

Risikoanalyse av jernbanekulvert ved Oslo Lufthavn Gardermoen



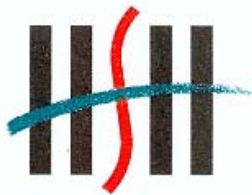
Hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund - Avd. for ingeniørfag

Studieretning : Brannsikkerhet/HMS

Av : Granli, Arild
Striby, Gjertrud
Viskjer, Olav

Haugesund

2002

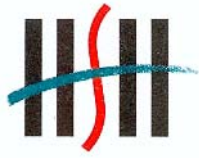


Høgskolen Stord/Haugesund
Avdeling for ingeniørfag
Bjørnsonsgt. 45
5528 HAUGESUND
Tlf. nr. 52 70 26 00
Faks nr. 52 70 26 01

Oppgavens tittel		Rapportnummer
Risikoanalyse av jernbanekulvert ved Oslo Lufthavn Gardermoen		
Utført av		
Arild Granli, Gjertrud Striby og Olav Viskjer		
Linje		Studieretning
Sikkerhet		Brann og HMS
Gradering	Innlevert Dato	Veileder ved HSH
Åpen	03.05.2002	Bjarne Chr. Hagen
Oppdragsgiver		Kontaktperson hos oppdragsgiver
OSL Brann og redningsavdeling		Anders Sandbakken

Ekstrakt

I den senere tid er det i media blitt fokusert mye på ulykker i tunneler. Formålet med oppgaven er å gjennomføre en risikoanalyse av jernbanekulvert ved Oslo Lufthavn Gardermoen (OSL). Problemstillingen som hovedsaklig blir behandlet i oppgaven, er analyser av risikofaktorer med påfølgende hendelsestreanalyser. Her er det sett på faktorer som spiller inn før, under og etter en ulykke, og til slutt tiltak som kan iverksettes for å forebygge at slike ulykker skjer igjen. Rapporten bygger på litteraturstudier, befaringer i kulvert og granskning av tidligere ulykker. Risikoanalysen skal danne grunnlag for beredskapsanalyser og revisjon av beredskapsplanen for kulvert. Hendelsene som inkluderes i risikoanalysen er begrenset til å omfatte beredskapen til Brann- og Redningsavdeling ved OSL.



HØGSKOLEN STORD/HAUGESUND

HOVEDPROSJEKT

Studenten(e)s navn : Granli, Arild
Striby, Gjertrud
Viskjer, Olav

Linje og studieretning : Sikkerhet, Brann og HMS

Oppgavens tittel: Risikoanalyse av jernbanekulvert ved Oslo Lufthavn Gardermoen

Oppgavens tekst: Formålet med oppgaven er å gjennomføre en risikoanalyse av jernbanekulverten ved Oslo Lufthavn Gardermoen. Risikoanalysen skal danne grunnlaget for beredskapsanalyser og revisjoner av beredskapsplanen for kulverten. Hendelsene som inkluderes i risikoanalysen er derfor begrenset til større hendelser som omfatter beredskapen til Brann- og redningsavdelingen ved flyplassen.

Endelig oppgave gitt: Mars 2002

Oppgaven skal leveres innen: 03.mai 2002 kl.12:00

Intern veileder : Hagen, Bjarne Chr.

Ekstern veileder : Sandbakken, Anders; OSL Brann og redningsavdeling
Lindvik, Per Arne; ResQ

Godkjent av Studieleder :
(dato & signatur)

Anna K. Rasmussen

FORORD

Hovedprosjektet ved Høgskolen Stord/Haugesund utgjør den avsluttende delen av ingeniørutdanningen.

Hensikten med oppgaven er at studentene skal få utøvd faglig kunnskap og ferdigheter fra flere fagområder i studiet. Den skal også gi studentene trening i å arbeide selvstendig med en oppgave, fra planlegging til endelig rapport og presentasjon.

Valg av prosjektoppgave hadde utgangspunkt i en henvendelse fra Brann- og Redningsavdelingen ved Oslo Lufthavn Gardermoen (OSL). Forespørselen var en risikoanalyse av jernbanekulvert ved Gardermoen.

Mange alvorlige ulykker i forbindelse med jernbanetrafikk har de senere år økt interessen for sikkerhet i tunneler, både hos myndigheter og publikum. Vi syntes at oppgaven virket interessant fordi det ikke var utført noen risikoanalyse av denne kulverten.

Vi har valgt å presentere oppgaven med minst mulig bruk av farger med tanke på størrelsen på dokumentet og eventuelle kopier av oppgaven. I den forbindelse har vi laget et eget kapittel for presentasjon av bilder.

Prosjektet har tilegnet oss viktig erfaring i hvordan en utfører risikoanalyser, og vi håper at arbeidet vi har lagt ned vil danne et grunnlag for senere beredskapsanalyser og revisjoner av beredskapsplaner.

Vi vil til slutt rette en spesiell takk til de som har hjulpet til i arbeidet med oppgaven:

Sven Granhaug fra Jernbaneverket var alltid hjelpsom og gjorde arbeidet vårt lettere.

Alf Reidar Nilsen og Stefan Andersson ved HSH for god veiledning.

Asle Martinsen fra Flytoget og Øyvind Gurholt i Jernbaneverket som var behjelpelig med svar på spørsmål som dukket opp underveis.

Og sist, men ikke minst, retter vi en stor takk til veilederne våre Anders Sandbakken (OSL), Bjarne Chr. Hagen (HSH) og Per Arne Lindvik (ResQ), som har støttet oss gjennom hele prosessen.

Haugesund 03.05.2002

Arild Granli

Gjertrud Striby

Olav Viskjer

SAMMENDRAG

Samfunnet har i den senere tid vært vitne til flere store togulykker, deriblant i Norge og Egypt. Tallet på antall drepte og skadde har vært høyt, og i den forbindelse er det rettet større fokus på sikkerhet i tog og tunneler. Ved granskning av disse ulykkene har det blitt avdekket klare problemer i forbindelse med evakuering og redningsinnsats i tunneler.

Oppgaven tar for seg en risikoanalyse av jernbanekulvert ved Oslo Lufthavn Gardermoen (OSL). En kulvert er en kunstig bygget tunnel, og på Gardermoen er denne utført i betong.

Grovanalysen bygger på Norges Byggstandardiseringsråds Risikoanalyse av tunneler og underjordiske anlegg for T-bane og jernbane, en veiledning til Norsk standard 3901. Analysen danner grunnlaget for videre beredskapsanalyser og revidering av beredskapsplan for Brann- og Redningsavdelingen ved OSL.

Med bakgrunn i det store antall mennesker som benytter seg av transporttilbudet, er kulverten en av Norges mest trafikkerte tunneler. Derfor er potensialet for en storulykke absolutt til stede.

Problemstillingen som rapporten hovedsakelig omhandler, er undersøkelse av faktorer som er kritiske når en ulykke har skjedd. Hendelsene som inkluderes i risikoanalysen er begrenset til risikofaktorer som omfatter beredskapen til Brann- og Redningsavdelingen ved OSL.

Resultatet av analysen peker på flere mulige tiltak som det kan være hensiktsmessig å undersøke nærmere. Noen av disse tiltakene kan være enkle å gjennomføre, som bl.a. etablering av et samlet system for registrering av uønskede hendelser og utarbeiding av konkrete innsatsplaner for redningspersonellet i kulverten. Andre tiltak, som etablering av brannvann og installering av deteksjonssystem, kan derimot medføre vanskeligheter siden kulverten er ferdigstilt og tatt i bruk.

INNHOLDSFORTEGNELSE

FORORD **I**

SAMMENDRAG **II**

INNHOLDSFORTEGNELSE **III**

1 INNLEDNING **1**

1.1 BAKGRUNN	1
1.2 FORMÅL	1
1.3 PROBLEMSTILLING	1
1.4 AVGRENSNINGER	2
1.5 DEFINISJONER	2
1.6 FORKORTELSER	3

2 METODER **4**

2.1 GROVANALYSE	4
2.2 HENDELSESTREANALYSE	5
2.3 AKSEPTKRITERIER	5
2.4 SIKKERHETSMÅL OG STRATEGIER	7

3 BESKRIVELSE AV ANALYSEOBJEKT **9**

3.1 BESKRIVELSE AV KULVERT	9
3.1.1 BELIGGENHET/LOKALISERING	9
3.1.2 UTFORMING	10
3.1.3 OMKJØRINGSRUTER	10
3.1.4 TEKNISK UTSTYR	10
3.1.5 SIKRINGSUTSTYR	13
3.2 BESKRIVELSE AV RULLENDE MATERIELL	15
3.3 BESKRIVELSE AV BRANN- OG REDNINGSAVDELINGEN	15

4 ANALYSER OG RESULTAT **18**

4.1 RØYKUTVIKLING OG RØYKSPREDNING	18
4.2 FLAMMESPREDNING	18
4.3 RØMNING	19
4.3.1 EVAKUERING AV TOG	19

4.3.2 RØMNING FRA TOG TIL SIKKERT STED	21
4.4 ULYKKESSTATISTIKK	21
4.5 GROVANALYSE	23
4.6 HENDELSESTREANALYSE	24
4.6.1 FLYTOG I BUFFER	24
4.6.2 FLYTOG GJENNOM KULVERT UTEN FARTSREDUKSJON	25
4.6.3 BRANN I TOG	27
5 DISKUSJON	29
5.1 AKSEPTKRITERIER	29
5.2 AKTIV BRANNBESKYTTELSE	29
5.2.1 SPRINKLING	29
5.2.2 BRANNVANN	29
5.2.3 DETEKSJON	30
5.2.4 VENTILASJON	30
5.3 RØMNING	31
5.4 BRANNVESEN	31
5.4.1 BRANNVESENET DELTOK IKKE I PROSJEKTERINGSFASEN	31
5.4.2 INNSATSPPLAN	31
5.4.3 TILKOMST	32
5.4.4 EL. TILFØRSEL	32
5.4.5 KOMPOSITT	33
5.5 UØNSKEDE HENDELSER	33
5.5.1 TIDLIGERE HENDELSER	33
5.5.2 TERRORAKSJON OG FARLIG GODS	33
5.5.3 PÅSATT BRANN	34
5.6 OPPSUMMERING	34
6 KONKLUSJON	36
7 VIDERE ARBEID	37
8 LITTERATUR	38
9 PLANSJER	40
10 VEDLEGG	47

1 INNLEDNING

1.1 Bakgrunn

Tidlig på 80- tallet var lufttrafikken i Norge blitt så stor at kapasiteten på Fornebu var i ferd med å bli for liten. I oktober 1992 besluttet regjeringen derfor å flytte Norges hovedflyplass til Gardermoen, ca 50 kilometer nord for Oslo sentrum [1]. I den anledning ble det også vedtatt å bygge Gardermobanen, Norges første høyhastighetsjernbane. Hovedhensikten med å investere i ny bane og nye tog var å etablere et best mulig tilbringersystem, og oppnå myndighetenes mål med en høy andel kollektivt reisende til og fra flyplassen.

Oslo Lufthavn er en innfallsport til Norge og i løpet av en gjennomsnittsdag reiser mer enn 40000 mennesker til og fra den nye flyplassen. Dette har ført til at flyplassen er blitt et trafikknutepunkt mellom luft-vei-og jernbane.

Med bakgrunn i flere store ulykker i tunneler, har sikkerhet i tunneler fått økt oppmerksomhet både hos myndigheter og publikum. Myndighetene krever tiltak og bedre dokumentasjon, og i en spørreundersøkelse utført i Norge i slutten av 2000, oppgav omkring en av fire at de følte ubehag når de reiste gjennom tunneler [2]. Dette har ført til interesse for systematiske risikovurderinger. I forskrifter til jernbaneloven heter det at foretak som driver jernbane, sporvei, tunnelbane og forstadsbane skal ha prosedyrer og rutiner for regelmessige, systematiske undersøkelser av forhold som er viktige for trafikksikkerheten [3]. Det vil i realiteten si at det må gjennomføres risikoanalyser.

Pr. i dag foreligger det ikke noen risikoanalyse av jernbanekulvert Gardermoen. Kulverten er en av Norges mest trafikkerte tunneler med mellom 350 og 400 tog pr. døgn, og en togulykke vil kunne få katastrofale følger.

1.2 Formål

Formålet med oppgaven er å gjennomføre en risikoanalyse av jernbanekulverten ved Oslo Lufthavn Gardermoen (OSL). Risikoanalysen skal danne grunnlaget for beredskapsanalyser og revisjoner av beredskapsplanen for kulverten. Hendelsene som inkluderes i risikoanalysen er derfor begrenset til risikofaktorer som omfatter beredskapen til brann- og redningsavdelingen ved flyplassen.

1.3 Problemstilling

Prosjektoppgaven tar for seg en grovanalyse, og gjennomføre den i jernbanekulvert på Gardermoen. Kulverten defineres fra enden av perrongområdet i sør til kulvertåpning i nord. Perrongområdet blir ikke definert som en del av kulverten. Det tas utgangspunkt i veiledning til NS 3901, Risikoanalyse av tunneler og underjordiske anlegg for T-bane og jernbane.

Spørsmålene som ønskes besvart er:

- 1) Hvilke risikofaktorer er jernbanekulverten eksponert for?
- 2) Hva er årsakene til og konsekvensene av disse risikofaktorene?
- 3) Hvilke forebyggende tiltak kan iverksettes for å eliminere/reducere risikoene.

1.4 Avgrensninger

Oppgaven avgrenser seg til å omfatte bare selve kulverten. Denne starter etter perrongområdet i sør til åpning i nord. Hendelser i buffer er likevel tatt med, siden dette er relevante ulykkessituasjoner.

1.5 Definisjoner

Akseptkriterium:	Verdi på egenskap fastsatt på grunnlag av oppsatte mål og som avgjør om en teknisk eller administrativ løsning kan aksepteres.
Analyseobjekt:	Tekniske, organisatoriske, miljømessige og menneskelige systemer eller forhold som omfattes av risikoanalysen.
Buffer:	Fysisk hindring ved enden av skinnegang. Se kapittel 9, bilde nr. 07.
Hendelsestre:	Grafisk fremstilling av mulige hendelser som følge av en kritisk starthendelse.
Innsatstid:	Tid fra innsatsstyrken er varslet til denne starter definert arbeid på ulykkessted.
Konsekvens:	Følge av en uønsket hendelse. Konsekvenser kan uttrykkes med ord eller som en tallverdi for omfanget av skader på mennesker, miljø eller materiell.
Konsekvensanalyse:	Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne mulig skadeomfang på mennesker, miljø og materiell som følge av uønsket hendelse.
Nødvendig rømningstid:	Tiden fra en brann starter til alle utsatte personer har nådd frem til sikkert sted.
Risiko:	Utrykk for den fare som uønsket hendelse representerer for mennesker, miljø eller materielle verdier. Risikoen uttrykkes ved sannsynlighet for og konsekvens av de uønskede hendelsene.
Risikoanalyse:	Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne risiko. Risikoanalyse utføres ved kartlegging av uønskede hendelser, og årsaker til og konsekvenser av disse.
Sikkerhetsstrategi:	Overordnet plan for hvordan oppsatte mål for sikkerhet skal oppnås.
Tilgjengelig rømningstid:	Tiden fra en brann oppstår til forholdene i bygningen blir kritiske.
UPS- anlegg:	Avbruddsfri strømforsyning

Uønsket hendelse: Hendelse eller tilstand som kan medføre skade på mennesker, miljø eller materiell.

Årsaksanalyse: Systematisk fremgangsmåte for å beskrive og/eller beregne sannsynlighet for årsak til uønskede hendelser.

1.6 Forkortelser

ALARP:	As Low As Reasonably Practicable
ATC:	Automatic Train Control
DBE:	Direktoratet for brann-og elsikkerhet
DFU:	Definerte Fare og Ulykkeshendelser
FOBTOB:	Forskrift om brannforebyggende tiltak og brannsyn
GSM:	Global System for Mobile Communications
ICAO:	International Civil Aviation Organization
NSB:	Norges Statsbaner
OSL:	Oslo Lufthavn Gardermoen
UPS:	Un-interruptable Power Supply

2 METODER

Risikoanalysen av jernbanekulvert ved Gardermoen blir utført som en grovanalyse med påfølgende hendelsestreanalyse. I grovanalysen tar en for seg uønskede hendelser som bedriften må kunne håndtere, og disse refereres til som definerte fare og ulykkeshendelser (DFU) [4]. En tar for seg hendelse, årsak og konsekvens, og representerer således forpliktende innsatsområder for bedriften. Metoden kan brukes dersom en ikke har inngående kjennskap til analyseobjektet. Analysen peker også på tiltak som kan iverksettes for å forhindre ulykker.

Ved utførelsen av grovanalysen, har følgende fremgangsmåte blitt brukt:

Trinn 1)- utgangspunkt i risikofaktorer hvor de med størst sannsynlighet og størst ulykkespotensial ble valgt.

