1	29			4	2	1	75	9	4	2	1	30			3	2	1	73	18	3	2	1	31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1						
23			6	1,5	1	36	9																																																																																																																																																																																						
			6	1,5	1			24			3	2	1	89	60	3	2	1	25			6	1,5	1	63	16	6	1,5	1	26			4	2	1	83	55	4	2	1	27			6	1,5	1	55	37	6	1,5	1	28			4	2	1	89	22	4	2	1	29			4	2	1	75	9	4	2	1	30			3	2	1	73	18	3	2	1	31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																	
24			3	2	1	89	60																																																																																																																																																																																						
			3	2	1			25			6	1,5	1	63	16	6	1,5	1	26			4	2	1	83	55	4	2	1	27			6	1,5	1	55	37	6	1,5	1	28			4	2	1	89	22	4	2	1	29			4	2	1	75	9	4	2	1	30			3	2	1	73	18	3	2	1	31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																												
25			6	1,5	1	63	16																																																																																																																																																																																						
			6	1,5	1			26			4	2	1	83	55	4	2	1	27			6	1,5	1	55	37	6	1,5	1	28			4	2	1	89	22	4	2	1	29			4	2	1	75	9	4	2	1	30			3	2	1	73	18	3	2	1	31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																							
26			4	2	1	83	55																																																																																																																																																																																						
			4	2	1			27			6	1,5	1	55	37	6	1,5	1	28			4	2	1	89	22	4	2	1	29			4	2	1	75	9	4	2	1	30			3	2	1	73	18	3	2	1	31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																		
27			6	1,5	1	55	37																																																																																																																																																																																						
			6	1,5	1			28			4	2	1	89	22	4	2	1	29			4	2	1	75	9	4	2	1	30			3	2	1	73	18	3	2	1	31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																													
28			4	2	1	89	22																																																																																																																																																																																						
			4	2	1			29			4	2	1	75	9	4	2	1	30			3	2	1	73	18	3	2	1	31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																								
29			4	2	1	75	9																																																																																																																																																																																						
			4	2	1			30			3	2	1	73	18	3	2	1	31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																																			
30			3	2	1	73	18																																																																																																																																																																																						
			3	2	1			31			3	2	1	62	41	3	2	1	32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																																														
31			3	2	1	62	41																																																																																																																																																																																						
			3	2	1			32			4	2	1	80	40	4	2	1	33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																																																									
32			4	2	1	80	40																																																																																																																																																																																						
			4	2	1			33			4	2	1	65	33	4	2	1	34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																																																																				
33			4	2	1	65	33																																																																																																																																																																																						
			4	2	1			34			3	1	1	74	49	3	1	1	35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																																																																															
34			3	1	1	74	49																																																																																																																																																																																						
			3	1	1			35			6	1,5	1	74	19	6	1,5	1	36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																																																																																										
35			6	1,5	1	74	19																																																																																																																																																																																						
			6	1,5	1			36			12	1	1	45	4	12	1	1	37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																																																																																																					
36			12	1	1	45	4																																																																																																																																																																																						
			12	1	1			37			12	3	1	55	14	12	3	1	38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																																																																																																																
37			12	3	1	55	14																																																																																																																																																																																						
			12	3	1			38			12	3	1	33	8	12	3	1																																																																																																																																																																											
38			12	3	1	33	8																																																																																																																																																																																						
			12	3	1																																																																																																																																																																																								

4.3 Bergmassekvalitet

4.3.1 Bergmassekvalitet skjæringer generelt

Basert på strukturmålinger utført av Norconsult i utvalgte skjæringer, samt av NGU [10] for hele regionen, er det antatt at bergmassen er foldet i en rekke antiklinaler og synklinaler langs traseen. I Vedlegg 2 er det gjort en grov tolkning av plassering på mulige foldeakser basert på NGU sin strukturkartlegging på strekningen. Grunnet foldingen vil bergartslagene ligge forholdsvis horisontalt på og nær foldeakslene, mens den vil variere i mer eller mindre grad fra horisontalt til vertikalt mellom de ulike foldeaksene (antiklinal og synklinal akse).

De ulike bergartstypene har ulik oppsprekningsmønster. Mens sandsteinen i mer eller mindre grad har et kubisk oppsprekningsmønster, har skiferbergartene et mer skifrig/plateformet oppsprekningsmønster som skyldes at lagdelingssprekker har mindre avstand enn andre sprekkesett. Både siltsteinen og sandsteinen er benket der fravær av sprekker forekommer eller det er særlig stor avstand mellom disse. Bergmassekvaliteten ventes derfor til en viss grad å være styrt av forholdet mellom bergartstypene.

Mindre markerte svakhetssoner/knusningssoner/slepper forventes å være tilstedeværende i områder der det skal etableres skjæringer. Slike soner vil kunne forekomme både på tvers av og parallelt lagdelingen til bergartene, men soner som følger lagretningen vil trolig være mest utholdende. Svake, forskifrede bergartslag av svartskifer eller grå skifer vil også fungere som svakhetssoner der disse forekommer mellom mer kompetente bergarter som siltstein og sandstein, eksempelvis som på Figur 17 og Figur 31.

I tilfeller der lagretningen ligger forholdsvis horisontalt og det forekommer slepper/knusningssoner parallelt lagretningen, gjerne også i kombinasjon med svake bergartslag, vil dette ha innvirkning på bergmassekvaliteten over lengre strekning i skjæringene.

Med dagens kunnskap, som i hovedsak baserer seg på et begrenset antall bergblotninger, er det ikke mulig å fange opp usikkerhetene knyttet til svakhetssoner/knusningssoner og svake bergartslag i den geologiske prognosen. Dette må sees på som en restrisiko som først vil bli klarlagt i anleggsfasen.



Figur 31: Blotning av berg ved Kollefall, rett vest for forkjæringen ved Trosset. Den øvre delen av bergveggen består av grov-middels blokkig sandstein, mens underliggende lag består av skifer og siltstein. Bergartsgrensen mellom sandstein og siltstein er tettere oppsprukket/forskifret, og utgjør et svakt lag i bergmassen.

Markerte, vertikale svakhetssoner forventes i mindre grad være styrt av lagdelingen, og vil trolig også i mindre grad berøre de aktuelle skjæringene, da bergoverflaten typisk vil ligge lavere der slike opptrer, med påfølgende mindre inngrep i form av sprengningsarbeider.

4.3.2 Bergmassekvalitet i forskjæring Øyresvika

Berg i dagen innenfor forskjæringsområdet er ikke observert. Det forventes, som beskrevet under kapittel 4.3.1 bergmasseforhold som både avhenger av type og fordeling av bergartslag, generell oppsprekning og nærvær av eventuelle svakhetssoner.

Ut fra utført geofysikk i Øyresvika kan det forventes steiltstående svakhetssoner i forskjæringsområdet, og en sone med oppsprukket dagberg som stedvis strekker seg forholdsvis dypt. I BIM-modellen (Figur 25) er den tidligere kartlagte regionale svakhetssonen (Sone 2) vist som en enkelt sone med en definert mektighet, sammen med en nokså parallellgående mindre mektig sone (Sone 1). Dette er nødvendigvis en forenkling av faktiske forholdene, trolig er mye av bergmassen i dette området påvirket av forkastningen og svakhetssonen i større eller mindre grad.

Utførte kjerneboringer i forskjæringen (K4 og K5) ventes å gi mer sikkerhet knyttet til bergmassekvaliteten i området – oppsprekningsgrad, konduktivitet i bergmassen, tilstedeværelse av svakhetssoner og svake bergartslag.

4.3.3 Bergmassekvalitet i forskjæring Trosset

Ut fra observerte blotninger med berg i dagen i nærheten av forskjæringsområdet, eksempelvis som vist på Figur 31, forventes det at bergmassen både vil kunne være benket og av forholdsvis god kvalitet, og mer skifrig og tettere oppsprukket. avhenger av type bergartslag, generell oppsprekning og nærvær av eventuelle svakhetssoner.

Planlagte kjerneboring rett innenfor forskjæringen (K6) ventes å gi mer sikkerhet knyttet til bergmassekvaliteten i området – oppsprekningsgrad, konduktivitet i bergmassen, tilstedeværelse av svakhetssoner og svake bergartslag.

4.4 Vurdering av geotekniske forhold

For vurdering av de geotekniske forholdene vises det til RAPP-011 *Fagrapport geoteknikk*, samt notat NOTA-geo-006 *Områdestabilitetsvurdering*.

4.5 Grunnvannsforhold

Naturlig grunnvannstand i et område avhenger av hvor mye vann som tilføres området, og hvor mye vann som lekker eller fordampes ut av magasinet. Det førstnevnte bestemmes av områdets nedbørsfelt, mengde nedbør, avrenning og grunnens vannledningsevne. Etablering av skjæringer vil kunne medføre endrede strømningsforhold, og lekkasjer vil føre til lokal senkning av grunnvannsnivået. Sandsteiner og skifer som opptre i Norge har typisk hydraulisk konduktivitet varierende fra omkring 10^{-5} m/s til 10^{-10} m/s [39].

Lekkasjer i bergskjæringer vil kunne påvirke grunnvannsnivået omkring, hovedsakelig oppstrøms skjæringen. Grunnvannstrykket i berg opprettholder poretrykket i løsmassene, og lekkasjer i bergskjæringer vil dermed kunne føre til redusert poretrykk i omkringliggende løsmasser. Skjæringer vil ha et influensområde som avhenger av grunnvannsnivå, bergmassens hydrauliske konduktivitet, topografi, høyde på skjæringen under grunnvannsnivå og geologiske forhold som orientering av sprekkesoner.

Da det ikke er registrert sårbare naturtyper i nærhet til bergskjæringene (kap. 3.2), er fokus for vurderingene sårbarhet for vannforekomster og private brønner i forbindelse med etablering av bergskjæringer og skjæringen i løsmasser ved Elvestad/Strandengen. Isskjøving kan oppstå dersom vann lekker ut i skjæringer. Brønner i løsmasser er generelt mer sårbare mot endringer i grunnvannsnivå enn dypere brønner i fjell, da de oftest er grunnere. Likevel er ofte gravde brønner i løsmasser i større grad avhengige av tilsig fra overflatevann. Dypere brønner kan bli helt eller tidvis tørre dersom grunnvannsnivået synker til et dypere nivå enn brønnens inntaksdybde.

Kalverudelva har et relativt stort nedbørsfelt og er lite sårbar mot lekkasjer i løsmasseskjæringen ved Elvestad/Stranengen. Elva ligger dypt i terrenget og er avskåret fra skjæringa av en kolle. Elva vurderes å ikke være i risiko for å bli påvirket av skjæringen. Det er ikke kartlagt brønner i området som kan bli påvirket.

Brønnene som befinner seg i Døsvegen på Vingrom, oppstrøms kryss nord og skjæringen, er svært sårbare mot endringer i grunnvannsnivå. Lekkasjer i den høye skjæringen som planlegges å etableres her vil trolig føre til lavere grunnvannsnivå ved brønnene. Husene er ikke koblet til offentlig vann og kloakk.

Bulungsbekken vil bli direkte påvirket av tunnelportalen i sør og må legges om. Omleggingen må sørge for at alt vann fra Bulungsbekken føres rundt skjæringen. Det kan oppstå isskjøving dersom vann lekker ut i skjæringen. For bekken som befinner seg ved Bøsodden, nord for kryss Vingrom, skal det sprenges ut en nisje i skjæringen. Et inntaksområde ved skjæringsfoten fører vannet videre i rør under veien. Det er fare for isskjøving i dette området.

Lekkasjer fra bekk eller grunnvann via høye skjæringer i portalen kan føre til lavere grunnvannsnivå i området ved tunnelportal sør. Dette kan føre til at brønnene oppstrøms (i Hovslivegen 142 og 148) blir mer sårbare mot endrede strømningsforhold.

4.6 Vurdering av forskjæringsområder

For en nærmere beskrivelse av etablering av påhugg og vurdering av stabbebreder henvises det til RAPP-geo-001.

4.6.1 Forskjæringsområde sør (Øyresvika)

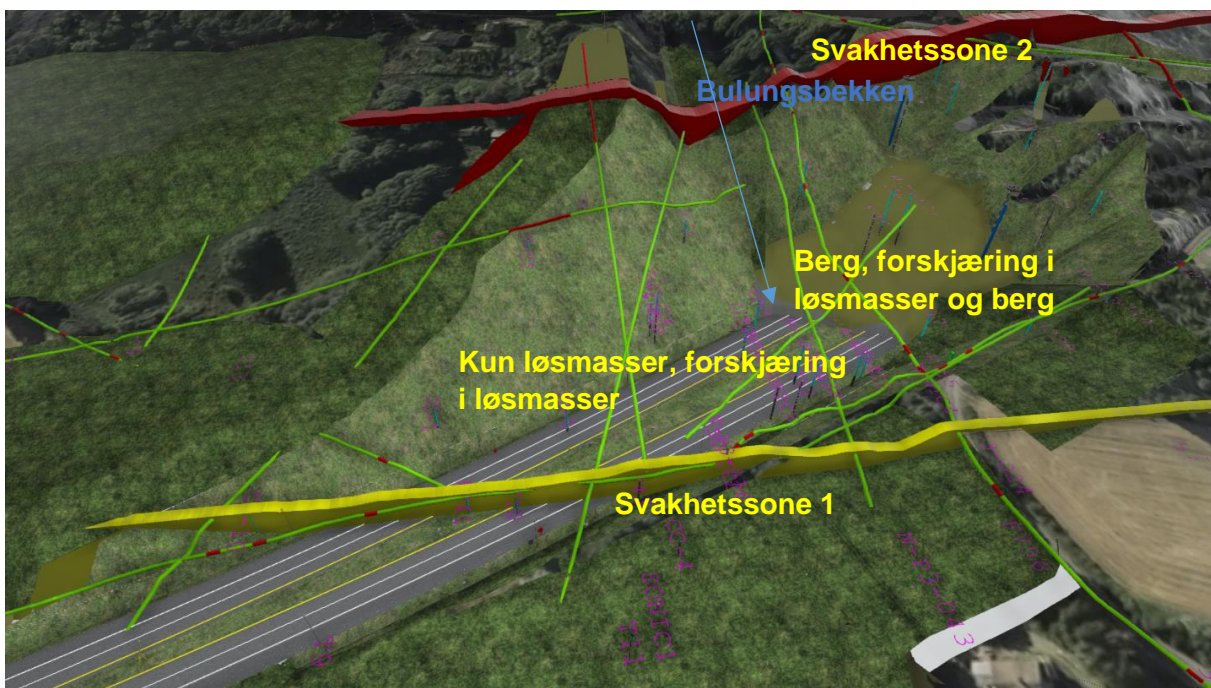
Forskjæringen i Øyresvika er lagt til terreng som faller moderat av i østlig-sørøstlig retning, mot Mjøsa. Det er generelt mye løsmasser i området, med dybder fra rundt 15 m og oppover til 30-40 m innenfor forskjæringsområdet, og ikke noe synlig berg i dagen. Dette medfører behov for etablering av en stor og forholdsvis lang forskjæring i løsmasser. Denne planlegges med graveskråninger på 1:1,5. Det er 2 m bred hyllekant der løsmasseskråning etableres over topp bergskjæring.

Grunnet de relativt store dybdene til berg vil det være forholdsvis kort forskjæring i berg. Ut fra tolket bergoverflate (basert på grunnboringer utført i området) faller bergoverflaten av i østlig-sørøstlig retning, tilsvarende som terrenget. Dette medfører at man får en forholdsvis høy vestre bergskjæring, og en lav østre bergskjæring (venstre og høyre skjæring sett med økende profilnummer). Påhuggsflaten vil tilsvarende være høy for sørgående tunnellop, mens den for nordgående løp vil være mindre. Bergskjæringene er planlagt med helning 10:1. Et typisk tverrprofil, tatt fra profil 24580, er vist i Figur 34.

Mange tidligere boringer i området er avsluttet uten sikker avslutning mot fast berg, grunnet store dybder til berg og da det er glidende overgang mellom fast morene (Mjøsmorene) og underliggende antatt forvitret og oppsprukket-oppknust berg bestående av skiferbergarter og sandstein. Det er derfor en viss usikkerhet knyttet til hvor den antatt faste bergoverflaten har

beliggenhet. Det forventes at kjerneboringene K4 og K5 vil kunne gi verdifull tilleggsinfo for denne plasseringen i borpunktene, samt en mulighet å «kalibrere» utførte grunnboringer i området opp mot kjente borresultater fra kjerneboringen.

Som tidligere beskrevet ligger forskjæringen sannsynligvis innenfor influensområdet til den regionale svakhetssonen (svakhetssone 2), og det er også tolket andre svakhetssoner/sprekkesoner i det samme området (svakhetssone 1, samt varierende målinger gjort med geofysikk). Det forventes at bergmassen derfor både vil være dagbergforvitet og kunne være forholdsvis tett oppsprukket, stedvis oppknust, grunnet tidligere tektonisk aktivitet i området.

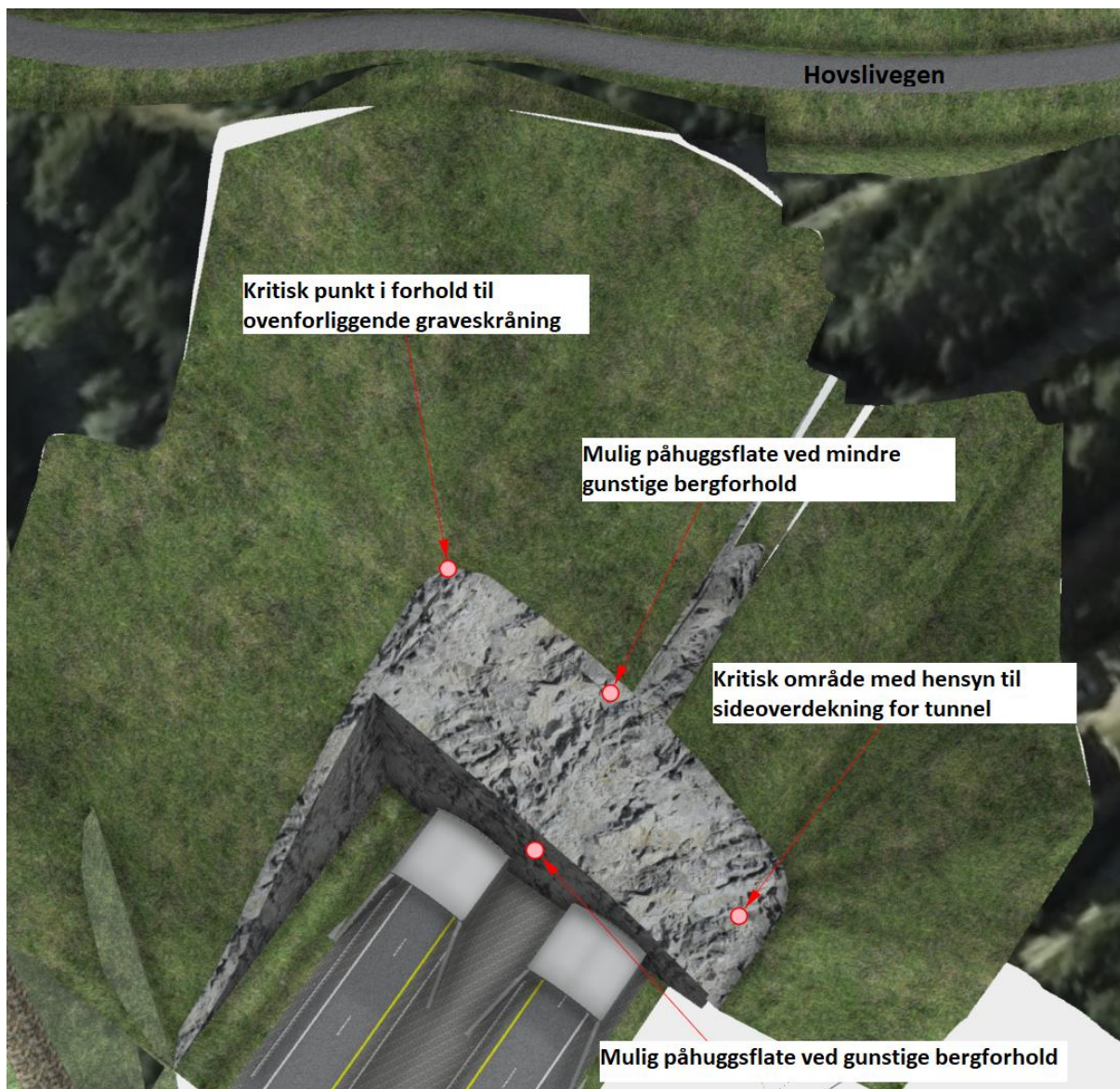


Figur 32: Forskjæring Øyresvika. Utførte seismikkutlegg (på terrengoverflaten) fremgår av linjer, mens stolper representerer borer. Som det fremgår av figuren vil store deler av forskjæringen være i løsmasser. Utklipp av BIM-modellen 02.01.2021.

Forskjæringens utstrekning mot nord og vest er begrenset av Hovslivegen som ligger i overkant av de prosjekterte løsmasseskråningene. Utgraving av forskjæring med bratte graveskråninger i løsmassene vil starte her oppe, og man er avhengig av å ha en robust løsning for forskjæringen som fungerer selv om avdekket bergoverflate viser seg å ha noe annet forløp enn det som er forutsatt ved utførte grunnundersøkelser. Tiltaket medfører behov for en mindre omlegging av Hovslivegen i området i bakkant av påhugget. Utover dette er det ikke forutsatt at tiltaket gjør inngrep som går inn i Hovslivegen eller i sideterrenget som stiger videre oppover vest for Hovslivegen, se Figur 38.

Grunnet usikkerheten i hvor man har tilstrekkelig og godt nok berg til å få etablert påhuggsflate for Vingnestunnelen er ulike løsninger for utforming vurdert. Avgjørende er faktisk plassering av bergoverflaten i forskjæringens vestre hjørne, siden det etableres graveskråning ovenfor dette punktet. Det samme gjelder bergoverflatens forløp i og forbi

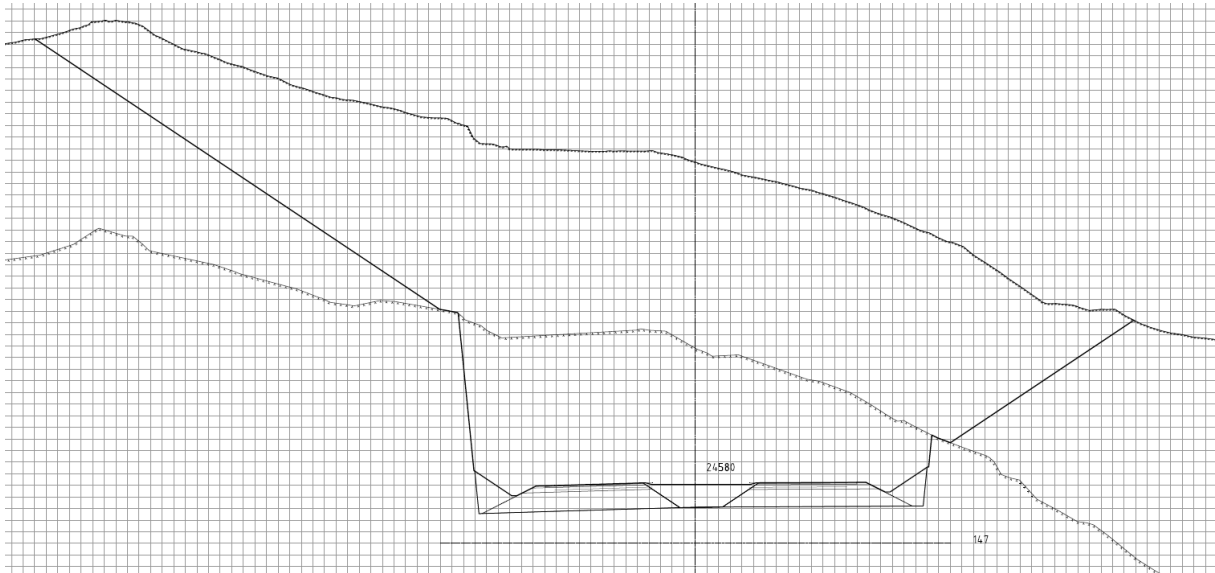
østre hjørne, siden dette har betydning for hvor det vil være nok sideoverdekning for å kunne etablere tunnelpåhugg. Det vises til Figur 33 samt BIM-modell. Kjerneborhull K4 og K5 er utført for å redusere denne usikkerheten.



