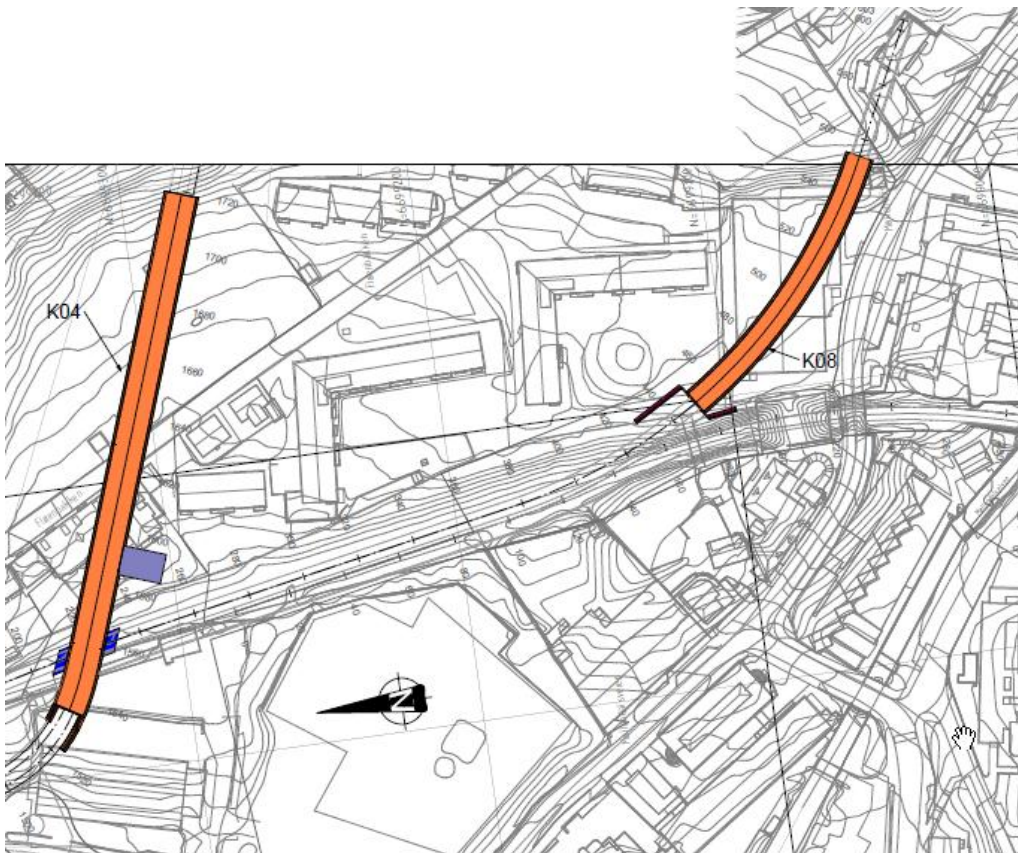


## Notat Teknisk notat for uttrekksspor

Oppdragsnummer	Dato	Opprettet av	Kontrollert av
15530582 akt. 1	16.02.17	Eirik Grønstøl	Øyvind Pettersen
Filnavn	DXX_000_mal_Usp_Mal notat_00002.docx		

### Innledning

I forbindelse med byggetrinn 4 for Bybanen og delstrekning 1, Nonneseter - Kronstad, skal det bygges en ny uttrekkstunnel for Bane NOR. Tunnelen kobler seg på eksisterende spor og går inn i bakken ved Møllendalsbakken. Uttrekkssporet skal benyttes for håndtering av godstog i forbindelse med ankomst og avgang. Bruksfrekvensen er vurdert av Bane Nor til å være to ganger pr. togsett. Basert på dagens trafikk tilsier dette en bruk på ca. 16-20 ganger pr. døgn, men må regnes å være høyere i fremtiden da det forventes økt jernbanetransport. Sporet vil ha tilhørende KL-linje, og kan dermed benyttes av både elektrisk- og dieseldrevne lok.



Figur 1: Kartutsnitt med betongportal til uttrekkstunnel til høyre. Stiplet linje over portal viser spor i bergtunnel.



