Rapport HBVL_RIGBerg-RAP-001
Ingeniørgeologi og hydrogeologi
Reguleringsplan

Sweco Norge AS	Organisasjonsnr. 967032271
Prosjekt	Haneborgåsen
Prosjektnummer	10245668
Kunde	Skanska Norge AS
Dokumentnummer	HBVL_RIGBerg-RAP-001
Dokumentreferanse	HBVL_RIGBerg-RAP-001_Ingeniørgeologisk_rapport

Revisjonshistorikk

Rev	Dato	Beskrivelse av endringen	Utarbeidet av	Kontrollert av
00	27.02.2026		NOKNSK, NO1A3Y	NOROHD NOBIVA, NO1A4Y
01	02.03.2026	Endring kap. 5.2	NOKNSK	NOROHD
02	13.04.2026	Ensidig driving fra tverrslag	NOKNSK	NOROHD
03	26.06.2026	Justeringer tekst. Suppleringer etter befaring	NOKNSK, NORIMA	NOROHD

Sammendrag

Det planlegges bygging av vannledning gjennom marka ved Haneborgåsen. Ledningen skal gå i tunnel og borehull på strekningen i omtrent rett linje fra Steinbekk til Ødegårds vei.

Tunnelen skal drives konvensjonelt med boring og sprengning og med et minimumstverrsnitt på ca. 15-25 m^2. Drivingen skal foregå via et tverrslag som etableres ved Ødegårds vei. Fra ca. 40 m vest for kryss rørtunnel/tverrslag, skal det bores et ca. 280 m langt borhull med diameter 1060 mm ut mot mottaksgropa vest for kryssing av Ødegårds veg.

Hovedbergarten i området er glimmergneis. Traséen krysser minst 6-7 svakhetssoner. Berget i området har rimelig god kvalitet utenom svakhetssonene.

Tunnelen sikres med bolter og sprøytebetong etter behov. Det benyttes systematisk sonderboring langs hele tunneltraséen. Ved kryssing av markerte svakhetssoner er det lagt opp til systematisk forinjeksjon og ellers behovsprøvd forinjeksjon basert på registrert innlekkasje.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag 1

1 Innledning 4
1.1 Tiltaksbeskrivelse 4
1.2 Rapportens formål 5
1.3 Beskrivelse av tiltaket og planområdet 5
1.4 Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse 5
1.5 Grunnlagsmateriale 9

2 Utførte grunnundersøkelser 9
2.1 Feltarbeid og ingeniørgeologisk kartlegging 9
2.2 Grunnvannsovervåkning 9
2.3 Refraksjonsseismikk 10
2.3.1 Resultater 10

3 Grunnforhold 11
3.1 Overdekning 11
3.2 Naturverdier 11
3.3 Kvartærgeologi 12
3.4 Berggrunnsgeologi 14
3.4.1 Bergarter 14
3.4.2 Oppsprekking 17
3.4.3 Bergmassekvalitet 19
3.4.4 Svakhetssoner og sprekkesoner 20
3.5 Hydrogeologi 21
3.5.1 Grunnvann i løsmasser 21
3.5.2 Grunnvann i berg 22
3.5.3 Vannbalanse myrområder 22
3.5.4 Brønner 24
3.6 Skredfare 24

4 Ingeniørgeologiske vurderinger 25
4.1 Bergmassekvalitet 25
4.2 Stabilitet og sikring 25
4.3 Sprengsteinskvalitet 25
4.4 Rystelser 25
4.4.1 Generelt 25
4.4.2 Grenseverdier 26
4.5 Anleggsdeler 30
4.5.1 Påhugg/forskjæring Tverrslag Ødegårds vei 30
4.5.2 Påhugg/forskjæring Steinbekk 32
4.5.3 Tunneltrasé 35
4.5.4 Grovhullstrasé 36

5 Hydrogeologiske vurderinger 37
5.1 Energibrønner 37
5.2 Påvirkning på ytre miljø 38

6 Innlekkasjekrav og injeksjon 39
7 Oppfølging i byggefasen 43
8 Referanser 44

Vedleggsliste:

Vedlegg 1: Ingeniørgeologisk kart og profil

1 Innledning

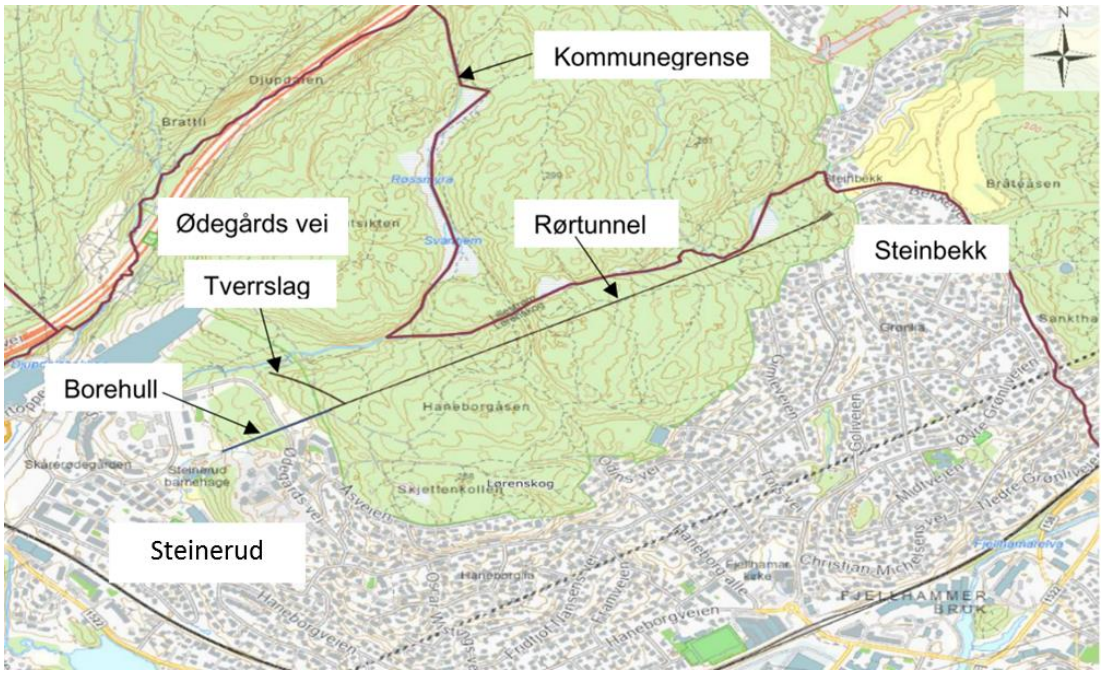
1.1 Tiltaksbeskrivelse

Nedre Romerike vann- og avløpsselskap IKS (NRVA) har som formål å produsere og levere drikkevann og rense avløpsvann for sine eierkommuner. NRVA behandler omtrent 17 millioner m^3 drikkevann til ca. 180.000 innbyggere.

NRVA renser i størrelsesorden 21 millioner m^3 avløpsvann i året, noe som gir et snitt på rundt 750 liter i sekundet. I tillegg til næring og industri er det tilknyttet ca. 135.000 innbyggere til renseanlegget.

NRVA planlegger å etablere ny vannledning gjennom Haneborgåsen, mellom forberedte påkoblingspunkter på sitt eksisterende nett ved Ødegårds vei og på Steinbekk. Formålet med ledningen er å fullføre etablering av en indre ring i NRVAs distribusjonsnett, noe som vil sikre nødvendig hydraulisk kapasitet og sikkerhet i vannforsyningen i henhold til selskapets utviklingsplan.

NRVA skal legge ny vannledning i tunnel gjennom Haneborgåsen. Vannledningen vil hovedsakelig ligge i fjell. Tiltaket vil ikke være synlig etter at det er ferdig med unntak for to portaler ved inngang til fjelltunnelen.



Figur 1. Oversikt over trasé for tunnel med vannledning.

Tunnelen skal drives konvensjonelt med boring og sprengning og drives ensidig fra Ødegårds vei. Fra Ødegårds vei starter tunnelen med et tverrslag (sidetunnel). Tverrslaget er ca. 200 meter langt og har et tverrsnitt ca. 25 m2 (5x5 m). Fra tverrslaget går hovedtunnelen til Steinbekk. Hovedtunnelen er ca. 1,4 km lang og har et tverrsnitt på ca. 15 m2 (4x4 m). Fra tunnelåpningen på Steinbekk vil ledningen legges i grøft ca. 120 meter til påkobling i ventilhuset langs Bekkeveien.

I krysset mellom tverrslaget og hovedtunnelen vil vannledningen gå i et boret hull i retning Steinerud og komme ut nord for parkeringsplassen til Steinerud barnehage og kobles til eksisterende ledning. Boret lengde blir ca. 265 meter med en diameter på ca. Ø1060 mm.

1.2 Rapportens formål

Denne rapporten beskriver de ingeniørgeologiske/hydrogeologiske forholdene langs tunnel- og boretraséen. Grunnforhold er beskrevet basert på feltkartlegging, grunnundersøkelser og kartstudie. Med bakgrunn i dette gis det en ingeniørgeologisk/hydrogeologisk vurdering av forholdene. Det er til rapporten utarbeidet et ingeniørgeologisk kart/profil.

Rapporten er basert på Norconsults tidligere ingeniørgeologiske notat til forprosjektet [1]. I forprosjektet var det planlagt to borehull noe lengre sør enn foreslått trasé for tunnel, men deres utredning dekker også delvis området for tunnel.

1.3 Beskrivelse av tiltaket og planområdet

Prosjektet ligger i marka nord for Fjellhamar i Lørenskog kommune. Ledningen skal gå gjennom marka i tunnel og borehull mellom Steinbekk i øst og Ødegårds vei i vest. Terrenget er kupert med markerte søkk. I området ved Ødegårds vei passerer borehullet Selvaags tomt hvor det skal bygges ut med ytterligere boligblokker. Borehullet passerer også under Ødegårds vei.

Prosjektet består av etablering av en overføringsledning for drikkevann fra Steinbekk i øst til Ødegårds vei i vest. Det meste av traséen går i tunnel. Tunnelen får en lengde på ca. 1230 m. Tunnelen skal drives konvensjonelt via et tverrslag ved Ødegårds vei som får en lengde på ca. 195 m. Fra kryss tverrslag/rørtunnel drives ca. 40 m av tunnelen der den avsluttes inne i fjellet. Fra her bores et grovhull (ca. 280 m) mot endepunktet vest for Ødegaådsvei. Figur 1 viser planområdet med tunneltraséen.

Rørtunnelen skal ha et tverrsnitt på ca. 15 m^2 fra tverrslaget og østover. Tverrslaget og rørtunnelen vestover fra tverrslaget skal ha et tverrsnitt på ca. 25 m^2. Borehullet skal ha en diameter på ca. 1060 mm.

Tabell 1. Oversikt elementer og parametere (omtrentlige).

Elementer	**Lengde**	**Tverrsnitt**	**Fall**	**Kote endepunkter**	
Rørtunnel	1230 m	15 m2	0,006 %	195	187
Rørtunnel	40 m	25 m2	0,006 %	187	187
Tverrslagstunnel	195 m	25 m2	0,103 %	208	188
Grovhull	280 m	Ø1060 mm	0,004 %	188	187

1.4 Geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse

Prosjektering av bergarbeidene følger Eurocode 0 og 7. Standardene stiller krav om at det fastsettes geoteknisk kategori og pålitelighetsklasse for prosjektet. Prosjekterings- og kontrollomfang fastsettes i prosjekteringsfasen og justeres eventuelt i byggefasen.

Prosjektet omfatter etablering av drikkevannsledning i tunnel. Tunnelen drives med lite tverrsnitt.

Det er relativt oversiktlige bergforhold og stort sett rimelig god bergoverdekning. Tunnelen passerer noen markerte svakhetssoner. Det forventes «normale» driveforhold langs det meste av tunnelstrekningen, noe forsterkning i påhuggsområdene og tyngre sikring og systematisk forinjisering ved kryssing av svakhetssoner og strekninger med liten bergoverdekning især mot utslaget ved Steinbekk i øst.

Tunnel går under et skogsområde. Det er et mindre tjern noen hundre meter nord for tunnelen, samt enkelte myrer i området.

Pålitelighetsklasse

For valg av Pålitelighetsklasse refereres til Eurokode 0 [2] og tabell NA.A1 (901) i nasjonalt tillegg, se Tabell 2. Grunn- og fundamenteringsarbeider og underjordsanlegg i enkle tilfeller med pålitelighetsklasse 2 anses å gjelde for dette prosjektet.

Vanskelighetsgrad

Vanskelighetsgraden avhenger av grunnforholdenes kompleksitet og type prosjekt. Det vises til Tabell 3. Vanskelighetsgraden er vurdert til lav til middels.

Geoteknisk kategori

Geoteknisk kategori gir føringer på omfang av arbeid under planlegging, bygging og drift av prosjektet. Geoteknisk kategori skal angis i henhold til Eurokode 7 [3]. I veileder til Eurokode 7 [3] er geoteknisk kategori definert som en funksjon av vanskelighetsgrad og pålitelighetsklasse, se Tabell 4.

Geoteknisk kategori 2 anses å gjelde for prosjektet.

Tabell 2. Klassifisering av pålitelighetsklasse, fra tabell NA.A1 i nasjonalt tillegg til NS-EN 1990 [2].

Veiledende eksempler for klassifisering av byggverk, konstruksjoner og konstruksjonsdeler	Pålitelighetsklasse [2] (CC/RC)			
	1	2	3	4
Atomreaktorer, lager for radioaktivt avfall				x
Dammer			x	(x)
Marine konstruksjoner for petroleumsindustrien			x	(x)
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg i kompliserte tilfeller [1]		(x)	x	(x)
Veg- og jernbanebruer			x	
Byggverk med store ansamlinger av mennesker (tribuner, kinosaler, sportshaller, kjøpesentre, forsamlingslokaler, osv.)		(x)	x	
Kai- og havneanlegg		x	(x)	
Tårn, master, skorsteiner, siloer		x	(x)	
Industrianlegg		x	(x)	
Kontor- og forretningsbygg, skoler, institusjonsbygg, boligbygg osv.		x	(x)	
Oppdrettsanlegg		x	(x)	
Landbruksbygg	(x)	x		
Feste av kledninger, taktekking og lignende komponenter	x	(x)		
Grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg ved enkle og oversiktlige grunnforhold [1]	x	(x)		
Småhus, rekkehus, mindre lagerhus osv.	x			
Kaier og fortøyningsanlegg for sport og fritid	x			

[1] Ved vurdering av pålitelighetsklasse for grunn- og fundamenteringsarbeider og undergrunnsanlegg skal det også tas hensyn til omkringliggende områder og byggverk.
[2] Kryss uten parentes angir normalt valg av pålitelighetsklasse.

Tabell 3. Klassifisering av vanskelighetsgrad [2].