Figur 33 Utklipp av BIM-modell 11.3.2021 som viser to mulige scenarier med ulik plassering av påhuggsflaten. Det er ikke her forutsatt noen avtrapping av påhuggsflaten. Portaler er tatt med for skala.

Beskrevet løsning i denne rapporten samt i rapport for Vingnestunnelen, RAPP-geo-001, legger i tillegg til grunn en at det etableres en felles påhuggsflate for sørgående og nordgående løp med orientering på tvers av tunnelretningen. Ved manglende sideoverdekning mot øst for nordgående tunnellop vil det være aktuelt å gjøre justering av påhuggsplasseringen eller geometrien. Eventuelt kan det gjøres forsterkninger av påhuggsflaten og sideberget til tunnelen i dette området. Dette kan det først gjøres vurderinger av når løsmasser er avgravd og bergoverflaten er avdekket og innmålt. Se også nærmere vurderinger knyttet til etablering av påhugg og stabbebredder i RAPP-geo-001.

Bulungsbekken krysser Hovslivegen og renner ned i det området der berg forventes påtruffet, nær starten på forskjæringen i berg. Bekken kanaliseres ned til E6 og føres videre i rør gjennom vegkroppen. For nærmere hydrologiske vurderinger og tiltak knyttet til Bulungsbekken vises det til rapport RAPP-voa-001 *Fagrapport hydrologi*.

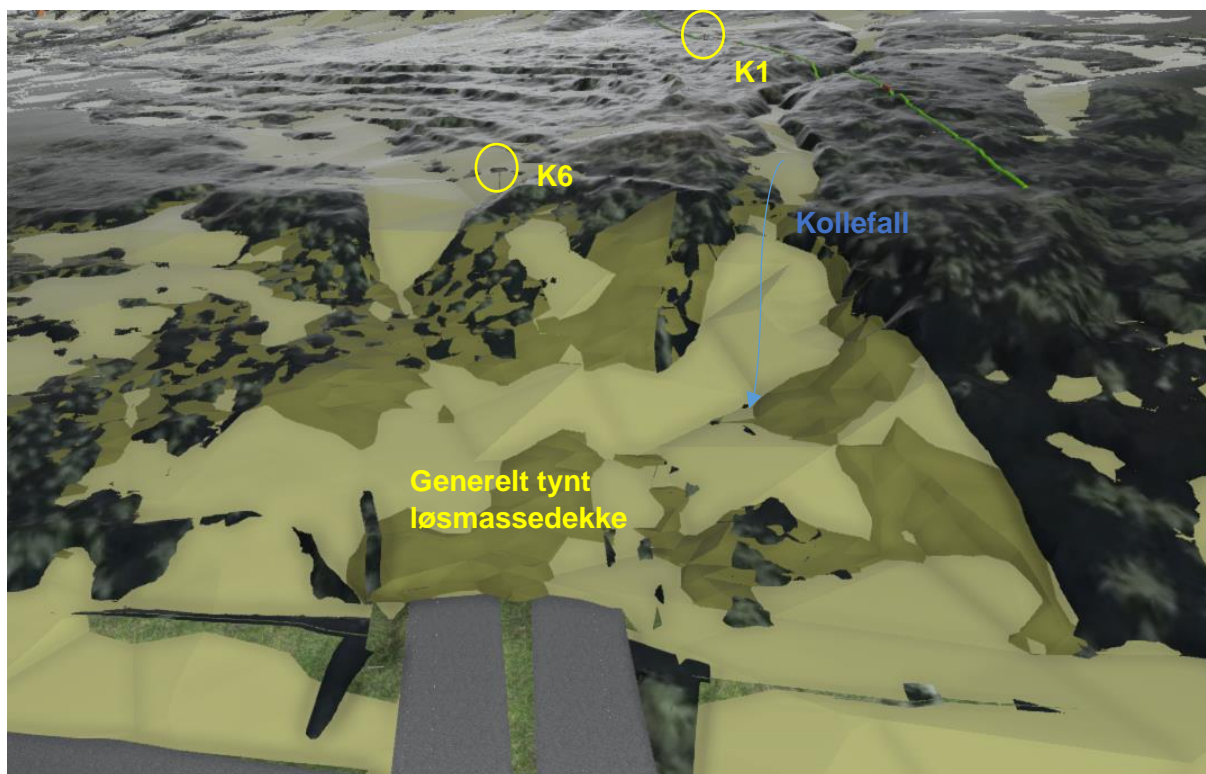


Figur 34: Tverrprofil i forskjæring Øyresvika, profil 24580

4.6.2 Forskjæringsområde nord (Trosset)

Forskjæringen ved Trosset er lagt til terreng som faller moderat av i nordøstlig retning, mot Lågen. Det er tynt og stedvis usammenhengende løsmassedekke i området, men også områder med noe mer løsmasser. De grunnboringene som er utført i nærheten av forskjæringen viser fra 1,2 m til 6,0 m til berg, men det er også kartlagt mye berg i dagen i området, særlig i form av trapping i terrenget der berget er blottlagt i nordøst-vendte vertikale bergflater.

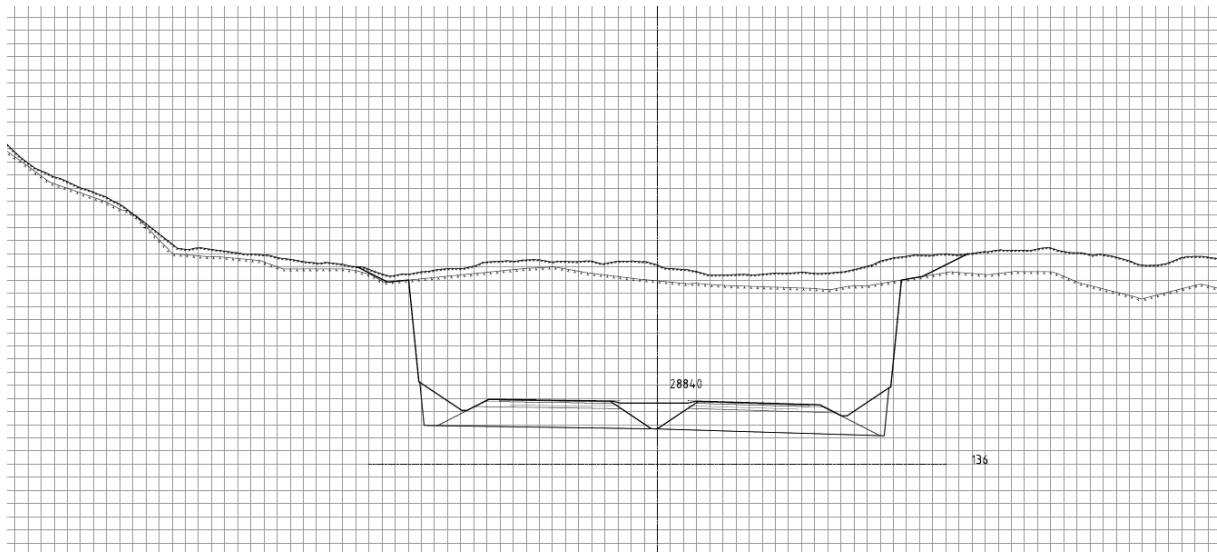
Forskjæringen etableres på oppsiden av Fv. 253 Jørstadmovegen, og det vil være en forholdsvis kort forskjæring siden veglinja står forholdsvis vinkelrett på terrengoverflaten som faller forholdsvis raskt ned mot Lågen. Bekken Kollefall, som renner rett nord for traseen, vil legges om nedstrøms fossen (Figur 31) for å unngå at vann renner inn i forskjæringen.



Figur 35: Forskjæring Trosset. Utført seismikkutlegg (på terrengoverflaten) fremgår av linje, mens stolper representerer kjerneboringer (K1 og planlagte K6). Bergmodell er vist med olivengrønt, men gjenspeiler området. Det er utført et fåtall grunnboringer, men er blotninger mange steder som tyder på tynt men nokså sammenhengende løsmassedekke. Som det fremkommer av figuren vil det meste av forskjæringen være i berg. Bekken Kollefall må legges om nedenfor fossen for å unngå vann inn i forskjæringen. Utklipp av BIM-modellen 02.01.2021.

Ut fra terrengoverflaten/tolket bergoverflate vil man få to forholdsvis like sideskjæringer til den felles påhuggsflaten, begge korte skjæringer, se Figur 7. Skjæringene er planlagt med helning 10:1. Et typisk tverrprofil, tatt fra profil 24580, er vist i Figur 36.

Kjerneborhull K1 gir indikasjoner på bergartsfordelingen i området, men borehullet ligger rundt 250 m unna forskjæringen. Det forventes at kjerneboring K6 vil gi verdifull tilleggsinfo om bergkvaliteten og bergartsfordelingen i borpunktet, som ligger noe innenfor planlagt påhuggsflate. Se også nærmere vurderinger knyttet til etablering av påhugg og stabbebredder i RAPP-geo-001.



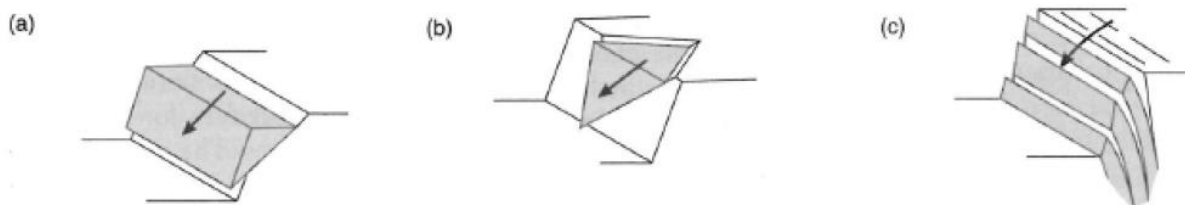
Figur 36: Tverrprofil i forskjæring Trosset, profil 28840

4.7 Kinematisk analyse

I Vedlegg 1 er det utført kinematiske analyser basert sprekkemålinger for følgende strekninger:

1. Skjæring sør for Vingrom (permanente skjæringer kun for Fv. 2538)
2. Skjæring for kryss Vingrom
3. Skjæring nord for kryss Vingrom
4. Forskjæring Øyresvika (vestre skjæring, påhuggsflate)
5. Forskjæring Trosset (vestre og østre skjæring, påhuggsflate)

Det er gjort en vurdering av de enkelte skjæringenes stabilitet med hensyn til plan utglidning (a), kileutglidning (b) og toppling (c). De tre ulike utglidningsscenarioene fremgår av Figur 37:



Figur 37: Potensielle utglidningsscenarioer: a) Plan utglidning, b) Kileutglidning, c) Toppling. Figur etter Hoek og Bray.

I de kinematiske analysene er gjennomsnittlig orientering på de enkelte skjæringene lagt inn sammen med forutsatt skjæringshelning ($\sim 84^\circ$). Videre er det forutsatt en friksjonsvinkel på sprekkeplanene på 30° .

Analysene viser at det primært er et potensiale for kileutglidning (b) i skjæringene. Utglidningsscenarioet muliggjøres når to sprekkeplan med stor nok fallvinkel skjærer hverandre og sammen med skjæringsoverflaten danner en kile. Glidning kan skje på en eller begge sprekkeplan når den resulterende stupvinkelen overstiger friksjonsvinkelen. Det er

forholdsvis mange sprekkekombinasjoner som vil kunne gi et slikt utglidningsscenario i samtlige skjæringer.

Analysene viser, basert på sprekke-dataene, at det også er et visst potensiale for utvelting/toppling (c) av berg/blokker i skjæringene. Analysen tar ikke hensyn til den relative fordelingen av sprekker/sprekkeavstand i de ulike sprekkesettene. Lagdelingssprekker, som i større grad gir skivedannelser i bergmassen, har i all hovedsak orientering på tvers av skjæringsorienteringen, slik at toppling basert på dette sprekkesettet i liten grad vil være tilstede. I de andre sprekkeretningene er antall sprekkeregistreringer forholdsvis lavt, men enkelte sprekker har orientering som tilsier at toppling vil være mulig også langs ett eller flere av de øvrige sprekkesettene.

Analysene viser også et mindre potensiale for plan utglidning (a). Analysen forutsetter at det ustabile partiet er helt avløst på sidene av parallelle sprekker, noe som ikke nødvendigvis er en betingelse som er til stede. Plan utglidning vurderes som et mindre sannsynlig scenario sammenlignet med kileutglidninger.

I Tabell 7 er resultater fra de kinetiske analysene oppsummert. I Vedlegg 1 fremgår også den relative sannsynligheten, basert på sprekke-dataene, for de ulike utglidningsscenarioene. Omfang av sprekkemålinger vurderes imidlertid å være noe lavt med tanke på å si noe sikkert med hensyn til den statistiske sannsynligheten for ulike utglidninger i de forskjellige skjæringene.

Tabell 7 Oversikt over potensielle utglidningsscenarioer i skjæringene

Skjæring	Plan utglidning	Kile-utglidning	Toppling
Skjæring sør for Vingrom	(v)	v	(v)
Skjæring for kryss Vingrom	(v)	v	(v)
Skjæring nord for kryss Vingrom	(v)	v	(v)
Forskjæring Øyresvika	(v), (p)	v, p	(p)
Forskjæring Trosset	(v), (ø), p	v, ø, p	(v), (ø), (p)

v: Sannsynlighet for utglidning på et større antall av analyserte sprekker

(v): Sannsynlighet for utglidning på et fåtall av analyserte sprekker

v: vestre skjæring; ø: østre skjæring; p: påhuggsflate

4.8 Skredfare

Det er utført en skredvurdering for hele strekningen E6 Roterud-Storhove. Vurderingene er sammenfattet i egen rapport som omfatter skred/ras fra naturlig sideterreng til veganlegget. Det henvises derfor til ingeniørgeologisk rapport RAPP-geo-004 *Skredfarevurdering* angående skredfarevurdering fra overforliggende terreng til forskjæringene.

Skredfarerapporten omfatter ikke skred innenfor selve anlegget – fra bergskjæringer eller fra løsmasseskråninger som inngår som del av anlegget. Skred eller nedfall innenfor anlegget vil imidlertid også være en mulighet, både med tanke på nedfall av stein (steinsprang), av is

(isskjøving) og av snø (snøskred, i første rekke flakskred, i bratte løsmasseskråninger). Også i tilknytning til bekkeløpet til omlagte Bulungsbekken vil det kunne være en potensiell fare for løsmasseskred, som følge av erosjon i bekkeløp og vann på avveie i løsmassene i forskjæringen.



Figur 38: Klipp fra BIM-modellen (03.01.2021) som viser avgrensning av forskjæringen, og de forholdsvis store plane flatene som etableres i løsmassene. Mindre inngrep i løsmassene på nordsiden av Hovslivegen vil være nødvendig bak påhuggsområdet, ellers avsluttes forskjæringen i løsmasser på nedsiden av Hovslivegen.

Stabilitet i bergskjæringene ivaretas ved sprengning og sikring. Det kan være blokkdannelser i bergskjæringene som det vil være en fordel å ta kontrollert ned, eller så utføres det bergsikring av enkeltblokker eller systematisk bergsikring av mer oppsprukne områder. Det er også prosjektert bred fanggrøft for å fange opp mindre nedfall som utført (overflate)bergsikring ikke ivaretar.

Med ugunstige og bratte nok sprekker i forhold til skjæringsflaten er det alltid en risiko for at det detter ut berg bakenfor prosjektert kontur.

Vurdering av områdestabilitet og geotekniske vurderinger knyttet til fyllinger og løsmasseskjæringene omtales ikke nærmere her. Det vises til RAPP-geo-011 *Fagrapport geoteknikk* samt notat NOTA-geo-006 *Områdestabilitetsvurdering* for utredning av geotekniske forhold. Som beskrevet i rapport RAPP-geo-011 vil sikring av overflatestabiliteten i løsmasseskråningene ved Øyresvika gjøres på en slik måte at utformingen ikke medfører økt skredfare i området. Det vil også være aktuelt med revegeteringslag for å øke sikkerheten med hensyn til jordskred.

Alle skrånninger som er brattere enn ca. 30° må betraktes som mulige snøskredområder, med mindre terrenget ikke er dekket av tett skog [40]. I Øyresvika vil det etableres en forholdsvis stor skjæringsflate i løsmassene med en største høyde på rundt 45 m fra ferdig veg, og med

en skråningshelning på 1:1,5 (~34°) som ligger noe over over denne grensen for skråningshelninger som tørre flakskred erfaringsmessig kan gå ned mot. For våte skred inkludert sørpeskred kan utglidninger også skje ved lavere skråningshelninger. Løsmasseskråningen vil potensielt være både løснеområde og utløpsområde, og skred vil også kunne nå helt ned til vegen.

Det vurderes ikke være andre løsmasseskjæringer/skråninger i tilknytning til anlegget enn den ved Øyresvika der snø vurderes å være en problemstilling knyttet til skred.

For å ivareta sikkerhet mot utlidninger av snø i form av tørre eller våte flakskred bør løsmasseskråningen etableres med en viss overflateruhet på terrenget, slik at man ikke får en helt jevn og plan terrengoverflate med lav friksjon og binding mot snødekket. Videre bør det etableres vegetasjon (busker og trær) i øvre deler av løsmasseskråningen for å redusere sannsynligheten for at snøskred utløses i utgangspunktet, eller for at et utløst skred i del av skråningen får utviklet seg til et større sammenhengende flakskred. Inntil vegetasjonen har fått etablert seg tilstrekkelig vil det kunne være en løsning å benytte mindre støtteforbygninger (kraftige skredgjerder i tre) som holder på plass og seksjonerer snødekket. Eventuelle tiltak mot snøskred må detaljprosjekteres. Med tiltak som beskrevet forventes akseptnivået (<1/1000 hendelse pr. år) med hensyn til store flakskred å være ivaretatt.

For beskrivelse av generelle prinsipper for erosjonssikringstiltak i bekker vises det til RAPP-voa-001 *Fagrappport hydrologi*. Bekkeløpet til Bulungsbekken, inkludert erosjonssikring av dette, må detaljprosjekteres fram mot bygging slik at risikoen for utløsning av jordskred som følge av erosjon er ivaretatt.

5 Tolkningsdel - Anleggsgjennomføring

5.1 Vurdering av sprengningstekniske forhold

5.1.1 Borbarhet og borslitasje

Det er ikke utført undersøkelser av borbarhet og borslitasje på bergartene i linjen, men det finnes relevante undersøkelser for de samme bergartene fra Mesna kraftverk som har beliggenhet rett øst for Lillehammer sentrum. Det henvises til RAPP-geo-001 kapittel 2.1.5 *Nærliggende anlegg* for nærmere beskrivelse av de undersøkelsene som ble utført i forbindelse med Mesna kraftverk.

Med tanke på bergartstypene (sandstein/arkose og siltstein/skifer i veksling) i området er det forventet stor forskjell mtp. borbarhet og borslitasje avhengig av om det bores i sandstein/arkose eller skifer. Sandsteinen er ofte gjennomført av centimetertykke kvartsårer i mange retninger, ofte svært steile. På grunn av kvarts- og feltspat innhold i sandstein/arkose er det forventet høy til meget høy borslitasje og lav til meget lav borbarhet, mens i de mykere skiferlagene er det forventet lav borslitasje og middels til høy borbarhet.

Borbarhet og borhullsavvik vil i stor grad avhenge av hvordan lagene ligger i forhold til boreretningen. Med boring hovedsakelig på tvers av eller på skrå i forhold til lagdelingen så vil det kunne være betydelig variasjon innad i de enkelte hullene over den borede lengden. Det vil kunne være en risiko for borhullsavvik ved boring, særlig ved boring av lange hull med spiss vinkel i forhold til lagretningen, da oppsprekning og ulik borbarhet i de forskjellige lagene vil kunne innvirke på boreretningen.

Avhengig av forvittringsgrad til skiferlagene kan det forventes bore- og ladevansker i tilknytning til sprengning i skiferen, særlig gjelder dette da sprengningsarbeider som kun omfatter såle/trau og flåsprengning eller der det forekommer (lagparallele) svakhetssoner og slepper.

5.1.2 Sprengbarhet

Sprengbarheten til bergmassen kan bli påvirket av tilstedeværelse av svake bergartslag/slepper/svakhetssoner som ligger parallelt lagdelingen. Variasjon mellom svake bergartslag/slepper/svakhetssoner og sterke bergartslag der det sprenges skjæringer eller i sålen kan gi lokale bor- og ladevansker, samt påvirke sprengningsresultatet. Det forventes at dette i stor grad kan løses ved å tilpasse bor- og ladeplaner til de stedlige forholdene.

5.2 Rystelser fra sprengning i dagen

Det er registrert nærliggende bebyggelse til skjæringene som forventes vil påvirkes av rystelser fra sprengningsarbeider. Rystelseskrav beskrives i et eget notat *NOTA-geo-004 Vurdering av vibrasjonsgrenser for bebyggelse i forbindelse med grunnarbeider på E6 Roterud - Storhove*.

5.3 Etablering av skjæringer

Alle bergskjæringene er som tidligere beskrevet forutsatt etablert med helning 10:1. Med ugunstige og bratte nok sprekker i forhold til skjæringsflaten vil det alltid være en risiko for at det kan dette ut berg bakenfor prosjektert kontur. Der ugunstige gjennomgående sprekker eller slepper med orientering tilnærmet lik skjæringen forekommer, og de ytre forholdende muliggjør dette, vil det kunne være risiko- og kostnadsbesparende å tilpasse skjæringsflaten til sprekkeretningen fremfor å utføre (omfattende) stabilitetssikring av større blokkdannelser i skjæringen.

