

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



## Forord

Denne masteroppgaven markerer avslutningen på Studieprogrammet Master i Byggeteknikk og Arkitektur ved Instituttet for Matematiske Realfag og Teknologi(IMT) ved Universitetet for Miljø- og Biovitenskap(UMB).

Oppgaven er valgt på grunn av interesse for samferdsel og sikkerhet, samt et sterkt ønske fra Statens vegvesen. Deler av oppgaven har vært både utfordrende og spennende på grunn av ukjente fagfelt og temaer, men er løst med god motivasjon og veiledning.

Jeg vil gjerne takke tunnelekpertisen hos Statens vegvesen for god hjelp og kunnskap, spesielt Sinikka Løvbrøtte for utmerket veiledning og faglig inspirasjon.

Til alle andre som har motivert og oppmuntret underveis, tusen takk!

Universitetet for Miljø- og Biovitenskap

Den 15. Mai 2012

Marius Ellingsæter Mürer



## Sammendrag

Etter de katastrofale tunnelbanene i Mout Blanc og Tauern i 1999 ble Katastrofepotensialet i tunneler et alvorlig tema. Blant de europeiske landene var det ingen konkrete sikkerhetskrav til tunneler, og standarden var meget varierende og uoversiktlig. Som svar på problemet kom EU ut med et tunnelsikkerhetsdirektiv i 2002 som skulle føre tunnelsikkerheten opp på et ønsket nivå i medlemslandene (i Norge fastsatt i 2007). Norge har i dag over 1000 tunneler på vegnettet og har en omfattende oppgave i å få disse opp på et godt nok sikkerhetsnivå.

Statistikk viser at ulykkesfrekvensen i vegtunneler er lavere enn for vegnettet ute i det fri. Derimot kan utfallet av en ulykke bli større i en tunnel, særlig ved brann. Det er mange faktorer som gjør at brann i vegtunnel kan få katastrofale følger. Å sikre seg helt mot at brann kan forekomme, vil ikke være mulig å oppnå. Det er derfor viktig at det ved en brann er best mulig sjans for at personer kan komme seg ut i live.

Denne oppgaven tar først for seg brann- og rømningsteori for vegtunneler og viser de ulike faktorene og farene i tunnelene. Deretter blir tunnelsikkerhetsforskriften betraktet etter hvilke regler som gjelder for case-studien i oppgave. Disse reglene samt andre gjeldende lovverk blir førende på hvilke løsninger som kan brukes i case – studiet.

Case-studiet tar for seg den delen av Operatunnelen som kalles Vestbanekrysset og består av to lengre ramper i forbindelse med av og på kjøring. Studiet tar for seg dagens situasjon og sikkerhetsnivå. På grunnlag av dette er det blitt funnet et behov for rømningsveier i disse rampene.

På bakgrunn av regelverket og behovet for rømningsveier er det blitt funnet mulige løsninger for bygging av rømningsveier i eksisterende tunnel. Disse løsningene er utarbeidet med hensyn på dagens tunneler, bebyggelse og sikkerhet, samt at de skal kunne være gjennomførbare.

## Abstract

Following the 1999 disasters in Mont-Blanc and Tauern, the catastrophe potential in tunnels has become a serious issue. Among the European countries, there were no specific safety requirements for tunnels, and their standard varied greatly. In order to cope with the problem, the EU issued in 2002 a tunnel safety directive that would raise tunnel safety up to a desired level among the member countries (determined in Norway in 2007). Norway currently has over 1000 tunnels in its road network and thus has an extensive task in getting these up to a sufficient level of security.

Statistics show that the frequency of accidents in tunnels is lower than those occurring on the rest of the roads. However, the outcome of an accident may be more severe in a tunnel, especially when fire is involved. There are a number of factors that contribute to the level of damage a tunnel fire inflicts. Although it will never be possible to absolutely safeguard against all of them, it is critical to establish measures that ensure the highest chance of survival in a tunnel.

The first part of this thesis encompasses fire and escape theory and points out the different factors and hazards in tunnels. Then, in a second part the tunnel safety regulations will be considered in light of the case-study's outline. These regulations as well as other applicable legislations will be leading in the assessment of the case study's solutions.

The case study focuses on the part of the Opera tunnel called Vestbanekrysset consisting of two high-way ramps. The study has examined the current situation and level of security, and identified the necessity for escape routes on these ramps.

Based on current regulations and the need for escape routes a number of solutions have been sketched out. These solutions are all feasible and have been developed also minding existing tunnels, buildings and safety.

## Innholdsfortegnelse

Forord.....	i
Sammendrag.....	iii
Abstract .....	iv
1. Innledning og problemstilling .....	1
1.1 Bakgrunn .....	1
1.2 problemstilling.....	2
1.3 Avgrensinger .....	2
1.4 Statens vegvesen.....	2
1.5 Tunnelbranner .....	3
2. Teori .....	5
2.1 Brann i tunnel .....	7
2.2 Rømningssteori .....	10
2.3 Regelverk.....	15
2.1.1 Vegloven .....	15
2.1.2 EU-Direktivet .....	15
2.1.3 Statens vegvesen håndbok 021 .....	21
2.1.4 Plan- og bygningsloven og teknisk forskrift.....	25
2.1.5 Brann- og eksplosjonsvernloven .....	27
2.1.6 Universell utforming .....	27
2.2 Eksisterende løsninger.....	30
3. Dagens situasjon.....	32
3.1 Tunnelene .....	32
3.1.1 Operatunnelen .....	32
3.1.2 Vestbanekrysset.....	32
3.1.3 Sikkerhetsnivå .....	38
3.1.4 Trafikkdata .....	39
3.2 Dagens situasjon over bakken .....	41
3.2.1 Eiendommer og bygninger .....	41
3.2.2 Regulering og planer .....	44
3.2.3 Fremtidige planer .....	45
3.2.4 Annet .....	47

3.3 Geologi .....	47
3.4 Andre konstruksjoner .....	49
3.4.1 NSB-Trase .....	49
3.4.2 OVA-Tunnel.....	49
3.4.3 P-hus.....	51
3.4.4 Annet .....	51
4. Diskusjon.....	53
4.1 Lovverket.....	53
4.2 Muligheter med dagens situasjon .....	55
5. Løsninger.....	64
5.1 Alternativ A1 .....	64
5.2 Alternativ A4.....	65
5.3 Alternativ P1.....	66
5.4 Alternativ P2.....	67
6. Konklusjon .....	68
7. Videre arbeid .....	68
8. Litteratur .....	69
9. Vedlegg .....	73

# 1. Innledning og problemstilling

## 1.1 Bakgrunn

Store ulykker i tunneler på slutten av 90-tallet satte brannsikkerheten i vegtunneler i søkelyset. Katastrofe potensialet vegtunneler har ble et viktig tema i europeisk politikk og et samlet regelverk ble utredet.

Med over 1000 tunneler og flere under prosjektering er Norge et ledende land innen vegtunneler. Sikkerheten i tunnelene har kun vært særlig vektlagt de seneste årene og Norge har flere tunneler som må rehabiliteres for å komme på et ønsket nivå.

Bakgrunn for oppgaven er tunnelsikkerhetsdirektivets lovgivning som setter krav til et sikkerhetsnivå i vegtunneler. Direktivet gir krav til at eksisterende tunneler skal gjennomgås og kontrolleres slik at de kommer på et akseptabelt sikkerhetsnivå.

Av alle sikkerhetstiltakene i tunneler er det rømningsveier som kan redusere skadene ved en tunnelbrann ettersom alle involverte kan komme seg vekk fra brannen.



Figur 1 Vestbanekrysset



## 1.2 problemstilling

Tunnelsikkerhetsforskriften (Eu-direktiv 2004/45/EF) krever etter § 8, vedlegg I, punkt 2.3.7 at det i eksisterende tunneler skal vurderes om det er *gjennomførbart* og *virkningsfullt* å lage nye nødutganger. Oppgaven skal inneholde en mulighetsanalyse med eventuelle løsninger for Vestbanekrysset, da disse tunnelene ikke oppfyller dagens krav til nødutganger.

*«Hvilke muligheter er det for rømningsveier i Vestbanekrysset»*

## 1.3 Avgrensinger

En mulighetsanalyse som denne oppgaven er en generell oppfatning av situasjon og muligheter. Det er dermed viktig at det settes begrensninger på hva oppgaven skal spenne over.

- Detaljer:
  - o Dagens situasjon skal presenteres på et overordnet nivå og skal ikke gå i detaljer.
  - o Løsninger skal presenteres på et overordnet nivå
- Eventuelle løsninger skal ikke simuleres med tanke på effekt av disse (brann og rømnings simulering)
- Lover og reglers utarbeidelse skal ikke gjennomgås

## 1.4 Statens vegvesen

Statens vegvesen er en statlig norsk etat underlagt Samferdselsdepartementet. Etaten har et nasjonalt ansvar for drift og bygging av landets til sammen 54 600 km riks- og fylkesveier (2010). Samtidig har Statens vegvesen ansvar for tilsyn og sensur av landets kjøreopplæring samt kontroll av kjøretøy og verksted. Etatens visjon er «På veg mot et bedre samfunn».

Vegtunneler er eid og driftet av driftsavdelingene på distriktskontorene. På regionalt nivå er det en rådgivende og sikkerhetskontrollerende enhet. Underlagt Vegdirektoratet ligger det en nasjonal tunnelenhet med fagkompetanse for hele etaten. Vegdirektoratet som øverste instans lager reglene for sikkerhet og kan gi dispensasjon fra disse.

## 1.5 Tunnelbranner

Igjennom tunnelenes historie har en opplevd flere fatale ulykker. I den moderne tid er det spesielt noen tunnelbranner som har påvist katastrofepotensialet tunneler har. Det er spesielt to branner som bidra til at tunnelsikkerheten ble et politisk hett tema i Europa.

### Mont Blanc 1999:

En tunnel på ca. 12km mellom Frankrike og Italia var stedet for den mest katastrofale tunnelbrannen i Europa. Brannen startet i en lastebil som begynte å brenne på grunn av tekniske problemer og stoppet i midten av tunnelen. Lastebilens last besto av margarin og mel, og bidro sammen med dieselen til en kraftig brann. Ventilasjonsretningen gjorde at flere biler ble stående fast og tok etter hvert fyr. Den enorme varme- og røykutviklingen gjorde sluknings- og redningsarbeidet meget vanskelig.

Brannvesenet fikk kontroll over brannen først etter 53 timer og kunne da konstatere katastrofens omfang. (Peter, Ukjent dato)



**Figur 2** Ødeleggelsene etter brannen i Mont Blanc([tunneltalk.com](http://tunneltalk.com))

39 mennesker døde, hvor 27 av dem ikke hadde forlatt bilene. Personer som prøvde å rømme ble møtt av en enorm røykmengde og den lengste målte rømningsdistansen på 500m. Noen av de som rømte valgte å oppholde seg i evakueringsrom som var plassert langs tunnelen. Disse rommene viste seg ikke å beskytte mot den voldsomme brannlasten og personer i rom nærmest brannen ble funnet omkommet

i rommene. Brannvesenet måtte selv søke tilflukt i et slikt evakueringsrom, med det utfall av 14 alvorlig skadde og 1 død brannmann.

De materielle skadene etter brannen var også enorme. 40 kjøretøy var totalskadd, samt 1 km med tunnel var konstruksjonsmessig og teknisk totalskadd. De enorme skadene førte til at tunnelen var stengt i tre år for reparasjon og utbedringer.

#### Tauern 1999:

En lastebil krasjet i 4 biler under kø i tunnelen og det oppstod en brann. 12 personer mistet livet, hvor 8 av disse døde i kollisjonen. En person døde under flukt, men de resterende tre døde i bilene sine. Av de 114 personer ble reddet ut av tunnelen trengte halvparten medisinsk hjelp. Brannvesenet greide å slukke brannen etter 16 timer og hadde da slukket 40 kjøretøy. 1 km av tunnelens konstruksjon ble skadet og reparasjoner førte til stengning i tre måneder.



Figur 3 Ødeleggelser i Tauern ([www.Landroverclub.net](http://www.Landroverclub.net))

## 2. Teori

Norge har godt over 1000 vegtunneler på vegnettet. Tunnel er også en løsning det velges brukt i flere fremtidige prosjekter. Grunnen til bruk av tunnel her hovedsakelig på grunn av terrenget og ønsket om å «fjerne» trafikken fra overflaten. Enkelte ganger er tunneler raskeste vei, mens det noen ganger bygges kun for hensyn til bymiljøer.(NOU 2000)

Velstandsutviklingen i Norge fører til at samfunnet har et behov for økte muligheter for transport av mennesker og gods. Vegtransport er den mest brukte transportformen og står også for den største andelen av skadde og døde i transportsektoren.

Et stadig økende antall trafikanter bidrar ikke til Statens vegvesen sin «Null-visjon». Norges offentlige utredninger(NOU 2004) presiserer at ulykker vil skje ettersom dagens trafikksystem har et sikkerhetsnivå som forutsetter «perfekte» brukere. Dette står i sterk kontrast til velstandsutviklingen som vil ha et vegsystem åpent for alle.

*«Et hovedproblem i vegtrafikken er at vegsystemet er åpen for alle» (NOU 2000)*

Det har til nå ikke skjedd en brann av et så stort omfang at det kan kalles en katastrofe. Mindre branner har avslørt at sikkerheten i noen tilfeller kan ha vært for dårlig. Dette er et emne som alltid vil være oppe til diskusjon og løsninger vil alltid møte motstand.

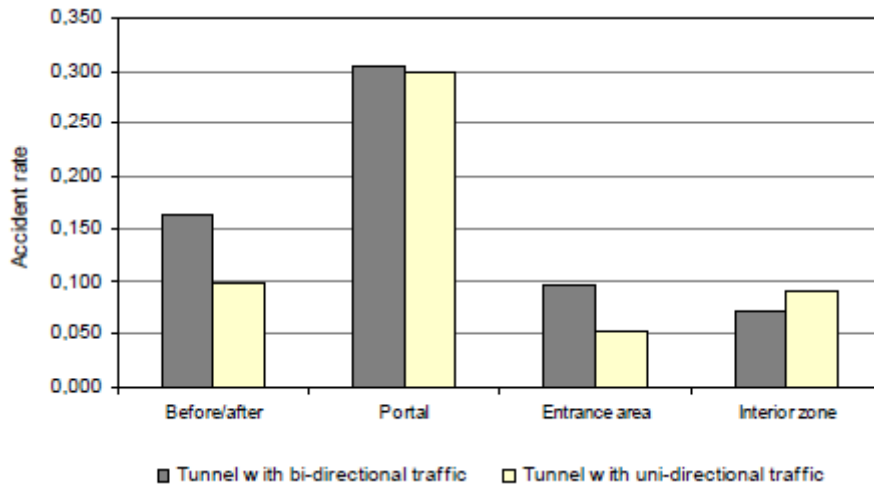
Statens vegvesen som byggherre betrakter sikkerhetsnivået i forhold til kost-nytteverdi, sett opp mot sannsynligheten for brann. Ofte er det den økonomiske biten som blir avgjørende, ettersom etaten må balansere budsjettene for hele vegnettet. Nødetatene har som tredjepart mer fokus på de faktiske konsekvensene av en ulykke og beredskapen sett opp mot dette.

*«.. selv om sannsynligheten er lav, så er slike hendelser langt fra usannsynlige.»(NOU 2000)*

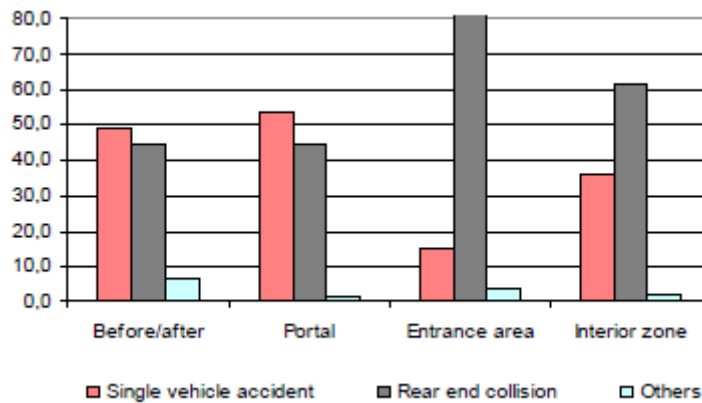
Statistisk sett er vegtunneler minst like sikre som vanlig veg i dagen. Dette kommer av at det per kilometer veg skjer flere ulykker i fri luft enn inne i tunneler. I kontrast til dette er sikkerhetstiltakene mye høyere i en tunnel enn det fri. Dette er på grunn av at selv for sannsynligheten, så er konsekvensene ved en stor ulykke såpass store at risikoen ikke kan tolereres. En Sintef rapport anser konsekvensene så store at de kaller det «katastrofepotensialet»(SINTEF 2009).

*«Selv om sannsynligheten for større ulykker er lavere i tunnel enn på vanlig trafikkert veg, er katastrofepotensialet høyere. En brannulykke i en tunnel vil kunne få svært alvorlige konsekvenser. Ekstrem varme og giftige gasser er de største truslene. Utover gitte objektive risikofaktorene, finner man de psykologiske faktorene»(SINTEF 2009)*

Av erfaring vet man at sonene ved ut og innkjøring til en tunnel er områdene som er mest belastet av ulykker(Nussbaumer 2007). Selve portalen er den største synderen, mens det i daganlegget før og etter portalen skjer nest flest ulykker. Dette kan begrunnes i at dette er områdene der vær og føre kan forandre seg, samt at siktet kan forandre seg betydelig. Statens vegvesens(2009) sine tall samsvarer med disse tallene og konkluderer med at ulykkessannsynligheten er større ved portalområdene og i strekningene 100 m før og etter. Rapporten hevder derimot at ulykker som skjer i midtsonen potensielt kan få mye større konsekvenser.



Figur 4 Ulykkessannsynlighet per million kilometer (Nussbaumer 2007)



Figur 5 Ulykketype i de forskjellige sonene (Nussbaumer 2007)

## 2.1 Brann i tunnel

En rapport fra transportøkonomisk institutt(TØI , 2012) viser at det mellom 2008-2011 var 135 registrerte branner(inkludert tilløp til brann) i norske veitunneler. Av disse førte 16 til personskader hvorav 8 var alvorlige.

Den mest hyppige brannårsaken er tekniske problemer som står for 32 % av brannene. Ulykker er årsaken til 19 % av brannene, av disse er 12 % ulykker mellom to eller flere biler.

Årsakskategorier:	Biler under 3,5 t	Biler over 3,5 t	Antall hendelser:
Uklart:	52 %	37 %	51
Tekniske problemer:	17 %	49 %	41
Eneulykke:	11 %	2 %	9
Kollisjon:	20 %	12 %	22
Antall hendelser:	76	57	133

Figur 6 Årsaken til tunnelbranner og kjøretøytype(TØI, 2012)

Statistikken viser at personskade primært skjer når kjøretøy utsettes for kollisjon eller eneulykker. Tallene viser ikke om årsaken til skadene er på grunn av brann eller sammenstøtet, men en kan av generell ulykkesstatistikk anta at ulykken i seg selv ofte skader personer før brann inntreffer.

Rapporten fra TØI(2012) viser til at tunneler med høy stigningsgrad er sterkt overrepresentert i statistikken. Stigningsgrad måles i prosent og en stigning på 5 % eller høyere anses som høyt. 4 % av tunnelene i Norge har høy stigningsgrad og var åsted for 44 % av brannene. Av disse tunnelbrannene er tunge kjøretøy ofte representert og rapporten konkluderer med at det er signifikant sammenheng mellom høy stigningsgrad og tunge kjøretøyer. Sintef(2009) viser til at ulykkesfrekvensen øker ved bratt stigning og viser tillegg til at kombinasjon av bratt kurvatur vertikalt og horisontalt er det mest ugunstige.

En annen konsekvens ved en tunnelbrann er de samfunnsmessige problemene dette kan skape. En stor nok brann vil føre til stengte tunneler i en lang periode og vil føre trafikken over på andre veier. Dette er problematisk da tunneler ofte er bygget av den grunn at de er det mest effektive måten å føre trafikken over en strekning på. Dette kan i de verste tilfellene skape problemer for trafikkflyten i hele trafikksystemer.



Figur 7 Bilde fra St. Gothard brannen (piarc.org)

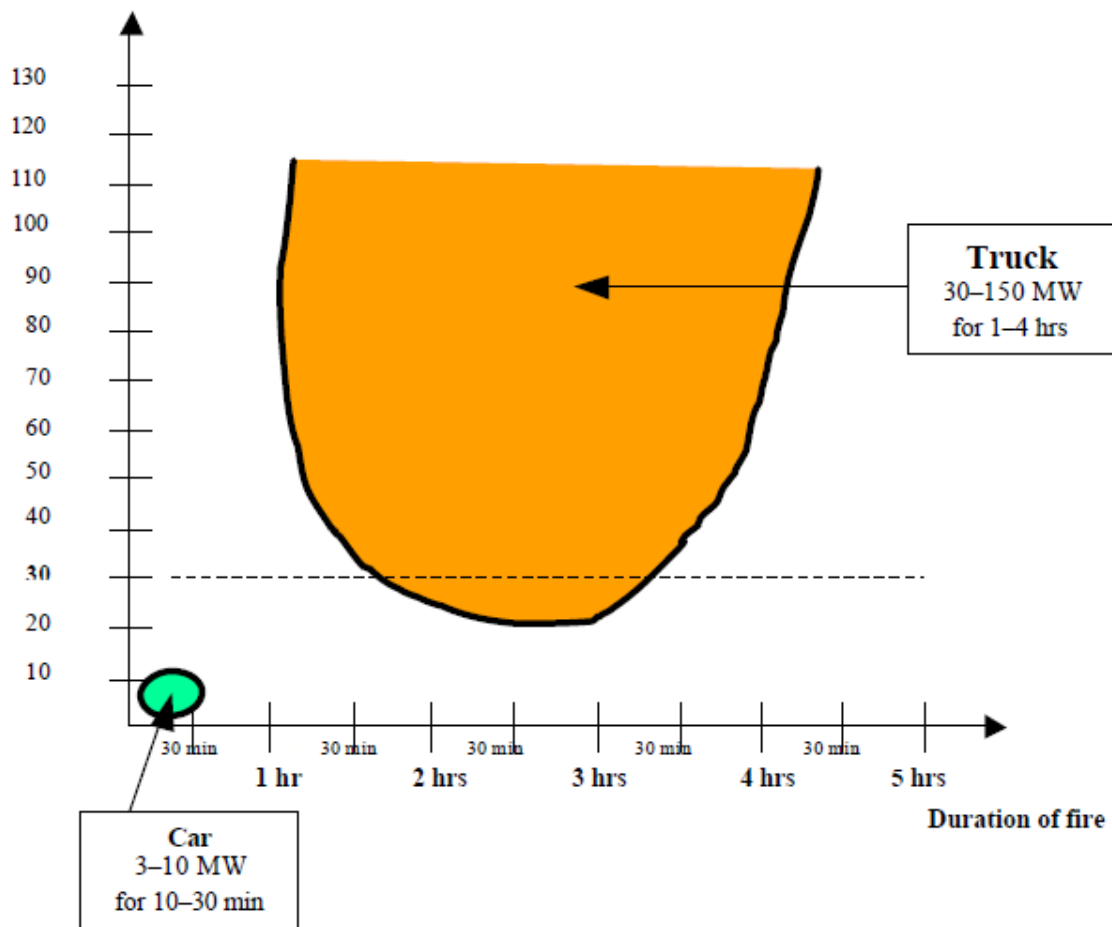
Grunnen til at sikkerhetsnivået for brann er viktig er at en tunnel er et lukket område. Dette vil gi en brann mulighet til rask temperaturøkning, samt at røyk og farlige gasser vil spre seg fort igjennom tunnelen. På grunn av tunnelens utforming får branner en voldsom effekt og branner er kraftigere enn det de ville vært ute i det fri.

Tabell 1 Brannlaster i ulike kjøretøy (UNECE, 2001)

Vehicle type	Typical fire loads (MJ)	Typical fire powers (MW)	Remarks
Passenger car	3 000 – 3 900	2.5-5	Fire loads used in fire tests in Finland
Bus	41 000	20	Fire loads used in EUREKA fire tests. Heat release rates without very combustible goods
Truck load	65 000	20-30	
Heavy goods vehicle	88 000	30	
Tanker carrying 50m <sup>3</sup> of gasoline	1 500 000	300	Levels assumed by Dutch authorities for fires of extreme dimensions

Av tabellen ses det mye større brannlasten et tungt kjøretøy har i forhold til en personbil. Disse tallene er typiske størrelser og har i praksis store variasjoner. Lastebiler kan være lastet med alt fra stein/pukk som ikke utgjør noen brannfare i seg selv, men en annen kan være lastet med bensin eller fett og vil utgjøre en enorm branntrussel ved antennelse. Figuren under viser grafisk hvor stor forskjell i brannlast og branntid det er på kjøretøytype og last. Den stiplede linja viser den brannstyrken en vegtunnel dimensjoneres for. Denne grensen er satt på grunnlag av at de fleste branner med tunge kjøretøy er målt til å ha hatt en kraft på mellom 20-30MW. Til sammenligning ble brannen i tunnelen under den Engelske kanal målt til 360MW(Norconsult, 2008). Figuren viser hvor avgjørende lasten tungtransporten har å si for brantilløpet. En lastebil med stein vil ikke ha samme potensialet til å gjøre ødeleggelser som en lastebil med drivstoff, fett eller olje har.

Maximum power  
in megawatts



Figur 8 Brannlaster i kjøretøy (UNECE, 2001)

Selv med et såpass høyt antall tunneler og frakt av farlig gods igjennom disse har vi enda ikke hatt en alvorlig tunnelulykke i Norge. Det har ved noen anledninger vært nære på å gå veldig galt, men katastrofene har vært fraværende. Likevel er slutningen at sikkerhetsnivået i Norge ikke i seg selv er grunnen til at vi har unngått ulykker som Mout Blanc i 1999. Det er flere faktorer som spiller inn og Sintef(2009) betegner sikkerheten i Norske tunneler som generelt god, men understreker at faren for en katastrofe er tilstede.

Ettersom sikkerheten og beredskapen ikke har blitt testet opp mot en reell katastrofe, men er basert på erfaringer fra internasjonale katastrofer, kan vi ikke vite hvordan sikkerheten i Norge er under en katastrofe. Det er mange faktorer som spiller inn og beredskapen må være forberedt på alle disse. Sintef(2009) siterer Charles Perrow sin bok «Normal Accidents» fra 1984 når de kommenterer krav til sikkerhet. Boken konstaterer at ulykker er «naturlig» for et teknisk system. Spørsmålet er ikke «om», men «når» det skjer en ulykke i løpet av et systems levetid. Jo flere involverte og flere faktorer systemet inneholder jo mer komplisert blir systemet. Dette fører til at marginene for feil blir mindre og ulykker kan hende.