Trinn 2)- med bakgrunn i disse ble det simulert et worst case scenario.

Trinn 3)- ved hjelp av hendelsestreanalyse ble antall slutthendelser kartlagt.

Ulemper kan være at det er lett å overse farer, samt å se hva den virkelige grunnen for ulykkene er.

2.1 Grovanalyse

En grovanalyse er en systematisk måte å kartlegge farer på. Den gir en oversikt over farlige forhold knyttet til en aktivitet, og skal peke på områder som bør analyseres nærmere. Målet med analysen er å avdekke mulige farer i tidlig prosjektutvikling, slik at en kan sette i verk tiltak på et tidlig stadium [5, 6].

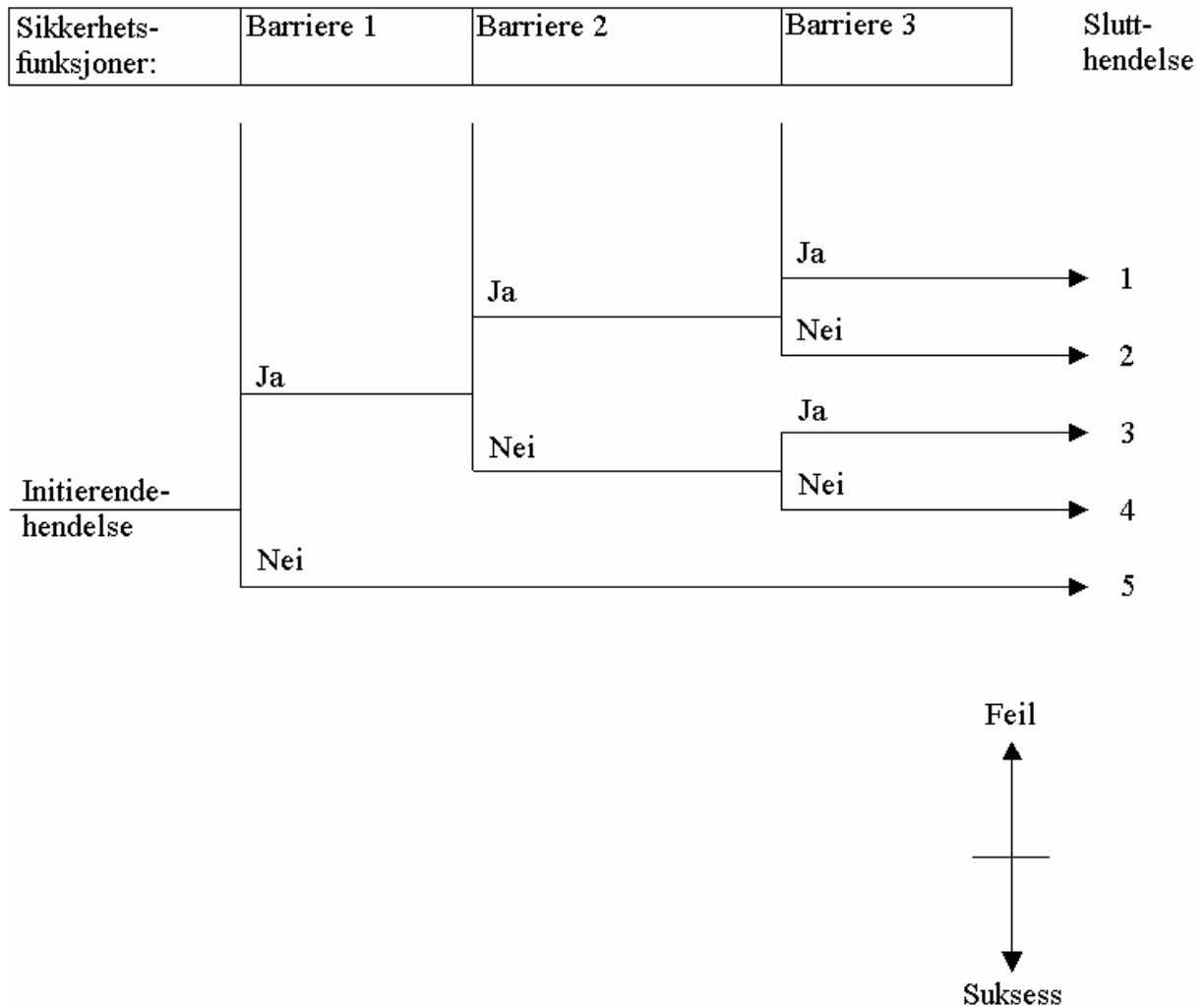
For hver uønsket hendelse studeres mulige årsaker og konsekvenser, og til slutt drøftes tiltak for å forbedre og forebygge hendelsen. For å kartlegge hendelsene kan det gjennomføres en idédugnad sammen med berørt personell, se på ulykkesstatistikker eller dersom bedriften har et system for registrering av uønskede hendelser, vurdere disse [5, 6].

I analysearbeidet bør følgende forhold gjennomgås [5]:

- Farlig anleggsutstyr og farlige materialer, f. eks. eksplosive stoffer, giftige stoffer og høytrykksystemer.
- Sikkerhetsproblemer forbundet med koplinger mellom anleggets utstyrsenheter og materialer.
- Omgivende faktorer som kan influere på anleggsutstyret eller materialer, f. eks. jordskjelv, vibrasjoner, lynnedslag og fuktighet.
- Drift, testing, vedlikehold, nødprosedyrer relatert til menneskelig feilhandlinger, utstyrs plassering og tilgang til utstyr, personlig verneutstyr.
- Sikkerhetsutstyr som f. eks. reserveutstyr, brannutstyr og verneutstyr.

2.2 Hendelsestreanalyse

Et hendelsestre er en grafisk fremstilling av mulige hendelser som følge av en kritisk starthendelse. Starthendelsen kan oppstå som en følge av en teknisk feil eller menneskelig svikt. I utvikling av en hendelseskjede ser en på et hendelsesforløp som fører frem mot flere ulike scenario. Frem mot disse scenarioene tas det hensyn til de forskjellige sikkerhetstiltak som er iverksatt for å hindre at den aktuelle sluthendelsen skjer [5, 6].



Figur 2.1 Eksempel på hendelsestre [6]

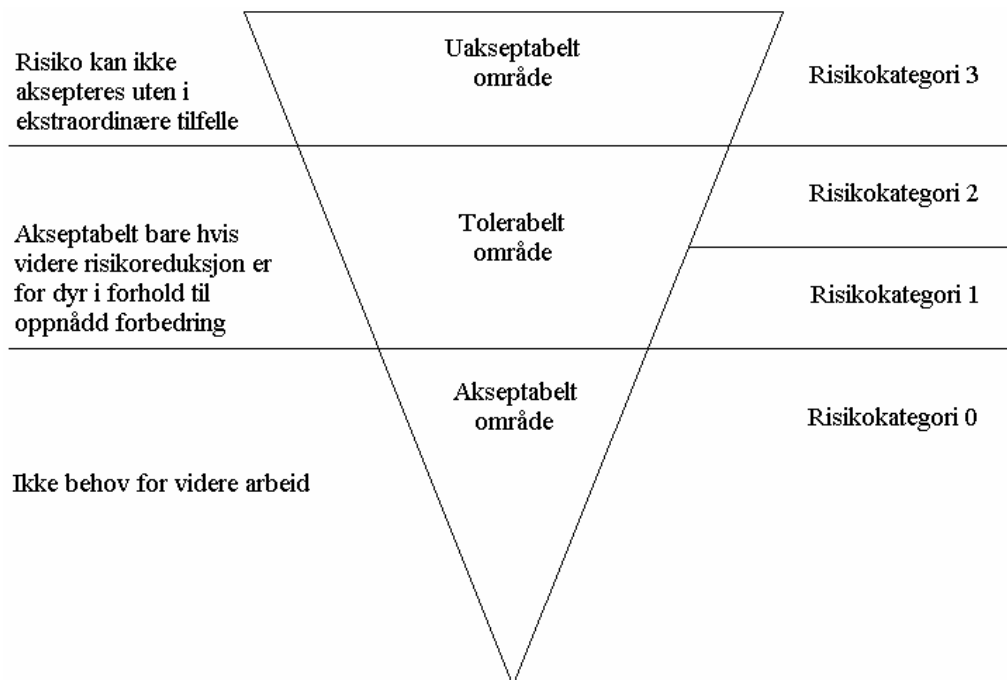
2.3 Akseptkriterier

Akseptkriterier er verbale eller tallfestede uttrykk som setter grenser for hvilken risiko som er akseptabel eller ønskelig. Disse er viktig for å kunne fastsette et sikkerhetsmål som organisasjonen skal arbeide mot. Fordel med kriteriene er at de kan etterprøves ved hjelp av en risikoanalyse [5].

Kriteriene kan for eksempel uttrykkes gjennom myndighetenes, bedriftsinterne eller samfunnets krav. De vil avhenge av oppfatning og holdning til aktivitetenes risikonivå.

Viktige momenter er nytteverdien av aktiviteten, faren for storulykker, om det er ny eller gammel teknologi og om risikoen er frivillig eller ufrivillig [5].

Akseptkriteriet kan bli formulert ut fra As Low As Reasonably Practicable (ALARP)-prinsippet. Dette innebærer at en deler risikoen i tre risikoområder: Uakseptabel, tolerabelt og akseptabelt område. Jernbaneverket bruker fire risikokategorier betegnet med 0 til 3 i matrisen i figur 2.3.



Figur 2.2 ALARP- prinsippet [7]

Frekvenskategori	Konsekvenskategori					
	Lett skade	Medisinsk behandling	Permanent skade	1 død	2-10 døde	> 10 døde
mer enn én gang årlig	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Black	Black	Black
én gang per 1-10 år	Light Gray	Light Gray	Light Gray	White	Black	Black
én gang per 10-100 år	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	White	Black
én gang per 100-1000 år	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Light Gray	White
én gang per mer enn 1000 år	Light Gray	Light Gray	Light Gray	Dark Gray	Light Gray	Light Gray

	Risikokategori 3		Risikokategori 2
	Risikokategori 1		Risikokategori 0

Figur 2.3 Risikomatrise for Jernbaneverket [2]

Identifisering og etablering av akseptkriterier tar utgangspunkt i Jernbaneverkets definerte sikkerhetsmål. Akseptkriteriene vil angi hva som er akseptabel risiko for den del av Jernbaneverkets virksomhet som skal analyseres.

Dersom risikomatriksen til Gardermobanen blir brukt som eksempel, innebærer dette en frekvens på mellom én gang pr. 100 år og én gang pr. 1000 år kan en vente en ulykke med mer enn 10 døde.

For å kunne arbeide systematisk med sikkerhet og risikoreduserende tiltak, er det etablert en struktur basert på en definisjon av fire risikokategorier:

- Risikokategori 3 Uakseptabelt risikonivå er et nivå der risikoen er for høy sett i forhold til sikkerhetsmålene som er etablert for Jernbaneverket.
- Risikokategori 2 Akseptabelt risikonivå er et område der risikoreduserende tiltak bør iverksettes dersom effekten er gunstig og ulempene/kostnadene er moderate. Overgangen mellom uakseptabelt og akseptabelt nivå definerer minimumskrav til bedriften.
- Risikokategori 1 Lavt risikonivå er et område der risikoreduserende tiltak bør iverksettes dersom effekten er stor og ulempene/kostnadene er små.
- Risikokategori 0 Neglisjerbart risikonivå er et nivå der risikoen er så lav at ytterligere tiltak ikke er nødvendig.

Kategori 1 og 2 betegnes ofte i internasjonal sammenheng for ALARP-område, og vurderingen av om tiltak skal gjennomføres eller ei, skjer ut fra kost-nytte vurderinger [8].

2.4 Sikkerhetsmål og strategier

Forskrift av 22.juli 1994 nr. 746 om krav til anlegg og drift av jernbane, herunder sporvei, tunnelbane og forstadsbane m.m., krever bl.a. at den ansvarlige for slik virksomhet skal etablere et internkontrollsystem. Systemet skal inneholde en beskrivelse av virksomhetens sikkerhetsstrategi og overordnede sikkerhetsmål.

Jernbaneverket har som overordnet sikkerhetsfilosofi [9]:

- Jernbanetransport skal ikke føre til ulykker som kan medføre tap av menneskeliv eller alvorlig skade på mennesker, omgivelser eller materiell.

Denne sikkerhetsfilosofien er basert på nulltankegang og skal legges til grunn ved identifisering, planlegging, organisering og gjennomføring av alle aktiviteter. Nulltankegangen er en drivkraft til kontinuerlig forbedring av virksomheten og ligger til grunn for Jernbaneverkets overordnede mål for trafikksikkerhet.

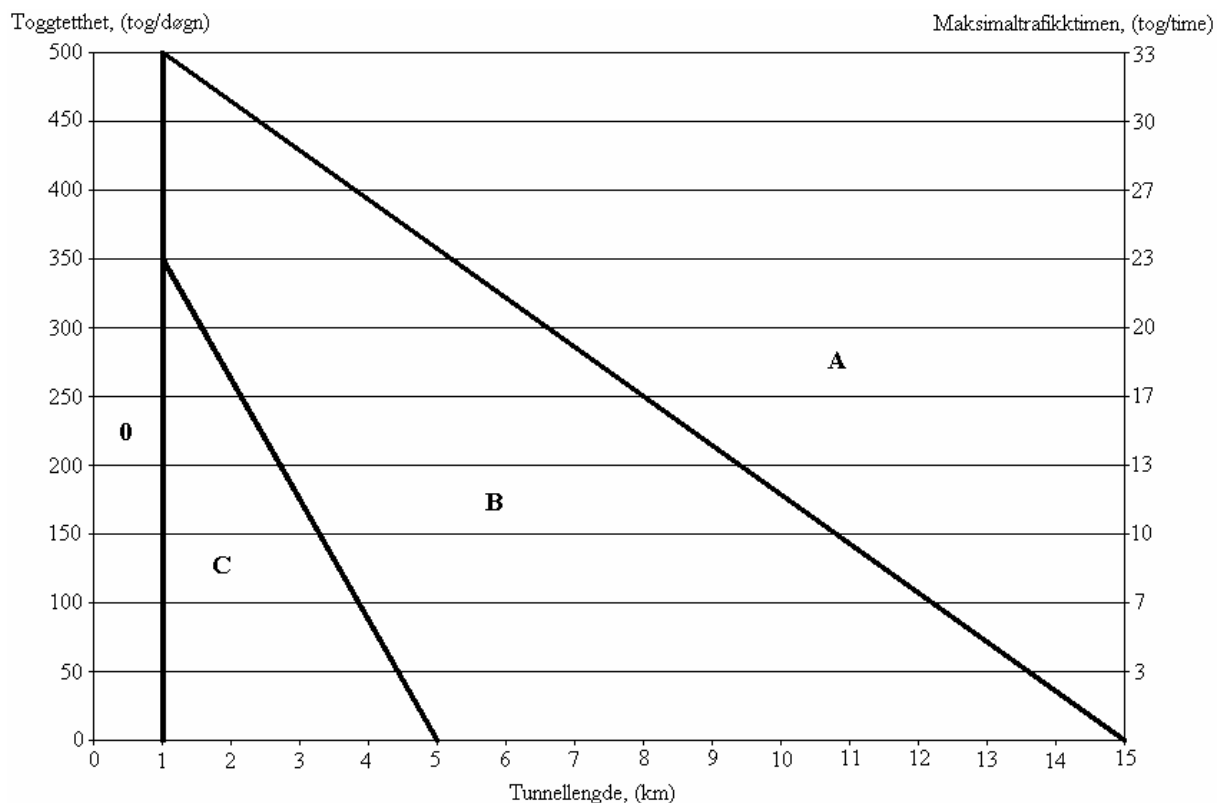
- Det etablerte sikkerhetsnivået for jernbanetransport i Norge skal opprettholdes. Alle endringer skal sikre en positiv utvikling.

Alle medarbeidere i Jernbaneverket, region øst, skal følge HMS-prosedyrene i sitt daglige virke og arbeide for å unngå at det skjer uhell og ulykker. For å få til dette arbeidet, skal regionen arbeide kontinuerlig med forebyggende tiltak, forbedring av prosedyre, kompetanseutvikling og ha sterk ledelsesfokus på sikkerhet.

3 BESKRIVELSE AV ANALYSEOBJEKT

En kulvert er en kunstig bygget tunnel, og ved Gardermoen er denne utført i betong. Den er i følge Jernbaneverket klassifisert som et 0-objekt pga. tunnellengde og togtetthet, se figur 3.1, mens Brann- og Redningsavdelingen ved OSL definerer den som et særskilt brannobjekt iht. Forskrift om brannforebyggende tiltak og brannsyn (FOBTOB).

