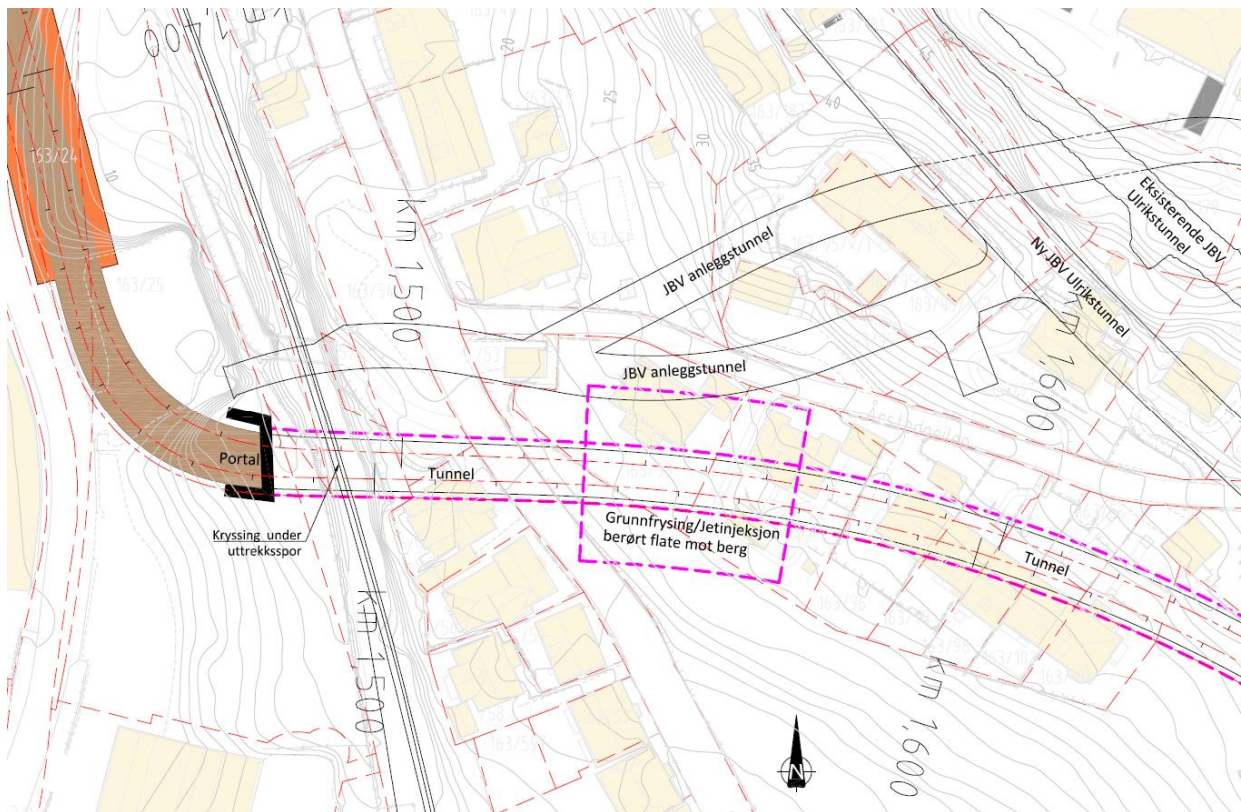


Notat Alternativt påhugg og holdeplass i Fløyen

Oppdragsnummer	Dato	Opprettet av	Kontrollert av
15530550	08.11.2016 Rev. 07.04.2017	NOSTSA NOASGY	NORUHO/ NOMAMA
Filnavn	D00_140_not_TvFa_Alternativt påhugg og holdeplass i Fløyen_0001		

1. Innledning

Notatet gjelder utredning av alternativ 2 for banetrasé i Møllendal, med holdeplass og kryssing under Bane NOR sitt godsspor ca. 60 m lengre nord enn alternativ 1 gjennom parsellhagen. Tunnelpåhugget for alternativ 2 er foreslått rett sør for tverrslag/anleggstunnel til Bane NOR sin nye Ulriken-tunnel. Anleggsgjennomføring, grunnforhold samt konsekvenser og risiko for nærområdet er vurdert. Noen justerte versjoner av alternativ 2 er også vurdert. Til slutt i notatet vurderes konsekvenser ved alternativ 2 opp mot konsekvenser for alternativ 1.



Figur 1: Alternativ 2 for bybanetrasé i Møllendal

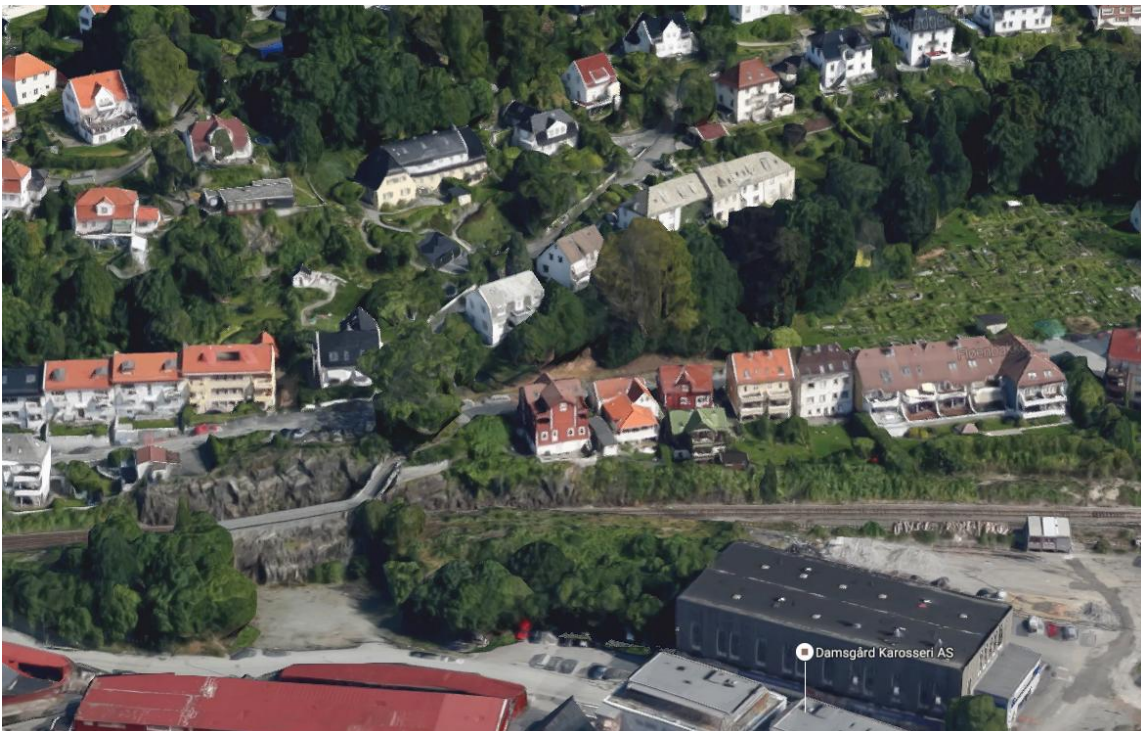


2. Eksisterende situasjon

I området der portal for alternativ 2 kan ha sin åpning ut i dagen, like vest for Bane NOR sitt godsspor, ligger det nå et utsprengt areal som Bane NOR benytter som riggområde ved driving av ny Ulriken-tunnel. Portalåpning vil, som kartskissen over viser, komme i dette riggområdet, ca. 10 m sør for tunnelåpning til Bane NOR sin anleggstunnel.



Figur 2: Anleggstunnel og riggområde for Bane NOR i Fløen



Figur 3: Bebyggelse i nærområdet. Her vises ikke det utsprengte riggområdet.

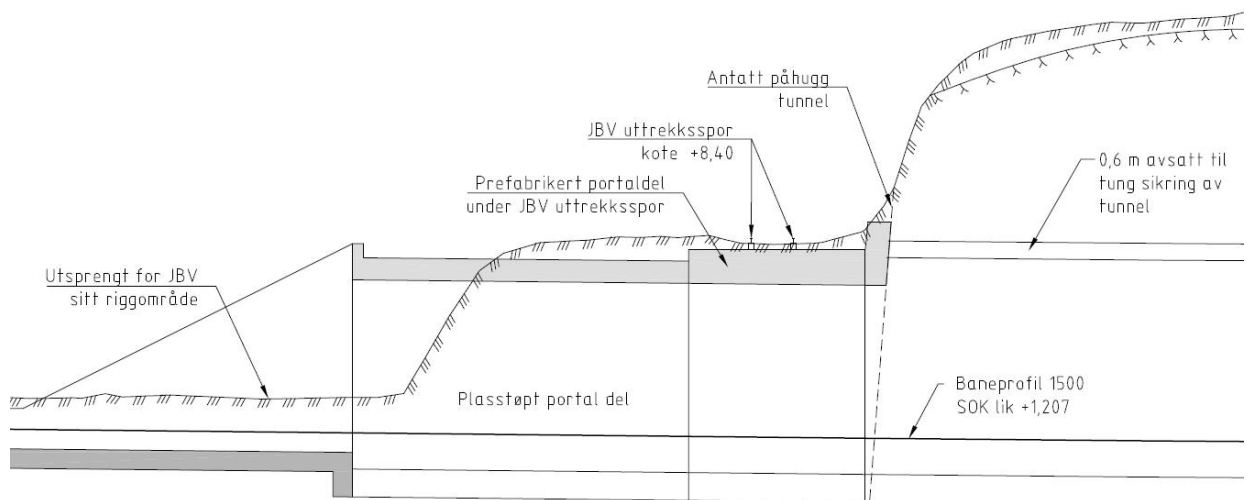


Området nært traséen består av eldre bebyggelse langs Fløenbakken og Årstadgeilen. Mellom Fløenbakken og Årstadgeilen ligger det en kommunal kolonihage med ca. 80 parseller. Bane NOR sitt godsspor ligger på en hylle mellom bebyggelsen i Fløenbakken og områdene langs sjøen.

3. Banegeometri og plassering av holdeplass

Banelinjen i alternativ 2 er stort sett sammenfallende med alternativ 1 frem til omtalt riggområde for Bane NOR sine anlegg. Der svinger den inn under godssporet i en krapp kurve med radius ca. 30 m. Linjen passerer under godssporet med minimum klaring, slik at godssporet sannsynligvis må bygges om over portalen/bruplate til fastspor. Bybanen vil her ligge med overkant spor på ca. kote +1,3 (NN1954). Videre vil Bybanen gå i portal eller bergtunnel med liten overdekning frem til det oppnås god overdekning i Årstadgeilen, antatt et sted like øst for Årstadgeilen 3, hvor grunnundersøkelsene viser berg på kote +12,8 og økende bergoverflate mot øst. Derfra går Bybanen i bergtunnel i en kurve med radius ca. 250 m, for så å gå videre med rettstrekk mot holdeplass under bakken nord for Haukeland sykehus.

Holdeplassen i Fløen i alternativ 2 blir flyttet ca. 55-65 m lengre nord enn i alternativ 1 i reguleringsforslaget. Dette gir tilsvarende lengre avstand fra holdeplassen til de sentrale delene av Møllendal.



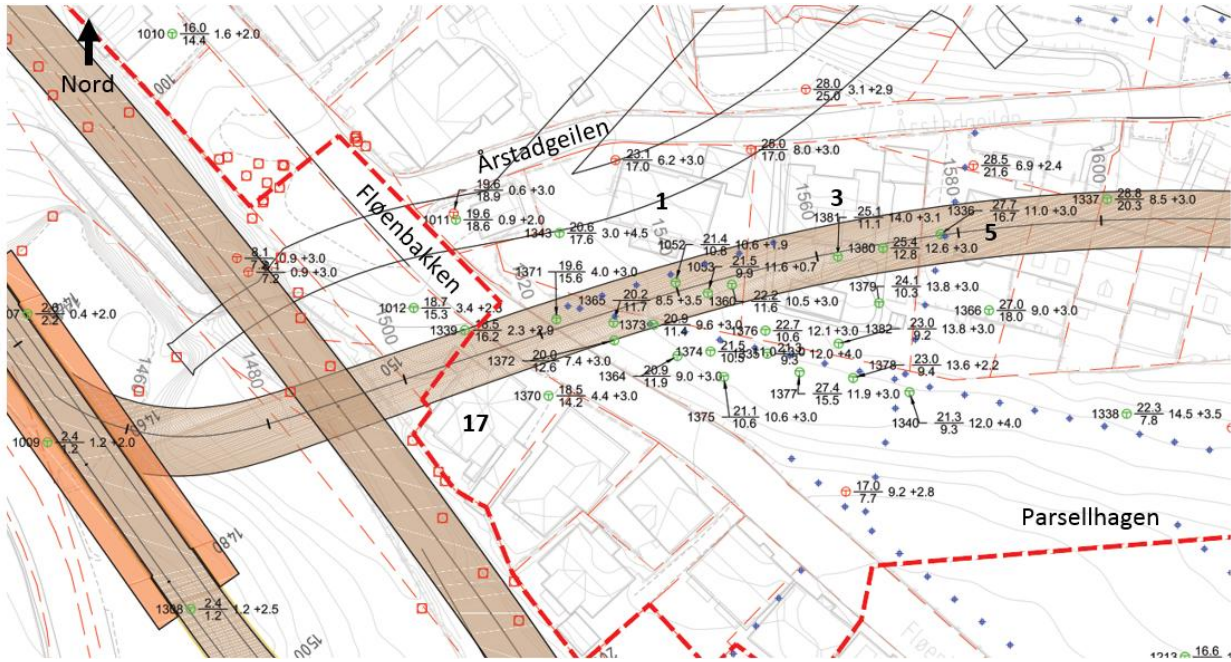
Figur 4: Lengdesnitt ved kryssing under JBV-uttrekkspor.