Uttrekkssporet vil ha en lengde som tillater håndtering av godstog på 600 m. Uttrekkssporet ender i et buttspor innerst i uttrekkstunnelen. Tunnelen er anslagsvis 160 meter lang, hvorav de ytterste 100 meterne er betongportal og den resterende avstanden ligger i bergtunnel.

Portalkonstruksjonen vil ha rektangulært tverrsnitt for ensporet jernbane. Portalen vil ha horisontalkurve på  $R=190$  m.

Det eksisterende sporet har stigning mot portalen. Stigning på de 250 siste meterne før portalen er ca. 3,7 ‰. Stigning over de siste 50 meterne før portalen er ca. 4,1 ‰.

I TSI-SRT defineres en «tunnel» som minst 100 m lang. Det er imidlertid ikke spesifikt angitt at TSI-SRT [1] gjelder for ikke-gjennomgående tunneler. I forbindelse med utarbeidelse av brannstrategien, er relevante føringer i Bane Nor sitt tekniske regelverk (TRV) [2], TSI-SRT, samt relevante preaksepterte ytelser i veiledningen (VTEK) [4] til Byggeteknisk forskrift (TEK) [3] lagt til grunn, for beskrivelse av påkrevd brannsikringsnivå.

## Resultat

Notatet har tatt stilling til en rekke forhold som vil kunne påvirke arealplanen, og konkludert med følgende:

Forhold	Konklusjon
Radius	Portalen er blitt prosjektert med radius lik 190 meter. Dette er akseptabelt.
Rømningsvei	Det er behov for å sette av areal i bergtunnelen og i arealplanen til en rømningsvei. Areal til rømningsvei må gjenspeiles i portal- og tunnelprofil.
Sporstopp	Det må avsettes inntil 20 meter med ekstra dybde i tunnelen for å ha plass til glidende sporstopper.
Ventilasjon	Det vil være nødvendig å installere ventilasjonsanlegg i tunnelen. Ventilasjon er vurdert å kunne utføres i den profil som er tilgjengelig evt. i kombinasjon med en utgang ved rømningsvei.
Teknisk rom	Det er ikke vurdert å være nødvendig med teknisk rom for å ventilasjon og elektroinstallasjoner. Evt. transformatorer knyttet til KL kan plasseres uavhengig av tunnelen.
Veitilkomst	Det må være kjørbar vei frem til tunnelmunningen for beredskap- og vedlikeholds-personell. En logisk plass vil være i bakkant av tunnelportal der man i størst mulig grad er skjermet fra varmestråling og forbrenningsprodukter. Sykkelvei kan benyttes.
Vannforsyning	Det må etableres vannforsyning ifm. brannvesenets innsats. Plassering og kapasitet må avklares med Bergen Brannvesen.
Nybygg over tunnel	Det kan aksepteres at nybygg oppføres over tunnel, men med visse begrensninger. Bygget må ha bæresystem uavhengig av kulvert, og bygg må plasseres med avstand til tunnelmunning for å hindre påvirkning fra flammer og gass ved brann.



## Drift av uttrekkssporet

Bane Nor v/ Ole Erik Almellingen og Frode Dahl deltok i møte med Safetec og Sweco den 13.02.17. Her forklarte de om drift av uttrekkssporet og om beredskap. Mer detaljert kunnskap om drift og beredskap ligger hos brukere som Cargonet og NSB, men bidraget fra Almellingen og Dahl er vurdert tilstrekkelig i denne fasen.

Bane Nor informerte om at det må påregnes en bruksfrekvens av tunnelen på 16-20 ganger i døgnet. Dette tallet kan også ventes å øke da det gjennomføres prosjekt for å få mer gods over fra vei til bane.

Sporet vil opereres av både elektrisk og dieseldrevne lokomotiver. Dieseldrift vil medføre en del avgasser fra lokomotivet, noe som fører til dårlig arbeidsmiljø for de som oppholder seg i tunnelen.

## Spor

Eksisterende spor frem til portal er, med unntak av stigning, ikke vurdert. Det slås fast at eksisterende spor går over i nytt spor i en kurve R=190 gjennom betongkulverten og over i rettspor inn i bergtunnelen. Det innføres ingen nye veksler på traséen.

