

NOTAT

OPPDRAAG	Vestre Storheilia	DOKUMENTKODE	10202661-03-RIGberg- NOT-003
EMNE	Bergteknisk premissnotat	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Søderaaas Bolig AS	OPPDRAAGSLEDER	Tom Arne Olsen
KONTAKTPERSON	Christian Tellefsen	SAKSBEHANDLER	Erlend Gjøsund
KOPI		ANSVARLIG ENHET	10233013 Bergteknikk Vest

SAMMENDRAG

I forbindelse med planlagt bygging av nye boligblokker ved Vestre Storheilia i Bergen kommune er Multiconsult engasjert av Nye Krohnås Prosjekt AS som prosjekterende foretak innen bergteknikk. Prosjektet omfatter sprenging av berg for å gi plass til planlagte bygg og veier, samt sikring av skjæringer i bakkant av planlagte bygg og veier. Eksisterende lokalveg må også utbedres.

Følgende er vurdert for planlagt tiltak:

- Geoteknisk kategori: 3 for nye skjæringer i bakkant av tomt og for skjæringer langs tilkomstvei.
- Konsekvens-/pålitelighetsklasse (CC/RC): 3 for skjæringer i byggegrop og for skjæringer langs tilkomstvei.
- Prosjekteringskontrollklasse: PKK 3 for skjæringer i byggegrop og tilkomstveg.
- Utførelseskontrollklasse: UKK 3 skjæringer i byggegrop og tilkomstvei.
- Tiltaksklasse 3 for prosjekterende og utførende

Det skal påvises motstand mot seismisk påvirkning ved likevektsbetraktning av bergkiler, da følgende forutsetninger er valgt i henhold til NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021:

- Seismisk grunntype: A
- Seismisk klasse: II
- agS : 0,75

00	18.10.2022	Premissnotat – klar til utsendelse	Erlend Gjøsund	Frode Johannesen	Tom Arne Olsen
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	3
2	Regelverk og standarder	5
2.1	Byggteknisk forskrift, TEK17	5
2.1.1	§ 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger	5
2.1.2	§ 10, Konstruksjonssikkerhet	5
2.2	Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse (CC/RC)	6
2.3	Tiltaksklasse (PBL)	7
2.4	Prosjekterings- og utførelseskontroll	7
2.4.1	Kvalitetssystem	8
2.5	Eurokode 8	8
3	Overvåkings- og kontrollplan	8
3.1	Kontroll av utførelse	9
4	Topografi og geologi	9
4.1	Topografi	9
4.2	Geologi	9
4.3	Løsmasser	11
5	Sikringstiltak før sprenging	11
5.1	Forbolter	11
6	Sikringstiltak under og etter sprenging	12
6.1	Rensk	12
6.2	Bolter	12
6.3	Fjellbånd	12
6.4	Steinsprangnett	12
6.5	Plankestengsel	12
7	Sprenging og boring	14
7.1	Sprengningsarbeider	14
7.2	Sprengningsinduserte vibrasjoner	14
7.3	Plassering av rystelsesmålere	16
7.4	Tilstandsregistrering	18
7.5	Hensyn til omgivelsene og 3. part	18
7.6	Risikovurdering av planlagte sprengningsarbeider	18
8	Vedlegg	19
9	Referanser	19

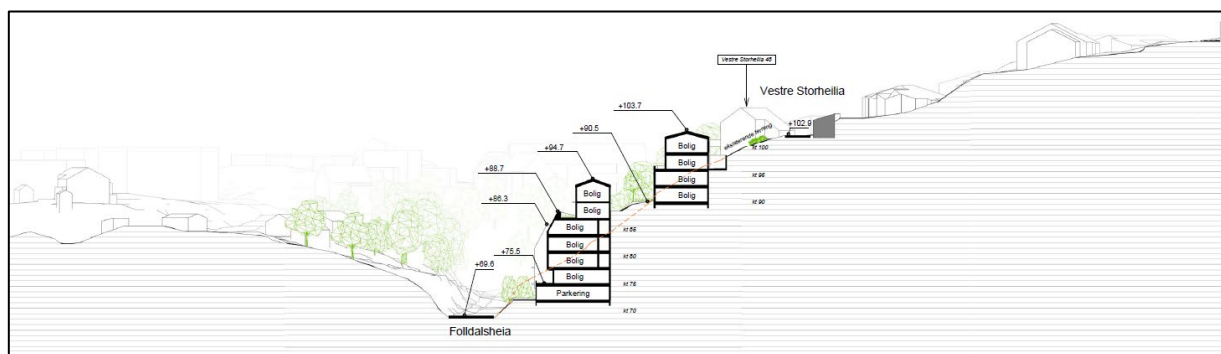
1 Innledning

I forbindelse med planlagt bygging av nye boligblokker ved Vestre Storheilia i Bergen kommune er Multiconsult engasjert av Nye Krohnås Prosjekt AS som prosjekterende foretak innen bergteknikk. Prosjektet omfatter sprengning av berg for å gi plass til planlagte bygg og veier, samt sikring av skjæringer i bakkant av planlagte bygg og veier. Skjæringer er planlagt med en høyde opp til 20 meter sammenhengende. Eksisterende lokalveg må også utbedres, og tiltakene vil omfatte sprengning, utfylling og sikringsarbeider langs vegen.

Foreliggende notat presenterer prosjekteringsgrunnlag for bergteknikk med referanser til aktuelle regler og standardverk samt vurderinger av sprengning og sikring av bergskjæringer på tomten. Det gjøres oppmerksom på at sikringsarbeidene må følges opp på plassen av geolog, sammen med entreprenør underveis i nedpallingen av skjæringene. Tiltaksområdet for utbygging er markert på Figur 1. Terrengsnitt av tiltaksområdet orientert vest – øst, er vist i Figur 2. Terrengsnittet viser at skjæringene er planlagt med tilbakefylling mot skjæring.



Figur 1. Tiltaksområde for utbygging.



Figur 2. Terrangsnitt tiltaksområde. Kilde Forum Arkitekter.