4. Grunnforhold

Grunnundersøkelser

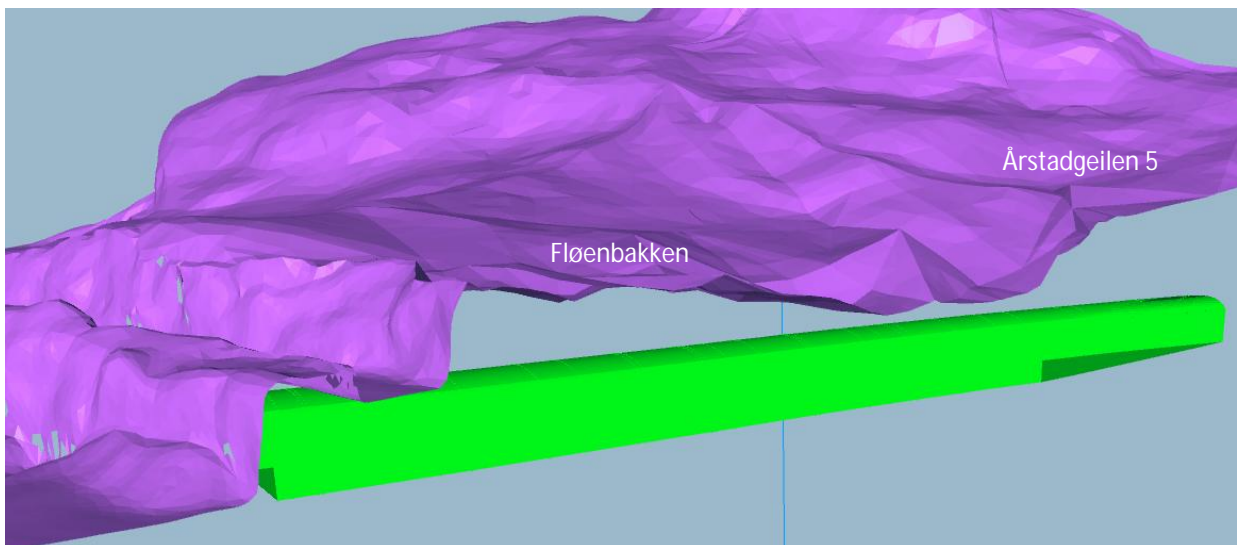
Det er foretatt grunnboringer og utført refraksjonsseismikk i området for best mulig å bestemme kotehøyde på bergoverflaten. Det er berg i dagen i skjæringen mellom Bane Nor sitt riggområde og godssporet. Videre er det berg i dagen i skjæringen øst for godssporet mot eiendom Fløenbakken 17. Like nord for Fløenbakken 17 og vest for Fløenbakken viser grunnboring berg på kote +15,3. Ved nordvestlige hjørne av tomten til Fløenbakken 17 viser grunnundersøkelsene berg på kote +16,3, og på kote +14,2 ved nordøstlig hjørne. På østsiden av Fløenbakken og i starten av parsellhagen, viser sammenstilling av grunnundersøkelsene at det er en sone med lavt nivå på bergoverflaten som strekker seg til Årstadgeilen 5. Bergoverflaten er i dette området registrert mellom kote +10 til +12 med laveste punkt på kote +9,9. Med overkant spor på kote +1,03, høyde tunnel på 6,5 m og ekstra plass for tung sikring (60 cm), ligger tunneltaket på kote +8,13. Bergoverdekningen er i dette området dermed ned mot 1,7-1,8 m. Vest for Årstadgeilen 5 stiger bergoverflaten, og grunnundersøkelsene viser berg ved kote +16,7. Se figur 5 for oversikt over utførte grunnboringer.





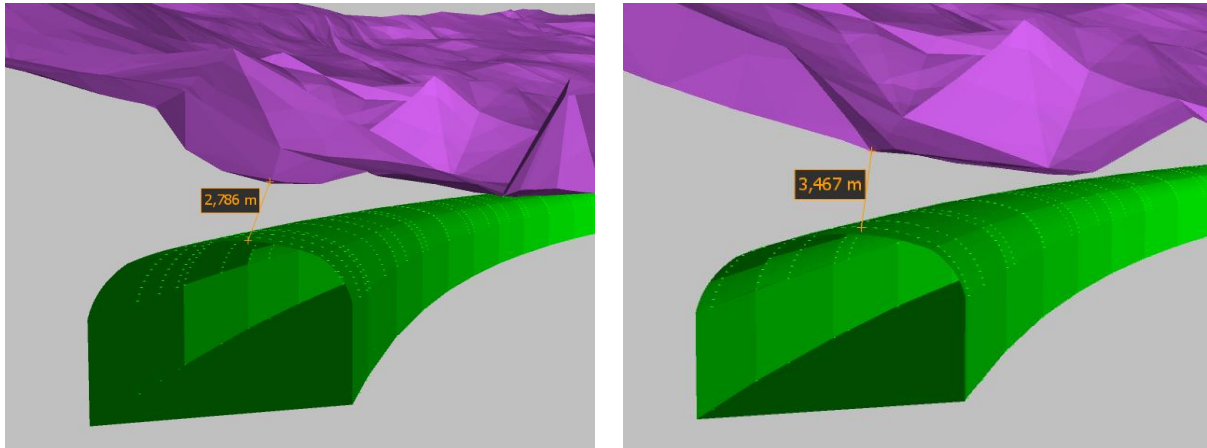
Figur 5: Kart med banetrasé for alternativ 2, med utførte grunnbøringer. Kartet viser også godssporet samt holdeplass og starten på alternativ 1.

Se figur 6 og 7 for utklipp fra grunnmodellen. Merk at det, i modellen, ikke er tatt hensyn til behov for utvidelse av tunnelprofilen som følge av tung sikring. Tunnelhengen ligger derfor ca. 0,6 meter lavere enn i virkeligheten.



Figur 6: Utklipp fra grunnmodell. Lengdesnitt av tunnel (grønn) og bergoverflate (lilla), utsnittet er sett mot nord.





Figur 7: Utklipp fra grunnmodell ved punktene med lavest bergoverdekning (lilla flate).

For bergmassen er seismisk hastighet funnet til 4300 m/s i de øvre ca. 8 meterne, og 5200 m/s under dette laget. Begge hastighetene antyder i utgangspunktet bra berg, der den noe lavere hastigheten i de øvre 8 meterne trolig representerer dagbergsonen.

Det bemerkes at refraksjonsseismiske undersøkelser har en nøyaktighet på +/- 2 m. I tillegg representerer grunnboringene «nålestikk» med tanke på å kartlegge beliggenhet av bergoverflaten. Den kan med andre ord ligge lavere enn det grunnundersøkelsene tilsier. Til tross for omfattende grunnundersøkelser kan det ikke utelukkes at bergoverflaten lokalt kan være i nivå med tunneltaket. Som vist av de seismiske undersøkelsene, må det forventes at øvre deler av bergmassen består av dagberg. Dagberget er påvirket av forvittringsprosesser, og dermed normalt svakere enn de underliggende massene. Dette kommer i første rekke av større grad av diskontinuiteter. Bergoverdekningen mellom Fløenbakken og Årstadgeilen 5 vurderes derfor som for lav til at det kan drives bergtunnel uten å gjøre grunnforsterkning i området.

Det er betydelige løsmasse-tykkelser over bybanetraséen mellom eiendommene Fløenbakken 17 og Årstadgeilen 3, løsmassemengden varierer her mellom ca. 4-12m. Løsmassene består av et øvre lag bestående av sand ned til ca. 3-5 m dybde, og et nedre lag med antatt fast grus. På totalsonderingsprofilene er grusmassene noen steder antydning som morene, og noen steder stein/blokk, men på bakgrunn av opplysning fra grunnborerne vurderes det at det nedre laget består av ensgraderte grusmasser med noen sandlag innimellom. En detaljert planlegging av anleggsgjennomføringen forutsetter prøvetaking av løsmassene ved bergoverflaten ved skovlboring. Dette er ikke gjort i denne fasen, det er nå bare tatt ut to prøver fra ca. 3 meters dybde. Disse viser at massene består av grå og brun sand med noe silt. Da prøvetakingen ikke er utført i de områdene hvor det eventuelt skal utføres grunnforsterkning, vurderes resultatene fra disse undersøkelsene ikke å være relevant.

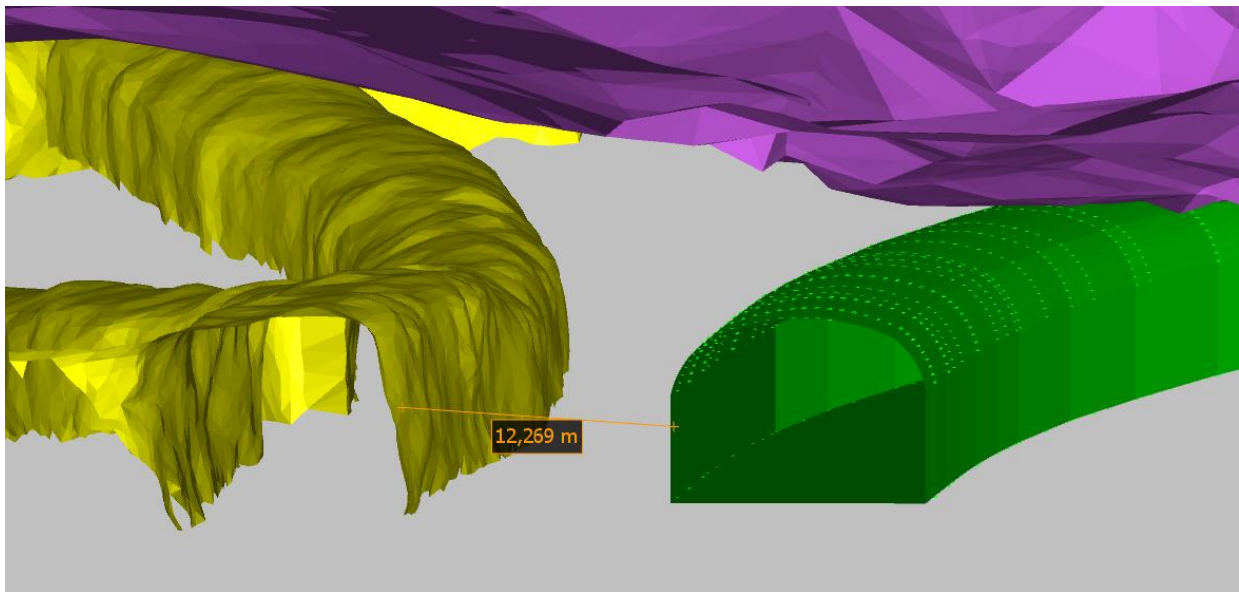
Tverrslag/anleggstunnel til Ulriken

Som nevnt i innledende avsnitt, er tunnelpåhugget for alternativ 2 foreslått rett sør for tverrslag/anleggstunnel til Bane NOR sin nye Ulriken-tunnel. Bybanetunnelen og anleggstunnelen ligger tilnærmet parallelt med innbyrdes avstand på ca. 10-14 meter i de første 60-70 meterne, se figur 8. Bane NOR opplyser at tunnelen blant annet skal brukes til opprustning av eksisterende tunnel og utrustning av ny tunnel. Deler av tunnelen er drevet som en utvidelse av eksisterende tilfluktsrom. Etter passering av tilfluktsrommet, har tunnelen to avgreininger. Den nordlige delen går mot eksisterende jernbanetunnel, og har lengde ca. 220 m fra kryss. Den sørlige fungerer som tverrslag for den nye Ulriken-tunnelen, og har lengde ca. 80 m fra kryss, se figur 1. Tverrsnittet er ca. 40 m² med utvidelse i krysset. Sørlig del (avgreining mot ny tunnel) passerer under Årstadgeilen 1. I starten fra skjæring i Fløen, ble tunnelen drevet på 10 % synk for å kunne passere under godssporet.

Bane NOR oppsummerte driving av tunnelen som «helt greit», og at de ikke hadde hatt nevneverdige problemer. Bergmassen var forholdsvis oppsprukket, men det ble ikke påtruffet større svakhetssoner, kun enkelte mindre leire-infiserte slepper. Bergarten i området er mylonittgneis og kvartsitt. Bergmassekvaliteten er kartlagt i området C og D etter bergmasseklassifiseringssystemet, Q-systemet. Dvs. *middels* til *dårlig* bergmassekvalitet. Det ble sprengt 2-3 m lange salver med fullt profil og med noen få unntak holdt de seg innenfor rystelseskravet på 25 mm/s. Rystelsesmåler var plassert på Årstadgeilen 1. Som sikringsmidler er det stort sett benyttet 3 m lange polyesterforankrede bolter og 6 cm tykk sprøytebetong. I krysset er det benyttet bolter med lengder på 5-6



m. Det er ikke benyttet noen form for tyngre sikring. Tunnelen er stort sett helt tørr og det var ikke behov for injisering. Det ble registrert mye småfallent berg i skjæringen før sprøytebetongen ble påført. Q-verdi er beregnet til 3,3 og RQD 45-55, dvs. ca. 20 sprekker per m³. 3 sprekesett.



Figur 8: Utklipp fra grunnmodell. Avstand mellom bybane (grønn) og Bane NOR-tunnel (gul) like nordøst for Fløenbakken.



5. Havnivå

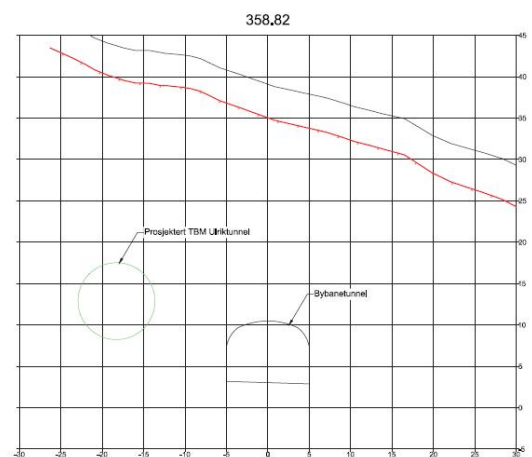
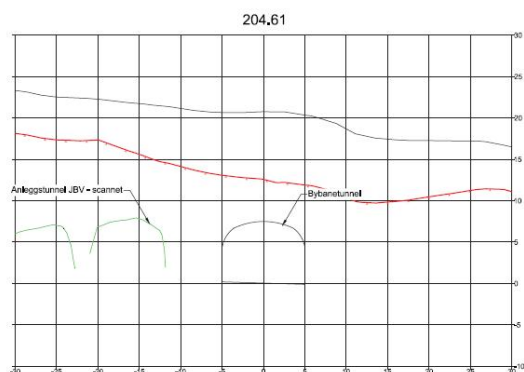
I notatet "Estimat av havnivå og stormflonivåer i 2100 i forbindelse med prosjektering av Bybanen i Bergen" vurderes det hvordan fremtidig havnivåstigning kan påvirke fremtidig bybane til Fyllingsdalen. Konklusjonen i notatet er som følger:

Med referanse til planprogrammets pkt. 5.2.8 tredje ledd «Det skal vurderes hvilke kotehøyde som er nødvendig for at Bybanen skal kunne nå sine tilgjengelighetsmål også i fremtiden», anbefales det at kote 0.73 (NN2000) defineres som forventet fremtidig havnivå i prosjektet og kote 2.19 (NN2000) som høyeste nivå for stormflo ved en 200 års hendelse i 2100. I tillegg vil bølgehøyden medføre en økning av vannstand til maksimalt kote 3.27 (NN2000).

Dersom det legges til grunn at det fremtidige havnivået som skal benyttes i prosjektet, er stormflo ved en 200 års hendelse i 2100 uten bølgetillegg, betyr det at kote 2.19 (NN2000) skal benyttes som høyeste havnivå. Dette betyr at der Bybanen ligger lavere enn dette, skal den beskyttes mot vanninntrengning fra havet. Omfang og metode for beskyttelse mot vanninntrengning vil bli utredet og vurdert i prosjekteringsarbeidet.