R=190 meter er minimumsradius i forhold til teknisk regelverk, men dette medfører i seg selv ingen utfordringer for operasjon av sporet. Heller ikke når dette sees opp mot helningen på det eksisterende sporet opp mot portalen. De siste 250 meterne i forkant har en gjennomsnittlig stigning på 3,7 %, mens de siste 50 meterne har en gjennomsnittlig stigning på 4,1%.

Lav radius medfører også lav sikt for personene som leder toget gjennom tunnelen (i praksis henger disse på utsiden av toget dersom lokomotiv er i "stasjonsenden" av toget. Lav radius i kombinasjon med lange vogner vil medføre at vognene får kraftig "overheng" ved forbindelse mellom hver vogn. Det må sikres at "overhengen" ikke medfører at nødvendig bredde til rømningsvei ikke opprettholdes.

Teknisk regelverk stiller krav til at sporets ende utstyres med sporstopper. Dette tas med i prosjekteringen. Velger man glidende sporstopper vil det bli nødvendig med 10-20 meter med spor etter sporstopper. Dette for å kunne stoppe et godstog i en fart av 10 km/t.

Tabellen på neste side viser hvordan krav til lengde bak sporstopper endres med valg av løsning. Krav til lengde vil variere med valg av løsning, leverandør og dimensjonerende vekt på godstoget.

Masse	Hastighe t	Hastighe t	Retardas jon	Lengde bak sporsto pp m	Med 1 par tilleggs- element er	Med 2 par tilleggs- element er	Med 3 par tilleggs- element er	Med 4 par tilleggs- element er	Med 5 par tilleggs- element er
tonn	km/h	m/s	m/s <sup>2</sup>						
500	5	1,39	0,51	1,9	1,6	1,4	1,2	1,1	1
500	10	2,78	0,5	7,7	6,5	5,5	4,8	4,3	3,9
500	15	4,17	0,5	17,4	14,5	12,4	10,9	9,6	8,7
1000	5	1,39	0,25	3,9	3,2	2,8	2,4	2,1	1,9
1000	10	2,78	0,24	15,5	12,9	11	9,7	8,6	7,7
1000	15	4,17	0,25	34,7	28,9	24,8	21,7	19,3	17,4

Tabell 1: Krav til lengde bak sporstopper



## Ventilasjon/HMS

Uttrekkstunnelen skal fungere som arbeidsplass blant annet for de som leder toget igjennom. Tunnelen ansees ikke som en varig arbeidsplass, men som et sted man oppholder seg i kortere tidsrom. Da uttrekkstunnelen skal benyttes av dieseldrevne lok, må tunnelen ventileres for å sikre et tilfredsstillende arbeidsmiljø. Tunnelen er et buttspor, og det må vurderes å føre friskluft inn i tunnelens bakre del, og trekke den ut via vifter i taket.

Det er problematisk å lage egne ventilasjonssjakter fra tunnelen og ut i friluft. Friskluft bør derfor vurderes hentet via tunnelporten eller via rømningsvei (alternativ ved rømningsvei ved utløp av bergtunnel). Portalhøyden ved rømningsveien er 7 meter, og har derfor mulig kapasitet til å romme kanaler for til-luft. Man bør være oppmerksom på muligheten for kortslutning gjennom rømningsvei om det ikke installeres en barriere mellom rømningsveien og tunnelen. Plasseringen av vifter i tak vil også være avgjørende for å sikre god utskifting av luften i tunnelen.

Ved alternativet der det opprettes rømning i hele tunnelens lengde, er det mulig å legge inn til-luft i arealet over rømningsvei.

Det er gjort enkle betraktninger som anslår et ventilasjonsbehov på grunnlag av forurensningskilden til å være ca. 25 000 m<sup>3</sup>/h. Gitt en lufthastighet på ca. 9 m/s medfører dette at en ø1 000 kanal er tilstrekkelig. Det er ønskelig at det settes av 1,5 x 1,5 meter til ventilasjon i forbindelse med rømningsvei, samt plass til impulsvifter i tak i hovedløpet. Det er ikke behov for å sette av plass til ventilasjonsaggregater. Hensikten med ventileringen er å tilføre u-temperert uteluft for å sikre et forsvarlig arbeidsmiljø i tunnelen.