Vanskelighetsgrad	Beskrivelse
Lav	Oversiktlige og enkle grunnforhold eller et prosjekt som er lite påvirket av grunnforholdene. Ingen eller bare enkle grunnundersøkelser kreves for å fastlegge eventuelle nødvendige geotekniske parametere. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Middels	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som ere påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av grunnforhold og for dimensjonering er godt utviklet. Tilfredsstillende erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.
Høy	Uoversiktlige eller vanskelige grunnforhold og et prosjekt som er påvirket av grunnforholdene. Metoder for fastleggelse av pålitelige parametere eller for dimensjonering er lite utviklet. Bare begrensede erfaringer fra tilsvarende grunnforhold og konstruksjoner kan dokumenteres.

Tabell 4. Definisjon av geoteknisk kategori [3]. * Vurderes særskilt

Pålitelighetsklasse	Vanskelighetsgrad		
	Lav	Middels	Høy
CC/RC 1	1	1	2
CC/RC 2	1	2	2/3
CC/RC 3	2	2/3	3
CC/RC 4*	*	*	*

Tabell 1-5: Prosjekteringskontrollklasse og krav til kontrollform ved prosjektering, tabell NA-A (902) i Eurokode 0 [2].

Valg av prosjekteringskontroll-klasse		Krav til kontrollform		
Pålitelighets-klasse	Minste prosjekterings-kontrollklasse	Egenkontroll	Intern systematisk kontroll	Utvidet kontroll
CC/RC1	PKK1	Kreves	Kreves ikke	Kreves ikke
CC/RC2	PKK2	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC3	PKK3	Kreves	Kreves	Kreves
CC/RC4	Skal spesifiseres	Kreves	Kreves	Kreves

1.5 Grunnlagsmateriale

Følgende grunnlagsmateriale er benyttet i arbeidet:

- Berggrunnskart fra NGU i 1:50.000-skala [4]
- Kvartærgeologisk kart fra NGU [5]
- Grunnvannsdatabase GRANADA fra NGU [6]
- Skredhendelser og aktsomhetskart fra NVE [7]
- Aktsomhetskart for Radon fra NGU [8]

2 Utførte grunnundersøkelser

Registreringer og data fra grunnundersøkelsene er sammenstilt på vedlagt ingeniørgeologisk kart og profil.

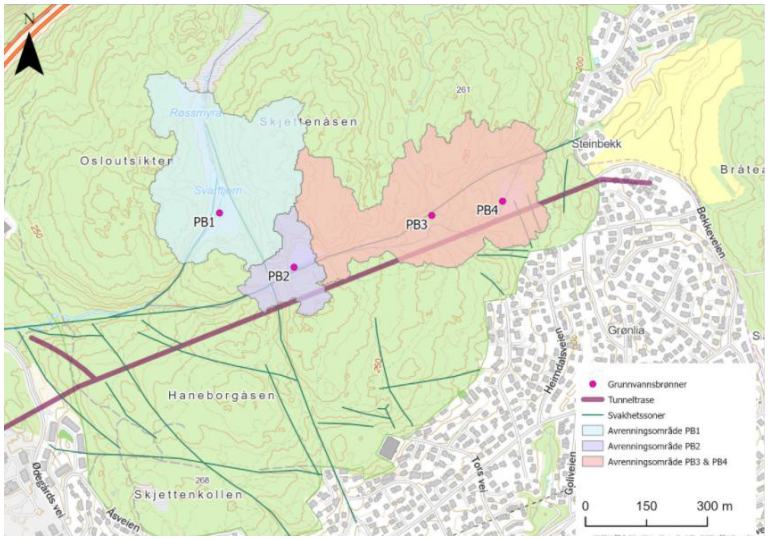
2.1 Feltarbeid og ingeniørgeologisk kartlegging

Sweco har utført flere befaringer i området ifb. optimalisering av prosjektet, først ved planlegging av borehullene slik de er beskrevet i forprosjektet, og senere ved planlegging av direktetunnel mellom Steinbekk og Ødegårds vei. Befaring har vært utført ved påhugg på begge sider, samt ved påhugg til tverrslag og langs hele traséen til direktetunnelen.

Ifb. forprosjektet ble det også utført feltkartlegging i området av Norconsult som dekker deler av planområdet for direktetunnel [1].

2.2 Grunnvannsovervåkning

Det er plassert fire grunnvannsbrønner i området, se Figur 2. Plasseringen er koblet til overvåking av grunnvannstand i myrer som befinner seg i nærheten til planlagt tunneltrasé. Grunnvannstanden har vært overvåket siden mars 2025 med loggende enheter (Divere). Avlesning av loggerne og manuell måling av grunnvannstand blir utført og rapportert månedlig.



Figur 2. Plassering av grunnvannsovervåking i området.

2.3 Refraksjonsseismikk

Refraksjonsseismikk ble utført av Geophysix i 2024 [9]. Det ble målt langs 6 profiler hvorav 5 langs tidligere planlagte boretraséer sør for tunneltraséen som nå planlegges. Et profil ble utført nær tunneltraséen ved Steinbekk. Profilene er vist på vedlagt ingeniørgeologisk kart. Av de utførte målingene er det spesielt seismisk profil P1, P2 og P6 som er av interesse for den valgte tunneltraseen.

2.3.1 Resultater

Profil P1/24 – 210 m

0-4 m med løsmasser, vannfylte masser i midtre del.

Basishastighet 5400-5600 m/s. Dagfjell med 4800 m/s.

Lavhastighetssone (3000 m/s) ved 50-55 lm

Profil P2/24 – 55 m

0-3 m med løsmasser.

Basishastighet 5400 m/s. Dagfjell med 4400-4800 m/s.

Lavhastighetssone (3000 m/s) ved 50-55 lm

Profil P3/24 – 55 m

1-3 m med løsmasser, vannfylte masser i midtre del.

Basishastighet 5400 m/s. Dagfjell med 4800 m/s.

Profil P4/24 – 55 m

0-3 m med løsmasser, vannfylte masser i midtre del.

Basishastighet 5400 m/s. Dagfjell med 4500 m/s.

Profil P5/24 – 55 m

0-5 m med løsmasser, vannfylte masser i midtre del.

Basishastighet 5400 m/s. Dagfjell med 4500 m/s.

Profil P6/24 – 115 m

0-3 m med løsmasser, vannfylte masser i midtre del.

Basishastighet 5400-5700 m/s. Dagfjell med 4800 m/s.

Lavhastighetssone (3000 m/s) ved 20-28 lm. Noe lavere hastighet (4100 m/s) ved 57-75 m.

3 Grunnforhold

3.1 Overdekning

Terrengprofil langs tunneltraseen er vist i vedlegg 1.

Tunneltraséen starter i øst ved Steinbekk (påhugg på kt. 195). Det er tidligere sprengt ut en grop der påhugget er planlagt. Gropen er i dag tilbakefylt med masser. Terrenget ligger her på kt. 202. Terrenget stiger gradvis mot vest. Høyeste punkt er omtrent midt på traseen på kt. 275. Terrenget faller av i begge retninger fra høyeste punkt.

Tunnel avsluttes inne i fjellet øst for Ødegårds vei på ca. kt. 188. Tunnelen får et fall på ca. 0,006%. Herfra skal det bores videre vestover med borhullsdiameter på 1060 mm til kt. 187. Boret lengde blir ca. 280 m. Borehullet får et fall mot mottaksgropa på 0,004%.

Det blir etablert tverrslag ved Ødegårds vei. Tverrslaget er planlagt med såle på kt. 208 i påhugget. Fra påhugget stiger terrenget på langs tunneltraséen. Tverrslaget går med 10% synk ned til rørtunnelen.

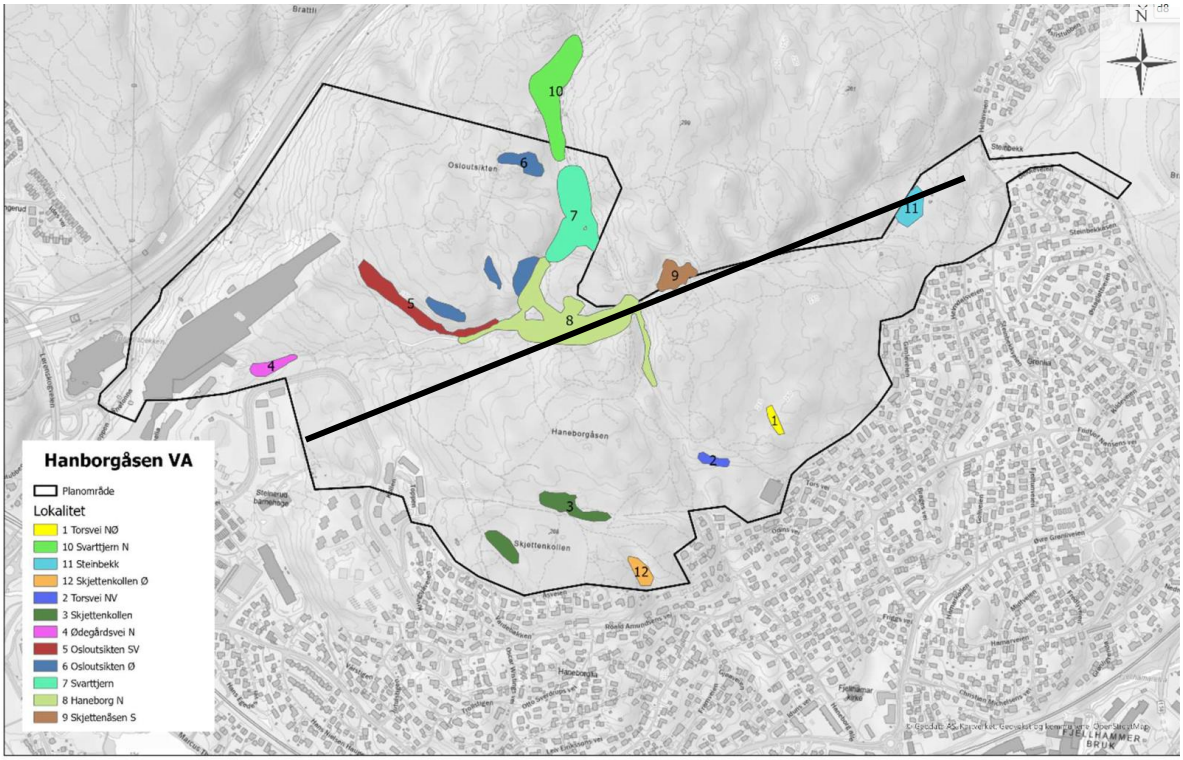
Overdekningen er på det meste ca. 80 m for rørtunnelen. På Steinbekk-siden er det en strekning på 200 m med ca. 10-20 m overdekning.

Borehullet har på det meste ca. 50 m overdekning. Overdekningen reduseres til ca. 10-15 m ved Ødegårds vei. Nær enden ved mottakgsgropen er det kun et par meter overdekning.

Tunnelpåhugget for tverrslaget er planlagt med en bergoverdekning på 3,5 m. Tverrslaget får en jevnt stigende overdekning fra påhugget og ned til rørtunnelen hvor overdekningen er ca. 40 m.

3.2 Naturverdier

Langs tunneltraséen er det mest barskog med tynt vegetasjonsdekke. I forsenkninger er det dypere lommer med løsmasser og det er også myrer i området. Det er utført kartlegging av naturverdier i området [10], se Figur 3 med markering av områder. Tunnel vil passere under delområde D8 som er et større sammenhengende belte med høgstaudegranskog, og gammel bar- og sumpskog. Det er også mindre områder med gammel fattige sumpskog. Delområde D7 bestående av Svarttjern har svært stor naturverdi.



Figur 3. Kartlagte naturtyper [10].



Figur 4. Typisk terreng langs tunneltraséen.

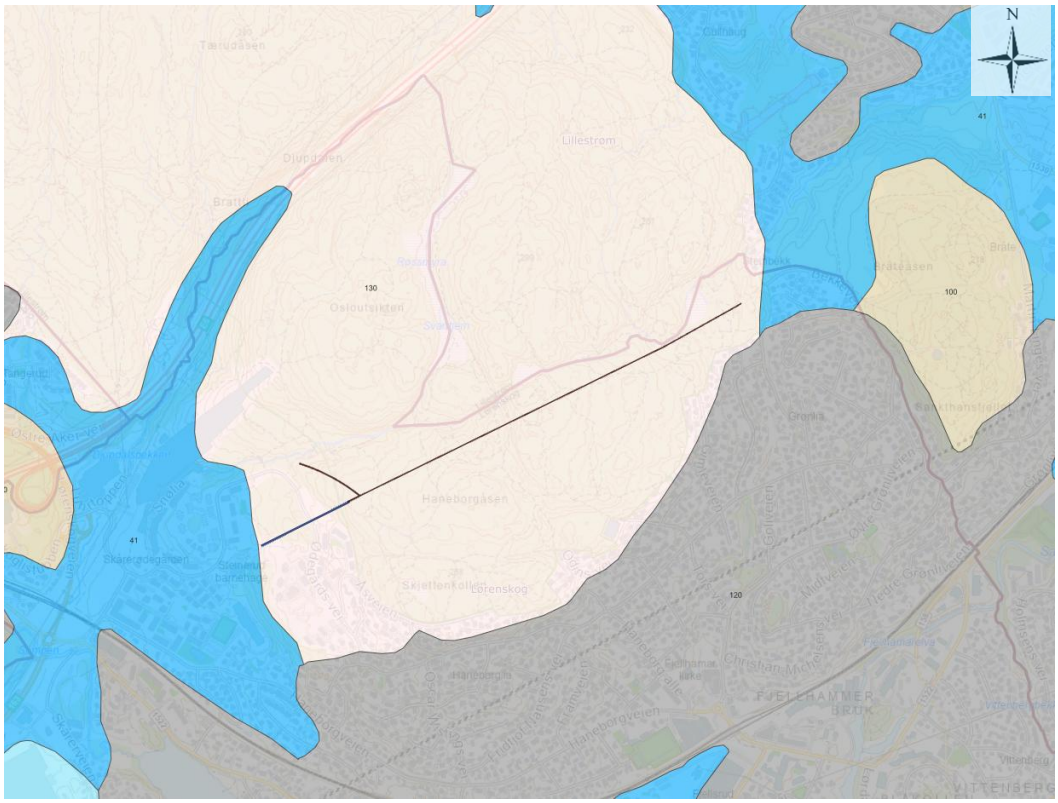
3.3 Kvartærgeologi

Kvartærgeologisk kart fra NGU [5] viser at traseen går i et område med bart berg/tynt løsmassedekke, se figur 5. Dette bekreftes fra feltkartleggingen hvor det er registrert stedvis bergblotninger i hele planområdet.