Analyseobjektet omfatter alle de forhold ved den aktuelle tunnelen som påvirker risikoen, og disse må derfor beskrives så langt det har betydning for analysen. Siden analysen gjelder for driftsfasen må dette omfatte tunnelen med utstyr [10], trafikken i tunnelen, det rullende materiell som skal trafikkere tunnelen og det som skal transporteres gjennom tunnelen. Nødvendige tegninger skal inngå i analysen.

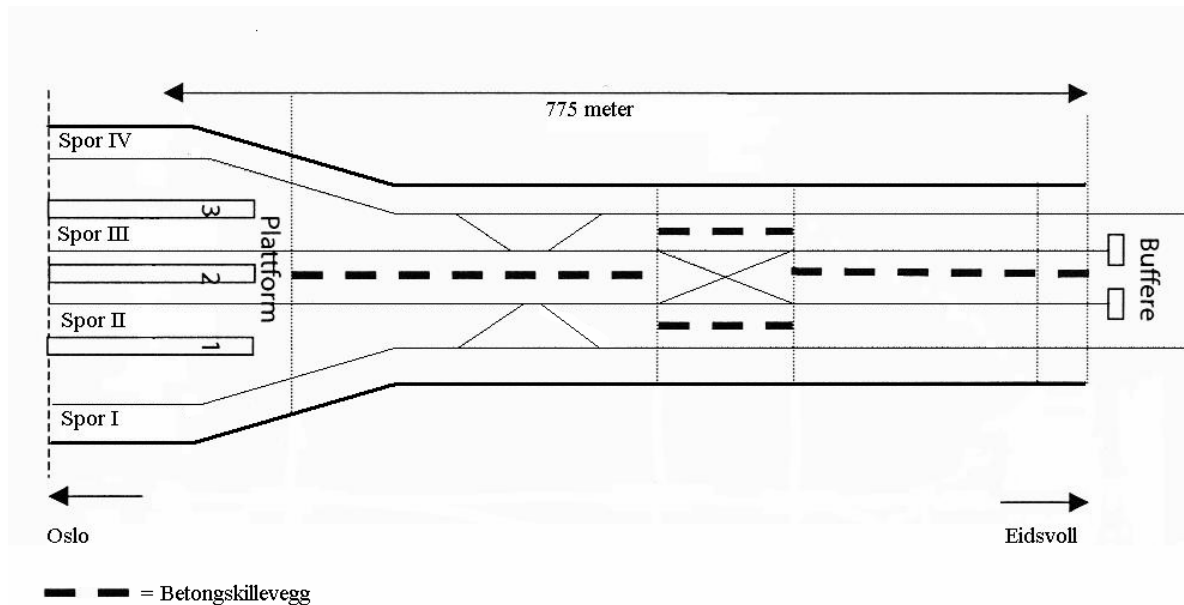


Figur 3.1 Klassifisering av tunneler [11]

3.1 Beskrivelse av kulvert

3.1.1 Beliggenhet/lokalisering

Kulverten starter i stasjonsanlegget på Oslo Lufthavn Gardermoen (OSL) og går nordover under taksebanen for fly. Kulverttrasé er vist i figur 3.1.



Figur 3.2 Kulverttrasé [10]

3.1.2 Utforming

Kulverten har 4 spor med en fri høyde på 7,0 m og bredde på 23,4 m. Stigningsforholdet fra terminalbygg mot nord er på 2 ‰. Den har betonghvelv med membran og isolasjon som frostsikring.

3.1.3 Omkjøringsruter

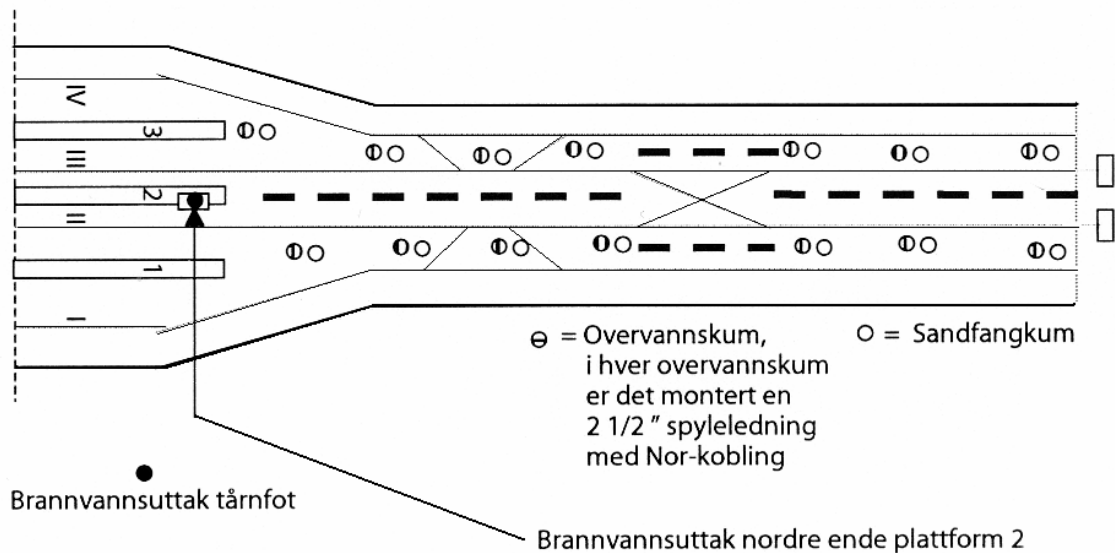
Omkjøring mulig via gamle Hovedbanen, fra Lillestrøm via Jessheim til Eidsvoll.

3.1.4 Teknisk utstyr

Brannvann

Det er brannvannsutttak i nordre ende av plattform 2, ved tårnfot og ved SAS hotellet. Plasseringen av brannvannsutttak er vist i figur 3.2.

● Brannvannsutttak SAS hotellet



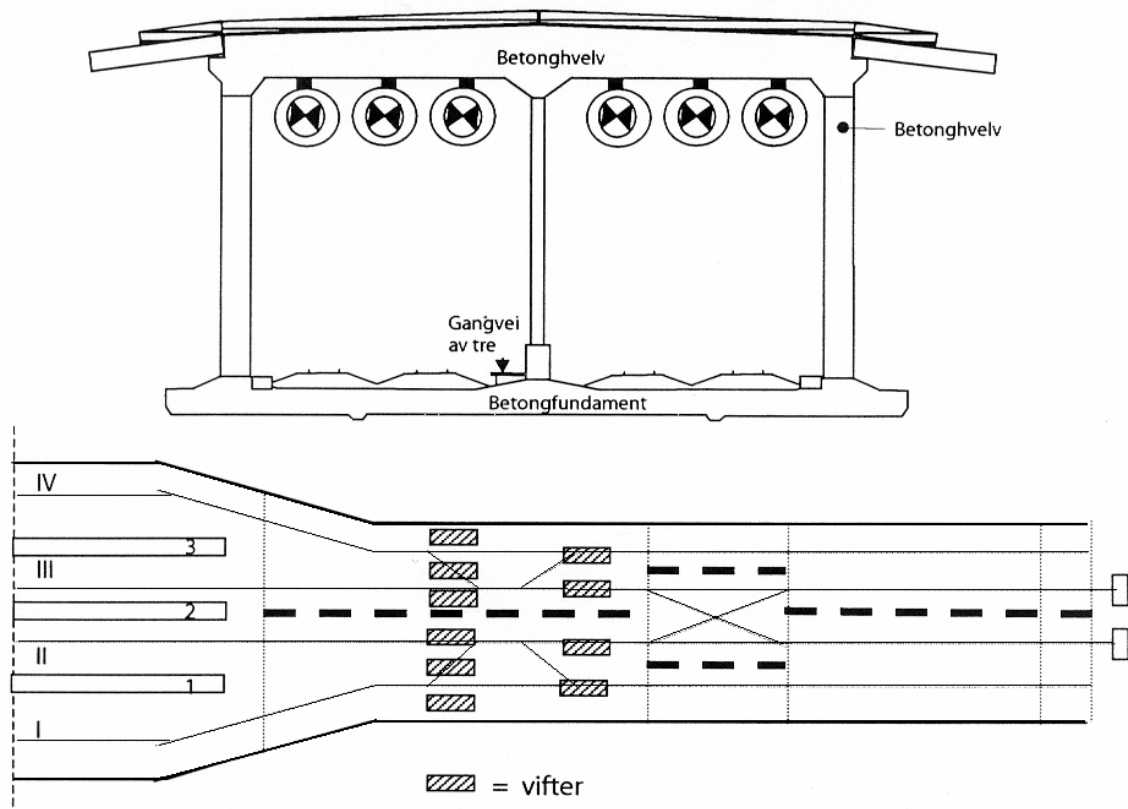
Figur 3.3 Plassering av brannvannsutttak [10]

Detektorer

Det er totalt 100 detektorer som dekker perrongområdet og 130 m inn i kulverten.

Ventilasjon

Det er installert 10 røykventilasjonsvifter i kulverten, og dimensjonerende lufthastighet er angitt som netto skyvekraft 4000 N. Ventilasjonsviftene er retningsstyrt og innstilt til å ventilere røyken mot nord, og skal kun benyttes i en nødsituasjon. Ventilasjonsanlegget kan styres fra Togleder, Elkraftsentralen (Oslo S), lokalt fra driftssentralen til OSL og lokalt fra nødstyretablå. Plassering av viftene er vist i figur 3.3 og i kapittel 9, bilde nr. 03.



Figur 3.4 Plassering av vifter [10]

Belysning

Det er plassert armatur på begge sider av kulverten med 25 meters mellomrom. I en normalsituasjon vil hver 4. armatur være i drift. I en nødsituasjon vil resterende armaturer tenne og sikre tilstrekkelig nødlis. Dersom kraftforsyningen skulle svikte, er nødlisene utstyrt med batteri back-up, og vil lyse i minimum 2 timer.

Lyset kan styres fra Togledersentralen, Elkraftsentralen, ved tunnelmunninger (betjeningspanel/tablå) og ved lokale servicebrytere for 600 m seksjoner, der bryterne er plassert for hver ca. 300 m.

Kontaktledningsanlegg

Kontaktledningsanlegget overfører strøm (16 kV) til togsett og lokomotiver. I anlegget inngår alle komponenter som transporterer strømmen fra omformerstasjoner til toget, og som transporterer returstrømmen via sugetransformatorer til den isolerte returledningen, og derfra tilbake til omformerstasjonene. Gir kontinuerlig kraft ved normal drift og må koples ut ved en nødsituasjon.

Hjelpkraftanlegg

Hjelpkraftanlegget leverer kraft til alle installasjoner langs banen som benytter 50 Hz. Dvs. signalanlegg, sporvekselvarme, lys, teleinstallasjoner, ventilasjon o.l.

Hjelpeskioskene inneholder bl.a. transformatorer der 22 kV spenning transformeres til 400 V, og gir kontinuerlig kraft under normal drift. Kioskene kan frakoples enkeltvis og det er ikke nødvendigvis behov for å slå av hjelpekraftsystem i en nødsituasjon.

Nødstrøm

Nødstrømanlegget, Un-interruptable Power Supply (UPS), skal sikre kraft til prioriterte brukere (signal- og telematikk-anlegget) ved feil på hjelpekraft anlegget eller i en situasjon der hjelpekraftanlegget blir satt ut av drift. Anlegget skal gi kraft i minimum 30 minutt.

Øvrig elektrisk anlegg

Det øvrige elektriske utstyret består av strømforsyning til telematikk-anlegg, signalanlegg og øvrige lavspenningsinstallasjoner. Det elektriske anlegget føres i kabelkanaler på hver side av banen.

Radiosamband

Togradio:

Togradio fungerer som sikkerhetssamband mellom togleder og lokfører. Sambandet virker via en langsgående antenne (strålekabel) i tunneler og kulvert, og via antenner på fri linje.

Mobiltelefon:

Samband med vanlig mobiltelefon av type Global System for Mobile Communications (GSM).

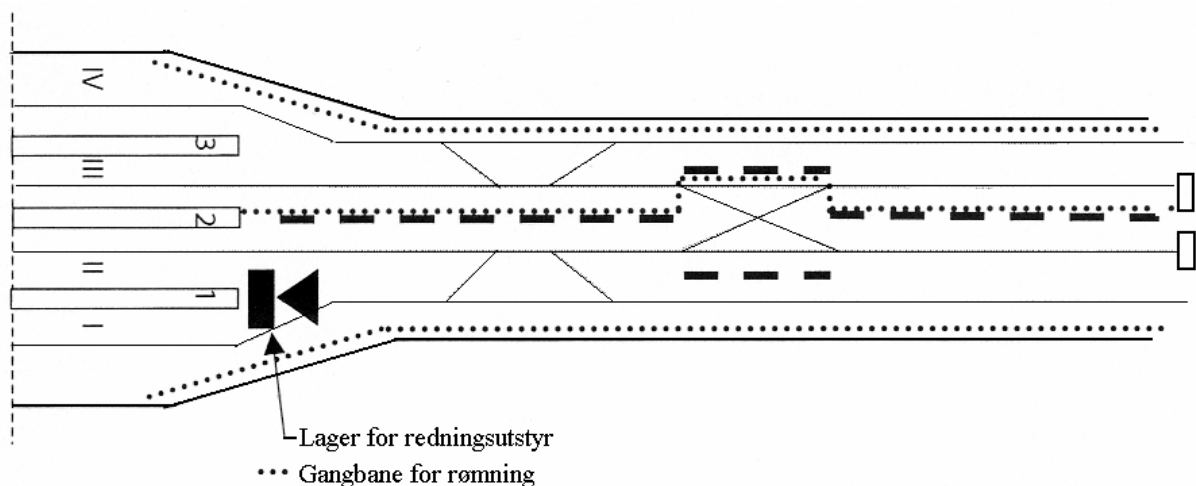
3.1.5 Sikringsutstyr

Nødtelefon

Nødsamband med direkte linje til togleder, 2 separate linjer. En linje i kabelkanal på hver side av kulverten. Ved å løfte av telefonrøret, oppnås direkte kontakt med togleder. Telefonene er plassert to steder i tunnelen med 4 telefoner på hvert sted. Lokaliseringen er 200 m og 500 m i fra tunnelåpningen i nord. Nødsambandet er vist i kapittel 9, bilde nr. 10.

Gangbaner for rømning

Gangbane for rømning er lokalisert på begge sider av kulverten, ovenpå lokk for kabelkanal. Gangbanen er 0,7 m bred med senter 0,5 m fra kulvertvegg. Det er også etablert en gangbane av tre i midten av kulverten. Belysning (orienteringslys og nødlys) er plassert i høyde 2,5 m over gangbanene. Gangbanene for rømning er vist i figur 3.4.



Figur 3.5 Plassering av gangbaner og lager for redningsutstyr [10]

Kilometerangivelse

Skilt med kilometerangivelse fra Oslo S er plassert på begge sider av sporene. Skiltene er plassert med 500 m avstand og fungerer som stedsangivelse.

Nødskilting

Nødskiltingen er plassert under orienteringslys på begge sider av kulverten. Skiltene er plassert med 100 m avstand. Nødskiltene er vist i kapittel 9, bilde nr. 10.

Lager for redningsutstyr

Ved kulvertmunningen i sør er det etablert lager for redningsutstyr. Her forhåndslagres utstyr til første innsatsfase og som krever lite vedlikehold. Men det krever kontroll på at det er tilstede, riktig antall og i funksjonell stand. Ansvarlig for at kontrollen gjøres 2 ganger årlig er brannvernleder. Plassering av lager for redningsutstyr er vist i figur 3.4.

Innholdet i lageret vurderes kontinuerlig, se kapittel 9, bilde nr. 12 for innhold.

Jordingsstenger for kontaktledningsanlegg

Jordingsstenger er plassert i rørfutteral på kulvertvegg i hver ende på hver side av sporet, totalt 4 stk. Futteralene er låst med hengelås.

Fjernstyring av tog

Normalt er signalanlegget i kulverten fjernstyrt fra Oslo S trafikkstyringssentral. I avvikstilfeller kan kulverten styres fra elektrohuset i Lillestrøm. Lokalstyring utføres av togleder.

Posisjonsangivelse for rullende materiell: sporfelt

Hvert spor er inndelt i sporfelt som benyttes til å detektere om et tog befinner seg på sporet. Det er i alt ca. 25 sporfelt i kulvert Gardermoen, fordelt på 4 spor.

3.2 Beskrivelse av rullende materiell

Det er bygd fire spor til stasjonen på Oslo Lufthavn Gardermoen (OSL): to spor for Flytoget og to gjennomgående spor for Norges Statsbaner (NSB) sine ekspresstog, intercitytog og lokaltog.

Flytogene bruker sporene i kulverten for å skifte kjøreretning eller for hensetting av materiell, og utenom flytogfører og servicepersonell vil det ikke være reisende om bord i toget når det befinner seg i kulverten. NSB-tog vil derimot ha reisende om bord ved kjøring gjennom kulverten.