## Profil inkl. ventilasjon, KL og rømningsvei

Profilene som er valgt er dokumentert i teknisk forprosjekt dokument K08 (kulvert) og i teknisk regelverk (bergtunnel). Det er lagt opp til 7,3 meter fri bredde. Dette kan være knapt med tanke på at rømning må sikres langs begge sider av toget, i tillegg til at det legges til rette for en separat rømningskulvert i bergtunnelen – alternativt i hele tunnelens lengde.

Profilene som er valgt er vurdert å kunne romme ventilasjon og KL uten endringer, men vil ikke romme de skisserte rømningsveiene uten tilpasning.

Se mer utfyllende om rømningsstrategi i kapitlet under.

## Brann

Det er utarbeidet en overordnet brannstrategi i forbindelse med avklaringene som gir innspill til reguleringsarealet.

I vedlegg A (utarbeidet av Safetc) gjengis de krav i TSI-SRT og TRV som gjelder delsystemet infrastruktur, og som har betydning for utforming av uttrekkstunnelen og dens installasjoner. I nevnte tabell er det også kommentert hvorvidt kravet er relevant for reguleringsfasen. En av topphendelsene som er identifisert er brann, hvor brann i godstog er vurdert å være dimensjonerende. Her følger en oppsummering av vurderingen og identifiserte tiltak:

- Ut fra erfarte godstogbranner (brann og branntilløp) i Norge forekommer det i størrelsesorden 80% av branner i loket og 20% i gods. Veldig mange av disse slukkes av fører før de utvikler seg til større branner.
- Branner som oppstår i lok vil fører kunne oppdage raskt og iverksette egen rømning raskt.
- Ved brann i last kan siktforhold med krapp kurvatur gjøre det mer problematisk for fører/ person bakerst på toget å oppdage brann.
- Dersom det oppstår brann i tunnelen vil det være vanskelig å flytte toget. Skade på bremser (mister luftrykket) fører til at de går i låst posisjon (etter «fail safe»-prinsipp for å forhindre løpsk materiell). Det kan derfor ikke tas høyde for at brennende tog kan trekkes ut av tunnel.
- Det er vurdert lav sannsynlighet for at en brann utvikler seg så raskt at den fyller hele tverrsnittet slik at det sperrer begge sider av toget i de 60 metrene med fjelltunnel.
- Bergen brannvesen har tilgang til skinnegående brannslukningsredskap som kan kobles på skinner ved Bergen stasjon. Det er ikke lagt opp til beredskaps plass utenfor denne tunnelen. Det er heller ikke krav til



dette for tunneler under 1 km. Med én opplært person (fører/ person med tog-stav) som skal evakuere, er det forventet ingen innsatsbehov for ivareta personsikkerhet for brann og redningspersonell. Imidlertid vil det være et bygg over betongtunnelen. I den sammenheng kan det bli behov for å sikre verdier. Men i fasen før den er fullt utviklet, kan tidlig tilkomst bidra til å forhindre at brannen utvikler seg. Da vil det være behov for raskere tilkomst til portalen enn dagens rutiner. Det bør derfor vurderes å etablere kjørbare vei for brann og redning frem til tunnelportalen.

Avstand fra portal til uttrekkstunnel, mot tiliggende/ overliggende bygningsmasse må prosjekteres med en avstand på minst 8 meter. Funksjonskravene i TEK mht. bæring og stabilitet og brannspredning mellom byggverk, må ivaretas i den videre prosjekteringsfasen. Kollaps og brannspredning til overliggende/ tiliggende bygg som følge av en kollaps av uttrekkstunnel, er ikke å anse som et akseptabelt scenario.