2 Regelverk og standarder

Følgende regelverk og standarder legges til grunn geoteknisk/bergteknisk prosjektering i prosjektet:

- Byggeteknisk forskrift (TEK 17) §7 Sikkerhet mot naturpåkjenninger og §10 Konstruksjonssikkerhet
- Plan- og Bygningsloven (PBL) §24 Kvalitetssikring og kontroll med prosjektering og utførelse av tiltak
- Byggesaksforskriften (SAK 10) §14 Kontroll av tiltak og §9-4 valg av tiltaksklasse
- NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 (Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner)
- NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 (Eurokode 7: Geoteknisk prosjektering - Del 1: Allmenne regler)
- NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021 (Eurokode 8: Prosjektering av konstruksjoner for seismisk påvirkning. Del 1: Allmenne regler, seismiske laster og regler for bygninger)
- NS 8141-1:2001 Vibrasjoner og støt

I tillegg anvendes Norsk Bergmekanikkgruppe sin veileder der dette er relevant.

2.1 Byggeteknisk forskrift, TEK17

2.1.1 § 7, Sikkerhet mot naturpåkjenninger

I henhold til TEK 17 § 7 skal byggverk plasseres, prosjekteres og sikres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skred eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger (flom, stormflo og skred).

Den planlagte utbyggingen inngår i sikkerhetsklasse S3 og omfatter tiltak der konsekvensen av en skredhendelse potensielt kan være høy. I henhold til TEK 17 § 7-3, skal den årlige nominelle sannsynligheten for skred i sikkerhetsklasse S3 være mindre enn 1/5000.

Multiconsult utførte skredfarevurdering av tomten 11.08.22. Vurderingen konkluderer med at det er steinsprangfare for området med årlig sannsynlighet > 1/5000. Se rapport *10202661-03-RIGberg-NOT-002 Skredfarvurdering Vestre Storheilia* for detaljer.

Tiltaksområdet vil oppfylle kravene til sikkerhet mot skred i TEK 17 dersom sikringstiltak i tilstøtende skråninger og utsprenge skjæringer på tomten blir utført etter prosjektering og oppfølging av geolog.

Det presiseres videre at sprengning på aktuell byggetomt vil kunne endre stabilitetsforholdene i tilstøtende berg. Det må i den forbindelse gjøres egne vurderinger knyttet til stabilitet og nødvendige sikringstiltak av berget. Dette vil bli vurdert nærmere i prosjektrapporter og vil bli fulgt opp og ivaretatt i byggeperioden av geolog på stedet. TEK 17 § 7 anses derfor å være ivaretatt.

2.1.2 § 10, Konstruksjonssikkerhet

I henhold til TEK 17 § 10.1 så vil forskriftens minstekrav til personlig og materiell sikkerhet være oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard (Eurokoder).

TEK 17 § 10.2 angir følgende:

«Grunnleggende krav til byggverkets mekaniske motstandsevne og stabilitet, herunder grunnforhold og sikringstiltak under utførelse og i endelig tilstand, kan oppfylles ved prosjektering av konstruksjoner etter Eurokode 0 og underliggende standarder i serien NS-EN 1991 til NS-EN 1999, med tilhørende nasjonale tillegg.»

I veiledningen til TEK 17 står det:

«Forskriftens krav er oppfylt dersom det benyttes metoder og utførelse etter Norsk Standard. Korrekt bruk av prosjekteringsstandardene gir samlet det nivået som tilsvarer det sikkerhetsnivået som er akseptert av myndighetene.»

Ved å benytte standarder (Eurokoder), vil TEK 17 § 10 være ivaretatt.

2.2 Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse (CC/RC)

Som utgangspunkt for fastsettelse av geoteknisk kategori anbefales det at prosjektets konsekvens- og pålitelighetsklasse (CC/RC), ref. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, vurderes i tillegg til grunnforholdenes kompleksitet. Geoteknisk kategori vil kunne fremkomme som en funksjon av pålitelighetsklasse og vanskelighetsgrad. Vanskelighetsgraden inndeles i tre klasser; lav, middels og høy. Standarden åpner for at det kan fastsettes ulike geoteknisk kategori for ulike deler av prosjektet, og geoteknisk kategori kan oppdateres underveis i prosjektet.

Pålitelighetsgrad og geoteknisk kategori for etablering av nye skjæringer på byggetomt:

For sprenging og etablering av nye bergskjæringer i byggegrop og tilkomstvei, med høyder på opptil 20 m er vanskelighetsgraden vurdert til å være høy og med store konsekvenser ved brudd. Tidligere utsprengte skjæringer i området gjør at man har en viss oversikt over de bergtekniske forholdene i området (Figur 3). Det påpekes at disse skjæringene ligger noe lavere i terrenget enn de øvre partiene for planlagt tiltaksområde. God planlegging, riktig arbeidsgang og tett geologisk oppfølging av grunnarbeidene er avgjørende for at etablering av nye skjæringer kan gjennomføres på en trygg og sikker måte. Dette gir konsekvensklasse/pålitelighetsklasse **(CC/RC) 3**. Med høy vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse 3 er geoteknisk kategori for etablering av nye skjæringer på tomten lik 3.



Figur 3. Eksisterende skjæring i vestre del av tiltaksområdet. Foten av skjæringen ligger på ca. 70 moh.

2.3 Tiltaksklasse (PBL)

Det skal velges tiltaksklasser for prosjekt eller deler av prosjekt i henhold til Byggesaksforskriften (SAK10) § 9-4 Oppdeling i tiltaksklasser. Geotekniske konstruksjoner som plasseres i konsekvens- og pålitelighetsklasse 3 tilhører, i henhold til Direktoratet for Byggkvalitet sin Veiledning om byggesak HO-1/2011 (DiBK, 2011), tiltaksklasse 3 iht. NS-EN-1990+NA. Prosjektering av grunn- og sikringsarbeidene på tomten vurderes derfor å ligge i **tiltaksklasse 3**. Utførelse av grunn- og sikringsarbeid vurderes også å ligge i tiltaksklasse 3. Prosjekterende og utførende foretak må derfor være godkjent i tiltaksklasse 3.

Veiledning til SAK10 §14-2 setter krav til uavhengig kontroll av geoteknikk i tiltaksklasse 3. For prosjektering omfatter dette kontroll av at det er gjort kvalifisert undersøkelse for å bestemme geoteknisk kategori og fastsettelse av pålitelighetsklasse. For kontroll av utførelse skal det påvises ved stikkprøver at forutsetninger i prosjekteringen er representative for forholdene på byggeplassen, samt at rapportering fra byggeplassen skjer i henhold til geoteknisk kategori.

2.4 Prosjekterings- og utførelseskontroll

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 gir føringer for krav til prosjekteringskontrollklasse (PKK) og utførelseskontrollklasse (UKK) avhengig av pålitelighetsklasse. Plan og bygningsloven (PBL) og Byggesaksforskriften (SAK10) krever i tillegg kontroll i henhold til tiltaksklasse.