I Flytoget finnes det automatisk brannslukningsutstyr i hovedtrafo og i strømretter for mellomvogn og endevogn. Utstyret er plassert under vognene. I tillegg er det plassert to manuelle pulverapparat i hver av vognene.

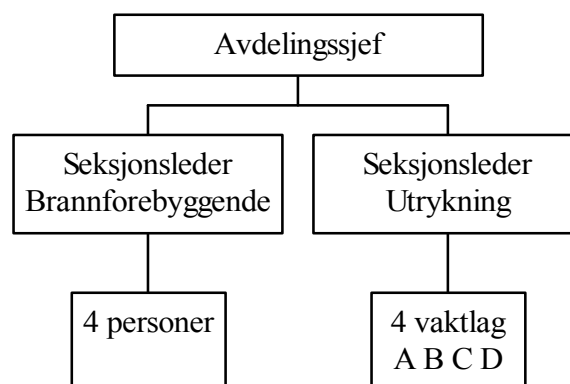
I NSB-tog finnes det bare manuelt slukkeutstyr som består av to manuelle pulverapparat i samtlige vogner.

Slukkeutstyret er i henhold til kravene [12].

3.3 Beskrivelse av Brann- og redningsavdelingen

Oslo Lufthavn Gardermoen (OSL) har et av Norges største brannvesen med ca. 100 personer tilknyttet avdelingen. Brann- og redningstjenesten har et nært samarbeid med vertskommunene Ullensaker og Nannestad brannvesen.

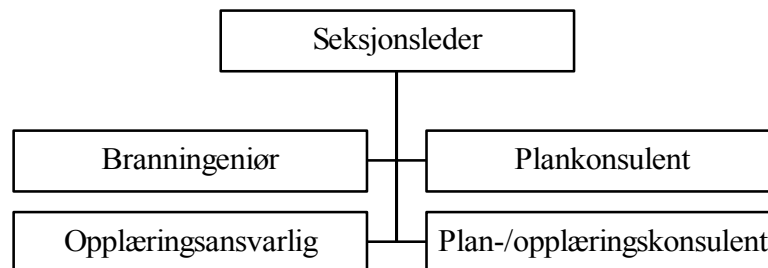
Avdelingen har to seksjoner, beredskap/utrykning og brannforebyggende, samt egen operasjonssentral [13].



Figur 3.6 Organisasjonskart – Brann og redningsavdelingen [13]

Brannforebyggende seksjon

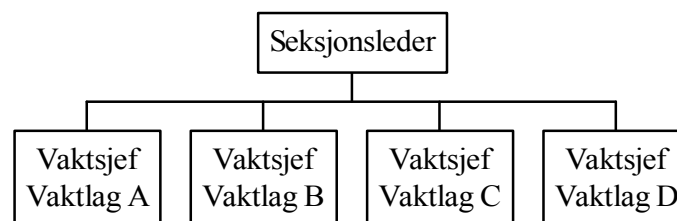
Formålet med brannforebyggende arbeid er å minimalisere risikoen og omfanget av en eventuell brann. Brannforebyggende seksjon samarbeider med vertskommunenes brannvesen, som ivaretar og tilfredstiller myndighetenes krav til brannforebyggende tiltak i bygningsmassen [14].



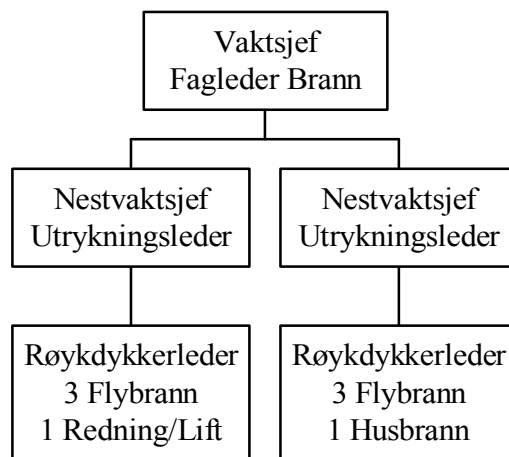
Figur 3.7 Organisasjonskart – Brannforebyggende [13]

Utrykningsseksjon

Oslo Lufthavn Gardermoen (OSL) har to brannstasjoner for å oppfylle de internasjonale ICAO - bestemmelsene. International Civil Aviation Organization. Disse stiller krav om at det ved en ulykke skal gå maksimalt 120 sekunder fra alarm til påbegynt slukking. Begge brannstasjonene er plassert på midten av hver sin rullebane, dette for å ha lik avstand til hver ende av banene. Stasjonene har moderne spesialutstyr for bekjemping av alle typer brann og ulykker, samt gjennomføre redningsaksjoner. Begge brannstasjonene er stort sett like angående personell og utstyr. Brannstasjonene har en felles innsatsleder, samt en utrykningsleder og åtte brannmenn på hver stasjon til en hver tid. Til sammen 76 mann.



Figur 3.8 Organisasjonskart – Utrykningsseksjon [13]



Figur 3.9 Organisasjonskart – Vaktlag [13]

Operasjonssentralen

OP911 er lufthavnens redningssentral som mottar og videreformidler alle typer brann-, rednings- og nødmeldinger. OP911 står i direkte kontakt med kontrolltårnet, brannstasjonene øst/vest, politiet, nødnummerene 110, 112 og 113, samt Ullensaker alarmsentral. OP911 alarmerer og leder egne og eksterne innsatsstyrker til skadestedet.

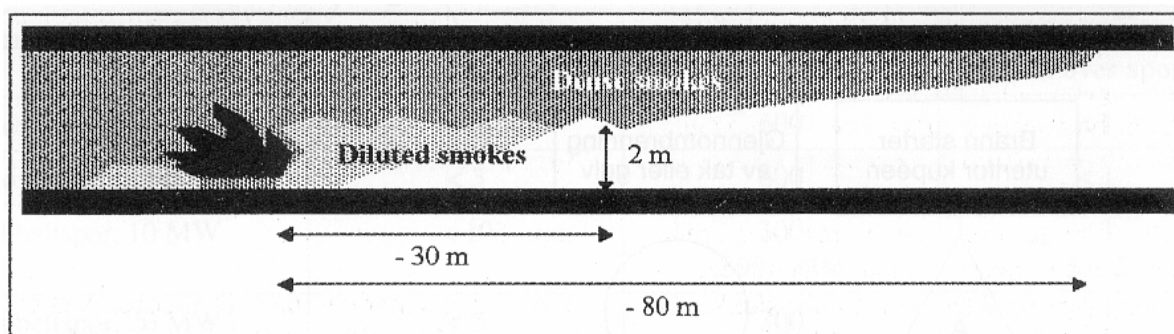
4 ANALYSER OG RESULTAT

4.1 Røykutvikling og røykspredning

Røykutviklingen i kulverten vil gjøre rømning vanskelig i de tilfellene tog stopper i tunnelen og må evakueres der. I tillegg vil røyken kunne hindre effektiv innsats utenfra og kunne gi store skader på tekniske installasjoner. Røykspredningen er hovedsakelig avhengig av branneffekten, størrelsen på tunnelverrsnittet og ventilasjonen i tunnelen. Et brannforsøk av en jernbanevogn i en tunnel viste at sikten 300 m fra brannen ikke vil overstige 4,5 m [15].

Av hensyn til rømning i kulverten, bør det være et klart skille mellom oppstrøms- og nedstrømsretning. Oppstrøms vil det da i hovedsak være røykfritt, i hvert fall i et tilstrekkelig høyt sjikt, og mulig å evakuere, se figur 4.1. I det andre tilfellet vil situasjonen være uoversiktlig, og risikoen for personskader og død som følge av røykforgiftning, vil være stor hvis et stort antall mennesker skal evakueres. Få personer dør i brann som følge av brannskader eller høy temperatur. Erfaringer fra branner viser at ca. 80 % dør på grunn av inhalering av giftige gasser, varme gasser eller oksygenfattig luft [16]. Et eksempel på dette er ulykken i Baku i 1995, der flesteparten omkom på grunn av røyk og branngasser [17, 18]. Ventilasjon er nødvendig for å hindre at røyken sprer seg i begge retninger.

Brann vil i uheldige tilfeller kunne fylle en vogn med røyk i løpet av mindre enn et minutt, altså mye forttere enn en eventuell overtenning [2].



Figur 4.1 Røykspredning ved brannforsøk i Repparfjord. Langsventilasjon 1,5 m/s [19]

4.2 Flammespredning

Farlige situasjoner kan oppstå ved branntilløp i en jernbanevogn, enten under vognen eller i den. Erfaringer og forsøk hittil synes å vise at fra en vogn blir antent, også utenfra, tar det rundt 7 – 10 minutter til overtenning [20]. Da vil branneffekten kunne være rundt 35 MW og maksimumstemperaturen inne i vognen vil være ca. 900 °C [2]. Utviklingen vil imidlertid være avhengig av den totale brannbelastningen av vognen, utformingen av isolasjon, innredning og kledninger, og av bagasjen.

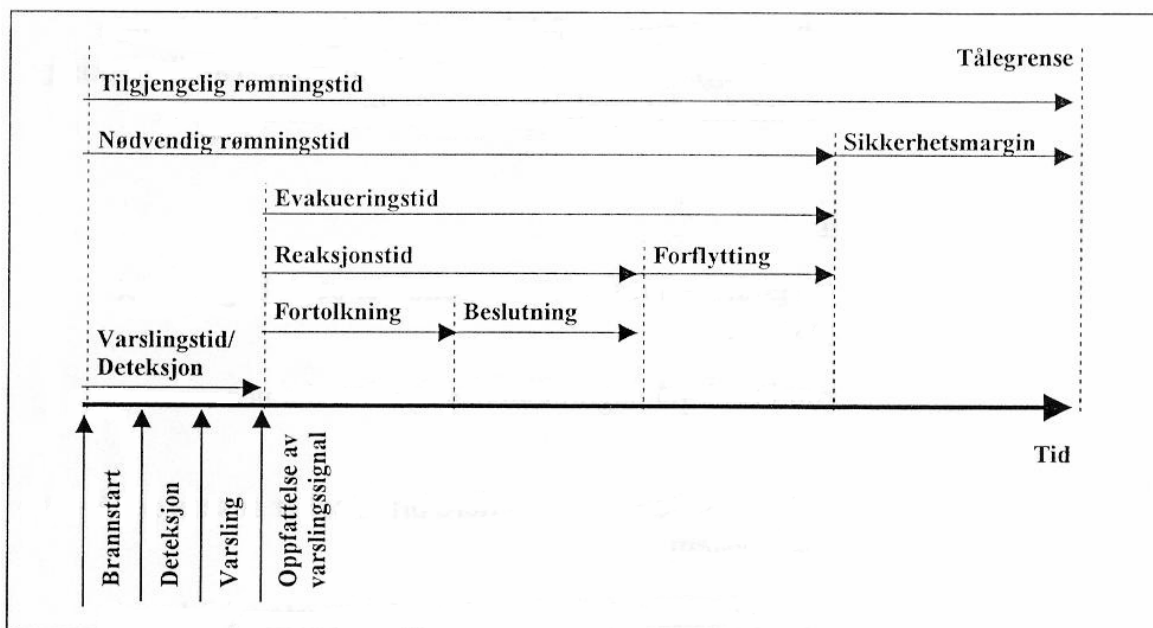
Hvis brannen ikke blir sløkket tidlig og det er tilstrekkelig brennbart materiale i den vognen hvor brannen starter, vil en få overtenning og deretter spredning til andre vogner. Selv om det er dører mellom vognene, vil disse bli benyttet som rømningsveier, og de vil derfor gi dårlig beskyttelse mot spredning mellom vognene.

Den første fasen av brannen er den viktigste for passasjerene i toget, og det betyr at de branntekniske egenskapene hos innredningsmaterialene er avgjørende for personrisikoen. Bli toget stående i kulverten, vil brannen komme opp i så høye temperaturer at alt brennbart material vil brenne opp.

4.3 Rømning

Sikker rømning ivaretas ved at alle som oppholder seg i kulverten rømmer til sikkert sted, før grenseverdiene for røyk, varme og giftige gasser overstiges, jf. tabell 4.1.

Rømning deles inn i tre faser; varslings tid, reaksjonstid og forflytningstid. Dette er illustrert i figur 4.2.



Figur 4.2 Rømningsfasene [21]

Når en brann har utviklet seg slik at det er nødvendig å evakuere toget, oppstår det en nødsituasjon som kan utvikle seg til en katastrofe. Denne rømningsfasen kan deles i to: rømning ut av toget og rømning ut av tunnel.

4.3.1 Evakuering av tog

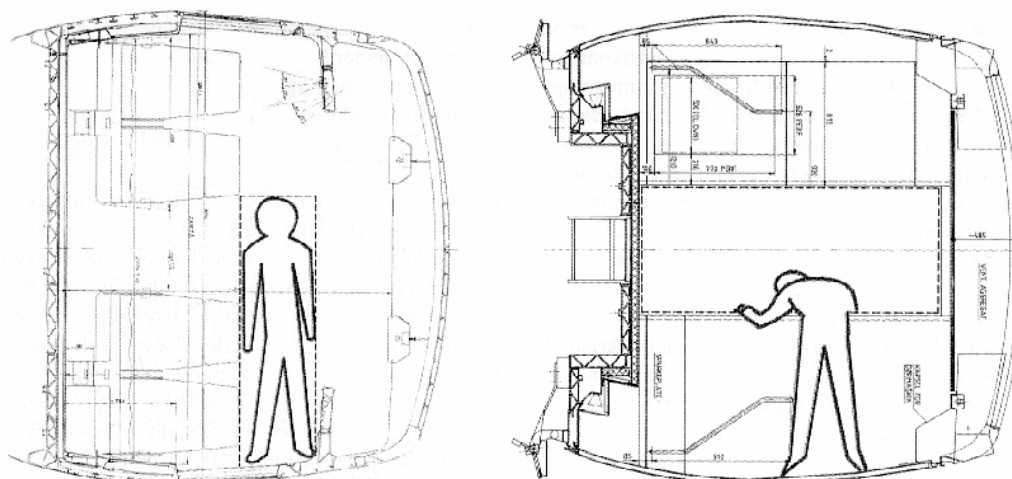
Både stråling fra brannen, konveksjonsvarme og røyken innebærer fare for mennesker. Etter kort tid vil røyken ødelegge sikten, og etter hvert vil mangel på oksygen og innhold av CO føre til at utsatte personer vil være ute av stand til å klare seg selv. De vil miste bevisstheten og dø. Se tabell 4.1. Brannutviklingen vil avgjøre hvor lang tid de utsatte menneskene har til å komme seg ut eller bli hjulpet ut.

Tabell 4.1 Tålegrenser for personer under rømning [22, 23]

Varmestråling: Intensitet under 6 sekunder Samlet strålingsenergi	10 kW/m ² 60 kJ/m ² pluss energi fra 1 kW/ m ²
Gasstemperatur	60 °C
Innhold av gasser: CO CO ₂ O ₂	maks. 2000 ppm maks. 5% min. 15%
Sikt i 2 meters høyde: I startbranncelle I rømningsvei	min. 3 m min. 10 m

Etter at passasjerene har begynt å evakuere en vogn, er det tre usikkerheter risikoanalysen må ta stilling til: tiden det tar å komme til dør eller nødutgang, tiden det tar å åpne utgangen og tiden det tar å komme ut. Dette er avhengig av system for åpning av dører og nødutganger. Av passasjerene som har med seg bagasje vil en regne med at noen av disse vil forsøke å få med seg denne. Hindringer det også må tas hensyn til er barnevogner og rullestoler.

I tunneler med flere spor er det mulig at en vogn velter som følge av sammenstøt. Evakuering i et slikt tilfelle er spesielt vanskelig, særlig om det samtidig er brann. En veltet vogn, der den ene veggen har blitt gulv og den andre tak, er et fremmed miljø for passasjerene som de har problemer med å orientere seg i [2, 24], figur 4.3 illustrerer problemene. Problemene øker når vognen er fylt av røyk og om det er mørkt. Galeas forsøk med friske mennesker viste at rømningshastigheten uten røyk var 9,2 personer/min. Med røyk som hindret sikt, men ikke var ubehaglig å puste inn, var den 5,0 personer/min [24]. Med vanlig brannrøyk og noen personer med bevegelsesvansker, må vi regne med at rømningshastigheten vil være betydelig lavere.



Figur 4.3 Veltet passasjervogn [2]

4.3.2 Rømning fra tog til sikkert sted

Rømning ut av kulverten fra en passasjer er nede på pukken eller annet underlag, kan deles i to: rømning langs toget og rømning ut av kulvert. Ved rømning langs toget, er passasjerene i en ny, ukjent situasjon, hvis de ikke har fått klare instruksjoner fra togpersonalet eller det er tydelige skilter som forteller hvor de skal gå. Dette vil kunne forsinke evakueringen.