6. Nærføring mot Bane NOR sine anlegg

Bybanetraséen ligger innenfor sikkerhetssonen til Bane NOR sine tunneler. På det minste vil det være under 10 m berg mellom bybanetunnelen og Bane NOR sin nye Ulriken-tunnel, og kun 5-6 m berg mellom Bane NOR sin anleggstunnel og eventuell åpen byggegrop for portalen frem mot et påhugg for tunnel ved ca. profil 1570-1600. Nærføringen vil måtte godkjennes av Bane NOR, og koordineres med Bane NOR sine krav i forhold til nærhet til deres tunnel samt mot eksisterende forhold og drift i anleggstunnelen. Dette er en forutsetning for at alternativ 2 kan realiseres.



Figur 9: Nærføring til Bane NOR sine anleggstunneler og ny Ulriken-tunnel.



Føringer og prosedyrer for anleggsarbeidet i nærheten av Bane NOR sin jernbanetunnel må fastsettes dersom denne bybanetraséen skal bygges. Det er gjort foreløpige betraktninger rundt hvilke problemstillinger som må løses i forbindelse med en slik nærføring.

Det er i dag fire åpninger i rutetabellen, også kalt «hvite tider». Foreløpige opplysninger angir at dette er kl. 09:15, 13:15, 21:20 og 01:00. Disse åpningene varer i underkant av en halv time, og i løpet av dette tidsrommet skal det:

- Meldes fra til togledelsen
- Gis klarsignal for sprenging
- Sprenges
- Inspiseres i jernbanetunnelen
- Tømmes for personell i jernbanetunnelen
- Meldes klart til togledelsen

Disse åpningene i rutetabellen vil falle bort når drivingen av den nye Ulriken-tunnelen er avsluttet, og det må eventuelt settes i gang en søknadsprosess for å få kjøpt ut og tildelt tog-frie perioder. Dette er en omfattende og tidkrevende prosess som bybaneprojektet er avhengig av å få gode løsninger på. Åpningene i rutetabellen må være tilpasset anleggsbehovet i bybanetunnelen, og samtidig ta hensyn til begrensninger og regelverk for støy og rystelser i Fløen. Samtidig må de tog-frie åpningene tilpasses person- og godstrafikken i jernbanetunnelen.

Krav til rystelser er gitt i NS8141. For eksisterende jernbanetunnel er kravet 15 mm/s, mens det for den nye jernbanetunnelen trolig vil bli strengere krav. Den nye Ulriken-tunnelen er planlagt med u-armert betongfundament i nedre del av hvelvet, og ellers en utforming som er mer følsom for rystelser enn det som er hensyntatt i kravene i NS8141.

Rystelsesmålere i eksisterende jernbanetunnel må driftes med SIM-kort som er tilpasset GSMR (jernbanens mobilnett), eller med kabel i tunnelen. Det er restriktive regler for tildeling av tillatelse til å få benytte jernbanens mobilnett. I den nye jernbanetunnelen er det ikke mobilnett, så her må det trolig benyttes kabel til å drifte rystelsesmålerne.

Den nye jernbanetunnelen gjennom Ulriken er planlagt med vann- og frostsikring uten inspeksjonsrom bak hvelvet. Dette gjør det svært vanskelig å få plassert rystelsesmålere og utføre inspeksjoner i jernbanetunnelen etter hver sprenging i bybanetunnelen.

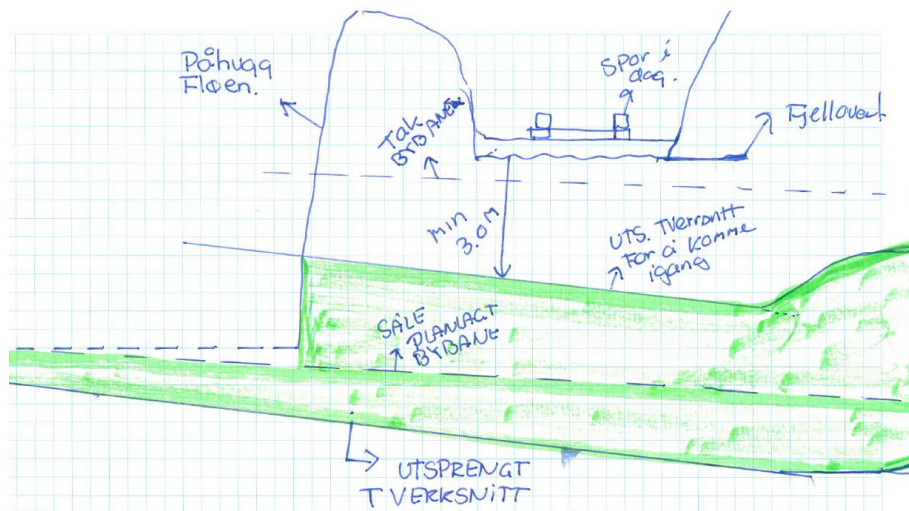
Det er videre svært viktig å påse at injeksjonsmasse fra arbeidet i bybanetunnelen ikke havner i drengssystemet for jernbanetunnelen. Dette er vanskelig å kontrollere.



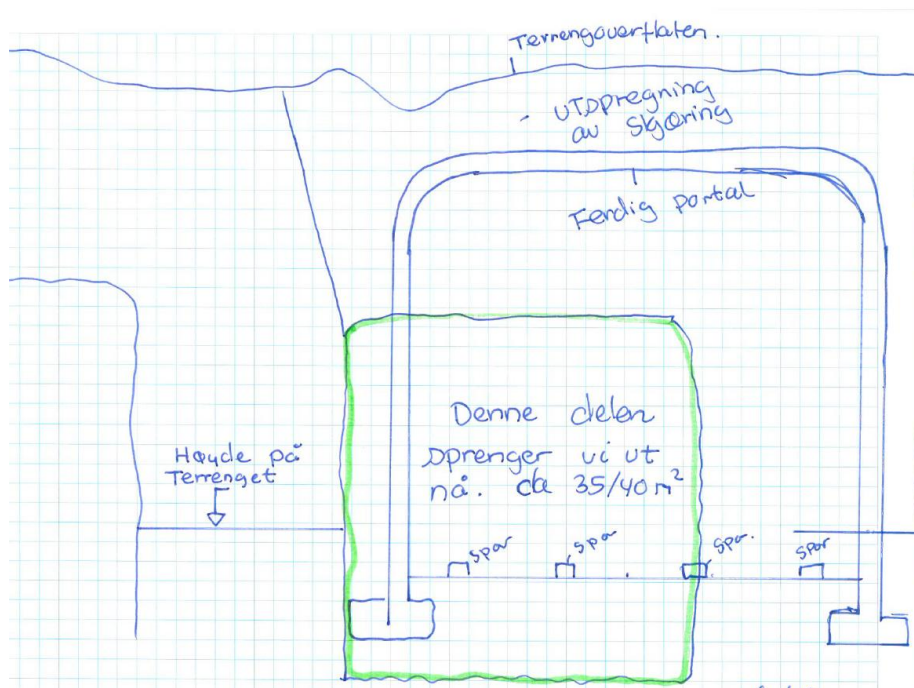
7. Bruplate under godsspor, portal og kofferdam

På grunn av de strenge betingelsene Bane Nor vil sette med hensyn på gjennomføring og stopptid av tog på godssporet mot Kronstadstunnelen, vil kryssing under dette gi anleggstekniske utfordringer og en komplisert anleggsgjennomføring.

En mulighet er å sprengne en mindre anleggs-/pilottunnel i en lavere vertikaltrasé under godssporet, tilsvarende anleggstunnelen til Bane Nor for Ulriken-tunnelen. Derfra kan drifvingen av Haukelandstunnelen starte opp med fullt tverrsnitt uavhengig av tidsvinduet for stenging av Kronstadsporet.



Figur 10: Lengdesnitt under godssporet.



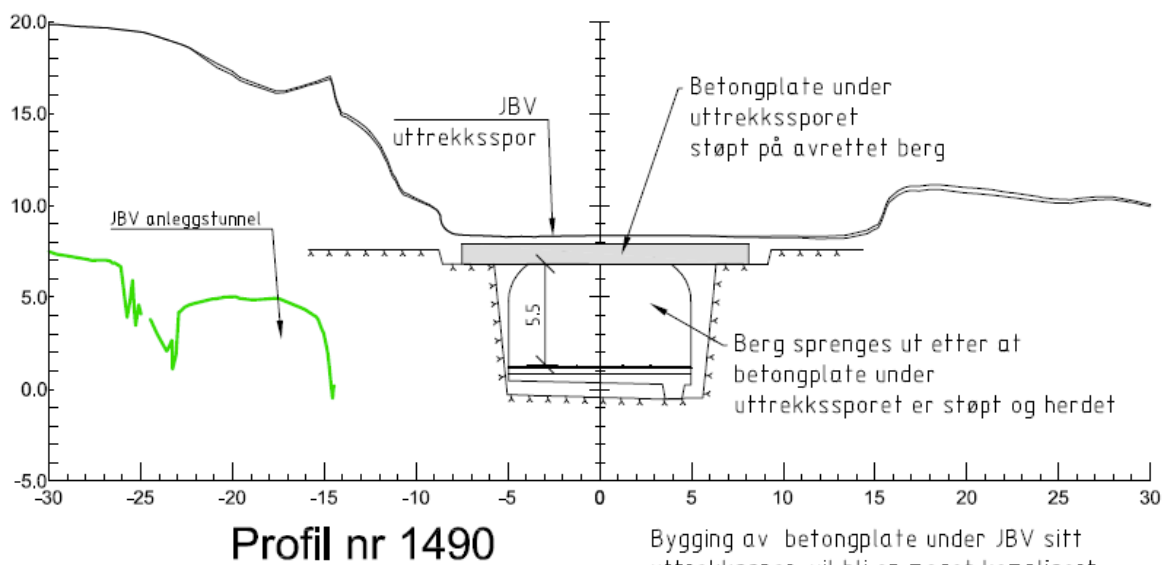
Figur 11: Tverrsnitt under godssporet.

Det som er fargelagt med grønt blir sprengt ut først, og da berøres ikke godssporet. Nedsprengning av resten, samt etablering av konstruksjon, utføres i en litt lengre stengeperiode som blir tildelt/planlagt av Bane NOR.

Ett konstruksjonsalternativ kan være å prefabrikere en portallengde foran utsprengt byggegrop i stengeperioden for deretter å skyve/dra portallengden på plass, og plassere godssporet på taket av denne. Dette er en metode som også er beskrevet for alternativ 1, søndre trasé.



Et annet alternativ er å støpe en betongplate på berg før det sprenges under denne for bybanetraséen. Fremgangsmetoden kan da være at godssporet fjernes i tilstrekkelig lengde, eksisterende ballast graves vekk, og det flåsprenges i tilstrekkelig dybde til at en betongplate med nytt fastspor kan etableres i samme høyde som opprinnelig spor. Under oppleggene for betongplaten borres og gyses bergbolter som sikring av berget. Disse bøyes inn som forankring i betongplaten, og det legges et tynt avrettingslag på berg med fiberduk over. Forskaling og armeringskurver til betongplaten kan prefabrikeres på riggområdet og heises på plass før støp av platen. Når platen er tilstrekkelig herdet kan nytt fastspor for godssporet monteres og settes i drift igjen. Når betongplaten er etablert, kan det så utføres sprengning for Bybanen under denne. Betongplaten vil få en liten nedbøyning når berget under sprenges vekk, denne nedbøyningen må det kompenseres for ved at sporet heves i etterkant langs bruplaten. Etter at alt sprengningsarbeid er utført for tunnelen kan det bygges portal fra betongplaten og ut i dagen med tilstrekkelig lengde.



Bygging av betongplate under JBV sitt uttrekksspor, vil bli en meget komplisert anleggsgjennomføring på grunn av de trange omgivelsene og de strenge betingelsene JBV setter med hensyn på stopptid og gjennomføring.

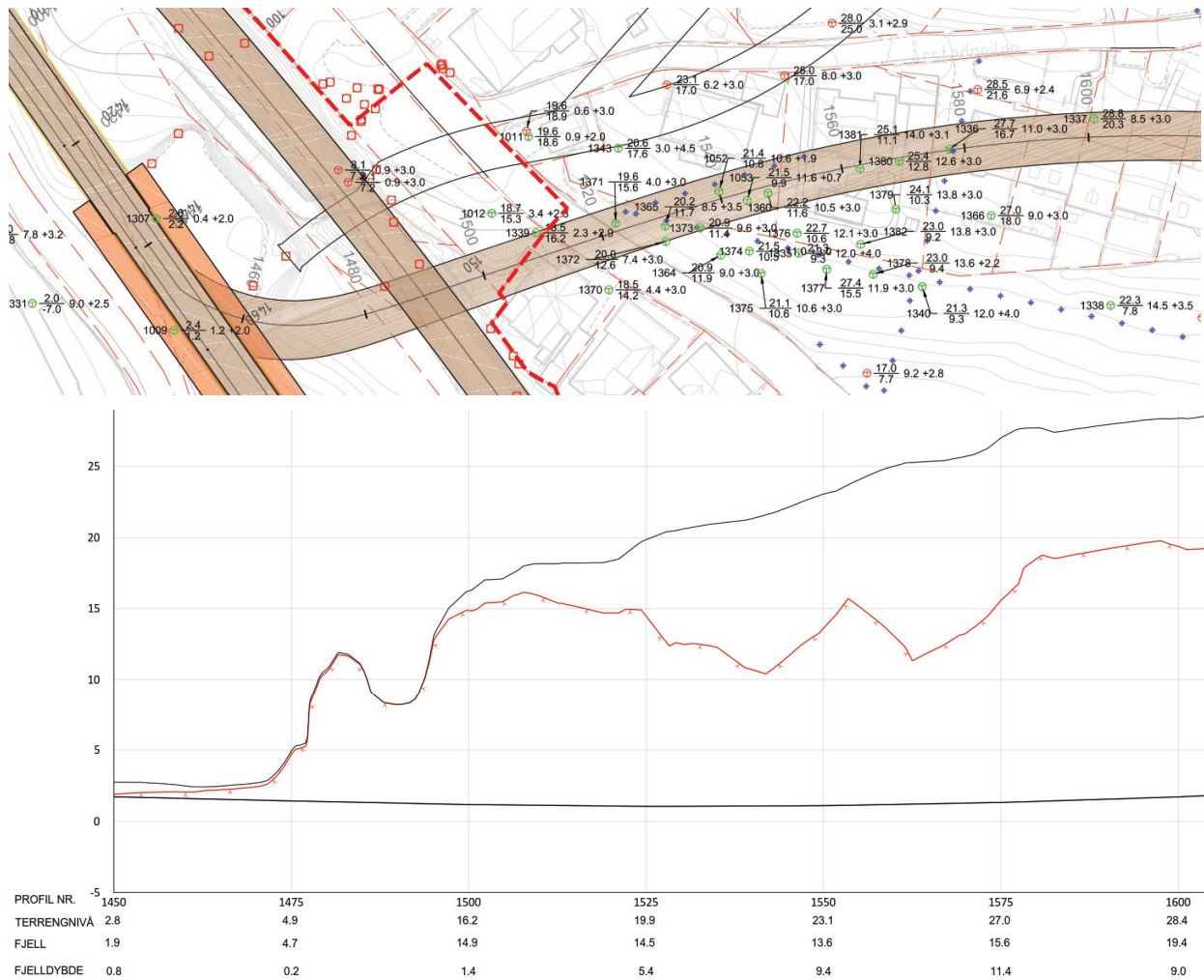
Figur 12: Bygging av betongplate for Bane NOR sitt godsspor.