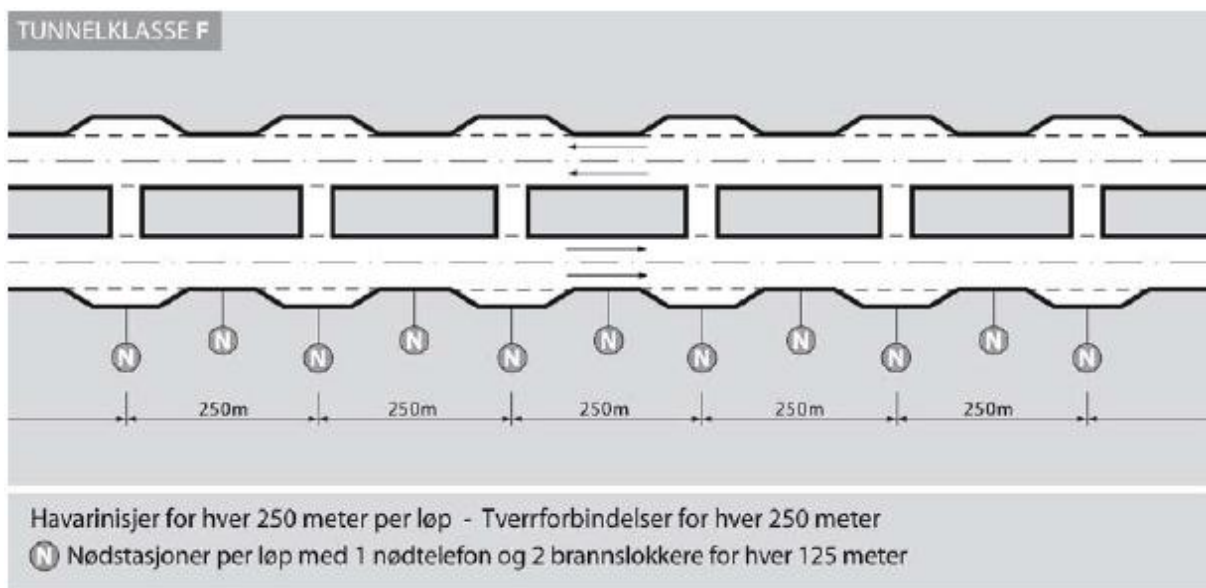


## 2.2 Rømningsteori

Hovedstrategi for rømning ved brann er “Alle ut/All out” prinsippet. Det skal være mulig for alle og komme seg ut i sikkert område. I Norge brukes denne strategien samt at personer er ansvarlige for å få seg selv i sikkerhet om de kan: Selvbergingsprinsippet.

En annen strategi er å gjøre konstruksjonen så brannsikker at personer kan oppholde seg i bygningen igjennom et helt brannforløp. Dette krever spesielt god beredskap av redningsetatene, siden en ikke kan garantere for alle faktorene som spiller inn i et brannforløp. Dette er en lite brukt metode i Norge, men er brukt i enkelt tilfeller som i Oslofjordtunnelen.

Trafikkmengde og lengde på en vegtunnel vil bestemme hvordan personer skal evakuere fra en tunnelbrann. Ved lengde på over 10 km og trafikkmengde over 12000 kreves det to separate tunneløp. Ved brann er teorien at personer skal ta seg fra tunneløpet med brann, og over i det andre tunneløpet. Dette skjer igjennom tverrslag som er plassert mellom løpene. Avstanden mellom disse nødutgangene varierer med maksimal avstand skal ikke overstige 250 m.



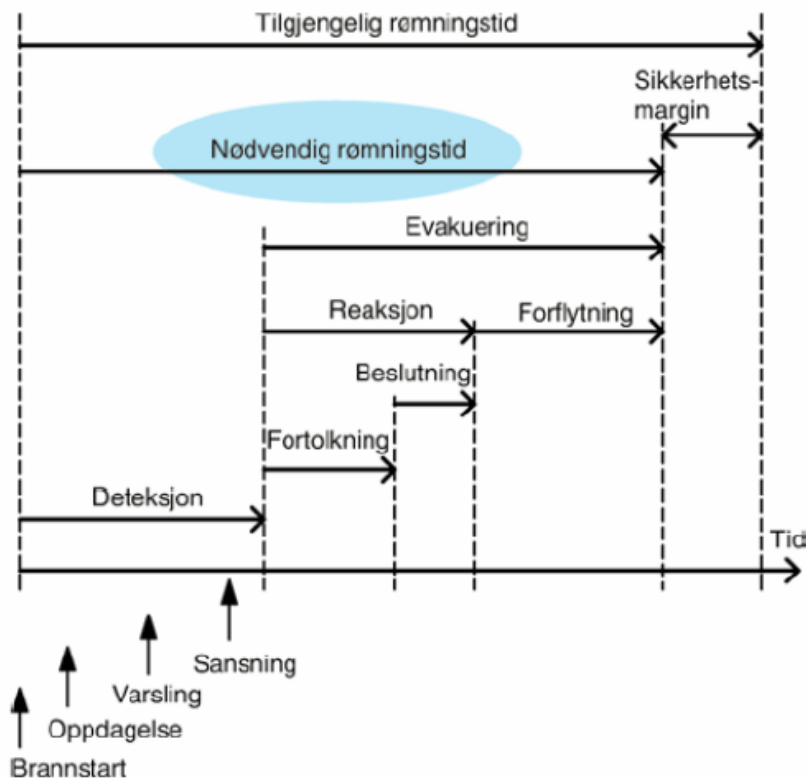
Figur 9 Plan for tverrforbindelser og havarinisjer(Håndbok 021)

I tillegg til tverrslagene vil portalene på tunneløpet benyttes under rømning. Dette er noen mange vil velge i en nødsituasjon, selv om dette kan være den lengste veien. Transportøkonomisk institutt(2011) forklarer dette med at folk ikke greier å bedømme hvor langt man kjører i en tunnel og velger uansett å rømme samme vei som de kom ifra.

I en tunnel med et løp vil rømningsruten hovedsakelig være ut av portalene. Det er i slike tunneler ikke noen andre rømningsveier enn portalene, men det finnes unntak hvor det finnes rømningsveier, for eksempel Oslofjordtunnelen.

En spørreundersøkelse gjort for forsikringsselskapet IF (2009) viste at halvparten av landets befolkning ikke vet hva de skal gjøre ved en brann i en tunnel. Som i generell rømningsteori baserer evakuering fra vegtunnel seg på selvbergingsprinsippet. En er selv ansvarlig for at en rømmer og det skal gjøres uten å basere seg på andres hjelp. UPTUN (2003) viser til at folk i slik situasjon ofte vil rømme sammen med andre. Dette bevises i at det i forsøk ofte er slik at når en person velger å rømme, følger ofte alle andre den personen. Rapporten viser også at folk som har funnet en trygg vei ut ofte er villige til å hjelpe andre.

Problemet er at det ofte tar for lang tid fra brannstart til folk skjønner alvorret og gjør en fornuftig reaksjon og evakuerer. Deteksjon av brannen går i storby tunnelene fort ettersom all stans i trafikk blir detektert av videokameraene og Vegtrafikksentralen (VTS) varsles. VTS vil sette i gang tiltak etter sine prosedyrer. Personer i tunnelen vil derimot sitte avventende og vet ofte ikke hva som skjer. Sintef(2003) konkluderer på grunnlag i flere forsøk at flere ikke vet hva de skal gjøre og ofte blir sittende i bilen. I en kø situasjon kan det være at en ikke ser branntilløpet og er dermed avhengig av at folk nærmere brannen rømmer for at de selv skal bli klar over situasjonen.



Figur 10 Faser i rømningstid (Byggforsk 520.385)

I en køsituasjon tenker de færreste over faren en brann vil kunne medføre og hvilke tiltak de kan gjøre for å få informasjon. VTS har mulighet til å varsle og gi instruksjoner over radio, men dette avhenger av at folk har på radioen på riktig kanal.

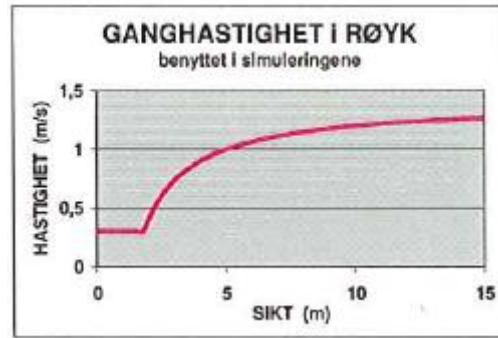
Den andre fasen av rømning «reaksjon» avhenger veldig på hvordan folk oppfører seg i en nødsituasjon. Noen vil på instinkt flykte fra en fare, mens andre var at tunnelbrann medfører stor fare og dermed rømmer. Andre blir passive eller vet rett og slett ikke hva de skal gjøre (Eller tror brannen ikke medfører fare). I de aller fleste tilfeller vil disse rømme idet noen andre starter å rømme. UPTUN(2003) beskriver denne fasen som den mest avgjørende. Jo lengre tid som brukes før en evakuerer, jo lavere er sjansen for overlevelse.

Den siste fasen «forflytning» handler om å få alle ut raskest mulig. Dette krever at alle tar riktige valg under rømning og at man velger raskeste vei ut. Folk flest vil i en brann i et hus de kjenner godt kunne ta seg rask ut i tilfelle brann også ved røyk. Vegtunneler er offentlig rom mange bruker daglig, men ikke mange (If 2003) vet hvordan en kan rømme fra. Sintef (2003) viser at folk i første omgang vil rømme fra stedet de kom fra, ukjente veier en ikke har erfaring fra vil en ikke benytte. Dette forandrer seg om det er andre som bruker dem eller informasjon bevisstgjør personer på rømningsveiene. Det er også slik at folk på grunn av at de ikke oppfatter hvor langt de har kjørt i tunnelen ikke er klar over hvor langt de må gå for å komme seg ut. Sintef (2009) slår fast på grunnlag av forsøk at «konkret informasjon om å bruke nødutganger bidrar til rask og riktig valg av adferd»

Erfaringer etter bussbrannen i Ekeberg tunnelen viser at folk er usikre på hva de skal gjøre i tilfelle brann i tunnel (Statens vegvesen, 1997). Vitne forteller at folk først gjorde det mest fornuftige: rømme. Personer lengre vekk fra brannen stanset de som rømte og mente de ikke måtte forlate bilene, dette førte til forvirring og ingen viste hva de skulle gjøre. Idet politi og brannvesen ankom tok det tid før folk skjønnte hva de måtte gjøre. Denne erfaringen viser hvor viktig det er å gi riktig informasjon til personene i tunnelen og at folk ikke vet hva de skal gjøre.

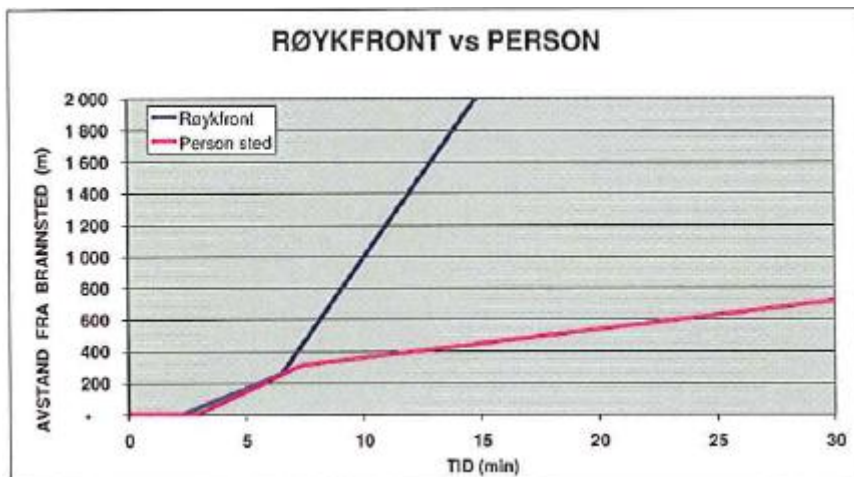
«Stemningen var ganske forvirret – ingen viste hvem de skulle høre på, og hva de skulle gjøre. Derfor begynte alle å gjøre akkurat det de syntes var best, noen snudde bilene, andre rygget, noen forlot bilene og gikk, mens andre var mest opptatt av å ringe eller filme for å rapportere fra begivenheten.»

Hastigheten på dette går enda mer ned når tunnelen er full av kjøretøy og andre mennesker, og blir ikke bedre når røyken kommer.



Figur 11 Ganghastighet i røyk (Norconsult 2008)

For å øke tiden som er tilgjengelig til å rømme er det installert ventilasjonsanlegg i tunnelene. Disse har også som oppgave å ventilere tunnelen under normal drift. For vanlig ventilasjon holder det ofte med den luftstrømmen bilene selv lager i tunnelen for å få ut eksos og annet i lufta. Disse viftene vil slå inn om målere i tunnelen måler for høye verdier av stoffer man bevisst ikke vil ha for mye av. Hovedfunksjonen er likevel at ved en brann vil viftene føre røyken ut en bestemt retning. I enveiskjørtede tunneler vil viftene blåse med kjøreretningen. Grunnen til dette er at alle kjøretøy «nedstrøms» ulykkesstedet vil kunne kjøre ut av tunnelen. De kjøretøyene som står «oppstrøms»(Bak ulykken) vil være «fanget» og vil derfor få noe ekstra tid på grunn av ventilasjonen.



Figur 12 Eksempel på simulering av røykfront vs person (Norconsult 2008)

Informasjon som må til for å få folk til å rømme og rømme riktig er viktig at kan oppfattes så enkelt og lett som mulig(Sintef 2003). Det viser seg at informasjon med ønsket adferd er bedre enn instruksjoner på hva en ikke skal gjøre. Hvordan denne informasjonen gis til personer er teknologi som er under stadig utvikling. Det kan benyttes tydelig merking(farge, lys ol), lyd og fysisk merking(taktil merking).

Sintef(2006) bemerker i sin risikoanalyse at det i tunneler med kun en nødutgang i tillegg til portalene at det er meget aktuelt at disse ikke kan brukes ved ulykke. Slike løsninger er ofte i korte tunnellop og vil derfor ha en risiko for at ulykkesstedet er nærme nødutgang og dermed blokkerer rømning her.

## 2.3 Regelverk

Innen brann og rømning i vegtunneler er det flere regelverk som må håndheves. Nedenfor er disse regelverkene og relevante punkter tatt med.

### 2.1.1 Vegloven

*“Formålet med denne lova er å tryggje planlegging, bygging, vedlikehald og drift av offentlege og private vegar, slik at trafikken på dei kan gå på eit vis som trafikantane og samfunnet til ei kvar tid kan vere tente med. Det er ei overordna målsetting for vegstyremaktene å skape størst mogleg trygg og god avvikling av trafikken og ta omsyn til grannane, eit godt miljø og andre samfunnsinteresser elles.”*

For vegmyndigheten er hovedmålsettingen at det skal skapes og driftes så trygge og gode veier som mulig. Dette er noe trafikantene og samfunnet er tjent med. For å oppnå at det å ferdes på norske veier er trygt er det Statens vegvesen sin oppgave å sette krav til alle aspekter med veiene, herunder brukerne, kjøretøy og infrastruktur. I dette ligger det at vegvesenet må selv finne ut og formidle hvilke kvalifikasjoner det må være til anlegg, kjøretøy og brukere.

Statens vegvesen gir føringer på kravene igjennom sine veinormaler. Disse normalene er rettslig bindende med hjemmel i veglovas §13. Disse normalene inneholder detaljerte anvisninger til hvordan tunneler kan driftes og prosjekteres med tanke på brann sikkerhet og beredskap.

### 2.1.2 EU-Direktivet

De dramatiske tunnelbrannene i Mont Blanc og Tauern i 1999 gjorde at det politisk ble veldig fokus på sikkerheten i tunneler. Blant fagfolk var sikkerheten et kjent problem, men først etter ulykkene ble brannsikkerhet en politisk brannfakkell.

EUs “Whitepaper: European transport policy for 2010: time to decide Whitepaper” sier at et moderne transportsystem må være økonomisk og sosialt bærekraftig, samt være positivt for miljøet. For å oppnå et slikt system må det i tillegg til å bygges nytt, forsikres av eksisterende anlegg holder mål i forhold til den økende trafikkmengden. En bruker av trafikksystemet har forventinger og krav til hvordan anlegget skal fungere, et av disse er sikkerhet.

*“Everyone should enjoy a transport system that meets their needs and expectations. However, The price paid for mobility in Europe is still far too high. Of all modes of transport, transport by road is the most dangerous and the most costly in terms of human lives”*

(Michel Egger (UNECE, 2001))

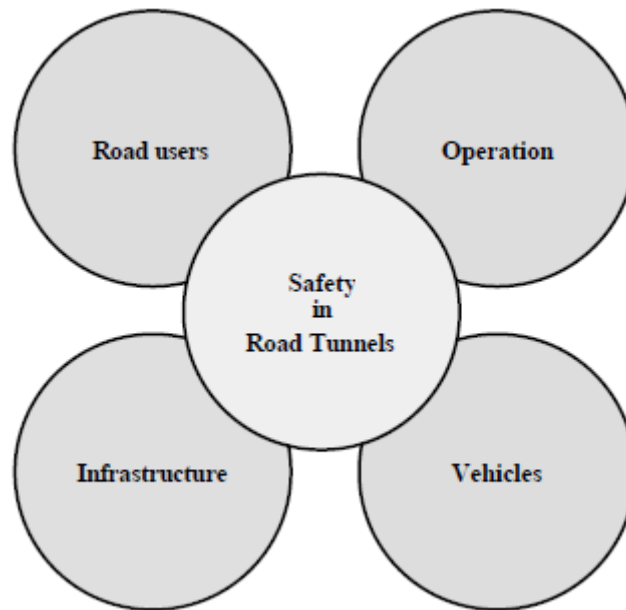
Et trafikksystem i dag og i fremtiden har som mål å kunne bringe brukerne fra et sted til et annet. For å oppnå dette målet må systemet ha en høy nok standard omkring sikkerhet. For veitunneler var det i 2001 ingen felles regler for sikkerhet rundt tunneler(verken vei eller jernbane). Noen medlemsland hadde noe regelverk rundt sikkerheten, mens flere land hadde få til ingen regler til knyttet tunnelsikkerhet.

*“Consideration should therefore be given to European regulations, which could take the form of a directive on the harmonisation of minimum safety standards, so as to put in place the conditions guaranteeing a high level of safety for the users of road and rail tunnels, particularly those forming part of the trans-European transport network.”*

(European commission(2001))

Som et svar på dette ønsker Whitepaperet at kunnskapen omkring temaet skal kunne brukes til et felles regelverk for tunnelsikkerhet i EU. Europakommisjonen valgte å sette sammen en Ad Hoc ekspertgruppe med tanke på tunnelsikkerheten. Denne ekspertgruppen ble underlagt United Nations – Economic Commission for Europe (UNECE) gjennom sin Inland Transport Committee(ITC), og hadde som hovedoppgave å gå igjennom kunnskap og erfaringer på fagområdet og ut fra dette komme med minimumskrav til tunnelsikkerhet.

Ekspertgruppen la i 2001 frem en endelig rapport (UNECE, 2001) med 43 konkrete anbefalinger til tiltak for å øke sikkerheten i tunneler. Disse tiltakene ble fordelt på fire forskjellige fagfelt: Brukere, drift, infrastruktur og kjøretøy.



Figur 13 Faktorer i tunnelsikkerhet(UNECE, 2001)

*«Sikkerheten i tunneler forutsetter en lang rekke tiltak som dreier seg blant annet om tunnelenes geometri og konstruksjon, sikkerhetsutrustning, herunder trafikkskilt, trafikkregulering, opplæring av redningstjenester, håndtering av hendelser, informasjon til brukerne om den beste adferd i tunneler, og bedre kommunikasjon mellom de ansvarlige myndighetene og redningstjenestene, som politi, brannvesen og redningsmannskap.»*  
(St.prp.nr.63 2005-2006, punkt 8, vedlegg II)

Som figuren og sitatet viser er det flere faktorer som angår sikkerheten i en tunnel. Den totale sikkerheten sikres igjennom et høyt nivå innenfor hovedgruppene faktorene deles inn i. Et høyt sikkerhetsnivå infrastrukturen vil ikke ha maksimal effekt om brukerne ikke vet hvordan denne infrastrukturen skal brukes.

Brukeren av tunnelen er den vanskeligste faktoren av sikkerheten. Denne faktoren har to sider i det at brukerne er hovedgrunnen til ulykker og de som er avhengige av sikkerhetssystemet for å overleve en ulykke. I Norge vil brukeren av veisystemet ha gjennomgått kjøreopplæring og dermed ha et visst nivå på kunnskaper. Men alle har ikke erfaring eller eksperter og en kan dermed ikke garantere mot menneskelige feil i veisystemet. Når ulykken er et faktum er det lagt opp til at brukerne må reagere riktig for at de skal overleve. I Stortingsproposisjonen som omhandler godkjenning av tunnelsikkerhetsforskriften(St.prp.nr.63 2005-2006(se sitat)) nevnes brukernes kunnskap som en forutsetning for å oppnå sikkerhet. I Norge er det ikke en del av opplæringen til førerkort å lære seg riktig adferd i tunnel. Vegdirektoratet forklarer fraværet av dette på grunnlag av at en mulig bevisstgjøring av temaet vil kunne skape en frykt for vegtunneler i samfunnet.



Kjøretøyene brukerne kjører i veisystemet er en annen viktig faktor. Myndighetene setter krav til sikkerhet og tilstand til bilene på norske veier (EU kontroll og krasjtester). Myndighetene har derimot ikke kontroll på kjøretøyenes tilstand til enhver tid og tekniske feil må påregnes. Myndighetene kan heller ikke til enhver tid ha oversikt over hva slags last eller hvordan denne er sikret til enhver tid. En annen viktig side av saken er at utenlandske kjøretøy og sjåførere ikke nødvendigvis har samme standard på kjøretøy eller erfaring på norske kjøreforhold.

Av figuren er det da to faktorer myndighetene ikke kan ha full kontroll eller ansvar for. Derimot kan myndighetene ha kontroll på sikkerhetsnivået og beredskapen igjennom faktorer som ligger under drift og infrastruktur. UNECE rapporten kommer med flere konkrete sikkerhetstiltak til disse faktorene. Noen av disse går direkte på rømningsveier og kapasitet.

Brannanalyser av eksisterende/nye tunneler må dokumentere at det ikke er nødvendig med flere rømningsalternativer enn tunnelportalene. Så lenge sikkerheten for brukerne ikke er god nok skal rømningsveier bygges, selv om det er vanskelig økonomisk og teknisk.

I 2002 la derfor Europakommisjonen frem et forslag til direktiv på grunnlag av blant annet UNECE rapporten. Norge greide som EØS-medlem å påvirke utformingen av den endelige forskriften på punktet om maksimal stigning. Direktiv ble fastsatt i 2004 og lagt frem for den norske EØS-komiteen 2006. Med hjemmel i vegloven ble direktivet i 2007 fastsatt i Norsk lov.

Forskriften gir føring på at eksisterende tunneler skal gjennomgås etter sikkerhetsforskriften og at regionale byggherrer skal legge frem en plan for tilpasning (§ 14). Føringsene gjelder for tunneler på TERN-nettverket og på riksveinettet. Renoveringen skal etter § 14 være ferdig innen 30. mars 2014, men Norge har fått ytterlige fem år (2019) på grunn av stor tunnelmasse.

Forskriften har igjennom to vedlegg ulike krav basert på de ulike sikkerhetstiltakene. Igjennom § 8 krever forskriften at alle tunneler skal oppfylle kravene den stiller. Forskriften åpner for at landets egne myndigheter kan fastsette strengere krav enn forskriften.

*«Dersom enkelte av de konstruksjonsmessige kravene som er fastsatt i vedlegg I bare kan oppfylles ved tekniske løsninger som enten ikke kan gjennomføres eller bare kan gjennomføres til en uforholdsmessig høy kostnad, kan Vegdirektoratet godkjenne at det treffes alternative risikoreduserende tiltak, forutsatt at de alternative tiltakene vil føre til likeverdig eller forbedret vern. Virkningene av slike alternative tiltak skal påvises ved en risikoanalyse i samsvar med bestemmelsene i § 10.» (§8 Tunnelsikkerhetsforskriften 2007)*

Dette punktet i § 8 gir derimot byggherre en mulighet til å fravike krav ettersom en løsning vil koste alt for mye, i forhold til nytten tiltaket kan tilføre. Et slik fravik må i så fall dokumenteres og redegjøres for. Teksten åpner dermed for at det kan gjøres tiltak som ikke er i tråd med forskriften så lenge

tiltaket øker sikkerheten og annet ikke er mulig å gjøre. Som øverste instans må Vegdirektoratet ta den endelige avgjørelse på om fravik kan godkjennes. Fravik på TERN-veier skal i tillegg dokumenteres og begrunnes ovenfor EFTAs overvåkningsorgan.

«§ 8 Sikkerhetstiltak

*Alle tunneler som omfattes av forskriften skal oppfylle minstekravene til sikkerhet fastsatt i vedlegg I og II i forskriften.»* (Tunnelsikkerhetsforskriften)

Forskriftens §8 gir grunnlag for mer detaljerte krav som beskrives i vedleggene til forskriften. Av disse punktene er de som er relevante for nødutganger sitert og beskrevet under.

2.3.1	I nye tunneler uten havarifelt skal det finnes nødfortau, enten oppbygd eller ikke, til bruk for trafikantene i tunnelen i tilfelle av havari eller ulykke. Denne bestemmelsen får ikke anvendelse dersom særtrekk ved tunnelens konstruksjon ikke muliggjør det eller muliggjør det bare til en uforholdsmessig høy kostnad og tunnelen har enveistrafikk og er utstyrt med et fast overvåkningssystem og system for stenging av kjørefelt.
-------	--

Det kreves at det etableres en bred nok skulder i tunneler slik at havarerte biler kan komme seg nok ut av kjørebane og dermed lar andre kjøretøy passere.

2.3.2	I eksisterende tunneler der det verken finnes havarifelt eller nødfortau, skal det treffes ekstra og/eller forsterkede tiltak for å ivareta sikkerheten.
-------	--

Dette punktet er forklarer viktigheten av høyt sikkerhetsnivå når havari kan føre til kø i hele tunnelen på grunn av at kjøretøy kan blokkere hele tunnelen ved havari.

2.3.3	Nødutganger gjør det mulig for trafikantene i tunnelen å forlate tunnelen uten kjøretøyene sine og nå et trygt sted i tilfelle av en ulykke eller brann. De gir også redningstjenestene adgang til tunnelen til fots. Eksempler på slike nødutganger er: <ul style="list-style-type: none"><li>- direkte utgang fra tunnelen til det fri,</li><li>- tverrforbindelser mellom tunnellopp,</li><li>- utganger til et nødgalleri,</li><li>- tilfluktsrom med en fluktveg som er atskilt fra tunnelloppet.</li></ul>
-------	--

Hovedprinsippene for rømningsveier blir forklart på en enkelt og grei måte. Det ledende prinsippet er at rømningsveiene tilslutt ender opp ute i det fri.

2.3.4	Tilfluktsrom uten utgang som fører til fluktveger til det fri, skal ikke bygges.
-------	--

Selvforklarende forbud som er basert på erfaringer fra de store tunnelbrannen i Europa. Rommene blir dimensjonert for å kunne holde et vist antall mennesker i livet for en gitt tid. Om antallet mennesker eller tiden blir overskredet kan det medføre død for brukerne.

2.3.5	Det skal finnes nødutganger dersom en analyse av relevante risikoer, herunder hvor langt og hvor fort røyk beveger seg under forholdene på stedet, viser at ventilasjonen og andre sikkerhetsanlegg ikke er tilstrekkelige til å ivareta trafikantenes sikkerhet.
-------	---

Dette punktet gir muligheter for fravik om sikkerhetsnivået på tekniske løsninger er tilstrekkelig til at brukerne kan rømme ut av portalene. Dette punktet kan ses i sammenheng med sikkerhetsforskriftens § 11 som legger opp til bruk av nyskapende teknikk. Mer generelt sett påpeker punktet viktigheten av nødutganger uansett hvilke installasjoner som er installert.

2.3.7	I eksisterende tunneler på mer enn 1.000 meters lengde med et større trafikkvolum enn 2.000 kjøretøy per kjørefelt, skal det vurderes om det er gjennomførbart og virkningsfullt å lage nye nødutganger.
-------	--

Forskriften krever også at eksisterende tunneler med ÅDT over 2000 og lengde på 1000 meter skal gjennomgå i forhold til sikkerheten. Ut fra dette skal det dokumenteres om det er gjennomførbart og virkningsfullt og lage nødutganger. Denne paragrafen har en "tilbakevirkende" kraft i så måte at det kreves dokumentasjon av eldre tunneler. Dette øker midlertid sikkerheten, da de fleste eldre tunneler vil få en økt sikkerhet ved bygging av rømningsveier.

