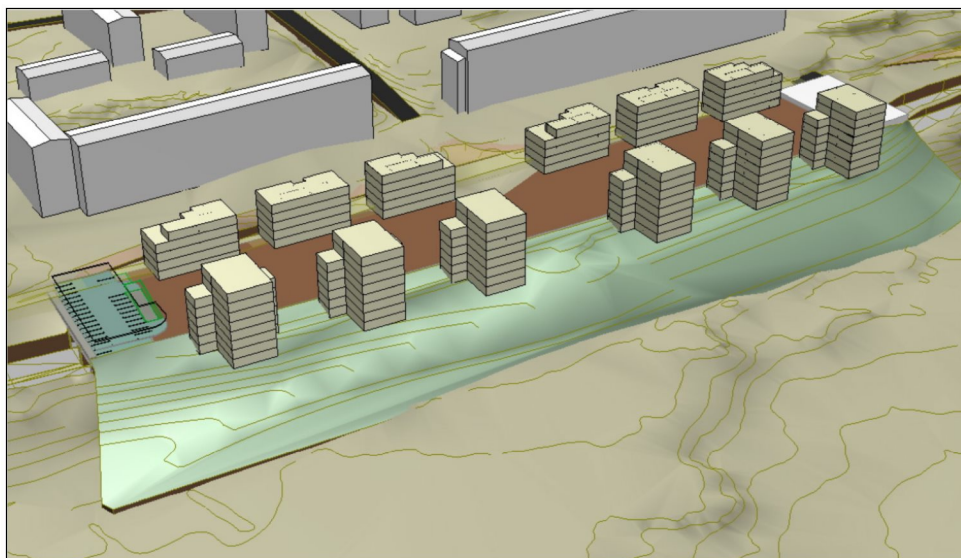


Risikanalys

Bebyggelse invid E18 Hjulsta / Rinkeby



2011-05-10 rev 2011-06-14

Trafikverket



Uppdragsgivare
Trafikverket

Uppdragsnummer
4261

Gransknings- och revisionshistorik

Gransknings- och godkännandestatus

Utgåva	Utarbetad av	Granskad	Godkänd	Datum
1.0	Carina Wänglund & Erik Midholm (Brandskyddslaget)	Bo Wahlström	Carina Wänglund	2011-05-10
1.1	Carina Wänglund			2011-06-12
osv				

Revisionsförteckning

Utgåva	Avsnitt	Förändring
1.0		
1.1	Sammanfattning, 3.2, 3.3.1	Generella förtydliganden, text om bebyggelse i Tensta, Sammanfattning tidigare analys E18

Innehållsförteckning

Sammanfattning	5
1 Inledning	7
1.1 Bakgrund	7
1.2 Syfte	7
1.3 Omfattning	7
1.4 Underlag	7
1.5 Metod	8
2 Lagstiftning och riktlinjer	9
2.1 Riskhänsyn vid fysisk planering	9
2.2 Byggnation av tunnlar	9
2.3 Principer för riskvärdering	10
3 Områdesbeskrivning.....	11
3.1 Kort beskrivning av ny bebyggelse i Rinkeby	11
3.2 Föresättningar för ny bebyggelse i Tensta.....	12
3.3 E18	13
4 Detaljerad riskanalys	15
4.1 Sammanställning risknivå	16
4.2 Riskvärdering	18
4.3 Hantering av osäkerheter	18
5 Säkerhetshöjande åtgärder	19
5.1 Allmänt	19
5.2 Möjliga säkerhetshöjande åtgärder	19
6 Slutsats	20
BILAGA A - FREKVENSBERÄKNINGAR	21
BILAGA B - KONSEKVENSBERÄKNINGAR.....	32
BILAGA C – RISKBERÄKNINGAR	52
BILAGA D – KONSEKVENSBERÄKNINGAR KLASS 1 OCH KLASS 5	55
Referenser	64

Sammanfattning

I syfte att förtäta i Stockholm pågår för tillfället ett antal utvecklingsprojekt som innebär överdäckning av transportleder som utgör rekommenderade transportleder för farligt gods. Dessa projekt innebär att bostäder och lokaler kan komma att placeras ovanpå eller i direkt närhet till dessa transportleder. Denna riskbedömning görs för att utreda hur bebyggelsen kan utformas med hänsyn till en eventuell farligt godsolycka i intunnlingen.