Begge konstruksjonsalternativene vil sannsynligvis kreve en lengre stengeperiode av godssporet for det nordlige alternativet enn de 130 timene som er tildelt ved stengning av det sørlige alternativet, på grunn av større sprengningsarbeider, liten overdekning og trangere forhold ved utførelse.

På grunn av at banen ligger lavere enn fremtidig havnivåstigning ved stormflo i starten av tunnelen, blir det også nødvendig å bygge en kofferdam/tett traue under og langs banesidene, fra tetting mot berg ved tunnelportalen til ønsket høyde i forhold til å stanse vanninntrenging. Denne dammen kan suppleres med stengningsanordninger, pumpe-systemer og basseng inne i tunnelen.



8. Anleggsgjennomføring



Figur 13: Plan og lengdeprofil bane (SOK) med terreng- og bergprofil.

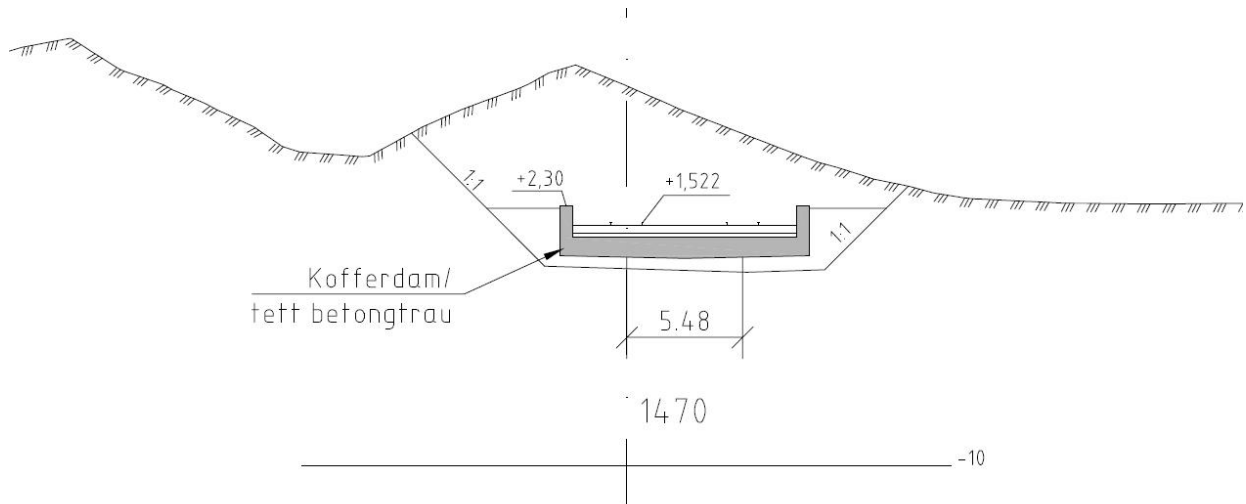
Konsekvenser

I tverrprofiler under (1470 – 1590) er det tatt utgangspunkt i foreliggende grunnundersøkelser samt terrengoverflate hentet fra kart. Tverrprofilene viser de ulike problematiske stedene med for lite bergoverdekning langs traséen under bakken.

I dagen

Da banen vil ligge så lavt som ca. kote +1,3 ved innløpet i portal/tunnel, blir det nødvendig å bygge kofferdam/tett traub mot fjell under banelegemet for å hindre vann i å trenge inn i tunnelen.





Godssporet

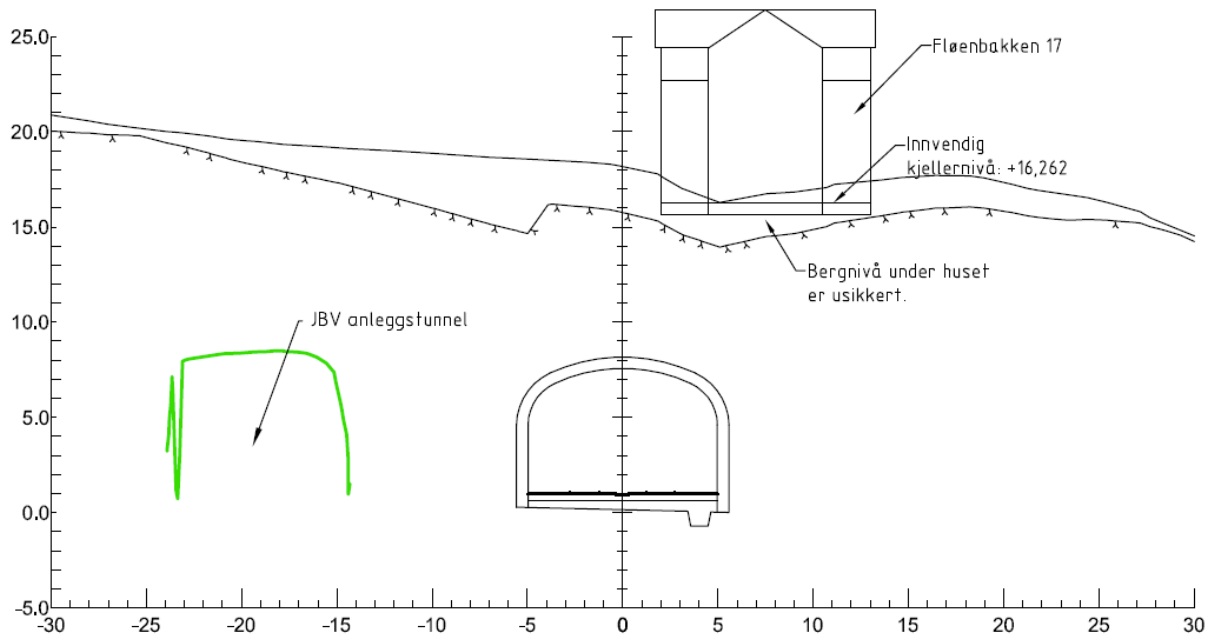
Det er for liten overdekning til at det kan drives fjelltunnel under uttrekkssporet (Kronstadsporet). Det må derfor etableres en utførelse/konstruksjonsløsning som omtalt under pkt 7.

Fløenbakken 17

Like nord for Fløenbakken 17, og vest for Fløenbakken viser grunnboringene berg på kote +15,3. Ved det nordvestlige hjørnet av tomten til Fløenbakken 17 viser grunnundersøkelsene berg på kote +16,3, og på kote +14,2 ved nordøstlig hjørne. Dette tilsvarer 6-8 meter bergoverdekning ved krysning under huset. Bergoverdekningen vil også være avhengig av dybden på kjelleren under huset.

Det vurderes som teknisk mulig å drive tunnelen under huset. Dette vil kreve planlegging av en komplisert anleggsgjennomføring, men huset vil av sikkerhetsmessige årsaker ikke kunne benyttes i anleggsperioden. Det er svært lite rom for anleggsgjennomføring og trafikkavvikling i området, så det vil derfor bli kostbart å forsøke å la huset stå. Risikoen for at huset får setningskader er også til stede. Huset må markeres som revet i reguleringsplankartet. Fløenbakken 17 har kulturhistorisk verdi.

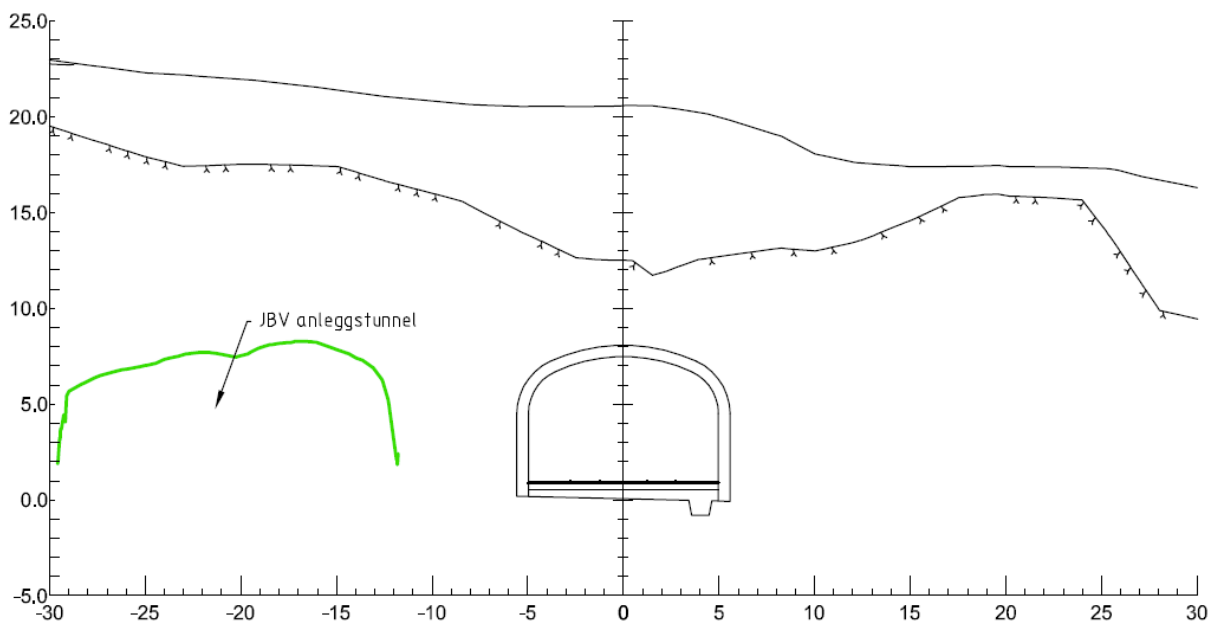




Profil nr 1510

Fløenbakken

Ved passering under veien Fløenbakken synker bergoverflaten fra 16,2 til 11,7 på ca. 20 m. Bergoverdekningen vil ligge på kun 3,5 m hvis man inkluderer tung sikring (SOK = 1,03). Dette er svært knapt å drive tunnel under.



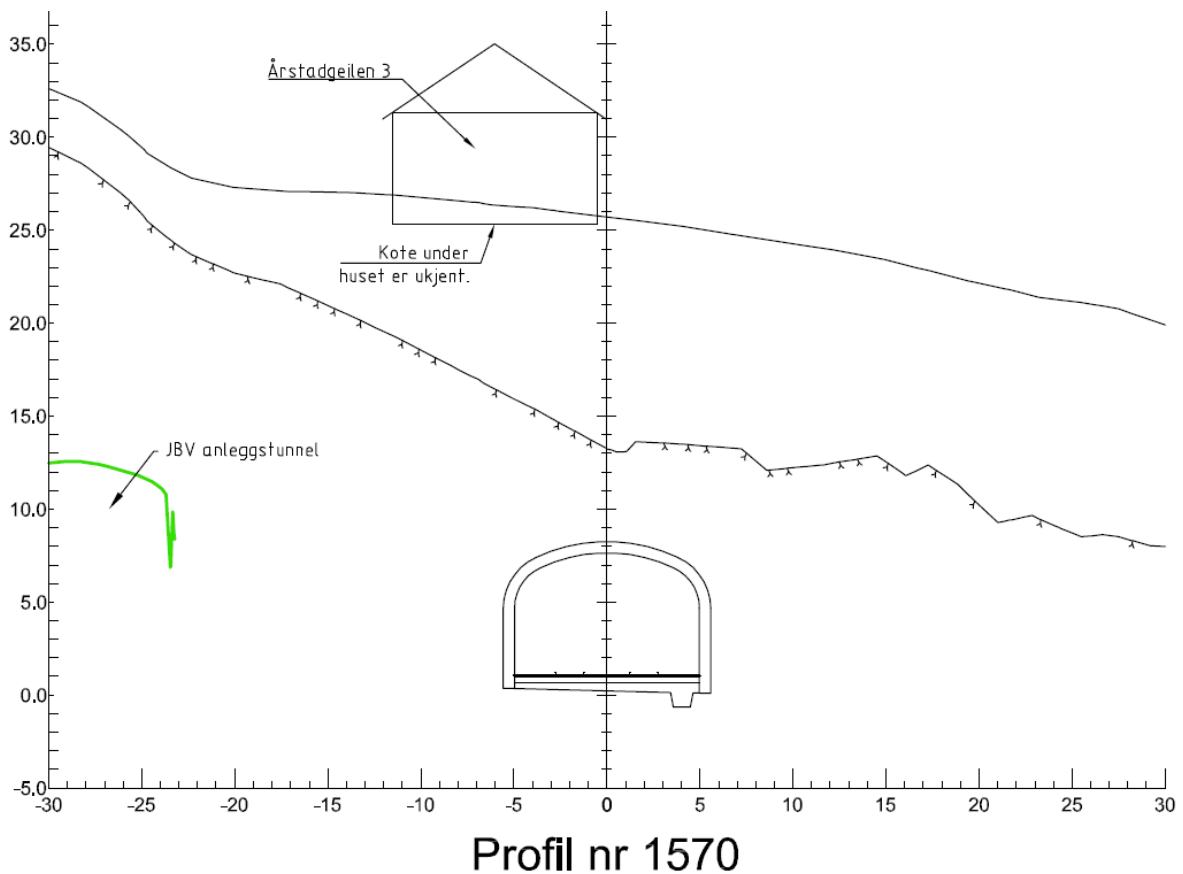
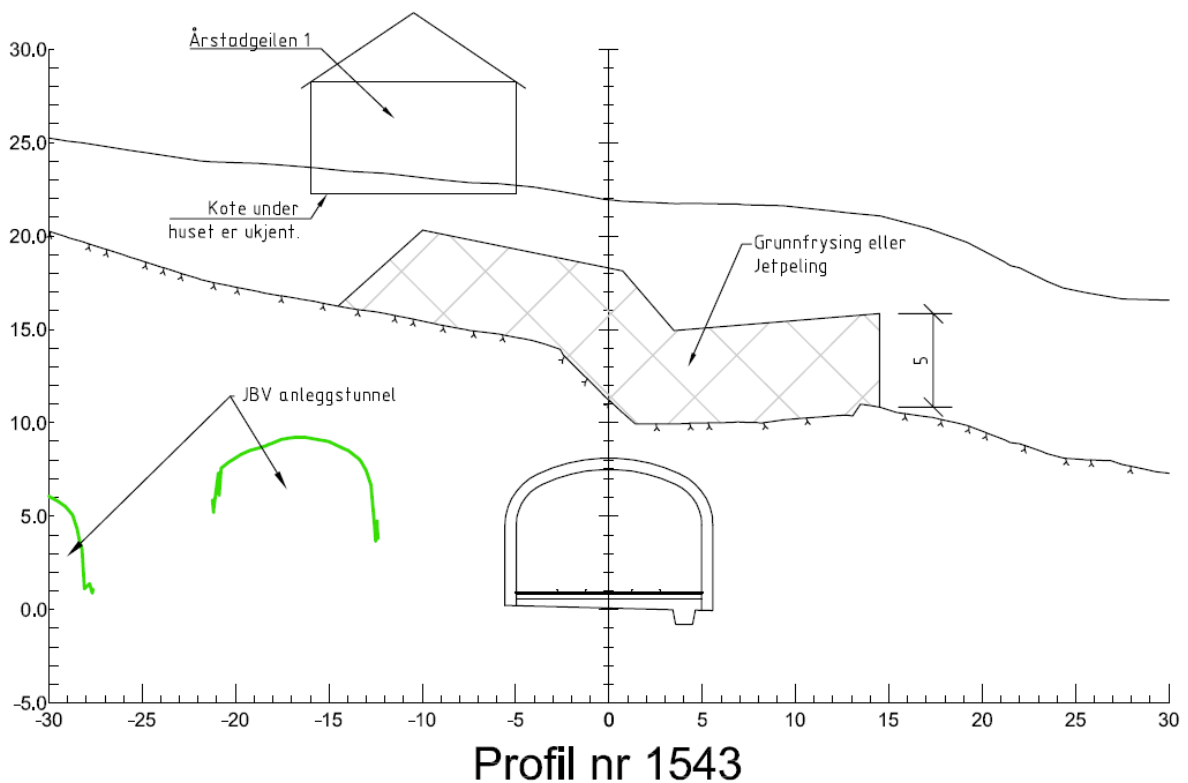
Profil nr 1530

Årstadgeilen 1 og 3

Tverrslaget/anleggstunnelen til Ulriken-tunnelen passerer under husene. Grunnboringer viser at bergoverflaten ligger 7 m lavere på sørsiden av Årstadgeilen 1 enn på øst- og nordsiden. I bybanetraséen ligger målte laveste bergoverflate på kote 9,9 og 10,8. Dette resulterer i en bergoverdekning over tunnelen på kun 1,7-2,7 m. Som beskrevet tidligere er dette for liten bergoverdekning til å kunne drive en tunnel i fjell uten grunnforsterkning.