Vann fra overliggende terreng som drenerer ned mot bergskjæringer er forutsatt håndtert med avskjærende grøfter ovenfor skjæringene, samt stedvis nedføringsrenner. Overflatevann samt grunnvann fra berg vil allikevel kunne forekomme i skjæringene. Dette forutsettes håndtert i anleggsfasen slik at isskjøvingsproblematikken knyttet til dette ivaretas. Eventuelt overflatevann som renner ned over skjæringskant må føres kontrollert ned i grøfta. Tiltak mot vann i skjæring og påfølgende isskjøving er å lage tilstrekkelig plass mellom veibane og skjæringsfot, og/eller etablere sikringsnett som isnett. Førstnevnte vil hindre is fra å falle ned i veibanen og bygge seg opp i veibanen, og dermed redusere konsekvensene av isskjøving. Isnett vil forankre isen i skjæringa i større grad enn det standard montert steinsprangnett gjør.

5.3.1 Etablering av skjæringer Roterud-Øyresvika

Permanente skjæringer er beskrevet i kapittel 1.6. Det er planlagt større bergskjæringer ved kryss Vingrom samt på strekningen mellom kryss Vingrom og Vingrom kirke. Midlertidige skjæringer samt lave skjæringer for lokalveg vil bli etablert andre steder langs linjen.

Høyden på de permanente vegskjæringene tilsier at de bør tas ut i to paller. Hylle for ansett av nedre pall bør minimeres for å unngå at hyllen fungerer som «sprettkant» for nedfall fra overliggende pall. Endelig bergskjæringsgeometri bør vurderes når berg er avdekket.

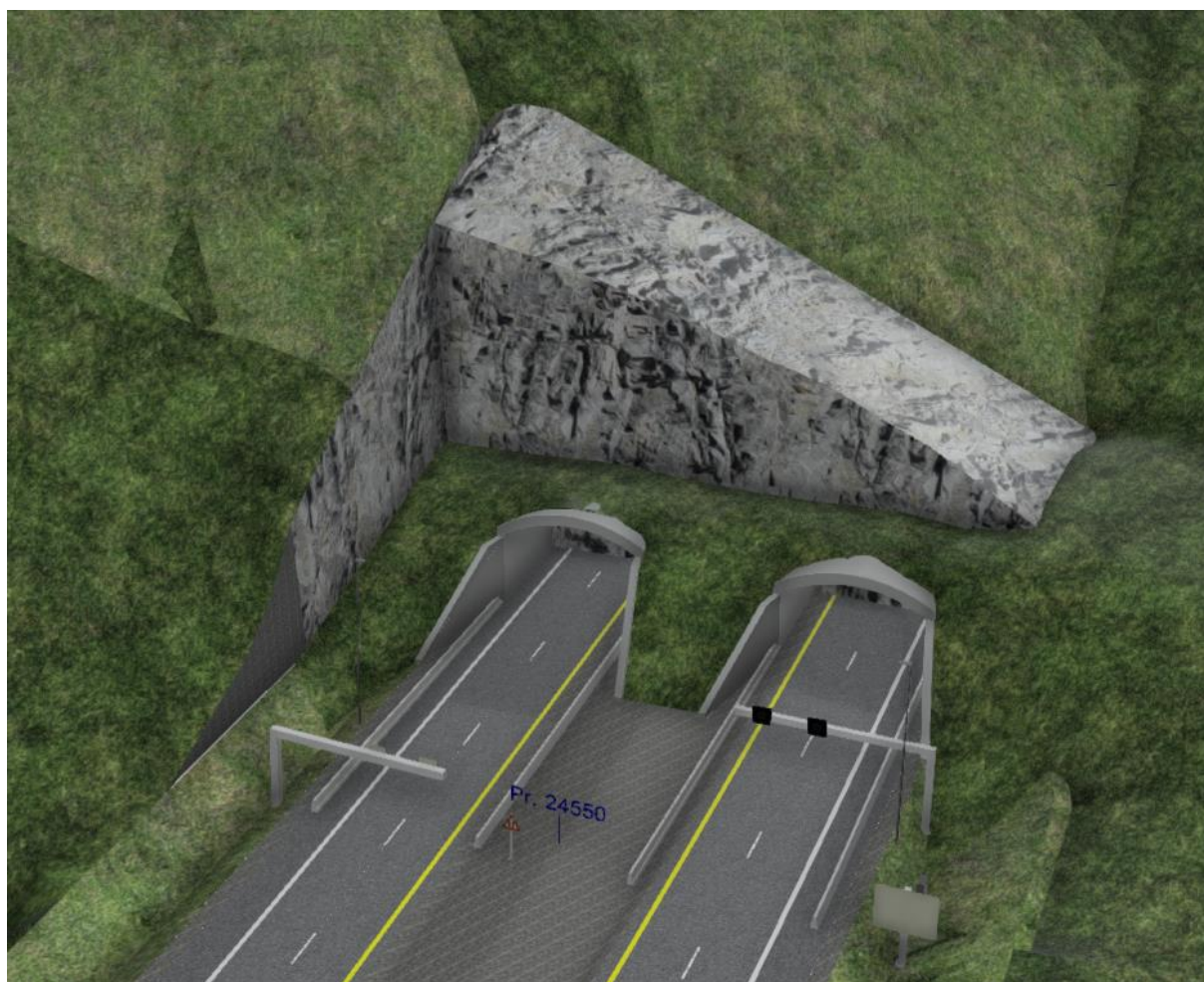
Stabilitet i bergskjæringene ivaretas ved sprengning og sikring, og ved at det er prosjektert bred fanggrøft for å fange opp mindre nedfall som utført bergsikring ikke ivaretar. Fanggrøften vil ivareta både mindre nedfall av stein og is, samt eventuelt vann som kommer fra skjæringene.

5.3.2 Etablering av forskjæringer Vingnestunnelen

Forskjæringer for Vingnestunnelen er beskrevet i kapitel 1.6 samt vurdert i kapittel 4.1.

Stabilitet i bergskjæringene ivaretas ved sprengning og sikring. Høyden på forskjæringene og foreløpig forskjæringsgeometri tilsier at de bør tas ut i to-tre paller.

Forskjæringen i Øyresvika er tilpasset antatt forløp av bergoverflaten i området. Det er foreløpig forutsatt etablering av en felles påhuggsflate for begge tunneløp, og med en plassering av påhuggsflaten som gir en høyde på skjæringene på 10-25 meter.



Figur 39: Mulig utforming av påhuggs- og portalområdet ved Øyresvika. Klipp fra BIM-modell 18.03.2021. Tilbakefylling mot påhuggsflate vil kunne medføre behov for overflatesikring av skjæringsflatene for å ta også mindre nedfall fra skjæringsflatene.

Bak påhuggsflaten og venstre skjæring vil det være store graveskrånninger videre oppover i bakkant av skjæringstoppene. Av denne grunn vil ikke større avvik fra prosjektert sprengningskontur være ønskelig. For å ivareta prosjektert kontur vil forbolting av topp skjæringskant, sømboring av påhuggsflaten og venstre skjæring (evt. i kombinasjon med kontursprengning ved presplitt), samt trinnvis og forsiktig uttak av berg inn mot endelig kontur være virkemidler for å ivareta konturen og minimere utfall.

Ved særlig dårlig berg i området vil det være ønskelig å redusere høyden på forskjæringen. Den prosjekterte løsningen ivaretar fleksibiliteten som ønskes for å kunne justere påhuggsplassering dersom supplerende grunnboringer og/eller det avdekkede berget tilsier at dette er nødvendig.

I forskjæringen ved Trosset er det planlagt en felles påhuggsflate uten noen tilsvarende hylle. Hylle for ansett av nedre pall bør minimeres for å unngå at hyllen fungerer som «sprettkant» for nedfall fra overliggende pall. Endelig bergskjæringsgeometri og påhuggsplassering vurderes når berg er avdekket.

Ved Trosset vil det også kunne være aktuelt med sømboring av påhuggsflaten for å få en best mulig kontur som ivaretar at man her skal etablere påhugg med tynn stabbe.

Også i forskjæringene er det prosjektert bred fanggrøft for å fange opp mindre nedfall som utført bergsikring ikke ivaretar. Fanggrøften føres helt inn til påhuggsflaten, men siden det her skal tilbakefylles rundt portaler vil det være en viss fleksibilitet med hensyn til å justere endelig kontur noe utover, dersom bergforholdene tilsier at dette bør gjøres.

5.4 Sikring av skjæringer

Bestemmelse av permanent sikring av bergskjæringer (detaljprosjektering av sikring) samt eventuelle tiltak i overliggende sideterreng utføres i anleggsfasen, basert på ingeniørgeologisk kartlegging og tilpasset de gjeldende geologiske forholdene.

5.4.1 Sikringsmidler for skjæring

Det antas at permanent sikring av bergskjæringene generelt kan ivaretas med bolter (fullt innstøpte bolter, gyste kombinasjonsbolter), bergbånd og eventuelt steinsprangnett.

For å ivareta kontur og forhindre utglidning av berg ved sprenging vil det kunne være aktuelt med lange forbolter satt tilnærmet vertikalt bakenfor prosjektert skjæringsflate. Slike forbolter vil være et midlertidig sikringstiltak og regnes ikke som permanent sikring.

I skjæringsområdene, samt evt. som avgrenset overflatesikring av svake skifersoner, vil fiberarmert sprøytebetong også være aktuelt. Der sprøytebetong utføres over større bergoverflater må det bores drenshull gjennom sprøytebetongen for å forhindre at det bygger seg opp grunnvannstrykk på baksiden av sprøytebetongen.

Som tidligere beskrevet vil det også kunne være aktuelt å montere steinsprangnett som isnett for å ivareta iskjøvsproblematikk.

Aktuelle sikringsmetoder for skjæringer og påhugg er beskrevet i Designbasis [1].

5.4.2 Sikring av sideterreng for skred

Det er i varierende grad bratt sideterreng ovenfor de aktuelle skjæringene. For vurdering av skredfare og beskrivelse av tiltak fra sideterreng, se RAPP-geo-004.

Skredfarevurdering er gjennomført for sideterreng, men ikke helt ned på minste detaljnivå. Det kan være steiner og mindre blokker i ovenforliggende terreng til skjæringene som ikke har blitt identifisert ved skredkartleggingen, og som potensielt kan falle ut eller rulle ned mot anleggsarbeidene når disse starter opp, eller på lengre sikt. Terreng over de planlagte skjæringene bør på generelt grunnlag kontrolleres i forbindelse med anleggsstart for å avdekke evt. løse steiner/blokker i løsmassene som kan være utsatt i forbindelse med grave- og sprengningsarbeidene. Det er ikke identifisert større bergskreanter i sideterreng til de aktuelle skjæringene og forskjæringene, med unntak av ved fossen ved Kollefall (Figur 31). Dette området ligger trolig i så stor avstand fra forskjæringen at utfall av berg her ikke nødvendigvis er en reell problemstilling, men stabiliteten bør allikevel sjekkes. Det antas at aktuelt sikringstiltak mot nedfall og rullende steiner/blokker først og fremst vil være nedrensking. Dette bør gjøres ved oppstart av eller før grunnarbeidene påbegynnes.

Som beskrevet under kapittel 4.3 Skredfare kan det også være aktuelt å gjøre sikringstiltak i løsmasseskråningen i Øyresvika for å ivareta eventuell snøskredproblematikk fram til vegetasjon (trær) har fått etablert seg i skråningen.

5.4.3 Grovt estimat over sikringsomfang i skjæringer

Basert på antatt bergmassekvalitet og skjæringsgeometri er det gjort et grovt estimat over sikringsmengder i permanente skjæringer langs E6 og Fv. 2540, inkludert forskjæringer. Se Tabell 8.

For beskrivelse av geometri for de enkelte skjæringene vises det til Tabell 2. Forutsetninger for beregning av sikring fremgår av

Tabell 9. For beregning av mengde sprøytebetong er det forutsatt 8 cm sprøytebetongtykkelse og en faktor på 1,7 for kompensasjon for ruhet og prell.

I forskjæringsområdene er det forutsatt økt bruk av sprøytebetong som sikring sammenlignet med skjæringene ved Vingrom. I Øyresvika er det antatt dårligere bergkvalitet enn ved Trosset, boltetetthet og sprøytebetongandel gjenspeiler dette.

Tabell 8: Estimert sikringsomfang i permanente skjæringer

Beskrivelse	Profil fra (E6)	Profil til (E6)	Plassering i forhold til veg	Sikringsbolter, M20-25, lengde 3-6 m	Forbolter, M32, lengde 6-8 m	Steinsprangnett / isnett	Montasjebolter for sikringsnett	Fiberarmert sprøytebetong	Drenshull
				stk	stk	m2	stk	m3	stk
Skjæring for kryss Vingrom	20 287	20 668	Venstre	280	0	270	50	20	30
Skjæring nord for kryss Vingrom	20 960	21 570	Venstre	390	0	370	60	30	40
Forskjæring Øyresvika	24 528	24 588	Venstre, høyre, påhugg	630	190	370	60	120	170
Forskjæring Trosset	28 827	28 867	Venstre, høyre, påhugg	390	80	280	50	20	20

Tabell 9: Forutsetninger for mengdeberegning

Skjæring	Plassering i forhold til veg	Sikringsbolter	Forbolter	Steinsprangnett / isnett	Montasjebolter for sikringsnett	Fiberarmert sprøytebetong	Drenshull
		Antall bolter pr 10 m ² skjæring (Bolteavstand c/c)	Bolteavstand c	Andel av totalt skjæringsareal	Bolteavstand c/c	Andel av totalt skjæringsareal	Antall hull pr 10 m ² sprøytet skjæring
Skjæring for kryss Vingrom	Venstre	1,0 stk (3,16 m)	-	10 %	2,5 m	3 %	2 stk
Skjæring nord for kryss Vingrom	Venstre	1,0 stk (3,16 m)	-	10 %	2,5 m	3 %	2 stk
Forskjæring Øyresvika	Venstre, høyre, påhugg	2,5 stk (2,00 m)	0,75 m	15 %	2,5 m	35 %	2 stk
Forskjæring Trosset	Venstre, høyre, påhugg	2,0 stk (2,24 m)	0,75 m	15 %	2,5 m	10 %	2 stk

5.5 Syredannende bergmasse

Ut fra geologien i området, og med bakgrunn i at berget over store deler av strekningene hvor det skal utføres sprengningsarbeider er dekket av til dels tykke løsmasser, må det i utgangspunktet forventes at svartskifer i bergmassen vil kunne forekomme alle steder der hvor det skal sprenges. Utført geofysikk i Øyresvikaområdet indikerer forekomster av sulfider, men omfang av sulfidholdig og potensielt syredannende svartskifer, blant annet med hensyn til antall svartskiferlag, hyppighet mellom lag og tykkelse på lag er imidlertid uklart. Kjerneborhull i påhuggsområdene vil gi verdifull informasjon om forekomst av svartskifer i de aktuelle punktene, men i begrenset grad på generell basis. Omfang av svartskifer som må håndteres det enkelte sted avhenger av hvor mye bergmasse som skal tas ut, lagretning (om lagene står steilt eller ligger flatt) samt lagtykkelser på svartskiferlagene. Dette vil først være mulig å gjøre mer konkrete vurderinger av når bergoverflaten er avdekket og det er etablert sprengte bergflater hvor geologiske vurderinger kan gjøres.

Før og under uttak av bergskjæringer bør bergforholdene vurderes for å kunne detaljplanlegge uttak og hvordan uttatte masser skal disponeres.

Det bør tas XRF analyse av borkaks ved mistanke om svartskifer under boring. Prosedyrer for gjennomføring av XRF-målinger inkludert kalibrering av XRF opp mot bergprøver med kjent geokjemisk signatur utarbeides før anleggsstart.

Det bør vurderes tilpasning av bergsikring ved uttak av skjæringer der bergmassen mistenkes å ha syredannende potensiale, for eksempel bruk av sulfatresistent betong. Dette kan være aktuelt for blant annet sprøytebetong og gysemasse. Ved mistanke om potensiale for svelling må dette tas hensyn til ved vurdering av bergsikring.

For nærmere beskrivelse av gjenbruk av potensielt syredannende berg i prosjektet henvises det til rapport RAPP-geo-005 *Fagrapport geokjemisk vurdering av Brøttumformasjonen*.

6 Oppfølging i anleggsfasen

I konkurransegrunnlaget kapittel D1.2 er det satt krav til oppfølging i byggefase: «... Ved arbeid i tunnel og høye fjellskjæringer skal totalentreprenøren alltid ha erfaren geotekniker eller geolog med nødvendig kompetanse og erfaring til stede på byggeplassen».

I håndbok N200 er det spesifisert i kapittel 227 Utførelse og geologisk sluttdokumentasjon: «For byggefasen skal det sørges for at prosjektet har tilstrekkelig bemanning og den nødvendige bergtekniske/ingeniørgeologiske kompetanse for å håndtere de forventede utfordringene.

En person med bergteknisk/ingeniørgeologisk kompetanse skal ha det faglige ansvar for permanent sikringen. Innsatsen skal gjenspeile, og tilpasses, prosjektets geotekniske kategori. Under etablering av bergskjæringer skal berget fortløpende kartlegges og stabilitetsforholdene vurderes slik at uttaksmetoder, helningsvinkel og metode og omfang av permanent sikring vil kunne bestemmes og utføres på forsvarlig vis. Håndtering av vann og is skal vurderes.

Den utførte sikringen sammen med de geologiske forholdene skal dokumenteres i sluttrapport. Rapporten skal inneholde informasjon for fremtidig vedlikehold.»

Da det også er usikkerheter knyttet til andel svartskifer i bergmassen og disponering av bergmasser, er det viktig å ha geologisk/miljøgeologisk kompetanse på plassen der uttak av berg i dagen foregår. Da har man et godt grunnlag for å fortløpende planlegge disponering av masser.

7 Videre arbeider fram mot byggestart

Følgende arbeider gjenstår og forutsettes ivaretatt under den videre prosjekteringen og forberedelsene fram mot byggestart:

Innarbeidelse av resultater fra pågående supplerende grunnundersøkelser i revidert rapport: Resultater fra kjerneboringer og andre supplerende grunnundersøkelser i dagsonen vil bli gjennomgått, og resultater beskrevet og innarbeidet i denne rapporten.

Bygningsbesiktigelse: Før anleggsstart vil det bli gjort bygningsbesiktigelse av bebyggelse utsatt for vibrasjoner fra sprengningsarbeidene. I denne forbindelse vil det også bli gjort registrering av byggtekniske forhold. Med bakgrunn i besiktigelsene vil det kunne være aktuelt å gjøre en revurdering av foreløpig anbefalte vibrasjonsgrenser for bebyggelse (beskrevet i NOTA-geo-005).

Kartlegging av brønner: Det er planlagt tilstandsvurdering med vannprøvetaking i utvalgte private brønner før anleggsfase, for å dokumentere vannkvalitet.

Arbeid med søknad for bruk av syredannende bergmasse innenfor prosjektet:

Det skal utarbeides en søknad til myndighetene for tillatelse etter forurensningsloven §32 og §11 for å kunne gjenbruke potensielt syredannende masser innenfor tiltaksområdet. Søknad skal inkludere prosedyrer for håndtering av syredannende berg og tiltak for å hindre sur avrenning etter endt anleggsfase.

Prosedyre for kartlegging av syredannende berg i stoff og i skjæring: Prosedyrer for kartlegging av syredannende berg i tunnel og i skjæring, og for bruk av XRF-pistol for dette formålet, utarbeides før anleggsstart.

8 Vurdering av restrisiko og undersøkelser i anleggsfasen

Følgende restrisikoer er identifisert i forbindelse med prosjekteringen, og forutsettes ivarettatt under oppfølging av sprengningsarbeidene ved personale med ingeniørgeologisk kompetanse.

Usikkerhet knyttet til sikker plassering av bergoverflate i Øyresvika: Grunnet overlappende signaturer på fast Mjøsmorene og oppsprukket, dagforvitret berg ved grunnboringer og ved geofysikk, er det en større usikkerhet knyttet til sikker plassering av bergoverflaten enn hva som er normalt. Kjerneborhull K4 og K5 ventes å redusere denne usikkerheten noe, men sikkert forløp på berget og beskaffenhet på dagberget vil først bli avklart når løsmasser er gravd bort.

Usikkerhet knyttet til svakhetssoner i Øyresvika: Det er en usikkerhet knyttet til både forløp, mektighet, beskaffenhet og konduktivitet til svakhetssonene i Øyresvika, som forskjæringen forventes å berøre.

Sulfidholdig berg: Det er ved feltkartlegging registrert potensielt syredannende berg i forbindelse med svartskiferlag i Brøttumformasjonen i skjæringer ved Vingrom. Utførte resistivitetmålinger og IP-målinger i Øyresvika indikerer også innhold av sulfider i bergartene. Det antas derfor at det i varierende omfang vil forekomme lag med svartskifer i bergmassen. Det er derfor anbefalt geologisk oppfølging i forbindelse med sprengningsarbeider for å kunne detektere eventuell tilstedeværelse av svartskifer i bergmassen. Dette kan gjøres ved vurdering av borkaks visuelt og med XRF-analyse, samt ved kartlegging av bergartstype/bergartslag i utsprengte (foreløpige) skjæringer.

Sleppemateriale: I og med at samtlige utgående av svakhetssoner har vært tildekket av løsmasser, og det ellers ikke er observert leirfylling/leirbelegg på sprekker, er forekomst av svelleleire på svakhetsplan og i svakhetssoner uvisst. Det bør foretas prøvetaking av eventuelt sleppemateriale og testing av materialets svelleegenskaper for å kunne dimensjonere stabilitetssikring i forhold til dette.

Permanente skjæringer i Øyresvika: Skjærings- og skråningsgeometrien i Øyresvika tilsier små marginer med hensyn til dårlig bergmasse og uforutsette geologiske utfall. Det er derfor viktig å legge ekstra ressurser i etableringen av permanente skjæringer, ved forbolting, ekstra fokus på god kontur og forsiktig uttak av berg mot endelig skjæringsflate ved sprengning, eventuelt i kombinasjon med pigging, samt permanentsikring etter forholdene.

Begrenset blotningsgrad: Grunnet begrenset blotningsgrad og kjennskap til bergforholdene der det skal etableres skjæringer, vil det være en risiko for at forutsetninger i dette notatet endres i byggefasen. Bergskjæringene er høye og det vil være en risiko for at store ustabile strukturer ikke avdekkes før i nedre del av bergskjæringene. Dette kan medføre behov for tung bergsikring/ekstra inngrep for fjerning av slike bergpartier.

Dette kan medføre at prosjekterte tiltak bør endres. Ved behov for andre løsninger vil det følges opp av ingeniørgeologer og dokumenteres enten i form av notater underveis eller i sluttrapporter avhengig av kompleksiteten.

Grunnvannssenkning: Det er usikkerheter rundt omfang og utstrekning av redusert grunnvannsnivå som følge av lekkasjer i skjæringer. Det kan bli aktuelt å erstatte private brønner som mister tilsig.