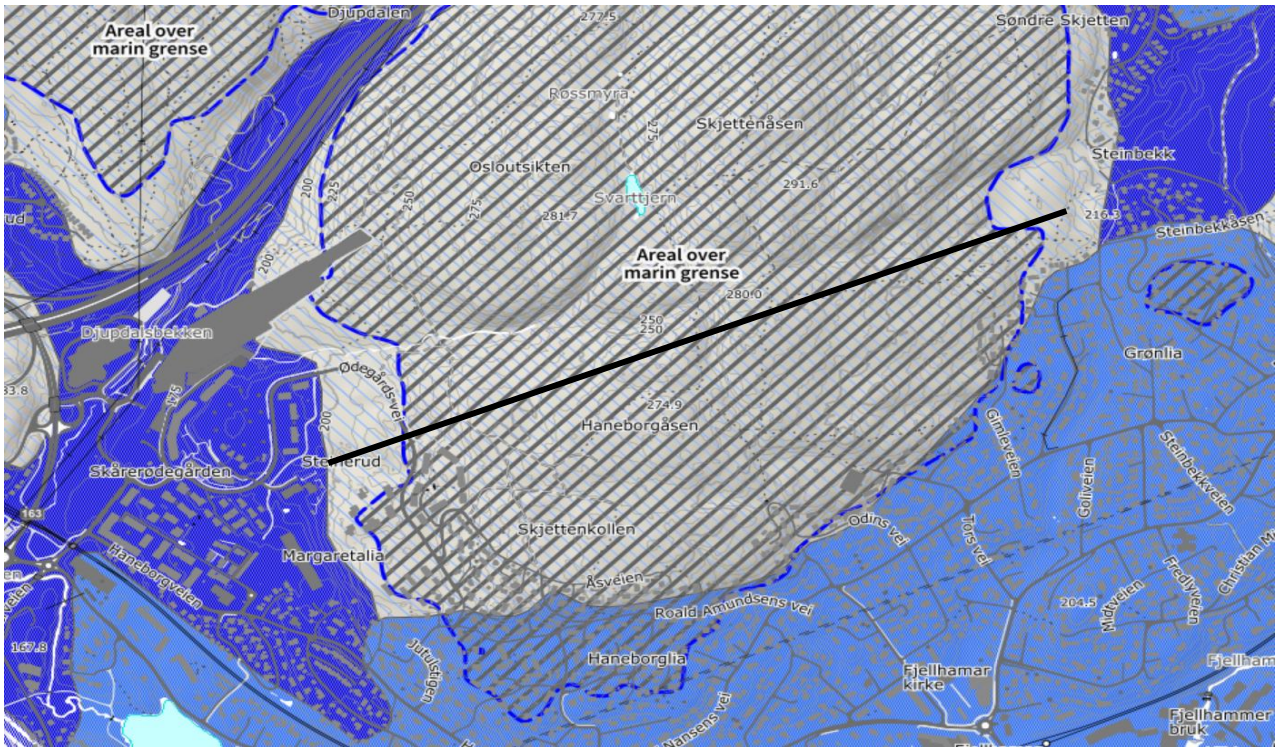
Refraksjonsseismiske undersøkelser viser også at det i hovedsak er snakk om et beskjedent løsmassedekke.

Terrenget langs tunneltraséen ligger over den marine grensen og store deler av terrenget er enten blottlagt berg eller har liten løsmasseoverdekning. Løsmasser med en viss mektighet er stort sett begrenset til forsenkninger og dalsøkk. Kun endepunktene for tunnelen og borehullet grenser mot den marine grensen. Det er derimot kartlagt bart berg i områdene. Mottaksgropen til borehullet ved Ødegårds vei grenser mot området med marine avsetninger.

Jordene ved Steinbekk ligger lavere enn marin grense, og der består grunnen hovedsakelig av marin leire.



Figur 5. Kvartærgeologisk kart, NGU [4]. Rosa=bart berg i dagen/tynt vegetasjonsdekke. Blått= hav-/strandavsetninger, sammenhengende dekke. Grått=Fyllmasser.



Figur 6. Marin grense, NGU [5].

3.4 Berggrunnsgeologi

3.4.1 Bergarter

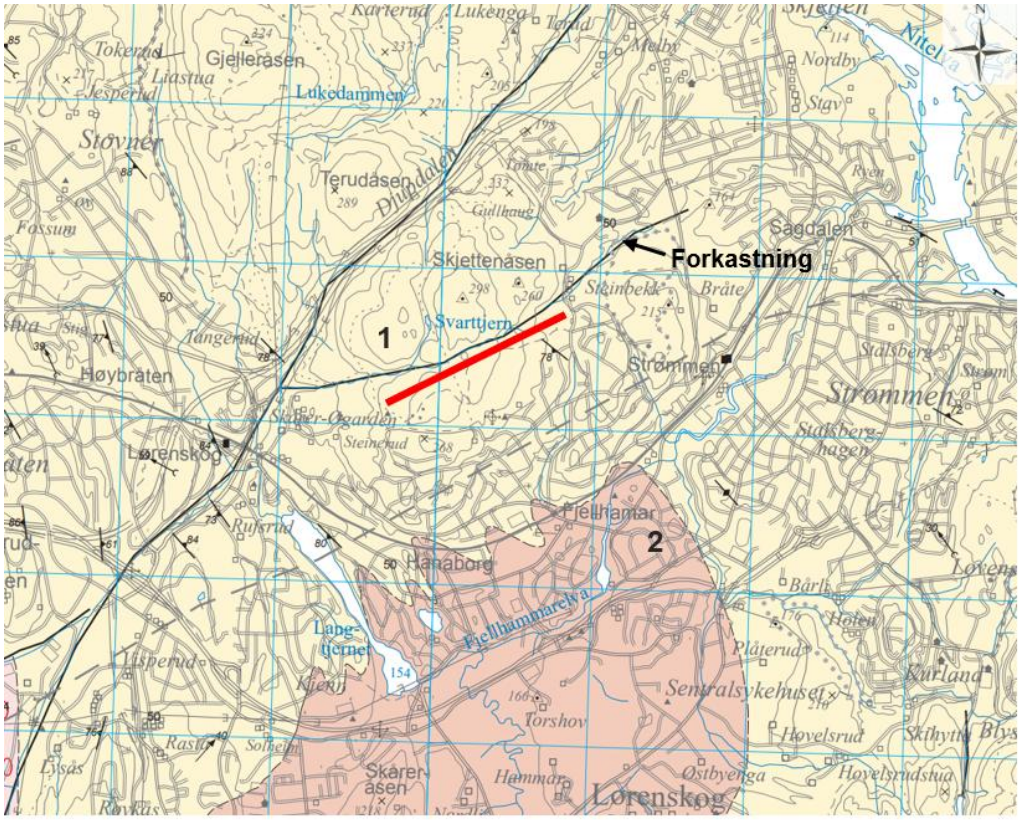
Berggrunnskart for planområdet er vist i Figur 8. Berggrunnen i området består av omdannede grunnfjellsbergarter fra prekambrium, og nærmere bestemt Østfoldkomplekset fra tidlig- til mellomproterozoikum. Langs traséen er det glimmergneis, og stedvis amfibolitt og migmatitt. Det er også registrert pegmatitt og diabas i området [1]. Like nord for traséen er det en forkastning med retning omtrent Ø-V i vestre del av området og retning NØ-SV i østre del. Bergblotninger fra området er vist i Figur 9 til Figur 11.

NGUs berggrunnskart viser foliasjon med strøk NV–SØ og fall mot sørvest i den østlige delen av prosjektområdet [4].

Ved befaring i området er det ved to lokaliteter/veiskjæringer registrert gulbrun farge (rustutfelling) på berget, noe som indikerer at det her er soner med syredannende berg, se Figur 7. Utover dette er det ikke registrert indikasjoner på høyt sulfidinnhold og det antas at sulfidførende berg er begrenset til stedvis smalere soner. Det er heller ikke kjent at grunnfjellsgneis i Osloområdet generelt innehar problemer med høyt sulfidinnhold [11].



Figur 7. Registrert sulfidholdig berg T.v.: Odins vei. T.h: Ødegårds vei.



Figur 8. Berggrunnskart M1:50.000 NGU [4]. Tunneltrasé markert med rødt. 1: Granat-biotittgneis, biotitt-muskovittgneis, stedvis amfibolitt og kalksilikatlinser, stedvis migmatittisk (50). 2: Gabbro, dioritt, tonalitt, foliert, delvis omdannet (Østmarka) (49)



Figur 9. Bergblotning i skråning bak riggområdet til ØMF sør for tverrslaget.



Figur 10. Høy skrent langs svakhetssone S9.



Figur 11. Bergblotning langs rørtunneltrasé.

3.4.2 Oppsprekking

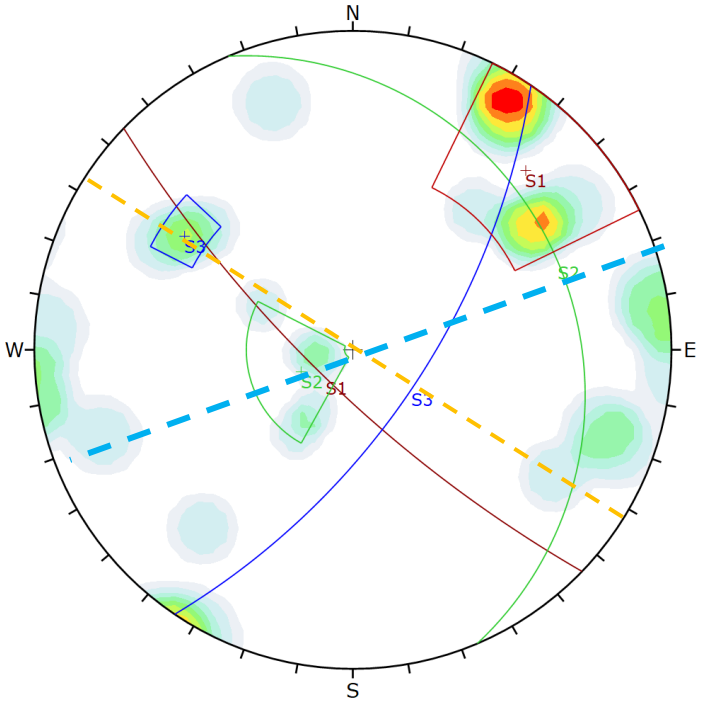
Det er utført sprekkekartlegging langs tunneltraséen og ved alle påhuggsområder.

Bergmassene har typisk 2-3 sprekkesett pluss tilfeldige sprekker. Oversikt over sprekkesett er vist i Tabell 6, Stereonett er vist i Figur 12 og Sprekkerose er vist i Figur 13.

De fleste sprekkene som er målt har strøk NV/SØ. Ifølge NGUs kart er foliasjonen orientert NV-SØ med fall mot SV i østre del området. Dette bekreftes også ved egne målinger i felt.

Tabell 6. Oversikt over hovedsprekkesett.

Sprekkesett	Fall	Fallretning
S1	76	224
S2	20	67
S3	65	124

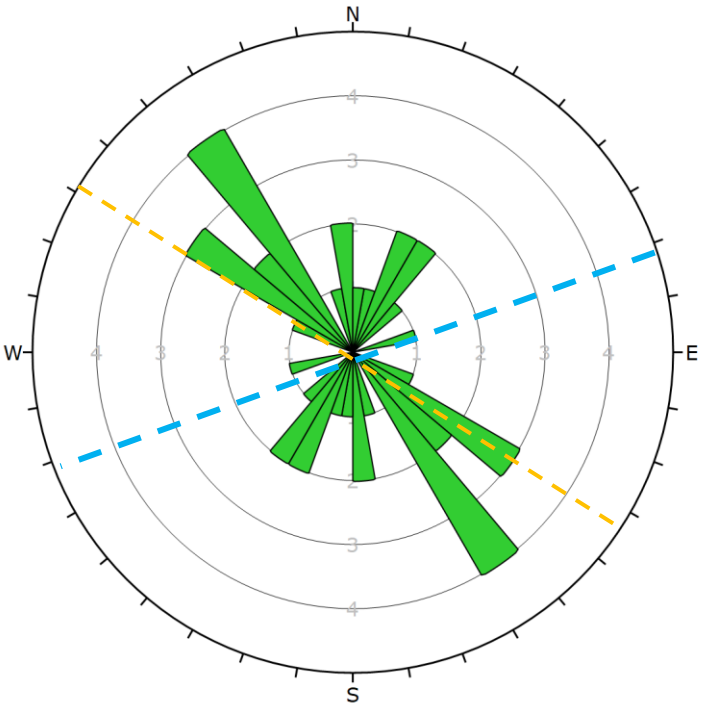


Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.50
	1.50 - 3.00
	3.00 - 4.50
	4.50 - 6.00
	6.00 - 7.50
	7.50 - 9.00
	9.00 - 10.50
	10.50 - 12.00
	12.00 - 13.50
	13.50 - 15.00
Contour Data	Pole Vectors
Maximum Density	14.40%
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

	Color	Dip	Dip Direction	Label
Mean Set Planes				
4m		76	224	S1
5m		20	67	S2
6m		65	124	S3

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	26 (26 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Angle

Figur 12. Stereonett basert på sprekkemålinger. Orientering av rørtunnel- og boretrasé lagt inn med blå linje. Tverrslag med gult.



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°

Figur 13: Sprekkerose av sprekkemålinger langs traseen.

3.4.3 Bergmassekvalitet

Det er registrert Q-verdier ved påhuggsområder, tverrslag og langs traseen.

Bergmassen har generelt lav oppsprekkingsgrad, men stedvis også mer moderat oppsprekkingsgrad. Sprekkeplan fremstår som ru, og plan til bølgede, med lite eller ingen sprekkefylling. Stedvis ble det observert noe overflateoksidasjon, samt mindre mengder sandpartikler langs enkelte sprekkeplan.

Det er beregnet en Q`-verdi som brukes for ingeniørgeologisk kartlegging i dagen. Verdien er definert som:

$$Q` - verdi = \frac{RQD}{J_n} * \frac{J_r}{J_a}$$

Tabell 7 gir en oversikt over registrerte Q-verdier. Bergkvaliteten i området varierer i hovedsak mellom middels til svært god (klasse C til A). Det meste av den kartlagte bergmassen ligger i kategori B.

Tabell 7. Kartlagte Q-verdier langs traseen.