2.3.8	Når det finnes nødutganger, skal avstanden mellom to nødutganger ikke overstige 500 meter.
-------	--

Når det gjelder tiltak i forbindelse med rømning er rapporten klar på at det bør være nødutganger for hver 200-500 meter (Avhenger av trafikkmengde). Denne avstanden burde også ifølge rapporten i noen tilfeller være enda mindre. Disse rømningsveiene skal føre ut i det fri, eller til et annet tunnelløp. Evakueringsrom uten utgang til det fri har en uakseptabel risiko, og burde ikke bli bygget.

Forskriften understreker at de pålegger myndighetene minimumskrav for sikkerhet og oppfordrer til bruk av strengere krav enn det den har. I Norge er dette et av punktene hvor kravene er strengere: maksimal avstanden er satt til 250m i stede for 500m.

2.3.9	Det skal brukes hensiktsmessige midler, som dører, for å hindre røyk og varme i å nå fluktvegene bak nødutgangen, slik at trafikantene i tunnelen trygt kan komme ut i det fri og redningstjenestene kan få atkomst til tunnelen.
-------	---

Punktet legger opp til bruk av generelle brannregler i plan og bygningsloven. I loven er bruk av byggematerialer og tekniske løsninger beskrevet i mer detalj. Detaljer som dette gjelder er beskrevet i håndbok 021.

### 2.1.3 Statens vegvesen håndbok 021

Den nærværende versjonen av Håndbok 021 ble rettet og avstemt etter tunnelsikkerhetsforskriften i mars 2010.

Håndboken tar for seg alle aspekter ved veitunneler og skal brukes som grunnlag ved prosjektering og rehabilitering av tunneler. Løsningen som beskrives i håndboka er foretrukket på grunn av sikkerhet, miljø og drift. Håndboken skal følges etter hjemmel i vegloven § 13, og eventuell dispensasjon på avvik må søkes vegdirektoratet.

Nivået til sikkerheten i en tunnel bestemmes utfra hvilken tunnelklasse tunnelen er. Tunneler inndeles i klasser basert på tunnellengde og trafikkmengde(ÅDT). Trafikkmengden skal velges ut fra forventet trafikk om 20 år. Høy tungtrafikkandel kan begrunne en annen standard for tunnelen. Tunnelklassen gir føringer på tunnelens geometriske utforming, tunnelprofil(er), krav til sikkerhetsnivå og andre trafikkmessige tiltak.

Rømningsveier er bare et av mange sikkerhetstiltak i vegtunneler. Men det er det eneste tiltaket som effektivt kan minske konsekvensene av en tunnelbrann. Reduksjonen skjer fordi folk har muligheten til å evakuere fortere når de har flere mulige rømningsruter. Evakuering av veitunneler legger til grunn selvdrekningsprinsippet. Dette vil si at brukere av tunnelen må selv ta seg ut av tunnelen igjennom portalene eller eventuelle nødutganger.

Håndbokens kapittel 4.7 omhandler nødutganger i tunneler. Kapitlet forklarer behovet for nødutganger på følgende måte:

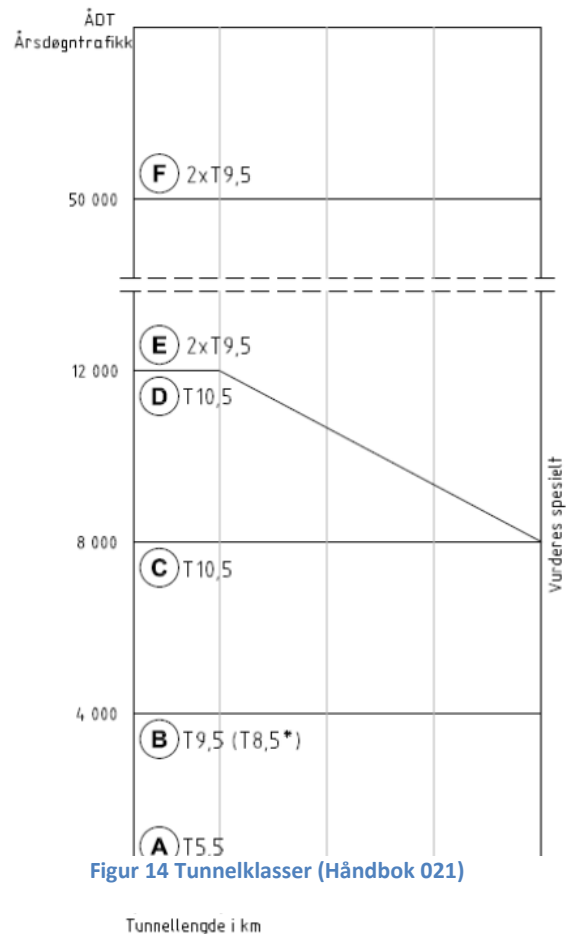
*“Nødutganger gjør det mulig for trafikantene å forlate tunnelen og nå et trygt sted i tilfelle det oppstår en ulykke eller brann. De gir også redningstjenestene adgang til tunnelen til fots.”*

(Pkt. 4.7 Håndbok 021)

*“Prinsippet for evakuering baserer seg på selvdrekningsprinsippet, det vil si at trafikantene skal ta seg ut enten til fots eller ved hjelp av eget kjøretøy.”*

(Pkt.5.1 Håndbok 021)

Krav til antall nødutganger avhenger av tunnelklasse. Tunnelklasse E og F krever at det skal være to separate tunnellop og rømning skal legges opp til at skal skje med tverrforbindelser mellom disse.



Figur 14 Tunnelklasser (Håndbok 021)

Tunnelengde i km

Operatunnelen er klassifisert som tunnelklasse F på grunn av lengden og ikke minst ÅDT(Høyest ÅDT i Norge). Rømning via tverrforbindelser sikrer de som rømmer at de kommer seg vekk fra brannen. Slike tverrforbindelser skal plasseres med maksimum 250 meters avstand fra hverandre. I tillegg må hver av rømningsveiene sikres at har tilstrekkelig rømningskapasitet.

**Tabell 2 punkt 4.7 i håndbok 021**

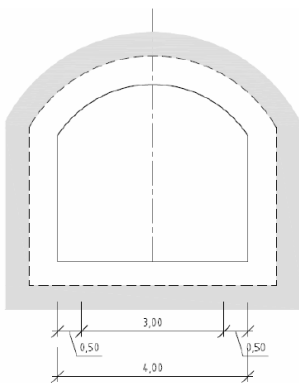
Det skal bygges nødutgang fra ramper med lengde over 500 m i tunnelklasse D, E og F.

Gangbare tverrforbindelser bygges som regel med tunnelprofil T4. Nødutganger til det fri bygges med tunnelprofil T4. Rømningstunnel bygges med tunnelprofil T5,5.

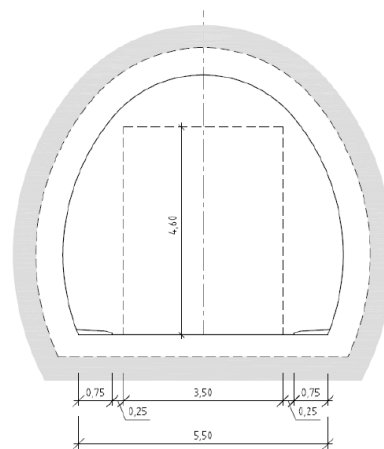
Nødutganger bør sikres mot vann og is.

Behovet for portaler for rømningstunneler og nødutganger til det fri vurderes spesielt.

Utgangene/portalene stenges med låsbare porter.



**Figur 15 Profil 5,5 (Håndbok 021)**



**Figur 16 profil T4 (Håndbok 021)**

Vestbanekrysset består som beskrevet av Operatunnelens to hovedløp og to ramper. Disse rampene fører trafikken til og fra hovedløpene og til Dr. Maud gate. Rampene er ikke parallelle løp slik som hovedløpet. Rampene skal i tunnelklasse D,E og F likevel ha rømningsveier når de har en lengde på over 500 meter. Denne grensen på 500 meter forstås ut fra at det er lengden som krever at en tunnel må gjennomgå en risikoanalyse. Altså forstås rampene som en tunnel i tunnelen, men etter kapittel 5.1 i håndboka skal sikkerhetsnivået i en av/på rampe bestemmes ut fra og være lik som sikkerhetsnivået i hovedløpene. Dette kravet er strengere enn det sikkerhetsforskriften krever, men kan gjøres med hjemmel i forskriftenes §8.

Håndbokens generelle krav til nødutganger er at de enten skal føre til et annet tunnellopp, eller ut i det fri. Dette kravet i stammer fra direktivet åpner ikke for å benytte evakueringsrom som rømningsmulighet. Håndboken har også konkrete krav til utforming av nødutganger:

**Tabell 3** Krav til utforming av nødutganger. Punkt 4.7 Håndbok 021

- Helningsgraden på nødutgangen skal ikke være brattere enn maksimalt 5 % (1 : 20).
  - Nødutgangen skal ha fast dekke.
  - Atkomst til nødutgangen fra tunnelen skal være trinnfri. Dørene skal ha bredde minst 1,2 meter, som tillater rullestol.
  - Det bør være nedsenka kantstein ved nødutganger i tunnel, utformet med 20 mm vis og helling 1:10 opp mot dør til nødutgang / tverrforbindelse.
  - Dør til rømningsvei skal utføres og utstyres slik at den sikrer rask evakuering og slik at det ikke oppstår fare for oppstuvning. Dør til nødutgang til det fri, og til rømningstunnel skal slå ut i rømningsretningen, dører i tverrforbindelser (tunnelklasse E og F) bør slå inn fra trafikkrommet.
  - Vegg mellom hovedtunnel og nødutgang skal ha brannmotstand minimum REI 120-M, ubrennbare materialer.
  - Tverrforbindelser skal utføres som brannsluse med brannmotstand minimum EI 60 mot begge tunnellopp og mot rømningstunnel.
- (Håndbok 021)

Særlig punktet om helningsgrad kan være problematisk å oppfylle. Ettersom tunneler er under bakken vil en rømningsvei måtte føre folk vertikalt opp til overflaten. Bruk av kun 5 % stigning vil føre til beslagleggelse av store arealer. Dette er i stor kontrast til kommisjonsbeslutningen “ TSI-sikkerhet i jernbanetunneler”(2008/0163/EF) som åpner for bruk av trapper da det kreves laterale og/eller vertikale nødutganger.

Nødutganger er bare et av flere tiltak som kan gjøres for å sikre et minimumsnivå på sikkerheten i en veggtunnel. Men ingen andre tiltak har samme mulighet til å redusere skader og tap av menneskeliv som det rømningsveier har ved et brannutbrudd.

Tabell 4 Tiltak for å oppfylle krav til minimums sikkerhetsnivå (Håndbok 021)

● Krav ○ Vurderes	TUNNELKLASSER						MERKNADER
	A	B	C	D	E	F	
<b>SIKKERHETSTILTAK</b>							
Havarinisjer		●	●	●	●	●	Se kapittel 4 Geometrisk utforming
Snunisjer		●	●	●			Se kapittel 4 Geometrisk utforming
Gangbare tverrforbindelser					●	●	Hver 250. m (se pkt. 4.7)
Nødutganger				●			Krav om enten nødutganger til det fri eller egen romningstunnel med tverrforbindelser for tunnelklasse D (antall kjøretøy pr kjørefelt > 4000), og for tunneler lengre enn 10 km i tunnelklasse C (jf. 5.1). Avstand hver 500 m (se pkt. 4.7)
<b>SIKKERHETSUTRUSTNING</b>							
Strømforsyning, belysning og ventilasjon	Se kapittel 10 Tekniske anlegg						
Nødstrømsanlegg	●	●	●	●	●	●	Belysning ved strømutfall. Se pkt. 5.2.2.1 og 10.3.6
Ledelys for tunnel	●	●	●	●	●	●	Ca. 62,5 m avstand. Se pkt. 5.2.2.2
Nødutgangsskilt, og skilt som viser retning og avstand til nødutgang			●	●	●	●	Krav for tunneler med nødutganger og tverrforbindelser. Se pkt. 6.2
Avstandsmarkering i tunnel	●	●	●	●	●	●	Krav for tunneler lengre enn 3 km. Skiltet plasseres for hver 1000 m. Se pkt. 6.2
Nødstasjon	●	●	●	●	●	●	Inneholder nødtelefon og to brannslukkere. Se fig. 5.1 – 5.5. Hver 125 m. I spesielle tilfeller min. hver 250 m ved oppgradering (jf. 5.2.4). Nødstasjon installeres i tillegg utenfor hver tunnelåpning.
Slokkevann	●	●	●	●	●	●	Aktuelle løsninger i pkt. 5.2.2.4
Rødt stoppblinksignal	○	●	●	●	●	●	Se pkt. 6.3. Tunnelklasse A: krav for tunneler > 1km
Fjernstyrte bommer for stengning		○	○	●	●	●	Se pkt. 5.2.2.5
Variable skilt		○	○	○	○	○	Se pkt. 6.3 og 5.3
Kjørefeltsignaler					○	○	Se pkt. 6.3
ITV-overvåking			○	○	○	○	Se pkt. 5.2.2.6 og 5.3. Krav i tunneler > 3 km og > 2 000 kjøretøyer per kjørefelt
Radio- og kringkastingsanlegg	●	●	●	●	●	●	Se pkt. 5.2.3
Mobiltelefon *	○	○	○	○	○	○	Se pkt. 5.2.3.4
Høydehinder (avviser)	●	●	●	●	●	●	Se pkt. 5.2.2.7

\* Ikke sikkerhetsutstyr

#### 2.1.4 Plan- og bygningsloven og teknisk forskrift

Plan- og bygningsloven har som formål å fremme en bærekraftig utvikling av alle aspekter ved bygninger. Dette gjøres igjennom samordning av de ulike offentlige myndigheters oppgaver og sikre samsvar mellom plan og lov/forskrift. Loven legger vekt på at løsninger skal ha et langsiktig perspektiv og at konsekvenser for miljø og samfunn skal vurderes ved valg av løsning.

Veitunneler bygges og planlegges etter hjemmel i plan- og bygningsloven. Anlegget er derimot unntatt fra bestemmelsene om byggesaksbehandling så fremt anlegget er avklart i reguleringsplan og er etter bestemmelsene i vegloven. Derimot er branntekniske krav forhold som må avklares i forhold til Plan og bygningsloven.

Lovens bestemmelser om visuelle kvaliteter og universell utforming gjelder for veianlegg. Derimot skal lovens tekniske krav (§ 29-5) og krav til produkter (§29-7) følges så lenge de passer. Teknisk forskrift hjemler på plan- og bygningsloven og spesielt paragrafene nevnt over. Forskriften resterende krav gjelder så langt den passer i veitunneler.

Brannsikkerheten tas opp i kapittel 11 i teknisk forskrift og forklarer formålet med sikkerheten som:

*Byggverk skal prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet ved brann for personer som oppholder seg i eller på byggverket, for materielle verdier og for miljø- og samfunnsmessige forhold. (TEK §11-1,1)*

For en veitunnel er hovedmålet at sikkerheten til brukeren er forsvarlig. Derfor etterstrebes det å sikre gode rømningsmuligheter. En annen side av saken er at en brann i en tunnel kan føre til såpas store skader at reparasjoner vil ta lang tid. For noen tunneler vil nedetid føre til store samfunnsmessige problemer. Operatunnelen er i Norge den tunnelen som vil kunne skape størst problemer ved stengning over lengre perioder. Dette på grunn av at den store trafikkmengden ville blitt omdirigert til andre strekninger igjennom byen. Flere av disse veiene er i dag overbelastet og ville i en slik situasjon skapt enorme problemer.

Sikkerheten holdes på et riktig nivå med at anlegget skal oppfylle krav til bæreevne og stabilitet igjennom et brannforløp, samt at anlegget skal ha tilfredsstillende sikkerhet ved en eksplosjon. Veitunneler bygges også med tanke på brannspredning. Innad i vært enkelt tunneløp er det ikke praktisk mulig å hindre brannen å spre seg, men brannen skal ikke kunne spre seg mellom løpene. Dette løses ved at vært av løpene er en egen branncelle og tverrslagene mellom dem er en egen branncelle. I noen tilfeller er disse forbindelsene innvendig delt inn i to brannceller. For enkeltløpstunneler som rampene i Vestbanekrysset er vil rampene være en del av samme branncelle som løpet den tilhører. Nye rømningsveier fra disse må konstrueres som egne brannceller og skal ikke kunne spre brann mellom tunnelene eller til andre konstruksjoner.



I tillegg til brannseksjonering kan aktive tiltak brukes for å slokke eller hindre brannene i å utvikle seg. I et såpass folksomt og ukjent sted som en tunnel vil forskriften kreve automatisk slokningsanlegg (§ 11-12). Lave temperaturer, driftskostnader og stengning på grunn av drift har vist at slike anlegg er veldig upraktiske i veitunneler (I Norge).

Som et tiltak er det i en rekke tunneler kameraovervåking samt sensorer på alt nødutstyr. Dette gjør at veitrafikksentralen raskt vet hvor det er oppstått en brann og kan følge sine prosedyrer. ITV overvåking er kameraer som er plassert i tunnelen som lar VTS observere trafikken. I tillegg er det programvare som overvåker videobildene og analyserer forskjellige hendelser i tunnelen. Ved stopp i tunnelen vil systemet automatisk sette i gang en alarm som lar personer kunne sjekke det aktuelle kameraet og om nødvendig sette i gang med de prosedyrer som er satt opp. I tunnelene uten ITV-overvåking er VTS avhengige av at publikum utløser en av sensorene de har på utstyret eller ringer.

Ingen av tiltakene VTS kan kontrollere ved en brann kan gi samme effekt som å evakuere. VTS kan oppfordre til rømning igjennom innsnakk over radio eller høyttaleranlegg der det finnes. Dette innebærer ofte at alle har på radio og riktig kanal.

Forskriftens § 11-11 krever flere generelle tiltak til utformingen av nødutganger. Hovedprinsippet for utformingen av rømningsveier er:

*Byggverk skal prosjekteres og utføres for rask og sikker rømning og redning. Det skal tas hensyn til personer med funksjonsnedsettelse.*

Målet er at rømningen kan skje så raskt og effektivt som mulig. Dette gjøres ved at rømningsveier er slik prosjektert at brukeren lett forstår hva som er riktig handling. Dette beskrives grundigere i § 11-12 hvor krav til belysning, ledelinjer og merking/skilting fører til ønsket effektivitet.

*«Rømningsvei skal på oversiktlig og lettfattelig måte føre til sikkert sted. Den skal ha tilstrekkelig bredde og høyde og være utført som egen branncelle tilrettelagt for rask og effektiv rømning».*(§ 11-14 , 1)

*«Dør i rømningsvei skal prosjekteres og utføres slik at den sikrer rask rømning og slik at det ikke oppstår fare for oppstuvning. Følgende skal minst være oppfylt:*

*a) Dør skal ha tilstrekkelig bredde og høyde, og den skal være lett å åpne uten bruk av nøkkel.*

*b) Dør skal slå ut i rømningsretning.»* (§11-14 ,5)

I veitunneler vil alltid dørene til rømningsveier slå fra tunnellopet og inn i rømningsveien. Dette medfører at det ved rømningsveier som går fra et løp til et annet (tverrslag eller andre forbindelser)

ikke vil oppfylle bokstav b. Grunnen til dette er at rømningsveiene er laget for å kunne rømme begge veier og fordi det fortsatt kan være trafikk i det andre løpet.

*Heis og rulletrapp kan ikke være del av fluktvei eller rømningsvei. Slike innretninger skal stoppe på en sikker måte ved brannalarm. Rullende fortau som er særlig tilrettelagt for sikker bruk kan være del av fluktvei eller rømningsvei. (§1-14 ,7)*

Dette kravet må ses i sammenheng med forskriftens § 11-11 der det i punkt 1 nevnes «Det skal tas hensyn til personer med funksjonsnedsettelse». Dette gir en føring til at tiltak burde gi den beste rømningsmuligheten for flertallet av brukerne.

### **2.1.5 Brann- og eksplosjonsvernloven**

Loven av 2002 har som hensikt å unngå at brann skal oppstå og skade personer eller materiell. For vegtunneler gjelder denne loven når anlegget er i drift igjennom § 6. Loven setter her krav til byggherre om at tunnelen må ha nødvendige sikkerhetstiltak for å forebygge og begrense en brann (Herunder også drift av disse). Brannvesenet er et sikringstiltak som av loven pålegger kommunen drifte på et riktig beredskapsnivå.

Brannvesen skal etter § 11 ha tilsyn i sitt tjenesteområde og kan sammen med kommunen (§14) gi pålegg om ytterlige sikkerhetstiltak i tunneler. Det skal igjennom en risikovurdering identifisere hvilke objekter i kommunen som er «særskilte brannobjekter». Dette er byggverk som brann kan medføre tap av mange menneskeliv eller gjøre stor skade. Tunneler er et slikt særskilt brannobjekt og vil måtte gjennomgå tilsyn og ha beredskapsplaner.

### **2.1.6 Universell utforming**

Gjennom Diskriminerings- og tilgjengelighetsloven er universell utforming blitt en rettslig standard. For et transportsystem vil en standard påpeke at hindringer for brukeren er bevegelse, orientering og miljø. Derimot er ikke universell utforming et begrep som dekker sikker rømning for alle.

Det er ingen eksakte tall på hvor mange som har funksjonshemninger i Norge. Undersøkelser fra utlandet viser at det i vesten antas at antallet ligger på 15 – 20 % (Kittelsaa, 2004) av befolkningen. En europeisk undersøkelse viser at om lag 8 % (Eurostat, 2001) av befolkningen har alvorlige funksjonshemninger. Til sammenligning hadde 8 % av personene i World Trade Center en form for nedsatt funksjonsevne da katastrofen inntraff. SINTEF (2007) har i gjort et anslag på antall personer med funksjonsnedsettelse i Norge:

Tabell 5 Antatt tall på funksjonshemninger

- 500 000 har nedsatt hørsel
- 200 000 bruker høreapparat
- 250 000 bevegelseshemmede hvorav 40 000 bruker rullestol
- 130 000 har nedsatt arm- og handfunksjon
- 90 000 med nedsatt syn
- 6 500 blinde

Rapporten bemerker også at det i denne sammenhengen glemmes personer med midlertidig funksjonsevne, som graviditet, skader og sykdom. I tillegg må de eldre del av befolkningen vurderes slik at de ikke vil kunne evakuere i normalt tempo. Andelen av eldre er i dag 5% og vil øke i fremtiden, så å vurdere rømningstiden er viktig.

Det er i dag ingen konkrete regler på krav til rømning av personer med funksjonshemninger. Flere rapporter i Norge samt utlandet påpeker problemet med at personer med funksjonsnedsettelse ikke har samme mulighet til å rømme som andre. Samtidig viser rapportene at ønsket sikkerhet for personer med funksjonshemninger vanskelig lar seg tilfredsstille uten at de vil måtte særbehandles (diskrimineres). Det kan også ikke anses som humant at en person med funksjonsnedsettelse skal basere sin mulighet til rømning på hjelp fra andre mennesker.

Storingsproposisjonen til tunnelsikkerhetsdirektivet tar i vedlegg 2 opp funksjonshemmedes sikkerhet. Den understreker at det skal være mulig for en som er innblandet i en ulykke «å redde seg selv». I den forbindelse poengterer proposisjonen at funksjonshemmede har større problemer med å rømme og at det derfor må legges spesielt vekt på deres sikkerhet.

I Danmark har de tatt med tanken om universell utforming rømningsreglementet ved at de ved krav om rømningsveier sier de skal dimensjoneres av antallet personer og deres mobilitet. Regelverket gir også føringer på at det skal legges til rette for «oppholdsrom» i tilknytning til rømningsveiene. Disse områdene skal kunne brukes av folk som av forskjellige grunner er immobile og ikke klarer å redde seg selv. Disse skal kunne oppholde seg i disse områdene og skal kunne bli reddet av redningsmannskap. De innfører også muligheten for «redningsheis», en heis som i nødsituasjoner kan brukes av redningsmannskaper til å hjelpe folk ut. Storbritannia har en egen standard (Britisk standard BS 9999:2008) for evakuering av personer med funksjonsnedsettelse. Ifølge SINTEF (2003) er dette den eneste standarden i Europa på dette området. Forskjellen på denne standarden og andres standarder er at den har erkjent at universell utforming er mer enn tilgjengelighet alene. Tilgjengeligheten må komplimenteres med muligheten for rømning fra de samme stedene.

En masteroppgave fra Lunds tekniska Högskola (Ardenmark, 1999) tar opp innvirkningen av rømning ved heis. I oppgaven skilles brannheiser inn i «rømningsheiser» og «redningsheiser». Her menes det

har rømningsheisen er en heis som fører personer til sikkerhet ved en brann, mens en redningsheis brukes til å føre redningspersonell til de områdene de trengs for å assistere andres rømning.

Oppgaven konkluderer med at slike heiser vil for funksjonshemmede gi en bedre mulighet til å rømme. Det poengteres derimot at heiser uansett må opereres av en person som har opplæring og en plan bak rømningen.

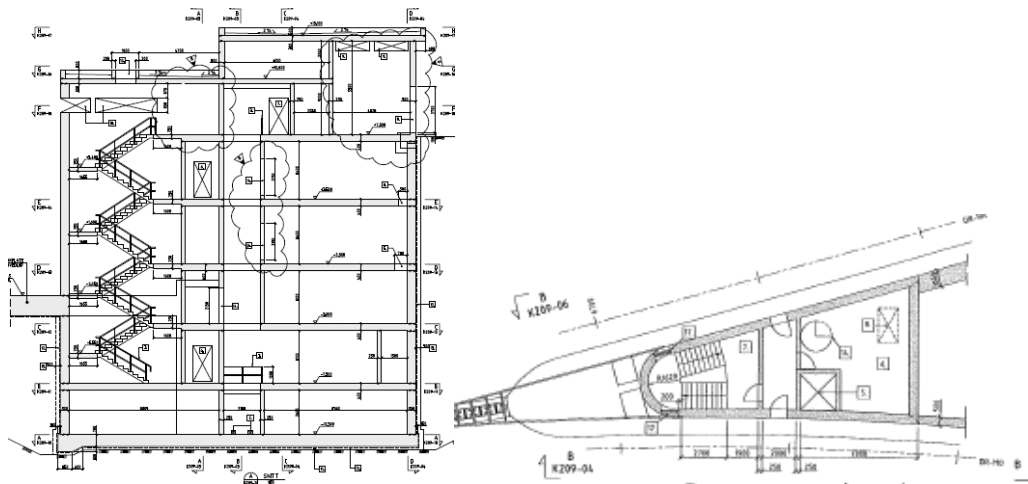
Flere av problemstillingene som masteroppgaven og SINTEF-rapporten setter opp ved bruk av «sikkert sted» og brannheis har ikke samme tyngde for et anlegg som en vegtunnel. Primært er dette at man i en tunnel kun skal rømme fra et gitt sted til et annet, det vil ikke være flere etasje som må tømmes for ventende personer systematisk. Man kan derimot ikke forlange at en person til enhver tid skal kunne være tilstede og styre heisen ved evakuering. Dette må i tilfelle gjøres fra VTS og vil kreve meget god kommunikasjon. En heisløsning som brukes av brannmannskaper kan være det lureste valget med tanke på sikkerhet og vedlikehold. Dette krever derimot at ventestedet til de som ikke kan rømme via en trapp må være sikkert nok til å kunne beskytte personene mot eventuelle farer til redningsmannskaper assisterer.

Tunnelsikkerhetsdirektivet har ingen direkte tiltak i forhold til personer med en funksjonsnedsettelse. Stortingsproposisjonen hevder derimot at tiltakene i sikkerhetsforskriften vil forbedre forholdene «*for alle brukere, herunder funksjonshemmede*» (ST.prp. 63 Vedlegg 2. pkt.12). Ettersom det som nevnt ikke er noen konkrete tiltak må dette være å anse som en generell tanke om at høyere sikkerhet vil kunne hjelpe alle. Statens vegvesen har derimot konkrete tiltak i håndbok 021 på utformingen av rømningsveier i forhold til funksjonsnedsettelse, her spesielt rullestol.