E18 mellan Hjulsta-Rinkeby är under ombyggnad och i samband med det kommer 2 stycken ca 300 meter långa överdäckningar i betong att skapas. Ny bostadsbebyggelse planeras i närhet av överdäckningarna.

E18 utgör en primär transportled för farligt gods. Länsstyrelsen anger i sin rapport 2000:1 att riskerna från transportleder för farligt gods ska analyseras vid ny bebyggelse inom 100 meter. Med anledning av möjliga risker förknippade med trafiken på E18 utförs en detaljerad riskanalys för det aktuella planområdet vid Rinkeby. I riskanalys genomförd för ombyggnaden av E18 bedömdes ombyggnaden generellt sett minska risknivå för befintlig bebyggelse medan risknivån för trafikanter inne i överdäckningarna ökade något.

Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med aktuellt planförslag genom att utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella planområdet kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås

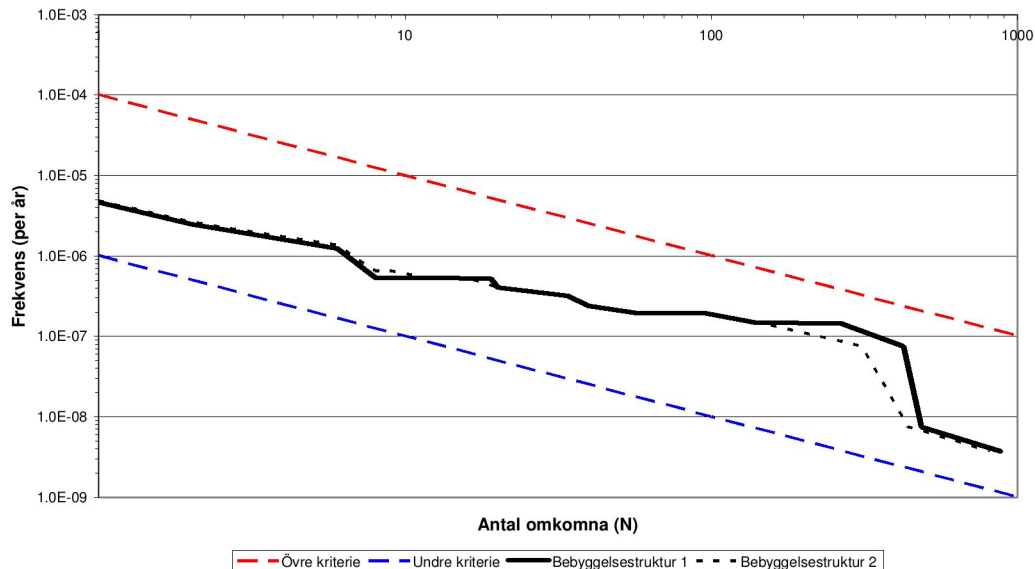
Utifrån underlag när det gäller transporterade och hanterade ämnen och mängder av farligt gods vid identifierade riskobjekt har ett antal olycksscenarier identifierats. Utifrån en inledande kvalitativ, och därefter fördjupad kvantitativ, riskanalys dras slutsatsen att olycksriskerna förknippade med farligt godstransporterna på E18 medför en förhöjd risknivå inom planområdet. Det är huvudsakligen risker förknippade med transporter av explosiva ämnen som ska beaktas vid ny bebyggelse.