Lokasjon	1.Tverrslag skjæring ved vei	2. Tverrslag skrent på vestsiden av tverrslag	3. Tverrslag skrent på østsiden av tverrslag	4. Bak brakke ØMF	5. H7, stor blotning nedre del trase	6. H7 påhugg skråning	7. Skrent ved steinbekk	8. Høy skrent langs svakhetssone 9
RQD	90-100	75-100	50-70	70-90	80-100	80-100	100	90-100
Jn	9	9	12	12	4	4-9	4-9	4-9
Jr	3	3	3	3	3	3	3	3
Ja	1-2	1-2	1-2	2-3	1-2	1-2	1-2	1-2
Q`	**15-33**	**13-33**	**6-18**	**6-11**	**30-75**	**13-75**	**17-75**	**15-75**

3.4.4 Svakhetssoner og sprekkesoner

Det er utført linementanalyse av antatte svakhetssoner basert på topografisk og skyggerelieff kart. Dert er registrert 8 lineamenter som krysser tunnel- og boretraséen, markert S1-S8 på det ingeniørgeologiske kartet i vedlegg 1. Det finnes også andre lineamenter/soner nær traséen, blant annet S9 som er angitt som forkastning i [4] som følger omtrent parallelt med traséen i øst-nordøstlig retning. Ut ifra sonens forløp i terrenget, har denne et fall i NNV retning, dvs. bort fra tunneltraséen. Ellers har de fleste lineamentene retning NV-SØ.

Den største svakhetssonen som krysser tunnelen er S4 med en antatt minste bredde på 10 m, se Figur 14. Denne går i NV-SØ retning og går opp til Svarttjern. Fra den seismiske undersøkelsen [9] som er utført 300 m sørøst for tunneltraséen har denne sonen en bredde på ca. 5 m med en hastighet på 3000 m/s. Sonens karakter kan endre seg nordover fra profilet. Sone 2 og 3 er markerte soner med forbindelse til myren nord for traséen.

Tabell 8. Oversikt svakhetssoner langs traséen. * Informasjon hentet fra refraksjonsseismisk rapport [9].

Sone	Retning	Bredde	Kommentar
1	N-S	3-5 m	
2	NV-SØ	2-3 m bred	4100 m/s*. Forbindelse med myr
3	NV-SØ	4-5 m bred	3000 m/s*. Forbindelse med myr
4	NV-SØ	10 m bred	Store sone som følger dalføre i NV-SØ retning med forbindelse til Svarttjern 3000 m/s og 5 m bredde fra seismikk *
5	NV-SØ	3-4 m bred	Noe oppsprukket sideberg. Ur i sone.
6	NV-SØ		
7	NV-SØ	1-3 m	
8	NV-SØ	10 m	
9	V-Ø/SV-NØ		



Figur 14. Terreng ved svakhetssone S4.

3.5 Hydrogeologi

Det er antatt at det finnes to grunnvannsmagasin i området, et i løsmassene og et i berget. Det er uklart om disse grunnvannsmagasinene står i kontakt med hverandre.

3.5.1 Grunnvann i løsmasser

Løsmassene over tunnelstrekningen består av et tynt dekke over berg (se til kap 3.3). I forbindelse med utplassering av grunnvannsovervåkingen, ble myrdybder målt til mellom 1,5 – 3 m. Grunnvannsovervåkingen er plassert i utkanten av myrene. Større løsmassedybder kan forekomme i de sentrale delene av myrene.

Grunnvannsovervåkingen viser at grunnvannstanden befinner seg i eller rett under terrengnivå, i samtlige myrer. En tydelig påvirkning ut ifra nedbørsmengder er registrert. Grunnvannstandsvariasjonen i PB1 (Figur 2) har blitt målt til omtrent 0,2 m gjennom 2025, hvilket er noe mindre enn i øvrige brønner, der variasjonen har blitt målt til omtrent 0,4 m. Årsaken til forskjellen kan være at løsmassene som PB1 er plassert i er noe tettere enn løsmassene ved øvrige punkter. Denne antakelsen har ikke blitt verifisert gjennom undersøkelser eller tester.

Grunnvannsnivået til myrene er antatt å være nedbørsbasert. Det er usikkert om det er en kobling eller avhengighet til et grunnvannsmagasin i berg.

3.5.2 Grunnvann i berg

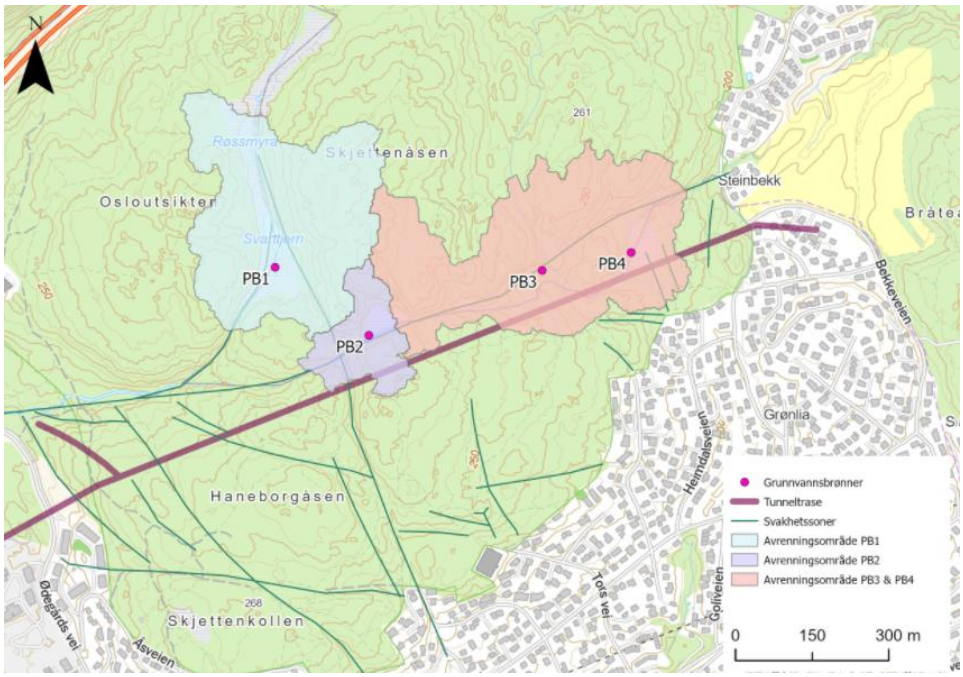
Det pågår ingen aktiv grunnvannsovervåking i berget slik at grunnvannssituasjonen i berget er ukjent. Energibrønner som befinner seg rundt Haneborgåsen har registrert enkelte grunnvannstandsmålinger på 6-12 m under terreng [6]. Målingene er fra 2002-2011, og ettersom det er enkelte målinger som ble utført i forbindelse med boring av brønnene, vurderes resultatene ikke som brukbare til beregninger koblet til innlekkasje.

Grunnvannsnivået til et eventuelt grunnvannsmagasin i berg skjer gjennom direkte infiltrasjon fra nedbør, og avrenning gjennom sprekker og svakhetssoner i berget.

En påvirkning av bergets grunnvannsmagasin kan skape risiko for nærliggende energibrønner, som er avhengig av magasinet, samt grunnvannsmagasin i løsmasser som bergets grunnvannsmagasin eventuelt står i kontakt med.

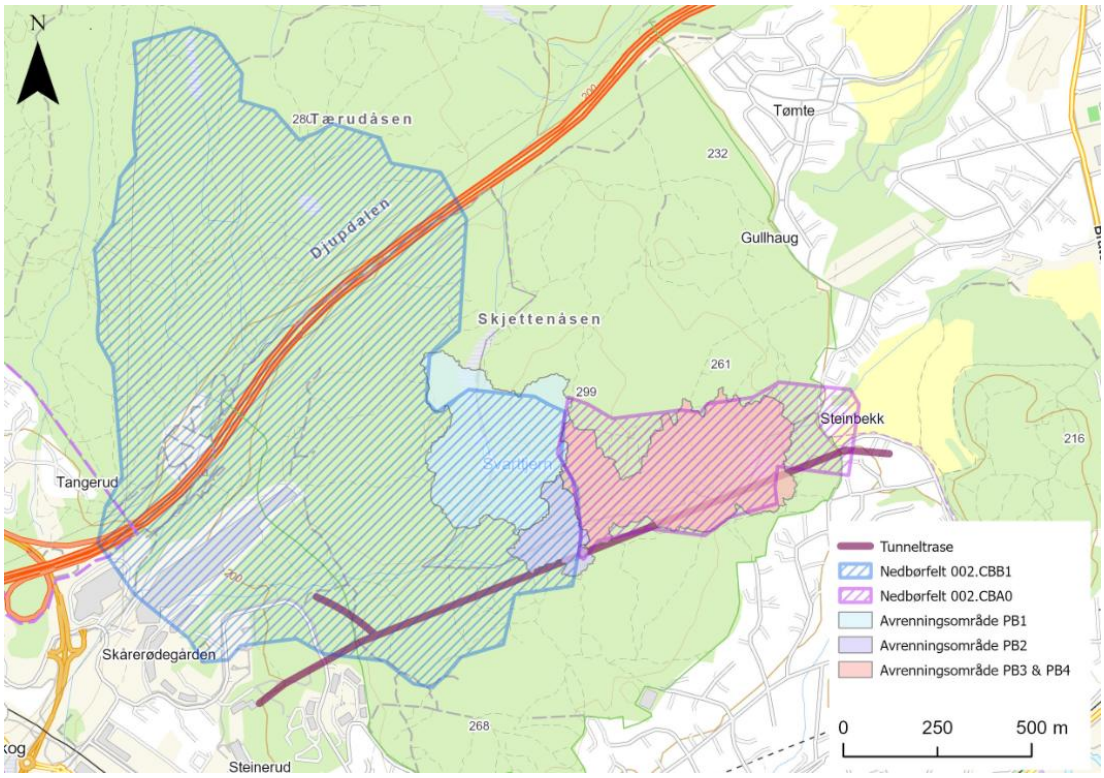
3.5.3 Vannbalanse myrområder

I områdene som er knyttet til grunnvannsovervåkingen av myrområdene, er det registrert tre avrenningsområder [13], se Figur 15. Grunnvannsbrønnene PB1 og PB2 befinner seg i separate avrenningsområder. Grunnvannsbrønnene PB3 og PB4 befinner seg i samme avrenningsområde.



Figur 15. Avrenningsområder [13] i forbindelse med myrområder der det blir utført grunnvannsovervåking.

Avrenningsområdene befinner seg hovedsakelig innenfor to nedbørsfelt [14], se Figur 16. Avrenningsområdene som PB1 og PB2 befinner seg i, tilhører hovedsakelig nedbørsområde 002.CBB1 og avrenningsområdene som PB3 og PB4 befinner seg i, tilhører nedbørsområde 002.CBA0.



Figur 16. Avrenningsområder sammen med nedbørsfelt [14].

Nedbørsdata som er knyttet til nedbørsområdene har blitt brukt til overslagsberegninger for avrenning innenfor respektive avrenningsområder. Informasjonen er sammenstilt i Tabell 9.

Det er ikke kjent hvor stor andel av avrenningen som blir infiltrert til grunnvannet i berg eller løsmasser.

Tabell 9. Nedbørs- og avrenningsinformasjon knyttet til respektive områder som blir grunnvannsovervåket.

Grunnvannsbrønn	**PB1**	**PB2**	**PB3**	**PB4**
Avrenningsareal (km²)	0,13	0,03	0,16	0,16
Nedbørfelt	002.CBB1	002.CBB1	002.CBA0	002.CBA0
Areal nedbørfelt (km²)	1,5	1,5	0,5	0,5
Årlig middelavrenning 1991-2020 (Q N) (l/s/km²)	16	16	17,3	17,3
Årlig avrenning innenfor avrenningsarealet (l/min)	126,3	30,2	162,4	162,4

3.5.4 Brønner

I nærliggende bebyggelse er det registrert energi- og drikkevannsbrønner. Brønner registrert i Granada (Nasjonal grunnvannsdatabase) [6] er vist i Vedlegg 1. Nærmeste brønner til tunnelen er i en avstand på 150-200 m. Ved tunneldriving må man være oppmerksom på eventuelle brønner i området som kan bli påvirket av tunneldrivingen. Det kan være flere brønner i området enn det som er registrert på Granada.

Det må vurderes å kartlegge omfang av energibrønner ved å kontakte grunneiere innenfor det antatte influensområdet til tunnelen.

3.6 Skredfare

Med unntak av riggområdet og alternative anleggsveier ved Steinbekk, er det ikke registrert aktsomhetssoner for skred i NVEs aktsomhetskart [7]. Dagsonene i prosjektet er heller ikke nær særlige bratte skråninger. Områdestabilitet knyttet til anleggsvei og riggplass på jordene på Steinbekk er omhandlet i geotekniske rapporter [15], [16].

4 Ingeniørgeologiske vurderinger

Det vises til ingeniørgeologisk kart og profil i Vedlegg 1.

4.1 Bergmassekvalitet

Det er middels til god bergmassekvalitet langs traséen, med Q-verdier i kategori A (Svært godt, >40), B (godt, 10–40) og C (middels, 4–10). Det meste av den kartlagte bergmassen ligger i kategori A og B, mens enkelte soner viser noe dårligere kvalitet.

Verdiene er ikke korrigert for parameterne J_w og SRF. Det legges opp til bruk av forinjeksjon ved driving slik at man kan anta at bergrommene vil få J_w=1,0. Det antas også middels spenninger og gunstige spenningsforhold slik at det kan benyttes SRF=1,0. Q-verdiene forblir uendret med disse verdiene.

4.2 Stabilitet og sikring

Rørtunnelen har et tverrsnitt på ca. 15 m^2 og det er samtidig rimelig godt berg i området. Sikringsbehovet forventes derfor å bli begrenset. Tunnelen vil bli sikret med innstøpte bolter og sprøytebetong etter behov. Tung sikring kan bli aktuelt der det påtreffes større svakhetssoner, ved tunnelpåhugg og strekninger med liten bergoverdekning.

Det er estimert et behov for ca. 0,7 stk sikringsbolter og 0,6 m^3 fiberarmert sprøytebetong per lm. tunnel. Det er også antatt 8 stk. sprøytebetongbuer

Det kan bli aktuelt med forbolter ved påhugg og svakhetssoner.

Tverrslaget og ca. 40 m av rørtunnelen fra krysset mot Ødegårds vei får et noe større tverrsnitt på 25 m^2. Oppstillingsplass for boring i enden av rørtunnelen vil også kreve et større tverrsnitt her. Her kan sikringsbehovet bli noe større.

4.3 Sprengsteinskvalitet

Bergarten i området er hovedsakelig glimmergneis, stedvis båndet, og det er registrert enkelte ganger av diabas i området. Det vises til [18]. Sprengstein antas generelt å være brukbar til fyllmasser, og er blant annet tenkt benyttet til planering av riggområder og ev. midlertidige anleggsveger ved Steinbekk. Nærliggende mottak for stein, deriblant Feiring brug, kan være aktuell å benytte. Dersom massene skal anvendes til kvalitetsfylling ev. til oppbygging av vei, må massene testes i forhold til bl.a. slitasje og bæreevne.

4.4 Rystelser

4.4.1 Generelt

Ved tunnelsprenging vil nærliggende bebyggelse bli utsatt for sprengningsinduserte rystelser. I forkant av byggestart må det utarbeides et måleprogram for overvåkning av rystelser på nærliggende bygg, konstruksjoner og kulturminner som kan ta skade. Til

dette inngår fastsettelse av grenseverdier for rystelser. Grenseverdier og krav vil bli basert på NS8141.