Det kan være avgjørende for personrisikoen hvor i toget en brennende vogn befinner seg. Mennesker som må bevege seg mot og forbi en brennende vogn for å evakuere i riktig retning, vil kunne fristes til å evakuere i feil retning eller de vil bli utsatt for fare når de skal passere den brennende vognen.

Den videre rømningen ut av tunnelen etter at passasjerene har kommet forbi det brennende toget, vil ha større utsikter til å lykkes dersom den skjer mot ventilasjonsretningen. Det vil derfor være en fordel om ventilasjonsretningen ved brann er bestemt på forhånd og passasjerene blir instruert om i hvilken retning de skal gå.

Dette viser hvor viktig det er at det finnes personale om bord i toget som er trent i å bistå passasjerene ved rømning.

4.4 Ulykkesstatistikk

For å kunne kartlegge de mest aktuelle uønskede hendelsene, blir det tatt utgangspunkt i Jernbaneverkets oversikt over driftsulykker og sikringstiltak [25].

Tabell 4.2 Ulykkesstatistikk 1996-2000

Antall driftsulykker	1996	1997	1998	1999	2000
Togframføring					
Sammenstøt	5	2	2	10	18
Avsporinger	8	9	12	14	9
Andre driftsulykker	4	5	3		
Delsum	17	16	17	24	27
Skifting					
Sammenstøt	4	3	2	1	2
Avsporinger	7	2	6	1	
Andre driftsulykker	1	1	0		
Delsum	12	6	8	2	2
Planovergangsulykke	9	9	12	17	16
Branner i skinnegående materiell	2	6	15	13	6
Totalt antall driftsulykker	40	37	52	56	51
Antall drepte					
Reisende	0	0	0	0	16
Personale	0	1	0	3	4
Andre (inkl. planovergangsulykker)	3	2	7	2	11
Totalt	3	3	7	5	31
Antall alvorlig skadde personer					
Reisende	1	0	9	0	23
Personale	2	1	0	0	
Andre (inkl. planovergangsulykker)	6	2	1	6	5
Totalt	9	3	10	6	28

4.5 Grovanalyse

De uønskede hendelsene som er valgt for grovanalysen tar utgangspunkt i ulykkesstatistikken i kapittel 4.1. Flytogets trafikksikkerhetsregnskap 2000 [26], viser at kollisjon med buffer også er en uønsket hendelse som bør omtales.

Tabell 4.3 Skjema for grovanalyse

UØNSKET HENDELSE	ÅRSAK	KONSEKVENS
Avsporing	<ul style="list-style-type: none"> - for høy hastighet - avvik i sporveksler - menneskelig feil - feil ved skinnegangen - feil ved rullende materiell - sporets og materiellets tilstand 	<ul style="list-style-type: none"> - velt - brann i tog - materielle skader på kulvert
Brann i tog	<ul style="list-style-type: none"> - påsatt - feil ved elektrisk materiell - operasjonelle årsaker - antenneskilde utenfor toget - gnist fra bremsekloss - selvantennelse - sikkerhetsbestemmelsene ikke fulgt 	<ul style="list-style-type: none"> - toget brenner ut - brannen slukkes - materielle skader på kulvert
Person i togbane	<ul style="list-style-type: none"> - selvmord - barn som leker 	<ul style="list-style-type: none"> - drept - skadet - ingen skadet
Togkollisjon	<ul style="list-style-type: none"> - avvik i sporveksler - varselsystem ute av funksjon - feil i lyssystem - menneskelig svikt - teknisk feil - kjørt inn i gjenstand 	<ul style="list-style-type: none"> - personskade - brann - materielle skade
Kollisjon med buffer	<ul style="list-style-type: none"> - Automatic Train Control (ATC) ute av funksjon og menneskelig svikt 	<ul style="list-style-type: none"> - personskade - materielle skade

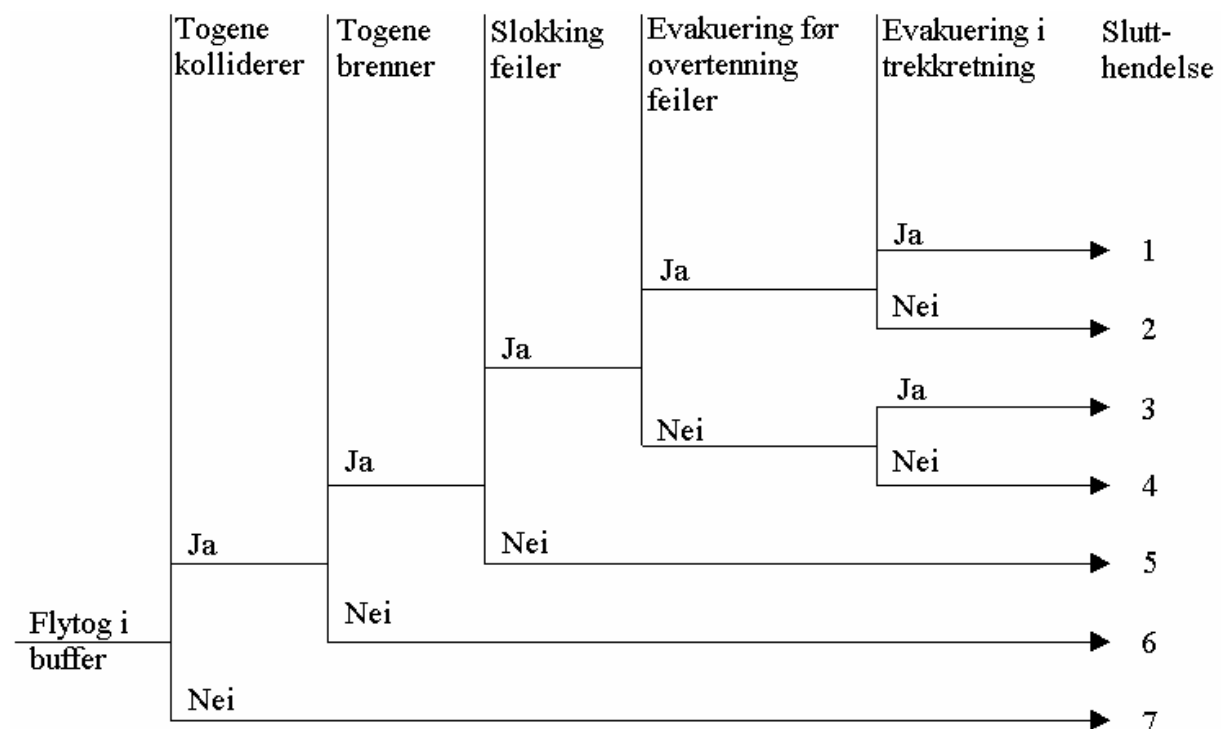
Det er her definert uønskede hendelser som kan skje i kulvert ved Gardermoen. Disse er presentert med hendelse, årsak og konsekvens. Dette danner grunnlag for selve grovanalysen, men det er ikke formulert tiltak da dette kommer frem i kapittel 5. De definerte hendelsene ligger til grunn for tre større hendelser som omfatter beredskapen i kulverten. Disse er satt opp som hendelsestre, hvor hver av slutthendelsene beskrives med konsekvens.

4.6 Hendelsestreanalyse

Det er satt opp tre hendelsestreanalyser med scenario hvor skadepotensialet er stort, selv om de har lav sannsynlighet. Det vil på denne måten visualisere det verste som kan hende, og derfra danne grunnlag for identifisering av mulige katastrofer.

4.6.1 Flytog i buffer

Flytog på vei fra perrongen inn i kulvert for å vente på neste avgang. ATC ute av funksjon og menneskelig svikt fører til at toget kjører inn i buffer i 40 km/t. Dette medfører at deler av flytoget kommer over i sporet til Norges Statsbaner (NSB). I samme tidspunkt kommer et fullsatt NSB- tog nordfra i 70 km/t.



Figur 4.3 Hendelsestre - Flytog i buffer

Slutthendelse 1

Et fullsatt NSB- tog kolliderer med flytoget og sporer av på vei inn i kulvert. Som en konsekvens av kollisjonen begynner togene å brenne. Fordi evakueringen ut av toget før overtenning feiler, vil de fleste av passasjerene omkomme i toget. Passasjerer som kommer seg ut av toget før overtenning, evakuerer i trekkretning. Disse vil da mest sannsynlig også omkomme. Hendelsen vil føre til store materielle skader på tog og kulvert.

Slutthendelse 2

Begynnelsen blir som i slutthendelse 1, men de som redder seg ut evakuerer mot trekkretning. Antall omkomne kan derfor bli færre enn i slutthendelse 1. Hendelsen vil også her føre til omfattende materielle skader.

Slutthendelse 3

Et fullsatt NSB- tog kolliderer med flytoget og sporer av på vei inn i kulvert. Togene begynner å brenne og slokking feiler. Passasjerene evakueres før overtenning, men de fleste av passasjerene vil omkomme fordi de rømmer i trekkretning. Det vil bli betydelige materielle skader.

Slutthendelse 4

Utgangspunktet blir som i slutthendelse 3. Men her vil passasjerene evakueres mot trekkretning. Derfor vil antall omkomne bli lavere, men en vil få de samme materielle skadene.

Slutthendelse 5

Etter kollisjonen vil togene begynne å brenne, men på grunn av rask innsats vil brannen slokkes tidlig. Dette fører til mindre materielle skader enn i de tidligere slutthendelsene, og det vil bli flere overlevende. En del av de overlevende vil være alvorlig skadet. Man må likevel anta at mange passasjerer vil omkomme som følge av sammenstøtet eller brannen.

Slutthendelse 6

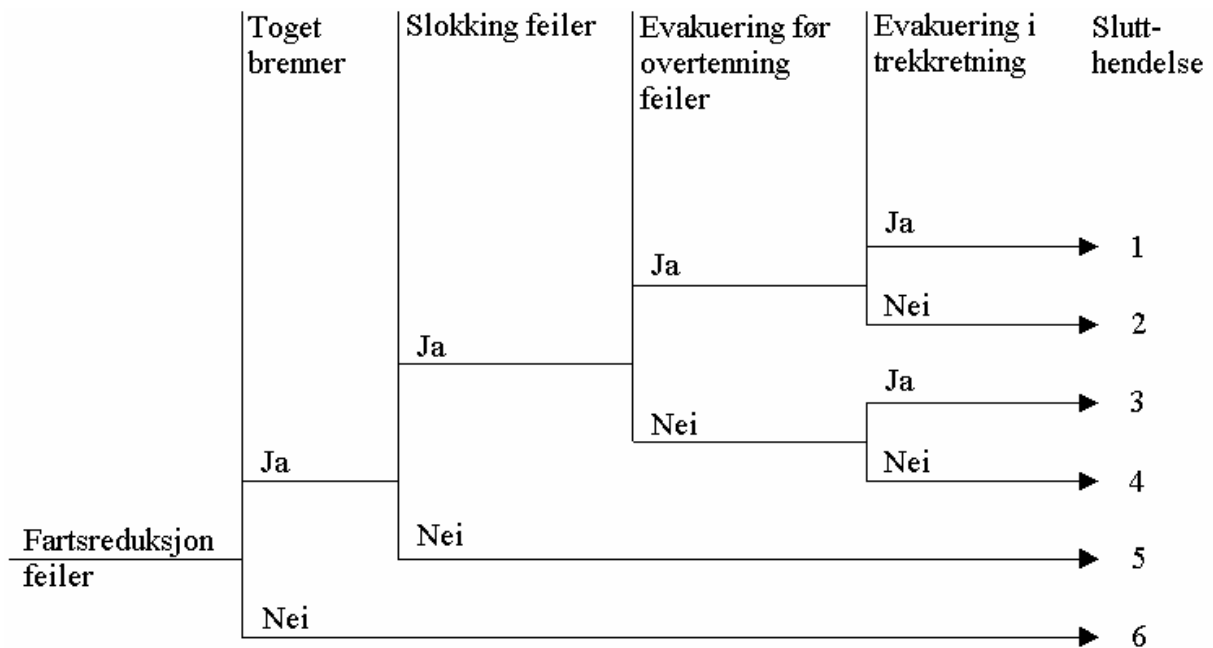
Kollisjonen vil ikke medføre at togene begynner å brenne, men noen av passasjerene vil sannsynligvis bli alvorlig skadet eller omkomme i selve sammenstøtet. De materielle skadene vil begrense seg til togene og mindre skader på kulvert.

Slutthendelse 7

NSB- toget stopper og en unngår kollisjon med flytoget. Flytoget vil få materielle skader som følge av kollisjon med endebutt. Ingen omkomne eller alvorlig skadet.

4.6.2 Flytog gjennom kulvert uten fartsreduksjon

Et fullsatt flytog er på vei inn på perrongområdet. Det oppstår en situasjon med menneskelig svikt og ATC ute av funksjon. Flytoget kjører dermed forbi perrongen i høy hastighet og inn i kulverten. Flytoget sporer av i sporveksler på grunn av for høy hastighet.



Figur 4.4 Hendelsestre - Flytog gjennom kulvert uten fartsreduksjon

Slutthendelse 1

Etter avsporing begynner toget å brenne. Slokking og evakuering før overtenning feiler. Konsekvensen av at toget velter i høy hastighet, samt at toget brenner, fører til at de fleste av passasjerene omkommer. Dersom noen overlever avsporingen evakuerer de i trekkretningen. De vil mest sannsynlig omkomme på grunn av røykskader. Det vil bli betydelige materielle skader på tog og kulvert.

Slutthendelse 2

Begynnelsen blir som i slutthendelse 1, men de som eventuelt overlever evakuerer mot trekkretning. Mulighetene for å overleve er minimale, men likevel større enn i slutthendelse 1. Store materielle skader på tog og kulvert.

Slutthendelse 3

Toget begynner å brenne og slokking feiler. De fleste passasjerene vil omkomme som en konsekvens av avsporingen. De som overlever evakuerer i trekkretning, og vil derfor mest sannsynlig omkomme som følge av røykskader. Som i de tidligere slutthendelsene vil det også her bli omfattende materielle skader.

Slutthendelse 4

Innledning som i slutthendelse 3, men her vil de passasjerene som overlever avsporingen evakuere mot trekkretningen. Sannsynligheten for å overleve er lav, men allikevel større enn i slutthendelse 3. De materielle skadene blir store.

Slutthendelse 5

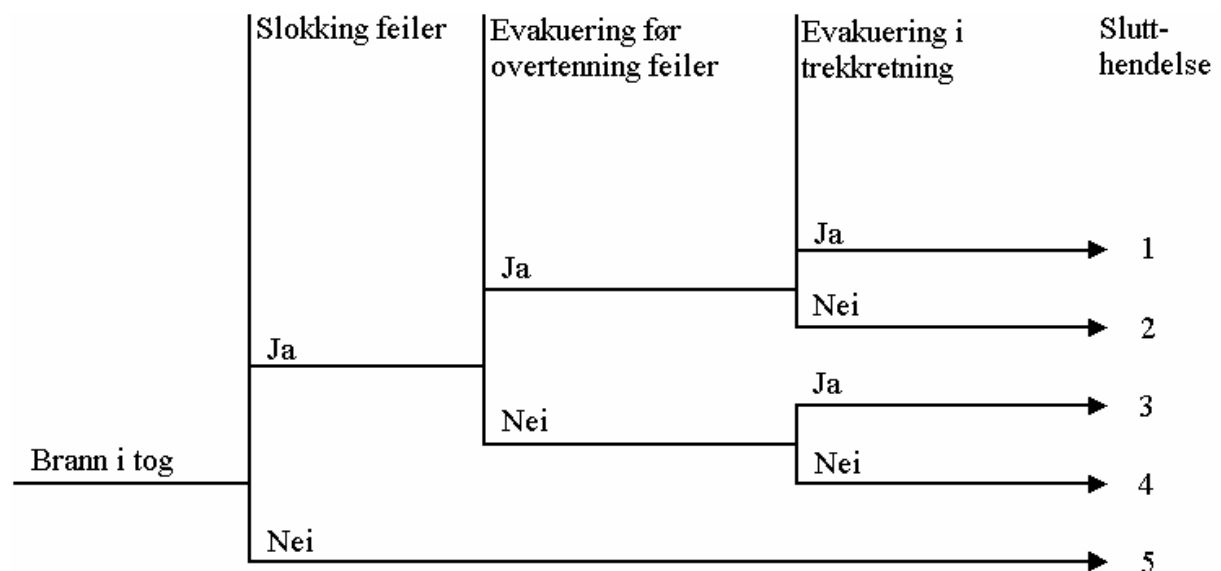
Etter avsporingen begynner toget å brenne, men rask innsats hindrer at brannen utvikler seg. Derfor vil en del av passasjerene ha større sannsynlighet for å kunne overleve, men de fleste vil allikevel omkomme som følge av avsporingen. Selv om brannen ikke får utvikle seg, vil de materielle skadene fra avsporingen være betydelige.