En rimlig riskhänsyn föreslås vara att bebyggelsen/utformningen inte skadas nämnvärt av en explosion motsvarande 500 kg trotyl och att bebyggelsen inte skadas i större utsträckning vid en explosion motsvarande 2000 kg trotyl. Med rimlig riskhänsyn avses i detta fall, vilket även är förutsättningarna för gjorda riskbedömningar

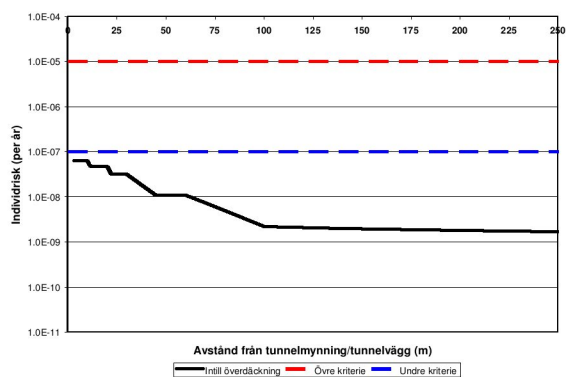
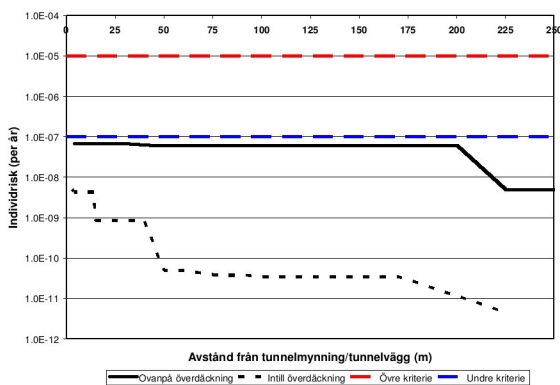
- Öka fyllningen ovan tunneltaket till min 1 meter
- Byggnaderna med stadigvarande vistelse tex bostadsbebyggelse ska utföras med fristående bärande system
- Rasdämpande byggnader placeras på ett minsta avstånd av 2 meter från tunnelväggen alternativt ej rasdämpande byggnader på ett minsta avstånd av 8 meter.
- Inga byggnader med stadigvarande vistelse inom 20 meter från mynningarna – möjligt att anlägga tex parkeringsgarage, förråd eller liknande ej personintensiva verksamheter
- Fönster i fasad närmast tunnelmynning (inom 20 meter) ska hålla en kvalitet som minskar risken för skador från glassplitter eller värmestrålning t ex genom att glaset är brandklassat eller laminerat.
- Lokalgata, parkeringar, bollplan, park med planteringar eller liknande ej personintensiva verksamheter är lämpligt att anlägga på tunneltaket

Därtill är det positivt att skapa ett motfyllt utrymme mellan tunnelvägg och närliggande byggnaders väggar under mark.

Nedan visas samhällsrisk resp individrisk dagtid.



F/N-kurva för bebyggelse i anslutning till överdäckning vid Rinkeby på grund av olycksrisker med transport av farligt gods på E18. Bebyggelsestruktur 1 Byggnader på 2 meters avstånd bebyggelsestruktur 2 byggnader på 8 meters avstånd från tunnelväggarna



Individriskprofil utomhus för ytor ovanpå och intill överdäckning av E18 resp Individriskprofil inomhus för bebyggelse intill överdäckning av E18 vid Rinkeby på grund av olycksrisker med transport av farligt gods.

Ovan redovisade FN-kurvor baseras på ca 350 lägenheter.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den planerade ombyggnaden av E18 på sträckan Hjulsta – Kista omfattar två överdäckningar om ca 300 meter i höjd med Rinkeby och Tensta. Överdäckningarna utgör ett utvecklingsprojekt som syftar till att möjliggöra förtätning i Stockholm. Överdäckningen av E18, som utgör en rekommenderad transportled för farligt gods, innebär att bostäder och lokaler kan placeras i närhet till transportleden.

I närheten av överdäckningarna vid Rinkeby och Hjulsta planeras bebyggelse i form av flerbostadshus och parkeringsgarage.

Vid bebyggelse i anslutning till vägar som utgör rekommenderade transportleder för farligt gods så ställer Länsstyrelsen krav på att olycksrisker förknippade med vägen undersöks i samband med planprocessen. Denna riskanalys behandlar därför de risker förknippade med transporter av farligt gods på E18 som kan komma att påverka personsäkerheten i planerad ny bebyggelse. Riskanalysen ska utgöra ett underlag för fortsatt planering och utformning av ny bebyggelse i närheten av överdäckning E18 vid Rinkeby. I tidigare gjord riskanalys för ombyggnaden av E18 [2] bedömdes att för trafikanter i tunnlarna kan emellertid inte uteslutas en ökning av risken jämfört med fallet utan överdäckning. Ökningen är emellertid ytterst marginell jämfört med den risk som vanliga trafikolyckor innebär och analyseras inte vidare i denna rapport.