Det anbefales også å engasjere et uavhengig firma for å gjennomføre bygningsbesiktigelse av nærliggende bygg og kulturminner slik at man har kontroll på hvilke skader prosjektet ev. er opphav til.

4.4.2 Grenseverdier

4.4.2.1 Tunnel

Influensavstanden til rystelser antas normalt å være 50 - 100 m i fra sprengningsstedet. Ved bygg fundamentert på berg gjelder 50 m og ved bygg fundamentert på løsmasse gjelder 100 m. Hele tunneltraséen inkludert tverrslag ligger mer enn 100 m i fra bebyggelse. Det er et unntak, og det gjelder et nyere oppført boligbygg som får en avstand på 80 m til vestre ende av rørtunnelen. Det antas at bygget er fundamentert på berg.

Det er flere gravrøyser i marka (Figur 17) under planlagt tunneltrasé og som det i [19] er gjort oppmerksom på at må sikres i nødvendig grad mot skade i byggefasen. Disse er dokumentert med plassering og foto i [19]. Dette er steinrøyser/-murer bestående av mindre blokker. En del blokker ligger spredt utover i terrenget rundt røysene. Røysene antas å være anlagt på fast bergfundament. Røysene er datert til Bronsealder og har gjennom tiden vært utsatt for påkjenning fra klimatiske forhold, vær, dyr og menneskelig aktivitet. Røysene vil ha en avstand ned til tunnelen på ca. 50-70 m. Sannsynligheten for at blokker i røysene skal forflytte seg på grunn av rystelser fra tunneldrivingen anses å være svært lav. Det er kun en røys som er av en viss størrelse (se figur under), mens resten er små, til dels gjengrodd og lite synlig i terrenget. Det foreslåes at tilstand til røysene dokumenteres med bl.a. foto og holdes under oppsyn i anleggsfasen med regelmessig inspeksjoner.

For øvrig anses sannsynlighet for rystelsesskader på gravrøysene å være meget liten, men utplassering av rystelsesmålere kan være nyttig for å dokumentere rystelsesnivå ved sprengning dersom diskusjoner skulle oppstå. Dette, samt evt. rystelsesgrenser/krav vil bli vurdert i den videre detaljprosjekteringen.



Figur 17. Den største gravrøysen i området øverst til venstre (Askeladden id 79898, fra Google). Øverst til høyre; mindre røys (Askeladden id 114581-13, fra [19]). Nederst: fra Google.

4.4.2.2 Dagsoner

Prosjektet omfatter tre dagsoner; Forskjæring og riggområde på Steinbekk-siden av tunnelen, Forskjæring og riggområde utenfor påhugget til tverrslaget, samt forskjæring og mottaksgropen til borehullet ved Ødegårds vei.

Dagsone Steinbekk:

Det er delvis tett bolighusbebyggelse og delvis åpne jorder øst for tunnelen. Det skal etableres en nokså dyp forskjæring og grøftetrasé i terrenget hvor det må sprenges ut mye berg (Figur 18). NGUs kart indikerer at bebyggelsen er oppført i område med hav- og fjordavsetninger. I bebygde områder er det stedvis blottlagt berg, og stedvis tynt løsmassedekke. Det antas at bygninger er fundamentert både på fast berg og ev. noe på løsmasser. Ut over jordene består løsmassene for en stor del av marin leire.

Dagsone Ødegårds vei:

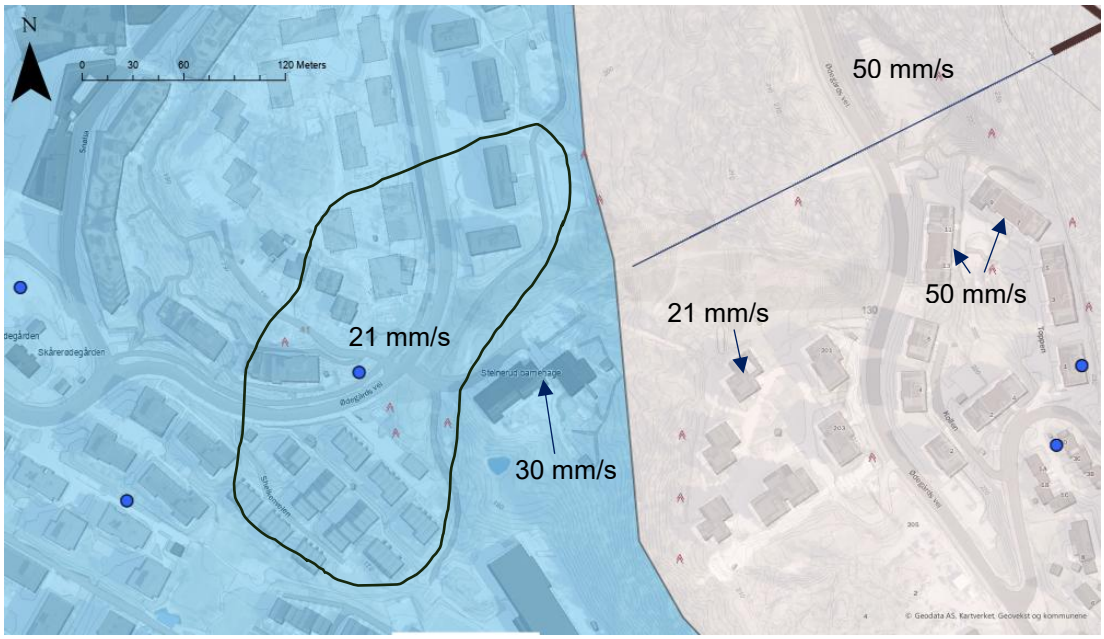
Det vil bli etablert grøft og forskjæring på nordsiden av Steinerud barnehage og ned til mottaksgropen (Figur 19). Det er omtrentlig 6 bygg innenfor 50-100 m sonen bestående av boligblokker og barnehagen. Bebyggelsen i vest er innenfor området markert som marine avsetninger med mulig stor mektighet. Det er registrert enkelte bergblotninger i dette området. Det kan ikke utelukkes at bebyggelsen står på løsmasser, selv om det er sannsynlig at byggene står på berg. Siden dette er større boligblokker er de i så fall antageligvis fundamentert på peler til berg.

Dagsone tverrslag:

Forskjæringen til tverrslaget vil ligge nord for eksisterende og planlagte boligblokker (tiltakshaver Selvaag) langs Ødegårds vei. Eksisterende boligblokker er mer enn 100 m ifra, mens planlagt blokker vil få en avstand på mindre enn 100 m. NGUs kart viser at det lite løsmasser i området her. Det er også flere bergblotninger i bakkant av blokkbebyggelsen her, samt på kolle inne imellom blokkene. Disse blokkene er derfor antageligvis fundamentert på berg.



Figur 18. Rystelseskrav innenfor antatt influensområde. Dagsone Steinbekk. Blått=marine avsetninger, grått=fyllmasser, lys farge= bart berg. Bergblotninger vist med rødt.



Figur 19. Rystelseskrav innenfor antatt influensområde. Dagsone Ødegårds vei. Blått=marine avsetninger, grått=fyllmasser. Bergblotninger vist med rødt.

4.4.2.3 Estimerte verdier

Grenseverdier for rystelser for bygg og tunneler kan estimeres iht. NS8141-1:2022. Endelige verdier må baseres på funn avdekket ved bygningsbesiktigelse som normalt utføres i forkant av byggestart. Ved bygningsbesiktigelse skal det registreres fundamenteringsmetode, grunnforhold og annet av betydning.

Foreløpige grenseverdier er vist på Figur 18 og Figur 19 og i Tabell 1. Per nå er ikke grunnforholdene for bebyggelsen i området kjent, og det antas løsmassefundamentering med grense på 21 mm/s gjeldende det meste av bebyggelse nær tunnelen og dagsoner. Barnehagen ved forskjæringen på Ødegårdsiden har også ukjent fundamentering og det forutsettes løsmassefundamentering og grense på 30 mm/s. Boligblokkene lengre opp i terrenget bygd av Selvaag antas å ha bergfundamentering og vil dermed få grense på 50 mm/s.

Tabell 10. Estimerte generelle rystelsesgrenser.

Type bygg	**Fundamenteringsmetode**	**Grense mm/s**
Bolighus/-blokk	Berg/faste masser	50
Bolighus/-blokk	Leire	21
Barnehage, nybygg Dagsone Ødegård	Leire	30

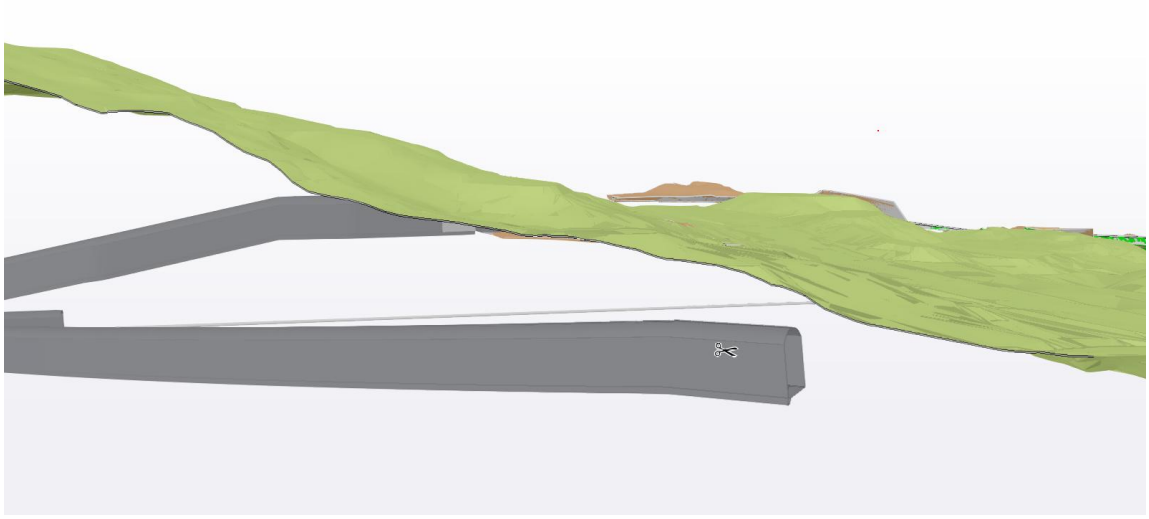
4.5 Anleggsdeler

4.5.1 Påhugg/forskjæring Tverrslag Ødegårds vei

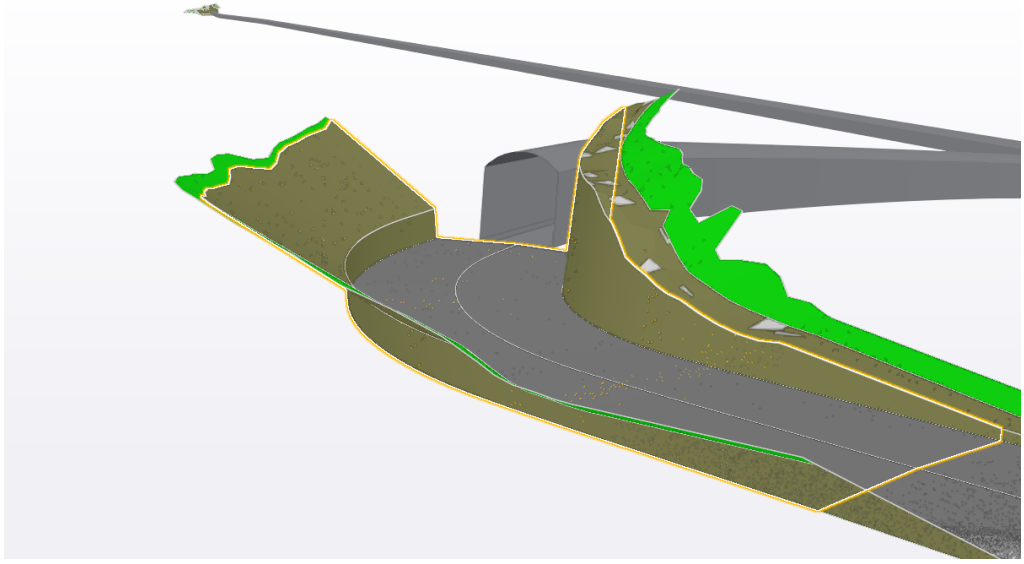
Det etableres påhugg til tverrslaget på østsiden av Ødegårds vei nær bunnen av en skråning på ca. kt. 207, se terrengprofil i Figur 20 og modell av forskjæring i Figur 21. Fra påhugget skråner terrenget noe ned mot en bekk. Det var lite vann i bekken ved befaring i mai 2026. Det må fylles ut i terrenget for anleggsvei mellom påhugget og Ødegårds vei.

Det er prosjektert med ca. 4 m bergoverdekning i påhugget. Det blir en forskjæring med opp mot 8 m høyde.

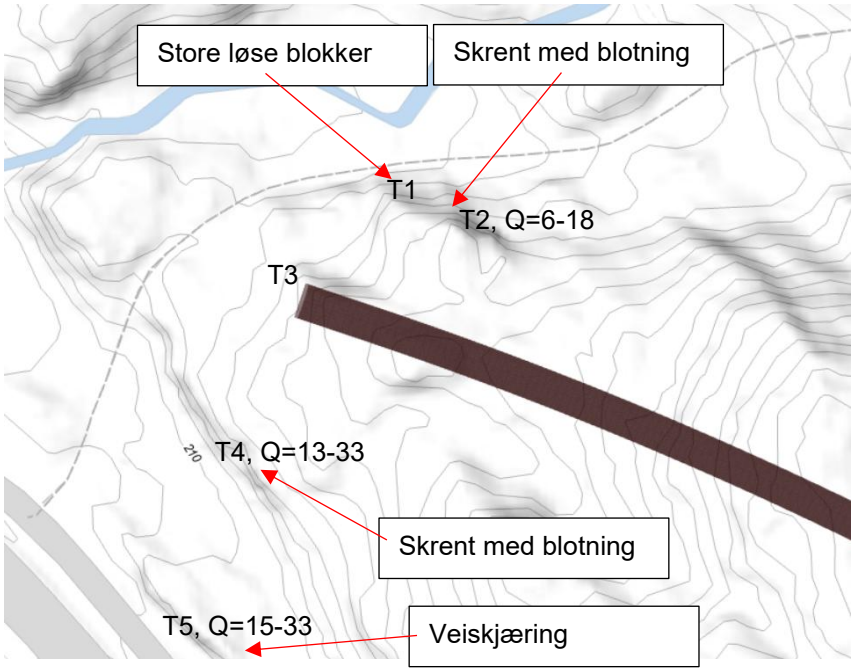
Ved påhugget er det meste av berget tildekket med vegetasjon, men det er antatt grunt til berg. Det er registrert en del løse blokker liggende nedenfor påhuggsplasseringen (Figur 23), noe som gir en usikkerhet knyttet til bergkvaliteten ved påhugget. Det er registrert varierende bergkvalitet i blotninger i området med RQD på 50-100 og Q verdi på 6-33.