Slutthendelse 6

Avsporingen vil ikke føre til brann. Antall omkomne blir imidlertid omfattende grunnet avsporingen. Betraktelige materielle skader på tog og kulvert.

4.6.3 Brann i tog

NSB- tog på vei inn i kulvert fra nord. En passasjer oppdager et branntilløp i en av vognene og aktiverer nødbremse. Toget blir stående midt inne i kulverten fordi togfører ikke får overstyrt nødbremsen. Brannen utvikler seg hurtig.



Figur 4.5 Hendelsestre - Brann i tog

Slutthendelse 1

Brannen får utvikle seg og ikke alle mennesker kommer ut før overtenning. De som redder seg ut evakuerer i feil retning og blir utsatt for røyk og varme fra brannen. Stort antall omkomne, fordi det i tillegg til de som forulykker på toget vil kunne være noen som mister livet under rømning i tunnelen. Omfattende skader på tog og kulvert.

Slutthendelse 2

Innledningen blir som i slutthendelse 1, men de som redder seg ut før overtenning evakuerer i riktig retning. Mange vil omkomme på toget, men de som redder seg ut kan berge livet ved å rømme mot trekkretning. Flere av de overlevende vil være alvorlig skadet. Omfanget av de materielle skadene vil være betydelige.

Slutthendelse 3

Evakuering av toget lykkes, men en overtenning i toget vil skje raskt. Dette vil medføre høy temperatur og sterk røykutvikling i kulverten. Problemet er at passasjerene evakuerer i trekkretning og dette vil innebære en stor fare. Mange omkomme og alvorlig skadet. Store materielle skader på tog og kulvert.

Slutthendelse 4

Slokking feiler og brannen sprer seg til de andre vognene. Passasjerene bringer seg i sikkerhet, før overtenning, ved å evakuere mot trekkretning. Ingen omkomne, men en del skadde. Tog og kulvert vil få betraktelige skader.

Slutthendelse 5

Passasjerene evakueres raskt og brannen sløkkes før den får utvikle seg. Det vil bli liten røykutvikling og ingen vil omkomme eller bli alvorlig skadet. Små materielle skader.

5 DISKUSJON

Dette kapittelet belyser kritiske faktorer i forbindelse med kulverten, med tilhørende forslag til korrigerende tiltak.

5.1 Akseptkriterier

Den mest brukte inndelingen av akseptkriterier er etter ALARP-prinsippet som tar utgangspunkt i tre konsekvensklasser, akseptabelt, tolerabelt og uakseptabelt område. Denne konsekvensinndelingen er anerkjent også i internasjonale sammenhenger. Jernbaneverket har, i henhold til anbefalinger i CENELEC EN 50126 [27], fire konsekvensklasser hvor en graderer etter risikokategoriene 0,1,2 og 3. Her utgjør 0 og 3 det samme som akseptabelt og uakseptabelt område etter ALARP-prinsippet, mens 1 og 2 utgjør tolerabelt område. Dersom risikoen ligger i ALARP-område, må den ansvarlige iverksette alle kostnadseffektive, risikoreduserende tiltak. Jernbaneverkets inndeling gir derfor en mer detaljert fremstilling av ALARP-område, med tanke på kost-nytte vurderinger.

5.2 Aktiv brannbeskyttelse

5.2.1 Sprinkling

Jernbanekulverten på Gardermoen er utført i betong, og ved en brann vil bruk av sprinkler forhindre høye temperaturer og skader på betongen.

Betong inneholder en del vann, og ved en hurtig oppvarming vil vannet i betongen ekspandere så fort at det presser stykker av betongoverflaten. Dette fører til at armeringen vil bli oppvarmet og konstruksjonen svekkes.

Det har vist seg at høyere betongkvalitet har dårligere branntekniske egenskaper [28], og siden kulverten er utført i betongklasse C-45, vil den være utsatt for avskalling ved høye temperaturer.

Et tiltak for å hindre oppvarming og avskalling av betongen, kan være å installere sprinkler montert mot betongoverflaten. På denne måten blir overflaten kjølt ned, og den kan tåle større påkjenning. Dette ble gjennomført i en test i Nederland, og det viste seg at betongen ble så nedkjølt at en hindret avskalling [28].

5.2.2 Brannvann

Hovedhensikten med slokking ved større branner, er å forhindre at brannen sprer seg.

Det nærmeste brannvannsuttaket ved kulverten er i nordre ende av perrongområdet, og for å kunne bekjempe en brann i kulverten må det derfor legges slangeutlegg. Tidligere hendelser har vist at dette kan ta opptil 10 min. pr. 100 m [20]. Siden det ikke er installert brannvann i kulverten, kan avstand fra ulykkesstedet til nærmeste brannvannsuttak bli lang.

Innsats med slanger er svært tungt og fører til at mannskapene forbruker mye mer luft enn ellers. På tunnelbrannøvelse med Nordre Follo brannvesen, opplevde mange at nesten halve luftkvoten i flaskene var brukt opp før de i det hele tatt hadde påbegynt slokkearbeidet [29]. Dette er en stressfaktor som har negativ påvirkning på redningsarbeidet.

I Jernbaneverkets regelverk er det ikke krav om brannvannsledning [3], men FOBTOB, § 4-5 Slokkevann, stiller derimot krav om tilstrekkelig slokkevannskapasitet i særskilte brannobjekter.

Det ble prosjektert brannvannsuttak gjennom hele kulverten, mens det i realiteten bare er uttak for spylevann. Tiltak vil være å utstyre kulverten med brannvann, for å lette arbeidet til slokkemannskap.

5.2.3 Deteksjon

Installering av deteksjonssystem, kombinert med korrekt ventilasjonsstrategi, ville redusert innsatstiden og gi brannmannskapene lettere tilgang til brannen.

Det finnes flere typer linjedetektorer på markedet, men noen er bedre egnet til bruk i tunnel. En linjedetektor basert på kabel med termoelement kan være et rimelig alternativ til tidlig deteksjon. Denne typen detektor ble anbefalt etter en full skala test i Bømlafjordtunnelen i desember 2000 [30].

Fordelen med linjedetektorer er at de dekker et stort området med bare en linje. På noen typer er det også mulig å adressere branntilløpet. En annen fordel er at responstiden er lav, og at de tåler store påkjenninger, som f. eks. korrosjon og mekanisk påkjenning. Noen linjedetektorer fungerer like bra etter en brann, mens andre må bytte ut enkelte deler. Dette viser at en linjedetektor vil være godt egnet i kulverten.

Ved et hovedprosjekt utført ved Høgskolen Stord/Haugesund våren 2002, ble fire forskjellige linjedetektorer testet, hvor to er helt nye på markedet [31].

5.2.4 Ventilasjon

I kulvert er det plassert ti vifter, som har en samlet skyveeffekt på 4000 N. Når togledelsen blir informert om en ulykke i kulverten, står det nedfelt i instruksene at viftene skal startes umiddelbart. I tillegg kan viftene styres fra Elkraftsentralen, lokalt fra nødstyretablå og fra driftscentralen til OSL, som vist i kapittel 3.1.4. Ved test av viftene under befarings, viste det seg at styring av viftene lokalt fra driftscentralen ikke fungerte.

Ved høye vindhastigheter fra nord, større enn 5 m/s, skal viftene stanses [32]. Vindmålingene, presentert som vedlegg, viser at dette vil være aktuelt ca. 4,8 % av året. Siden viftene i en ulykkesituasjon startes umiddelbart, vil en stans medføre problemer for evakuering. Dette vil føre til en naturlig ventilering mot sør, som er retningen passasjerene evakueres i.

Tiltak vil derfor være å gjennomgå prosedyrer for bruk av viftene, og å se på ventilasjonsstrategien. Viftene skal ikke startes dersom vindstyrken er over 5 m/s, og derfor bør vindstyrken undersøkes før start av viftene.

5.3 Rømning

Før brannvesenet ankommer er det togpersonellet som har ansvar for å lede passasjerene ut av toget og i sikkerhet, dette kan bl.a. gjøres ved hjelp av høyttaleranlegg i tog. Blant passasjerene kan det også være noen som trenger fysisk hjelp til rømning, som uføre, handikappede og skadede. Disse må hjelpes helt ut av kulverten slik at sikker evakuering er oppnådd.

Ved en evakuerings situasjon i kulverten er det flere forhold som kan forverre rømning: høyde ned til bakkenivå, togvelt, hindringer i rømningsvei og røyk i rømningsvei.

Tiltak som reduserer nødvendig rømningstid kan være deteksjon av røyk og varme, varsling av brann, informasjon før og under rømning, merking og belysning av rømningsvei, samt organisatoriske tiltak som opplæring, trening og bemanning.

Avstandene mellom nødskilt er stor, og de er små i forhold til dimensjonen på kulverten. Dette kan bli et problem i forhold til røyktetthet i rømningsvei og antall mennesker som skal evakueres. Det ville derfor vært mer hensiktsmessig med større og flere nødskilt. Et annet tiltak for å bedre rømningslys er å installere lavt ledelys langs bakkenivå. Lavt montert ledelys er en stor fordel hvis det blir røyk i rømningsveier, men på grunn av støvmengden i kulverten kan dette bli et problem.

Blinkende lys tiltrekker oppmerksomhet, og kan gjøres så kraftig at de synes i tett røyk. Montering av syklisk lysmarkering for rømning kan derfor være et tiltak som bør undersøkes nærmere. Lysene settes opp etter hverandre i retning mot nødutgangene.

5.4 Brannvesen

5.4.1 Brannvesenet deltok ikke i prosjekteringsfasen

Brannvesenet ved OSL deltok ikke under planleggingen av kulverten. Dette er noe som er helt vanlig i byggeprosjekt, men som derimot kan føre til uheldige løsninger på utføringen. Ved å bruke den kompetansen som brannvesenet sitter inne med, kan en komme frem til bedre branntekniske løsninger. Dette kan igjen ha stor betydning siden det er brannmannskapene som skal gjøre en innsats ved en ulykkessituasjon. Økonomien og det estetiske blir prioritert. Dermed blir praktiske løsninger ikke tatt hensyn til, og ved større ulykker kan dette få alvorlige konsekvenser.

5.4.2 Innsatsplan

Det foreligger ingen spesifikk innsatsplan for kulverten. Dette er et krav i henhold til dimensjoneringsforskriften, § 2-4 Brannordning. Innsatsplan er særlig viktig ved objekter som kan føre til store tap av menneskeliv ved en ulykke. Øvelser og samarbeid om tiltak ved branner og andre ulykkessituasjoner er også viktig. Dette bør skje mellom eier, politi, helse- og brannvesen. For at innsatsen skal være effektiv, er det viktig at brannmannskapene får anledning til å øve på dette på forhånd.

Tiltak bør være utarbeiding av konkrete innsatsplaner for kulverten. Ved å gjennomføre jevnlig øvelser, kan innsatsplanene oppdateres og bli mest mulig optimale.

5.4.3 Tilkomst

Brannvesenet har to måter å komme inn i kulvert på, den ene fra nord og den andre fra sør. Ved en ulykke skal evakuering i hovedsak foregå mot perrongområdet, men her vil ikke brannbilene ha tilkomst eller mulighet til å komme inn i kulvert. Se kapittel 3.1.4 for plassering av brannvannsuttak.

I nord vil derimot brannbilene ha tilkomst helt ned til kulvertåpning, men veien ned er smal og kronglet, som vist i kapittel 9, bilde nr. 08. Dette kan løses ved å plassere en av de mindre bilene nede ved kulvert, som etterfylles med vann fra andre brannbiler. Hensikten med dette er minst mulig bruk av tilkomstvei, som oppnås ved at bilen som etterfyller er plassert ovenfor kulvertåpning.

Ved nordenden er det montert en trapp ned til skinnegang som skal brukes ved evakuering mot nord. Denne skal lette tilkomsten til rednings- og slokkemannskap.

NSB har kjøpt en beltevogn som er påmontert sporfølger til bruk på skinnegang i kulvert. Det skal monteres en tank for vann eller skum på beltevognen, for å bistå under slokkeinnsats. Dårlig tilkomst til kulverten og manglende brannvannsuttak, gjør at dette tiltaket bør iverksettes snarest.

Et tiltak i nord kan være å se på muligheter for utvidelse av tilkomstvei for å komme ned til kulvertåpning med flere og større brannbiler.

5.4.4 El. tilførsel

I kulvert er det strømkabler som forsyner togene med kjørestrom, montert i taket over togskinne. Togledelsen stenger strømmen når de blir informert om en ulykke i kulverten, og Brann- og redningsavdelingen har i tillegg jordingsstenger som hektes på kjøreledningene. På denne måten stenges strømføringen i kabelen og det er mulig å gå inn i kulvert. Dette vil ikke påvirke resten av flyplassen.

Det elektriske anlegg føres i kabelkanaler langs begge sidene i kulvert. Disse inneholder fiberkabler til lavspent, telefonkabel og signalkabel. I tillegg ligger hovedstrømkabel på høyre side fra perrongområdet. Togleder stenger denne, dersom Fagleder Brann har vurdert det som nødvendig.

I nødsituasjon er det avgjørende at evakuering og slokkingsarbeid foregår uten at redningspersonell blir utsatt for unødig fare. Derfor bør det komme prosedyrer for alle de involverte parter, hvor det klart går frem hva som skjer i en slik situasjon, og hvem som har ansvar.

5.4.5 Kompositt

En del av hovedkonstruksjonen på flytog består av komposittmateriale. Dersom den knuses i en kollisjon blir det frigjort fint støv som er farlig å puste inn, og som ved brann utvikler farlige gasser. Støvet som blir frigjort legger seg nederst i lungene, og er så skarpe at de ødelegger alveolene. Ved en kollisjon eller brann vil brannvesen benytte fullt åndedrettsvern for å ikke bli eksponert for dette farlige støvet.

Det blir benyttet vann for å hindre at partiklene med kompositt sprer seg. Prosedyrene er de samme som ved brann i fly, da flykroppen for det meste er laget av kompositt.

Eksponeringen for støv og branngasser vil være høyere i kulvert enn utvendig, og det bør derfor foreligge egne prosedyrer for innsatspersonell.

5.5 Uønskede hendelser

5.5.1 Tidligere hendelser

Fra kulvert åpnet i 1998 har det til nå skjedd 6 ulykker. Disse utgjør brann i elektrisk anlegg, påkjørsel av endebutt og 4 avsporinger. Ingen av ulykkene har vært så alvorlig at de kan kategoriseres i risikonivå 3, men tiltak er iverksatt.

Det er etablert ATC i kulverten, og sporsperre for sporveksling som styres av togledelsen. Noen av avsporingene har funnet sted ved påkjørsel av sporsperre.

De involverte partene i kulvert, OSL, Jernbaneverket og NSB, har alle forskjellige rutiner for registrering av uønskede hendelser. Her burde de enten ha et samlet system, eller ha områder i egne system og rutiner, hvor alle ulykker ble registrert. Dette ville medføre at alle til en hver tid har oversikt over tidligere uønskede hendelser i kulvert.

5.5.2 Terroraksjon og farlig gods

Terroraksjon er et mer utbredt tema i dag enn tidligere, men på grunn av økende overvåkning er sannsynligheten for at dette skal skje liten. Konsekvensene kan allikevel bli svært store ved terroraksjon i kulverten. Dette kan blant annet føre til at hele konstruksjonen blir svekket, og i verste fall rase sammen.

Det går ikke noe godstog gjennom kulverten, da disse kjører den gamle Hovedbanen. Men en kan tenke seg en situasjon der denne banen ble stengt og togene måtte kjøre Gardermobanen.

De mest vanlige farlig gods som blir transportert med tog er: saltsyre, klor, svoveldioksid, ammoniakk, propan og diverse andre gasser. Avsporing eller en brann i et slikt tog, ville ført til en svært alvorlig situasjon i kulverten. Det kunne ha oppstått en eksplosjon og utslipp av svært giftige kjemikalier kan forekomme.

Eksplosjon kan skyldes eksplosive stoffer eller brennbare væsker eller gasser som lekker ut, fordampes og blandes med luft i konsentrasjoner som gjør blandingene eksplosive. Dette vil bare forekomme som følge av sammenstøt, avsporing, brann eller sabotasje.

De væsker og gasser som er spesielt farlig, er propan transportert i flytende form og brennbare væsker med høyt damptrykk. Ved kraftige sammenstøt som ødelegger tanker, kan også tyngre væsker som dieselolje og jet-brennstoff danne en eksplosiv blanding som lett antennes av gnist [2].