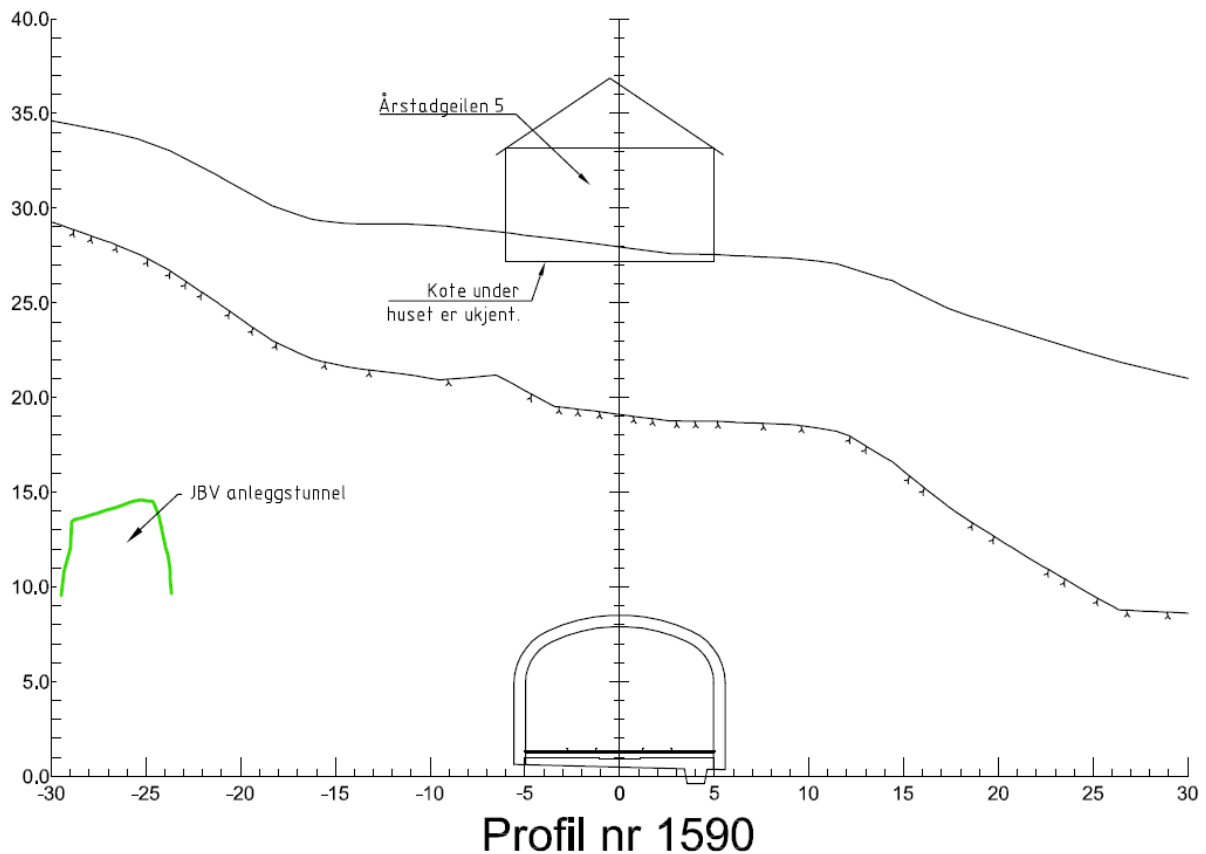


Situasjonen for Årstadgeilen 3 er lignende. Begge husene vil av sikkerhetsmessige årsaker ikke kunne benyttes i anleggsperioden, og risikoen for at husene får setningskader eller må rives er betydelig. Husene må derfor markeres som revet i reguleringsplankartet. Begge disse husene har kulturhistorisk verdi.



Årstadgeilen 5-13

Vest for Årstadgeilen 5 viser grunnundersøkelsene at bergoverflaten ligger ved kote +16,7. Videre mot øst langs traseen er berg funnet ved kote +18 til 20. Sør for Årstadgeilen 5-13 synker bergoverflaten bratt ned mot parsellhagen. Seismiske undersøkelser viser at forsenkningen starter noe sør for husene. Det kan trolig unngås negative konsekvenser for husene, men det må i videre faser vurderes restriksjoner på bruken i deler av anleggsperioden.



Det vurderes at boligrekken Årstadgeilen 5-13 kan beholdes uten riving. Sprengning av tunnel gjøres da med så stor forsiktighet at rystelser fra tunnel ikke vil påvirke løsmassene slik at det oppstår setninger i disse. I prosjekteringsfasen må stabiliteten til boligrekken ivaretas, og fundamenteringsløsning for boligene må undersøkes nærmere sammen med kartlegging av dybde til berg ved boligenes fremside. På bakgrunn av dette kan det bli behov for sikring av boligene med spunt eller refundamentering av fundamenter, men slike løsninger vurderes til å være gjennomførbare.

Det vurderes ikke nødvendig å krysse ut denne boligrekken ved valg av trasé under Årstadgeilen.

9. Alternative byggemetoder

Generelt

Som beskrevet over, er det i et parti av tunnelen, rett sør for og under Årstadgeilen 1-3, sannsynligvis svært liten eller manglende bergoverdekning over en strekning på 35-40 meter. Løsmassestørrelsen er ca. 10-15 m, og bebyggelsen ligger over og litt til siden for tunneltraséen. Det innebærer at tunnelen ikke kan drives uten at det er gjennomført stabiliserende tiltak før uttaket i tunnelen foretas.



Det finnes ulike stabiliserende tiltak for å kunne drive tunnelen gjennom det aktuelle området. Under presenteres de metodene som anses som praktisk gjennomførbare, også med hensyn på tidsforbruk og kostnader.

Aktuelle tiltak som kan iverksettes før driving er:

- Grunnfrysing av berg og løsmasser over og rundt tunnelen. Frysing kan gjøres med boring fra dagen. Frysingen kan være etablert når tunnelen kommer inn i dette partiet. (Frysing med boring fra tunnel er også teknisk mulig, men vil være langt mer tidkrevende for prosjektet siden det vil «blokkere» tunnelen i flere måneder).
- Forbedring av egenskapene til jordmassene over tunnelen der bergoverdekningen er minst ved hjelp av jet-injeksjon
- Forbolting rundt profilet foran tunnelfronten. Mange varianter av dette er mulig. Denne metoden er ikke et alternativ til de to ovennevnte, men en metode som brukes i kombinasjon med en av disse under selve tunneldrivingen.

Driving av tunnel på denne måten setter helt andre krav til informasjon om grunnforhold enn «tradisjonell» tunneldriving i berg. Sweco og leverandører av grunnforsterkningstjenestene er enige om at informasjon om massene som skal forsterkes og grunnvannsforholdene er avgjørende for valg av riktig metode. Dette må være klart før tiltakene kan iverksettes. Prøvetaking ved bruk av skovlboring må gjennomføres.

Nedenfor diskuteres mulige prinsipper for stabiliseringstiltakene som vil muliggjøre driving av tunnel gjennom partiene med dårlig berg og delvis manglende bergoverdekning.

Grunnfrysing

Generelt om metoden

Metoden er basert på at det ved å fryse vannet i grunnen (oppknust berg eller jord/løsmasser), dannes en midlertidig, stabiliserende frostkonstruksjon. I tillegg til å stabilisere, danner det frosne materialet en midlertidig vanntett konstruksjon under grunnvannstand. Metoden betinger at det er tilstrekkelig med vann i massene, og at det ikke er store lekkasjer inn i tunnelrommet som kan gjøre det umulig å få etablert den frosne sonen.

Nedfrysing skjer ved at varme fjernes via installerte rør. Fryserørene er koaksiale, slik at kaldt medium kan strømme inn gjennom det innerste røret og tilbake mellom indre og ytre rør. Når massene er frosset kan sprengning av tunnelen gjennomføres, og permanent stabilitetssikring etableres før frysingen slås av.

Som frysemedium kan det benyttes saltlake eller nitrogen. Lakefrysing er mest benyttet, og anses som mest hensiktsmessig for dette prosjektet. Nitrogen kan av sikkerhetshensyn ikke benyttes i tunnel.

Styrken av frosset grunn er avhengig av både type løsmasse, temperatur og innhold av ufrosset vann. I masser med vannstrømning vil dette representere en konstant varmekilde som det må tas høyde for ved dimensjonering av kjøleopplegget, og ved vurdering av metodens anvendelighet. For ytterligere beskrivelse av metoden, dimensjoneringsgrunnlag og utførelse henvises det til Statens vegvesens Håndbok V221.

Metoden skaper kun en midlertidig forsterkning av grunnen.

Gjennomføring

Grunnfrysingen kan utføres både fra tunnel og terreng. For minst mulig forstyrrelse av tunneldriften kan det være hensiktsmessig å etablere frostkonstruksjonen fra terreng. Innfrysing kan da starte før tunnelen er drevet fram til området, slik at man umiddelbart kan gå i gang med forsiktig uttak av tunnelen gjennom den frosne sonen. Fryserørene kan bores på skrå som en vifte fra dagen og isoleres første delen opp mot terrenget, for å begrense frosten. Dette gjør at det ikke er behov for å rive husene ved Årstadgeilen 1 og 3 for å gjennomføre frysingen. Begge husene vil av sikkerhetsmessige årsaker likevel ikke kunne benyttes i anleggsperioden. Risikoen for at husene får setnings-skader er også tilstede. Tiltak kan vurderes for å unngå/begrense setnings-skader eller som etterfølgende utbedringer:



- Infiltrasjon av vann som erstatning for drenering i forbindelse med boring. Dette tiltaket er vurdert å ha begrenset effekt da området trolig har vært gjenstand for gjentatte variasjoner i grunnvannsstanden etter at huset ble bygget og husene har tålt evt. allerede er skadet som en følge av dette.
- Utbedring av setnings-skader. Jekking av hus kan vurderes dersom skadene ikke er for store.

Metoden for grunnfrysing er beskrevet for at det ikke skal være nødvendig å kondemnere husene, men det kan likevel ikke utelukkes at riving blir en konsekvens. Berørte hageanlegg må betraktes som totalskadet av grunnforsterkning og nødvendig riggområde.

I utgangspunktet fungerer frysing under det fleste grunnforhold, under den forutsetning at løsmassetype og grunnvannsforhold er kjent.

Metoden skaper en frostbarriere rundt tunnelen i anleggsperioden, som vil forhindre eventuell innlekkasje i tunnelen. Dette gjør det mulig å redusere grunnvannsenkning i området i anleggsperioden. Setninger vil kunne oppstå som følge av fryse/tine prosesser, men vil i henhold til Geo Frost i stor grad avhenge av type løsmasse, vanninnhold og løsmassemeknighet.

Kostnader og fremdrift

Kostnadene ved frysing av ca. 35 meter av tunnel er estimert til ca. 18 millioner. I tillegg kommer kostnader knyttet til driving og sikring av tunnelen.

Under forutsetning om at frysingen kan utføres fra terrenget, vil frostsonen kunne etableres i forkant av tunnelarbeidene, og på den måte ha liten innvirkning på fremdriften. Etter at grunnen er frosset, drives tunnelen ved konvensjonell driving ved bruk av forbolter, forsiktig sprengning og korte salver. Permanent sikring i form av en full utstøpning, utføres øyeblikkelig etter driving av hver seksjon. Det fullt utstøpte betongtverrsnittet dimensjoneres med tykkelse, og armeres for å ta last fra overliggende berg/løsmasser samt eventuell nyttelast på terreng.

Da løsmassenes egenskaper og grunnvannsforholdene ved bergoverflaten ikke er kjent, er det knyttet stor usikkerhet til kostnadsanslaget og prosedyre for frysing.

Jet-injeksjon i kombinasjon med forbolting og rørparaply

Generelt om jet-injeksjon

Ved jet-peling forsterkes løsmassene i området hvor bergoverdekningen er for liten ved at en sementmørtelblanding blandes inn i og erstatter stedlige løsmasser. Metoden kan forsterke løsmassene, og det etableres et kunstig berg i området hvor bergoverdekningen er liten. Resultatet av en slik operasjon vil imidlertid være vanskelig å kontrollere. Det er spesielt knyttet usikkerheter til resultatet av jet-injeksjonen i områdene nærmest bergoverflaten. Etersom injeksjonen utføres normalt på boreretning, vil ujevn og/eller hellende bergoverflate kunne føre til at områder ikke blir injisert. Det er derfor nødvendig at metoder for sikring foran stuff (forskjellige typer forbolting) alltid må dimensjoneres for å kunne hindre eller håndtere lokale inn-rasinger. Under utførelsen av jet-injeksjonen, vil det også sannsynligvis skje at masser blir presset opp i dagen og kommer i kontakt med eksisterende bebyggelse og omgivelser. Disse massene må da samles opp og fraktes bort. Jet-injeksjon utføres vanligvis med vertikale boring, men kan også utføres ved skrå boring. Dette gjør at det ikke er behov for å rive husene ved Årstadgeilen 1 og 3 for å gjennomføre jet-injeksjonen. Begge husene vil av sikkerhetsmessige årsaker ikke kunne benyttes i anleggsperioden, og risikoen for at husene får setnings-skader eller må rives er betydelig.