I henhold til tabell NA.A1 (902) i NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 skal prosjekteringskontroll settes til:

- **Nye skjæringer i dagen i pålitelighetsklasse 3 → prosjekteringskontrollklasse = PKK3**

For geoteknisk prosjektering gjelder da at det i tillegg til grunnleggende kontroll (egenkontroll) og intern systematisk kontroll også skal utføres utvidet kontroll. Intern systematisk kontroll er en intern, systematisk kvalitetskontroll av prosjektering og faste rutiner i foretaket.

Utvidet kontroll i prosjekteringskontrollklasse PKK3 bør i tillegg til en kontroll som bekrefter at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det prosjekterende foretaket, minst omfatte kontroll av de samme punktene som angitt for egenkontroll i NA.A1(903.2) og være i et omfang som gir tillitt til at prosjekteringen er tilfredsstillende. Kontrollen kan begrenses til konstruksjonens hovedbæresystem eller stabilitet ved geoteknisk prosjektering. Den utvidede kontrollen skal utføres i byggherrens regi, enten av byggherrens egen organisasjon eller et annet foretak, som er uavhengig av foretaket som utførte arbeidene. Kontrolløren må ha tilstrekkelig kjennskap til prosjekterte løsninger samt nødvendig erfaring og faginsikt for å kunne gjennomføre kontrollen.

I henhold til tabell NA.A1 (902) i NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 skal utførelseskontrollklasse settes til:

- **Nye skjæringer i dagen i pålitelighetsklasse 3 → Utførelseskontrollklasse = UKK3**

For utførelse gjelder da at det i tillegg til grunnleggende kontroll (egenkontroll) og intern systematisk kontroll også skal utføres utvidet kontroll.

Utvidet kontroll i utførelseskontrollklasse UKK3 innebærer en kontroll som bekrefter at egenkontroll og intern systematisk kontroll er gjennomført og dokumentert av det utførende foretaket. Det utførte arbeidet skal i tillegg kontrolleres tilstrekkelig til å gi tillitt til at arbeidet er tilfredsstillende. Kontrollen kan være basert på stikkprøver og skal være tilpasset de funn som blir gjort. Spesielt viktige og kritiske områder av betydning for byggverkets sikkerhet skal kontrolleres. Den utvidede kontrollen skal utføres parallelt med utførelsen der dette er hensiktsmessig, og det skal legges til rette for gjennomføringen.

Utvidet kontroll skal utføres i byggherrens regi enten av byggherrens egen organisasjon eller et annet foretak som er uavhengig av foretaket som utførte arbeidene. Kontrolløren må ha tilstrekkelig kjennskap til prosjekterte løsninger samt nødvendig erfaring og faginsikt for å kunne gjennomføre kontrollen.

Plan og bygningsloven PBL § 24 og Byggesaksforskriften SAK 10 § 14 krever i tillegg kontroll i henhold til tiltaksklasse. Tiltaksklasse 2 og 3 krever uavhengig kontroll. For geoteknikk begrenses kontrollkravet for prosjektering til kontroll av at det er utført tilstrekkelig kvalitetssikring av arbeidene, samt at det er gjort kvalifisert undersøkelse for å bestemme geoteknisk kategori og fastsettelse av pålitelighetsklasse. Kontrollkravet for utførelse begrenses til at geotekniske oppgaver er gjennomført og dokumentert som prosjektert, herunder at de er fulgt opp og rapportert slik som anvist av prosjekterende.

2.4.1 Kvalitetssystem

NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 krever at ved prosjektering av konstruksjoner i pålitelighetsklasse 2, 3 og 4 skal et kvalitetssystem være tilgjengelig, og at dette systemet skal tilfredsstillende NS-EN ISO 9000-serien for konstruksjoner i pålitelighetsklasse 4. Vårt system tilfredsstiller sistnevnte, og kravet er dermed ivaretatt også for pålitelighetsklasse 2 og 3.

2.5 Eurokode 8

Prosjektering for jordskjelv anses som ulykkestilstand. Det velges grunntype A i henhold til NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021, ettersom konstruksjonsmaterialet er berg. I henhold til kapittel NA.3.2.2.2. skal forsterkningsfaktoren bestemmes på bakgrunn av grunntypen ved hjelp av Tabell 3.3; dette gir da en forsterkningsfaktor lik 1,0.

I henhold til NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021, tabell 4.3, foreslås det at den bergtekniske konstruksjonen plasseres i seismisk klasse II ettersom tiltaksområdet skal benyttes som boligbygg. Denne seismiske klassen gir, ifølge NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021 kapittel 4.2.5 og tabell NA.4 (901)en seismisk faktor γ_1 lik 1,0.

Spissverdien for berggrunnens akselerasjon a_{gR} settes til $0,55 \text{ m/s}^2$ ut fra Tabell NA.3.2 i standarden.

For konstruksjoner som plasseres i seismisk klasse I-IIIa kan påvisning av motstand mot seismisk påvirkning etter NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021 fravikes dersom et av standardens kriterier er oppfylt. I dette tilfellet er $a_g = a_{gR}$ $\gamma_1 = a_g S = 0,6$, slik at det er krav til å benytte NS-EN 1998-1:2004+A1:2013+NA:2021. I praksis blir ikke Eurokode 8 benyttet for mindre blokker da sikringen er basert på konstruktive metoder.

3 Overvåkings- og kontrollplan

NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 gir krav om program for oppfølging, observasjon, overvåking, målinger og kontroll under bygging. I geoteknisk kategori 3 skal det utføres byggeplassinspeksjon, kvalitetskontroll av materialer i henhold til NS 3420 (eller prosesskoden), og observasjoner/målinger av grunnenes egenskaper. Byggeplasskontroll er en kontroll av byggearbeidet og innebærer blant annet registrering av grunnforholdene etter hvert som disse avdekkes under bygging. Kontrollplan kan utarbeides som en kontrollmatrise i eget notat og skal regelmessig rapporteres. Aktuell person hos byggherren må ha tilstrekkelig kunnskap til å følge opp de bergtekniske arbeidene. En person med bergteknisk/ingeniørgeologisk kompetanse skal ha det faglige ansvar for permanent sikring.

Vi anbefaler at det i forkant av oppstart av arbeidene gjennomføres et eget møte mellom RIGberg og utførende entreprenør vedrørende forutsetningene som er lagt til grunn i den bergtekniske prosjekteringen. Det kan være behov for økt kontroll dersom det er stor variasjon i materialkvalitet.