Figur 20. Modellutklipp påhugg tverrslag Ødegårds vei. Viser terrengprofilet langs tverrslaget.



Figur 21. Modellutklipp påhugg/forskjæring tverrslag Ødegårds vei.



Figur 22. Registreringer ved påhugg til tverrslag. Lokaliteter T1-T5 markert.



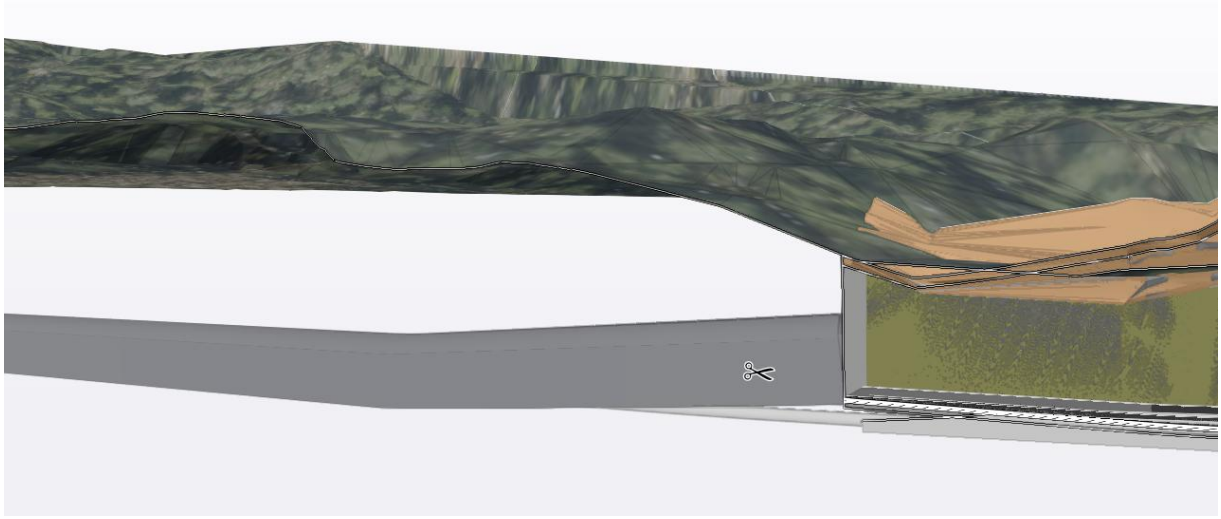
Figur 23 Løse blokker ved lokalitet T1.

4.5.2 Påhugg/forskjæring Steinbekk

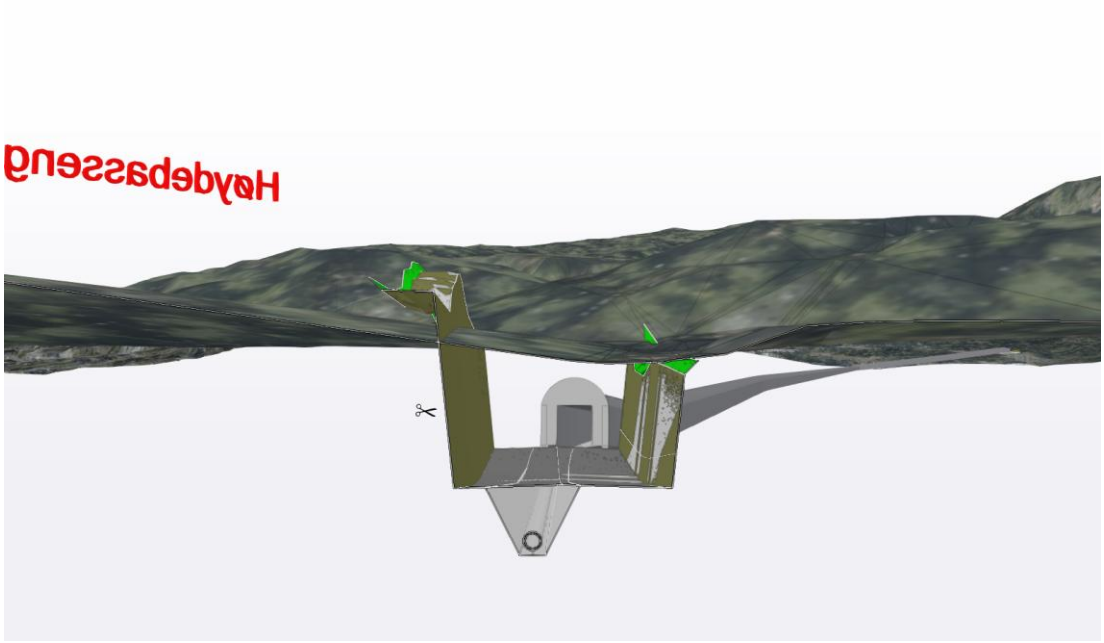
Det etableres påhugg til rørtunnelen inn i marka fra Hellaveien ved Steinbekk, se Figur 24. Det er tidligere sprengt ut en grop her ifb. et forskningsprosjekt på boring. Gropen er i dag tilbakefyllt med stein. Inn fra påhugget går terrenget med svak stigning. Overdekningen stiger til ca. 20 m etter 160 m fra påhugget.

Det er prosjektert med ca. 4 m bergoverdekning i påhugget.

Det blir en ca. 50 m forskjæring med høyde på opp mot ca. 10 m, se Figur 25. Det er skrånende sideterreng langs skjæringene.



Figur 24. Modellutklipp påhugg rørtunnel Steinbekk.



Figur 25. Modellutklipp forskjæring rørtunnel Steinbekk.



Figur 26.Viser planlagt påhuggsflate ved Steinbekk.



Figur 27. Sett mot påhuggsflaten ved Steinbekk.

4.5.3 Tunneltrasé

Plan og profil er gitt i vedlegg 1.

4.5.3.1 Tunneltrasé generelt

Tunnelen skal drives gjennom glimmergneis på strekningen.

Mesteparten av tunnelstrekningen vil ha 50-75 m bergoverdekning.

Stereonettet i Figur 12 viser hovedsprekkeretninger i området. Tunnel- og boretraséen, som er orientert NØ-SV, har en gunstig vinkel i forhold til disse.

4.5.3.2 Tunneltrasé profil 1410-1610

På de første ca. 200 m fra Steinbekk-siden vil tunnelen ha 10-20 m overdekning. Det er minst 2 mindre svakhetssoner (S2 og S3) på denne strekningen. Det er en myr nær traséens nordside. Svakhetssonen kan kommunisere med vann i myren. Det forventes behov for systematisk forinjeksjon på denne strekningen til man har passert myren.

4.5.3.3 Tunneltrasé profil 1410-870

God overdekning og bergkvalitet. Behovsprøvd forinjeksjon.

4.5.3.4 Tunneltrasé profil 840-870

Forsenkning i terrenget med svakhetssone S4. Forventes å være den mest utfordrende svakhetssonen langs traséen. Bredden på sonen antas å være ca. 10 m. Sonen kommuniserer med Svarttjern og krysser dessuten sone S9 med myr-/fuktområdet der målebrønn PB2 er plassert. En innlekkasje i tunnelen vil kunne påvirke begge disse fuktområdene. Lekkasje vil bli avdekket ved sonderboring foran stuff (tunnelfronten), og det legges opp til systematisk forinjeksjon gjennom sonen. Det kan bli behov for tyngre sikring.

4.5.3.5 Tunneltrasé profil 335-840

God overdekning og bergkvalitet. Behovsprøvd forinjeksjon. Tunnelen passerer tre potensielle svakhetssoner (S5, S6 og S7). Det forventes ikke større driveproblemer ved disse.

4.5.3.6 Tverrslagstunnel

Det er grunt til berg i området. Tverrslagstunnelen har tilstrekkelig overdekning og passerer ikke kjente svakhetssoner. Det er middels/god bergkvalitet. Tverrslagstunnelen har retning NV-SØ og får spiss vinkel til ett av sprekkesettene noe som kan medføre økt sikringsbehov.

4.5.4 Grovhullstrasé

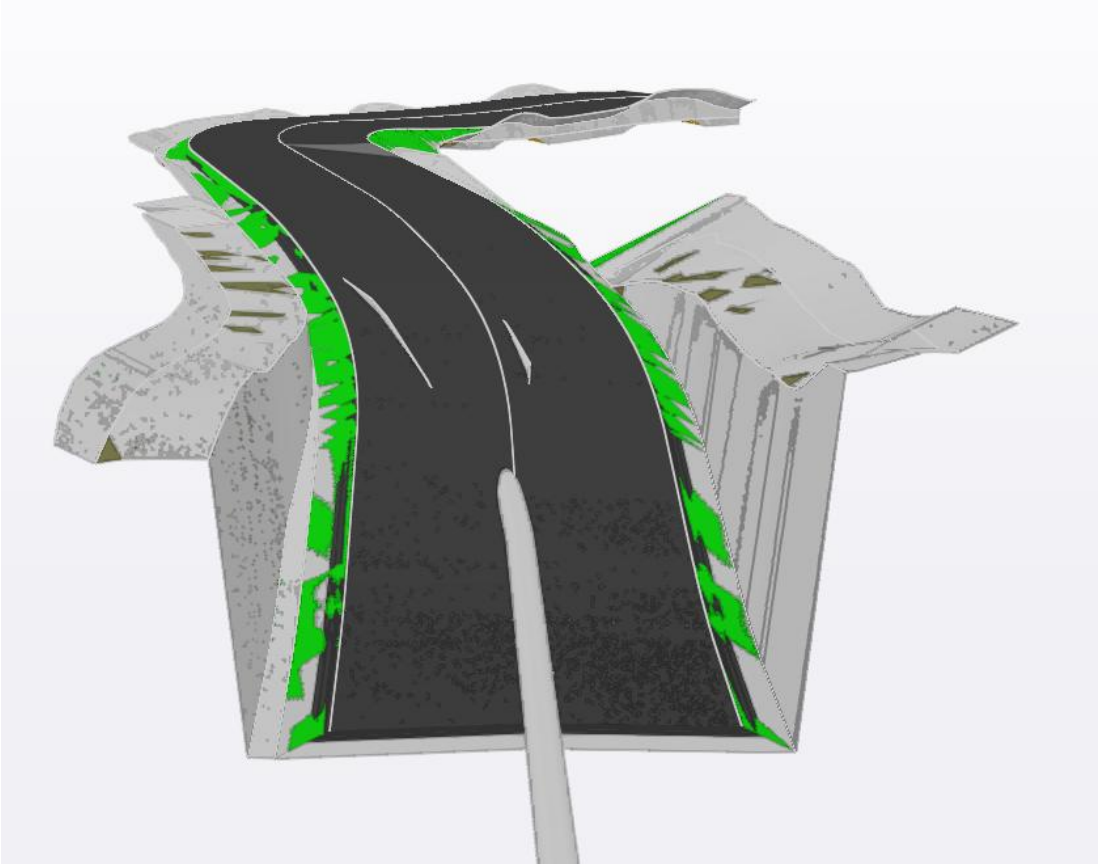
Grovhullet skal bores fra enden av rørtunnelen ved kt. 189. Overdekningen er her på ca. 55 m. Grovhullet går vestover og passerer under Ødegårds vei med en overdekning på ca. 25 m (borehull på kt. 189, terreng på kt. 215).

De siste titalls meterne før mottaksgropen er overdekning ned mot kun et par meter. Det er mye blotlagt berg i området og kun tynt vegetasjonsdekke der borehullet går. Plassering av påhugget i mottaksgropen er vist på Figur 29. Det er bergblotning rett foran planlagt plassering av boregropen og påhugget. Det er antageligvis nok bergoverdekning langs traséen så lenge borehullet legges innunder der bergkollen stiger på og ikke ut på flaten i øst hvor det er oppfylt terreng og mer usikker dybde til berg.

Litt øst for traséen er det fylt opp en del i terrenget. Grovhullet passerer svakhetssone S8.

Endene av borehullet bør tettes med betong for å unngå drenering av grunnvannsnivå. Vannledningen må da dimensjoneres for fullt vanntrykk.

Ved boring gjennom svakhetssoner og dårlig berg kan det bli nødvendig med injeksjon/gjenstøping for å stabilisere hullet.



Figur 28. Forskjæring/mottaksgrop borehull Ødegårds vei.



Figur 29. Endepunkt borehull omtrentlig vist med rød pil. Terrenget i forkant er fylt opp. Synlig berg til høyre for pil.

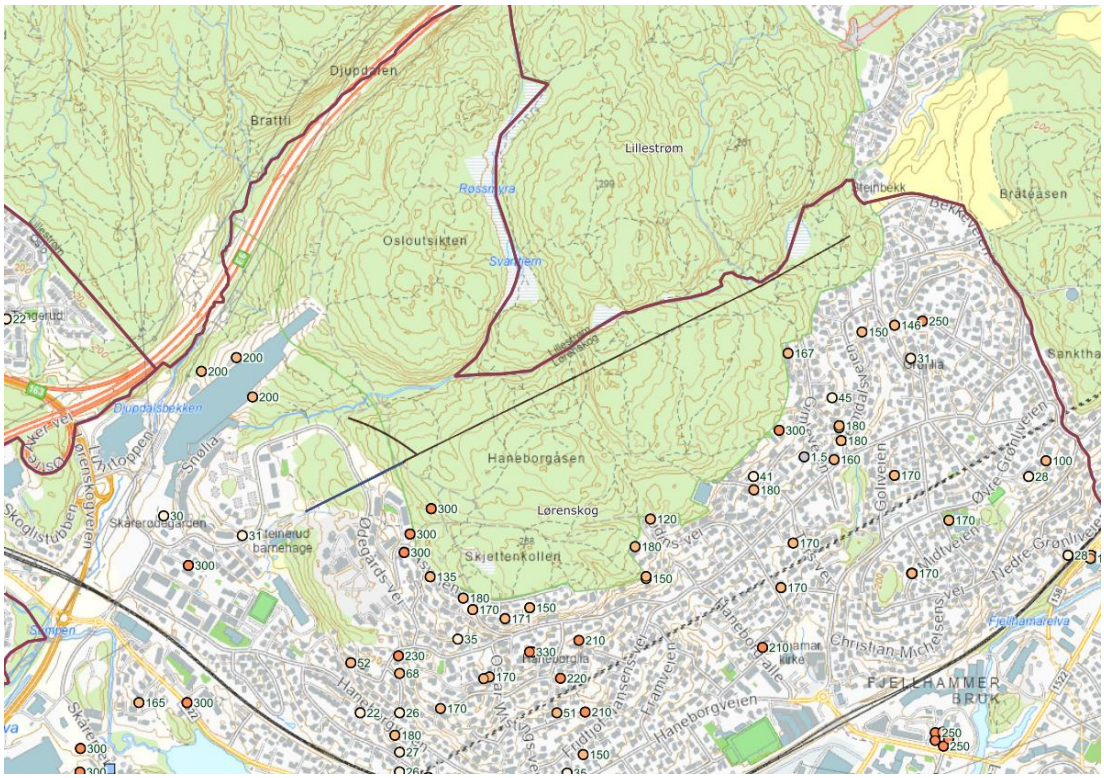
5 Hydrogeologiske vurderinger

5.1 Energibrønner

Det er en del energibrønner i bebyggelsen rundt marka (Figur 30). Effektuttaket til energibrønner kan påvirkes hvis disse er nær tunnelen. Som figuren viser, er de fleste av disse bønnene i bebygde områder i Haneborglia og i relativt god avstand fra tunnelen. Dessuten ligger de fleste på et lavere nivå enn tunneltraseen.