Forutsetningene for at det skal dannes eksplosive blandinger i en tunnel er helt annerledes enn ved lekkasje i det fri. Forskjellen er at en ikke får like rask fortykning av et utslipp av brennbar gass eller damp som i det fri. Det vil derfor være mulighet for en større oppsamling av brennbar gass og en større sannsynlighet for en omfattende eksplosjon. I en tunnel vil det dessuten være mindre muligheter for at en innsatsstyrke skal kunne gripe inn for å begrense eller hindre en farlig utvikling, for eksempel ved å kjøle eksplosive tanker. Faren er derfor stor for et ukontrollert forløp.

For at det skal oppstå en eksplosjon kreves det også en antenneskilde. Kilden kan være gnistdannelse eller lysbue fra en avrevet kjøreledning. Varmgang samtidig med lekkasje er også en mulig årsak. I en tunnel kommer i tillegg muligheten for at det dannes gnister dersom metalldele treffer tunnelveggen i samband med sammenstøt eller avsporing. Sannsynligheten for at utslipp av brennbar gass eller damp fører til eksplosjon er derfor større i en tunnel.

En eksplosjon i en tunnel kan ikke ventileres i alle retninger slik en eksplosjon i det fri. En vil derfor kunne få en tilnærmet uhindret propagering langs tunnelen og ut av tunnelåpningen. Mennesker som oppholder seg i, og også et stykke utenfor tunnelen, vil derfor kunne være i faresonen selv om de befinner seg relativt langt fra eksplosjonen. Et tog i tunnelen, spesielt et langt tog, vil påvirke utviklingen vesentlig. Det vil skape turbulens som kan forverre situasjonen.

Skadene på mennesker og materiell vil være avhengig av eksplosjonstrykk og trykkbølger.

5.5.3 Påsatt brann

Det kan synes som et økende problem at flere branner bli påsatt [2]. Selv om sannsynligheten for brann i tog er liten, er det vanskelig å gardere seg mot branner som blir påsatt. Dette bør tas hensyn til ved utarbeidelse av tiltak i kulvert.

5.6 Oppsummering

Ut fra dette kapittelet kan man trekke frem ulike tiltak som bør sees nærmere på. Tiltakene er bygget på egne erfaringer og de gjeldende scenario representerer ideer til områder med forbedringspotensial. Noen av tiltakene er dokumentert gjennom forsøk, mens andre har potensial for utprøving.

De forskjellige tiltakene er listet opp i det følgende:

- Montere sprinkler i kulvert.
- Etablering av brannvann gjennom hele kulvert.
- Installere deteksjonssystem.
- Gjennomgå prosedyrer for bruk av viftene
- Vurdering av dagens nødskilting
- Utarbeidelse av konkrete innsatsplaner for redningspersonell i kulvert.
- Ferdigstille beltevogn og utvidelse av tilkomstvei i nord
- Klare prosedyrer for el. tilførsel i nødsituasjon
- Egne prosedyrer for innsatspersonell angående kompositt.
- Etablering av samlet system for registrering av uønskede hendelser

6 KONKLUSJON

Som et resultat av kapittel 5 kan en konkludere med at følgende tiltak bør undersøkes nærmere:

- Etablering av brannvann gjennom hele kulvert.
- Installere deteksjonssystem i kulvert.
- Utarbeide konkrete innsatsplaner for redningspersonell i kulvert.
- Etablering av samlet system for registrering av uønskede hendelser.

Brann- og Redningsavdeling ved OSL anbefales å bruke denne risikoanalysen til å revidere sine beredskapsplaner og innsatsplaner. Videre bør OSL gå i dialog med Jernbaneverket, NSB og Flytoget for å avgjøre om det skal gjennomføres tiltak for forbedring.

7 VIDERE ARBEID

Som et resultat av denne rapporten er det kommet frem til områder som det kan være nyttig å jobbe videre med. Rapporten bør videre danne grunnlag for beredskapsanalyser og revisjoner av beredskapsplaner for kulverten. Noen av tiltakene har potensial for utprøving, og det videre arbeidet bør også inkludere at en holder seg oppdatert på nye og fremtidige løsninger.

8 LITTERATUR

- [1] Statens forvaltningstjeneste, *Norges offentlige utredninger 1999: 28, Gardermoprosjektet*, AIT Otta AS 1999
- [2] Norges Byggstandardiseringsråd, *Risikoanalyse av tunneler og underjordiske anlegg for T-bane og jernbane*, Veiledning til NS 3901, desember 2001
- [3] Samferdselsdepartementet, *Forskrift om krav til jernbane, herunder sporvei, tunnelbane og forstadsbane m.m. (Kravforskriften)*, FOR-2001-12-04-1334
- [4] Næringslivets Sikkerhetsorganisasjon, *Risikoanalyse*, August 2000
- [5] Aven, Terje, *Pålitelighets- og risikoanalyse*, Universitetsforlaget, 2. utgave 1998
- [6] Rausand, Marvin, *Risikoanalyse - Veiledning til NS 5814*, Tapir Forlag, 1991
- [7] Norges Byggstandardiseringsråd, *Risikoanalyse av brann i byggverk*, Veiledning til NS 3901, oktober 1998
- [8] Jernbaneverket, *Styringsystem 1B*, 01.08.2001
- [9] Jernbaneverket, *Styringsystem 1A*, 01.06.2001
- [10] Beredskapsplan teknisk del, Jernbaneverket
- [11] Jernbaneverket, *Regler for prosjektering og bygging*, Dok. nr. JD 520, 01.01.98
- [12] Trykk 408, *Branntekniske krav for skinnegående materiell unntatt godsvogner*, 2. utgave 1996
- [13] Oslo Lufthavn Gardermoen, *Kvalitets- og ledelsessystem*
- [14] Forskrift om brannforebyggende tiltak og brannsyn (FOBTOB), 5. juli 1990 nr. 546
- [15] Blume, Gary, *Smoke and Heat Production in Tunnel Fires – Smoke and Hot Gas Hazards. Proceedings of the International Conference on Fires in Tunnels*, Borås, Sweden 1994.
- [16] Hoelsbrekken, Sigurd, *Brannsikkerhet, prosjektering og dokumentasjon*, Universitetsforlaget 1998
- [17] Dahle, Geir, *Brannsikkerhet i tunneler*, Brannmannen 6/99
- [18] Frantzich, Håkan, *Utrymning av tunnelbanetåg*, Räddningsverket, Rapport P21-339/00, 2000

- [19] Casale, Eric, Marlair, Guy, Heptane fire tests with forced ventilation, *Proceedings of the International Conference on Fires in Tunnels*, Borås, Sweden 1994
- [20] Haack, Alfred, Introduction to the Eureka – EU 499 Firetun Project, *Proceedings of the International Conference on Fires in Tunnels*, Borås, Sweden 1994.
- [21] Ingvar Gjerland, *Nødløys – kompendium*, 2001
- [22] Norsk Standard, *Risikoanalyse av brann i byggverk. NS 3901*, 1. utgave mai 1998
- [23] Nordiska kommittén för byggbestämmelser, *Funktionsbestemte brandkrav og Teknisk vejledning for beregningsmæssig eftervisning*, NKB Utskotts- og arbeidsrapporter 1994:07
- [24] Galea, E.R, A full scale evacuation experiment involving an overturned smoke filled rail carriage. *International Seminar Fire in Trains. Escape and Crash Survival*. London Heathrow March 2001. Independent Technical Conferences Ltd.
- [25] Jernbaneverket, *Oversikt over driftsulykker og sikringstiltak 1998-2000*, HTRF
- [26] Flytoget, *Årsrapport 2000*
- [27] Railway Applications - *The Specification and Demonstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)*, Mai 1998
- [28] Kees, Both, Tunnel fire safety, *Interflam 2001*, Edinburgh conference centre, Scotland, September 2001
- [29] Synnøve Haram, *Brannvesen i tunnelbrann*, Brannsikkerhet 2/02
- [30] Alf Nilsen, T. Log, P. Lindvik, Full – scale fire testing in sub sea public road tunnels, *Interflam 2001*, Edinburgh conference centre, Scotland, September 2001
- [31] Sandal, G, Grimstvedt, K, Sandvik, J.A, *Evaluering av varmedetekterende linjer*, Hovedprosjekt ved Høgskolen Stord/Haugesund, 2002
- [32] Børresen, B.A, Madsen C.N, *Røykventilasjon*, Techno Consult, dok. nr. 620443

Kontaktpersoner:

Sandbakken, Anders, OSL Brann og Redningsavdeling, tlf: 95148735
Granhaug, Sven, Jernbaneverket, tlf: 91657768
Martinsen, Asle, Flytoget AS, tlf: 91876181
Lindvik, Per Arne, ResQ, tlf: 91123985
Hagen, Bjarne Chr., HSH, tlf: 99258544

9 PLANSJER



Bilde nr. 01



Bilde nr. 02



Bilde nr. 03



Bilde nr. 04



Bilde nr. 05



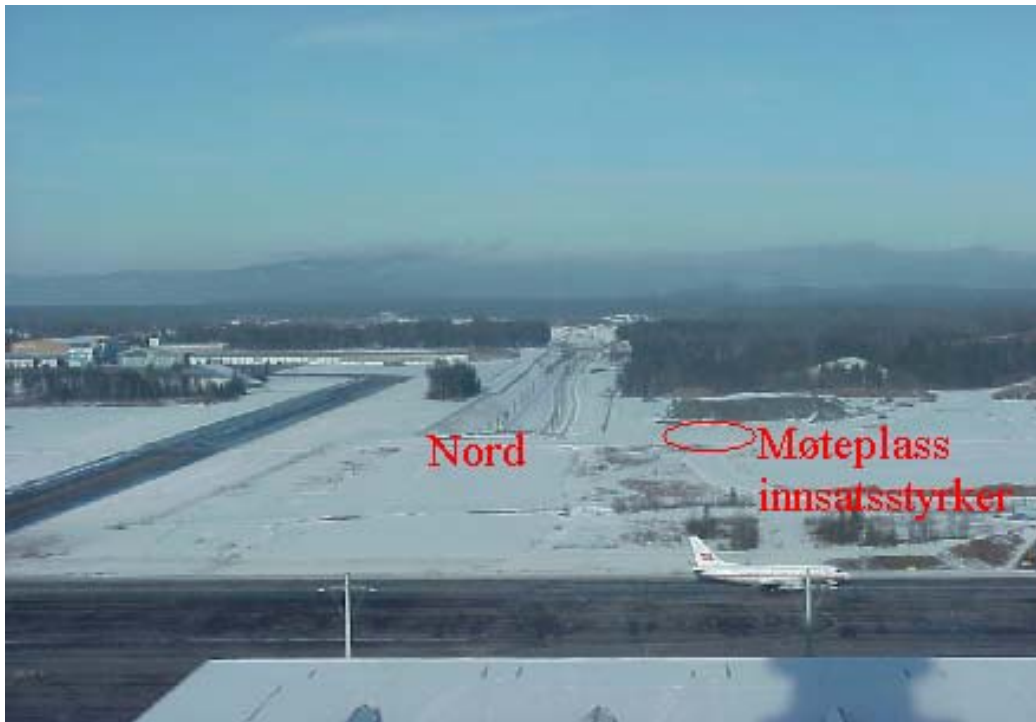
Bilde nr. 06



Bilde nr. 07



Bilde nr. 08



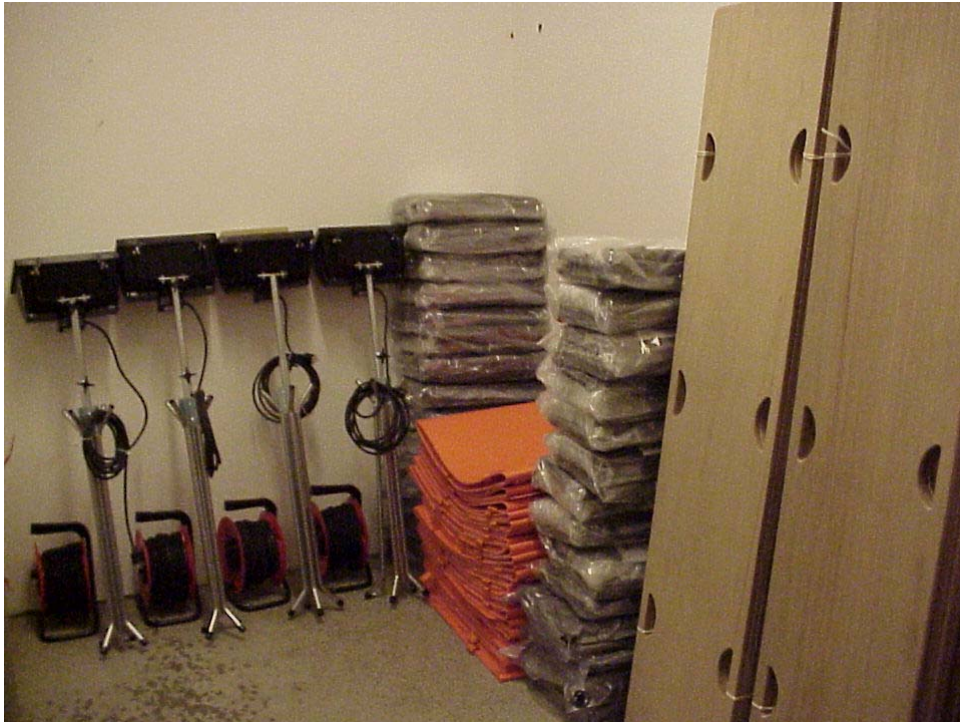
Bilde nr. 09



Bilde nr. 10



Bilde nr. 11



Bilde nr. 12



Bilde nr. 13



Bilde nr. 14

10 VEDLEGG

Meteorologisk institutt har ved Gardermoen registrert 6155 vindmålinger fra 01.01.1998 til 19.03.2002. De 297 vindmålingene som var over 5 m/s og med vindretning nord-nordøst (0°-30°, der 0°=360°), blir presentert som vedlegg. Disse målingene utgjør 4,8 % av totalt antall målingene fra denne perioden ($297/6155 \cdot 100 = 4,8 \%$).

Vindmålinger fra Gardermoen 1998-2002:

Stasjoner

Stnr	Navn	Type_beskrivelse	I drift fra	Hoh	Kommune
4780	GARDERMOEN	Værstasjon - synop	jan.46	202	ULLENSAKER

Elementer

Para	Beskrivelse	Enhet
DD	Vindretning	Grader
FF	Vindhastighet (10 meter) (10 minutters middel)	m/s
FG	Vindkast (10 meter)	m/s
FX	Høyeste vindhastighet (10 minutters middel)	m/s

Observerte vindmålinger fra nord-nordøst med vindstyrke over 5 m/s:

Stnr	År	Mnd	Dag	Time	DD	FF	FG	FX
V04780	1998	1	19	7	20	8,2	12,3	8,2
V04780	1998	1	19	13	10	8,7	12,3	8,7
V04780	1998	1	19	19	20	9,3	15,4	10,8
V04780	1998	1	20	1	360	9,8	18,0	11,8
V04780	1998	1	20	13	360	7,2	13,4	8,7
V04780	1998	2	2	19	20	7,2	9,3	7,2
V04780	1998	2	3	1	360	7,2	11,8	7,7
V04780	1998	2	3	7	10	6,7	13,4	9,8
V04780	1998	2	16	13	360	5,1	9,3	5,7
V04780	1998	3	6	7	30	5,1	7,2	6,2
V04780	1998	3	20	13	360	9,3	14,9	11,3
V04780	1998	3	22	13	20	5,1	-	5,7
V04780	1998	3	31	19	10	7,7	-	8,2
V04780	1998	4	1	1	10	6,7	-	11,8
V04780	1998	4	4	7	30	5,1	-	6,7
V04780	1998	4	4	13	30	5,7	-	6,7
V04780	1998	4	5	1	30	5,1	-	6,2
V04780	1998	4	5	13	10	5,1	-	5,7