3.1 Kontroll av utførelse

Forslag til kontrollplan for utførelse av bergskjæringer er gitt i Tabell 1.

Tabell 1. Forslag til kontrollplan for etablering av bergskjæringer.

	Kontrollpunkt	Omfang/beskrivelse	Ansvar/Utføres av
Bergskjæringer	Prosjektert sprengningsprofil	Sikre konsistens med prosjektering	Entreprenør og byggherre
	Installert sikring	Sjekke at utført rensk, installerte bolter, sprøytebetong og nett er i henhold til prosjekteringen	Entreprenør og byggherre/uavhengig kontrollør

4 Topografi og geologi

4.1 Topografi

De aktuelle byggetomtene omfatter gnr. 120, bnr. 56, 59, 60 og 281 ved Vestre Storheilia i Bergen kommune. Dagens terreng går fra ca. kote +69 til 102 moh. Dagens terreng på tomtene er relativt bratt med helninger fra 30° opp mot 60°. Terrenget heller mot vest (Figur 1). På oppsiden av byggetomtene går tilkomstvei til boliger ved Vestre Storheilia. På nedsiden går bilveien Folldalsheia som også fungerer som tilkomstvei til de planlagte byggetomtene. Sprenging av byggegroper inn i dalsiden vil danne høye skjæringer og behov for bergsikring. Se terrengsnitt i Figur 2 for planlagte skjæringer.

4.2 Geologi

Berggrunnen i området er kartlagt i målestokk 1:50 000 (Fossen & Ragnhildstveit, 2008). Kartleggingen viser at bergmassen består av anortositt med stedvis metagabbro. Resultat fra kartleggingen stemmer godt med feltobservasjoner fra befaring utført 5. august av geolog Frode Johannesen og prosjektingeniør Erlend Gjøsund fra Multiconsult (Figur 4).

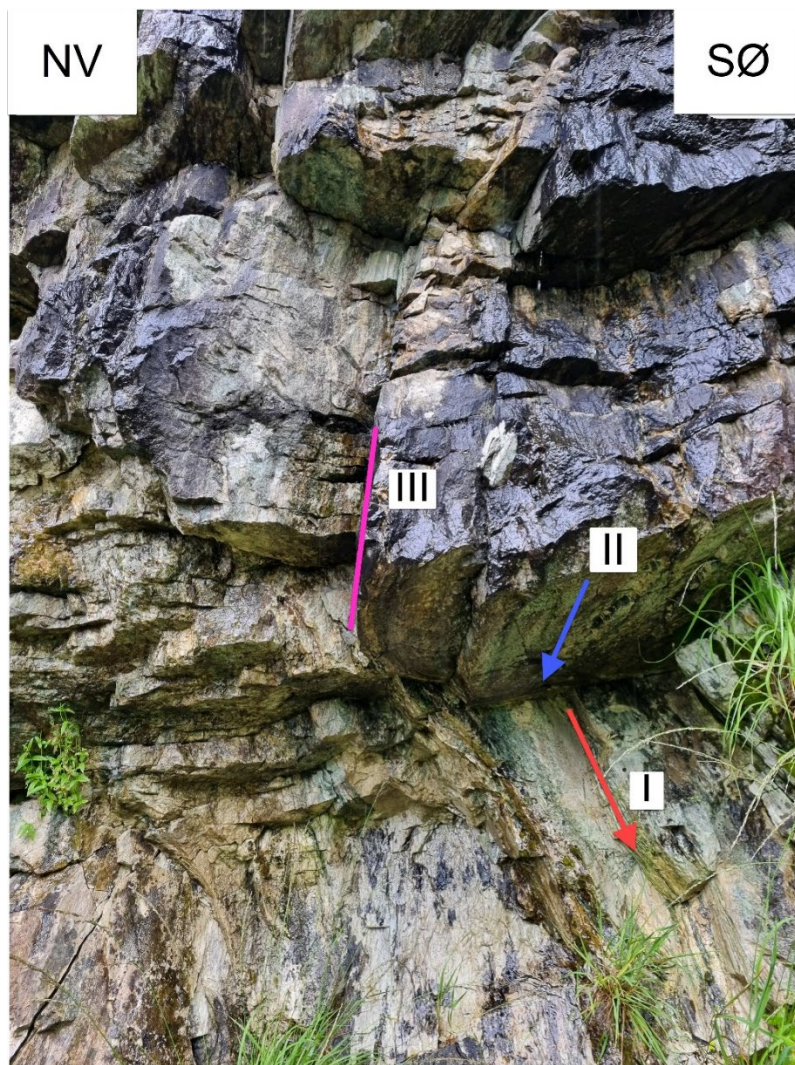
Det eksponerte berget i dagen er hovedsakelig observert langs tre skjæringer. To av skjæringene forekommer nedenfor Folldalsheia 3D, den tredje forekommer i skråningen bak Folldalsheia 5D og 5F (Figur 1). Den eksponerte bergmassen er moderat oppsprukket langs tre tydelige sprekkesett. Det dominerende sprekkesettet, I, følger lagdelingen i bergmassen og faller mot sør. Det nest mest dominerende sprekkesettet, II, faller mot nord. Det tredje sprekkesettet, III, er orientert vest – øst med bratt fall mot stedvis nord og sør. De tre sprekkesettene danner avløste bergblokker i skråningen og kiledannelse (Figur 4). Figur 5 viser et detaljbilde av sprekkesettene.

Dersom de kartlagte sprekkesettene er gjennomgående for hele det planlagte tiltaksområdet vil det med stor sannsynlighet dannes blokker og kiler med utglidningspotensiale fra planlagte skjæringer mot byggegroper. Planlagte skjæringer vil være orientert mot vest, nord og sør (Figur 2). Se kapittel 5 for sikringstiltak.

Det er ikke registrert noen større svakhetssoner som krysser tiltaksområdet, men ettersom et begrenset område med berg er synlig i dagen kan det ikke utelukkes.



Figur 4. Observerte sprekkesett I, II og III ved skjæring langs nedenfor Folldalsheia 3D.



Figur 5. Detaljbilde av observerte sprekkesett I, II og III ved skjæring langs vei nedenfor Folldalsheia 3D.

4.3 Løsmasser

Området består ifølge NGUs løsmassekart hovedsakelig av bart berg eller et tynt løsmasselag over berg. Dette er i tråd med observasjoner gjort under befarings. Løsmassenes utbredelse er nærmere beskrevet i Multiconsult sin rapport for skredfarevurdering av Vestre Storheilia, dokumentkode 10202661-03-RIGberg-NOT-002.