Det er imidlertid noen brønner i områdene ved Ødegårdsveg som ligger nær nok til å kunne bli påvirket av tunneldrivingen. Det er viktig at det i kommende detaljprosjektering tas en grundig vurdering av disse, og at egnede metoder, f.eks. styrt herding ved injeksjon, vurderes som mulig tiltak for å unngå skade.

Identifisering av utsatte brønner vil bli gjort i videre planlegging. Det vil også bli gjennomført nødvendige tiltak for å håndtere skaderisikoen.



Figur 30. Kjente brønner i området fra Granada [6].

5.2 Påvirkning på ytre miljø

Det er registrerte sårbare myrområder i nærheten av tunneltraséen som er vurdert å kunne bli påvirket på en negativ måte ved en grunnvannssenkning forårsaket av prosjektet. Områdene befinner seg nær svakhetssoner som vil krysse tunnelen, og i nærheten av forkastningen som går parallelt med tunnelen, se Figur 8.

Pågående grunnvannsovervåking gir en indikasjon på grunnvannssituasjonen i myrene over tunneltraséen. Overvåkingen vil pågå videre inn i byggefasen, og det bør i tillegg vurderes å utføres hydrauliske tester som slugtester for å samle informasjon om den hydrauliske konduktiviteten i løsmassene, som indikerer hvor raskt vannet beveger seg gjennom grunnvannsmagasinet. Med de registrerte grunnvannsdata er det tydelig at grunnvannstanden holder seg høyt gjennom hele året.

En risiko knyttet til myrene er en forsinket reaksjon på grunnvannspåvirkning forårsaket av prosjektet. Det innebærer at en grunnvannspåvirkning i berg ikke nødvendigvis gir direkte utslag i grunnvannsmagasinene i løsmasser. Dette kan skje over lengre tid.

Med bakgrunn i grunnvannstand som befinner seg i terrengnivå, anses myrene å være i prinsipp vannmettede. Dette kan styrkes med observasjoner ved grunnvannsmålinger, der mye vann i området viser en tydelig avrenning av nedbør.

Myrområdene befinner seg over eller i nærheten av forkastningssonen som løper parallelt med planlagt tunnel (Figur 8). Basert på topografiske forhold er det vurdert at forkastningen faller nordover og dermed bort fra tunnelen, hvilket kan redusere risiko

for en påvirkning på grunnvannet i myrene. Ved kryssing av sone 4, vil det derimot være en mulig kommunikasjon via denne sonen og sone S9 til fukt-/myrområdet ved SB2. Denne vil i så fall bli avdekket med systematisk sonderboring 20-30 meter foran tunnelfronten og systematisk tetting med forinjisering når sonen, inklusive potensielt permeabelt sideberg krysses.

Vannbalansen (kap. 3.5.3) viser at årlig avrenning i området som grunnvannsbrønnen PB2 befinner seg i, er omtrent 30 l/min. Det er ikke kjent hvor stor andel av avrenningen som infiltrerer til grunnvannet. Sammenlignet med øvrige områder er avrenningsmengden betydelig mindre (Tabell 9), hvilket er grunnet i at avrenningsområdet er mindre i sin utstrekning. Det anbefales å undersøke naturverdien til myren og hvordan den skulle bli påvirket av redusert grunnvannsdannelse i kommende prosjektfase.

Etablering av overvåkningsbrønner for grunnvann i berg har vært vurdert, men ikke utført da dette krever bruk av beltegående borerigg inn i marka. Det er strenge begrensninger knyttet til tiltak i marka. Etablering av overvåkningsbrønn utenfor marka vurderes å ikke ha noen særlig verdi.

Som et mulig tiltak kan det også vurderes å bore et hull fra tunnelen for registrering av sprekkevannstrykk med manometer. Dette kan vurderes f.eks. i nærheten av svakhetssone S4 med mulig kommunikasjon til Svarttjern for å se om grunnvannstanden i berg ligger lavere enn målt «grunnvann» i myrområdene. I så fall er vannregimet i myrdragene uavhengige av lekkasjer i tunnelen.

6 Innlekkasjekrav og injeksjon

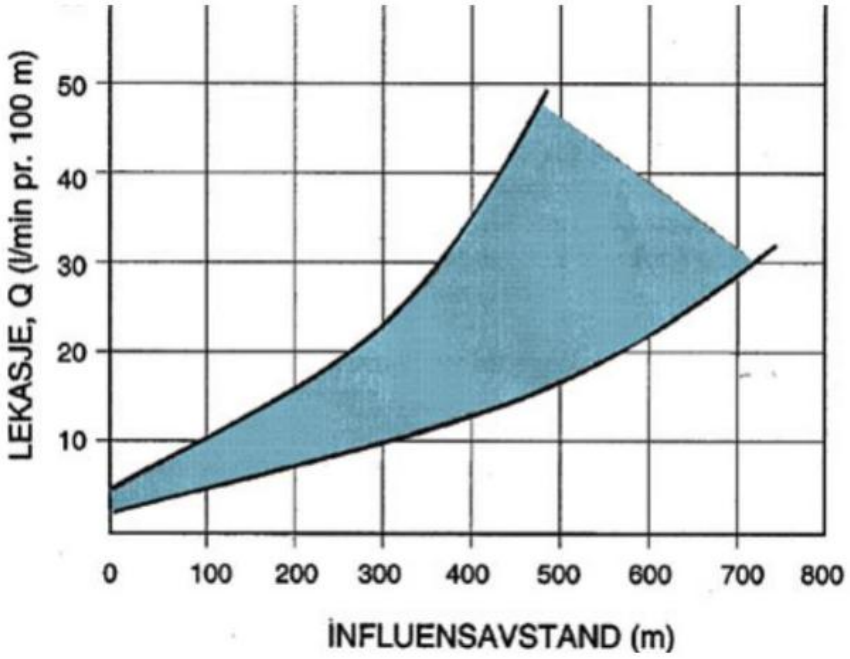
Innlekkasjekrav i tunnelen er vurdert på bakgrunn av potensiell skade på ytre miljø som våtmarksområder og setningsskader samt driftsulemper og -kostnader på grunn av innlekkasje i tunnelen i driftsperioden.

For tunnelen gjennom Haneborgåsen er det primært fokus på ev. skade på myrdrag og fuktområder som Svarttjern og fuktområder langs svakhetssone S9, men fare for setningsskader anses som liten da avstand til bebyggelse er relativt stor, og at den del av bebyggelsen som ligger høyere enn tunnelen stort sett er fundamentert på berg eller løsmasser med begrenset mektighet.

Vurdering av tetthetskrav i tunnelen er basert på erfaringstall gitt i Tabell 11. Influensavstand som følge av innlekkasje i tunnel er vist i Figur 31.

Tabell 11. Erfaringstall innlekkasjekrav [20].

	Strengt krav	**Middels strengt krav**	**Moderat krav**
Tillatt innlekkasje	5 l/min/100m	10 l/min/100m	20 l/min/100m
	Sensitive omgivelser	Moderat sensitive omgivelser	Stedsavhengig/vurderes



Figur 31. Innlekkasjemengde mot influensavstand, fra [20].

Tetthetskrav er gitt i Tabell 12. Kravene er fastsatt på bakgrunn av sammenliknbare prosjekter og referanseverdier gitt i [20], se Figur 31. Det er satt et nokså strengt krav på 10 L/minutt/100 m der tunnelen krysser svakhetssoner som antas å kunne kommunisere med nærliggende tjern og myrer. For resterende deler av traséen der det antas å være tettere berg er det satt et mer moderat krav på 20 L/minutt/100 m.

For å sikre kontroll over innlekkasje i tunnelen er det lagt opp til å utføre systematisk sonderboring med måling av innlekkasjer på stuff. Måles innlekkasjer over kravet utføres systematisk injeksjon foran tunnelen inntil tetthetskravet er oppnådd. Kontroll av at tetthet er oppnådd gjøres ved boring av kontrollhull. Prinsipp for systematisk forinjeksjon er vist i Figur 32.

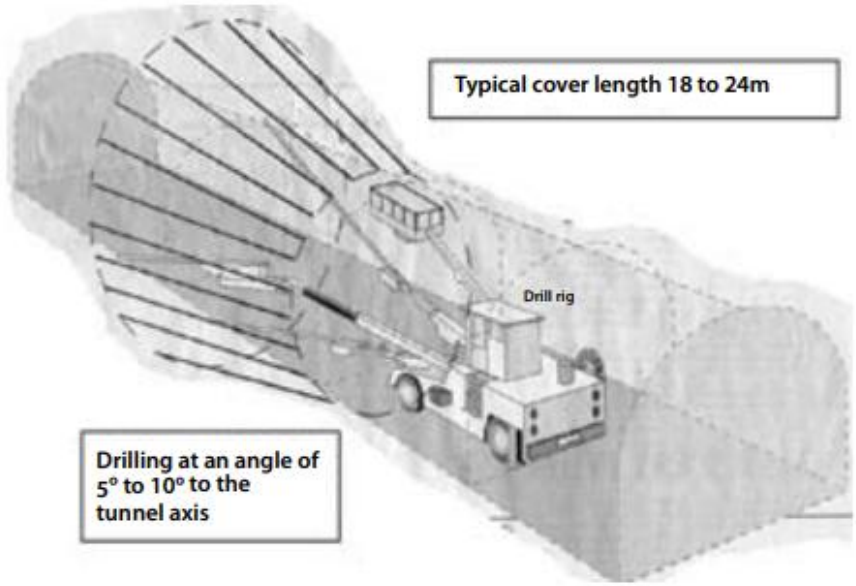


Figure 4. Drilling injection holes for grout cover using a three-boom drill rig.

Figur 32. Prinsipp forinjeksjon

I Tabell 13 og Figur 33 er det gitt strekninger langs tunnelen hvor det forventes systematisk forinjeksjon. I tillegg må det stedvis forventes forinjeksjon på resterende del av tunnelstrekningen. Her utføres behovsprøvd forinjeksjon med systematisk måling av innlekkasje i sonderborhull.

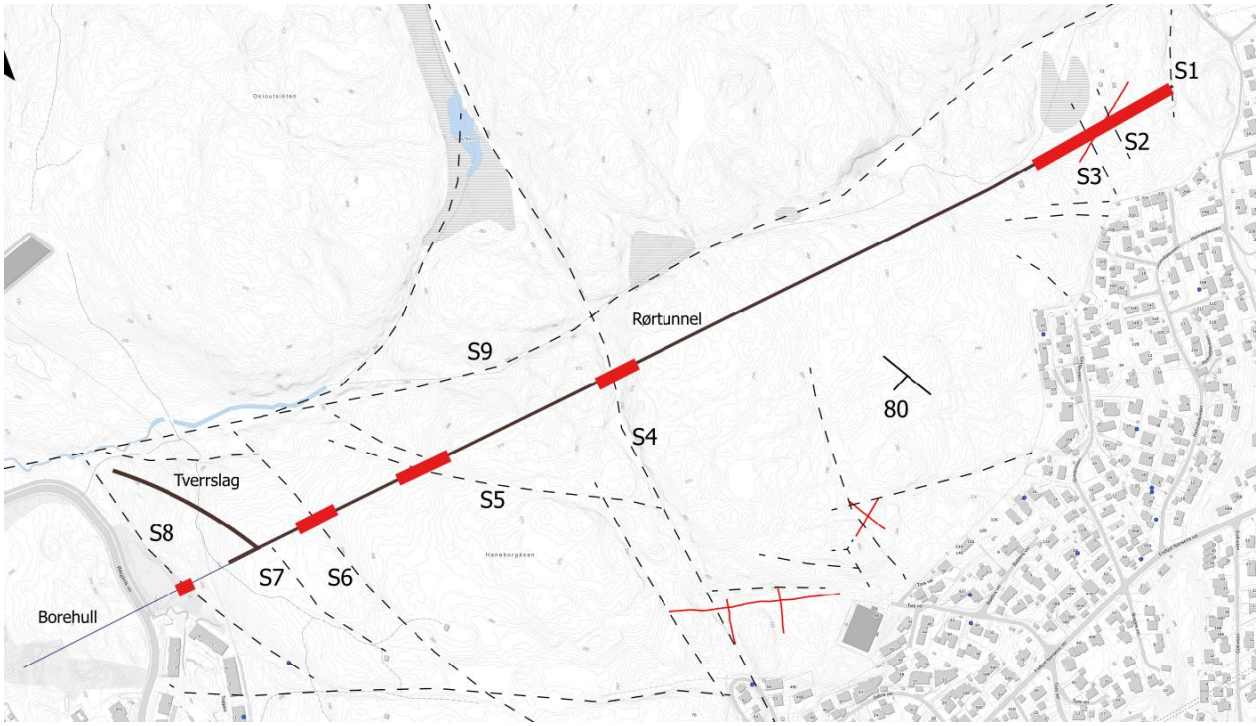
For borhullet ved Østergårdsveg er det en potensiell vannføring langs kryssende sone S8 og ev. også langs andre åpne sprekkesystem. For å håndtere eventuelle lekkasjer i mellomrommet mellom vannledning og grovhullet bør det etableres en plugg i endene av grovhullet. Vannledningen må da dimensjoneres for fullt vanntrykk.

Tabell 12. Type injeksjonsmetode og tetthetskrav

Type injeksjonsmetode	**Krav**	**Forhold**
Systematisk forinjeksjon	10 L / min / 100 m	Ved passering av svakhetssoner med risiko for større innlekkasjer og kommunikasjon med nærliggende myrer og tjern
Behovsprøvd forinjeksjon	20 L / min / 100 m	Antatt tettere berg

Tabell 13. Oversikt systematisk forinjeksjon

Pel	Antall meter	Forhold	Kommentar
1410-1610	200 m	Lav overdekning, svakhetssoner, myr	Mulighet for drenering av grunnvann. Mulig kontakt med myrområdet via sprekkesonene S2 og S3. På grunn av liten bergoverdekning og innspenning vil det være aktuelt med styrt herding ved injeksjon.
840-870	50 m	Svakhetssone	Mulighet for drenering av grunnvann. Påvirkning på Svarttjern. Kryss med sone S9 gir mulighet for drenering fra myrområdet ved SB2.
570-630	60 m	Svakhetssone	Mulighet for drenering av grunnvann
430-480	50 m	Svakhetssone	Mulighet for drenering av grunnvann



Figur 33. Plan for forinjeksjon. Strekninger med rødt viser systematisk forinjeksjon.