Jet-injeksjon vil redusere permeabiliteten til løsmassene over tunnelen, men ikke tette de helt. Som nevnt over, vil det kunne være områder nære bergoverflaten som ikke er injisert, og dermed kan lede vann mot tunnelen. Potensiale for innlekkasje av vann til tunnelen er derfor til stede under driving, noe som kan føre til poretrykksfall, og dermed setninger på bebyggelsen. Metoden forutsetter også at grunnvann, som potensielt kan gi innlekkasje i tunnelen under driving, aktivt dreneres foran stuff.



I motsetning til frysing, skaper metoden en permanent forsterkning av løsmassene rundt tunnelen. Systematisk bruk av sprøytebetongbuer som permanentsikring vurderes å være tilstrekkelig permanentsikring ved bruk av denne metoden.

Generelt om forbolting og rørparaply

I partier med dårlig berg, er forbolting foran stoff en velkjent metode også i Norge. Det benyttes innstøpte kamstål-bolter (Ø32 mm) typisk i 6 m's lengde, evt. også selvborende bolter. Boltene settes med avstand ca. 200 til 300 mm.

I stedet for bolter, kan det bores inn stålrør med diameter fra ca. 110 til ca. 160 mm. Metoden er kjent som «steel pipe umbrella» eller rørparaply. Perforerte stålrør settes inn i berg og i løsmasser ved at det bores med offerkrone, som vil si at en borkrone som roteres uavhengig av røret «trekker» med seg røret. Borelengde er vanligvis 15 m. Rørene settes i en tett krans rundt tunnelperiferien i hengen. Ved behov kan det settes to kranser utenpå hverandre. Rørene blir deretter injisert. Injeksjonsmassen fyller rørene og vil avhengig av type løsmasse, i tillegg kunne fylle åpne rom i løsmassene/berg mellom rørene og vil utgjøre en stabiliserende «paraply» over tunnelen. Hovedhensikten til rørene er å hindre nedfall inntil en midlertidig sikring er etablert oppunder rørene. Ved bruk av rørparaply, bores rørene med ca. 10° vinkel i forhold til tunnelhengen. Ettersom det i prinsippet alltid skal sprenges eller graves ut masser helt opp til rørene, vil tunnelprofilen utformes som en trakt. Profilet i enden av rørskjermen er derfor opp mot 1 meter større i heng enn ved start av rørskjermen. Dette vil redusere bergoverdekningen langs tunnelen.

Stoffen (tunnelfronten) må også normalt sikres midlertidig med både lange bolter og sprøytebetong. Denne sikringen fjernes og reetableres etter hvert uttak. Avansement av tunnelen må skje i små trinn, vanligvis 1 m, og delte tverrsnitt må også benyttes.

Egnetheten for metoden avhenger av hydrogeologiske forhold og hvilke løsmasser som finnes i og rundt det tverrsnittet som skal tas ut. Løst lagrede og ensgraderte masser vil være lite egnet uten at det utføres en form for forsterkning av massene i forkant, f. eks. ved jet-injeksjon.

Gjennomføring

I partiet med svært lite eller manglende bergoverdekning er det sett på bruk av jet-peler/jet-injeksjon for å forsterke grunnen. Det foreligger begrenset informasjon om løsmasstype og dens egenskaper ved bergoverflaten, men det antydes at disse trolig er løst lagrede og sandige masser. Ved slik type masser ansees det ikke som gjennomførbart å kun benytte forbolting eller rørparaplyskjerm under driving. Det vil være behov for å forsterke grunnen ved bruk av jet-injeksjon i forkant av drivingen. Jet-injeksjon fungerer i utgangspunktet under de fleste grunnforhold, under den forutsetning at løsmasstype og grunnvannsforhold er kjent.

Jet-injeksjon utføres vanligvis med vertikale boring, men kan også utføres ved skrå boring. Dette gjør at det ikke skal være påkrevd å rive husene ved Årstadgeilen 1 og 3 for å gjennomføre selve jet-injeksjonen. Som for grunnfrysing gjelder følgende:

Begge husene vil av sikkerhetsmessige årsaker ikke kunne benyttes i anleggsperioden. Risikoen for at husene får setningsskader er også tilstede. Tiltak kan vurderes for å unngå/begrense setningsskader eller som etterfølgende utbedringer:

- Infiltrasjon av vann som erstatning for drenering i forbindelse med boring.
Dette tiltaket er vurdert å ha begrenset effekt da området trolig har vært gjenstand for gjentatte variasjoner i grunnvannsstanden etter at huset ble bygget og husene har tålt evt. allerede er skadet som en følge av dette.
- Utbedring av setningsskader.
Jekking av hus kan vurderes dersom skadene ikke er for store.



Metoden for jet-injeksjon er beskrevet for at det ikke skal være nødvendig å kondemnere husene, men det kan likevel ikke utelukkes at riving blir en konsekvens. Berørte hageanlegg må betraktes som totalskadet av grunnforsterkning og nødvendig riggområde.

Kostnader og fremdrift

Kostnadene ved jet-injeksjon av et parti på ca. 35 meter av tunnel er estimert til ca. 22 millioner (kostnadsestimat mottatt fra Bybanen Utbygging datert 06.02.2017).

I tillegg kommer kostnader knyttet til driving og sikring av tunnelen.

Jet-injeksjonen vil kunne utføres i forkant av tunnelarbeidene, og på den måte ha liten innvirkning på fremdriften. Ved driving av tunnelen må det forventes bruk av forbolting/rørskjerm, korte salver og tung sikring. Da løsmassenes egenskaper og grunnvannsforholdene ved bergoverflaten ikke er kjent, er det knyttet stor usikkerhet til type jet-injeksjon som vil være gunstig å benytte.

Oppsummering kostnader

På grunn av usikkerheter knyttet til grunnforholdene er det for jet-injeksjon sett på to alternativer, ett med forbolting for gunstige grunnforhold, og ett med rørskjerm for ugunstige grunnforhold. For frysing er det sett på ett alternativ:

- A. Jet-injeksjon under gode grunnforhold.
- B. Jet-injeksjon under dårlige grunnforhold.
- C. Frysing.

Tabell 1 og 2 gir en oppsummering av anslåtte kostnader knyttet til de tre alternativene. Grunnforsterkningen er anslått over et parti på 35 meters lengde. Behov for forbolter/rørskjerm og buer/utstøpning er antatt for en strekning på 50 meter.

Tabell 1: Oppsummering kostnader

	Mengde	Pris (Mnok)	Alternativ
Prøvetaking	4 hull	1	1,2,3
Grunnforsterkning			
Jet-injeksjon	Lengde 35 m, bredde 29 m	26*	1, 2
Frysing	Lengde 35 m, bredde 29 m	22*	3
Forbolter			
Trad. forbolter 2 raster 6 m lange, 2 m overlapp, vederlag - vederlag	50 lm 33 stk. per rast	1	1,3
Rørparaply 15 m lange, 3 m overlapp, vederlag - vederlag	50 lm 33 stk. per skjerm Boring og injeksjon	2,5	2
Tunneldriving inkl. arbeidssikring			
Salvelengde 2,5 – 4 m	50 lm	6	3
Kort 1-2,5 m	50 lm	7	1
m/kort og delt 1-2,5 m	50 lm	8	2
Tung sikring			
Buer, c/c 1,5 m	50 lm	2,3	1, 2
Utstøpning	50 lm	15	3

* 20% ekstra kostnad på grunn av usikkerheter knyttet til grunnforholdene.



Tabell 2: Kostnadsanslag alt. 1-3

	Kostnadsanslag (Mnok)
Alternativ A <i>Jet-injeksjon under gode grunnforhold.</i>	37,3
Alternativ B <i>Jet-injeksjon under dårlige grunnforhold.</i>	39,8
Alternativ C <i>Frysing.</i>	45

Fremdrift

Det forutsettes at både jet-injeksjon og frysing kan utføres fra terrengoverflaten i forkant av tunneldrivingen. Alternativene A og B vil gi noe lavere fremdrift i driveperioden på grunn behov for kortere salvelengder og potensielt behov for rørskjerm. Installasjon av permanentsikringen i form av sprøytebetongbuer vil derimot være betydelig raskere sammenliknet med en utstøpning som vil være nødvendig for alternativ C.

Risiko

Det er stor usikkerhet knyttet til kostnadsanslagene i tabell 1 og 2. Usikkerheten kommer av at det ikke foreligger detaljerte opplysninger om løsmasser og grunnforhold, noe som vil ha stor innvirkning på gjennomføringen av, og kostnadene med grunnforsterkningstiltakene.

Driving av tunnel med liten til ingen bergoverdekning innebærer potensiale for hendelser, store deformasjoner, større innlekkasjer osv. under driving av tunnelen, som kan ha stor innvirkning på fremdriften. Dette vurderes hovedsakelig å være knyttet til alternativ A og B.

Alternativ C med frysing skaper en vanntett frostbarriere rundt tunnelen i anleggsperioden. Dermed unngås innlekkasje til tunnelen. Reduksjon i grunnvannstanden og risiko for setninger på bebyggelse kan minimeres forutsatt at den permanente sikringskonstruksjonen er vanntett. Frostbarrieren vil også strekke seg et stykke inn i bergmassen. Dette gjør at denne metoden er mer i større grad unngår en usikker overgangssone mellom berg og grunnforsterkede løsmasser enn ved jet-injeksjon.

I den permanente situasjonen vil tunnelen derimot kunne drenere grunnen. Som diskutert tidligere vil alternativ A og B gi en permanent forsterkning av grunnen, men ikke skape en tett sone rundt tunnelen. I driveperioden vil det også være aktuelt å iverksette tiltak for å drenere grunnen over tunnelen for å unngå innlekkasje. Det er derfor knyttet risiko til grunnvanssenkning og setninger for alle tre alternative byggemetodene.



10. Virkninger for ikke-prissatte tema

I tabellen under er verdier for ikke-prissatte tema i området beskrevet. For alternativ 1 er verdiene nærmere beskrevet i konsekvensvurderingen utført som del av planbeskrivelsen. For alternativ 2, er verdien vurdert på et mer overordnet nivå, da det berørte området delvis ligger utenfor det definerte tiltaksområdet for alternativ 1. Det er derfor valgt kun å sette en omfangsgrad, for å unngå å sammenligne verdier som ikke vurdert og beskrevet på et likt nivå.

I tillegg til tabellen er det gjort en oppsummering der de to alternativene sammenlignes.

Tabell 3: Virkninger for ikke-prissatte tema

Tema	Verdier i området	Alternativ 1-omfang	Alternativ 2-omfang
Naturmiljø	Alrekstadeiken og en gammel eik lenger oppe i Årstadgeilen er begge vurdert å ha stor verdi. Begge har et vern iht. Naturmangfolds-loven.	Gang- og sykkelveg som skal utbedres vil bli liggende utenfor dråpefallet til Alrekstadeiken og en unngår dermed at viktige deler av treets rotsystem blir berørt. Den gamle eiken i Årstadgeilen blir ikke berørt. Omfangsgrad: Lite negativt	Gang- og sykkelveg som skal utbedres vil bli liggende utenfor dråpefallet til Alrekstadeiken og en unngår dermed at viktige deler av treets rotsystem blir berørt. Den gamle eiken i Årstadgeilen ligger et stykke unna tunnelen og blir sannsynligvis ikke berørt. Omfangsgrad: Lite negativt
Kulturmiljø	Vegfaret Fløenbakken og boligområdet i Fløen: Vegfaret fra middelalderen er gitt middels-stor verdi, boligområdet er gitt stor verdi. Rekken av hus fra 1800-tallet og yngre har samlet stor kulturhistorisk verdi med et tidstypisk, autentisk og helhetlig uttrykk. De eldre bygningene har også i seg selv stor kulturhistorisk verdi, med opplevelsese- og kunnskapsverdi. Kronstadsporet er vurdert å ha liten-middels verdi. Parsellhagen i Fløenbakken 33 ble i utgangspunktet gitt middels verdi grunnet en eldre bygning som står i hagen og stort potensial for funn av ikke kjente automatisk fredete kulturminner. I løpet av senhøsten 2016 ble parsellhagen undersøkt av Hordaland fylkeskommune og det ble påvist forhistoriske bosetningsspor. Funnet av automatisk fredete kulturminner øker parsellhagens kulturhistoriske verdi fra middels til stor. Vegfaret og boligområdet Årstadgeilen: Vegfaret fra middelalder er gitt middels-stor	Vegfaret Fløenbakken og boligområdet i Fløen blir minimalt berørt av alternativet. Kronstadsporet blir ikke berørt på denne strekningen. Oppgraving av parsellhagen i Fløenbakken i anleggsperioden gjør at den eldre bygningen må fjernes, men bygningen settes opp igjen etter at anleggsarbeidene er ferdig. Tiltaket medfører at det automatisk fredete kulturminnet i parsellhagen ødelegges. Det er imidlertid avtalt med Hordaland fylkeskommune at bosetningssporene skal frigis etter arkeologiske undersøkelser. Vegfaret og boligområdet i Årstadgeilen blir ikke berørt. Omfangsgrad: Ubetydelig-lite negativt	Fløenbakken 17 samt Årstadgeilen 1 og 3 krysses ut på plankartet. Det er mulig at bygningene kan stå gjennom anleggsfasen, men vil uansett måtte fraflyttes i anleggsperioden. Det er store usikkerheter knyttet til omfang av skader som kan oppstå på bygninger under anleggsarbeidene. Dersom bygningene må rives vil dette redusere opplevelseseverdien og autentisiteten til bygningen og til kulturmiljøene Årstadgeilen og Fløenbakken. Et avbøtende tiltak kan være å demontere og sette bygningene opp igjen på samme plass etter byggefasen. Hagene rundt husene vil bli sterkt berørt i anleggsfasen i forbindelse med grunnforsterkningsarbeidene. Parsellhagen i Fløenbakken blir berørt i nordvestre hjørne i anleggsfasen da her kan bli nødvendig med sikringsarbeider og tilgang til anlegget. Omfangsgrad: Middels -stort negativt