5 Sikringstiltak før sprengning

5.1 Forbolter

Før sprengning må det installeres forbolter langs teoretiske skjæringslinjer. Forboltingen skal benyttes for å unngå utglidninger og for å holde skjæringstopper mest mulig intakt. Det kan benyttes kamstålbolter av vanlig svart stål. Alle boltene skal fullgyses. Det må ikke sprenges inn mot endelig skjæringsvegg før boltemørtelen har oppnådd tilstrekkelig fasthet. Omfang og plassering av forbolter anvises av geolog før sprengning og etter hvert som byggegroppen sprenges ut.

Eventuell ekstra sikring før sprengning vurderes nærmere når arbeidene starter opp.

Spesifikasjon forbolter

Følgende gjelder for forboltene langs teoretisk skjæringstopp:

- Boltetype: Ø32 mm innstøpte kamstålbolter med lengde 4,0 - 6,0 m (etter høyde på skjæringen).
- Korrosjonsbeskyttelse: Ingen, vanlig svart stål
- Senteravstand c/c = 1,0 m
- Bolter installeres ca. 0,5 m inn fra teoretisk skjæringstopp.
- Bolter installeres med en vinkel på 75 grader i forhold til horisontalplanet.

Utførelse forbolter

Følgende arbeidsgang skal gjelde for forboltingen:

- Hull bores med riktig vinkel og til nødvendig dyp.
- Gysemassen må føres ned i bunnen av borehullet ved hjelp av gyseapparat. Ferdig blandet boltemørtel skal ha kremaktig konsistens. Det brukes boltemørtel av typen zinkbolt eller tilsvarende.
- Bolt presses ned i borhull slik at boltemørtel tyter ut i toppen.
- Ved gysing i minusgrader må bolten forvarmes.

6 Sikringstiltak under og etter sprenging

Endelig bergsikring for å ivareta total- og lokalstabiliteten av skjæringer avklares etter hvert som sprengningsarbeidene pågår. Bergsikring utføres i hovedsak ved hjelp av maskinell- og manuell rensk av løst berg, sikring med fullt innstøpte eller endeforankrede bolter og fjellbånd, samt steinsprangnett. Etablering av dreneringshull i skjæringene vurderes på plassen.

6.1 Rensk

Det utføres maskinell rensk av endelig utsprengte skjæringer for å renske ned løse blokker som det ikke er hensiktsmessig å sikre med bolter. Etter maskinell rensk skal det utføres manuell spettrensk for å ta ned mindre blokker og løse steiner som ligger igjen etter den maskinelle rensk. Eventuell spylrensk av skjæringene avklares nærmere med geolog på plassen. Eventuelle løsmasser, vegetasjon og stein langs skjæringstopper renskes vekk inntil 2 m inn fra skjæringen.

6.2 Bolter

Totalstabiliteten av skjæringene ivaretas med endeforankrede eller fullt innstøpte bolter. Bolting utføres spredt på sprekkeavløste- og ustabile bergpartier.

Alle sikringsboltene skal ses på som permanent sikring. Det er aktuelt å benytte sikringsbolter med diameter $\varnothing 20 - 25$ mm med varierende lengde fra 1,5 - 6,0 m. Alle sikringsboltene skal være varmforsinket og pulverlakkert. Bolter skal leveres med skive, halvkule og mutter.

Alle innstøpte bolter skal støpes ut i full lengde. Gysemassen må føres til bunnen av borehullet ved hjelp av gyseapparat.

Ved arbeid i kuldegrader må boltene forvarmes for å unngå at det danner seg islinse rundt boltene når den kommer i kontakt med gysemørtelen.

Endelig bolteomfang, boltetype og vinkling av boltene avklares med geolog på plassen etter hvert som skjæringene sprenges ut.

6.3 Fjellbånd

Det kan bli aktuelt å benytte fjellbånd i tillegg til bolter. Fjellbåndene skal være produsert av 10 mm kamstål og være varmforsinket.

6.4 Steinsprangnett

Det er aktuelt å benytte steinsprangnett for å sikre mot nedfall av stein og mindre blokker i deler av de utsprengte skjæringene. Steinsprangnettet forankres til berget ved hjelp av topp- og bunnvaier og egnede festebolter i et forskjøvet boltemønster på 3 x 3 m. Omfang av steinsprangnett anvises av geolog når skjæringene er ferdig rensket og sikret med bolter.