7 Oppfølging i byggefasen

Ingeniørgeolog skal følge opp anlegget under bygging for vurdering av sikring og injeksjonsbehov.

Ingeniørgeolog skal ha hyppig tilstedeværelse på anlegget og tilkalles hvis det er spesielle forhold som bør vurderes. Fast tilstedeværelse vurderes.

Entreprenøren skal dokumentere bergforholdene i form av foto og dagbøker under driving. Det er spesielt viktig å få dokumentert forholdene der det er svakhetssoner da det ofte påføres sprøytebetong på berget her som arbeidssikring.

8 Referanser

[1] Norconsult, Ny vannledning gjennom Haneborgåsen. Fagnotat ingeniørgeologi og hydrogeologi. Versjon 01B., 2023.

[2] Standard Norge, «NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 Eurokode 0: Grunnlag for prosjektering av konstruksjoner,» 2016.

[3] Standard Norge, «NS-EN 1997-1:2004+A1:2013+NA:2020 Eurokode 7 Geoteknisk prosjektering,» 2020.

[4] NGU, Berggrunnskart OSLO 1914 IV M1:50.000, 2017.

[5] NGU, «Løsmasser - Nasjonal løsmassedatabase,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/losmasse/.

[6] NGU, «GRANADA Nasjonal grunnvannsdatabase,» [Internett]. Available: http://geo.ngu.no/kart/granada/.

[7] NVE, «Flaum- og skredfare i arealplanar,» 2011.

[8] NGU, «Aktsomhetskart radon,» [Internett]. Available: geo.ngu.no/kart/radon/.

[9] Geophysix, Refraksjonsseismiske undersøkelser, Haneborgåsen, Lørenskog kommune. GPX24012-rapport REV 01., 2024.

[10] Norconsult, Ny vannledning gjennom Haneborgåsen. Fagrapport utredning av naturmangfold. Versjon B01., 2024.

[11] NGI, Identifisering og karakterisering av syredannende bergarter. Veileder for miljødirektoratet, 2015.

[12] Norwegian Group of Rock Mechanics (NGB), Engineering Geology and Rock Engineering, Hanbook No 2, 2000.

[13] Scalgo, «Scalgo,» 10 02 2026. [Internett]. Available: https://scalgo.com/live/norway?res=1024&ll=15.620426%2C65.542292&lrs=geonorge_norgeskart2.

[14] NVE, «Nevina - Data fra avrenningskartet,» 10 02 2025. [Internett]. Available: https://nevina.nve.no/.

[15] Sweco, «Haneborgåsen. Geoteknisk notat. RIG_N01,» 2025.

[16] Sweco, «Haneborgåsen. Riggplass. Geoteknisk vurdering. RIG_N02,» 2026.

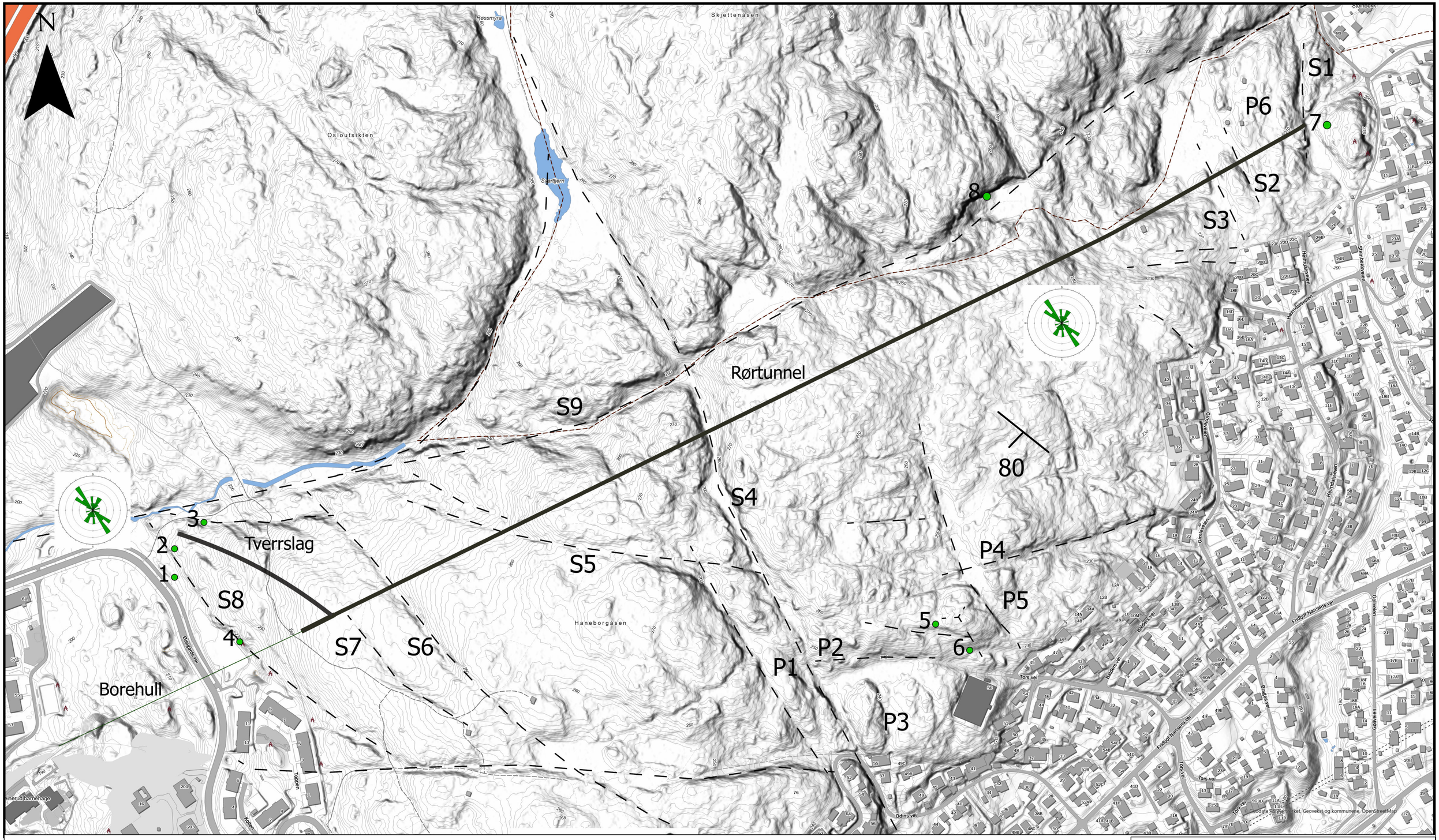
[17] N. Barton, Rock Quality, Seismic Velocity, Attenuation, and Anisotropy, 2006.

[18] Norconsult, «Ny vannledning gjennom Haneborgåsen. Massehåndteringsprogram,» 2026.

[19] Norconsult, «Ny vannledning gjennom Haneborgåsen. Fagrapport kulturminner og kulturmiljø - Konsekvensutredning,» 2025.

[20] NFF, «Publication nr.20. Rock mass grouting. Consequences of inflow of water into underground structures, Publication nr.20,» 2011.

Vedlegg 1 – Ingeniørgeologisk kart og profil



Tegnforklaring

Seismikkprofil

Svakhetssone

Lokasjon for Q-verdi

0 75 150 300 Meters

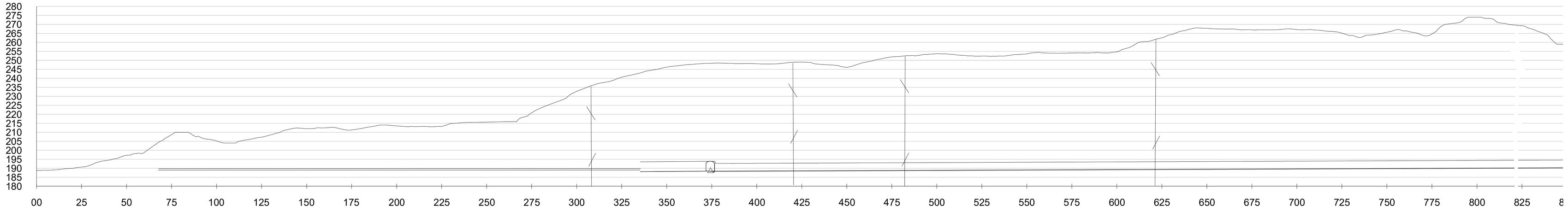
HANEBORGÅSEN OVERFØRINGSLEDNING
INGENIØRGEOLOGISK KART
Vedlegg til ingeniørgeologisk rapport

Målestokk:
1:2 000 (A1)

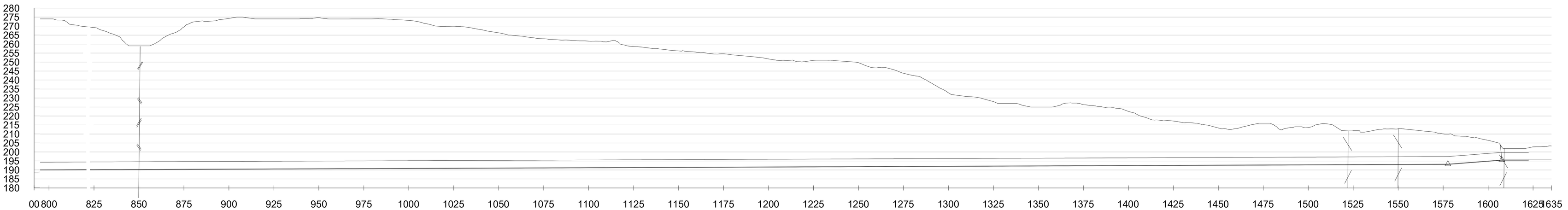
26.06.2026 NORIMA

SWECO

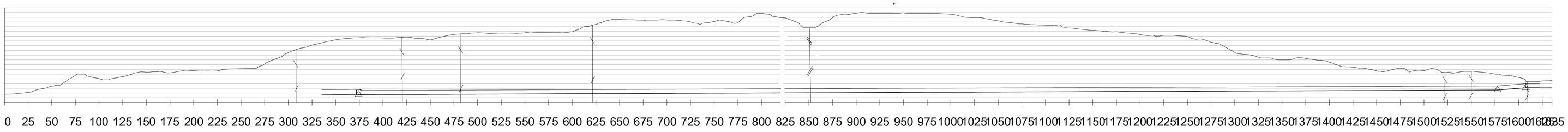
CL-17 m2



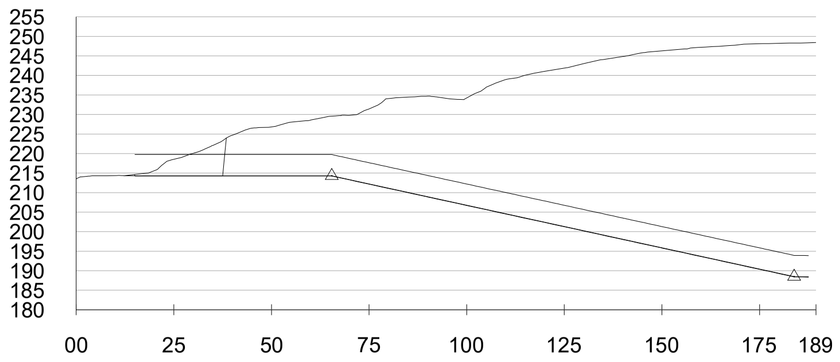
CL



CL-17 m2



CL-25 m2

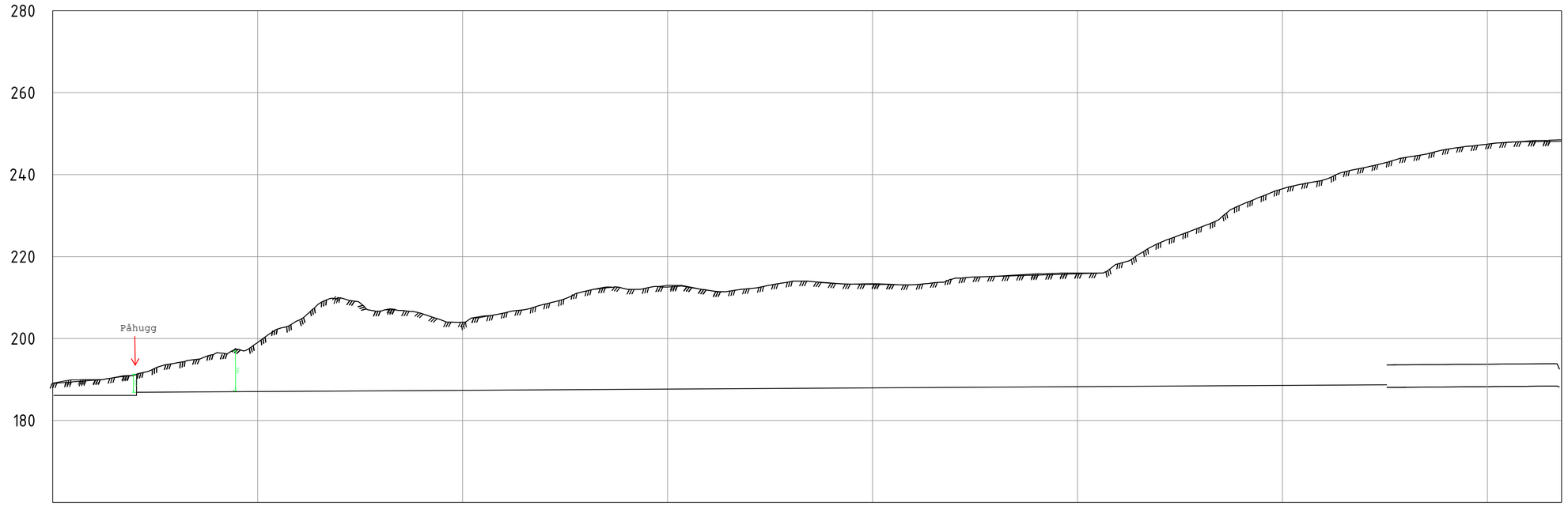


Tegnforklaring:

Svakhetssone

Haneborgåsen overføringsledning
Ingeniørgeologisk profil
23.01.2026 NOKNSK
Vedlegg til Ingeniørgeologisk rapport

SWECO



PROFIL NR.

PROFIL NR.	0	50	100	150	200	250	300	350	368

Lengdesnitt borehull til Stenerud