9 Referanser

- [1] Norconsult (2020): E6 Roterud-Storhove Totalentreprise, Designbasis. RA-ADM-004
- [2] Statens Vegvesen (2018): Håndbok N200 Vegbygging
- [3] Statens Vegvesen (2020): Håndbok N500 Vegtunneler
- [4] Asplan Viak (2019): Geologisk rapport E6 Moelv- Storhove. Delstrekning Roterud-Storhove. E6 Vingnestunnelen. Versjon 01.
- [5] Nye Veier (2018): E6 Moelv - Øyer: Geologisk rapport. Versjon 3.
- [6] Statens Vegvesen (2017): E6 Vingrom - Ensby. Ingeniørgeologisk rapport for kommunedelplan. 10048-GEOL-1
- [7] NGU (2020) Genino, database for geologiske enheter. Tilgjengelig fra: https://aps.ngu.no/pls/utf8/geoenhet.SokiDb.clear_screen
- [8] Skaten, Maren Kristin Møllerup, Universitetet i Oslo (2006): The Lillehammer Submarine Fan Complex, Master thesis
- [9] NGU (2020) Løsmasser. Nasjonal løsmassedatabase. Tilgjengelig fra: <http://geo.ngu.no/kart/losmasse/> (Hentet: 21. september 2020)
- [10] NGU (2020) Berggrunn. Nasjonal berggrunnsdatabase. Tilgjengelig fra: http://geo.ngu.no/kart/berggrunn_mobil/ (Hentet 21. september 2020)
- [11] NGU (2020) GRANADA. Nasjonal grunnvannsdatabase. Tilgjengelig fra: <http://geo.ngu.no/kart/granada/> (Hentet: 03. november 2020)
- [12] NFF (2010): Håndbok nr. 06: Praktisk berginjeksjon for underjordsanlegg
- [13] Statens vegvesen (2003): Publikasjon nr. 103. Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø.
- [14] Karlsrud, K., Erikstad, L. og Snilsberg, P. (2003) Miljø- og samfunnstjenlige tunneler. Undersøkelser og krav til innlekkasje for å ivareta ytre miljø. Oslo: Vegdirektoratet
- [15] NGI, 2015: Bruk av Q-systemet. Bergmasseklassifisering og bergforsterkning.
- [16] Statens vegvesen, 2014-05-08: NA-rundskriv 2014/08, Retningslinjer for risikoakseptkriterier for skred på veg
- [17] Rambøll AS, E6 Biri – Vingrom, 6110897R01 Rev.01. datert 02.12.2012
- [18] Rambøll AS, E6 Biri – Vingrom, 6110897R02 Rev.01. datert 14.11.2012
- [19] Rambøll AS, E6 Biri – Vingrom, 6110897R03 Rev.00. datert 16.11.2012
- [20] Rambøll AS, E6 Biri – Vingrom, 6110897R04 Rev.00. datert 25.10.2013
- [21] Rambøll AS, E6 Biri – Vingrom, 6110897R05 Rev.00. datert 16.01.2014
- [22] Manvit AS, 536550 – E6 Vingrom – Ensby datert 29.06.2015.
- [23] NGI (2019): E6 Moelv- Storhove. Datarapport grunnundersøkelser. Øyresvika. Dok. nr. 20190330-01-R.
- [24] Civil Consulting (2019): E6 Moelv-Storhove. Roterud-Storhove. Geoteknisk datarapport.
- [25] Ruden AS Geo Solutions (2019): Vingnestunnelen geofysiske undersøkelser.
- [26] Ruden AS Geo Solutions (2019): E6 Moelv-Storhove. Øyresvika geophysical surveys.
- [27] Ruden AS Geo Solutions (2019): E6 Moelv-Storhove. Våløya geophysical surveys.
- [28] Statens Vegvesen (2017): E6 Vingrom – Ensby, kommunedelplan. Drøfting av ulike tunnelløsninger ved søndre og nordre påhuggsalternativ ved Riselandet.
- [29] Asplan Viak (2019): Kjernelogg Vingnestunnelen. Versjon 02.
- [30] Geomap (2019): Tunnelpåhugg E6 Øyresvika. Refraksjonsseismiska grundundersökningar. Rapport 181028.

- [31] NGU (2017): Kjemiske analyser av mørke skifre fra Brøttumformasjonen i Lillehammerområdet. Rapport 2017.044.
- [32] GeoPhysix (2015): E6 Vingerom – Ensby. Refraksjonsseismiske undersøkelser. Prosjekt nr. 15372.
- [33] GeoPhysix (2016): E6 Vingerom – Ensby. Supplerende refraksjonsseismiske undersøkelser. Bulungsbekken. Prosjekt nr. 16352.
- [34] Nye Veier (2019): E6 Moelv-Otta. Brøttumformasjonen, kjemiske analyser av skifer og vann.
- [35] NVE (2020): NEVINA Nedbørfelt-Vannføring-INdeks-Analyse. Tilgjengelig fra: <http://nevina.nve.no/> (Hentet: 14. desember 2020)
- [36] Miljødirektoratet (2020): Naturbase. Tilgjengelig fra: <https://kart.naturbase.no/> (Hentet: 03. november 2020)
- [37] Norconsult (2020/2021): Fagrapport naturressurser. Rapport RAPP-nar-002. Nye veier.
- [38] Norconsult (2020/2021): Fagrapport drikkevannsressurs. Rapport RAPP-nar-004. Nye veier.
- [39] Dagestad, A.; Hansen, L.; Braathen, A. (2003): Hydrauliske egenskaper i løsmasser og fjell sett i sammenheng med EU-direktivet for deponering av avfall. Trondheim: NGU
- [40] Lied, K. og Kristensen, K., 2003. Snøskred. Håndboken om snøskred. Forlaget Vett og Viten, Nesbru, Norway, pp. 200

10 Vedlegg

Vedlegg 1: Sprekkeroser og kinematisk analyse, skjæringer

Vedlegg 2: Strukturgeologi

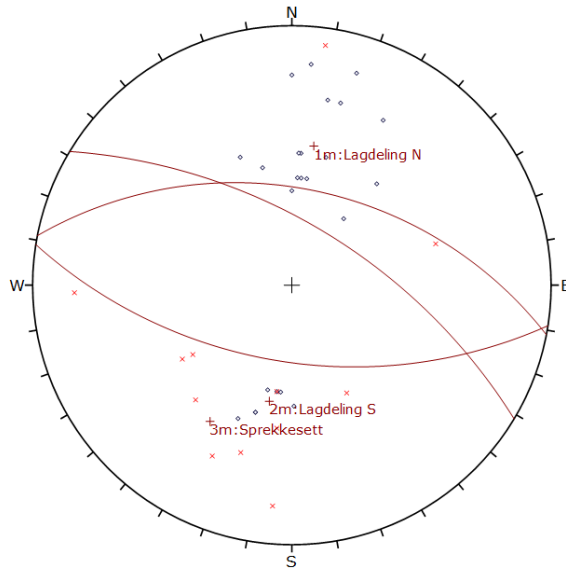
Vedlegg 3: Kartlegging i skjæringer ved Vingrom, presentasjon.

Vedlegg 1

Sprekkeroser og kinematisk analyse, skjæringer

Sprekke­data for strekningen Roterud-Vingrom

Grunn­lags­data­ene om­fatter sprekke­må­linger på strekningen Hellerud-Vingrom, hovedsakelig struktur­må­linger vist på Berg­grunn­skart N50 (ngu.no) men også utført felt­kart­leg­ging i skjæring ved E6 sør for Vingrom og langs Fv. 250 Torpavegen (vest for Vingrom).

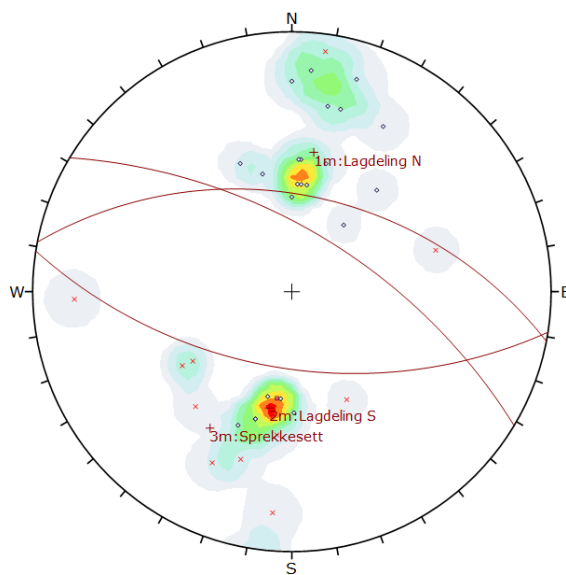


Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
○	Lagdeling	24
×	Sprekk	12

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	57	189	Lagdeling N
2m	49	11	Lagdeling S
3m	63	31	Sprekkesett

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	36 (36 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Polplott med tolkede sprekkesett



Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
○	Lagdeling	24
×	Sprekk	12

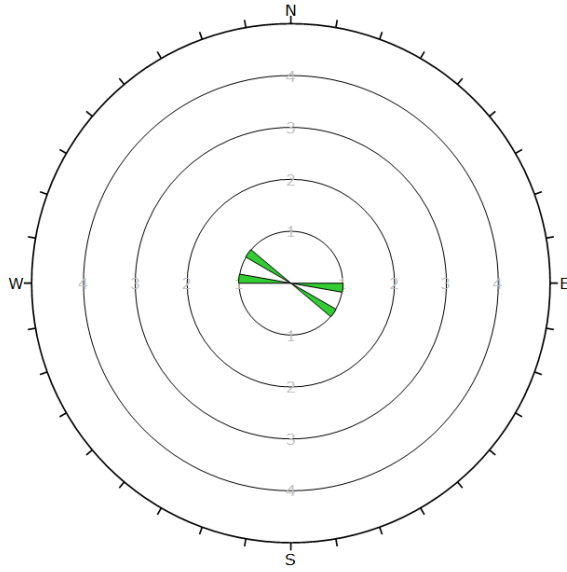
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.60
	1.60 - 3.20
	3.20 - 4.80
	4.80 - 6.40
	6.40 - 8.00
	8.00 - 9.60
	9.60 - 11.20
	11.20 - 12.80
	12.80 - 14.40
	14.40 - 16.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	15.25%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	57	189	Lagdeling N
2m	49	11	Lagdeling S
3m	63	31	Sprekkesett

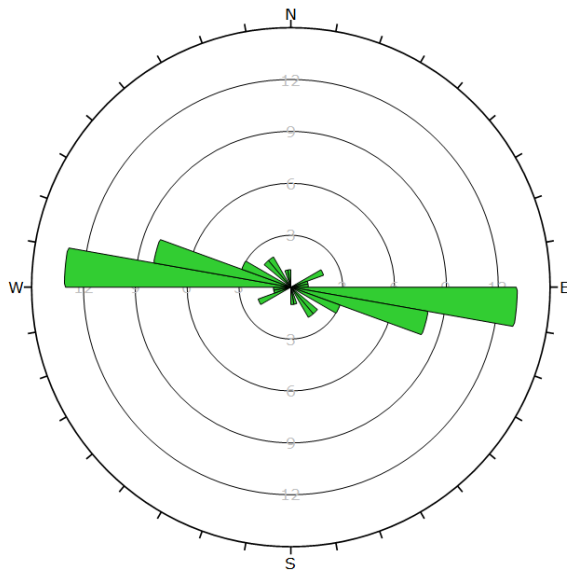
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	36 (36 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Konturplott med tolkede sprekkesett



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	2
Minimum Angle To Plot	0.0°
Maximum Angle To Plot	44.0°

Sprekkerose for sprekker med fall mellom 0 og 44 grader

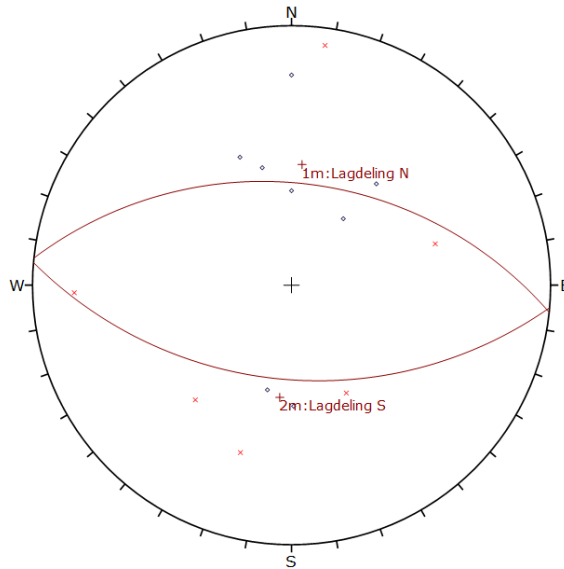


Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	15 planes per arc
Planes Plotted	34
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Sprekkerose for sprekker med fall mellom 45 og 90 grader

Sprekke­data for skjæring sør for Vingrom

Grunn­lags­data­ene om­fat­ter ut­ført felt­kart­leg­ging i skjæring ved E6 sør for Vingrom og langs Fv. 250 Torpavegen (vest for Vingrom), men også nærliggende strukturmålinger vist på Berggrunns­kart N50 (ngu.no).

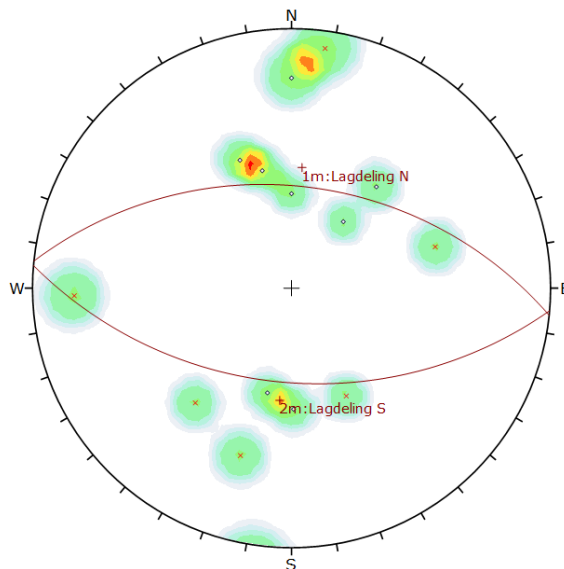


Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
o	Lagdelling	8
x	Sprekk	6

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	50	185	Lagdelling N
2m	47	6	Lagdelling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	14 (14 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Polplott med tolkede sprekkesett



Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
o	Lagdelling	8
x	Sprekk	6

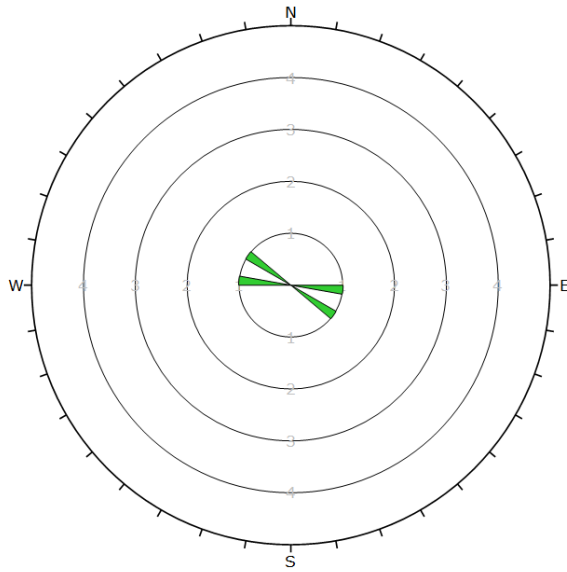
Color	Density Concentrations
	0,00 - 1,40
	1,40 - 2,80
	2,80 - 4,20
	4,20 - 5,60
	5,60 - 7,00
	7,00 - 8,40
	8,40 - 9,80
	9,80 - 11,20
	11,20 - 12,60
	12,60 - 14,00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	13,05%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1,0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	50	185	Lagdelling N
2m	47	6	Lagdelling S

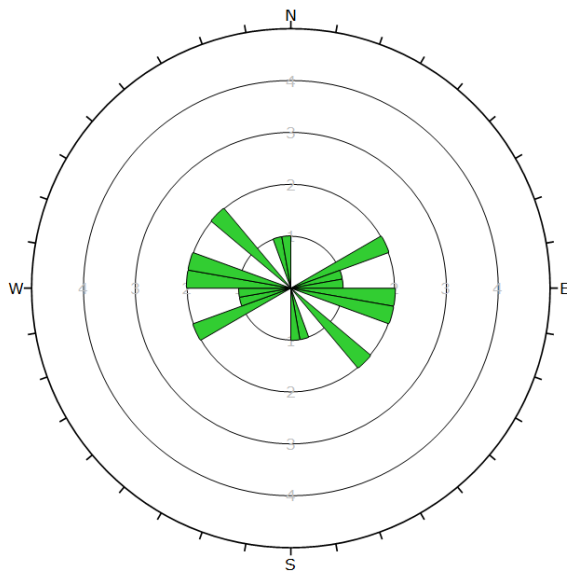
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	14 (14 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Konturplott med tolkede sprekkesett



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	2
Minimum Angle To Plot	0.0°
Maximum Angle To Plot	44.0°

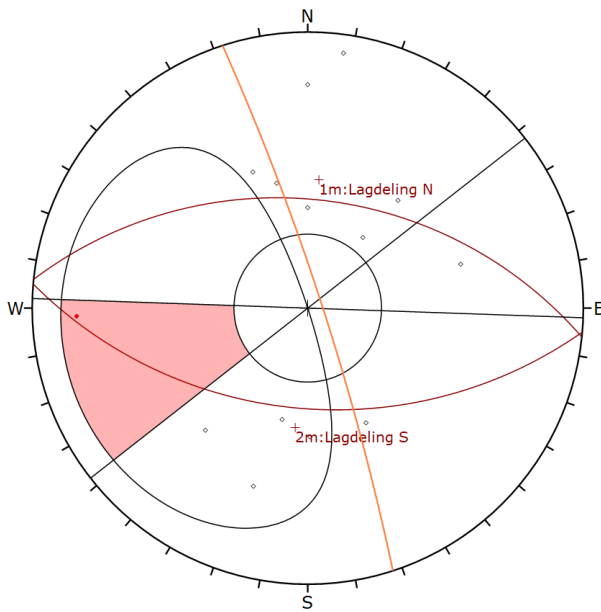
Sprekkerose for sprekker med fall mellom 0 og 44 grader



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	12
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Sprekkerose for sprekker med fall mellom 45 og 90 grader

Kinetisk analyse for skjæring sør for Vingrom



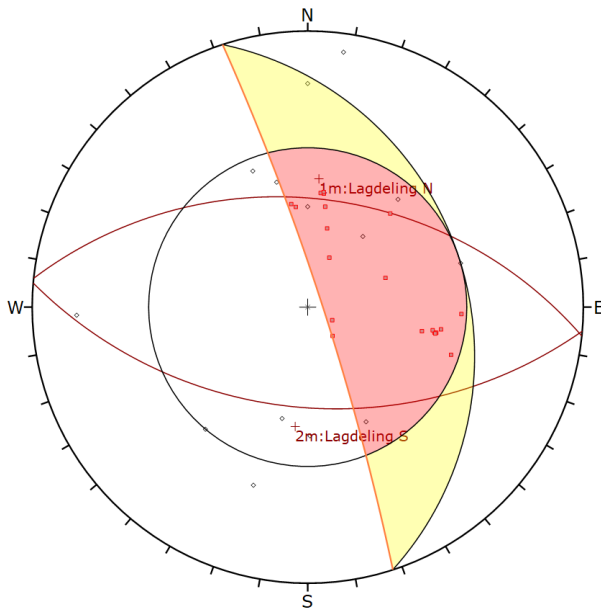
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Planar Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	72		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	1	14	7.14%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	50	185	Lagdeling N
2m	47	6	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	14 (14 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	91
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for plan utglidning



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	72		
Friction Angle	30°		
	Critical	Total	%
Wedge Sliding	20	91	21.98%

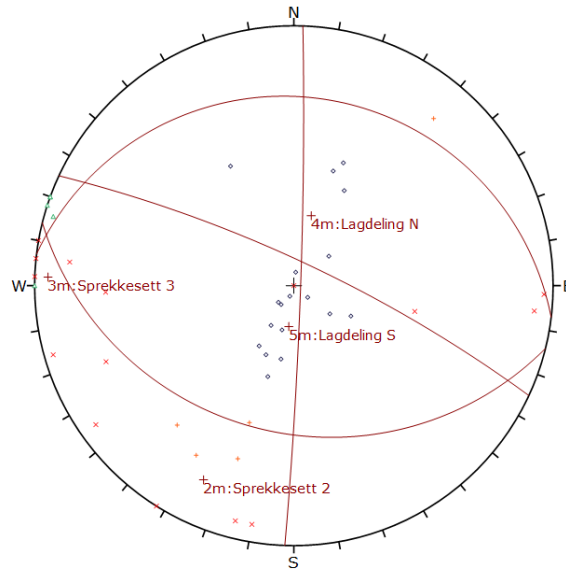
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	50	185	Lagdeling N
2m	47	6	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	14 (14 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	91
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for kileutglidning

Sprekke­data for skjæring kryss Vingrom

Grunn­lags­data­ene om­fat­ter ho­ved­sa­ke­lig utført felt­kart­leg­ging i skjæring langs Fv. 2540 Vingroms­ve­gen sør for Vingrom kirke, men også nærliggende struk­tur­må­lin­ger vist på Berg­grunn­skart N50 (ngu.no).