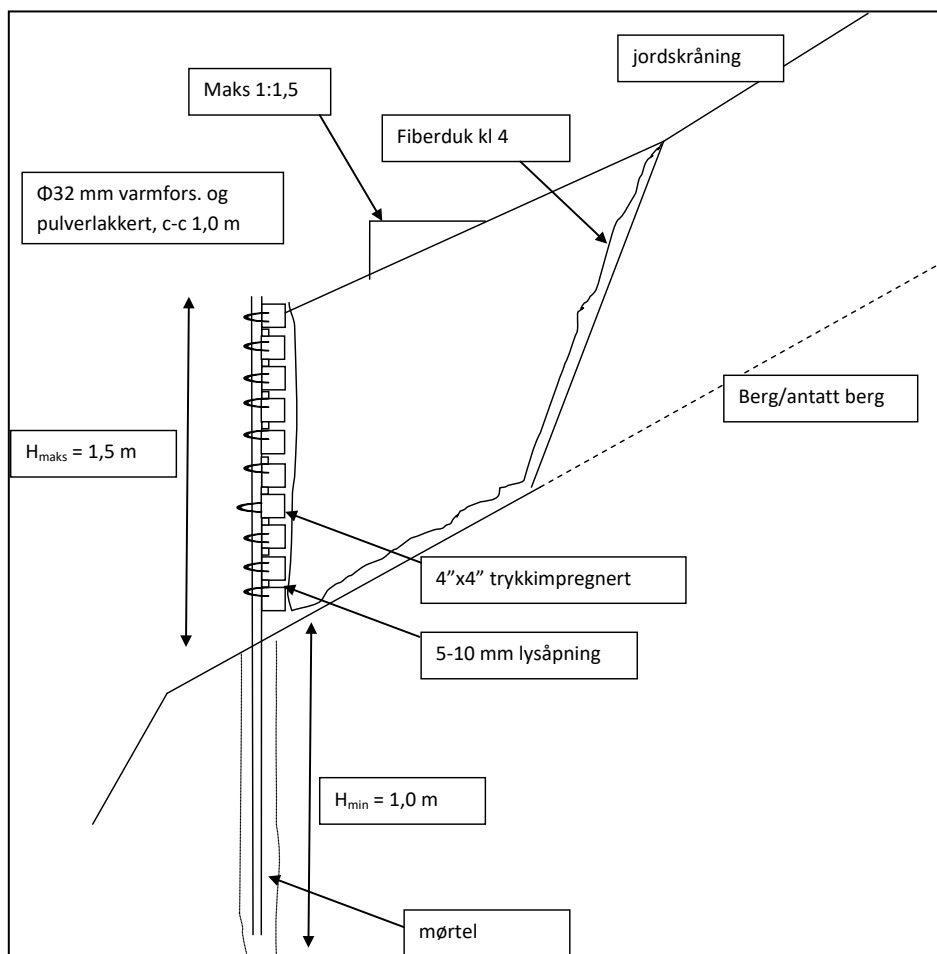
6.5 Plankestengsel

Vi anbefaler at plankestengsler installeres langs topp skjæringskant i enkelte partier for å sikre bakenforliggende løsmasser. Det benyttes $\varnothing 32$ mm fullt innstøpte kamstålbolter som installeres vertikalt ned i berget. Det skal benyttes varmforsikede bolter. Senteravstand c/c mellom boltene skal være 1,0 m. Boltene skal forankres min. 1,0 m i friskt/fast berg. Forankringsområde for plankestengslene må frigraives for løsmasser og sprengstein ned til fast berg.

I dette tilfellet benyttes 4'' x 4'' trykkimpregnert materiale med lysåpning ca. 10-15 mm mellom hvert bord. Tomrommet mellom plankestengsel og bakenforliggende løsmassefylling skal fylles igjen med drenerende grus-/pukkmasse, samt fiberduk mellom jordmasse og grus-/pukkmasse. Se Figur 6 for prinsippkisse plankestengsel.

Nøyaktig omfang og plassering av plankestengsler anvises i felt sammen med sikringsentreprenør etter at løsmasser er fjernet inntil 1 m fra skjæringskant.

Det kan som alternativ til plankestengsel etableres en støpt støttemur langs skjæringskanten. Denne må også forankres i berg og ha dreneringshull i lavpunkt av muren.



Figur 6. Prinsippskisse for plankestengsel.

7 Sprenging og boring

7.1 Sprengningsarbeider

Grunnet bratt terreng i planlagt tiltaksområde, eksisterende infrastruktur i ovenforliggende terreng og planlagte skjæringer med høyde opp til 20 meters høyde må sprengningsarbeidene utføres etappevis på paller med redusert høyde.

Bergskjæringer kan i utgangspunktet sprenges med vanlig kontur med senteravstand c/c 0,7 m og forsetning lik 0,7 m til nærmeste rast. Mindre hullavstand kan imidlertid føre til en bedre kontur og mindre behov for sikring. Kronediameter og bormønster må tilpasses de stedlige forhold. For å unngå uønsket brytning bak endelig skjæringsvegg må bormønster og ladningsmengde reduseres nær endelig skjæringsvegg. Sømboring må utføres langs alle endelige skjæringsvegger grunnet bratt terreng. Sømboringsrasten skal være uladet og bores ned til sålenivå. Borehullene skal ha en senteravstand på maksimum 0,3 m (c/c 0,3 m).

Endelige skjæringsvegger sprenges ut seksjonsvis og med begrensede salvevolum. Stuff frigraves etter hver salve for å ha kontroll med brytningen. Grunnentreprenør oversender endelig borplan til geolog for gjennomgang før oppstart av salveboring.

Boreavviket langs kontur skal reduseres i størst mulig grad, og det anbefales å logge borehull før lading for å ha kontroll på eventuelle boreavvik.

Det anbefales at skjæringene sprenges ut med vinkel 10:1 for å gi gode forutsetninger for stabilitet, men vertikal helning kan også benyttes dersom all grunnflate må benyttes for plassering av byggmasse.

Gjenstående berg i skjæringene etter sprengning, dvs. hvor det ikke har løsnet langs sømmen, anbefales å bli fjernet maskinelt ved hjelp av piggemaskin. Selv om berget er hardt vil eksisterende sprekkesett og etablerte sømraster sørge for at det er mulig å pigge ned gjenstående berg. I tillegg vil salven ha påvirket den gjenstående bergmassen slik at den sannsynligvis vil fremstå som mer oppsprukket enn før sprenging.

Alle salver skal dekkes med tunge dekningsmatter av god kvalitet. Mattene skal ha god overlapp og gå minimum 3 m utenfor ytterste hullrad. Der mattene blir liggende på skrånende underlag skal de sys sammen med kjetting eller wire og forankres i bakkant. Foten på salvene bør i tillegg dekkes med tilbakefylt sprengstein der det er praktisk mulig å få det til. Det aksepteres ikke sprut.

Entreprenøren skal være godkjent i angitt tiltaksklasse og skal fremlegge sin godkjente SHA-plan.

7.2 Sprengningsinduserte vibrasjoner

Grenseverdi for toppverdi av frekvensveid vibrasjon i vertikal retning ved sprengning er bestemt på grunnlag av NS8141:2001 Vibrasjoner og støt.

Standarden fastsetter en metode for å bestemme veiledende grenseverdier for vibrasjoner i byggverk på grunn av grunnarbeider slik som sprengning, peling, spunting, graving, komprimering, anleggstrafikk, o.l., og hvordan vibrasjonene kan måles.

Premissnotat RIGberg

Grenseverdier for toppverdien av vibrasjoner fra grunnarbeider, riving og anleggstrafikk (v) fastsettes etter formelen:

$$V = V_0 * F_g * F_b * F_d * F_k$$

der

V_0 er den ukorrigerede toppverdien av vertikal svingehastighet i millimeter per sekund og fastsatt til 20 mm/s;

F_g er en grunnforholdsfaktor som tar hensyn til grunnforholdene der byggverket står.

F_b er en byggverksfaktor som er avhengig av type og utforming av byggverk, konstruksjonsmateriale og fundamenteringsmåte.

F_d er en avstandsfaktor som tar hensyn til avstanden mellom vibrasjonskilden og målepunkt.

F_k er en kildefaktor som tar hensyn til egenskaper ved vibrasjonskilden.