Tema	Verdier i området	Alternativ 1-omfang	Alternativ 2-omfang
Kulturmiljø	verdi grunnet sin alder og som opprinnelig vegfar til Alrekstad gård. Villaer og rekkehus i mur og tre fra 1920-30-tallet i Årstadgeilen ligger langs vegfarete. Flere av byens kjente arkitekter er representert med arbeider i denne gaten, men tilgjengelig litteratur kan ikke bekrefte at de to berørte husene er blant disse. Årstadgeilen er gitt middels-stor verdi.		
Naturressurser	Ingen registrerte verdier	Intet omfang	Intet omfang
Nærmiljø og friluftsliv	Området preges av boligbebyggelse. Parsellhagen i Fløen og sykkelveg er funksjoner som gir verdi for flere brukergrupper utover beboerne i området. Området er gitt middels-stor verdi.	Området vil i permanent fase bare bli berørt i mindre grad. I anleggsperioden vil midtre del av Fløenbakken derimot bli sterkt påvirket og 12 eksisterende boenheter i Fløenbakken 27-31 forsvinner i anleggsfasen. Her vil likevel gangbrofunksjonen, parsellhage, boenheter og øvrige verdier bli reetablert og med åpning for flere gangmønstre. Omfangsvurdering: Intet omfang Omfanget i anleggsfasen blir stort negativt.	Området vil i permanent fase bare bli berørt i mindre grad. I anleggsperioden vil midtre del av Fløenbakken og nederste del av Årstadgeilen derimot bli sterkt påvirket, og 3 hus, med tilsammen 5 boenheter forsvinner gjennom anleggsfasen (to i Fløenbakken 17, en i Årstadgeilen 1 og to i Årstadgeilen 3). Parsellhagen i Fløenbakken blir berørt. Her vil gangbrofunksjonen, boenheter og øvrige verdier bli reetablert og med åpning for flere gangmønstre. Omfangsvurdering: Intet omfang Omfanget i anleggsfasen blir stort negativt.
Landskaps- og bybilde	Ingen vann, noen åpne bekker. Randvegetasjon og villahager. Del av en tydelig, amfiformet landform. Grønne korridorer. Området er gitt middels verdi.	Banen vil ta seg inn i fjellet i kanten av delområdet, hvor det allerede finnes en jernbanetunnel. En bolig med 12 boenheter vil, i hvert fall midlertidig, forsvinne. I anleggsfasen må mye løsmasse fjernes for å komme inn til fjellet, og det vil bli en stor byggegrøp. Landskapet kan tilbakeføres i driftsfasen. Landformen i delområdet vil ikke påvirkes for øvrig, randvegetasjon og villahager påvirkes i veldig liten grad. Omfangsvurdering: Lite negativt Omfanget i anleggsfasen blir stort negativt.	Banen vil ta seg inn i fjellet i kanten av delområdet, hvor det allerede finnes en jernbanetunnel. Tre villaer med fem boenheter vil, i hvert fall midlertidig, forsvinne. Randvegetasjon og villahager påvirkes i stor grad av grunnforsterkningsarbeidene i anleggsfasen, og vil miste sitt opprinnelige preg. Landskapet kan tilbakeføres til driftsfasen. Landformen i delområdet vil ikke påvirkes for øvrig. Omfangsvurdering: Middels negativt Omfanget i anleggsfasen blir stort negativt.



Oppsummering ikke-prissatte tema

For temaet *naturressurser* er det ingen registrerte verdier, og ingen av alternativene vil dermed virke inn på temaet.

For tema *nærmiljø og friluftsliv* vil alternativ 1 berøre 12 eksisterende boenheter i Fløenbakken 27-31 samt parsellhagen i Fløenbakken. Både boenheter og parsellhage vil etter anleggsfasen kunne reetableres og tilbakeføres til tidligere bruk og omfanget for driftsfasen bli dermed svært lite. Alternativ 2 med påhugg i Fløen, vil berøre fem boenheter i Fløenbakken 17 og Årstadgeilen 1 og 3. Parsellhagen vil delvis bli berørt i anleggsfasen. Til tross for stort negativt omfang i anleggsfasen for begge de to alternativene, vil samlet omfang i driftsfasen gi ubetydelig negativt utslag for begge alternativene, grunnet antatt reetablering av viktige nærmiljøfunksjoner som boliger og gangmønstre. Ingen av alternativene kommer bedre ut enn det andre.

For tema *naturmiljø* vil Alrekstadeiken i utgangspunktet kunne bli berørt i anleggsfasen, da sykkelvegen som skal utbedres, går langs eiken. I planlegging av anleggsgjennomføring er det tatt hensyn til eiken ved at arbeid ikke skal foregå innenfor eikens dråpefall. Dette vurderes å være tilstrekkelig for at ikke vesentlige deler av rotsystemet blir berørt. For å sikre at det ikke skjer uforutsette hendelser innenfor dråpefallet i anleggsfasen, er det definert oppfølgende tiltak som er tatt inn i miljøoppfølgingsplanen. Omfanget er lite negativt for begge alternativer.

For tema *landskaps- og bybilde* vil alternativ 1 ha lite negativt omfang og alternativ 2 ha middels negativt omfang. Årsaken til at alternativ 2 kommer dårligere ut, er fordi de nødvendige grunnforsterkningsarbeidene som dette alternativet krever, vil kunne medføre at landskapet mister sitt opprinnelige preg. Også for alternativ 1 vil villahager og vegetasjon bli ødelagt i anleggsfasen, men kan i større grad etableres på nytt når anleggsarbeidene er ferdig.

Den største forskjellen mellom de to alternativene gjelder tema *kulturminner*. Alternativ 1 medfører at en bygning med kulturhistorisk verdi i parsellhagen vil måtte flyttes i anleggsfasen. Bygningen kan settes tilbake på samme sted etter at anleggsarbeidene er ferdig. Selv om dette til en viss grad kan redusere bygningens autentisitet, vil det gi lite negativt omfang. Direkte konflikt med de automatisk fredete kulturminnene i parsellhagen gir i utgangspunktet stort negativt omfang, men ettersom fylkeskommunen har uttalt at de vil støtte en søknad om dispensasjon fra fredningen etter en arkeologisk undersøkelse, vil lokaliteten ikke lengre ha kulturhistorisk verdi etter at den er faglig undersøkt. Omfanget er derfor satt til ubetydelig-lite negativt. Alternativ 2 vil medføre at Fløenbakken 17 og Årstadgeilen 1 og 3, som alle har kulturhistorisk verdi, blir berørt av anleggsfasen. Om det er mulig å unngå at de må rives, er usikkert, men det er fare for at bygningene kan bli påført store setnings-skader som konsekvens av grunnarbeidene. Dette vil i så fall medføre tap av kulturhistoriske bygninger, og at opplevelsese- og autentisitetsverdien for kulturmiljøene Fløen og Årstadgeilen blir redusert. Omfanget er satt til over middels negativt. De kulturhistoriske bygningene er mulig å sette opp på nytt, men dette vil uansett kunne redusere deres autentisitet.

Som drøftet over vil de ikke-prissatte temaene i ulik grad bli berørt av de to alternativene. For temaene naturmiljø, naturressurser og nærmiljø er det ikke vurdert å være noe vesensforskjell mellom alternativ 1 og alternativ 2. For temaene landskaps- og bybilde og kulturminner vil alternativ 1 komme bedre ut enn alternativ 2. For alle temaene er det anleggsfasen som vil gi de største negative virkningene, men det er stort sett mulig med reetablering i driftsfasen.





Figur 14: Fløenbakken 17



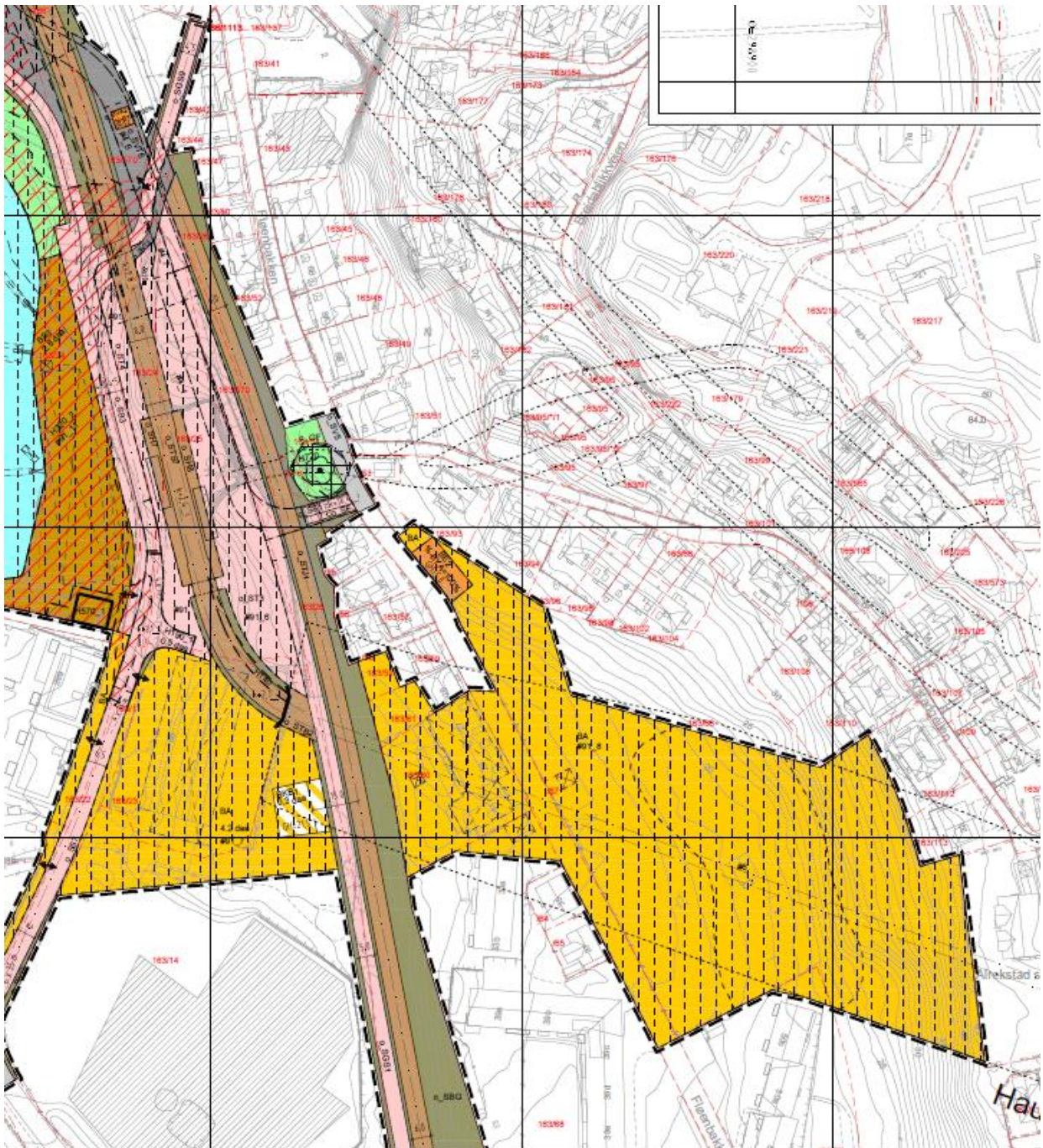
Figur 15: Årstadgeilen 1



Figur 16: Årstadgeilen 3

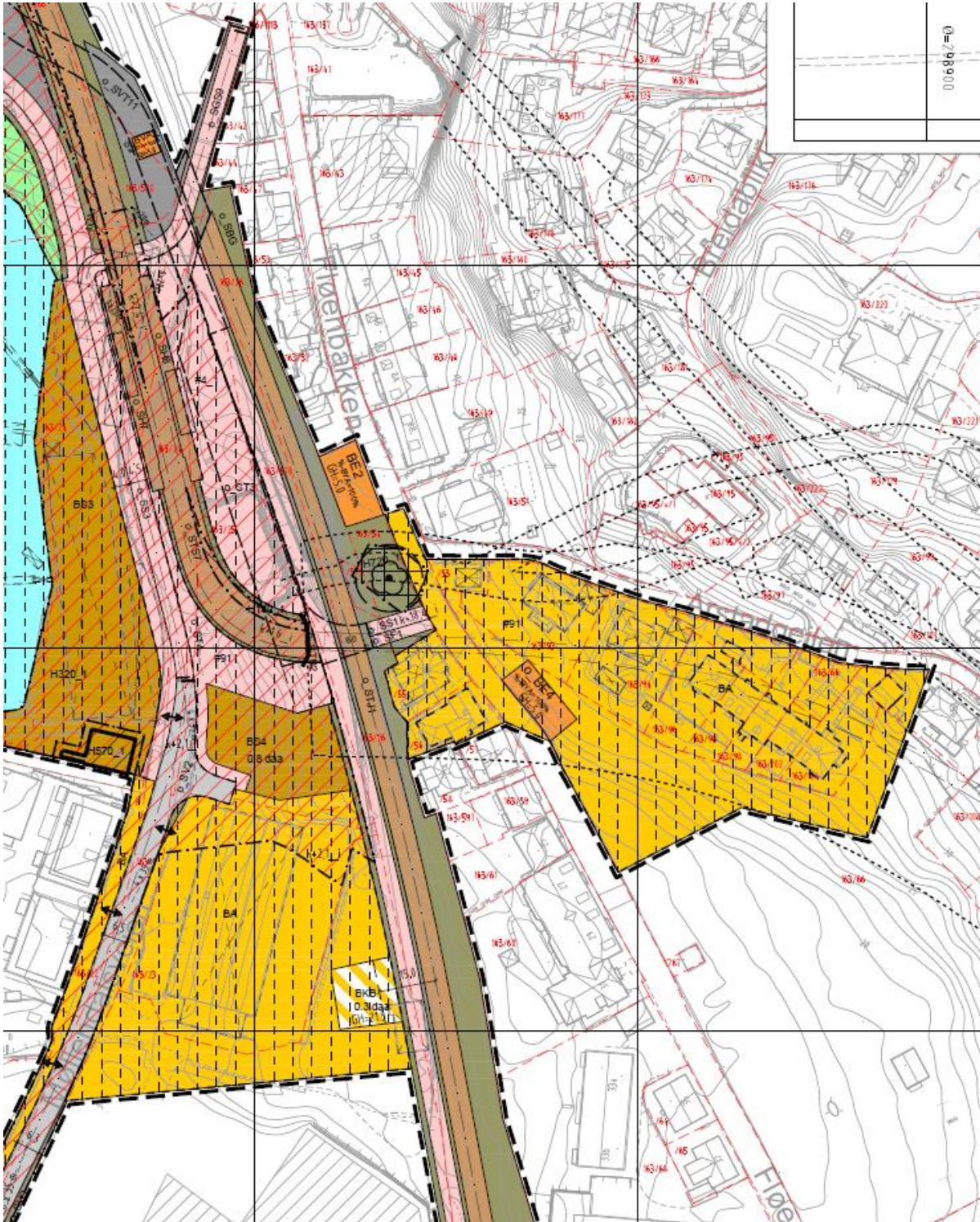


11. Reguleringsplankart



Figur 17: Forslag til plankart til 2. gangs behandling for alternativ 1, som viser hvilke eiendommer som vil bli berørt av tiltaket ved etablering av sørlig trasé.





Figur 18: Plankart fra 1. gangs behandling for alternativ 2, som viser hvilke eiendommer som vil bli berørt av tiltaket ved etablering av nordlig trasé.