## 2.2 Eksisterende løsninger

Det er i dag flere ulike løsninger på rømning fra tunneler. Det er som forklart tidligere ikke neon «standard-løsning» på rømningsveier og det er noen ganger ulikheter innad samme prosjekt. Nedenfor er noen forskjellige løsninger vist for å vise hvordan en løsning kan se ut.

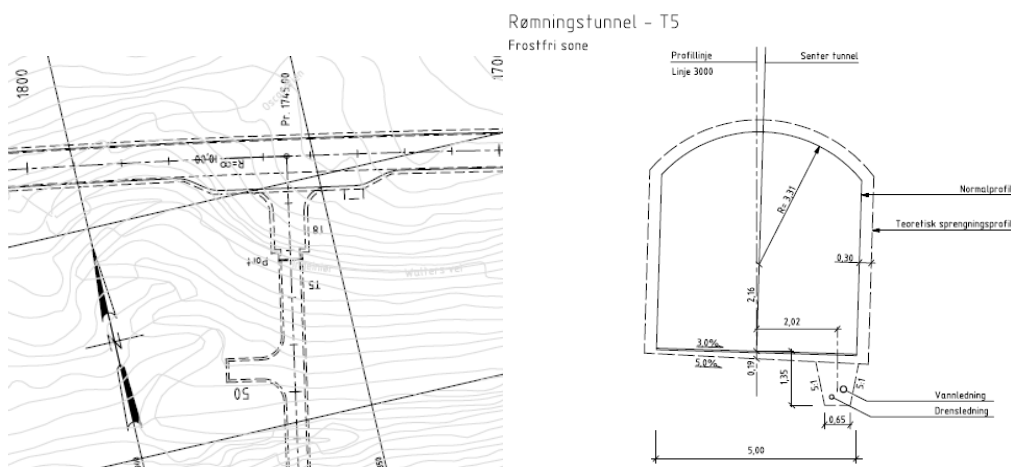
Bjørvikatunnelen har ved Sørenga en rømningsvei som fører personer opp en trapp til terreng. Denne rømningsveien går fra hovedløpet og en rampe. Denne konstruksjonen består av rømningsvei samt flere tekniske rom i samtlige etasjer.



Figur 17 Plan-rømningsvei

Figur 18 Snitt rømningsvei Bjørvikatunnelen

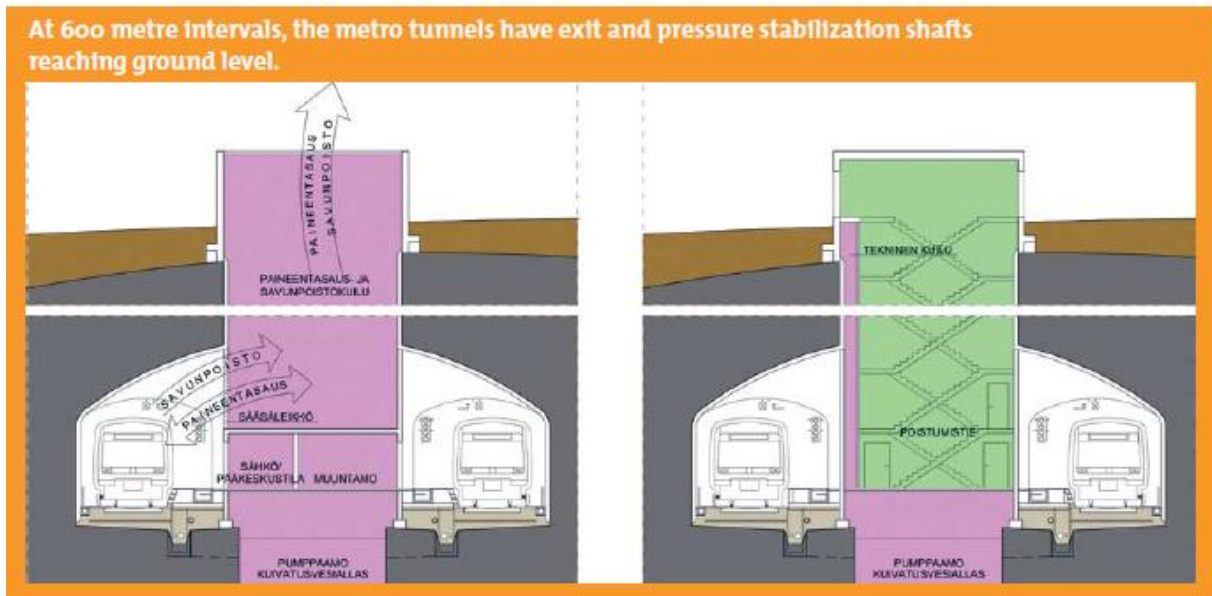
I Bragernestunnelen i Drammen er det blitt bygget en egen rømningstunnel i midten av tunnelen.



Figur 19 Profil Bragernestunnelen

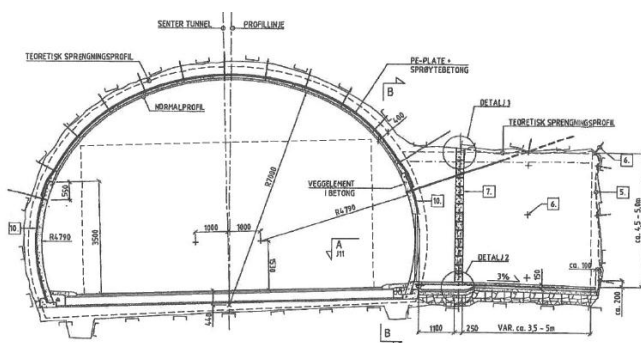
Figur 20 Rømningstunnel Bragernestunnelen

I Helsinki er det et stort samferdsels prosjekt igjennom deres Westmetro prosjekt. Dette er en ny metrolinje som skal koble byen sammen med nabobyen Espoo. Prosjektet er gjennomtenkt og har tilrettelagt for rømmning ved tverrslag mellom løpene for hver 100. meter. For hver 600 meter er det Tekniske sjakter samt trapper opp til dagen.

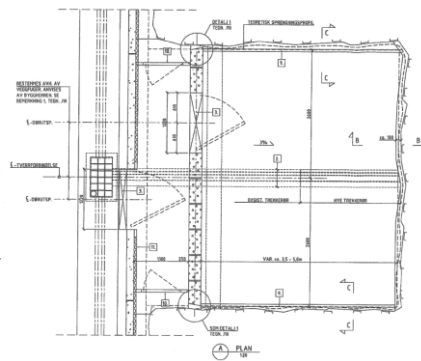


Figur 21 Planlagte rømningsveier i Westmetro([www.lansimetro.fi](http://www.lansimetro.fi))

Oslofjordtunnelen har vært mye i medias søkelys på grunn av flere branner den siste tiden. Disse brannene har bevist at rømningsmulighetene har vært meget begrenset og det er et under at ingen har omkommet. Det er nå(2012) foretatt en beslutning om at det midlertidig skal bygges flere «evakueringsrom» i tunnelen. Disse rommene er beskrevet som ulovlig med et eget punkt i tunnelsikkerhetsforskriften og kan ikke anses som en god metode.



Figur 22 Evakueringsrom Oslofjordtunnelen



Figur 23 Plan evakueringsrom

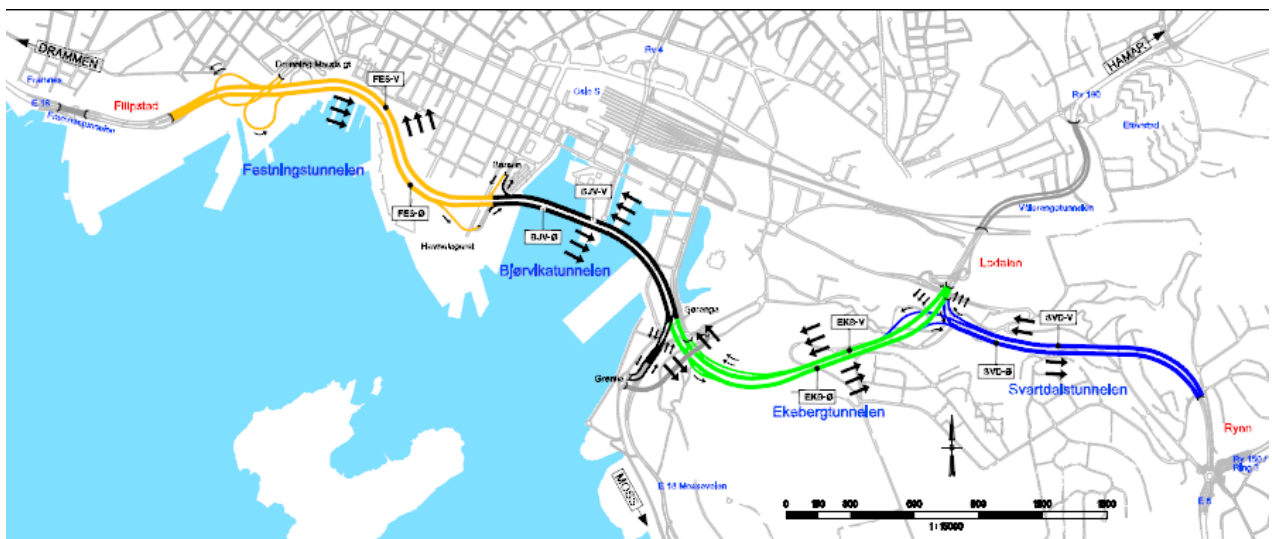
### 3. Dagens situasjon

#### 3.1 Tunnelene

##### 3.1.1 Operatunnelen

Operatunnelen er hovedfartsåren i Oslo og Norges mest trafikkerte vegstrekninger. Dagens tunnel var opprinnelig fire enkeltstående tunneler, men da Bjørvikatunnelen ble ferdigstilt i 2010 ble disse tunnelene definert som en sammenhengende tunnel. Tunnelen består av de opprinnelige tunnelene Festningstunnelen (Ferdig 1990), Bjørvikatunnelen (2010), Ekebergtunnelen (1995) og Svartdalstunnelen (2000).

Den eldste delen av tunnelen (Festningstunnelen) ble bygget med helstøpt tunnelprofil. Dette viste seg å ikke være vanntett og påførte mye tid og utgifter til drift. Det ble derfor i Ekebergtunnelen bygget med en ny type konstruksjon som senere fikk navnet Ekeberghvelv. Denne konstruksjonen har i ettertid vist seg å være meget vellykket og har blitt nærmest en standard for tunnelbygging etter ferdigstillelse. Siste del av tunnelen er Svartdalstunnelen ble bygget i samme konstruksjon og koblet E6 og ring 3 inn på tunnelen.



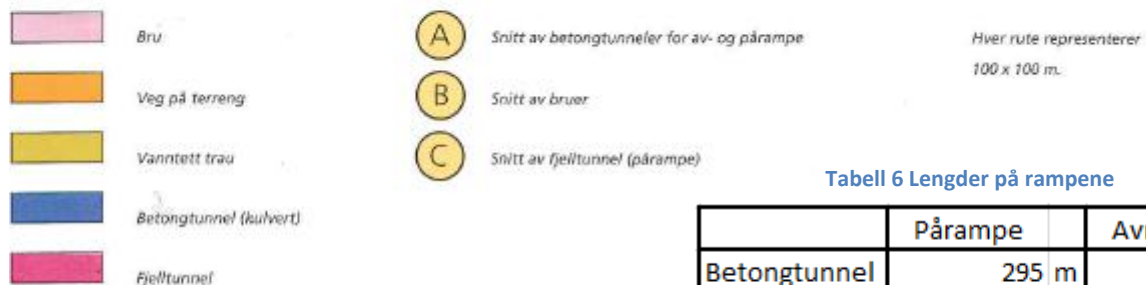
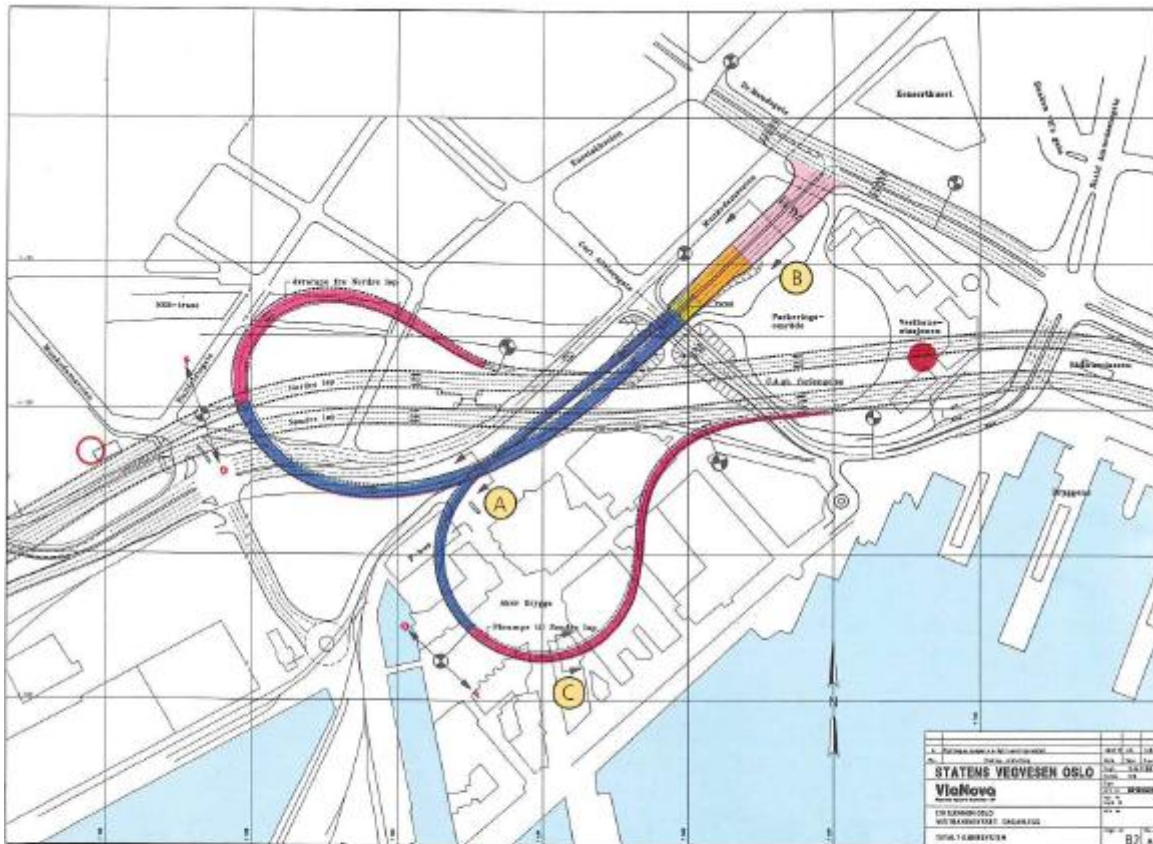
Figur 24 Operatunnelen

##### 3.1.2 Vestbanekrysset

Vestbanekrysset fører trafikken fra E18 opp på «Ring 1» igjennom begge rampene som går fra Operatunnelen og til Dr. Mauds gate. Krysset var med i reguleringsplan for Oslotunnelen (Festningstunnelen) fra 1987, og var definert som utbygningsetappe 2 i prosjektet.

Det ble sett på flere mulige løsninger for å få trafikken fra E18 og inn på ring 1. Bystyret fattet i 1990 det endelige vedtaket for løsning og vedtok regulering i 1991. Dette prosjektet hadde opprinnelig en

forbindelse til Pilestredet igjennom en tunnel(Slottsparktunnelen). Denne delen av prosjektet hadde planlagt ferdigstilling 2001, men er enda ikke regulert.



Tabell 6 Lengder på rampe

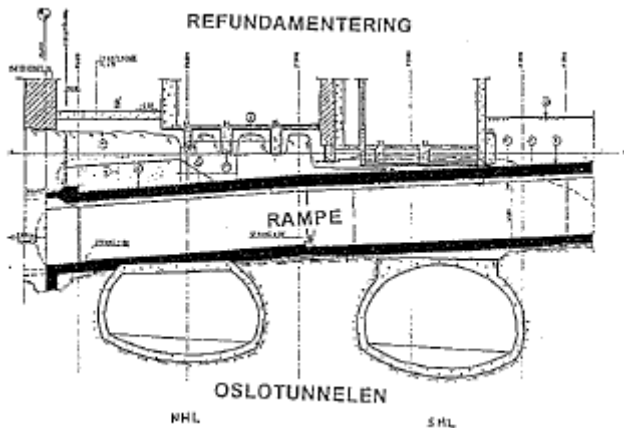
	Pårampe	Avrampe
Betongtunnel	295 m	379 m
Fjelltunnel	262 m	203 m
<b>Totalt</b>	<b>557 m</b>	<b>582 m</b>

Figur 25 Vestbanekrysset

Begge rampene er bygget med to forskjellige byggemåter. Øvre del av rampene som armerte betongtunneler. Byggemetoden er plasstøpt slakkarmert betong av kvalitet C45(Gjennomsnittsfasthet ble målt til ca 60 MPa). På grunn av tilslagsmaterialet i betongen ble det bestemt å benytte HS sement i blandingen. Dette er en type sement som er sulfatresistent(SR) samt er lavalkalie sement. Denne sementen er for noen bedre kjent som «Norsjø sement». Utvendig er konstruksjonen tettet med en bentonittmembran for å få en vanntett konstruksjon.



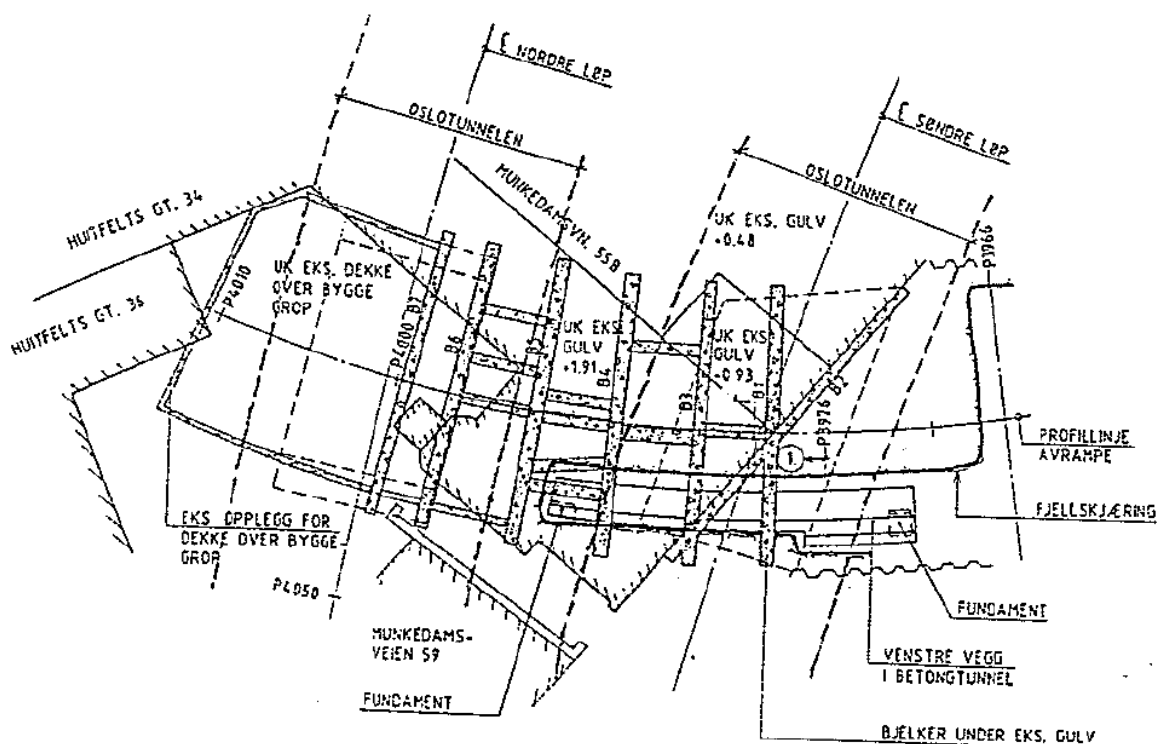
Rampene er støpt på fjell eller fundamentert på sjaktede pilarer, betongpeler og stålkjernerpeler til fjell. De første 194 m av pårampen og 342 m av avrampen er bygget i åpen byggegrop. For pårampen ble resten av betongtunnelen(ca. 100m) bygget i ferdig utsprengt fjellprofil under konstruksjonene på Aker brygge. Avrampens resterende 35 m ble bygget under Munkedamsveien 55b og 59b og på taket av Operatunnelen. Graving for tunnelen ble gjort samtidig som husene ble refundamenterert.



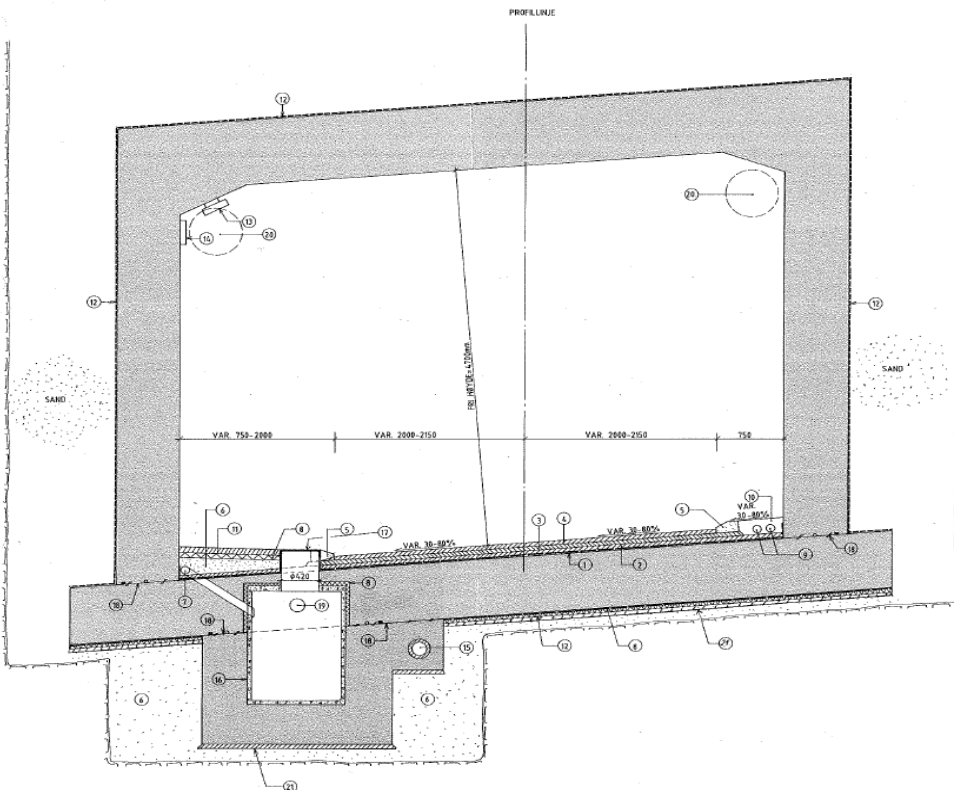
Figur 27 Snitt av refundamenteringen av Munkedamsveien



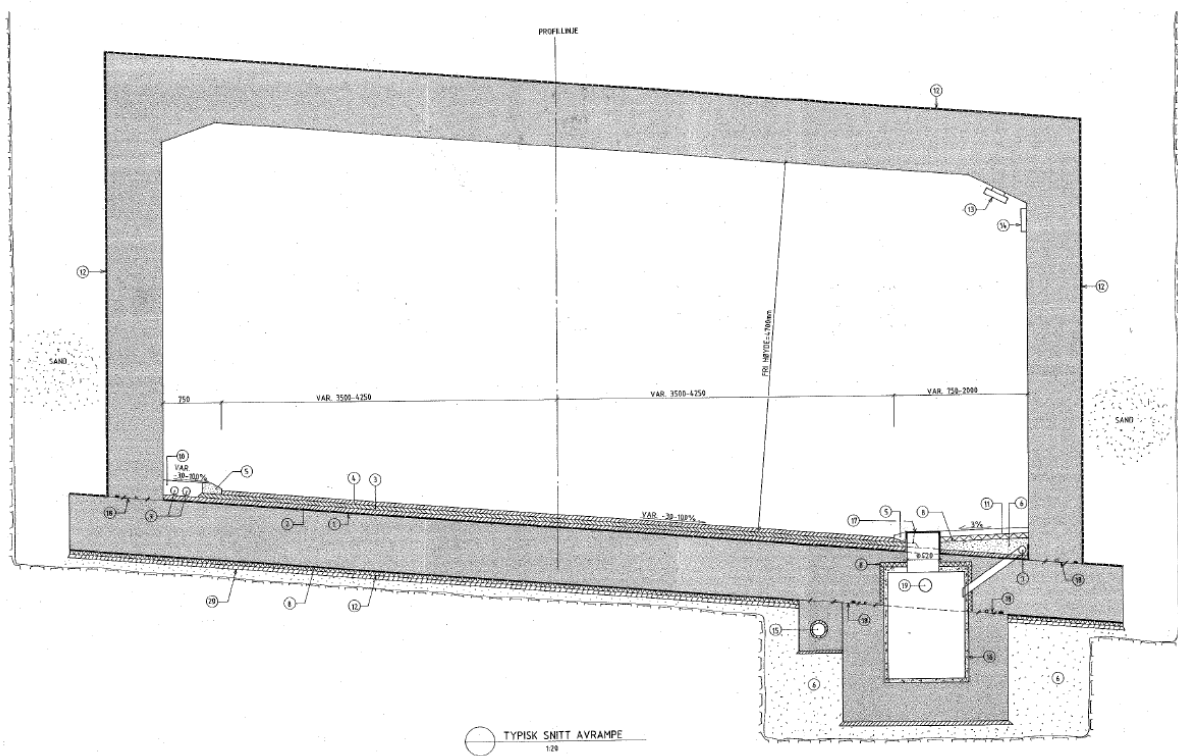
Figur 26 Refundamentering



Figur 28 Prinsipp for refundamenteringen i Munkedamsveien

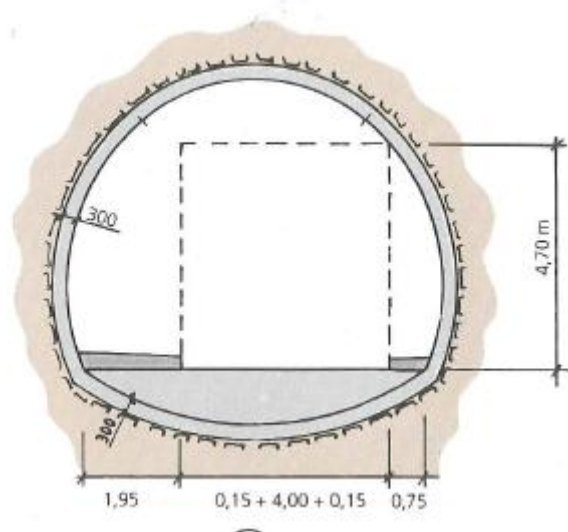


Figur 29 Typisk snitt betongtunnel pårampe



Figur 30 Typisk snitt betongtunnel avrampe

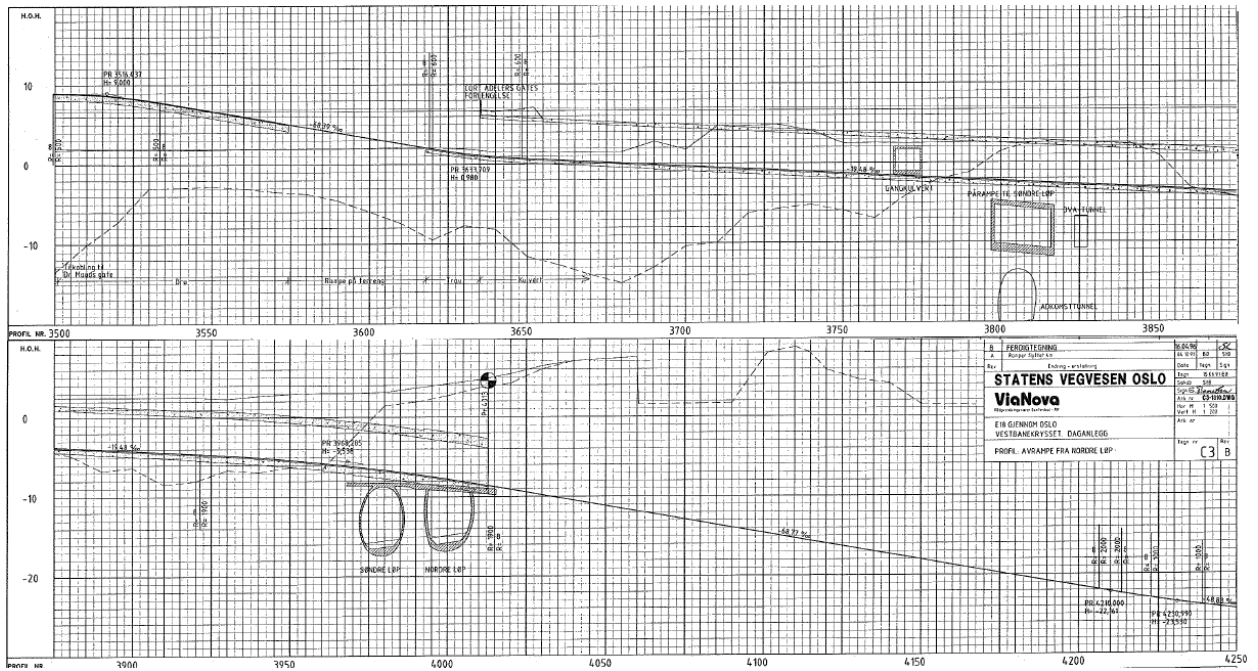
Nedre del av rampene er fjelltunneler med betonghvelv. Fjelltunnelen var den første i Norge som ble bygget med heldekkende PVC-membran og vanntett betongutstøpning. Løpene ble sprent ut i profiler på henholdsvis 45m<sup>2</sup> for pårampen(variasjon fra 38 - 47) og 76m<sup>2</sup> for avrampen(variasjon 40 - 87). Profilen ble etter fjellkvalitet sikret med forbolter, rørbolter, fjellbånd, innstøpte bolter samt fiberarmert sprøytebetong. Fjellet ble så injisert med mikroement av typen «Spinor» for å stanse lekkasjer før hele overflaten er avrettet med sprøytebetong(snitt 12,5 cm). Utenfor sprøytebetongen er det skuffast en fiberduk(500g/m<sup>2</sup>) før PVC membranen montert. Betongprofilen er støpt rett mot membranen i minimum 30 cm tykkelse. Det er ingen armering i betongen foruten nettarmering i hvelvet. Betongen er av fasthetsklasse C45 og ble støpt i seksjoner på 5 meter.