TRV benytter EUREKA-kurven som dimensjonerende tid/temperatur-kurve ifm dimensjonering av betongkonstruksjoner i tunneler med overliggende infrastruktur/bygg. Tester utført i Runehamar-tunnelen ifm. UPTUN-prosjektet (i etterkant av Eureka-prosjektet), viser at RWS-kurven gir et mer riktig bilde enn EUREKA-kurven ifm brennende godsvogner i tunnel når det gjelder temperaturpåkjenning på omsluttende konstruksjoner. Det bør i den videre prosjekteringsfasen vurderes om RWS kurven i tillegg til EUREKA-kurven skal benyttes som tid/temperatur kurve, i forbindelse med vurdering av brannforløp i godstog. RWS kurven har raskere temperaturutvikling og makstemperatur sammenlignet med EUREKA-kurven. Dette vil i så fall medføre strengere krav til beskyttelse av betongkonstruksjonen.

Iht. føringer TSI-SRT, samt innspill fra prosjektets rådgivende bygg-ingeniør (RIB), vil det ikke være fare for kollaps av konstruksjon og/eller brannspredning til overliggende bygg i forbindelse med fjelltunnel. Iht. RIB i Sweco må det minst være 5 meter tykkelse på berg/fjell for å forhindre kollaps og brannspredning. Det ble også opplyst av RIB i Sweco, at betongkølverten ikke er dimensjonert for laster av overliggende byggverk. Økte laster på en konstruksjon medfører at utnyttelsesgraden reduseres og kravet til brannsikring mht. ivaretagelse av brannmotstand på konstruksjonen øker. Det må reguleres inn tilfredsstillende areal mht. betongkølverten slik at man har tilfredsstillende toleranser mht. å øke tykkelsen på betongkonstruksjonen som følge av økt overdekning på armering, samt evt. behov for platekledning, jf. robusthet vedørende brann dimensjonering av konstruksjonen til å motstå ett fullstendig brannforløp i den videre prosjekteringsfasen. I tillegg må det legges inn som en forutsetning i reguleringsplanen at fremtidige overliggende byggverk i tilknytning til betongkølverten, må prosjekteres med uavhengig bæring (frakobles) i forhold til betongkølverten. Fremtidige ovenfor-liggende byggverk må derav prosjekteres med søyle/dekke-system som er helt uavhengig av bæringen til uttrekkstunnel.

Det har vært vurdert hvorvidt det vil være mulig å fjerne toget i en brannsituasjon, men det er vurdert å ikke la seg gjøre grunnet at togets bremses er "fail-safe" og vil låses dersom en feil inntreffer.

#### Utforming av rømningsystem

I møte med representanter fra Bane Nor, ble det opplyst at dimensjonerende personbelastning vil være 2 personer i forbindelse med arbeider med godstog på uttrekkspor og tunnel. En lokfører, samt en medarbeider som står bakerst på vognsettet. Enten vil lokomotiv, eller bakerste godsvogn være helt inne i enden sporet til uttrekkstunnel. Det er ikke særskilte krav til utforming av rømningsveier i TSI-SRT eller TRV for uttrekkstunnel. Det er kun angitt at rømningsveier skal ha tilfredsstillende rømningsmarkering. Hovedforskjellen mellom uttrekkstunnelen og en ordinær tunnel er at tunnelen ikke er gjennomgående, og derav må det prosjekteres med separat rømningsvei til det fri, slik at sannsynligheten for at man blir sperret inne i tunnelen ved et branntilfelle reduseres tilfredsstillende. Iht. føringer i VTEK må fri bredde til/i rømningsvei være minst 0,9 meter. I VTEK er det ikke angitt særskilte krav til fri bredde i fluktveier (før en kommer til rømningsvei). Interne gangbaner ifm. fluktveier i tunnelen, må ha en fri bredde på minst 0,8 m, samt at det må prosjekteres med gangbane på fast dekke (ikke pukk/løsmasser) i hele tunnelen sin lengde. Fri høyde i flukt- og rømningsveier må være minst 2 meter.