12. Vurdering av konsekvenser for alternativene

Tema	Alternativ 1	Alternativ 2
Risiko	Funn i grunnen i parsellhagen. Registrering er gjennomført. Videre undersøkelser godkjennes av Riksantikvaren.	Usikre grunnforhold. Usikkert omfang og kostnad. Nærføring til jernbanetunneler gir store utfordringer som kan være vanskelige å løse.
Bygninger/bomiljø	En nyere bygning med tolv boenheter må løses inn.	Tre gamle bygninger med fem boenheter må løses inn. Disse har kulturhistorisk verdi.
Landskap/hager	Parsellhagen vil bli gravd opp, og vil ikke kunne brukes i anleggsperioden.	Landskap/hager med kulturhistorisk verdi vil få ødelagt sitt opprinnelige preg. Nordlige del av parsellhagen vil også bli berørt.
Kulturminner og kulturmiljø	Alternativet innebærer store inngrep i parsellhagen. Riksantikvaren har gitt løyve til inngrep i det automatisk fredede kulturminnet i parsellhagen, med vilkår om at det utføres en arkeologisk utgraving av kulturminneområdet før tiltak etter planen realiseres. Parsellhagen som struktur og uthuset som står i parsellhagen har også en verneverdi. Parsellhagen skal tilbakeføres etter at tiltaket er ferdig.	Tiltaket vi kunne innebære riving av flere verneverdige hus samt være i konflikt med kulturminnet Årstadgeilen. Inngrep i det historiske vegfareet Årstadgeilen vil være i sterk konflikt med kulturminner.
Bane Nor	Kun mindre restriksjoner.	Krever omfattende koordinering. Store restriksjoner på anleggsdriften.
Holdeplass		Holdeplass ca. 65 meter lenger fra sentrale deler av Møllendal enn alternativ 1.
Havnivå	Ligger under nivå for forventet fremtidig havnivå.	Tunnelåpning og lavbrekk i tunnel ligger ca. 80 cm lavere enn alternativ 1. Krever større pumpesystem enn alternativ 1.
Anleggsområde	Muliggjør adkomst til tunnel mot Haukeland uavhengig av kryssing av godssporet.	Liten plass til anleggsgjennomføring. Liten plass til omlegging av veger og gang/sykkel-trafikk.
Kjøretid		Banegeometrien med kurver fører til noe lavere fart, og dermed også lenger kjøretid, men dette er ikke konkretisert i antall sekunder.



Tema	Alternativ 1	Alternativ 2
Banegeometri	Kurve R=50 inn i tunnel. Deretter rettlinje.	Kurve R=30 inn i tunnel. Deretter 100 m med kurve R=250.
Kryssing godsspor	Konstruksjon kan bygges på forhånd og skyves på plass.	Konstruksjon kan bygges på forhånd og skyves på plass, eller kan støpes på stedet. Begge gir noe lenger gjennomføringstid enn for alternativ 1. Se kapittel 7.
Byutvikling		Gir ca. 1 daa mer byggetomt enn alternativ 1.
Kostnad	Se tabell under	Se tabell under

Kostnadssammenligning av alternativ 1 og 2 vedrørende bygging. Nødvendig grunnverv kommer i tillegg:

Sammenligningen er gjort fra fellesprofil nr 1350 i en lengde på 560 m for søndre alternativ og 550 m for nordre alternativ, noe som fører begge alternativene frem til et felles sted i tunnelen, ved henholdsvis pr 1910 og 1900, før overgang med breddeutvidelse til Haukeland stasjon.

Det er ikke tatt med kostnader for holdeplass, kofferdammer eller utstyr, da disse vil være nokså like for begge alternativene. Merkostnader for alternativ 2 i forbindelse med koordinering, prosedyrer og krav fra Bane Nor er ikke tatt med. Forlenget byggetid, og uhensiktsmessig anleggsdrift for alternativ 2 er ikke beregnet.

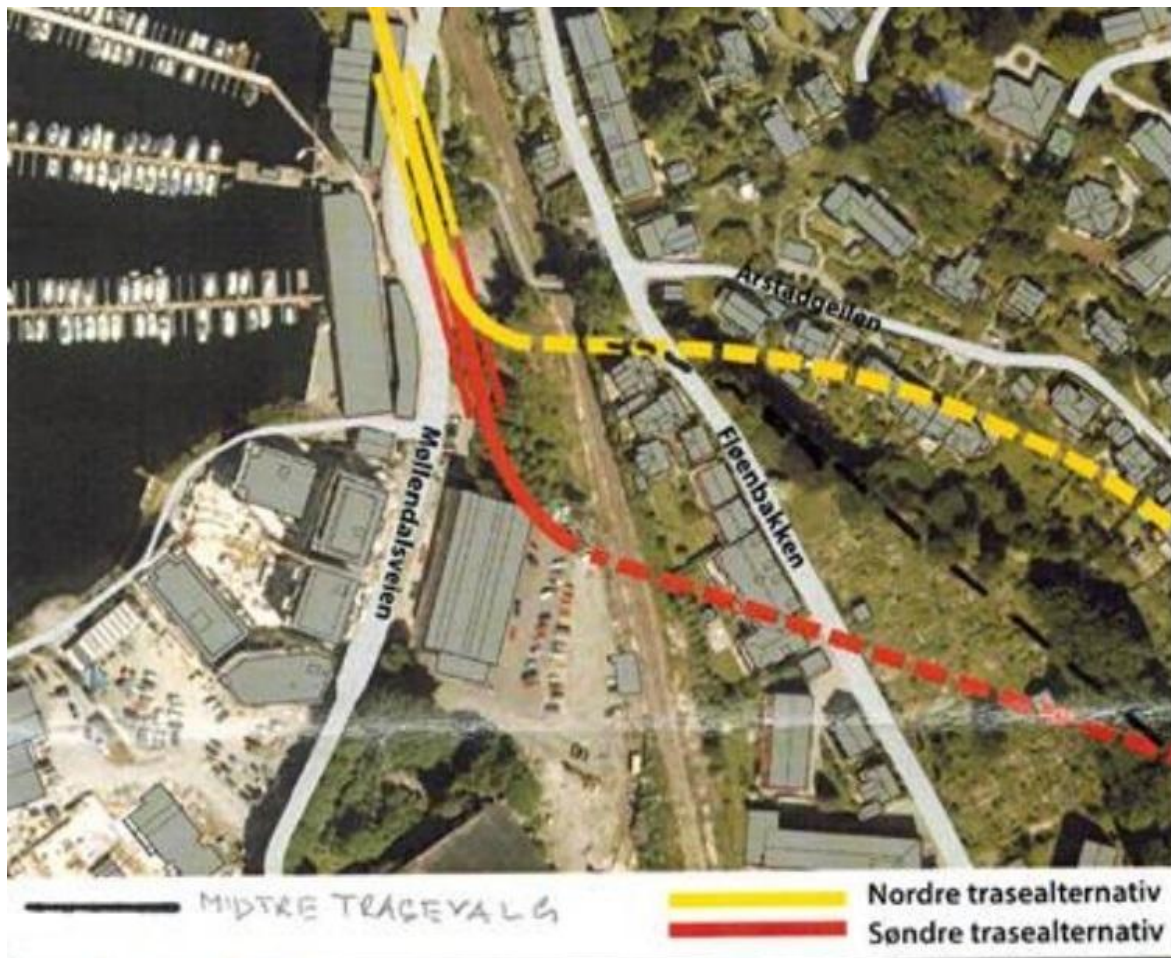
Alternativ 1 - sør, profil 1350 - 1910, 560m:				
	Enhet	Mengde	Enh. Pris	Pris
Bane og spor i dagen	m	185	52000	9 620 000
Portal i dagen	m	10	200000	2 000 000
Konstruksjon under uttrekkspor	m	15	750000	11 250 000
Kulvert/portal i åpen byggegrop	m	155	400000	62 000 000
Rørspunt rundt byggegrop, ca 285x8m	m ²	2300	8000	18 400 000
Bayley bru over byggegrop, Fløenbakken, ca 35x8m	m ²	280	20000	5 600 000
Sprengning i åpen byggegrop	m ³	13000	400	5 200 000
Masseflytting åpen byggegrop	m ³	35000	150	5 250 000
Tunnel i berg	m	195	145000	28 275 000
Spor i tunnel	m	375	10000	3 750 000
Sum				151 345 000

Alternativ 2 - nord, profil 1350 - 1900, 550m:				
	Enhet	Mengde	Enh. Pris	Pris
Bane og spor i dagen	m	125	52000	6 500 000
Portal i dagen	m	10	200000	2 000 000
Konstruksjon under uttrekkspor	m	10	750000	7 500 000
Tunnel i berg	m	405	145000	58 725 000
Jetpeling / Fryseteknikk	m	35	1300000	45 500 000
Full utstøping av tverrsnitt i tunnel	m	50	300000	15 000 000
Spor i tunnel	m	425	10000	4 250 000
Sum				139 475 000



13. Midtre trasé foreslått av beboer i Fløen

Her følger en kort vurdering av et grunneier-alternativ mellom alternativ 1 og alternativ 2. Disse er markert med rød og gul strek. Grunneier-alternativet er markert med svart strek.



Figur 19: Midtre trasé

Fløenbakken 17, 19 og 21 vil måtte reguleres som revet. Detaljprosjektering, vurderinger av kost/nytte samt spesifikke vurderinger i anleggsperioden vil kunne avgjøre om det er mulig og ønskelig å forsøke å beholde Fløenbakken 17. Det er svært lite arbeidsrom for arbeidene med kryssing under uttrekkssporet. Her er kort gjennomføringstid viktig. Se ellers lenger fremme i notatet for nærmere info om kryssing av uttrekkssporet og anleggsgjennomføring. Midtre trasé er mye likt alternativ 2 i dette området, men Fløenbakken 19 og 21 vil også bli berørt.

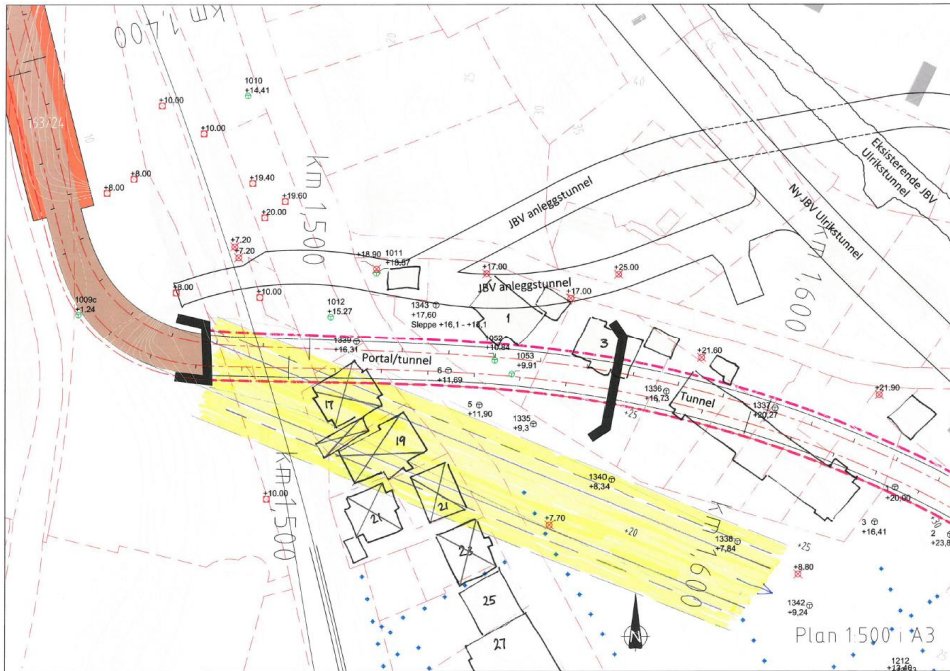
Traséen vil passere nær Årstadgeilen 1 og 3, men det antas at det kan spuntet mot disse. Alrekstadeiken ligger nær anleggsområdet. Fra Fløenbakken må det spuntet rundt hele traséen til påhugg som i alternativ 1. Store deler av parsellhagen blir berørt i anleggsfasen, men kan reetableres etterpå. Holdeplass ligger, som i alternativ 2, et stykke unna de sentrale delene av Møllendal. Banegeometrien vil bli anstrengt. Det vil bli en S-kurve med små radier etter holdeplassen. Dette gir stor breddeutvidelse, liten fart, og rød verdi ift regelverket. Sammenfallende vertikal- og horisontalgeometri gir rød verdi ift regelverket. Rød verdi er under minstekravet, og er ikke akseptabelt. Kurvaturen gir støy og økt slitasje på infrastruktur og vogner.

Eventuell justering av forslaget:

For å unngå den anstrengte banegeometrien med S-kurve, kan traséen rettes ut.

Husene i Fløenbakken sørover fra nr. 17 står i større grad på løsmasser, så eventuelle traséer som går under disse fører til at husene må rives helt bort til nummer 25. Inngrepene i parsellhagen blir de samme.





Figur 20: Oversiktskart for justert midtre trasé.

14. Oppsummering/anbefaling

Vurderinger av alternativ 2 for trasé i Fløen viser at det gir en del konsekvenser, og har stor risiko som må tas med i videre betraktninger.

Alternativet går i tunnel rett sør for påhugget for Bane NOR sin anleggstunnel. Det krysser under godssporet, og er lagt tett inntil anleggstunnelen samt tett inntil den nye jernbanetunnelen gjennom Ulriken. Traséen er lagt tett på disse tunnelene for å få best mulig bergoverdekning.

Traséen krysser et parti rett sør for, og under Årstadgeilen 1-3, med svært lite eller manglende bergoverdekning. Det innebærer at tunnelen ikke kan drives uten stabiliserende grunniltak. Det er sett på to alternative metoder for grunnforsterkning. Begge metodene ansees som gjennomførbare, men begge disse to metodene for grunnforsterkning vil kreve en anleggsaktivitet rundt husene i Årstadgeilen som vil totalskade uteområdene.

De utfordrende grunnforholdene og anleggsgjennomføringen gjør at det er nødvendig å regulere til riving Fløenbakken 17, samt Årstadgeilen 1 og 3 i reguleringsplanen. Alle disse husene har kulturhistorisk verdi.

Byggingen vil måtte koordineres med Bane NOR sine strenge krav i forhold til nærhet til deres jernbanetunneler samt mot eksisterende forhold og drift i anleggstunnelen. Foreløpige undersøkelser viser at dette er en svært komplisert prosess som vil påføre prosjektet stor risiko og usikkerhet.

Holdeplassen vil måtte ligge minst 60 meter lengre fra sentrale deler av Møllendal enn alternativ 1.

Utredningene i dette notatet viser at alternativ 2 har noen vesentlige negative konsekvenser. I tillegg har det mange store usikkerhetsmomenter som gjør at de negative konsekvensene kan øke.

Risikoen og usikkerheten gjelder viktige momenter som framdrift, kostnad, sikkerhet og konsekvenser for omgivelsene.

Alternativ 1 har også kjente negative konsekvenser, men risikoen er lav.

Det anbefales at alternativ 2 ikke tas med videre som trasé for Bybanen.