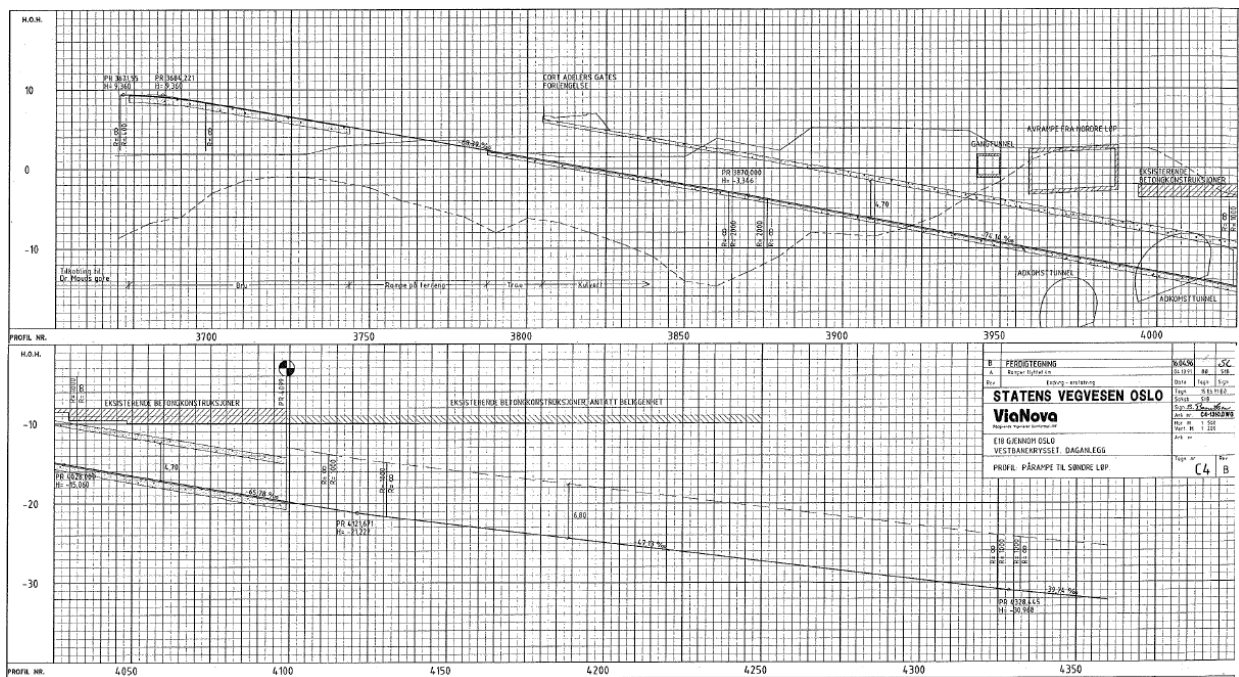
Figur 31 Typisk snitt Fjelltunnel pårampe

Pårampen har gjennomgående et kjørefeltfelt med total stigning fra Dronning Mauds gate til Operatunnelen på 42 m. Løpet har frem til fjelltunnelen en svært bratt vertikalkurvatur. På det meste er stigningsprosenten på over 7,4 %, ellers ligger stigningen på 6 – 7 %. Delen av løpet som ligger i fjell har en slakere kurvatur på mellom 4 – 5 %. Samtidig som tunnelen er meget bratt er horisontalkurvaturen på løpet på det krappeste  $R = 61,9$  m. For å forbedre sikten og kjørekomforten er skulderen på innersving meget bred.

Avrampen har to felt med unntak et lite stykke rett etter avkjøringen fra hovedløpet med en total stigning på 34 m. Øverste del av rampen er rimelig slak med en vertikalkurvatur på 2 %. Denne øker betraktelig i delen som ligger i fjell hvor den hovedsakelig ligger opp mot 7 %. I denne delen av rampen er også horisontalkurvaturen på sitt krappeste med  $R = 57,5$ m. Denne kombinasjonen er ikke heldig og kan virke krevende å kjøre i.



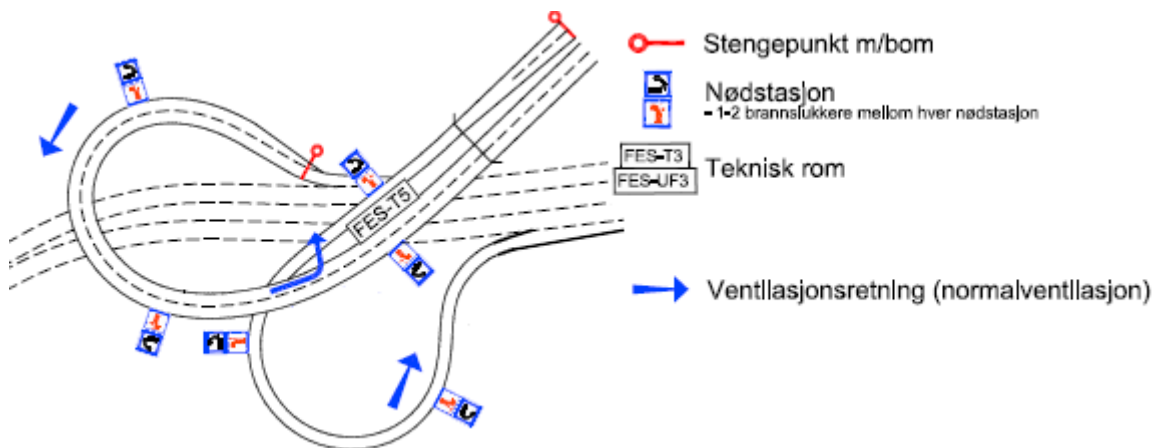
Figur 32 Vertikalprofil avrampe



Figur 33 Vertikalprofil pårampe

### 3.1.3 Sikkerhetsnivå

Tunnelen og ramper har plassert SOS-stasjoner og brannslukningsutstyr igjennom hele tunnelen og slukkemannskaper har tilgang til brannhydranter i alle tverrslagene i hovedløpene. Lokale antenner gir full mobildekning i hele tunnelen. Det er ikke rømningsveier eller tilgang på vann i noen av rampene i Vestbanekrysset.



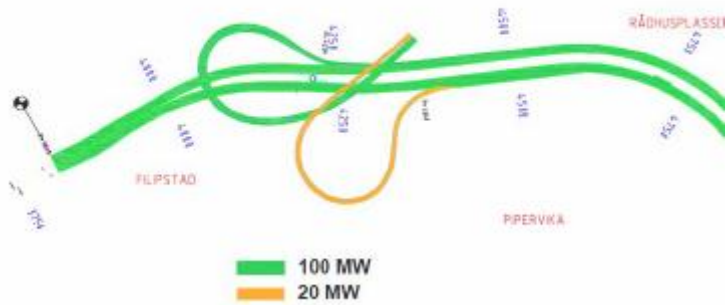
Figur 34 utsnitt fra innsatskortet for Operatunnelen

Tunnelen er utstyrt med kameraovervåkning/hendelsesdetektering samt at alle nøddinnretninger er utstyrt med automatisk varsling til VTS. Ved hendelser har VTS mulighet til å gjøre følgende:

- Stenge tunnel
- Stenge kjørefelt
- Styre ventilasjon
- Styre belysning
- Gi meldinger til trafikanter på FM-radio P1

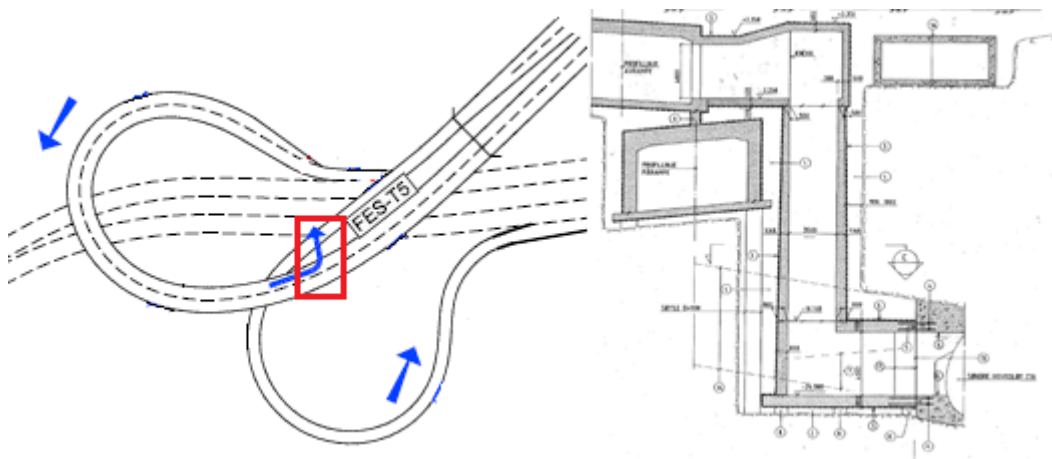
Ved brann vil VTS sette i gang et forhåndsprogrammert program som tiltak mot brannen. Eneste input til programmet er hvor brannstedet er i tunnelen. Systemet vil da styre ventilasjonen etter prinsipper som på forhånd er bestemt som mest nyttig. Tillegg vil belysningen igjennom tunnelen settes på full styrke og ledelys settes på. Disse tiltakene kan overstyres av VTS, men kun om nødetatene beordrer dette. (Beredskapsplan 2010)

Viftene i tunnelen har en brannkapasitet på 100 MW igjennom tunnelen. På rampen i Vestbanekrysset har en begrenset kapasitet på 20 MW. Denne begrensningen vil ved brann ved/i rampen kunne skape problemer for ventilasjonen. Rampens lille tverrsnitt i tillegg til bratt stigning vil ved brann gi kraftige oppdriftskrefter (Nordconsult 2008b).



Figur 35 Viftekapasitet Vestbanekrysset

Som figuren fra innsatskortet til Operatunnelen viser er ventilasjonsretningene i kjøreretningene av rampene. På rampen fører luften fra portal og ned i hovedtunnel, mens avrampen fører den fra hovedtunnel mot portal. For å unngå at avrampen fører forurenset luft fra Operatunnelen opp i byområdet rundt Aker brygge og Vika er det i Avrampen laget en ventilasjonssjakt mellom avrampen og østgående løp i hovedtunnelen.



Figur 36 Ventilasjonsplan

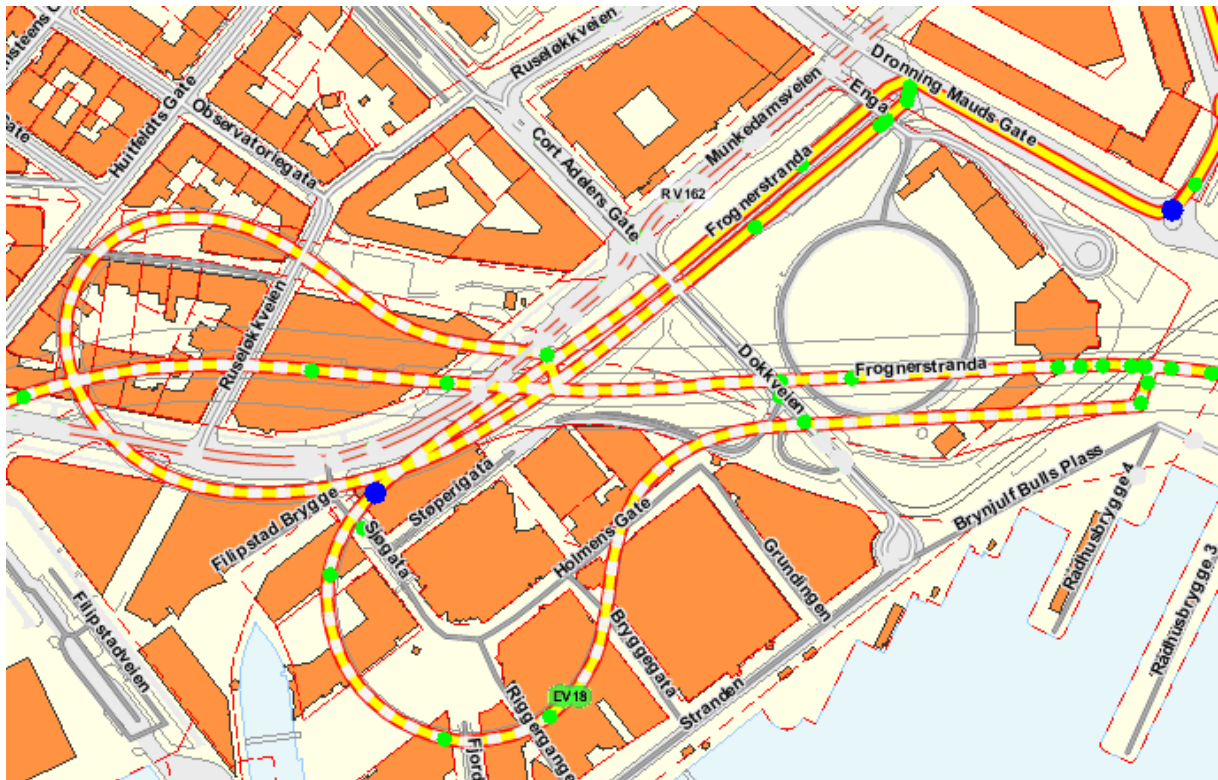
Skiltet hastighet i rampene er 50 km/t

### 3.1.4 Trafikkdata

Trafikktallene for Vestbanekrysset viser at ÅDT ligger mellom 12 – 14000 biler, hvor 2 – 3 % er tunge kjøretøy. Trafikktellingene viser at ÅDT har holdt seg stabilt siden 2006. Denne trafikkmengden må anses som høy, særlig for pårampen som kun har et kjørefelt.

Operatunnelen har ikke tall på total ÅDT for hele strekningen, men den anslås til 100 000. Mer konkrete tall finnes det fra målepunkt i den delen av tunnelen som er gamle Festningstunnelen. Her er ÅDT på rundt 80 000 og en tungtrafikkandel på rundt 15 %. En slik tungtrafikkandel må anses som meget høyt og må ses i sammenheng med konsekvensene ved brann i tunge kjøretøy. Tallene er på

grunn av rehabilitering og Bjørvikaprojektet ikke komplette. Dette har ført til at det av og til ikke er foretatt målinger, mens andre målinger viser lavere trafikkvolum. Dette forklares med at trafikken ble belastet på andre strekninger på grunn av dårlig kapasitet i tunnelen under arbeidene. I 2011 er det foretatt tellinger i Bjørvikatunnelen(senketunnelen) disse viser at trafikken ligger på ca. 70 000. Andel tungetrafikkanter er ikke talt.



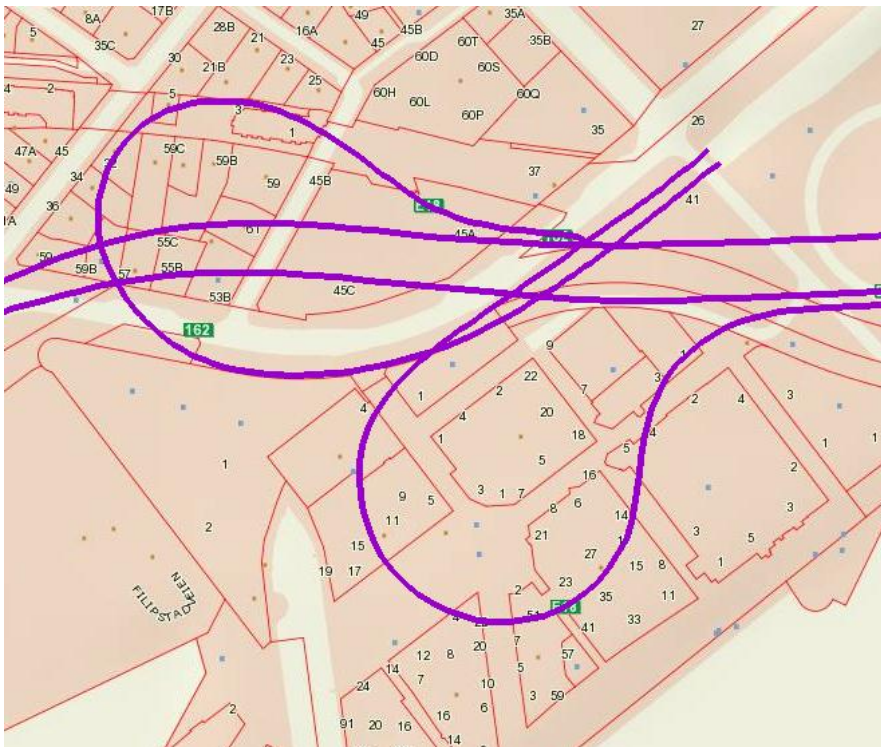
Figur 37 Trafikkulykker

Figuren viser at det i pårampen er registrert 13 ulykker, hvor 7 av ulykkene har skjedd i selve tunnelen, mens de resterende har skjedd i daganlegget. I pårampen har det kun blitt registrert en ulykke, denne har skjedd ved avkjøringen til rampen. Alle ulykkene karakteriseres utfallet som «lettere skadd» unntatt den i pårampen som er registrert som «alvorlig skade»(markert med blått). Det er også verdt å legge merke til samling av ulykker ved pårampens innkjøring i hovedtunnelen.

## 3.2 Dagens situasjon over bakken

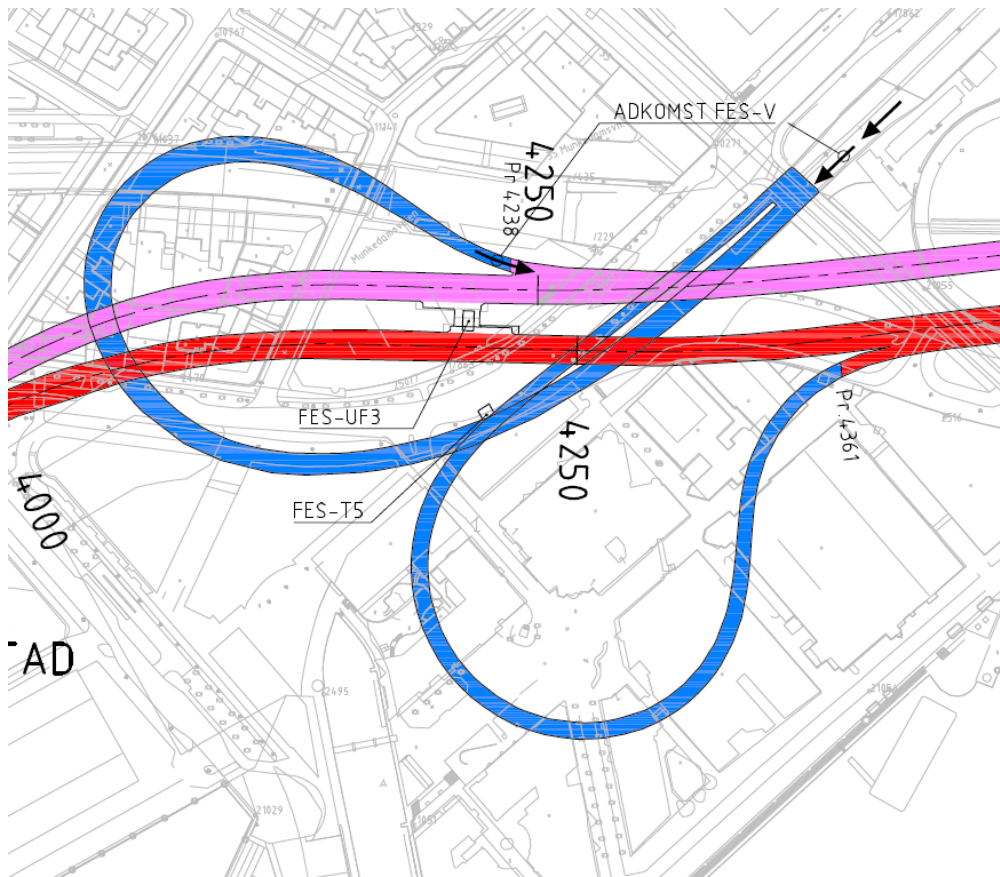
Dagens ramper går under et meget attraktivt område av Oslo by. Aker brygge har et høyt tilbud av kulturelle og kommersielle tilbud. Området er sterkt utbygget i nyere tid og inneholder næring og boliger. Avrampen i Vestbanekrysset går under den eldre bebyggelsen i Munkedamsveien og Huitfeldts gate.

### 3.2.1 Eiendommer og bygninger

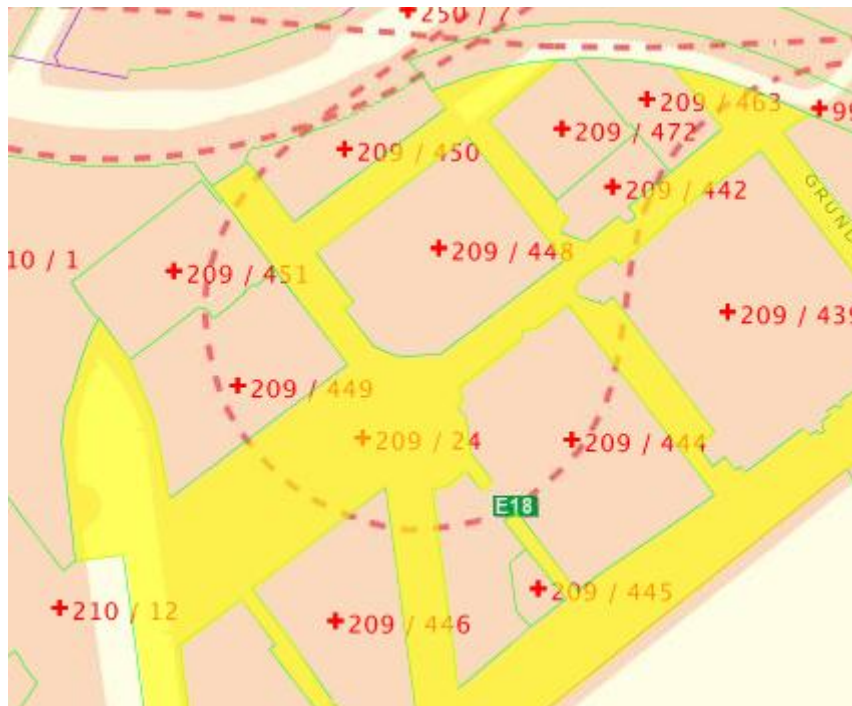


Figur 38 Rampenes beliggenhet i forhold til eiendommer ([www.dsb.no](http://www.dsb.no))

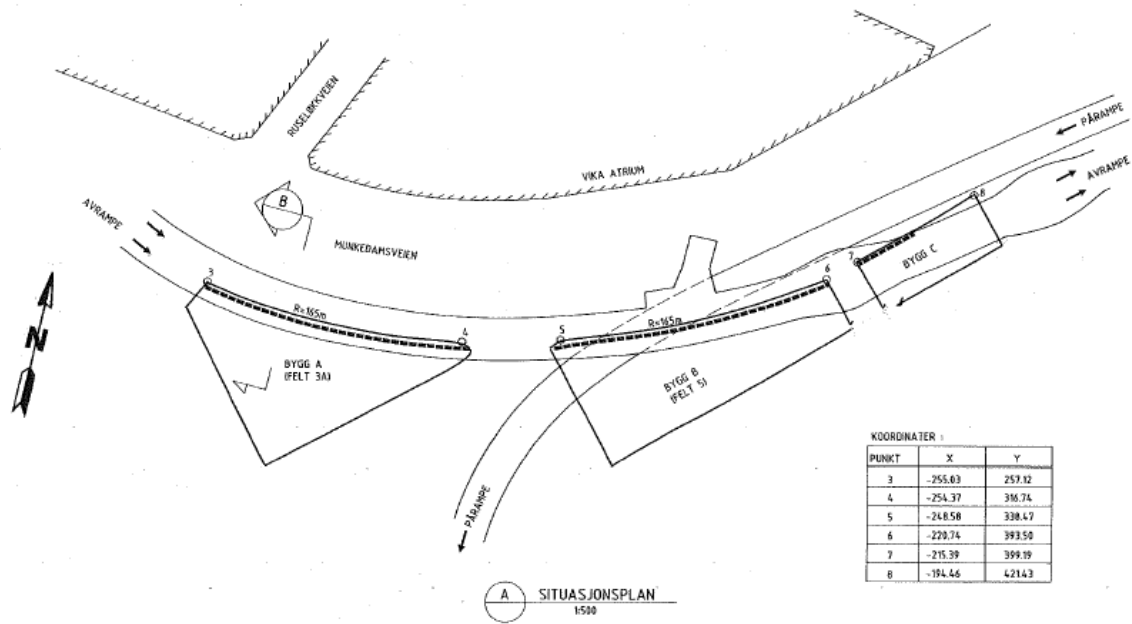




Figur 39 Rampenes beliggenhet i forhold til bygninger



Figur 40 Gult området viser areal som ikke er bebygd (gate/torg) (Seeiendom.no)



Figur 41 Bygningenes langs sørsiden av Munkedamsveien sin plassering iforhold til rampene



Figur 42 Arealbruk i området ( Oslo kommune)



Figur 43 Bygningstyper(Oslo kommune)

### 3.2.2 Regulering og planer

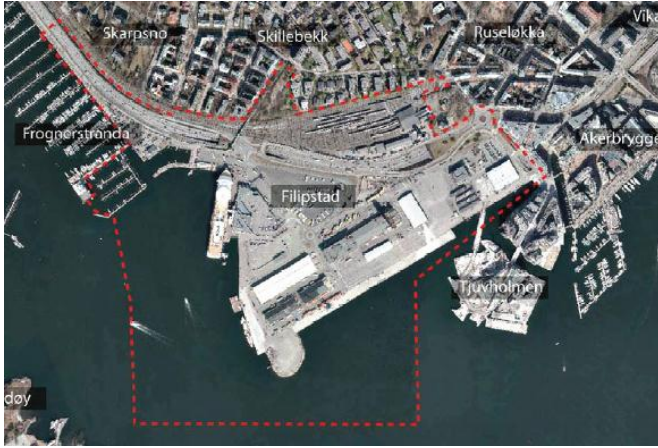
Området Aker brygge er en del av kommunedelplan «Oslos sentrale sjøside» og blir sett på som ferdig utbygget. Utvikling i Oslo kommune gjør at denne kommunedelplanen gjennomføres igjennom et prosjekt som blir kalt «Fjordbyen».