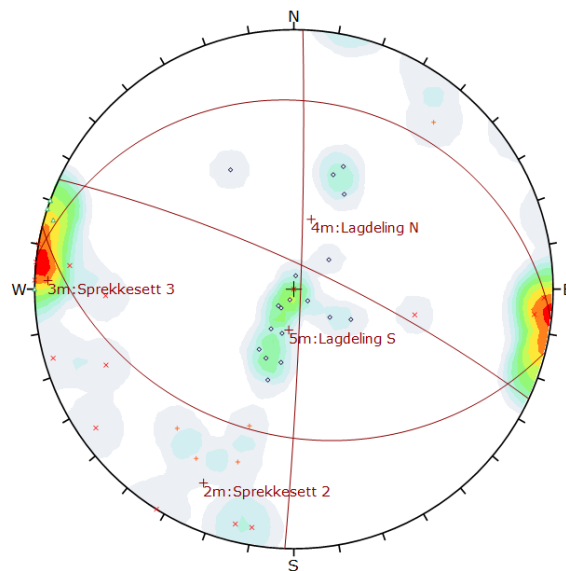


Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
○	Lagdeling	18
×	Sprekk	15
△	Sprekk - plan	5
+	Sprekk - undulerende	5

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	79	25	Sprekkesett 2
3m	87	92	Sprekkesett 3
4m	31	194	Lagdeling N
5m	18	7	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	43 (43 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Polplott med tolkede sprekkesett



Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
○	Lagdeling	18
×	Sprekk	15
△	Sprekk - plan	5
+	Sprekk - undulerende	5

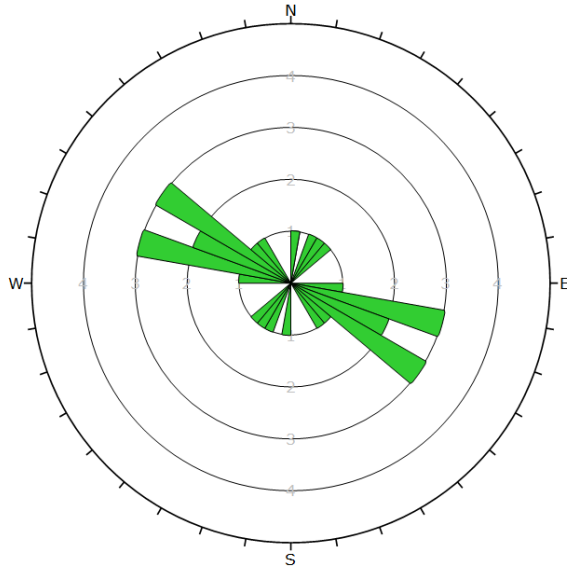
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.50
	1.50 - 3.00
	3.00 - 4.50
	4.50 - 6.00
	6.00 - 7.50
	7.50 - 9.00
	9.00 - 10.50
	10.50 - 12.00
	12.00 - 13.50
	13.50 - 15.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	14.48%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	79	25	Sprekkesett 2
3m	87	92	Sprekkesett 3
4m	31	194	Lagdeling N
5m	18	7	Lagdeling S

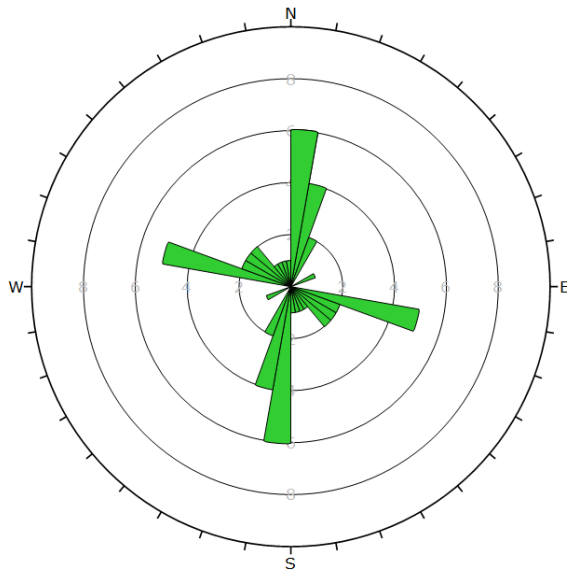
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	43 (43 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Konturplott med tolkede sprekkesett



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	15
Minimum Angle To Plot	0.0°
Maximum Angle To Plot	44.0°

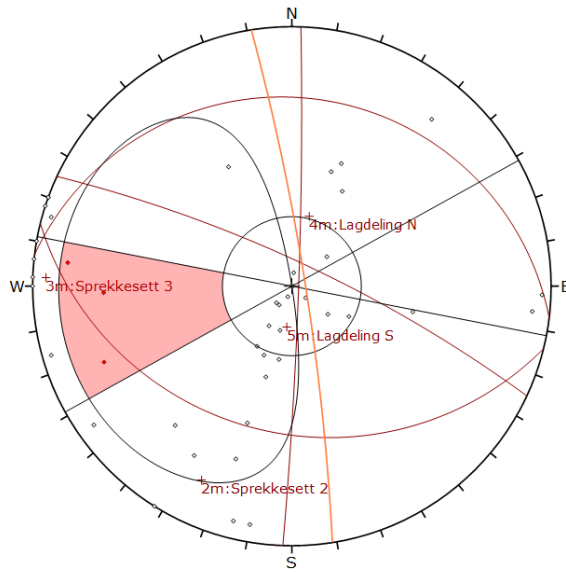
Sprekkerose for sprekker med fall mellom 0 og 44 grader



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	28
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Sprekkerose for sprekker med fall mellom 45 og 90 grader

Kinetisk analyse for skjæring kryss Vingrom



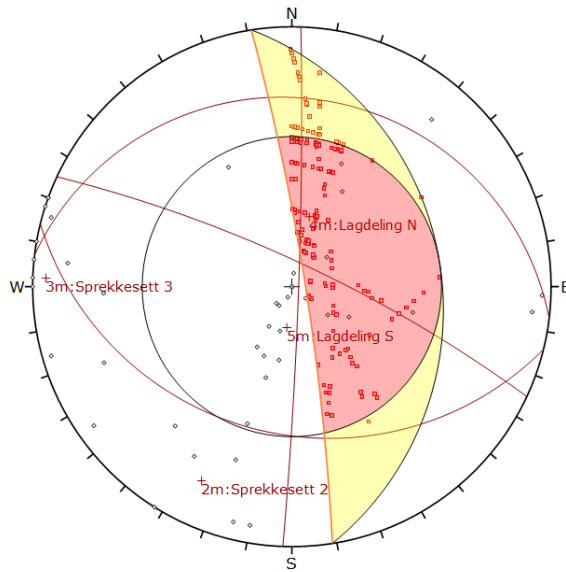
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Planar Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	81		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
Planar Sliding (All)	3	43	6.88%
Planar Sliding (Set 3: Sprekkesett 3)	3	15	20.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	79	25	Sprekkesett 2
3m	87	92	Sprekkesett 3
4m	31	194	Lagdeling N
5m	18	7	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	43 (43 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for plan utglidning



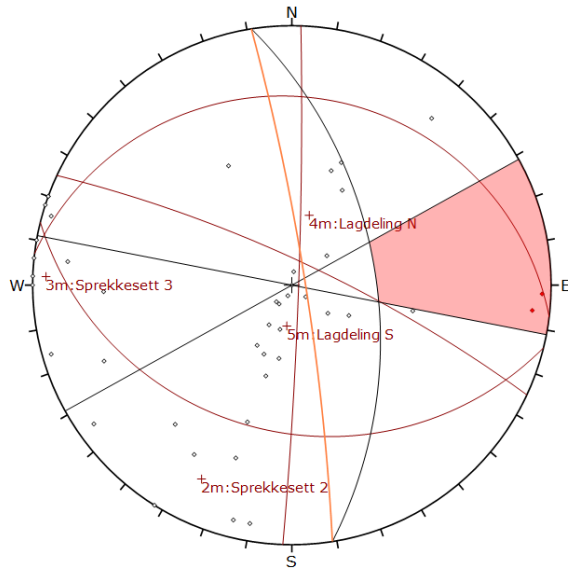
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Intersection

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	81		
Friction Angle	30°		
		Critical	Total
Wedge Sliding	173	902	19.18%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	79	25	Sprekkesett 2
3m	87	92	Sprekkesett 3
4m	31	194	Lagdeling N
5m	18	7	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	43 (43 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	902
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for kileutglidning



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Flexural Topping		
Slope Dip	84			
Slope Dip Direction	81			
Friction Angle	30°			
Lateral Limits	20°			
		Critical	Total	%
Flexural Topping (All)	2	43	4.65%	
Flexural Topping (Set 3: Sprekkesett 3)	2	15	13.33%	

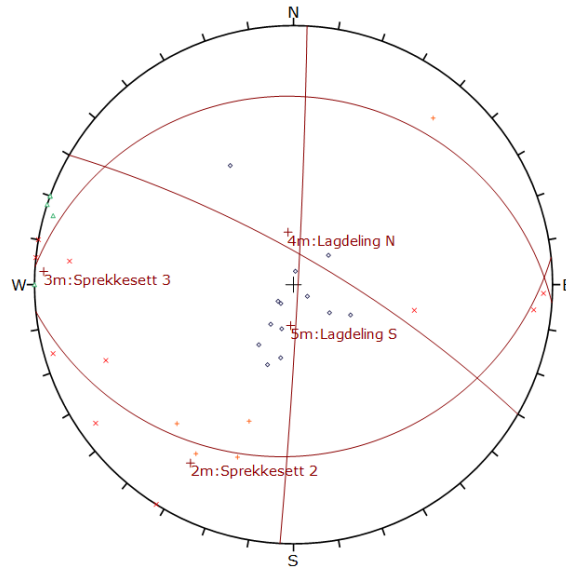
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	79	25	Sprekkesett 2
3m	87	92	Sprekkesett 3
4m	31	194	Lagdeling N
5m	18	7	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	43 (43 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for toppling

Sprekkedata for skjæring nord for kryss Vingrom

Grunnlagsdataene omfatter i all hovedsak utført feltkartlegging i skjæring langs Fv. 2540 Vingromsvegen sør for Vingrom kirke, men også nærliggende strukturmåling vist på Berggrunnskart N50 (ngu.no).

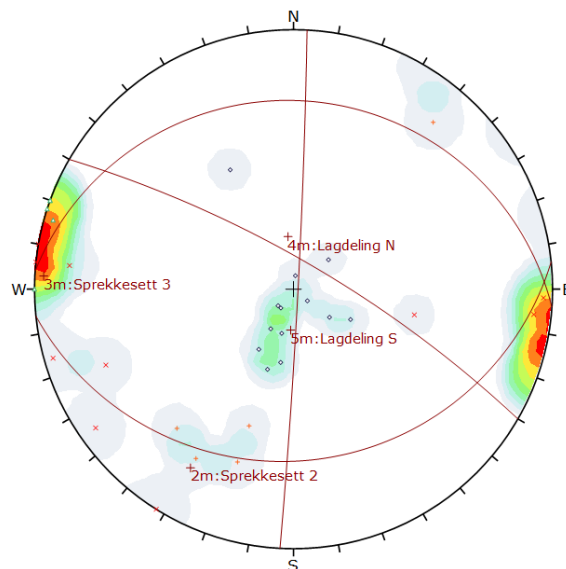


Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
○	Lagdeling	13
×	Sprekk	10
△	Sprekk - plan	5
+	Sprekk - undulerende	5

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	77	30	Sprekkesett 2
3m	88	93	Sprekkesett 3
4m	23	174	Lagdeling N
5m	18	4	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	33 (33 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Polplott med tolkede sprekkeseett



Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
○	Lagdeling	13
×	Sprekk	10
△	Sprekk - plan	5
+	Sprekk - undulerende	5

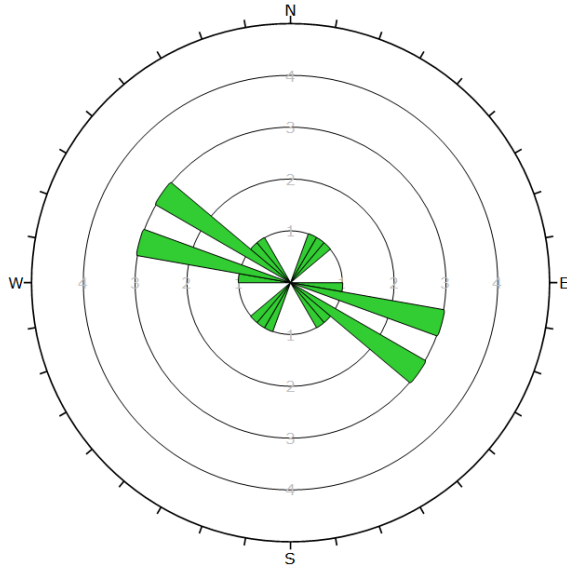
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.70
	1.70 - 2.40
	2.40 - 5.10
	5.10 - 6.80
	6.80 - 8.50
	8.50 - 10.20
	10.20 - 11.90
	11.90 - 13.60
	13.60 - 15.30
	15.30 - 17.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	16.44%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	77	30	Sprekkesett 2
3m	88	93	Sprekkesett 3
4m	23	174	Lagdeling N
5m	18	4	Lagdeling S

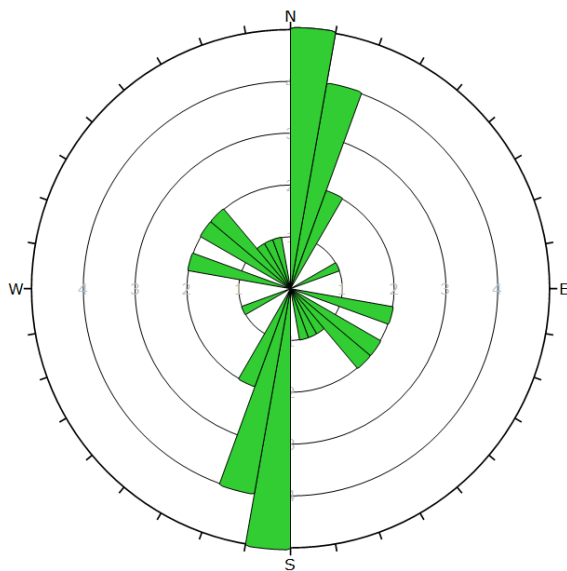
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	33 (33 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Konturplott med tolkede sprekkeseett



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	12
Minimum Angle To Plot	0.0°
Maximum Angle To Plot	44.0°

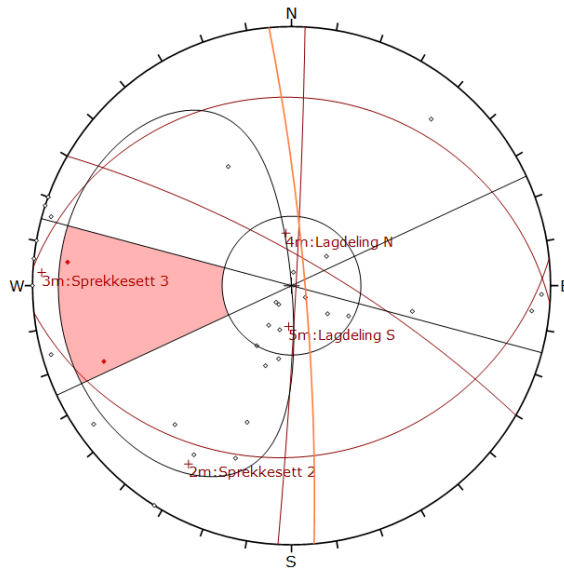
Sprekkerose for sprekker med fall mellom 0 og 44 grader



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	21
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Sprekkerose for sprekker med fall mellom 45 og 90 grader

Kinetisk analyse for skjæring nord for kryss Vingrom



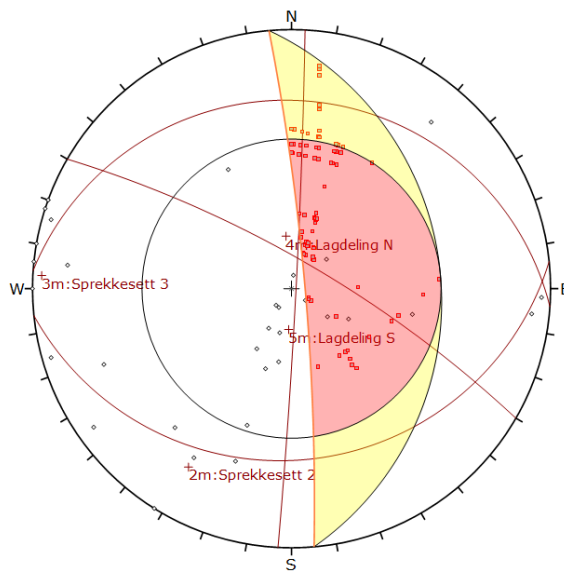
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Planar Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	85		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
Planar Sliding (A1)	2	33	6.86%
Planar Sliding (Set 3: Sprekkesett 3)	2	13	15.38%

Color	Dip	Dip Direction	Label
■	77	30	Sprekkesett 2
■	88	93	Sprekkesett 3
■	23	174	Lagdeling N
■	18	4	Lagdeling S

Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count	33 (33 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Kinetisk analyse for plan utglidning



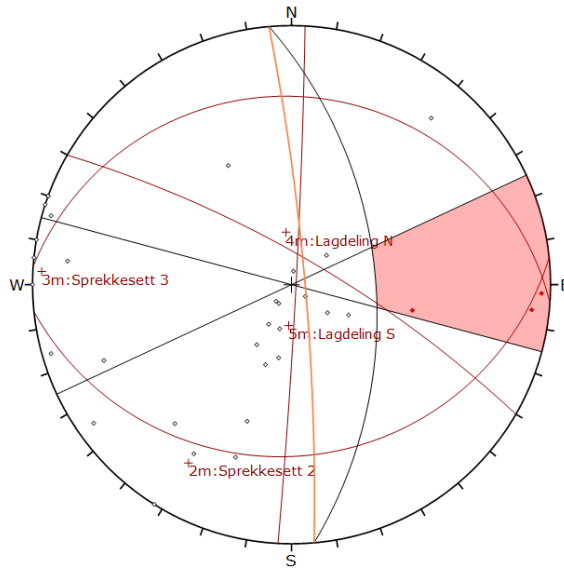
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	85		
Friction Angle	30°		
		Critical	Total
Wedge Sliding	95	527	18.03%

Color	Dip	Dip Direction	Label
■	77	30	Sprekkesett 2
■	88	93	Sprekkesett 3
■	23	174	Lagdeling N
■	18	4	Lagdeling S

Plot Mode		Pole Vectors	
Vector Count	33 (33 Entries)		
Intersection Mode	Grid Data Planes		
Intersections Count	527		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Angle		

Kinetisk analyse for kileutglidning



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Flexural Topping	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	85		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
Flexural Topping (All)	3	33	9.09%
Flexural Topping (Set 3: Sprekkesett 3)	2	13	15.38%

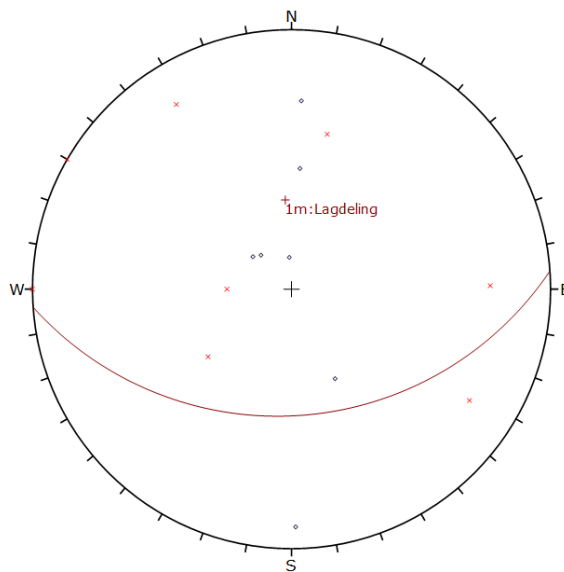
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	77	30	Sprekkesett 2
3m	88	93	Sprekkesett 3
4m	23	174	Lagdeling N
5m	18	4	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	33 (33 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for toppling

Sprekkedata for forskjæring Øyresvika

Grunnlagsdataene omfatter utført feltkartlegging i skjæring langs Hovslivegen, i blotninger langs Øyresbekken, men også nærliggende strukturmåling vist på Berggrunnskart N50 (ngu.no).

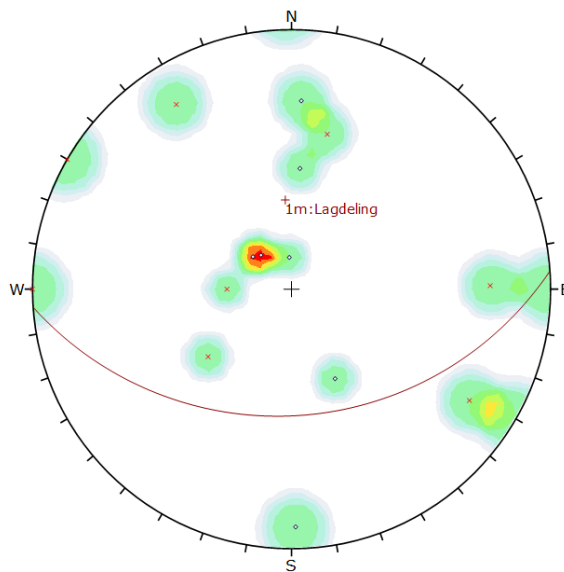


Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
○	Lagdelling	7
×	Sprekk	8

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	38	176	Lagdelling

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	15 (15 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Polplott med tolkede sprekkesett



Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
○	Lagdelling	7
×	Sprekk	8

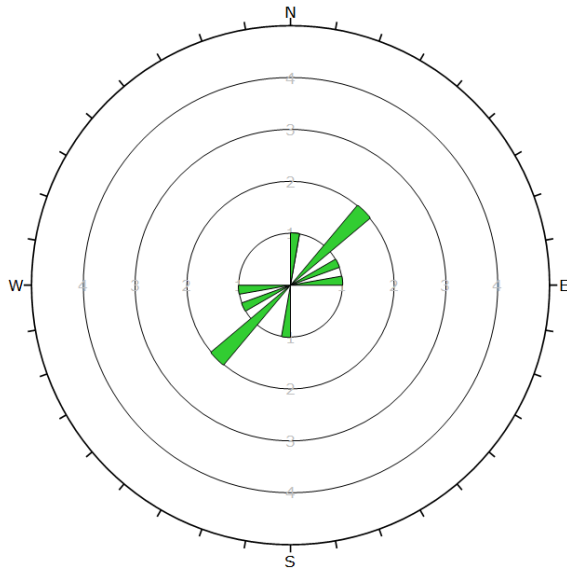
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.40
	1.40 - 2.80
	2.80 - 4.20
	4.20 - 5.60
	5.60 - 7.00
	7.00 - 8.40
	8.40 - 9.80
	9.80 - 11.20
	11.20 - 12.60
	12.60 - 14.00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	13.18%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
1m	38	176	Lagdelling

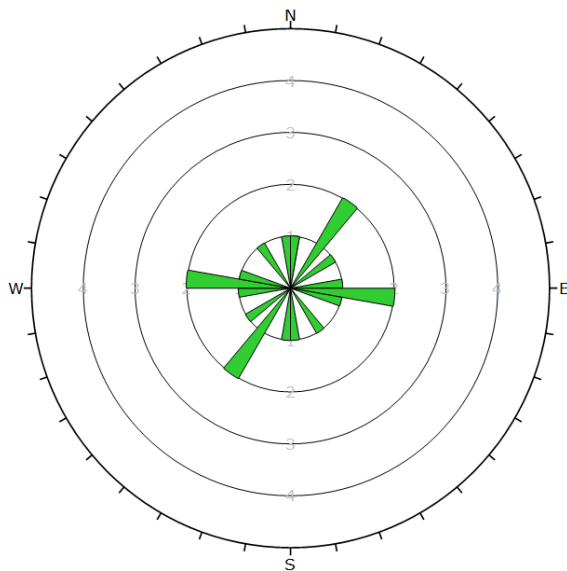
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	15 (15 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Konturplott med tolkede sprekkesett



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	5
Minimum Angle To Plot	0.0°
Maximum Angle To Plot	44.0°

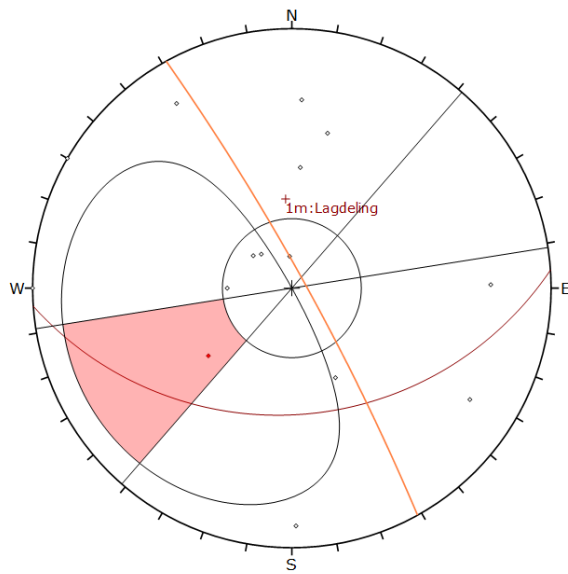
Sprekkerose for sprekker med fall mellom 0 og 44 grader



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	10
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Sprekkerose for sprekker med fall mellom 45 og 90 grader