Vurderingene for anbefalte grenseverdier fra sprengningsinduserte vibrasjoner, er satt med bakgrunn i studie av flyfoto i prosjektområdet med visuell kartlegging av grunnforholdene, samt historiske foto av området. Rystelsesgrenser må revideres dersom det kommer frem ny informasjon om byggene ved forhåndsbesiktigelse før sprengningsarbeider starter.

Registreringene som er gjort omfatter type bygning, bygningsmaterialer, omtrentlig tilstand på byggverk, og antatte grunnforhold.

Rystelsesgrensene er fastsatt på bakgrunn av følgende faktorer; antatt fundamentering på berg over et tynt avrettingslag, at bygningene er følsomme, at hovedmaterialet er tre og/eller betong, platefundamentering og at det er sprengning/pigging som er vibrasjonskilde. Ved avstander mindre enn 10 m skal deformasjonsskader pga. støt/løft fra sprenggasser vurderes spesielt.

Rystelsesgrensene kan justeres etter gjennomførte besiktigelser. De aktuelle nabobyggene er foreløpig ikke besiktiget, og dermed vil faktorene som blir brukt for bygningsmassen være noe usikre. Vurderingene tar ikke hensyn til eventuelt sårbart utstyr som er i byggene. Endelige rystelsesgrenser anbefales av den grunn å bli endelig fastsatt etter at forhåndsbesiktigelse av omkringliggende bebyggelse er utført.

Entreprenør er pålagt å benytte overnevnte standard til å fastsette maksimale sprengningsladninger under arbeidene.

En oversikt over aktuelle rystelsesgrenser på omkringliggende bygg og konstruksjoner er gitt i Tabell 2. Ved meisling / pigging skal de angitte grenseverdiene reduseres med 20 prosent i forhold til sprengning.

Eksempel på utregning for rystelsesgrense er gitt ved:

$$V = V_0 * F_g * F_b * F_d * F_k$$

$$V = 20 \text{ mm/s} * 2,5 * (0,65 * 1,2 * 0,8) * 1 * 1 = 31 \text{ mm/s}$$

$$\text{Ved meisling/pigging: } V = 31 \text{ mm/s} * 0,8 = 25 \text{ mm/s}$$

For Foldalstunnelen bybanetunnel er bergmassekvaliteten beskrevet til å variere mellom svært dårlig berg (klasse E, $Q = 0,13$) til bra berg (klasse B, $Q = 30$). Tunnelen er permanent sikret med sprøytebetong og bolter, i tillegg til spilingbolter og buer i områder med liten overdekning og/eller partier med slepper med registrert svelleleire. Se geologisk sluttnotat fra Multiconsult, dokumentkode 614756-C11-RIGberg- NOT-040, for detaljer.

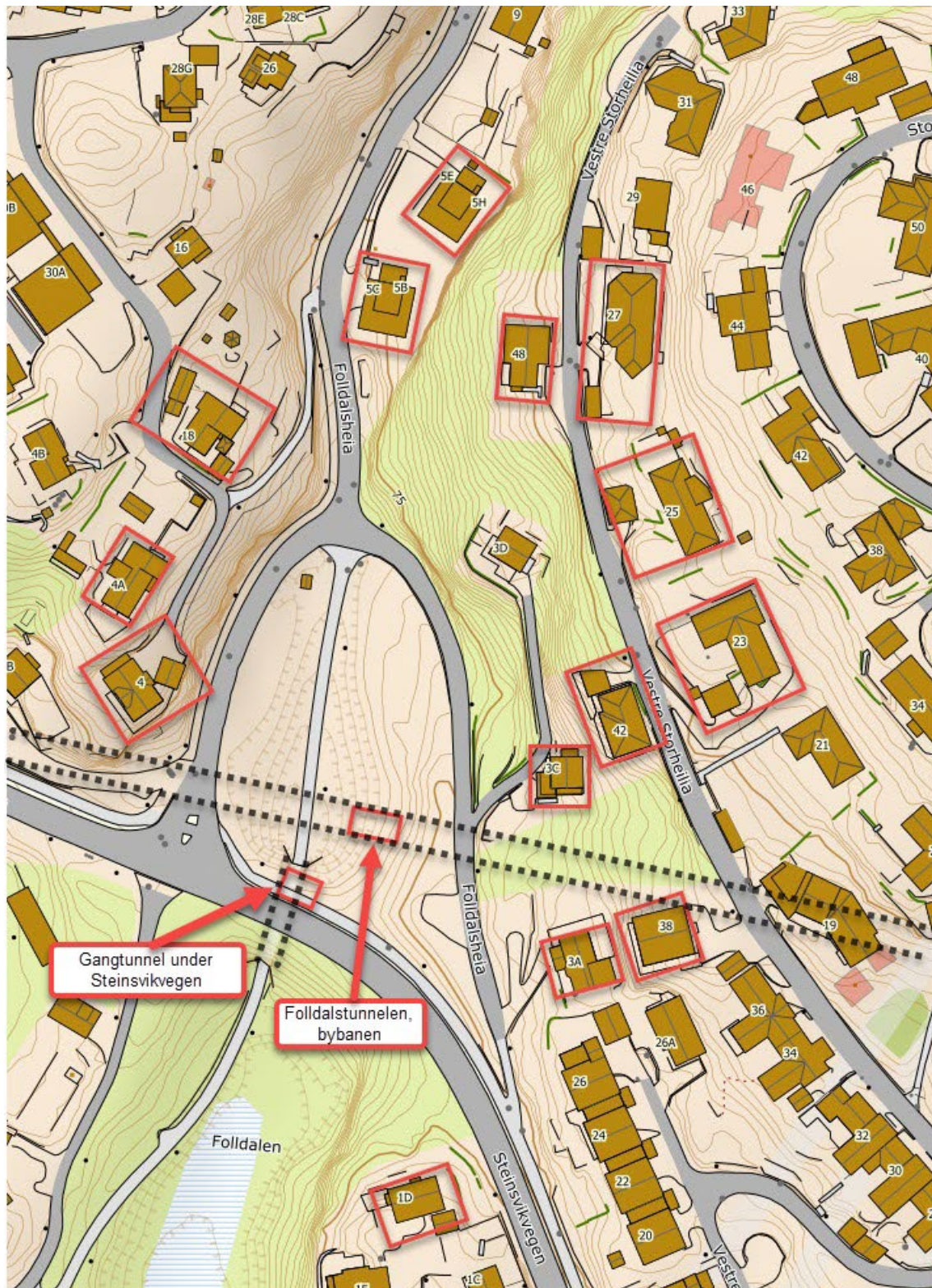
7.3 Plassering av rystelsesmålere

For å ha kontroll på sprengningsinduserte vibrasjoner bør rystelsesmålere plasseres ut på grunnmur ved utvalgte boliger og konstruksjoner i nær omkrets til sprengingslokalitet.