Figur 44 Fjordbyen: Orange: Ferdig utbygget, Gult: Under utbygging (Oslo kommune)

Området vest for Vestbanekrysset kalt Filipstad er planlagt utviklet i «Fjordbyen». Denne Planen gjelder for store deler av arealer ut mot sjøen. Som figurene viser er det i planene tenkt å legge lokk over dagens E18. Dette vil gjøre Operatunnelen betraktelig lengre og vil kunne forandre trafikken i

området. Dette vil kunne få innvirkning på trafikken i Vestbanekrysset. Planen legger også opp til en trikkelinje «Fjordtrikken» som skal gå over Filipstad og Aker Brygge.



Figur 45 Fjordbyens planområde(Oslo kommune)

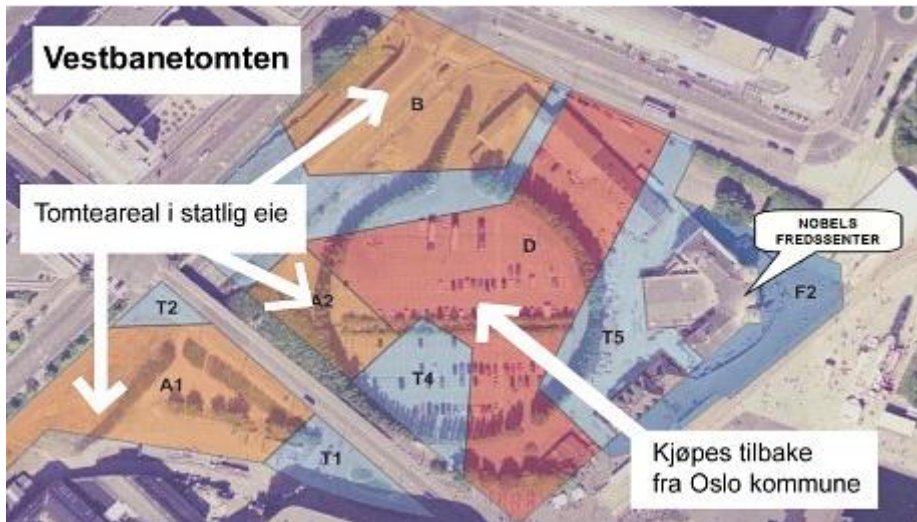


Figur 46 Planforslag(Oslo Kommune)

Fjordbyplanen gjelder også for område Tjuvholmen. Dette området er derimot under utbygging og vil skape flere nærings- og boligarealer i området. Dette vil kunne skape økt trafikktrykk på tunnelsystemet.

### 3.2.3 Fremtidige planer

For Vestbanekrysset er det den fremtidige utbyggingen av Vestbanetomten som vil ha størst påvirkning på sikkerhetsnivået. Dette prosjektet inneholder blant annet bygging av nytt nasjonalmuseum. Tomten som skal bygges ut ligger ikke slik til at bygging vil komme i konflikt med noen av dagens tunneler, men prosjektet planlegger delvis å legge lokk over den delen av rampene som i dag går i dagen. Dette vil føre til at rampene vil bli lengre, og dermed trenger større sikkerhetstiltak som for eksempel flere rømningsveier.



Figur 47 Eiendomsforhold Vestbanetomten (Statsbygg.no)

I forbindelse med at dagens kapasitet i tunnelen under Oslo er sprenget planlegges det en ny tunnel. Jernbaneverket har kommet frem til fire alternative trasser og utredningen av disse vil foregå i løpet av 2012. Et av alternativene (Alt. 1) går i dagens jernbanespor på Filipstad og inn i tunnel. Denne tunnelen kan komme i konflikt med dagens avrampe i Vestbanekrysset.



Figur 48 Alternative tunneltraser Oslotunnel(jernbaneverket.no)



Fjordtrikk prosjektet i Oslo er ikke ferdig utredet, men et alternativene var en linje over Aker brygge. Et annet alternativ er å ha linjene i Munkedamsveien.

Figur 49 Fjordtrikkens alternative ruter SWECO

### 3.2.4 Annet

Flere bygninger som ligger over dagens avrampe er på byantikvarens gul-liste og står oppført som bevaringsverdig.

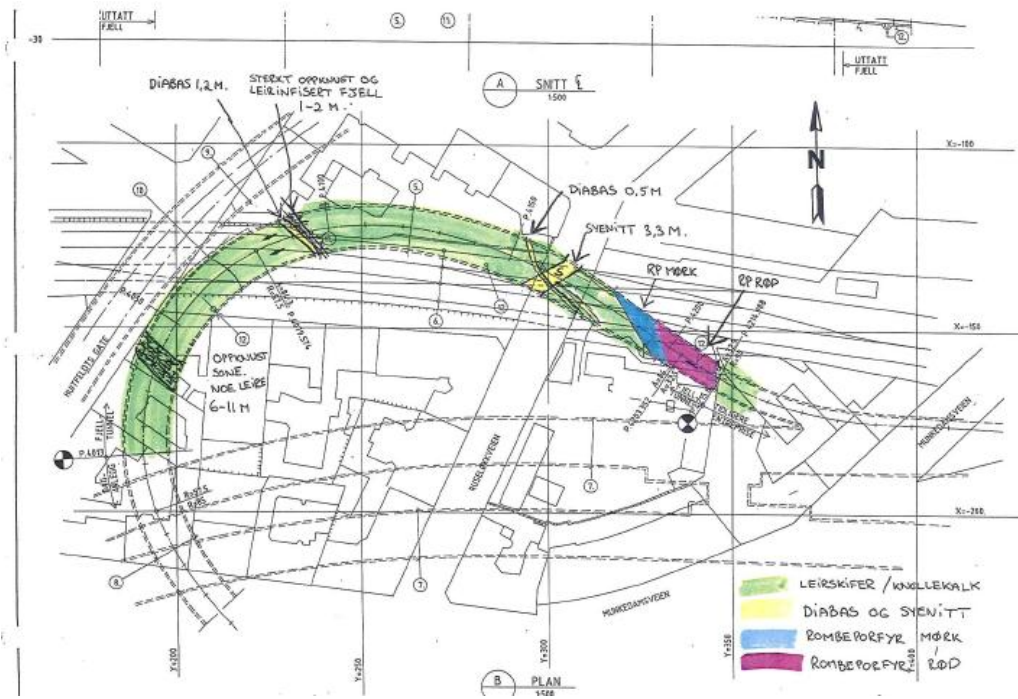


Figur 50 Byantikvarens gulliste(Oslo kommune)

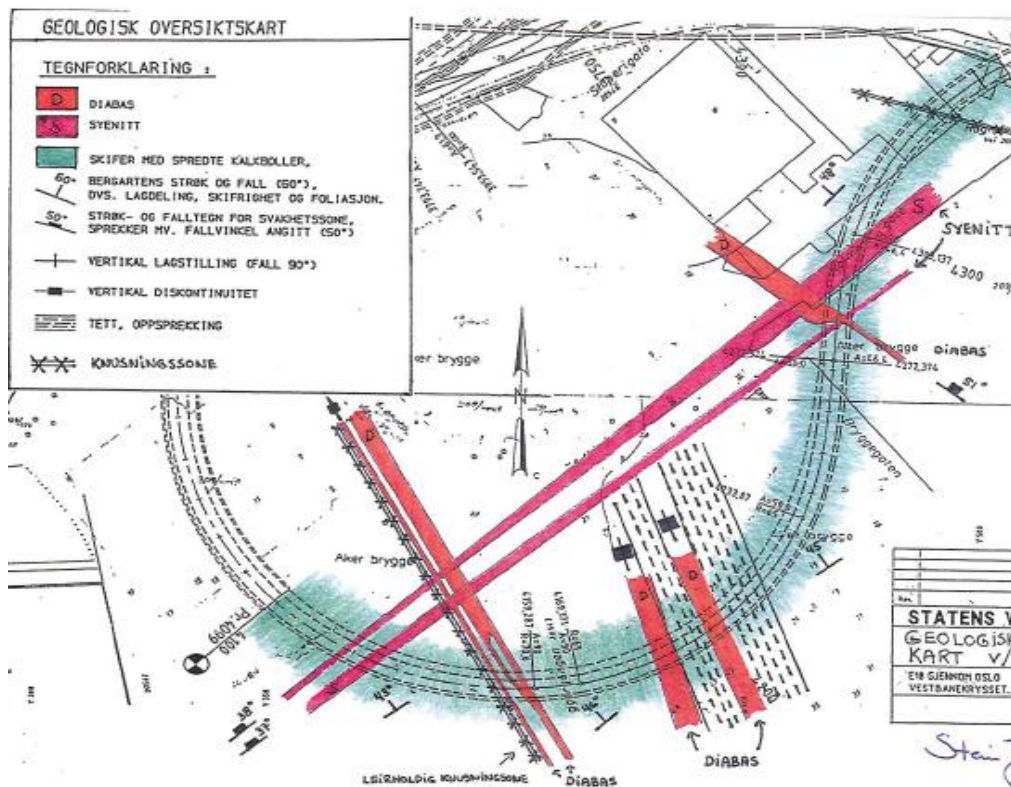
### 3.3 Geologi

Fjellet i området ble under bygging kartlagt etter Q-metoden og er grundig gjennomført. Den delen av rampene som ligger i fjell ligger i leirskifer og knollekalk. Fjellet har varierende kvalitet og blir hovedsakelig klassifisert som dårlig. Fjellet er gjennomskåret av flere intrusivganger som består av ulike bergarter som diabas, syenitt samt rombepomfyr. Disse lagene er vist på figurene nedenfor og har tykkelser på 10 cm til 11m. Begge fjelltunnelene ligger i sin helhet under grunnvannstanden i området. Over fjell er det til dels store løsmasser.

Den delen av rampene som ble bygget i byggegrop er dekket med fyllmasser av uvisst art og størrelse.



Figur 51 Geologi avrampe



Figur 52 Geologi pårampe

## 3.4 Andre konstruksjoner

### 3.4.1 NSB-Trase

NSB har et større verksted og lokstall område på Filipstad. I dette anlegget har det før gått togspor til Vestbanen. Disse sporene er fjernet og det er lagt et lokk over området. Dette arealet er i dag bebygget eller vei/grønt arealer. Under lokket er det i den vestligste delen et underjordisk garasjeanlegg.



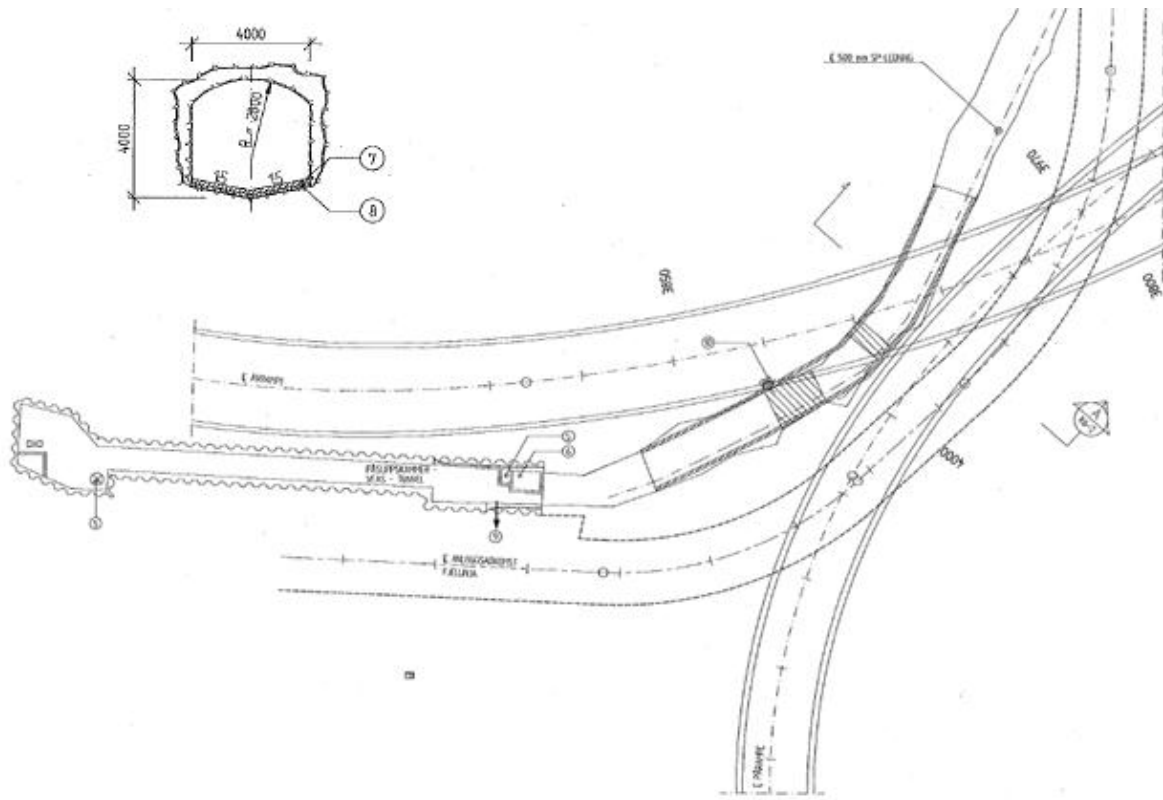
Figur 53 Historisk flyfoto fra 1984 (kart.finn.no)

### 3.4.2 OVA-Tunnel

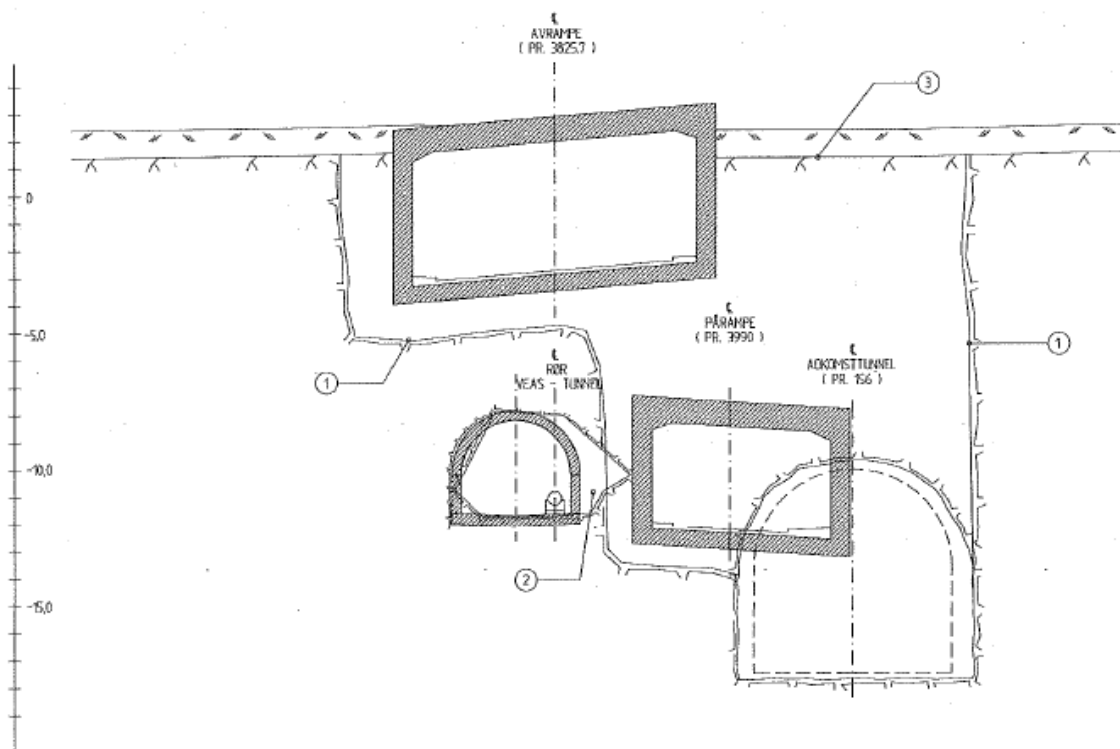
Vann- og avløpsetaten i Oslo har en hovedledning i området. Ledningen er bygget som en tunnel på med en profil på ca. 16m<sup>2</sup>. Tunnelen ble bygget før rampene og området som krysser rampene ble støpt ut under byggingen av rampene.

Det er tilgang til tunnelen igjennom en inspeksjonsluke samt to ledere. Tegninger fra byggingen av vestbanekrysset viser at tunnelen har utgang til den gamle anleggstunnelen til Festningstunnelen. Status på denne utgang vites ikke på nåværende tidspunkt.





Figur 54 OVA-tunnel beliggenhet og profil



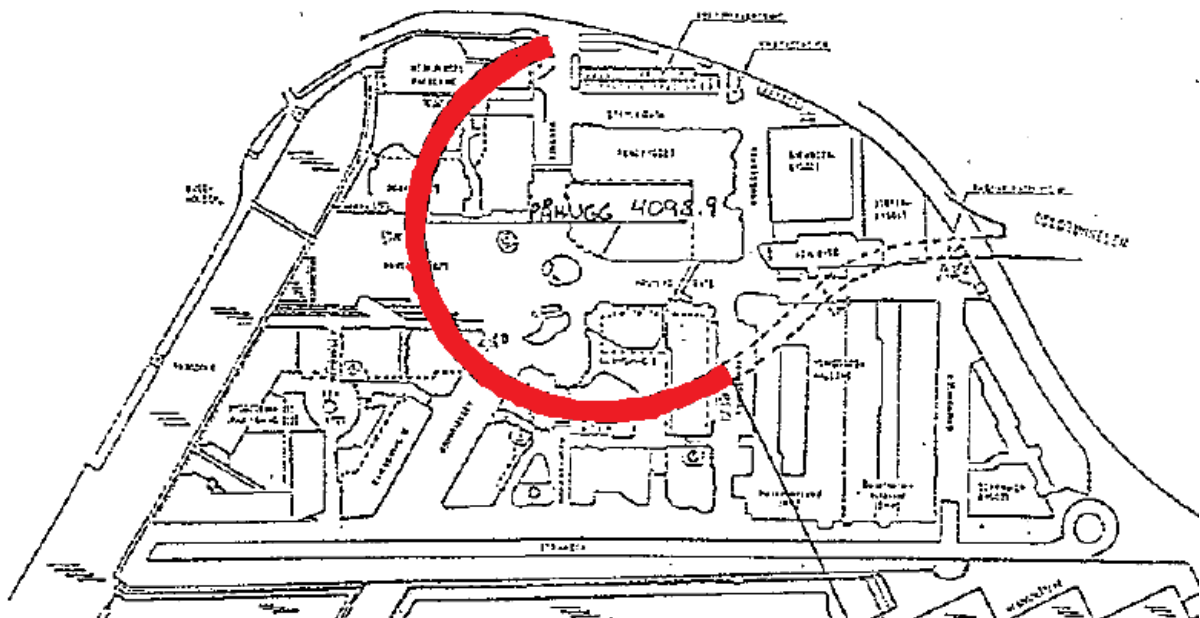
Figur 55 Tunnelenes beliggenhet

### 3.4.3 P-hus

Parkeringshuset på Aker Brygge drives i dag av Europark og er mye brukt av kunder til næringslivet på Aker brygge. Anlegget har rundt 1400 plasser og dekker store deler av grunnen under Aker Brygge.

For Vestbanekrysset ligger parkeringsanlegget over dagens pårampe. Det er antatt at anlegget ligger over pårampen fra profil 3990 til profil 4250. På overflaten vil dette være fra Sjøgata (Innkjøring til P-hus) til Bryggegata. Ved Sjøgata er det ingen overdekning til p-anlegget, ved Bryggegata er overdekningen på ca. 11m.

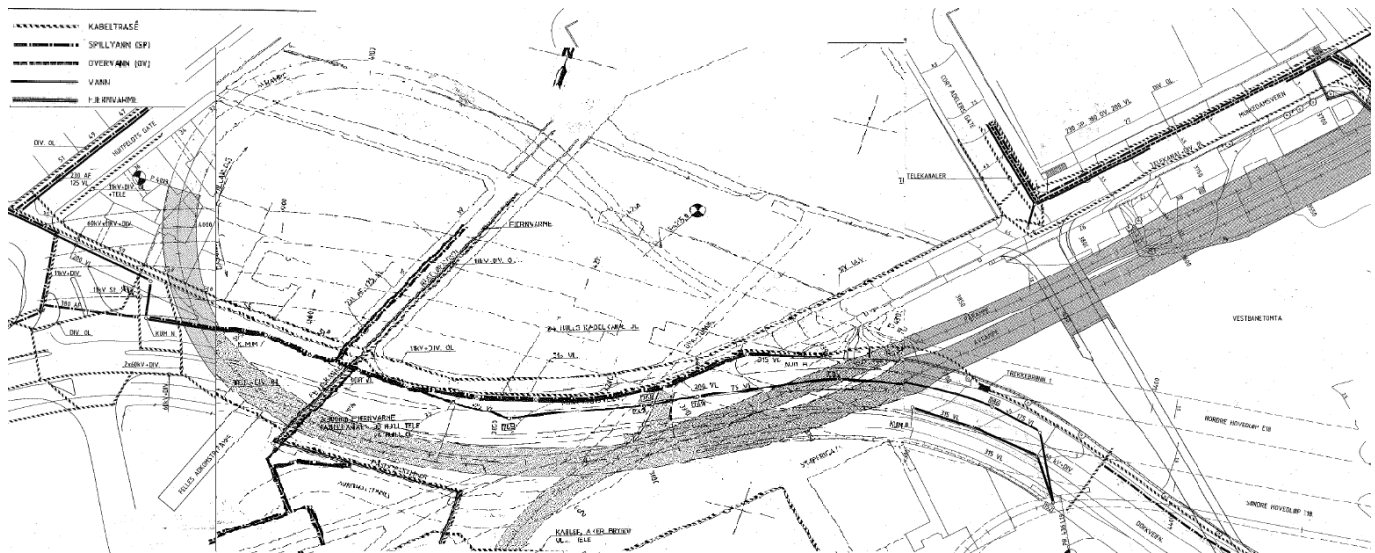
I de opprinnelige planene til Vestbanekrysset var det tenkt en direkte avkjøring fra rampene og inn i P-huset. Brannsimuleringer av anlegget viste at en slik løsning ville kunne gi mye røyk i parkeringsanlegget ved brann i tunnelene. Dette var et resultat som ikke kunne aksepteres og denne planen ble droppet.



Figur 56 Delen av pårampen som ligger under P-hus

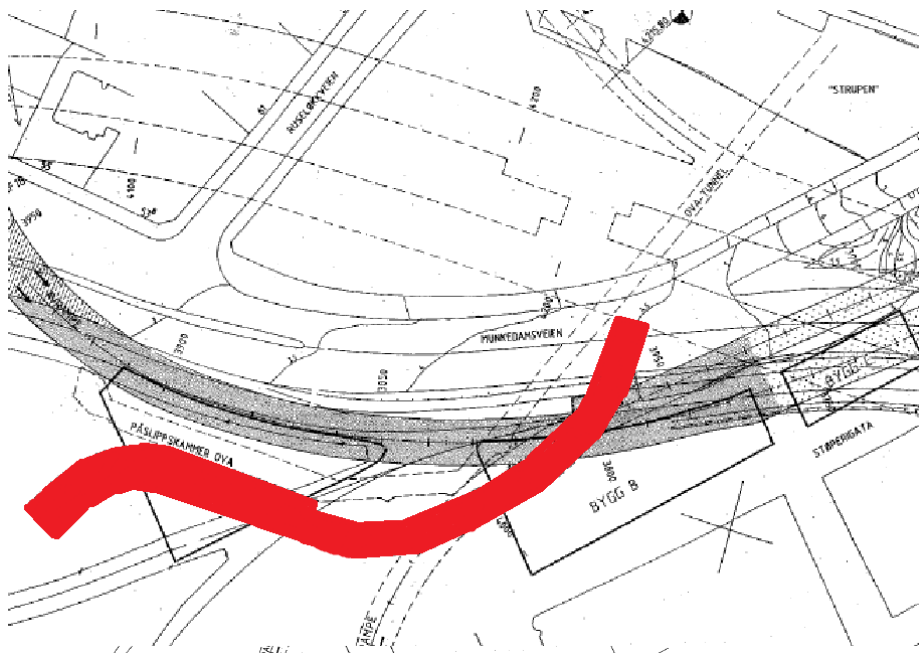
### 3.4.4 Annet

Under Munkedamsveien ligger det flere trekkerør og ledninger. Telenor har en hovedkabel langs veien. Disse konstruksjonene vil ikke kunne ha en stor innvirkning på en løsning siden en veien i seg selv er areal som ikke kan røres.



Figur 57 Kabler i området

Under bygging av Festningstunnelen ble det bygget en egen anleggstunnel. Tilstanden til denne tunnelen er ikke kjent. Deler av tunnelen er fylt igjen under bygging av Vestbanekrysset, dette er i områdene der rampene krysser eller er bygget i adkomsttunnelen. OVA-tunnelen i området har på sine tegninger markert en egen utgang til den gamle adkomsttunnelen(nåværende status er ikke kjent).



Figur 58 Gammel Anleggstunnel

## 4. Diskusjon

### 4.1 Lovverket

De mange forskjellige regelverkene tunnelsikkerheten må ta høyde for, gjør ukonvensjonelle løsninger for kompliserte å forsvare. Regelverkene har påbud og forbud som ikke baserer seg på alle gjeldende regelverk. Dette skaper situasjoner hvor løsninger kan være korrekte etter ett sett regler, men ikke etter et annet. NOU(2001) påpeker at regelverket er komplisert og ikke alltid samsvarer. Noe av grunnen til dette er at håndboka og plan- og bygningsloven primært er laget med tanke på nye konstruksjoner og ikke for oppgradering av sikkerhet av eksisterende konstruksjon.

Sikkerheten i norske tunneler som er bygd i den siste tiden er bedre enn for de eldre tunnelene vi har i Norge. Denne nivåøkningen har skjedd igjennom regelendringer (her særlig tunnelsikkerhetsforskriften) og driftserfaringer. Disse erfaringene brukes til bedre prosjektering av nye tunneler, mens erfaringene fra oppgraderingene uteblir.

Opgavens problemstilling retter seg mot mulighetene for rømningsveier i Vestbanekrysset.

Tunneldirektivets hovedkrav til rømningsveier er at avstanden mellom dem ikke skal overstige 500 m. Begge rampene er over 500 m med mellom 50-80 m og kravet er dermed i effekt. Dette kravet forsterkes ytterligere i håndbok 021. Vegdirektoratet har brukt sin rett til å fastsette strengere krav enn direktivet og har satt kravet til 250 m for de største tunnelklassene. Håndboken har for mindre tunneler ikke gjort kravet strengere enn direktivet. En kan påpeke at rampene i Vestbanekrysset er mindre tunneler enn det hovedløpet i Operatunnelen er. Sett som enkeltstående tunneler er rampene i en annen tunnelklasse og vil ha et annet sikkerhetskrav. Derimot setter håndboken krav til at ramper skal ha samme sikkerhetsnivå som hovedtunnelen. Av dette er det endelige kravet for rampene altså 250 m som gjelder for hovedløpet.