V04780	1998	4	11	13	20	5,7	-	6,2
V04780	1998	4	12	1	20	5,7	-	7,7
V04780	1998	4	12	7	30	6,2	-	7,2
V04780	1998	4	12	13	30	5,1	-	9,8
V04780	1998	4	30	19	10	5,1	-	-
V04780	1998	5	1	7	10	5,1	-	-
V04780	1998	5	1	13	30	5,1	-	-
V04780	1998	5	3	1	10	6,2	-	-
V04780	1998	5	3	13	20	8,7	-	-
V04780	1998	5	12	7	20	6,2	-	9,3
V04780	1998	5	20	1	360	5,7	-	6,2
V04780	1998	5	21	19	360	7,2	-	11,8
V04780	1998	5	22	1	10	7,7	-	8,2
V04780	1998	5	22	7	360	7,2	-	7,7
V04780	1998	5	22	13	360	7,7	-	12,3
V04780	1998	5	25	1	360	5,1	-	5,1
V04780	1998	6	1	1	20	6,7	-	9,3
V04780	1998	6	1	7	20	6,7	-	9,8
V04780	1998	6	5	1	10	5,7	-	7,2
V04780	1998	6	16	7	10	7,7	-	9,8
V04780	1998	6	16	19	360	8,2	-	10,8
V04780	1998	6	17	1	10	7,2	-	10,3
V04780	1998	6	20	7	20	5,1	-	6,2
V04780	1998	7	2	7	30	5,1	-	7,7
V04780	1998	7	6	19	10	6,7	-	9,3
V04780	1998	7	7	19	20	6,2	-	7,2
V04780	1998	8	13	19	360	5,1	-	5,7
V04780	1998	8	14	1	20	5,1	-	6,2
V04780	1998	8	22	19	360	5,1	-	5,1
V04780	1998	8	26	7	360	6,7	-	8,2
V04780	1998	8	26	13	360	6,7	-	8,2
V04780	1998	8	27	13	360	11,8	-	13,4
V04780	1998	8	27	19	10	6,2	-	13,4
V04780	1998	8	28	7	360	6,2	-	7,2
V04780	1998	8	28	13	10	7,7	-	10,3
V04780	1998	9	13	7	10	8,7	-	11,8
V04780	1998	9	17	19	10	5,1	-	8,2
V04780	1998	10	5	13	360	5,1	-	7,2
V04780	1998	10	11	1	360	5,1	-	9,3
V04780	1998	10	12	13	10	5,7	-	6,7
V04780	1998	10	17	13	20	5,1	-	7,2
V04780	1998	11	16	7	20	5,1	-	5,7
V04780	1998	12	4	7	10	5,7	-	6,7

V04780	1998	12	4	13	20	7,7	-	9,3
V04780	1998	12	4	19	30	8,7	-	11,3
V04780	1998	12	5	13	10	12,3	-	14,4
V04780	1998	12	5	19	10	11,8	-	15,4
V04780	1998	12	6	1	360	11,8	-	13,9
V04780	1998	12	6	13	360	9,8	-	12,9
V04780	1998	12	7	1	360	8,7	-	10,3
V04780	1998	12	7	7	360	6,7	-	11,3
V04780	1998	12	7	13	20	5,1	-	6,7
V04780	1998	12	21	13	10	6,7	-	8,2
V04780	1999	1	12	13	360	5,1	-	5,7
V04780	1999	1	13	1	30	5,1	-	5,7
V04780	1999	1	14	19	20	5,7	-	5,7
V04780	1999	2	23	7	20	5,7	-	5,7
V04780	1999	3	5	19	20	6,7	-	7,2
V04780	1999	3	6	1	20	7,7	-	8,2
V04780	1999	3	6	7	20	7,2	-	8,7
V04780	1999	3	6	13	10	6,2	-	8,7
V04780	1999	3	6	19	20	7,2	-	8,7
V04780	1999	3	7	7	20	10,3	-	10,3
V04780	1999	3	7	13	30	6,2	-	11,3
V04780	1999	3	20	13	360	5,1	-	6,2
V04780	1999	4	7	19	360	6,7	-	8,7
V04780	1999	4	11	19	10	6,7	-	8,7
V04780	1999	4	13	7	30	5,1	-	6,2
V04780	1999	4	19	1	360	11,8	-	14,9
V04780	1999	4	19	13	360	5,7	-	8,2
V04780	1999	4	28	19	360	7,7	-	11,3
V04780	1999	5	10	7	30	5,1	-	6,2
V04780	1999	5	16	7	30	5,7	-	6,7
V04780	1999	5	16	19	20	7,2	-	8,2
V04780	1999	6	23	1	30	6,2	-	7,2
V04780	1999	6	23	7	20	5,1	-	7,2
V04780	1999	6	26	13	30	5,1	-	9,3
V04780	1999	8	6	7	20	6,7	-	7,7
V04780	1999	8	10	1	20	5,7	-	7,2
V04780	1999	8	11	7	20	7,2	-	8,7
V04780	1999	8	11	13	10	5,7	-	8,2
V04780	1999	8	12	1	10	5,1	-	7,7
V04780	1999	8	12	7	20	5,1	-	6,7
V04780	1999	8	19	7	30	5,1	-	5,1
V04780	1999	8	19	13	20	6,7	-	7,7
V04780	1999	8	20	1	20	6,2	-	6,2

V04780	1999	10	5	1	10	6,2	8,2	6,7
V04780	1999	10	5	7	10	7,7	11,3	7,7
V04780	1999	10	5	13	20	7,7	11,3	9,3
V04780	1999	10	14	13	360	5,1	8,7	6,2
V04780	1999	10	15	13	30	5,1	7,2	5,1
V04780	1999	11	14	13	10	9,8	14,4	9,8
V04780	1999	11	18	19	20	8,2	12,3	9,8
V04780	1999	11	19	1	10	9,3	12,3	10,3
V04780	1999	11	19	7	360	5,7	11,8	9,3
V04780	1999	11	19	13	10	6,2	9,3	6,7
V04780	1999	12	3	19	20	8,2	11,3	8,7
V04780	1999	12	4	1	360	8,7	13,9	10,8
V04780	1999	12	10	7	20	5,7	13,4	8,7
V04780	1999	12	10	13	10	8,7	13,4	9,8
V04780	1999	12	10	19	360	7,7	12,3	9,3
V04780	1999	12	12	1	30	7,7	11,3	9,3
V04780	1999	12	12	7	20	10,3	15,4	11,3
V04780	1999	12	12	13	20	11,3	18,5	12,9
V04780	1999	12	12	19	10	8,7	16,5	11,3
V04780	1999	12	13	1	10	5,7	15,9	11,3
V04780	1999	12	13	7	360	5,7	11,3	7,7
V04780	1999	12	13	13	10	7,2	8,2	7,2
V04780	1999	12	17	19	360	12,3	19,5	12,3
V04780	2000	1	17	13	10	6,7	15,4	11,3
V04780	2000	1	21	1	360	6,7	11,8	8,7
V04780	2000	3	9	13	360	6,7	14,4	10,3
V04780	2000	3	18	13	20	6,2	17,5	11,3
V04780	2000	4	1	7	10	5,1	9,3	7,2
V04780	2000	4	1	13	10	5,1	10,8	7,2
V04780	2000	4	3	19	360	5,7	9,3	6,7
V04780	2000	4	4	1	360	6,7	9,3	7,2
V04780	2000	4	4	7	360	6,2	9,8	7,2
V04780	2000	4	4	13	360	9,8	10,8	9,8
V04780	2000	4	13	1	20	5,1	8,7	6,2
V04780	2000	4	13	7	20	7,2	10,8	8,2
V04780	2000	4	13	13	20	7,7	12,3	8,7
V04780	2000	4	13	19	20	9,3	13,4	10,3
V04780	2000	4	14	1	10	5,1	11,8	9,3
V04780	2000	4	26	19	20	5,1	6,2	5,1
V04780	2000	4	28	13	20	5,1	6,7	5,1
V04780	2000	5	3	19	20	5,7	10,8	6,2
V04780	2000	5	5	13	10	5,7	8,7	5,7
V04780	2000	5	11	13	360	6,2	14,4	10,3

V04780	2000	5	29	7	20	5,7	7,7	6,2
V04780	2000	5	30	13	360	5,1	9,3	7,2
V04780	2000	6	4	7	10	7,2	9,3	7,7
V04780	2000	6	7	19	10	5,1	9,3	6,2
V04780	2000	6	8	7	360	6,2	8,2	6,2
V04780	2000	6	16	13	10	6,2	14,4	10,8
V04780	2000	6	16	19	10	5,7	14,4	10,3
V04780	2000	6	26	7	10	5,7	9,8	7,2
V04780	2000	6	26	13	360	6,7	10,8	7,7
V04780	2000	6	27	13	10	6,7	13,9	9,8
V04780	2000	6	30	1	360	7,7	11,3	8,2
V04780	2000	6	30	7	20	6,7	13,9	10,8
V04780	2000	6	30	13	30	7,7	15,9	11,8
V04780	2000	7	7	7	10	6,2	9,8	9,3
V04780	2000	7	8	1	10	6,7	9,3	7,2
V04780	2000	7	13	7	360	6,2	9,3	6,7
V04780	2000	7	16	1	360	6,7	10,3	7,2
V04780	2000	7	19	7	10	6,7	10,3	8,2
V04780	2000	7	20	19	20	6,2	11,8	8,2
V04780	2000	7	21	1	10	6,7	10,8	8,2
V04780	2000	7	21	7	10	5,1	10,3	7,7
V04780	2000	7	23	13	30	6,7	10,3	7,7
V04780	2000	7	26	7	10	6,7	10,3	7,7
V04780	2000	8	8	19	20	5,1	9,8	5,1
V04780	2000	8	12	1	20	5,7	8,7	6,7
V04780	2000	8	12	13	10	5,7	8,2	6,2
V04780	2000	9	2	13	20	6,7	11,3	9,3
V04780	2000	9	3	7	10	5,7	9,8	7,2
V04780	2000	9	3	13	10	8,7	12,9	9,3
V04780	2000	9	3	19	360	5,7	11,8	8,7
V04780	2000	10	26	19	20	5,1	7,7	5,7
V04780	2000	11	22	1	30	5,1	10,3	6,2
V04780	2000	12	15	7	10	5,1	6,7	5,1
V04780	2000	12	15	13	10	7,2	9,8	7,2
V04780	2000	12	15	19	10	5,7	10,8	7,7
V04780	2000	12	16	1	10	6,7	11,3	8,7
V04780	2000	12	16	7	10	5,7	11,3	8,2
V04780	2000	12	16	13	10	6,7	11,3	8,2
V04780	2000	12	28	7	30	5,1	5,7	5,1
V04780	2000	12	28	13	20	6,2	8,7	6,7
V04780	2000	12	28	19	20	8,2	10,8	8,2
V04780	2000	12	29	1	20	9,3	13,4	11,3
V04780	2000	12	29	7	20	8,7	12,9	9,8

V04780	2000	12	29	13	10	8,7	14,4	10,8
V04780	2000	12	29	19	20	7,7	14,4	10,3
V04780	2000	12	30	1	20	7,2	11,3	8,2
V04780	2000	12	30	7	20	5,1	10,3	7,7
V04780	2001	2	1	1	10	7,7	11,3	8,7
V04780	2001	2	1	7	20	7,7	15,4	11,3
V04780	2001	2	1	13	10	7,2	11,8	8,7
V04780	2001	2	2	7	20	6,2	10,8	7,7
V04780	2001	2	2	13	20	9,3	12,3	9,3
V04780	2001	2	2	19	20	6,7	11,8	9,3
V04780	2001	2	3	1	20	7,7	10,3	8,2
V04780	2001	2	3	7	10	5,7	10,3	8,2
V04780	2001	2	3	13	20	5,7	10,8	7,7
V04780	2001	2	6	1	20	5,1	6,2	5,1
V04780	2001	2	6	7	10	5,1	7,7	6,7
V04780	2001	2	6	13	10	5,7	8,2	6,7
V04780	2001	2	6	19	10	6,7	9,8	7,7
V04780	2001	2	8	19	10	5,1	7,7	6,2
V04780	2001	2	22	13	20	5,7	6,7	5,7
V04780	2001	3	1	13	20	5,7	7,7	6,2
V04780	2001	3	2	1	360	5,7	6,7	5,7
V04780	2001	3	2	7	10	5,7	7,7	6,2
V04780	2001	3	16	13	20	7,2	9,3	7,2
V04780	2001	3	17	7	10	5,1	7,7	6,2
V04780	2001	4	12	13	360	14,9	21,1	15,4
V04780	2001	4	12	19	360	10,3	19,0	14,9
V04780	2001	4	13	7	360	5,7	10,8	8,2
V04780	2001	4	13	13	20	7,7	15,9	11,3
V04780	2001	4	13	19	360	5,1	14,4	9,3
V04780	2001	4	18	7	20	5,7	7,2	5,7
V04780	2001	4	18	13	20	6,2	10,3	7,7
V04780	2001	4	18	19	30	6,7	10,3	6,7
V04780	2001	4	19	1	20	7,2	10,3	7,7
V04780	2001	4	19	7	20	6,7	11,3	8,2
V04780	2001	4	23	13	30	5,7	10,3	7,7
V04780	2001	4	23	19	20	5,1	10,3	7,7
V04780	2001	4	24	1	30	7,7	11,3	8,7
V04780	2001	4	26	1	20	5,1	6,7	5,1
V04780	2001	5	4	7	20	8,7	12,9	8,7
V04780	2001	5	5	19	10	6,7	12,9	8,7
V04780	2001	5	6	13	20	8,2	12,3	8,7
V04780	2001	5	10	13	10	5,1	9,8	7,2
V04780	2001	5	14	1	30	5,7	6,7	5,7

V04780	2001	5	14	7	20	6,7	9,3	6,7
V04780	2001	5	24	19	10	7,7	13,4	10,3
V04780	2001	5	28	13	30	5,7	8,2	6,2
V04780	2001	6	3	1	10	5,7	10,3	7,7
V04780	2001	6	3	7	10	7,7	13,9	10,8
V04780	2001	6	3	13	20	7,2	12,9	9,3
V04780	2001	6	3	19	20	5,1	10,8	7,2
V04780	2001	6	11	19	20	5,1	11,8	5,1
V04780	2001	6	12	19	10	5,7	12,3	6,2
V04780	2001	6	18	7	360	6,2	9,3	6,7
V04780	2001	6	18	13	20	7,7	14,4	10,3
V04780	2001	6	18	19	20	6,7	11,3	8,7
V04780	2001	6	19	7	360	5,1	6,7	5,1
V04780	2001	6	22	7	10	5,1	7,7	5,7
V04780	2001	6	22	13	30	5,1	8,7	6,7
V04780	2001	7	18	7	360	5,1	7,2	5,1
V04780	2001	7	18	13	10	6,7	9,8	7,2
V04780	2001	8	27	13	360	9,3	13,4	9,8
V04780	2001	8	28	13	360	13,9	21,6	14,4
V04780	2001	8	28	19	360	8,2	20,6	14,4
V04780	2001	8	29	1	10	6,2	12,9	9,8
V04780	2001	9	8	7	20	5,7	8,2	6,2
V04780	2001	9	8	13	30	6,7	11,3	7,2
V04780	2001	9	8	19	10	6,7	11,3	9,3
V04780	2001	9	9	1	10	8,7	11,3	9,3
V04780	2001	9	9	7	360	10,8	17,5	13,4
V04780	2001	9	9	13	360	11,8	17,5	17,0
V04780	2001	9	9	19	360	10,8	16,5	11,8
V04780	2001	9	10	13	20	6,2	11,8	8,7
V04780	2001	9	10	19	10	5,7	11,8	8,7
V04780	2001	9	11	13	360	5,1	9,8	7,2
V04780	2001	9	17	13	20	5,1	8,7	6,7
V04780	2001	9	17	19	30	5,7	9,3	6,7
V04780	2001	9	18	7	20	5,7	9,3	6,7
V04780	2001	9	18	13	20	6,7	10,8	8,2
V04780	2001	9	19	1	20	5,1	9,3	7,2
V04780	2001	9	19	7	30	5,1	10,3	8,2
V04780	2001	9	22	13	10	6,7	8,7	6,7
V04780	2001	9	23	13	20	5,1	8,2	6,2
V04780	2001	10	31	13	360	8,2	10,3	8,2
V04780	2001	11	4	19	20	5,7	9,3	7,2
V04780	2001	11	8	13	360	9,3	15,4	10,3
V04780	2001	11	8	19	360	9,3	18,5	13,4

V04780	2001	11	9	1	10	9,3	15,4	10,8
V04780	2001	12	19	19	360	14,4	22,1	17,0
V04780	2001	12	21	7	360	5,7	11,8	7,7
V04780	2001	12	21	13	360	8,2	15,4	11,8
V04780	2001	12	28	13	20	5,1	10,3	7,2
V04780	2001	12	28	19	10	7,2	12,9	9,8
V04780	2001	12	29	1	20	6,7	11,3	9,3
V04780	2001	12	29	7	10	6,7	11,3	8,2
V04780	2001	12	29	13	10	7,2	12,3	8,2
V04780	2001	12	29	19	20	7,2	12,3	8,7
V04780	2001	12	30	1	10	5,1	12,3	8,2
V04780	2002	1	23	7	20	7,7	12,9	9,3
V04780	2002	1	24	7	20	7,2	9,8	7,7
V04780	2002	1	24	13	20	6,2	10,8	8,7
V04780	2002	1	24	19	360	6,7	9,3	7,2
V04780	2002	2	11	19	20	5,7	7,2	6,2
V04780	2002	2	12	13	360	5,1	7,2	5,7
V04780	2002	2	18	13	0	8,2	7,2	6,2
V04780	2002	2	28	13	20	5,7	9,3	7,2
V04780	2002	3	13	7	360	8,2	11,3	8,2
V04780	2002	3	13	13	10	5,1	12,3	8,7