1.2 Syfte

Syftet med riskanalysen är att undersöka lämpligheten med aktuellt planförslag genom att utvärdera vilka risker som människor inom det aktuella planområdet kan komma att utsättas för samt i förekommande fall föreslå hur risker ska hanteras så att en acceptabel säkerhet uppnås.

Analysen ska även kunna utgöra riktlinjer för utformningen av bebyggelsen vid överdäckningen vid Hjulsta.

1.3 Omfattning

Analysen omfattar endast plötsliga och oväntade händelser med akuta konsekvenser för liv och hälsa för människor som vistas inom det studerade området. I analysen har hänsyn inte tagits till långsiktiga effekter av hälsofarliga ämnen, buller eller miljöfarliga utsläpp.

Trafikanter på E18 och övriga omgivande vägar omfattas inte av analysen.

1.4 Underlag

Underlag till denna riskanalys utgörs av det ritningsunderlag som har upprättats av White Arkitekter. Underlaget omfattar två alternativa bebyggelseförslag (daterade 2011-05-02) [1].

En riskanalys för ett planområde omfattas vanligtvis av en inledande inventering av riskobjekt som kan påverka det aktuella området och utifrån denna identifieras möjliga olyckor. För identifierade olyckor görs sedan en kvalitativ bedömning (grovanalys) av sannolikheten för att händelsen ska inträffa och möjlig konsekvens av händelsen. Inledningsvis genomförs en studie av tidigare utförd riskanalys för bebyggelse på överdäckning E18 [2], bl.a. avseende omfattningen av ovanstående analysmoment. I denna riskanalys kommer riskidentifiering och grovanalys i huvudsak att utgöras av kvalitativa bedömningar utifrån den tidigare riskanalysen.

För scenarier med bedömt hög risk görs en kvantitativ (fördjupad) analys där risknivån kommer att presenteras som samhällsrisk och individrisk. Resultatet av denna jämförs med uppställda kriterier för acceptans av risker. Om risknivån är hög föreslås säkerhetshöjande åtgärder med syfte att uppnå en acceptabel säkerhet.

1.5 Metod

En riskanalys utgörs normalt av följande moment:

1. Inventering av riskobjekt
2. Identifiering av möjliga olycksscenarier förknippade med de identifierade riskobjekten
3. Grovanalys innefattande en kvalitativ uppskattning av olycksriskernas omfattning (sannolikhet och konsekvens) samt förslag på fortsatt arbete med riskhänsyn. Detta omfattar t.ex. förslag på detaljerade riskanalyser för de olycksrisker som utifrån grovanalysen anses vara så omfattande att de ej direkt går att värdera som acceptabla.
4. Detaljerad analys innefattar en kvantitativ uppskattning av omfattningen för de risker som enligt grovanalysen bör studeras mer detaljerat. Riskernas omfattning ställs sedan mot angivna riskkriterier för värdering. Värderingen ligger till grund för bedömningen av huruvida riskerna behöver beaktas genom riskreducerande åtgärder eller inte.

Denna riskanalys omfattar i huvudsak det fjärde av ovanstående moment, då momenten 1-3 tidigare utförts med avseende på ett annat planförslag för bebyggelse på överdäckning E18 vid Rinkeby och Tensta [2]. Eventuella nya underlag som påverkar riskinventering eller grovanalysen kommer dock att beaktas i denna analys.

1.5.1 Detaljerad analys

En mer detaljerad analys av identifierade risker ska genomföras om det visar sig att studerade risker hamnar över den nivå i grovanalysen där de kan betraktas som direkt acceptabla. Riskerna anses då vara av den karaktär att en närmare kvantifiering av risknivån är nödvändig. Vilka metoder som används för kvantifiering av sannolikhet och konsekvens för identifierade risker beror på riskernas respektive egenskaper.