Kinetisk analyse for forskjæring Øyresvika – vestre skjæring



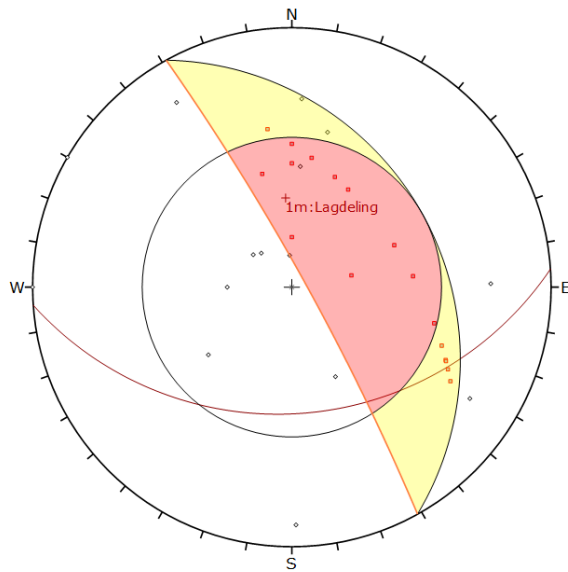
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Planar Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	61		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
Planar Sliding (All)	1	15	6.67%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	38	176	Lagdelling

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	15 (15 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for plan utglidning i vestre skjæring



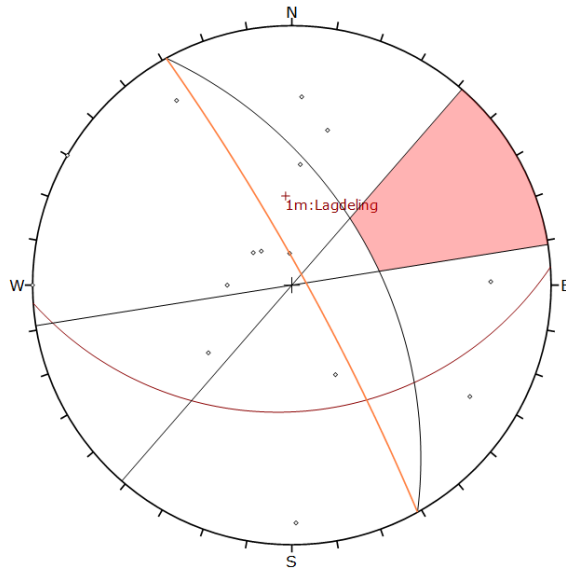
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Intersection

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	61		
Friction Angle	30°		
		Critical	Total
Wedge Sliding	17	105	16.19%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	38	176	Lagdelling

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	15 (15 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	105
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for kileutglidning i vestre skjæring



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

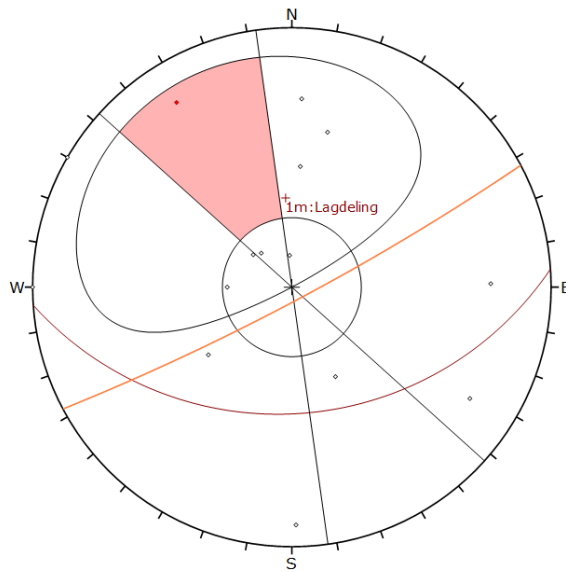
Kinematic Analysis		Flexural Toppling	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	61		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Flexural Toppling (All)	0	15	0.00%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	38	176	Lagdeling

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	15 (15 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for toppling i vestre skjæring

Kinetisk analyse for forskjæring Øyresvika – påhuggsflate



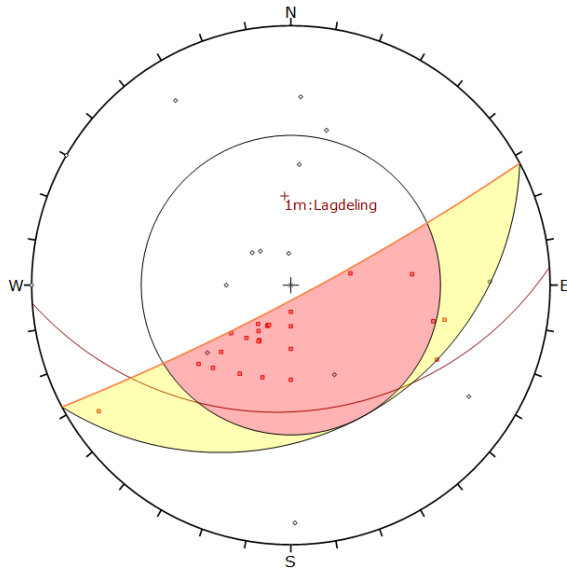
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Planar Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	152		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	1	15	6.67%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	38	176	Lagdeling

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	15 (15 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for plan utglidning i påhuggsflate



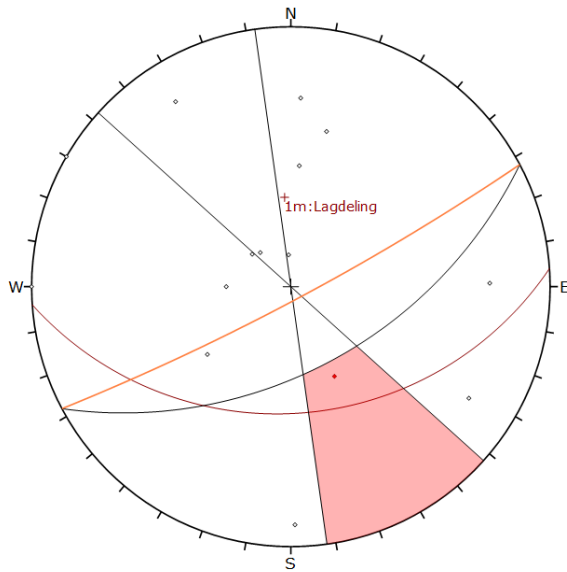
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	152		
Friction Angle	30°		
		Critical	Total
		25	105
			23.81%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	38	176	Lagdeling

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	15 (15 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	105
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for kileutglidning i påhuggsflate



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Flexural Toppling	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	152		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
		1	15
			6.67%

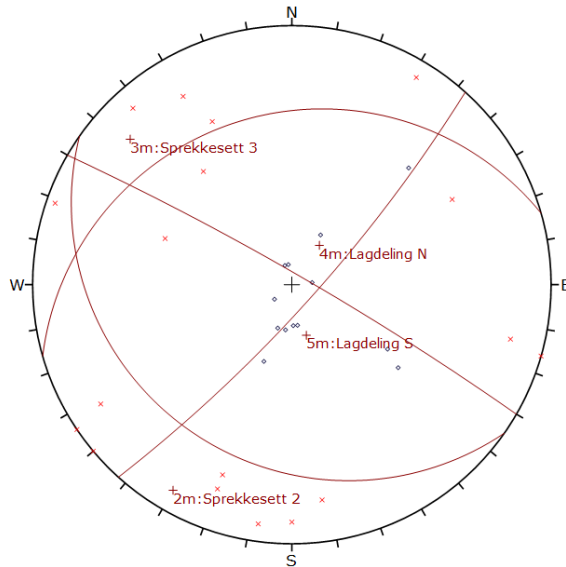
Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
1m	38	176	Lagdeling

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	15 (15 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for toppling i påhuggsflate

Sprekke­data for forskjæring Trosset

Grunn­lags­data­ene om­fat­ter i hoved­sak utført felt­kart­leg­ging i ter­reng nær på­huggs­om­råde, langs og oven­for Fv. 253 Jør­stad­mø­ve­gen, langs og oven­for Fv. 2526 Kas­trud­ve­gen, i vann­kan­ten ved Lå­gen, men også nær­lig­gen­de struk­tur­må­ling­er vist på Berg­grunns­kart N50 (ngu.no).

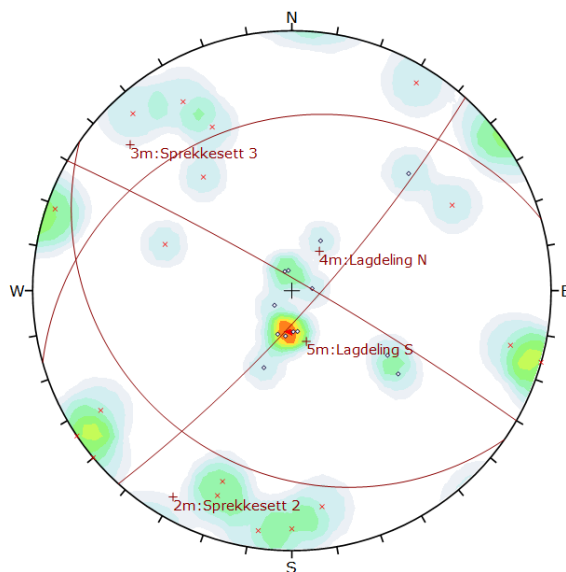


Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
o	Lagdeling	13
x	Sprekke	18

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	85	30	Sprekkesett 2
3m	80	132	Sprekkesett 3
4m	21	215	Lagdeling N
5m	23	344	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Polplott med tolkede sprekkesett



Symbol	TYPE SPREKK	Quantity
o	Lagdeling	13
x	Sprekke	18

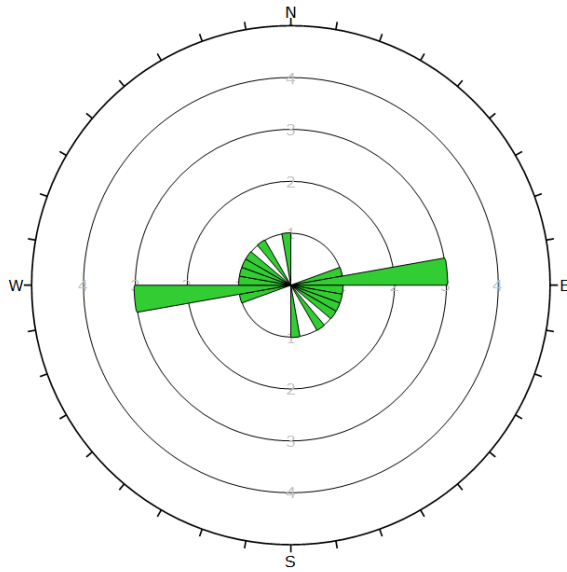
Color	Density Concentrations
	0,00 - 1,30
	1,30 - 2,60
	2,60 - 3,90
	3,90 - 5,20
	5,20 - 6,50
	6,50 - 7,80
	7,80 - 9,10
	9,10 - 10,40
	10,40 - 11,70
	11,70 - 13,00

Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	12,06%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1,0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	85	30	Sprekkesett 2
3m	80	132	Sprekkesett 3
4m	21	215	Lagdeling N
5m	23	344	Lagdeling S

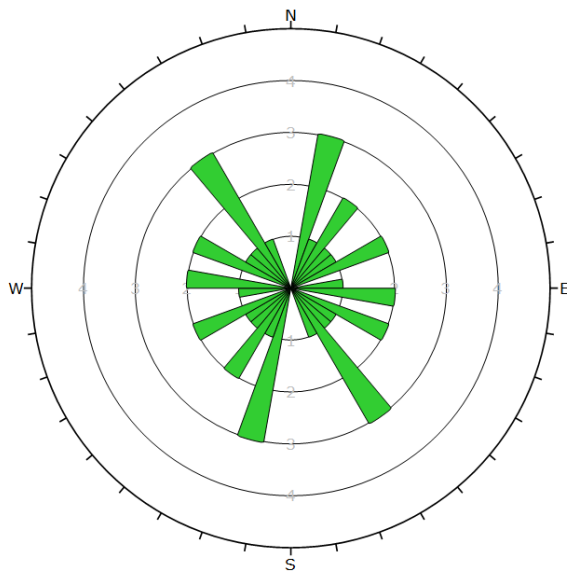
Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Konturplott med tolkede sprekkesett



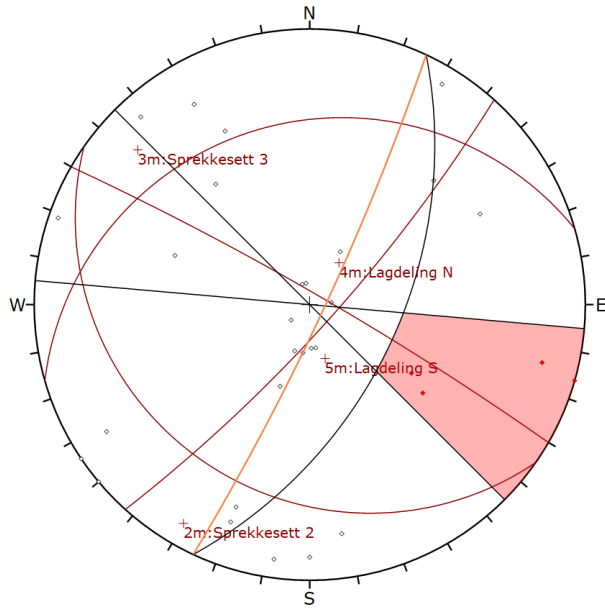
Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	10
Minimum Angle To Plot	0.0°
Maximum Angle To Plot	44.0°

Sprekkerose for sprekker med fall mellom 0 og 44 grader



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	21
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Sprekkerose for sprekker med fall mellom 45 og 90 grader



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

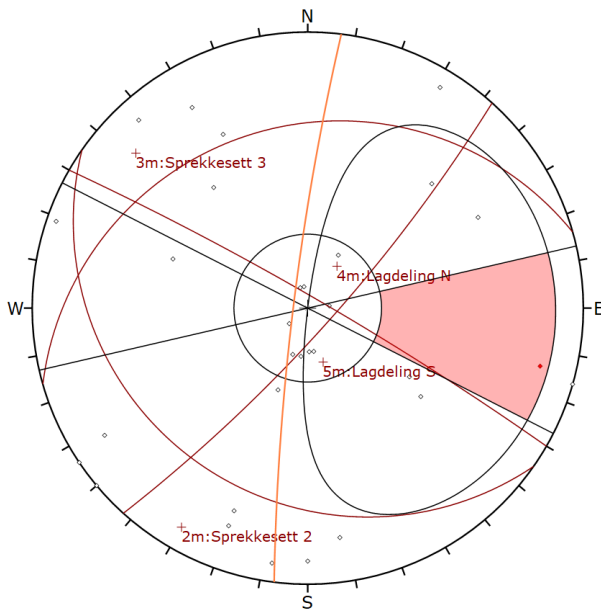
Kinematic Analysis		Flexural Topping	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	115		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
Flexural Topping (All)		4	31
Flexural Topping (Set 3: Sprekkesett 3)		2	9
Flexural Topping (Set 5: Lagdeling 5)		2	8
		%	
Flexural Topping (All)		12.90%	
Flexural Topping (Set 3: Sprekkesett 3)		22.22%	
Flexural Topping (Set 5: Lagdeling 5)		25.00%	

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	85	30	Sprekkesett 2
3m	80	132	Sprekkesett 3
4m	21	215	Lagdeling N
5m	23	344	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for toppling i vestre skjæring

Kinetisk analyse for forskjæring Trosset – østre skjæring



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

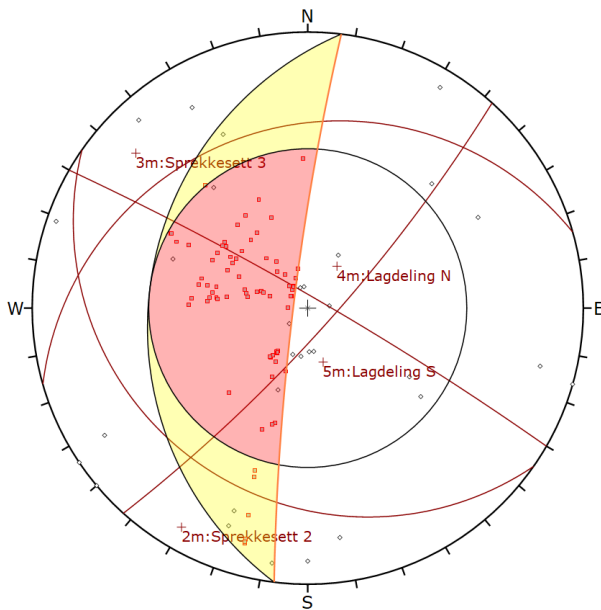
Kinematic Analysis		Planar Sliding
Slope Dip	84	
Slope Dip Direction	277	
Friction Angle	30°	
Lateral Limits	20°	

	Critical	Total	%
Planar Sliding (All)	1	31	3.23%
Planar Sliding (Set 3: Sprekkesett 3)	1	9	11.11%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	85	30	Sprekkesett 2
3m	80	132	Sprekkesett 3
4m	21	215	Lagdeling N
5m	23	344	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for plan utglidning i østre skjæring



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

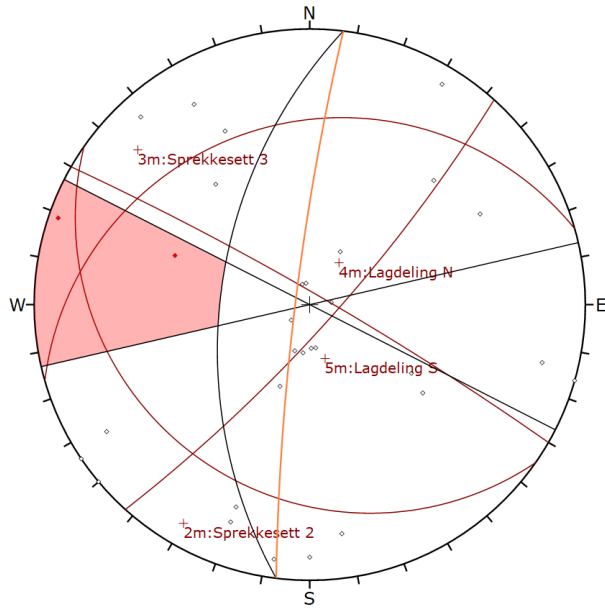
Kinematic Analysis		Wedge Sliding
Slope Dip	84	
Slope Dip Direction	277	
Friction Angle	30°	

	Critical	Total	%
Wedge Sliding	79	465	16.99%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	85	30	Sprekkesett 2
3m	80	132	Sprekkesett 3
4m	21	215	Lagdeling N
5m	23	344	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	465
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for kileutglidning i østre skjæring



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis	Flexural Topping
Slope Dip	84
Slope Dip Direction	277
Friction Angle	30°
Lateral Limits	20°

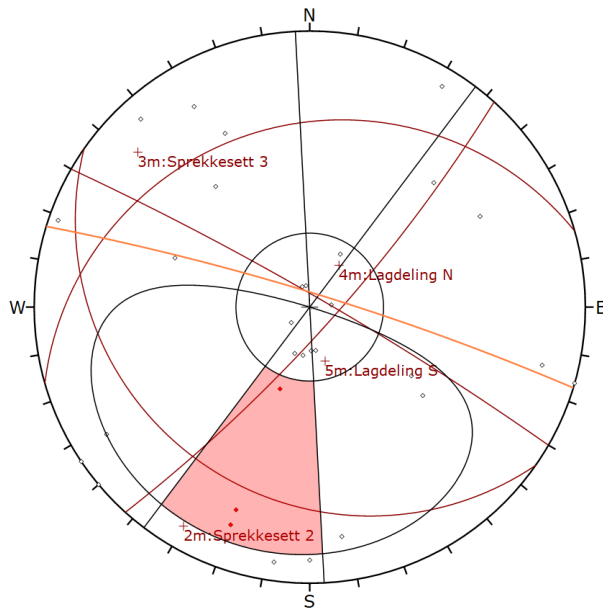
	Critical	Total	%
Flexural Topping (All)	2	31	6.45%
Flexural Topping (Set 3: Sprekkesett 3)	2	9	22.22%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	85	30	Sprekkesett 2
3m	80	132	Sprekkesett 3
4m	21	215	Lagdelling N
5m	23	344	Lagdelling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for toppling i østre skjæring

Kinetisk analyse for forskjæring Trosset – påhuggsflate



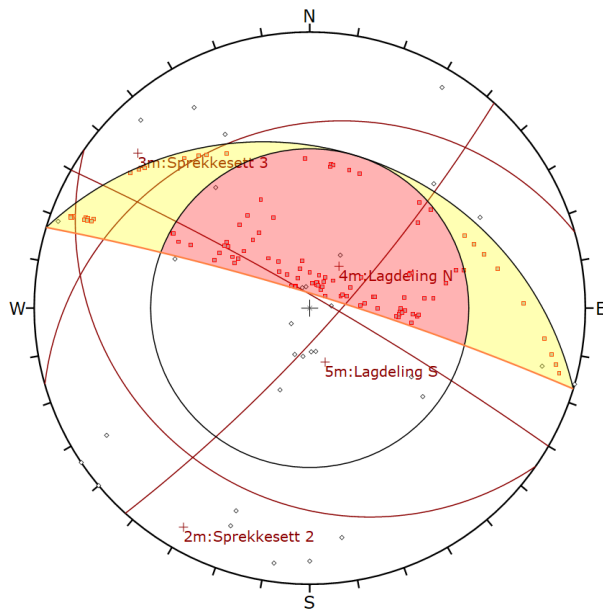
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Planar Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	17		
Friction Angle	30°		
Lateral Limits	20°		
		Critical	Total
Planar Sliding (All)		3	31
Planar Sliding (Set 2: Sprekkesett 2)		2	8
Planar Sliding (Set 5: Lagdeling S)		1	8
			%
Planar Sliding (All)			9.68%
Planar Sliding (Set 2: Sprekkesett 2)			25.00%
Planar Sliding (Set 5: Lagdeling S)			12.50%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	85	30	Sprekkesett 2
3m	80	132	Sprekkesett 3
4m	21	215	Lagdeling N
5m	23	344	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for plan utglidning i påhuggsflate



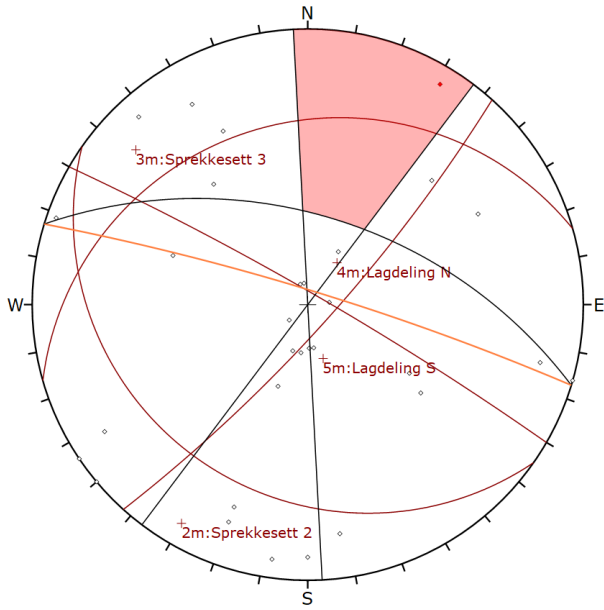
Symbol	Feature
○	Pole Vectors
■	Critical Intersection