Rystelsesmålere plasseres i hovedsak på nabobygg og konstruksjoner nærmere enn 50-100 m fra planlagte sprengningsarbeider. Det benyttes triaksiale målere i tunneler/bergrom og ved sprengning nærmere enn 10 m fra omkringliggende bygninger/konstruksjoner. Vibrasjoner i tilknytning til sprengningsarbeidene skal overvåkes i henhold til NS 8141 gjennom hele anleggsperioden. Anbefalt plassering av rystelsesmålere i forbindelse med sprengningsarbeidene er vist i Tabell 2, samt i Figur 7.

Tabell 2. Oversikt over anbefalt rystelsesgrense og plassering av rystelsesmåler på omkringliggende bebyggelse og konstruksjoner. Ved meisling / pigging skal de angitte grenseverdiene reduseres med 20 prosent i forhold til sprengning. Ved avstander mindre enn 10 m skal deformasjonsskader pga. støt/løft fra sprenggasser vurderes spesielt.

Gnr./bnr.	Adresse	Type konstruksjon /bygg	Rystelsesgrense sprengning/pigging	Rystelsesmåler
120/49	Folldalsheia 3A	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/56	Folldalsheia 3C	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/19	Folldalsheia 4	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/84	Folldalsheia 4A	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/69	Folldalsheia 5A-D	Boliger	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/69	Folldalsheia 5E-H	Boliger	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/17	Folldalsheia 18	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/112	Folldalslia 1D	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/179	Vestre Storheilia 23	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/188	Vestre Storheilia 25	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/330	Vestre Storheilia 27	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/424	Vestre Storheilia 38	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/416	Vestre Storheilia 42	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
120/59	Vestre Storheilia 48	Bolig	31 / 25 mm/s	Ja, 1 stk.
	Steinsvikvegen	Gangtunnel under Steinsvikvegen	35 / 28 mm/s	Ja, 1 stk. triaksial.
	Folldalstunnelen	Bybanetunnel mellom Råstølen og Lagunen	35 / 28 mm/s	Ja, 1 stk. triaksial.



Figur 7. Markering (med rødt) av aktuelle bygninger og konstruksjoner hvor det anbefales å montere rystelsesmålere i forbindelse med utbedring av lokalvegen.

7.4 Tilstandsregistrering

Det bør gjennomføres utvendig og innvendig besiktigelse (digital videofilming) av bygg og konstruksjoner før oppstart av anleggsarbeidene. Ifølge standarden (NS 8141:2001) anbefales det at omkringliggende byggverk fundamentert på berg i en radius på 50 m fra sprengingsstedet besiktiges. For byggverk fundamentert på løsmasser er denne radiusen 100 m. Dersom det blir utført tilstandsregistrering vil det bli utarbeidet en enkel rapport som viser omfang og relevante registreringer. Rapporten vil bl.a. inneholde opplysninger om antatt fundamenteringsmetode og synlige skader for hver enkelt eiendom. Data fra videofilmingen vil bli overlevert uredigert på en ekstern harddisk/USB-stick.

Dersom grunneier mener at det oppstår skader på bygg eller konstruksjoner i anleggstiden, vil det bli utført en etterbesiktigelse og vurdering av skade. I anleggsperioden anbefaler vi at grunnmurene til enkelte av de aktuelle byggene får påmontert rystelsesmåler som overvåker og registrerer alle rystelser fra sprengningsarbeidet.

7.5 Hensyn til omgivelsene og 3. part

Allmenheten skal påføres minst mulig ulempe i anleggsperioden. Grunnarbeidene skal gjennomføres slik at skader på tilstøtende infrastruktur, konstruksjoner og nabobebyggelser unngås. Ved sprengning vil hensynet til omgivelsene legge sterke føringer på salvestørrelsene og metode for berguttak. Det må påregnes begrensninger i skytetid, offentlig varsling, varsling av berørte parter rett før avfiring og utvidet posting for sikring mot skader. Entreprenør er ansvarlig for å vurdere hvor mye av omkringliggende areal som må stenges av og evakueres for at sprengningsarbeidene skal kunne utføres i trygg avstand til 3. part og omkringliggende bebyggelse. God kommunikasjon mot berørte grunneiere både før og gjennom anleggsfasen er viktig for å redusere belastningen grunnarbeidene vil påføre naboeiendommene i form av støy, støv og rystelser når arbeidene pågår.

Anleggsområdet sikres med anleggsgjerde og skilt for å hindre uvedkommende tilkomst. Det utarbeides posteplan for sprengningsarbeidet som viser hvilke områder som skal stenges ved sprengning. Varsling av salve utføres med sirene.

Steinsprut og uttak av berg tett inn mot og i overkant av tilstøtende naboeiendommer vurderes som de største risikoene i forbindelse med grunnarbeidene. Entreprenør skal utføre SJA for planlagte grunnarbeider slik at man forhindrer personskader og materielle skader på 3. part. Salvene dekkes med sprengningsmatter med god overlapp for å unngå steinsprut. Ekstra dekking av salve ved bruk av not vurderes av bergsprenger i hvert enkelt tilfelle.

Det skal gjennomføres effektive tiltak for å redusere støvutslipp fra all støvende aktivitet. Støving skal holdes på et praktisk gjennomførbart minimum, blant annet ved bruk av støvavskillere på borerigger og vann på salve. Ellers vises det til regulering av støv i Forurensningsforskriften.

7.6 Risikovurdering av planlagte sprengningsarbeider

Det henvises til vedlegg A for overordnet risikovurdering av sprengningsarbeidene som skal utføres. Listen er ikke uttømmende. Entreprenør er ansvarlig for å vurdere om det er andre faktorer som bør inkluderes for å ivareta sikkerhet, helse og miljø på anlegget. Entreprenør skal gjennomføre detaljerte risikovurderinger med hensyn til SHA og ytre miljø i anleggsfasen.

8 Vedlegg

Vedlegg A – Risikovurdering av grave- og sprengningsarbeider

9 Referanser

Fossen, H. & Ragnhildstveit, J. (2008). *Berggrunnskart*, Bergen; 1115-1. 1:50 000. Norges geologiske undersøkelse.