Generellt används konservativa antaganden i beräkningarna. Genom att använda konservativa antaganden underskattas ej risknivåerna. Detta är att betrakta som en form av osäkerhetshantering i analysen.

Presentation av risk – En detaljerad riskanalys kommer att utföras för de olycksrisker som bör studeras i en fördjupad riskanalys enligt grovanalysen i [2]. Riskanalysen avser att studera olycksriskerna detaljerat avseende dess frekvens respektive konsekvens genom beräkningar och kommer att redovisas som *samhällsrisk* och *individrisk* med avseende på områden för ny bebyggelse på och i anslutning till överdäckningen av E18 vid Rinkeby.

Acceptabel risk – Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. Enligt avsnitt 2.3.1 kommer dock de förslag på riskkriterier för samhällsrisk och individrisk som anges i Räddningsverkets publikation ”Värdering av risk” [3] användas i denna analys.

Åtgärder – I de fall där det, utifrån använda acceptanskriterier, visar sig att risknivån är oacceptabelt hög anges förslag på lämpliga riskreducerande åtgärder. Förslag till åtgärder ges även i de fall där risknivån befinner sig i gråzonen (s.k. ALARP-området) mellan acceptabla och

oacceptabla risker. I vilken utsträckning åtgärder vidtas i detta fall beror till stor del på kostnads-effektiviteten i föreslagna lösningar.

2 Lagstiftning och riktlinjer

2.1 Riskhänsyn vid fysisk planering

Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser skall utföras. Enligt *Plan- och bygglagen (1987:10)* skall bebyggelse lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till boendes och övrigas hälsa. Sammanhållen bebyggelse skall utformas med hänsyn till behovet av skydd mot uppkomst av olika olyckor. Översiktsplaner skall redovisa riskfaktorer och till detaljplaner ska vid behov en miljökonsekvens-beskrivning tas fram som redovisar påverkan på bland annat hälsa. Utförande av miljökonsekvensbeskrivning regleras i *Miljöbalken (1998:808)*.

Länsstyrelsen i Stockholms Län anger i Rapport 2000:01 ”*Riskhänsyn vid ny bebyggelse*” [4] att om bebyggelse planeras inom ett avstånd mindre än 100 meter från väg för transport av farligt gods eller järnväg så skall en riskanalys utgöra ett av beslutsunderlagen i planärendet. Vidare rekommenderas olika skyddsavstånd vilka redovisas i tabell 2.1. För att undvika risker förknippade med olyckor med petroleumprodukter rekommenderas dessutom att 25 meter närmast väg med transport av farligt gods lämnas byggnadsfritt.

Tabell 2.1 Av Länsstyrelsen i Stockholms län rekommenderade skyddsavstånd för ny bebyggelse intill vägar med transporter av farligt gods [4].

Typ av bebyggelse	Avstånd
Tät kontorsbebyggelse	40 m
Sammanhållen bostadsbebyggelse	75 m
Personintensiv verksamhet	75 m

2.2 Byggnation av tunnlar

Vid projektering, konstruktion, nybyggnad och förbättring av vägtunnlar av betong överstigande 100 meter gäller Vägverkets publikation Tunnel 2004 [5]. Kraven omfattar bl.a. utformning avseende bärförmåga, stadga och beständighet, brandskydd, säkerhet vid användning samt installationer, VA-anläggningar etc.

Tunnelns väggar och tak skall utföras för att kunna klara av dimensionerande olyckslaster avseende t.ex. påkörning av fordon, explosion och brand. I Tunnel 2004 anges både krav på dimensionerande explosionskrafter och bränder, som är beroende av bl.a. vilka farligt godsklasser som tillåts transporteras i tunneln. En justering av dimensionerande lastförutsättningar kan även behövas om tunneln t.ex. ansluter till andra byggnadsverk där människor vistas stadigvarande, som exempelvis bebyggelse ovanpå tunneltaket.