To forslag til rømningsstrategi er identifisert og presenteres i denne brannstrategien; herunder rømningsstrategi A og B (rømningsstrategi A og B er visualisert i figur 1 og 2);

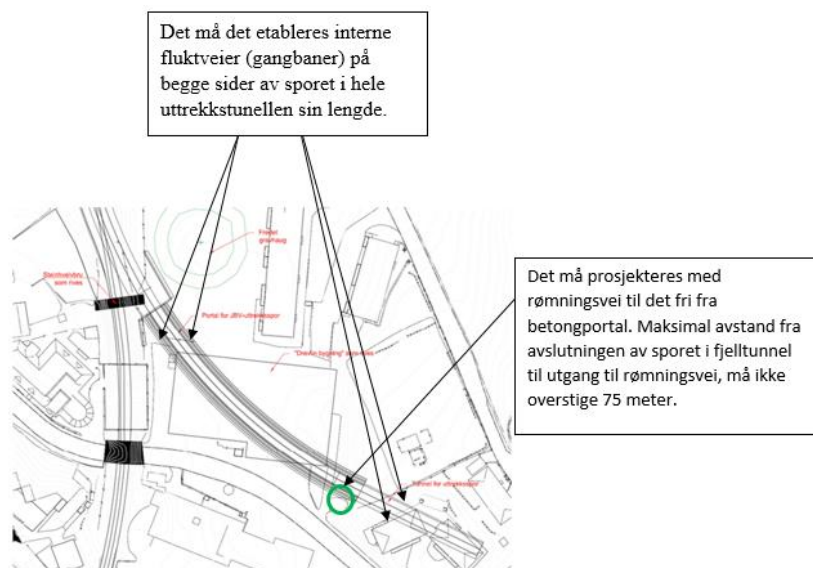
#### Rømningsstrategi A

Rømningsstrategien er at det etableres egen rømningsvei direkte til det fri fra betongkølvert/-portal, i tilknytning til overgang mellom betongkølvert og fjelltunnel). I tillegg må det etableres interne fluktveier (gangbaner) på





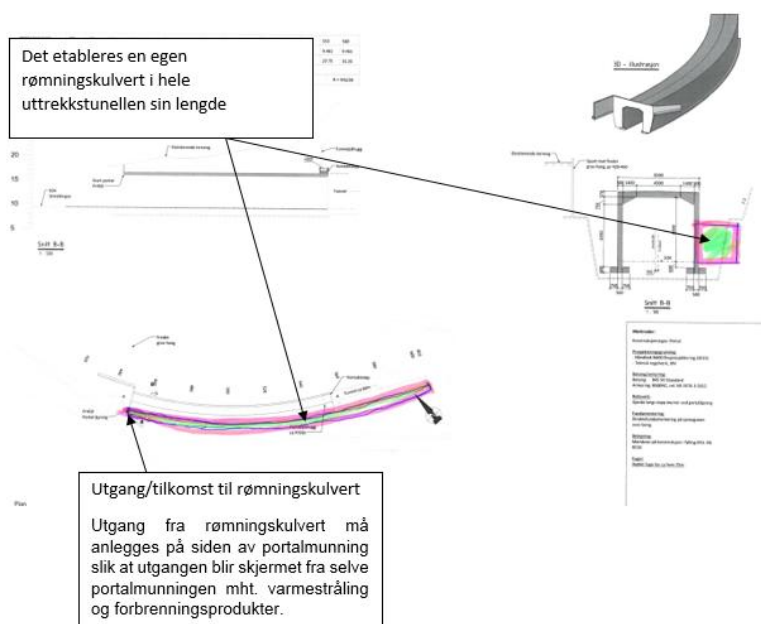
begge sider av sporet i hele uttrekkstunnelen sin lengde. Det er angitt på tegningsgrunnlag at fjelltunnelen er planlagt med en lengde på ca. 60 meter. Dette vil gi en maksimal avstand fra avslutningen av sporet i fjelltunnel til utgang til rømningsvei til det fri på 75 meter. Dette er vurdert å gi et tilfredsstillende personsikkerhetsnivå.



Figur 2: Rømningsstrategi A – Rømningsvei til det fri ved overgang mellom betong- og fjelltunnel.

### Rømningsstrategi B

Rømningsstrategien går ut på at det etableres én parallell rømningskulvert langs hele uttrekkstunnelen sin lengde. Rømningskulverten må skilles ut som egen branncelle, med brannmotstand minimum EI 60 A2-s1,d0 [A 60]. Når det gjelder løsning med egen rømningskulvert, vil det kunne etableres flere branndører mot uttrekkstunnel, og avstand til utgang til rømningsvei vil derav kunne tilrettelegges innenfor en akseptabel avstand i størrelsesorden 50-75 meter. I tillegg vil det ikke være behov for fluktveier (gangbaner) på begge sider av sporet, kun på den ene siden som er tilliggende rømningskulvert. Utgang fra rømningskulvert må anlegges på siden av portalmunning slik at utgangen blir skjermet fra selve portalmunningen mht. varmestråling og forbrenningsprodukter.