Kinematic Analysis		Wedge Sliding	
Slope Dip	84		
Slope Dip Direction	17		
Friction Angle	30°		
		Critical	Total
Wedge Sliding		111	465
			%
Wedge Sliding			23.87%

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	85	30	Sprekkesett 2
3m	80	132	Sprekkesett 3
4m	21	215	Lagdeling N
5m	23	344	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Intersection Mode	Grid Data Planes
Intersections Count	465
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Kinetisk analyse for kileutglidning i påhuggsflate



Symbol	Feature
○	Pole Vectors
●	Critical Vectors

Kinematic Analysis		Flexural Toppling		
Slope Dip	84			
Slope Dip Direction	17			
Friction Angle	30°			
Lateral Limits	20°			
	Critical	Total	%	
Flexural Toppling (All)	1	31	3.23%	
Flexural Toppling (Set 2: Sprekkesett 2)	1	8	12.50%	

Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes			
2m	85	30	Sprekkesett 2
3m	80	132	Sprekkesett 3
4m	21	215	Lagdeling N
5m	23	344	Lagdeling S

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	31 (31 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

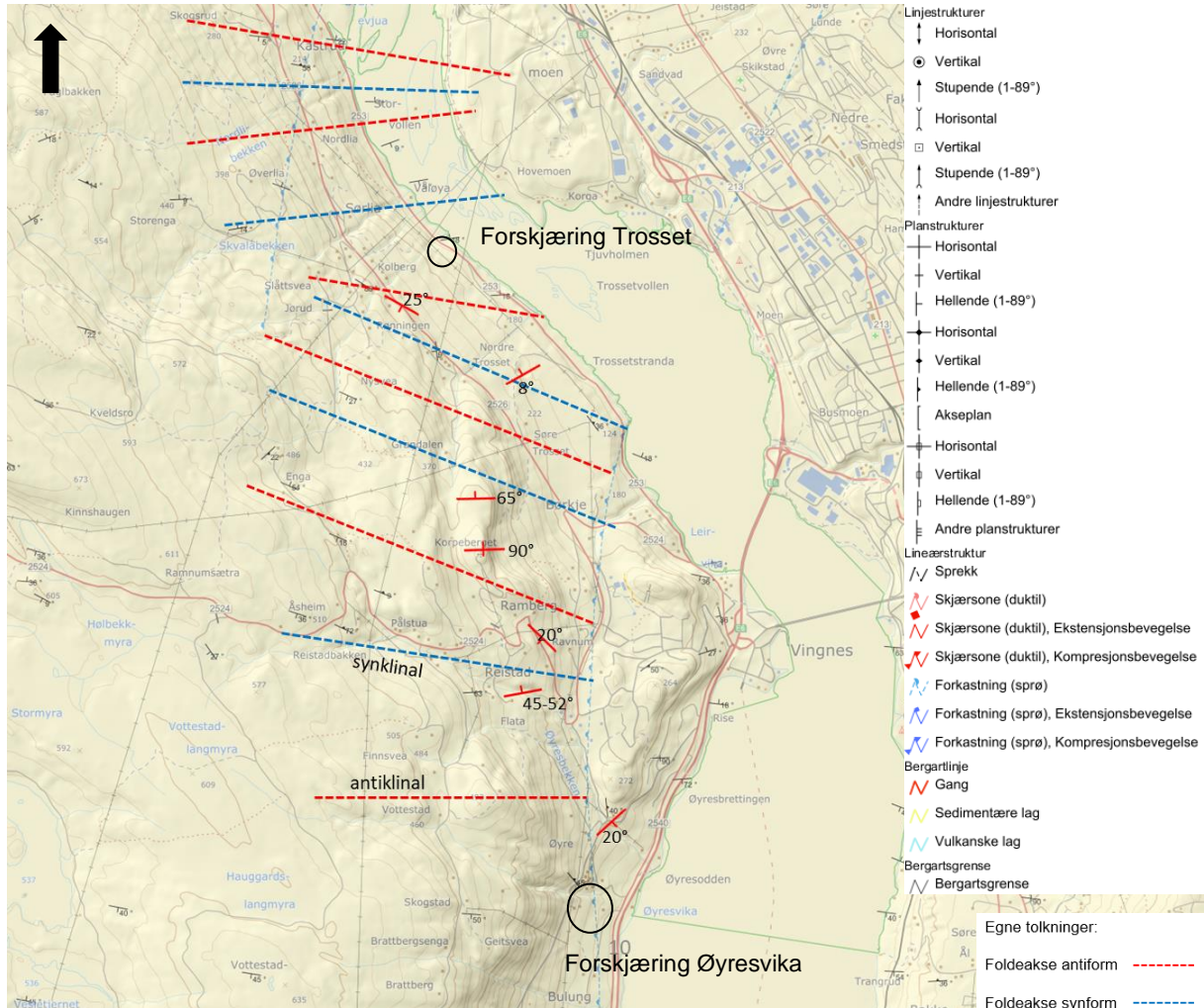
Kinetisk analyse for toppling i påhuggsflate

Vedlegg 2

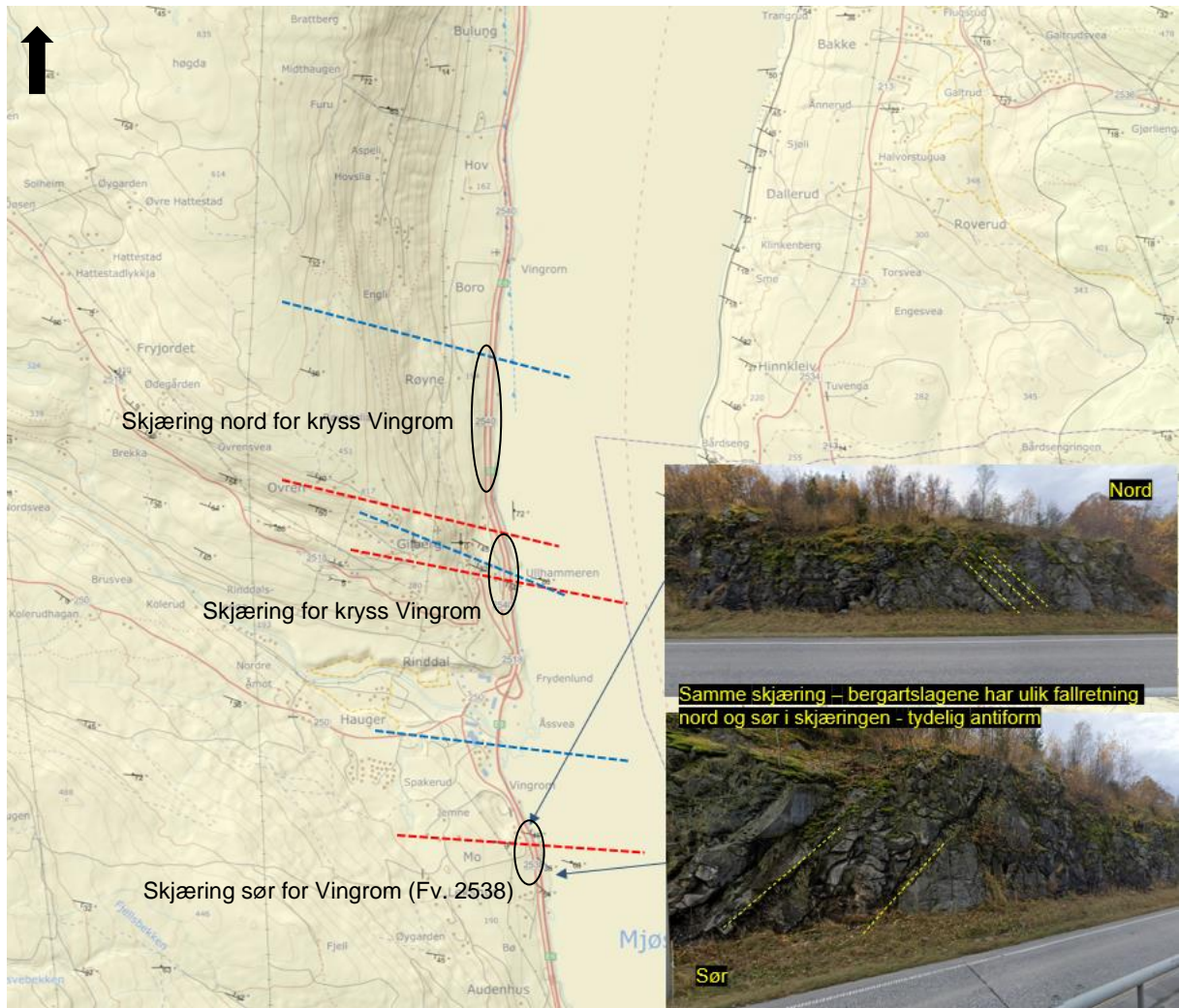
Strukturgeologi

Strukturgeologi og strukturmålinger NGU på strekningen Roterud-Trosset

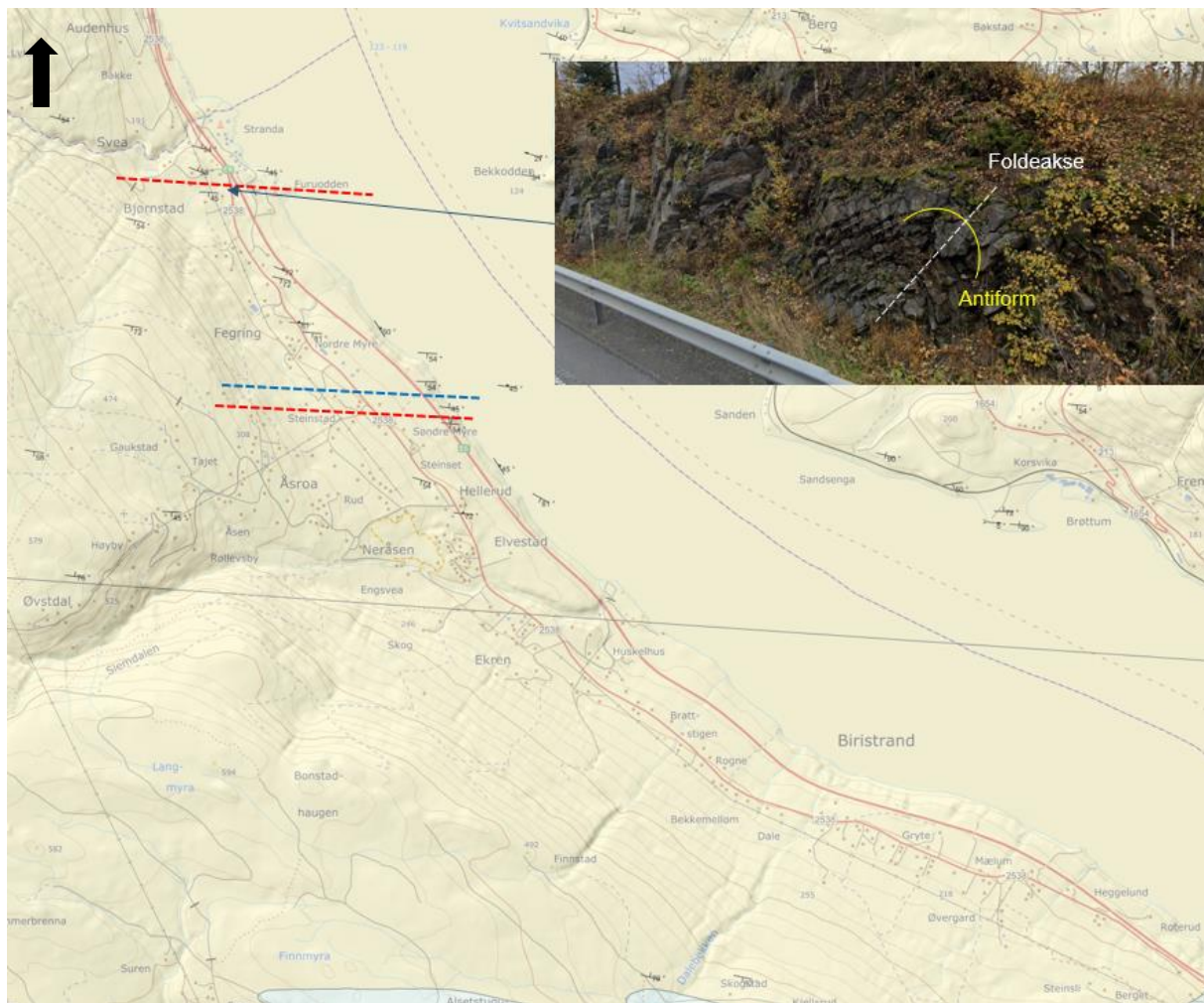
Berggrunnskart N50 med strukturmålinger er brukt som grunnlag for å vise et mulig forløp på de foldede bergartslagene. Det fremgår av kartene og observasjoner i felt at de sedimentære bergartslagene ikke ligger flatt over strekningen, derimot er foldet slik at det forekommer en rekke antiklinaler og synklinaler på strekningen.



Nordligste del av strekningen, inkludert Vingnestunnelen og forskjæringsområder Øyresvika og Trosset. Berggrunnsgeologisk kart N50 med strukturmålinger (ngu.no) og supplerende egne sprekkemålinger. Tolkning av foldeakse for antiform og synform er markert.



Midterste del av strekningen, inkludert skjæring sør for Vingrom, skjæring for kryss Vingrom og skjæring nord for kryss Vingrom. Berggrunnsgeologisk kart N50 med strukturmålinger (ngu.no). Tolkning av foldeakse for antiform og synform er markert. Bilder av antiform i skjæring langs E6 sør for Vingrom.



Sørligste del av strekningen. Det er ikke forventet permanente bergskjæringer her. Berggrunnsgeologisk kart N50 med strukturmålinger (ngu.no). Tolkning av foldeakse for antiform og synform er markert. Bilde av antiform i skjæring langs E6 ved Furuodden.

Vedlegg 3

Kartlegging i skjæringer ved Vingrom, presentasjon.

Norconsult 

Dagsone E6

Geologisk kartlegging i skjæringer ved Vingrom



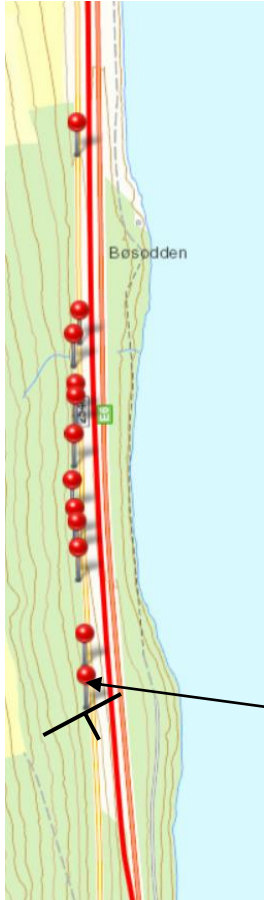
Kartlegging bergskjæringer 8.7.2020



Kartlegging bergskjæringer 8.7.2020 - Konklusjon

- ▶ Bergskjæringer langs Torpaveien, Vingromvegen og ved E6 sør for Vingromkrysset befart 8.7.2020.
- ▶ Brøttumformasjonen er registrert alle steder. Det er registrert lagdelt veksling av sandstein, kompetent silt/leirstein (med varierende grad av sandinnhold), svak leirskifer og svartskifer alle tre steder.
- ▶ Omfang av svartskifer og særlig svak skifer er underordnet sandstein og mer kompetent leir/siltstein.
- ▶ Større omfang av sandsteinsbenker/kompetent leir/siltstein ble observert ved Torpavegen, sammenlignet med de andre to plassene. Geologisk ligger Torpaveien mellom Vingromvegen og E6-skjæringen, dvs. lagene observert de tre stedene er trolig avsatt ved ulik geologisk tid.
- ▶ Lagdelingen har strøkretning V-Ø, men med varierende fall mot N og S grunnet foldingen av bergartene. Dvs. det som er observert i skjæring langs E6 og Vingromvegen må forventes også påtreffes videre innover ved uttak av bergskjæring.
- ▶ **Det er påvist høye verdier (over 10.000 ppm) med svovel på skifer/svartskifer alle tre lokaliteter. Måling med XRF på bergprøver. Det er en viss usikkerhet knyttet til hvorvidt måleresultat med veldig høye verdier er representative, da måling på uforvitrede deler av skifer var vanskelig å få til alle steder**

Fv 2540 Vingromvegen



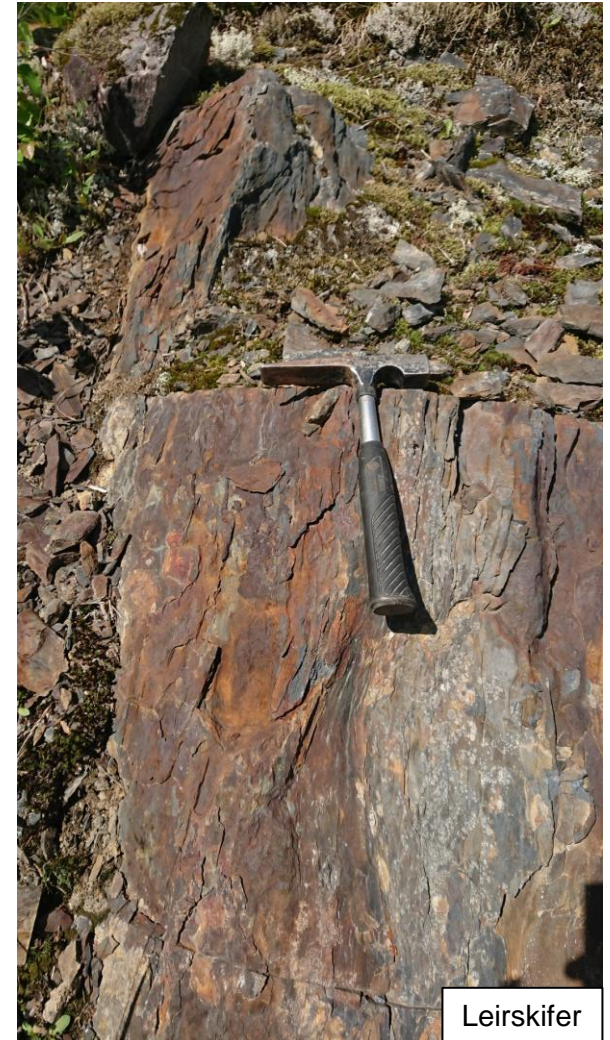
igg_28_001

Skifer i liten bløtning, lagretning har faller mot sørøst med 55°

Forvitret, flakig overflate, oksidert/rusten.

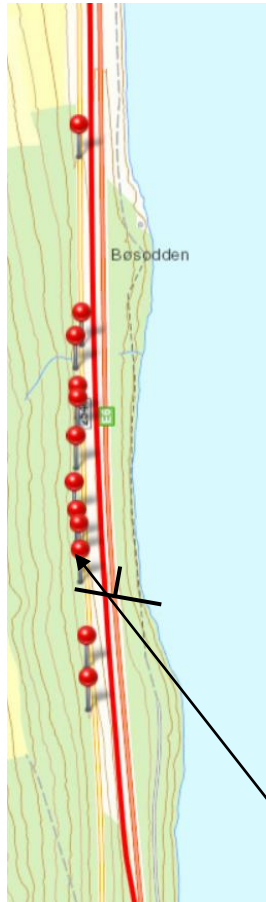
Svovelinhold (S) målt med XRF: 7.300 ppm.

S mindre enn 10.000 ppm –
ikke syredannende



Leirskifer

Fv 2540 Vingromvegen



Leir/siltstein-leirskifer

igg_28_003

Skråstilte benker med sandstein og skifer i veksling.

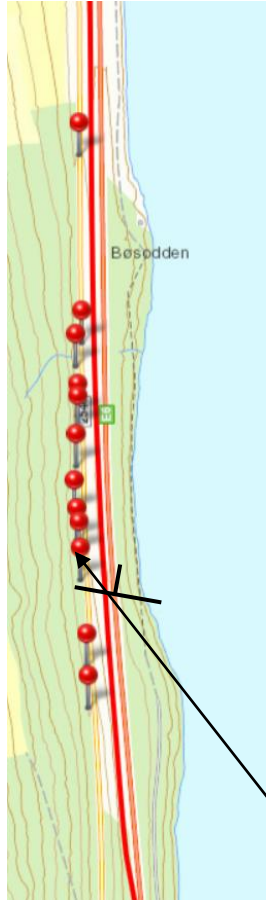
Sandstein er fast og lite forvitret.

Leirskifer opptrer både som mer fast, stedvis med sandkorn, og som en tettskifrig variant som er gravbar/spalter lett opp (antatt svartskifer). Lagretning varierer pga. folding, fall mot nordøst på 30° målt

Forvitring og oksidasjon avhenger av bergartstypen.

Svovelinhold (S) målt på tett skifrig skifer: 66.000 ppm - usikkerhet knyttet til hvor representativ målingen er.

Fv 2540 Vingromvegen



Sandstein – opptrer i benker men ellers lite skifrig

igg_28_003

Skråstilte benker med sandstein og skifer i vekslning.

Sandstein er fast og lite forvitret.

Leirskifer opptrer både som mer fast, stedvis med sandkorn, og som en tettskifrig variant som er gravbar/spalter lett opp (antatt svartskifer)

Lagretning varierer pga. folding, fall mot nordøst på 30° målt

Forvitring og oksidasjon avhenger av bergartstypen.

Svovelinhold (S) målt på tett skifrig skifer: 66.000 ppm - usikkerhet knyttet til hvor representativ målingen er.

Fv 2540 Vingromvegen



Leirstein-
sandsteinsbank

igg_28_006

Skråstilt bank med sandstein og leirstein, flere meter tykkelse på enkeltbank
God fasthet og lite forvitret, kun overflateoksidasjon.
Lagretning faller mot nordøst med 20°

Svovelinhold (S) målt på overflate av bank: 24.000 ppm. Kan ha truffet oksidasjonsbelegg ved måling.

Fv 2540 Vingromvegen

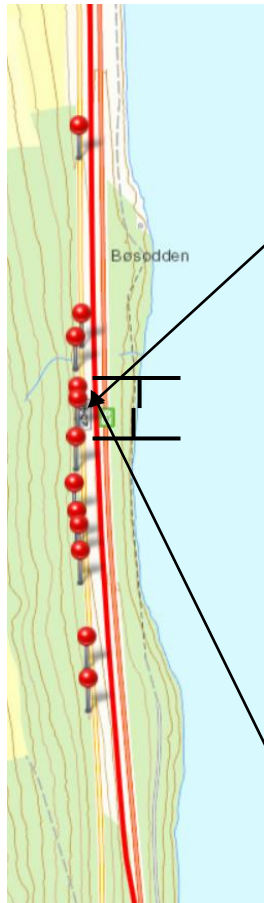


igg_28_008

Massive sandsteinsbenker med tilsynelatende vekslende svart(?) og grå skifer/siltstein mellom. Lag av svært dårlig kvalitet og noe bedre kvalitet skifer veksler med 2-10 cm tykkelse. Gul utfelling på skifer. Lagretning faller mot nordvest med 28°

Mått S=48.000 på antatt svartskifer, S=3.985 på grå leirskifer.