2.3 Principer för riskvärdering

Generellt vid bedömning av huruvida en risk kan accepteras eller ej bör hänsyn tas till vissa faktorer. Exempelvis bör riskkällans nytta vägas in, liksom vilken som är den exponerade gruppen samt huruvida potential för katastrofer föreligger. De principer som vanligen anges är:

1. Principen om undvikande av katastrofer

Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser som kan hanteras av tillgängliga beredskapsresurser än i katastrofer.

2. Fördelningsprincipen

Riskerna bör vara skäligt fördelade inom samhället i relation till de fördelar som verksamheten medför. Detta innebär att enskilda personer eller grupper inte bör utsättas för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar som verksamheten innebär för dem.

3. Rimlighetsprincipen

En verksamhet bör inte innebära risker som med rimliga medel kan undvikas. Detta innebär att risker som med tekniskt och ekonomiskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras alltid skall åtgärdas (oavsett risknivå).

4. Proportionalitetsprincipen

De totala risker som en verksamhet medför bör inte vara oproportionerligt stora jämfört med de fördelar (intäkter, produkter och tjänster, etc) som verksamheten medför.

Dessa principer indikerar att hänsyn bör tas till kostnader för säkerhetshöjande åtgärder, att en riskkällas nytta skall vägas in samt att olika värderingar kan göras beroende på om den exponerade gruppen har en personlig nytta av riskkällan eller ej. Vidare skall risker ej accepteras om de på ett enkelt tekniskt och icke kostsamt sätt kan undvikas. Dessutom skall åtgärder vidtas för att undvika stora konsekvensutfall i större utsträckning än för mindre konsekvensutfall.

2.3.1 Riskkriterier

I kvantitativa riskanalyser finns det olika sätt att presentera risknivån. De vanligaste riskmåten som används är att redovisa *individrisk* och/eller *samhällsrisk*. Platsspecifik individrisk innebär sannolikheten för att en fiktiv person som vistas kontinuerligt på en plats omkommer till följd av en olycka vid något riskobjekt. Individrisken beräknas som summan av sannolikheten för identifierade olycksscenarier. Samhällsrisk visar sannolikheten per år för att ett visst antal personer omkommer till följd av olyckor vid ett av de aktuella riskobjekten. Beräkning av samhällsrisk görs genom att kumulera (summera) sannolikheten för de olika olycksscenarierna i relation till konsekvensernas storlek för dessa scenarier.

I Sverige finns inga givna normer eller kriterier när det gäller vilka risker som kan tolereras.

Räddningsverket har tillsammans med Det Norske Veritas (DNV) kommit med förslag på riskkriterier [3]. I tabell 2.2 anges vilka kriterier som Räddningsverket har föreslagit avseende individrisk och samhällsrisk:

Tabell 2.2. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk [3].

	Individrisk	Samhällsrisk
Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras	10^{-5}	$F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden kan anses vara små	10^{-7}	$F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

Ovanstående kriterier har en övre och en undre gräns. Risker över den övre gränsen anses som oacceptabla medan risker under den nedre gränsen bedöms som acceptabla. De risker som befinner sig i zonen mellan övre och undre gräns, det s.k. ALARP-området (*As Low As Reasonably Practicable*) ska man sträva efter att minska så långt det är praktiskt möjligt och ekonomiskt rimligt.

3 Områdesbeskrivning

Stadsdelen Rinkeby ligger i de nordvästra delarna av Stockholm. Öster om Rinkeby går E18, som utgör den västra infarten till Stockholm från bl.a. Västerås och Dalarna. E18 är en kraftig barriär mellan bebyggelsen i Rinkeby och Järvafältet öster om vägen.

Då E18 idag är både olycksdrabbad och underdimensionerad för det höga trafikflödet, som innebär långa köer vid rusningstrafik, så planeras en ombyggnad av E18 längs sträckan mellan Kista och Hjulsta. Ombyggnaden innebär bl.a. att plankorsningar byggs bort så att vägen får en motorvägsstandard med två körfält i respektive körriktning. Dessutom så kommer vägen i och med ombyggnaden att däckas över i höjd med vattentornet i Tensta samt vid Rinkebystråket i Rinkeby. Överdäckningarna blir vardera ca 300 meter och öppnar för nya ytor för bebyggelse intill E18.