Det settes lite krav til utformingen av rømningsveiene i direktivet. En står dermed fritt til utformingen så lenge prinsippene til dem er bevart. Prinsippene til direktivet er at rømningsveiene skal føre personer fra brannstedet og ut i det fri. Dette kan gjøres med direkte utgang til det fri eller igjennom andre tunnellop. Prinsippet følger «alle ut» og tillater ikke rømningsveier som ikke fører ut til det fri. Håndboken har her samme krav til prinsipp og poengterer at rømningsveier også har den effekten at redningspersonell kan bruke dem for tilgang til tunnelen. Statens vegvesen har derimot satt opp flere detaljerte krav til utformingen. Dette er krav som setter et nivåkrav til brannmotstanden til byggematerialer og dører, men også krav til fast dekke og maksimal helningsgrad.

Håndbokens krav til maksimal helningsgrad skaper imidlertid et spørsmål om vertikal rømning da kun kan skje med bruk av ramper. Plan- og bygningsloven igjennom teknisk forskrift legger opp til bruk av

trapper ved rømning. Rampekravet til vegvesenet er klart rettet mot bruk av rullestol i rømningsveiene. Dette kravet kan derimot ikke bli sett som et strengere krav enn tunnelsikkerhetsforskriften ettersom forskriften ikke nevner et så detaljert krav. Som offentlig etat har Statens vegvesen et ansvar for oppfølging og etterstrebelse av universell utforming, og rampekravet kan ses i sammenheng med dette. På en annen side kan kravet være tenkt i den hensikt at alle høydeforskjeller dørkarmene har skal «elimineres» av bruk av ramper, og ikke trapp. Om dette er tilfellet vil det understreke regelverkets svakheter. Regelverket legger opp til tverrforbindelser som rømningsvei og tar ikke høyde for mer kompliserte løsninger. For et så kompleks løsning som en rømningsvei vil være i Vestbanekrysset må det kunne brukes trapp for å kunne rømme. Dette er den eneste måten å få kunne bevet seg vertikalt uten og at det krever alt for store arealer.

Et problem med bruk av trapp er at det ikke er en løsning som vil kunne brukes av alle i samfunnet. For å bevege seg vertikalt har teknisk forskrift krav om bruk av heis. Et problem med heis er at de ikke skal kunne brukes i nødsituasjoner. Sintef(2007) understreker dette allerede i tittelen «Alle inn = Alle ut», dette er ikke tilfellet i planleggingen av hverken boliger eller andre konstruksjoner i dag. Et rømningsstrategi som ikke lar disse personene reddes er et alternativ som ikke hører hjemme i dagens samfunn. Tillater myndighetene at alle personer skal kunne bruke en tunnel, skal også alle kunne evakuere tunnelen.

En mulig løsning er bruk av heis i tillegg til trapper. Både redningsheiser og rømningsheiser har vist seg å fungere under visse forutsetninger. En slik løsning er derimot avhengig av at heisen fungerer når den skal. Dette er noe man ikke kan være sikre på i det miljøet en vegtunnel er samt det vil kreve kostnader til drift. Et slikt system er avhengig av en klar plan på hvordan dette skal gjøres/betjenes. Når det viser seg at systemet fungerer best når heisen styres etter et gitt system og en person som vet hva han skal gjøre. En slik oppgave vil måtte lastes på VTS og øke deres arbeidsoppgaver ytterligere. Dagens prosedyrer er allerede krevende og en ekstra og mulig tidkrevende oppgave vil ikke være å anbefale.

En slik problemstilling er vanskelig å finne en perfekt løsning på med tanke på diskriminering og kost-nytte. En avgjørelse må støtte seg på hvilke prinsipper den bruker. En må først avgjøre om personene skal kunne ta seg selv til et trygt sted, eller om de skal kunne oppholde seg i et midlertidig trygt sted frem til personer fra nødetatene kan redde dem ut til sikkert sted. Et slikt «midlertidig» oppholdsrom vil kunne beskytte personer i en viss periode frem til de blir reddet. I Jernbanetunneler er dette en brukt metode, hvor de som kan ta seg selv ut av for eksempel en trapp, mens resten venter på redningspersonell. Det finnes også løsninger hvor alle venter i disse rommene frem til redningspersonell kommer og henter dem. Dette må ikke sammenlignes med «evakueringsrom» ettersom disse rommene har en vei ut til dagen.

En løsning med bruk av trapp sammen med «midlertidig» oppholdsrom må anses som den beste løsningen. Alle som kan bruke trappene kan ta seg selv ut til det fri, mens de resterende vil trygt kunne vente en gitt periode på å bli hjulpet av redningspersonell. Det må også tas med i betraktning at folk flest ville ha hjulpet en person som trenger hjelp i en slik situasjon, men det kan ikke legges opp til at dette skjer ved prosjektering av en løsning. Nyere prosjekter som Operatunnelen og Ormen Lange har rømningsveier hvor de bruker trapp uten noe form for heis. Det er heller ikke i denne rømningsveien definert noe midlertidig rom for rullestolbrukere.

Hvilke fysiske størrelser en rømningsvei skal ha er det ikke noen konkrete krav på. Teknisk forskrift krever at de skal tilstrekkelig bredde og høyde, mens håndbok 021 legger opp til bruk av tunnelprofiler i rømningsveier. Standard størrelser gjør det lettere å vurdere størrelsen på fjellarbeidene samt at løsningene er kjent for de involverte. I et slikt kompleks sted som Vestbanekrysset vil det være naturlig at dagens konstruksjoner styrer hva som er mulig å bygge.

Med et slikt regelverk er det viktig at prosjekteringen blir kontrollert av noen. NOU(2001) påpeker fordelene ved et frittstående tilsyn som kan kontrollere prosjekteringen. Dagens kontroll gjøres av de som bygger og drifter prosjektene og legger ikke opp til særlig kvalitetssikring.

## 4.2 Muligheter med dagens situasjon

I forhold til lovverket er begge rampene i Vestbanekrysset ikke på riktig nivå sikkerhetsmessig. Begge løpene er på over 500 meter og skulle etter sikkerhetsdirektivet og håndbok 021 hatt minst 1 rømningsvei. Ved realisering av planene om å bygge lokk over dagens daganlegg vil dette behovet bli enda større. Et slikt lokk kan/vil måtte bygges med en rømningsvei, men det vil ikke forbedre situasjonen lengre ned i rampene. For vestbanekrysset lar det seg vanskelig gjøre å få en rømningsmulighet mellom de to rampene. Dette på grunn av distansen mellom dem og kurvaturen.

Begge rampene har en meget ugunstig kurvatur både vertikalt og horisontalt, særlig på rampen. På grunnlag av statistikken vil en kunne si at dette er steder hvor det er en stor mulighet for en brann. Dette vises for øvrig i ulykkesstatistikken for rampene, hvor på rampen er klart sterkere belastet for ulykker.

Selv om avrampen synker mange høydemeteret på relativt kort strekning vil dette ikke typisk kunne utgjøre en større brannfare. Dette fordi nettopp den korte distansen typisk ikke vil kunne skape de store temperaturene i bremses eller resten av kjøretøyet. Tunge kjøretøy vil holde en såpass lav fart igjennom rampen at kjøretøyet ikke vil kunne få så høye temperaturer.

Avrampen har en bedre ulykkesstatistikk enn pårampen. Dette selv med høyere hastighet i avrampen siden man kommer rett fra hovedløpet. Noe av grunnen til dette kan være at det er to kjørefelt som gir folk mer rom å rette opp feil.

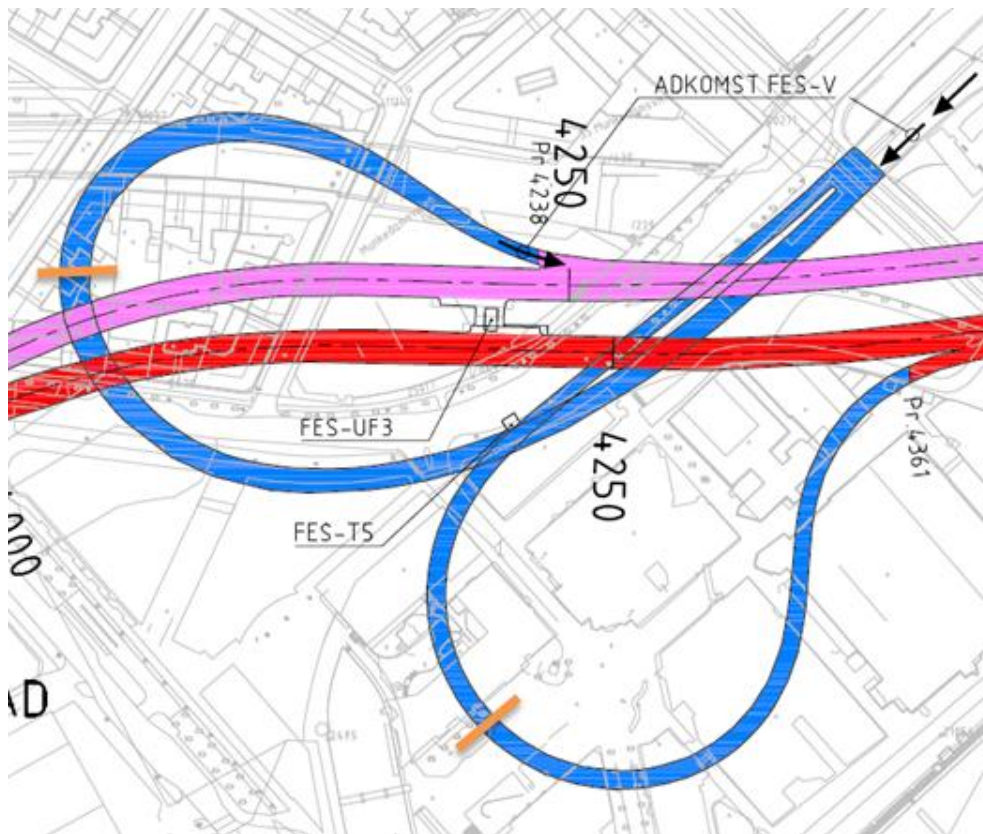
På en annen side er rampene del av et større tunnelsystem som har den høyeste trafikkmengden i Norge og dermed utgjør en brannrisiko. Sikkerhetsnivået burde og skal ifølge håndboken være på samme nivå som hovedløpene. Når Operatunnelen på nasjonal basis er den strekningen med høyest trafikk burde sikkerhetsnivået være på det høyeste nivået.

Ettersom rampene ikke ligger parallelt lar det seg vanskelig gjøre å bygge typiske tverrslag mellom dem. Dette fører til at det må lages en utradisjonell løsning for å kunne skape en rømningsvei. Så lenge forflytning mellom rampene blir vanskelig må de ses på andre måter å rømme på. Ettersom kravet til rømningsveier er at de skal føre ut til det fri vil en mulig løsning være å lage rømningsveier fra rampene og opp i dagen. Dette krever at overflaten ikke er bebygget og at det er mulig å komme opp til det fri. En løsning som vil innebære «evakueringsrom» (som Oslofjordtunnelen) vil ikke gi et sikkerhetsnivå som kan aksepteres. Dette begrunnes spesielt med forbud i tunnelsikkerhetsforskriften og den manglende sikkerheten dette viste seg å gi i Mont Blanc katastrofen.

Den største utfordringen ved dagens situasjon er at området over konstruksjonene flere steder er bebygget. Aker brygge er utbygget og har tillegg parkeringsanlegget under bakken. Deler av avrampen ligger under eldre bebyggelse langs Munkedamsveien og krever ekstra tiltak på grunn av bevaringsverdighet.

For å kunne finne områder for en rømningsløsning er det to faktorer som må legges til grunn:

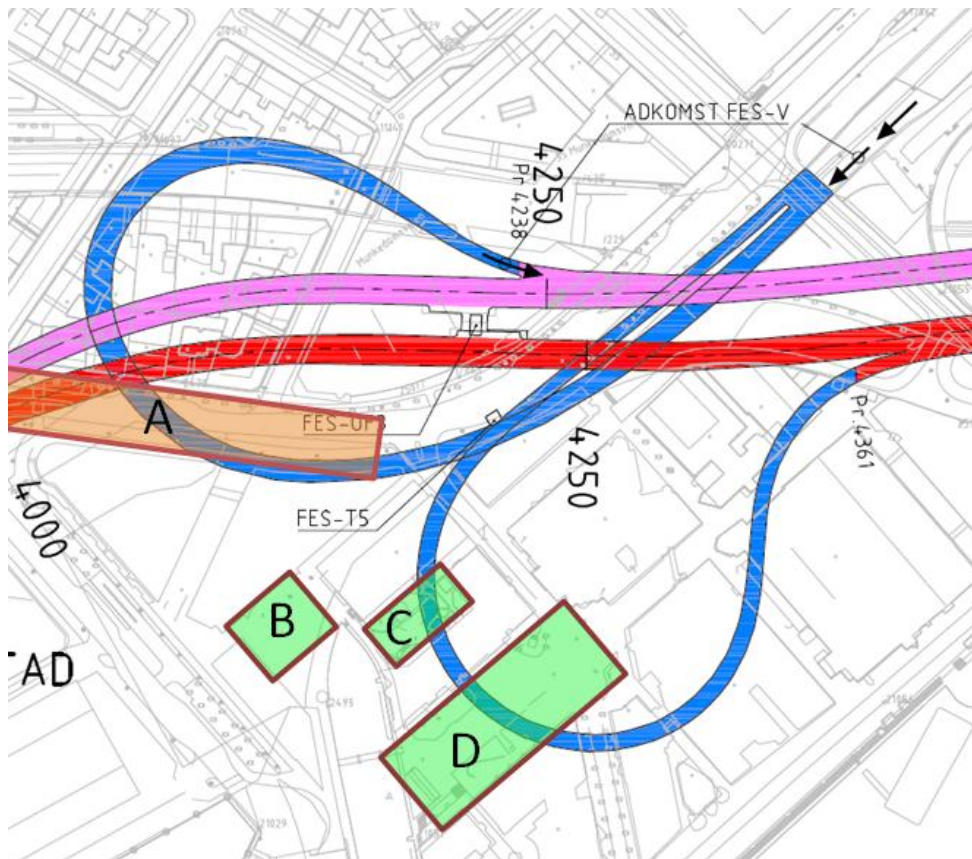
- Hvor er det fordelaktig/virkningsfullt å ha en rømningsvei?
- Hvilke områder er ikke bebygget og har mulighet for rømningsvei?



Figur 59 "Beste" plassering av rømningsvei

Figuren over viser med oransje den beste plasseringen av rømningsveier. Dette er midt i rampene og vil nesten oppfylle kravet med 250 m mellom rømningsveier.





Figur 60 Åpne områder

Figuren over viser de områdene som på terrengnivå ikke er utbygget og er mulige området for en vertikal rømningsløsning. Området A er i hovedsak areal som består av Munkedamsveien. Trafikk og Fjordtrikken planene gjør mulighetene for å beslaglegge areal i dette området som svært liten. Det vil derimot være en mulighet å få dette inn i planen om Fjordtrikken blir lagt i trase her. Et tiltak som består av en trappesjakt i dette området må kunne vurderes. Dagens trase har grøntarealer og tre kjørefelt pluss parkering. Dette gir en mulighet for et volum på bakkenivå.



Figur 61 Utsnitt Munkedamsveien ([maps.google.com](https://maps.google.com))

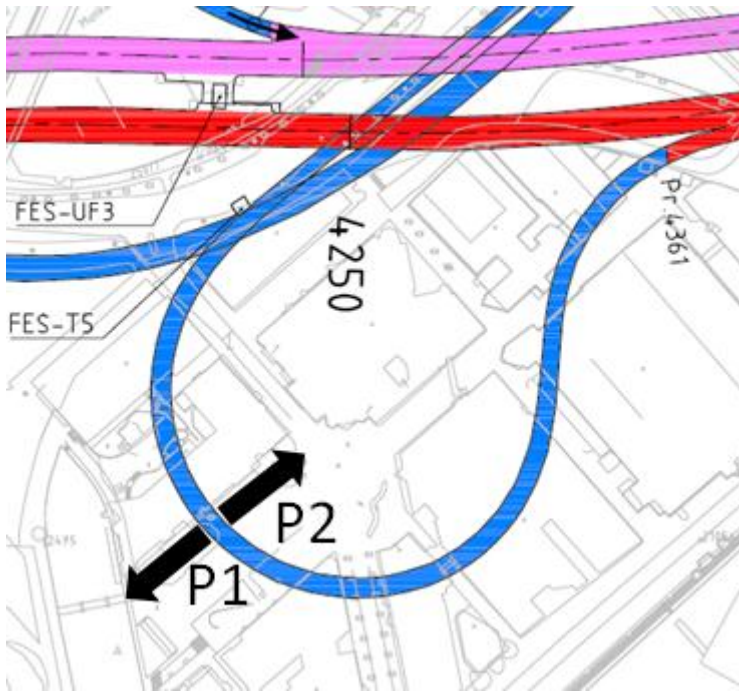
Område C har i dag utsmykninger og konstruksjoner og vil være et vanskelig sted å få aksept for å beslaglegge arealer. Derimot er områdene B og D helt åpne torg med mye areal. Område B er et vanskelig område å kunne nå fram til med en rømningstunnel. Dette på grunn av at det er bebyggelse over deler av området mellom tunnel og området, samt at fjorden ikke er langt ifra.

For pårampen virker område D helt klart som det beste området å utvikle en løsning for. Området ligger ved «den beste» plasseringen av en rømningsvei samt har store åpne arealer på bakkenivå. Et problem med dette området er det underliggende parkeringsanlegget. Å ta areal fra dagens parkeringsanlegg er en komplisert og lite ønsket løsning. En rømningsvei må derfor trekkes under og utenfor dagens anlegg.



Figur 62 flyfoto av område D(maps.google.com)

Flyfotoet viser område D som består av torg og uteareal til serveringsteder. På grunn av den usikre plasseringen av parkeringsanlegget vil en rømningsvei måtte trekkes godt ut mot vannkanten for å unngå konflikt med anlegget. Det er også viktig å bevare torget så åpent som mulig og dermed trekke en konstruksjon ut til kantene. Det røde området nærmest vannkanten er området som vil kunne være en plassering av en konstruksjon. Derimot er det markert med en ring på kartet parkeringshusets heis og trappesjakt. Denne sjakten gir muligheten for en konstruksjon som bruker denne sjakten som rømningsvei. En slik fellesløsning mellom parkeringshuset og tunnelen vil kreve gode avtaler på eierforhold og driftsansvar, samt må ikke tillate at personer kan ta seg inn i tunnelen gjennom p – huset. Denne løsningen vil gjøre minst/ingen inngrep på overflaten og kan dermed være lette å få aksept på av publikum.



Figur 63 Muligheter på rampen

For avrampen er det vanskeligere å finne et område på overflaten hvor en sjakt kan føres ned til rampen. Om en snur tankegangen fra å rømme opp og ut til det fri og heller rømmer ned og ut i det fri kan det derimot åpne seg nye muligheter. Avrampen ligger som tidligere forklart oppå Operatunnelen når de krysser hverandre. En mulighet er å lage en forbindelse mellom rampen og hovedløpene.



Figur 64 Muligheter avrampen

En slik løsning må først ha retningslinjer på hvilke løp en skal rømme til. Nærheten til begge hovedløpene gjør at det er mulig å koble seg mot begge løpene eller et enkelt. Et alternativ (Alt. 3)

som bygges imellom dagens to hovedløp vil kunne virke inn på dagens stabilitet på dagens hovedtunneler samt grunnfjellet. Dette er en situasjon man vil unngå og dermed burde utelukke.

Alle løsningene ved avrampen krever bygging under vanskelige forhold på grunn av refundamentering og bevaringsverdige bygg. Alternativ A2 vil føre de som rømmer fra avrampen og ned i vestgående løp i Operatunnelen. Dette er samme tunnellop som avrampen kommer fra. Dette er en uheldig løsning da det er en mulighet for at det er brann/røyk dit man kommer (rømmer i ring). Alternativ A1 vil derimot føre personer fra avrampen og ned i østgående løp og vil dermed følge samme prinsipp som et normalt tverrslag gjør. Overdekning og avstand til bebyggelse gjør det teoretisk mulig å kunne bygge en slik løsning med byggeprop. Alternativ A1 har mye til felles med alternativ A4, forskjellen i A4 er at rømning skjer oppover til et volum på terrengnivå.

**Tabell 7 A1 Positiv - Negativ**

A1	Positivt	Negativt
	Vil fungere som et tverrslag Vil fungere som rømningsvei for hovedtunnelen	Vanskelig byggeområde Bevaringsverdige hus Brann-/røykspredning til annet løp Ikke rett ut i det fri Rør og ledninger

**Tabell 8 A2 Positiv - Negativ**

A2	Positivt	Negativt
	Vil fungere som rømningsvei for hovedtunnelen	Rømning til samme tunnel løp Veldig vanskelig byggeområde Bevaringsverdige hus Ikke rett ut i det fri

**Tabell 9 A3 Positiv - Negativ**

A3	Positivt	Negativt
	Vil fungere som rømningsvei for hovedtunnelen Vil fungere som et tverrslag	Rømning til samme tunnel løp blir mulig Ødelegger stabilitet i fjellet Bevaringsverdige hus Brann-/røykspredning til annet løp Ikke rett ut i det fri

Tabell 10 A4 Positiv - Negativ

A4	Positivt	Negativt
	Ingen link til andre tunnellop	Bevaringsverdige hus
	Rett ut i det fri	Tar areal på bakkeplan Rør og ledninger

Tabell 11 P1 Positiv - Negativ

P1	Positivt	Negativt
	Rett ut i det fri	Komplisert konstruksjon
		Geologi
		Tar areal på bakkeplan

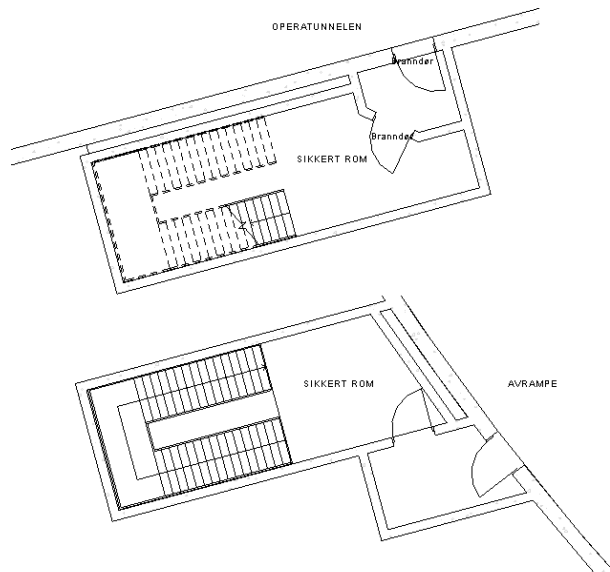
Tabell 12 P2 Positiv - Negativ

P2	Positivt	Negativt
	Rett ut i det fri	Komplisert konstruksjon
	Heis	Brann-/røykspredning til P-hus
	Tar ikke areal på bakkeplan	Personer kan ta seg inn i rampen fra P-hus
		Eierskap
		Driftsansvar
		Trapper/heis i daglig drift

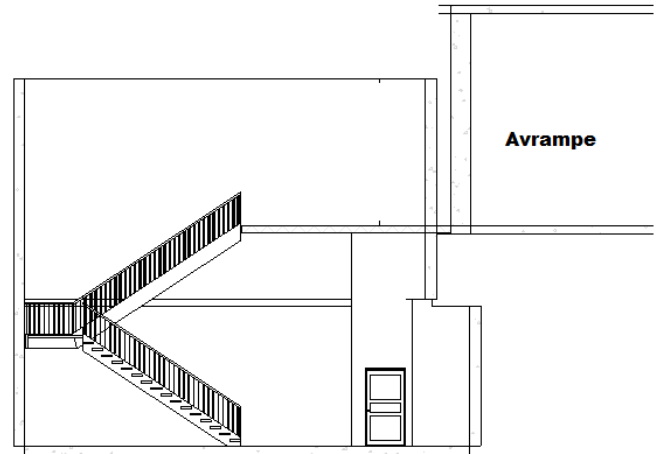
Av avrampens alternativer vil alternativ A1 og A4 være de mest hensiktsmessige ettersom de ikke har de samme negative konsekvensene de andre to har. For pårampen er alternativene mer likeverdige. Alternativ P2 vil derimot ikke gjøre krav på areal på overflaten og har dermed en fordel. Dette alternativet har den negative siden ved at dagens sjakt eies og brukes av noen andre. Alternativ P1 vil kunne kreve en vanskeligere byggeprosess ettersom konstruksjonen må nærme fjorden og muligens dårligere grunnforhold.

## 5. Løsninger

### 5.1 Alternativ A1



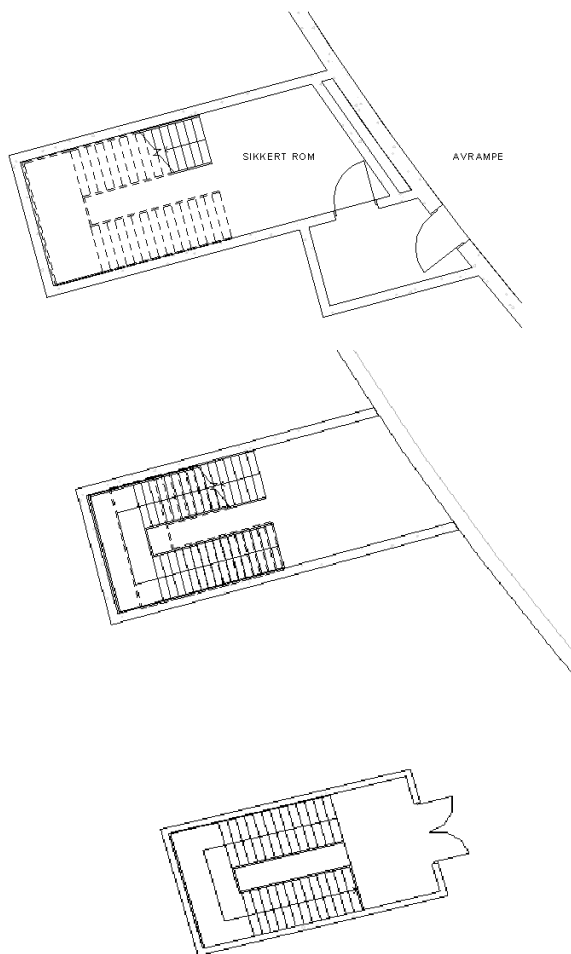
Figur 66 A1 Plan



Figur 65 A1 snitt

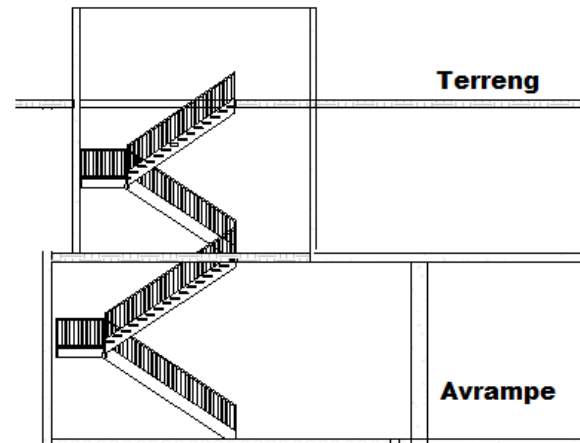
Alternativ A1 kobler avrampen sammen med østgående løp i Operatunnelen. I tillegg til å tilføre rampa en rømningsvei vil Operatunnelen få en rømningsmulighet til. Rømningsveiene er bygget med brede dører etter Håndbok 021 og sluse mellom tunnel og sikkert sted. Trappen er bred og med åpning i midten for føring av brannslanger og lignende.

## 5.2 Alternativ A4



Figur 67 A4 plan

dobbeltdører på terrengnivå. Denne døren må være sikret skikkelig slik at uvelkommende kan komme seg ned i tunnellopet.