Fv 2540 Vingromvegen



Gul (svart) skifer på topp

Sandsteinsbenk ved 009 – faller mot nord

Sandsteinsbenk på vei opp ved 010 – faller her mot sør

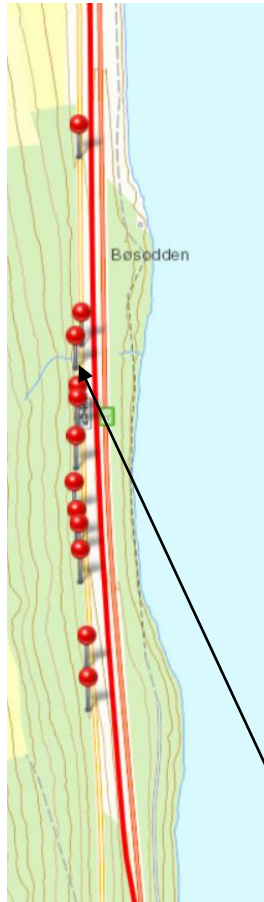


Tynt skiferlag mellom sandsteinsbenker

Sandsteinsbenk under skiferlag

igg_28_009 og 010
Skråstilt benk med sandstein, flere meter tykkelse på enkeltbenk
Lagretning faller mot nord ved lokalitet 009, motsatt vei vei lokalitet 010 grunnet folding.
Skifer ligge runder og over sandsteinsbenk. Mulig også svart skifer grunnet gul overflate på skifer (svovel?)

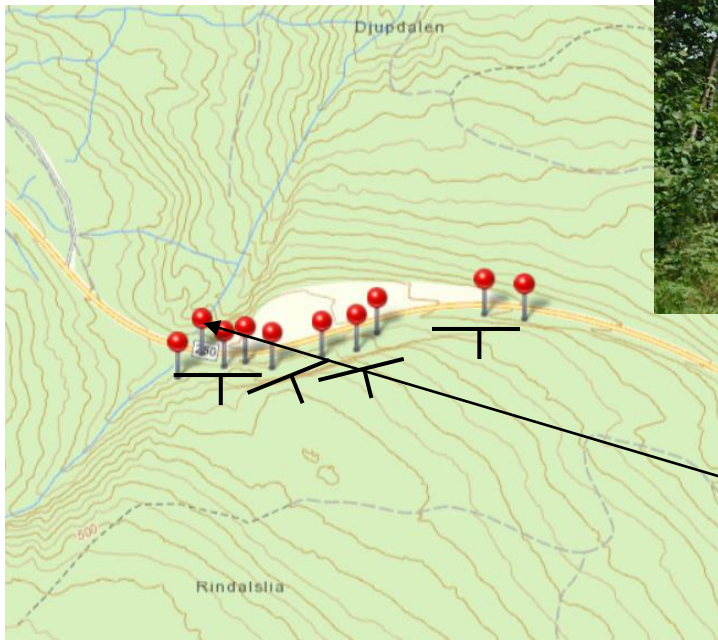
Fv 2540 Vingromvegen



igg_28_006

Forholdsvis flattliggende benk med sandstein, og leirstein/leirskifer over/under.
Mulig også tynnere sone med svartskifer under sandsteinsbenken – tettere skifrig skifer med gul utfelling.

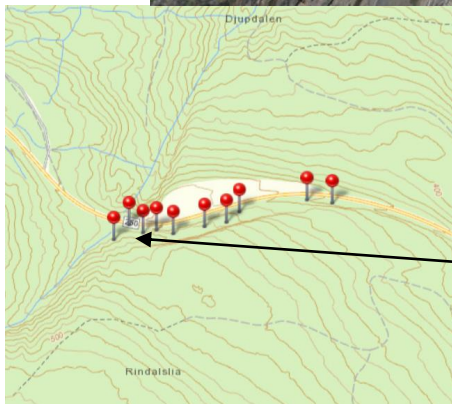
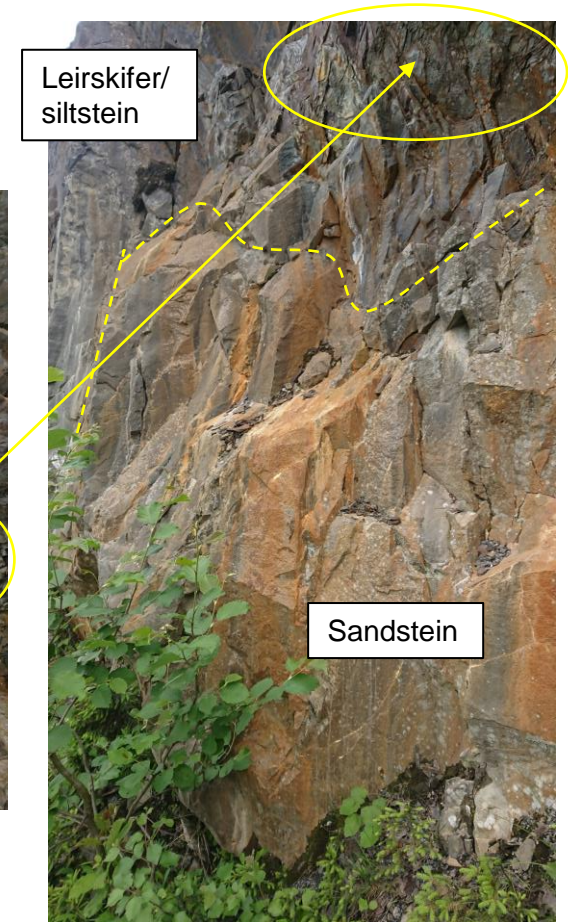
Fv 250 Torpavegen



igg_28_014

Benket berg med generelt fall på lagdelingen 40-70° mot sør-sørøst.

Fv 250 Torpavegen

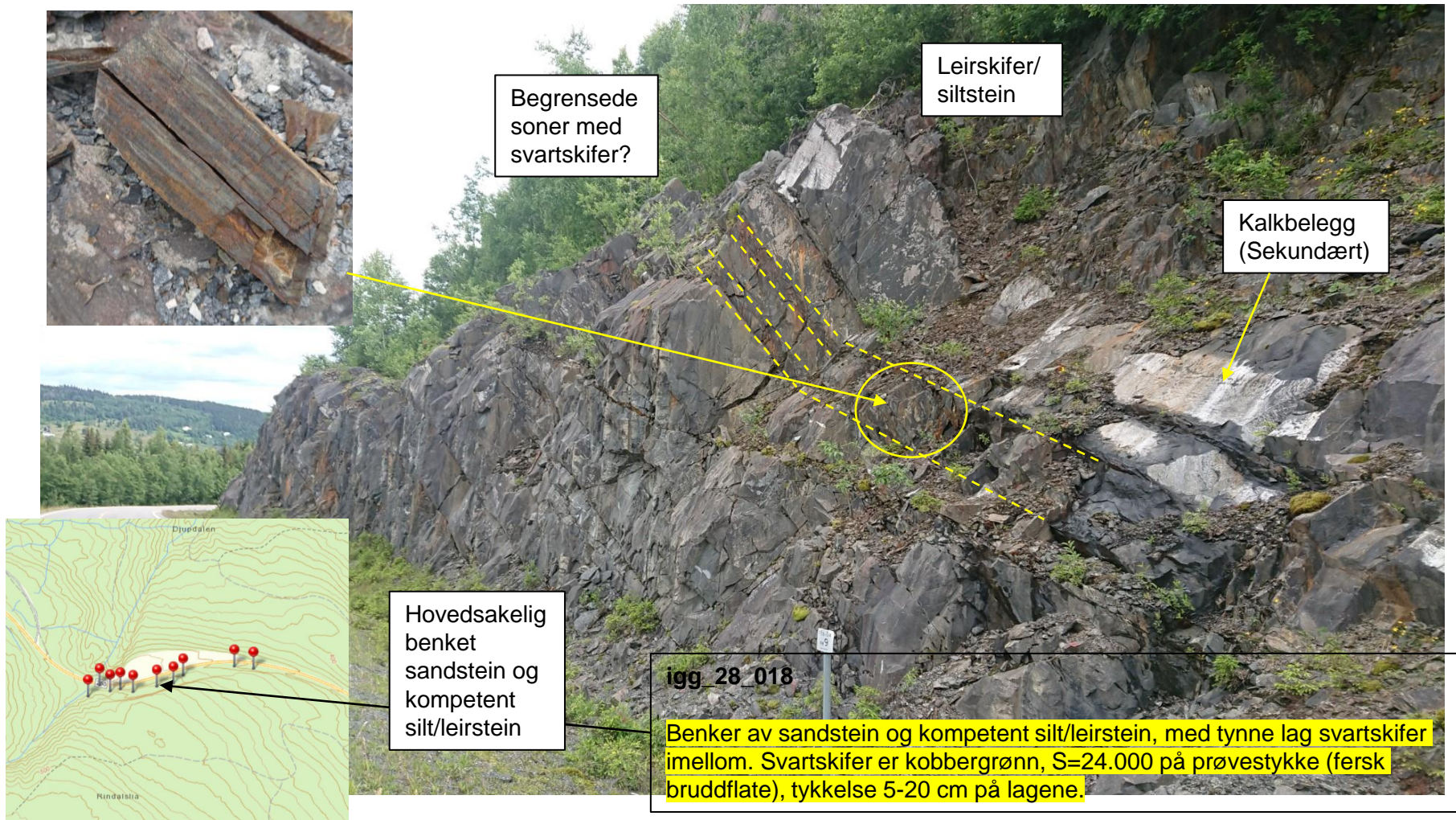


igg_28_016

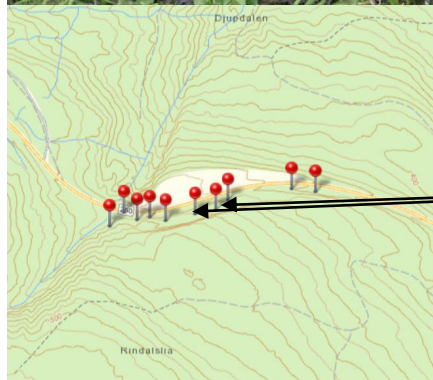
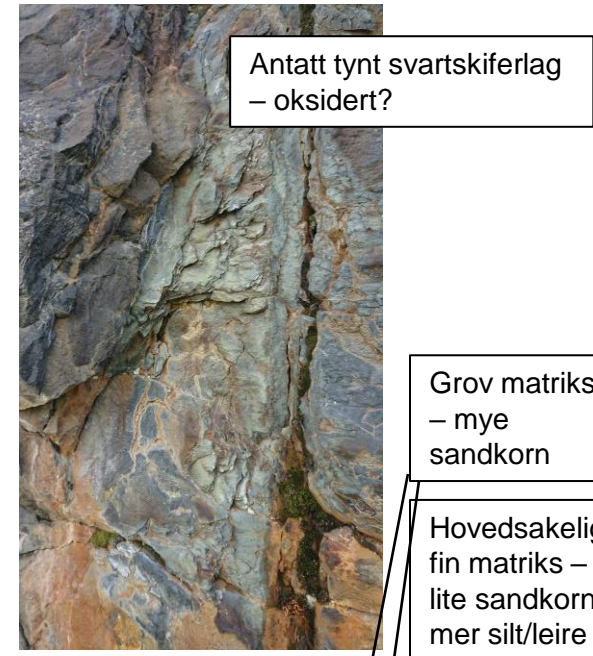
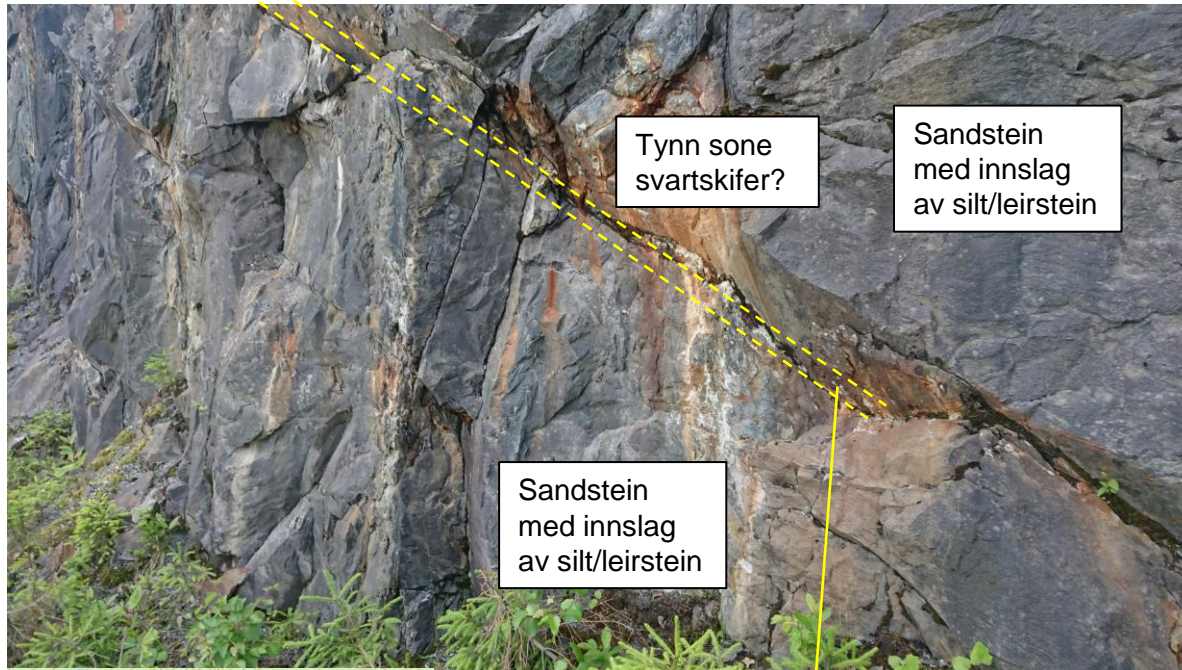
Benket berg med sandstein foran usammenhengende lag svartskifer og deretter siltstein/leirstein.

Skifer er oksidert og stedvis gul-grønn overflate (antatt flekker av gjenstående svartskifer på overflaten av annen skifer). S=22.000

Fv 250 Torpavegen



Fv 250 Torpavegen

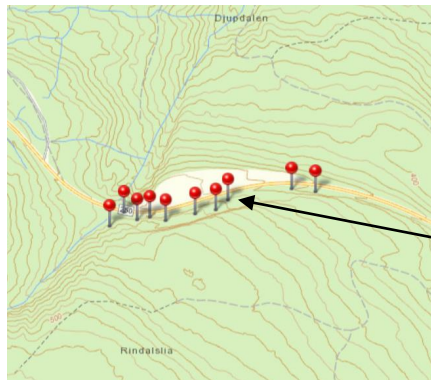


Fv 250 Torpavegen

Prøve tatt. Måling på
bruddflate ga høy S-verdi



Fragment fra
skifersonen –
ikke homogen
tykkelse på
mørk skifer.
Grå skifer
dominerer
delvis.



igg_28_021

Tynn skifersone, ned mot 2
cm, med svartskifer mellom
sandsteinslag. S=24.000 på
frisk bruddflate.

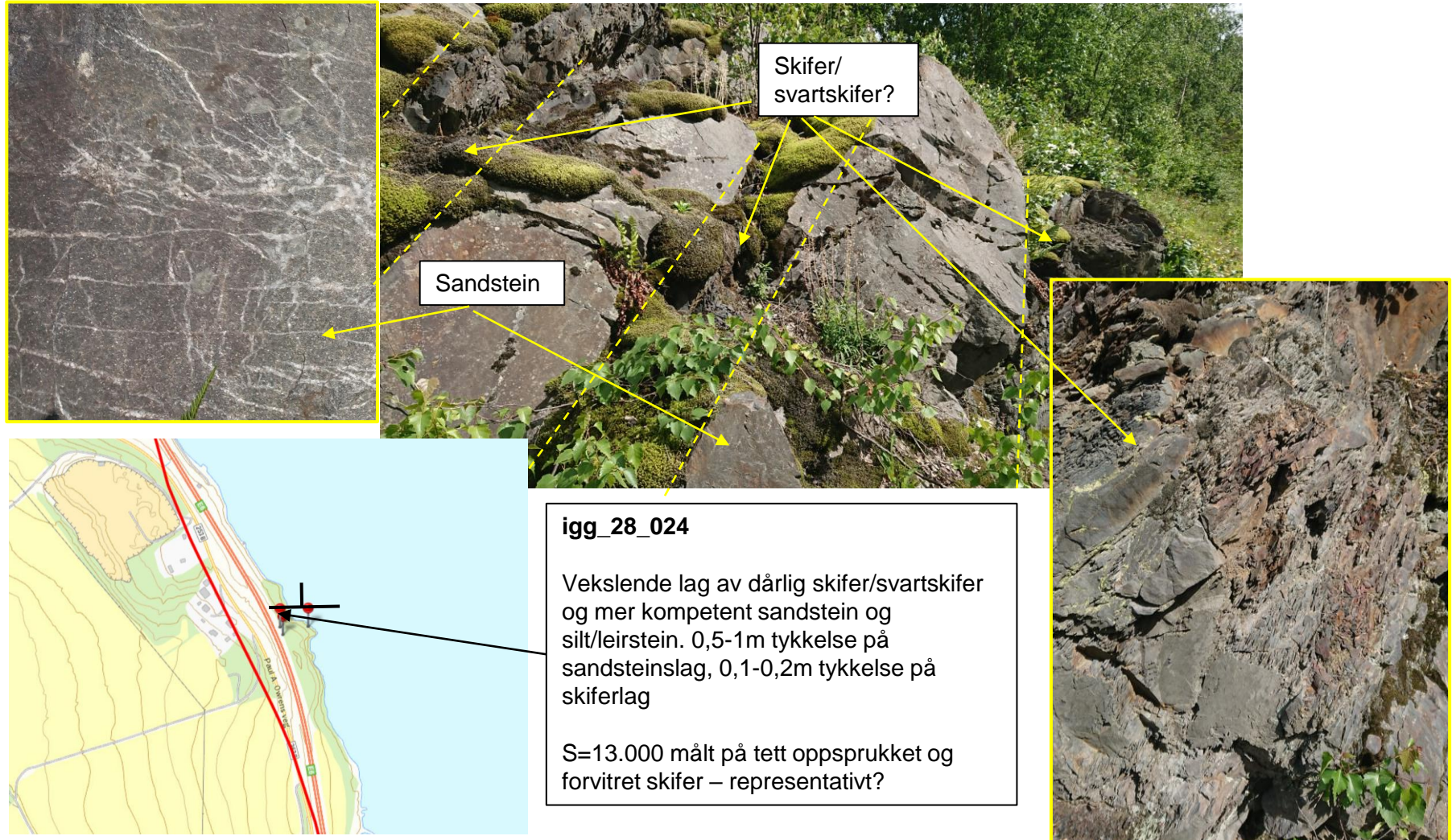


Tynn sone
svartskifer?

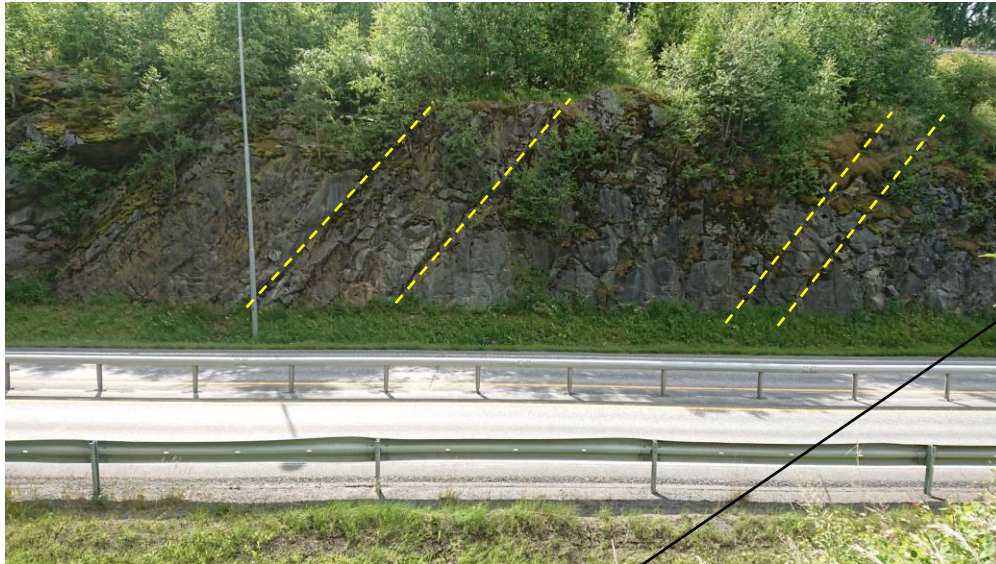
Sandstein
med innslag
av silt/leirstein

Sandstein
med innslag
av silt/leirstein

Skjæring langs E6 sør for Vingromkrysset



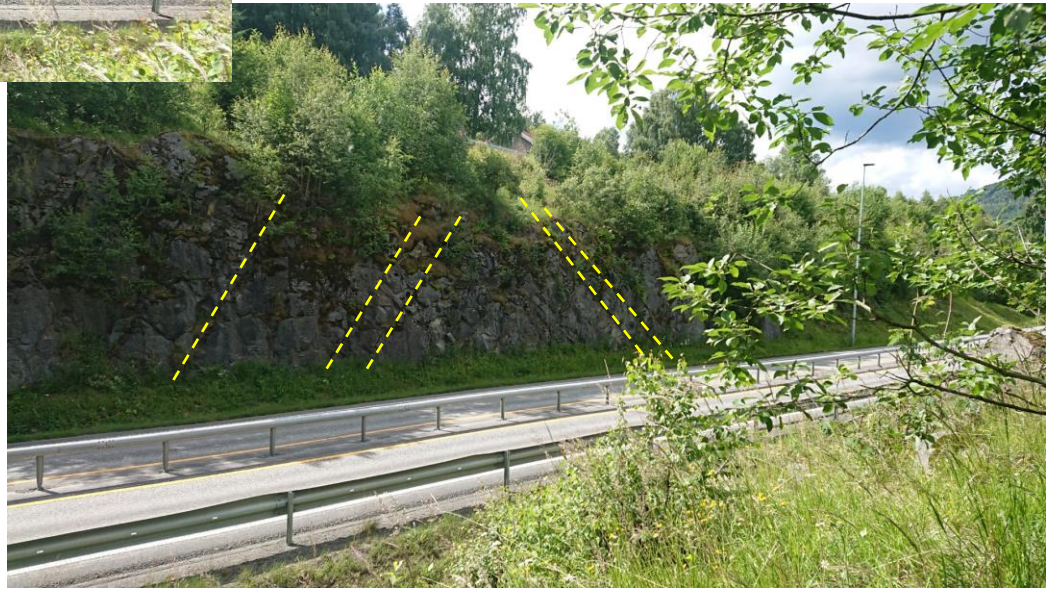
Skjæring langs E6 sør for Vingromkrysset



igg_28_025

Bergartslagene er foldet i en antiklinal – A-form. Nordre del av skjæring har lagdeling med fall mot nord, søndre del har lagdeling med fall mot sør.

Vekslende lag av dårlig skifer/svartskifer og mer kompetent sandstein og silt/leirstein.



Norconsult 