Den nya bebyggelsen vid överdäckningarna utgör delar av en omfattande exploatering av nordvästra Stockholm. Denna exploatering omfattar dels en förtätning inom Tensta och Rinkeby och dels ny bebyggelse på Järvafältet, vilket bl.a. ska bygga samman Rinkeby och Kista. Exploateringen omfattar även en utbyggnad av infrastruktur i området, bl.a. med ny sträckning av Tvärbanan.

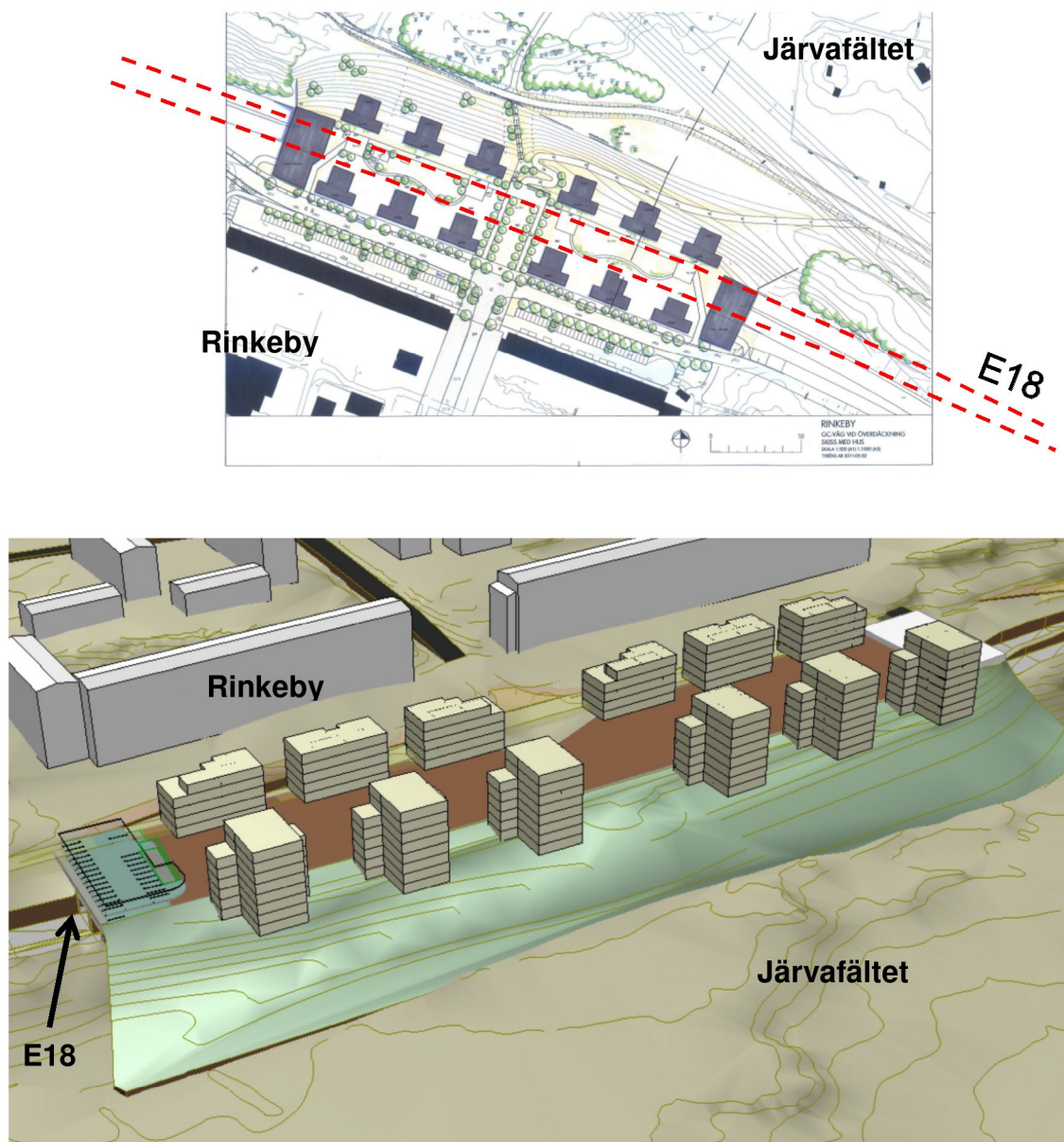
3.1 Kort beskrivning av ny bebyggelse i Rinkeby