Figur 3: Rømningsstrategi B - Parallell rømningskulvert.



## Tilrettelegging for rednings- og slokkemannskap

Bergen brannvesen har gitt følgende uformelle tilbakemelding:

- Innsatsveier og rømningsveier kan være sammenfallende, da personbelastningen i objektet er lav.
- Det bør etableres kjørbare veier for brannvesenet kjøretøy frem til oppstillingsplass og innsatsvei. Eksisterende løsning med transport med lokomotiv tar for lang tid ifm. å skulle gi effektiv rednings- og mulig slokkeinnsats. I tillegg er innsatsveien fra togvogn med brannbil til portalmunning lang. Uttrekksporet vil ha en lengde som tillater håndtering av godstog på 600 m og uttrekkstunnelen er 160 m lang. Derav kan, i ytterste konsekvens, 440 m av togsporet være «blokkert» av godstog på utsiden av uttrekkstunnel.
- Innsatsvei sammenfallende med rømningsvei i egen rømningskulvert (rømningsstrategi B), er å foretrekke mht. både redningsinnsats og bedre forutsetninger for mulig slokkeinnsats. Kulvert bør utføres med tørropplegg.
- Innsatsvei sammenfallende i forbindelse med at det etableres egen rømningsvei direkte til det fri fra betongportal (rømningsstrategi A), er en uheldig løsning mht. lange innsatsveier (over 50 meter). Løsningen vil også medføre to innsatsveier (via egen rømningsvei til det fri, samt via portalmunning) og derav to oppstillingsplasser (en per innsatsvei), som igjen vil medføre at ytterligere areal må reguleres.



## Oppsummering

Det er identifisert flere punkter som vil påvirke reguleringsarbeidet i større eller mindre grad. Det gjenstår fortsatt å motta en skriftlig vurdering fra brannvesenet og å fullføre brannteknisk strategi med deres bidrag. Forholdene som vil påvirke reguleringsarbeidet er oppsummert i tabellen under.

Forhold	Konklusjon
Radius	Portalen er blitt prosjektert med radius lik 190 meter. Dette er akseptabelt.
Rømningsvei	Det er behov for å sette av areal i bergtunnelen og i arealplanen til en rømningsvei. Areal til rømningsvei må gjenspeiles i portal- og tunnelprofil.
Sporstopp	Det må avsettes inntil 20 meter med ekstra dybde i tunnelen for å ha plass til glidende sporstopper.
Ventilasjon	Det vil være nødvendig å installere ventilasjonsanlegg i tunnelen. Ventilasjon er vurdert å kunne utføres i den profil som er tilgjengelig evt. i kombinasjon med en utgang ved rømningsvei.
Teknisk rom	Det er ikke vurdert å være nødvendig med teknisk rom for å romme ventilasjon og elektroinstallasjoner. Evt. transformatorer knyttet til KL kan plasseres uavhengig av tunnelen.
Veitilkomst	Det må være kjørbare vei frem til tunnelmunningen for beredskap- og vedlikeholdspersonell. En logisk plass vil være i bakkant av tunnelportal der man i størst mulig grad er skjermet fra varmestråling og forbrenningsprodukter. Sykkelvei kan benyttes.
Vannforsyning	Det må etableres vannforsyning ifm. brannvesenets innsats. Plassering og kapasitet må avklares med Bergen Brannvesen.
Nybygg over tunnel	Det kan aksepteres at nybygg oppføres over tunnel, men med visse begrensninger. Bygget må ha bæresystem uavhengig av kulvert og bygg må plasseres med avstand til tunnelmunning for å hindre påvirkning fra flammer og gass ved brann. Kulverten må utstyres med passiv brannbeskyttelse for å redusere faren for kollaps.

## Vedlegg:

- A. Regelverksgjennomgang
- B. Risikovurdering av RAMS-forhold