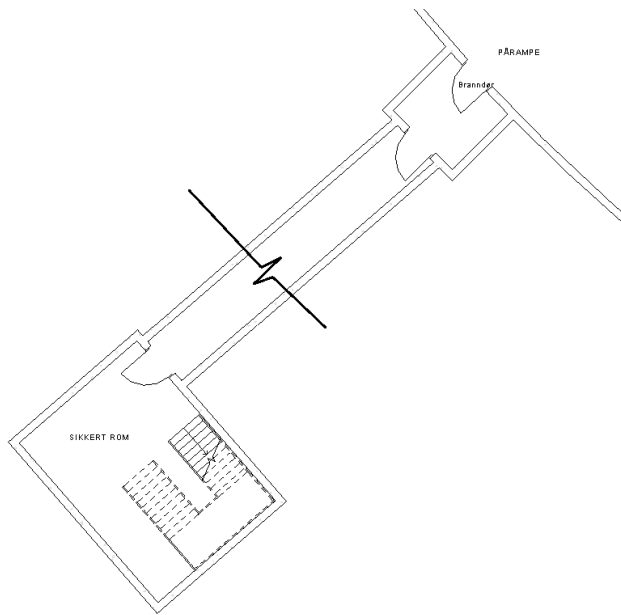


Figur 68 A4 snitt

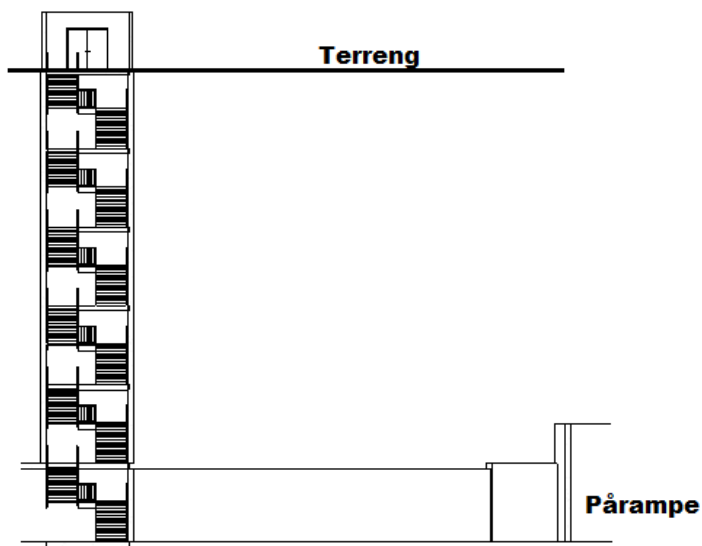
Alternativ A4 kobler avrampen sammen terrenget i Munkedamsveien. I Rømningsveiene er bygget med brede dører etter Håndbok 021 og sluse mellom tunnel og sikkert sted. Trappen er bred og med åpning i midten for føring av brannslanger og lignende. Volumet i terrenget kan bygges så lite som mulig for å ikke ta for mye plass. Tegningen viser



### 5.3 Alternativ P1



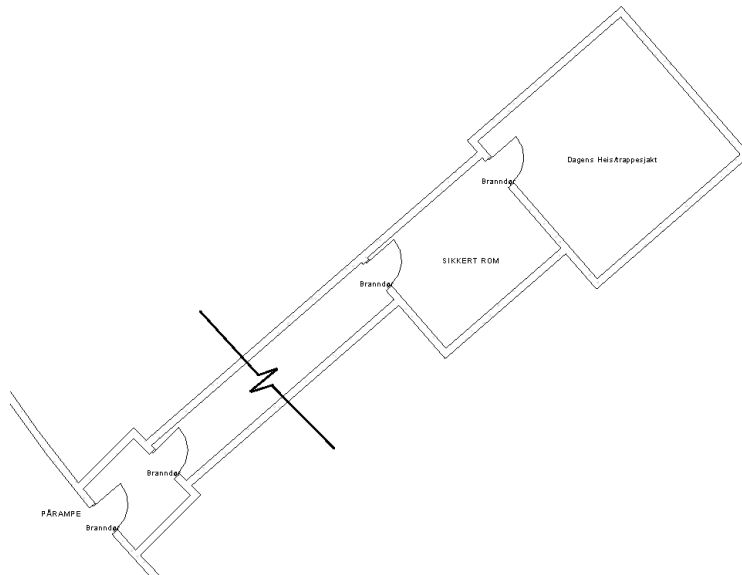
Figur 69 P1 plan



Figur 70 P1 snitt

Alternativ P1 kobler avrampen sammen terrenget på torget på Aker brygge. Rømningsveiene er bygget med brede dører etter Håndbok 021 og sluse mellom tunnel og sikkert sted. Trappen er bred og med åpning i midten for føring av brannslanger og lignende. Volumet i terreng kan bygges så lite som mulig for å ikke ta for mye plass. Tegningen viser dobbeltdører på terrengnivå. Denne døren må være sikret skikkelig slik at uvelkommende ikke kan komme seg ned i tunnellopet.

## 5.4 Alternativ P2



Figur 71 P2 plan

Alternativ P2 kobler avrampen sammen terrenget på Aker brygge. Rømningsveiene er bygget med brede dører etter Håndbok 021 og sluse mellom tunnel og sikkert sted. Dette alternativet kobler seg på trappeløp og heissjakt til parkeringshuset. Hvordan denne trapp/heisløsningen kan bli konstruert avhenger mye av dagens situasjon og enighet mellom partene. Det er viktig at det sikres mot at brann og røyk kan spre seg til parkeringsområdene og at personer ikke kan ta seg fra parkeringshuset og ned i rampen.

## 6. Konklusjon

Ettersom Norge har et høyt antall vegtunneler og har vedtatt tunnelsikkerhetsdirektivet er det viktig at våre tidligere tunneler blir løftet opp på et sikkerhets nivå vi kan tolerere. Som etat kan ikke Statens vegvesen tolerere at tunneler har en høy risiko på grunn av dårlige rømningsforhold.

Vestbanekrysset er ikke noe unntak til direktivets krav og har et behov for etablering av rømningsveier. Dette behovet er prekært da rampene i Vestbanekrysset er meget lange og har en kurvatur som ikke gir rom for feil.

Direktivet krever at det skal vurderes om rømningsveier er gjennomførbart og virkningsfullt. Av teorien vil en kunne si at en etablering av rømningsvei vil gi mulighet for raskere rømming fra rampene. Dagens situasjon gjør derimot gjennomførbarheten til ulike løsninger vanskelig. Løsningene som er lagt frem burde alle være gjennomførbare, men om det er økonomisk gjennomførbart er for tidlig å si.

Av løsningene som er lagt frem er alternativ A4 og P2 de løsningene som ville kunne gitt best resultat. Dette begrunnes i at disse burde la seg gjennomføre og vil gi en sikker og trygg rømningsmulighet for de involverte.

## 7. Videre arbeid

Som videre arbeid til sikkerhetsproblematikken i Vestbanekrysset burde det ses nærmere på mer detaljert informasjon for dagens situasjon. Særlig parkeringshusets beliggenhet og tekniske status.

For videre planlegging av Vestbanetomten må det tidlig settes krav til etablering av tverrslag mellom rampene.

Teorien viser at folk flest ikke vet hva de skal gjøre ved brann i en tunnel, samt at forsøk viser at jo fortere man reagerer og evakuerer jo bedre er sjansene for å overleve. Dette burde være nok grunnlag til å innføre dette som pensum i førerkortopplæringen.

Dagens regelverk er uoversiktlig og vanskelig å kunne følge uten å ty til dispensasjoner. Statens vegvesen burde løse dette ved å gjøre håndbok 021 til ledende som regelverk. Dette må gjøres med å ta hele sikkerhetsdirektivet inn i håndboka og sette føringene opp mot andre gjeldende lover i Norge (Plan- og bygningsloven, Teknisk forskrift)

## 8. Litteratur

Ardenmark , Joakim (1999). Lund Tekniska Högskola. Utrymning med hjälp av brandhissar. Report 5041

European Commission(2001). White Paper – European transport policy for 2010: time to decide. ISBN 92-894-0341-1

Håndbok 021 (2010). Statens vegvesens normaler: Vegtunneler

IF(2009). Nyhetsartikkel: Flere redd for tunneler(3. juli 2009)

<http://www.if.no/web/no/om/sistenytt/pages/flerereddfortunneler.aspx> hentet ut 28.04.2012

Nordconsult (2008). Lørentunnelen – Rømning ved brann – Simulert scenarie med stillestående kø

Nordconsult (2008b). Festningstunnelen, Bjørvikatunnelen – Styring av ventilasjon ved brann

NOU(2000). Norges offentlige utredninger. Nou 2000: 24 Et sårbart samfunn

Nussbaumer Cornelia. (2007).Australian Roan Safety Board. Comparative analysis of safety in tunnels

Oslo commune: <http://www.prosjekt-fjordbyen.oslo.kommune.no/>

Peter, Frank (Ukjent dato): The causes effects & control of real tunnel fires

Sintef (2003) Adferd ved evakuering av vegtunneler – litteraturstudium. Sintef rapport STF22 A03302

Sintef (2007) Universell utforming av byggverk og brannsikkerhet

- Del 1: «Bygg for alle» - Lik brannsikkerhet for alle? NBL A07101
- Del 2: «Alle inn» - «alle ut ved brann?» NBL A07125

Sintef (2006) Risikovurdering av farlig gods I Strømsåstunnelen og Bragernestunnelen. Sintefrapport: STF50 A06015

Sintef (2009). Vurderinger E39 Rogfast – Trygghet, monotoni og sikkerhet i krisesituasjoner og ved normal ferdsel. Sintef rapport STF50 A06109

Statens Vegvesen(1997). Bussbrannen i Ekeberg tunnelen 21.8.1996

Statens Vegvesen (2009). Studies on Norwegian Road Tunnels II – An analysis on traffic accidents in road tunnels 2001-2006. TS4-2009

TØI (2011). Transportøkonomisk institutt. Adferd i vegtunneler under normale forhold og i kritiske situasjoner – en litteraturstudie. TØI rapport 2228/2011

TØI (2012). Transportøkonomisk institutt. Kartlegging av kjøretøybranner i norske vegtunneler 2008-2011. TØI rapport 1205/2012

UNECE(2001) United Nations economic commission for Europe: recommendations of the group of experts on safety in road tunnels – Final report. Trans/Ac.7/9

UPTUN (2003) Europeisk samarbeidsprosjekt (UPgrading TUNels): Human behavior in tunnel accidents and incidents: End-users, operators and response teams

Grunnleggende kilde som det ikke er direkte henvisning til:

Statens vegvesen (1992), E18 Vestbanekrysset Sluttrapport

- Daganlegg del I – Refundamentering av Munkedamsveien 55B og 59B
- Daganlegg del II Betongkylverter. Ramper og bruer
- Fjelltunneler – teknisk sluttrapport
- Tekniske anlegg

### **Firgulliste:**

Figur 1 Vestbanekrysset .....	1
Figur 2 Ødeleggelsene etter brannen i Mont Blanc(tunneltalk.com) .....	3
Figur 3 Ødeleggelsene i Tauern (www.Landroverclub.net) .....	4
Figur 4 Ulykkesansynlighet per million kilometer (Nussbaumer 2007).....	6
Figur 5 Ulykkestype i de forskjellige sonene (Nussbaumer 2007) .....	6
Figur 6 Årsaken til tunnelbranner og kjøretøytype(TØI, 2012) .....	7
Figur 7 Bilde fra St. Gothard brannen (piarc.org) .....	7
Figur 8 Brannlaster i kjøretøy (UNECE, 2001).....	9
Figur 9 Plan for tverrforbindelser og havarinisjer(Håndbok 021).....	10
Figur 10 Faser i rømningstid (Byggforsk 520.385).....	11
Figur 11 Ganghastighet i røyk (Norconsult 2008).....	13
Figur 12 Eksempel på simulering av røykfront vs person (Norconsult 2008) .....	13
Figur 13 Faktorer i tunnelsikkerhet(UNECE, 2001) .....	17
Figur 14 Tunnelklasser (Håndbok 021).....	21
Figur 15 Profil 5,5 (Håndbok 021)      Figur 16 profil T4 (Håndbok 021).....	22
Figur 17 Plan-rømningsvei .....	30
Figur 18 Snitt rømningsvei Bjørvikatunnelen .....	30
Figur 19 Profil Bragernestunnelen .....	30
Figur 20 Rømningstunnel Bragernestunnelen .....	30
Figur 21 Planlagte rømningsveier i Westmetro(www.lansimetro.fi) .....	31
Figur 22 Evakueringsrom Oslofjordtunnelen.....	31

Figur 23 Plan evakueringsrom .....	31
Figur 24 Operatunnelen.....	32
Figur 25 Vestbanekrysset .....	33
Figur 26 Refundamentering.....	34
Figur 27 Snitt av refundamenteringen av Munkedamsveien.....	34
Figur 28 Prinsipp for refundamenteringen i Munkedamsveien.....	34
Figur 29 Typisk snitt betongtunnel pårampe.....	35
Figur 30 Typisk snitt betongtunnel avrampe.....	35
Figur 31 Typisk snitt Fjelltunnel pårampe .....	36
Figur 32 Vertikalprofil avrampe.....	37
Figur 33 Vertikalprofil pårampe.....	37
Figur 34 utsnitt fra innsatskortet for Operatunnelen .....	38
Figur 35 Viftekapasitet Vestbanekrysset.....	39
Figur 36 Ventilasjonsplan .....	39
Figur 37 Trafikkulykker .....	40
Figur 38 Rampenes beliggenhet i forhold til eiendommer (www.dsb.no) .....	41
Figur 39 Rampenes beliggenhet i forhold til bygninger.....	42
Figur 40 Gult området viser areal som ikke er bebygd(gate/torg) (Seeiendom.no) .....	42
Figur 41 Bygningenes langs sørsiden av Munkedamsveien sin plassering iforhold til rampene .....	43
Figur 42 Arealbruk i området ( Oslo kommune).....	43
Figur 43 Bygningstyper(Oslo kommune).....	44
Figur 44 Fjordbyen: Orange: Ferdig utbygget, Gult: Under utbygging (Oslo kommune) .....	44
Figur 45 Fjordbyens planområde(Oslo kommune) .....	45
Figur 46 Planforslag(Oslo Kommune) .....	45
Figur 47 Eiendomsforhold Vestbanetomten (Statsbygg.no) .....	46
Figur 48 Alternative tunneltraser Oslotunnel(jernbaneverket.no).....	46
Figur 49 Fjordtrikkens alternative ruter SWECO .....	47
Figur 50 Byantikvarens gulliste(Oslo kommune) .....	47
Figur 51 Geologi avrampe.....	48
Figur 52 Geologi pårampe.....	48
Figur 53Historisk flyfoto fra 1984 (kart.finn.no) .....	49
Figur 54 OVA-tunnel beliggenhet og profil.....	50
Figur 55 Tunnelenes beliggenhet .....	50
Figur 56 Delen av pårampen som ligger under P-hus .....	51
Figur 57 Kabler i området .....	52
Figur 58 Gammel Anleggstunnel .....	52
Figur 59 "Beste" plassering av rømningsvei .....	57
Figur 60 Åpne områder .....	58
Figur 61 Utsnitt Munkedamsveien (maps.google.com) .....	59
Figur 62 flyfoto av område D(maps.google.com) .....	60
Figur 63 Muligheter pårampen.....	61
Figur 64 Muligheter avrampen.....	61
Figur 65 A1 snitt.....	64
Figur 66 A1 Plan .....	64
Figur 67 A4 plan.....	65
Figur 68 A4 snitt.....	65
Figur 69 P1 plan .....	66
Figur 70 P1 snitt .....	66

Figur 71 P2 plan .....	67
------------------------	----

**\*Der kilde ikke er gitt er figuren tatt fra Statens vegvesens eget arkiv.**

**Tabelliste:**

Tabell 2 Brannlaster i ulike kjøretøy (UNECE, 2001) .....	8
Tabell 3 punkt 4.7 i håndbok 021 .....	22
Tabell 4 Krav til utforming av nødutganger. Punkt 4.7 Håndbok 021 .....	23
Tabell 5 Tiltak for å oppfylle krav til minimums sikkerhetsnivå (Håndbok 021).....	24
Tabell 6 Antatt tall på funksjonshemninger .....	28
Tabell 7 Lengder på rampene .....	33
Tabell 8 A1 Positiv - Negativ .....	62
Tabell 9 A2 Positiv - Negativ .....	62
Tabell 10 A3 Positiv - Negativ .....	62
Tabell 11 A4 Positiv - Negativ .....	63
Tabell 12 P1 Positiv - Negativ .....	63
Tabell 13 P2 Positiv - Negativ .....	63

## 9. Vedlegg

Tegninger

Innsatskort

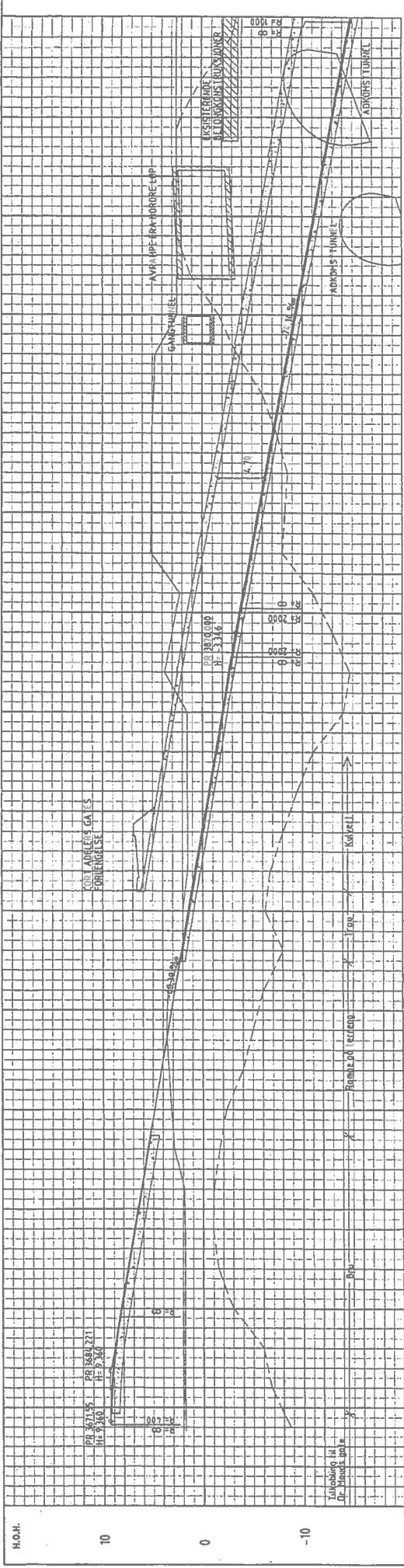




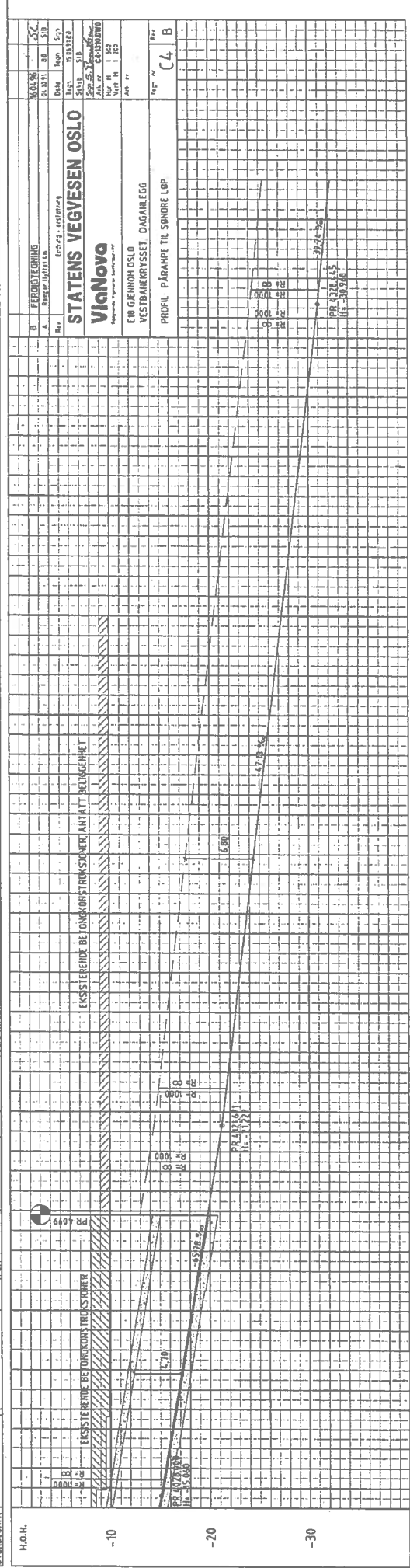


B	FERDIGTEGNING	18.05.98	22
A	UTDRAG AV PROJEKTSKISSE	18.05.98	115
Rev.		18.05.98	115
STATENS VEGVESEN OSLO			
VicoNova			
ESB GRENHO OSLO			
VESTLÅNTERVEISET, DAGARLEGG			
PLAN			

Rev. B  
C2



PROFIL NR.	3700	3750	3800	3850	3900	3950	4000
HOR. KURV.	Re=CD	Re=500	Re=500	Re=500	Re=CD	Re=1000	Re=61
BREDEUTV.							
TVERRFALL (1x=1,4mm)		3%	3%	6,3%	3%	3%	0,7%
H.hj.b.k.		66 CH					
V.hj.b.k.							
PROFIL H.							
TERRENG H.							
ØVERBEDELT.	ILCH	15 CH					



PROFIL NR.	4050	4100	4150	4200	4250	4300	4350	4400
HOR. KURV.	Re=70	Re=70	Re=50	Re=65	Re=50	Re=70	Re=70	Re=70
BREDEUTV.								
TVERRFALL (1x=1,4mm)		0,7%	0,7%	10,7%	10,7%	10,7%	10,7%	10,7%
H.hj.b.k.								
V.hj.b.k.								
PROFIL H.								
TERRENG H.								
ØVERBEDELT.	15 CH							

**B** FERDTEGNING  
A. Bæretur til Oslo

**STATENS VEGVESEN OSLO**  
**ViaNova**  
E16 GIENNH OSLO  
VESTBANKRYSSET DAGANLEGG  
PROFIL - PARAMPET TIL SMØRE LØP

B.L. 100/96  
01.10.11 00 578  
Dato 16.08.57  
11.12. 0 13.10.2  
Saksn. 518  
Saksn. 518  
Ved H. 1 255  
Ved H. 1 255

1:1000  
1:2000  
1:5000  
1:10000  
1:20000  
1:50000

Fig. nr. C 4 B



# INNSATSKORT for Operatunnelen

## Del: E18 Festningstunnelen

Vegtrafikksentralen (VTS)  
**23 23 78 65**

Ved behov kan det opprettes  
kommandoplass i VTS

VTS kan:

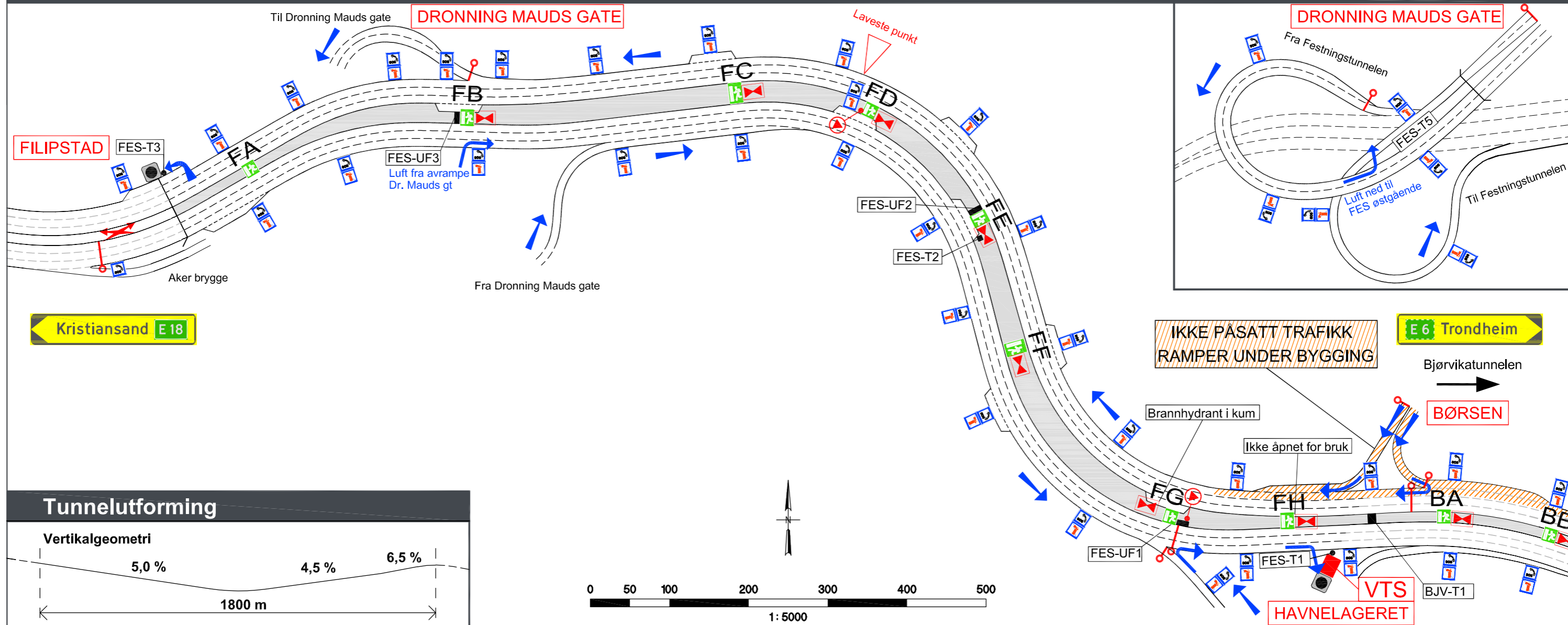
- stenge tunneløp
- stenge kjørefelt
- styre ventilasjon
- styre belysning
- gi meldinger til trafikanter i tunnelen på FM-kanalen P1 (innsnakk fra VTS)

VTS får automatisk melding om:

- hendelser via ITV/hendelsesdetektering
- hvilke brannskap som er benyttet
- hvilke nødtelefoner som er i bruk
- gassnivå er over tillatt grense (CO/NO<sub>x</sub>)
- detektering av olje og høyt vannivå i pumpestasjon

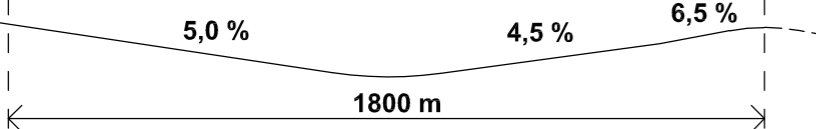
Innsatssteder:

- FILIPSTAD
- DRONNING MAUDS GATE
- HAVNELAGERET
- BØRSEN



### Tunnelutforming

Vertikalgeometri



### Tegnforklaring

- |  |   |
|--|---|
| Rømningsveg  | Stengepunkt m/bom                       |
| Nødstasjon<br>- 1-2 brannslukkere mellom hver nødstasjon | Driftsåpning                            |
| Teknisk rom  | Ventilasjonstårn (luftavkast)           |
| Brannhydrant   | Ventilasjonsretning (normalventilasjon) |
| Pumpestasjon   |   |

### Generell informasjon

**Rømning:**

**Samband:**

**Innsnakkmuligheter:**

**Mobiltelefonforhold:**

**Brannhydrant:**

**Pumper:**

Skjer gjennom rømningsveger eller ut portal

Nødnett og VHF

Fra VTS

Ja

I eller ved rømningsveger, 7 stk.

Ved forurensede utslipp på vegbanen skal  
VTS-operatør stoppe pumpene



Statens vegvesen

14.09.2010