Det studeras två utformningsalternativ för den nya bebyggelsen i anslutning till överdäckningen vid Rinkeby. Utformningsalternativen är relativt lika, men varierar i antalet våningsplan. I figur 3.1 visas ett av utformningsalternativen, alternativ 1.

Respektive bebyggelseförslag innebär att sex flerbostadshus byggs på respektive sida om överdäckningen av E18. Utformningsalternativ 1 innebär att bostadshusen söder om E18 (mot Rinkeby) utförs i fem våningsplan ovan mark och att husen norr om E18 (mot Järvafältet) utförs i åtta våningsplan ovan mark. Utformningsalternativ 2 innebär att husen söder om E18 utförs i åtta våningsplan medan husen norr om E18 utförs i sex våningsplan ovan mark.

Den nya bebyggelsen omfattar totalt ca 350 bostadslägenheter. Uppskattningsvis motsvarar detta en befolkningssmängd på ca 800-1 000 boende.

Båda bebyggelseförslagen omfattar dessutom parkeringsgarage ovanpå, och i anslutning till överdäckningen, i anslutning till tunnelmynningarna. Parkeringsgaragen utförs i två våningsplan.



Figur 3.1. Planerad bebyggelse vid överdäckning E18 vid Rinkeby, alternativ 1.

Över: Situationsplan

Under: Perspektiv från norr (Järvafältet).

3.2 Förutsättningar för ny bebyggelse i Tensta

Förutsättningarna för exploateringen i Tensta är till stor del lika. Arbetet med den planläggningen har inte kommit lika långt, vare sig utformning av bebyggelsen, dess omfattning eller användning.

För det området gäller även skillnaden att lokalgatan kommer att förläggas i berg ev under kommande bebyggelse.

För att säkerställa det områdets risknivå bör en kompletterande riskanalys utföras men stöd utifrån denna. Det är dock fullt möjligt att ta med sig av tankarna och föreslagna skyddsåtgärder i denna analys i planeringsarbetet.

3.3 E18

Enligt ovan är den aktuella sträckan av E18 underdimensionerad. Vägen har ett flertal trafikljusstyrda plankorsningar, vilket medför långa köer bl.a. vid rusningstrafik. Det höga trafikflödet i förhållande till dimensioneringen och utförandet innebär dessutom att vägen är olycksdrabbad.

Den planerade ombyggnaden innebär en standard höjning samt säkerhetsförbättring. Vägen kommer att utgöras av nuvarande två körfält mot nordväst som efter ombyggnad kommer att utgöra södergående körfält samt två nya körfält öster om vägen inom det område som idag är väglänter mot Järnafältet. Detta innebär att E18 flyttas drygt 10 meter längre från befintlig bebyggelse och närmsta avståndet i Rinkeby mellan befintlig bostadsbebyggelse (med sina långfasader ungefär parallellt med tunneln/vägen) är ca 75 meter i väster och ca 55 meter i öster. De nuvarande två södergående körfälten kommer att utformas som lokalgata. Förbi bebyggelsen i Rinkeby kommer lokalgatan gå mellan den tillkommande bebyggelsen och den befintliga bebyggelsen.

3.3.1 Sammanfattning av riskanalys för ombyggnad av E18

E18 mellan Hjulsta och Ulriksdal är en del av den västra infarten till Stockholm. Vägavsnittet har en låg standard både vad gäller vägutformning och trafiksäkerhet. Vägverket planerar en ombyggnad av E18 på sträckan mellan Hjulsta och Ulriksdal. Ombyggnaden kommer att resultera i att dagens 16 plankorsningar längs sträckan ersätts av fem trafikplatser samtidigt som E18 får en ny sträckning mellan Rinkeby och Ulriksdal.

Sannolikheten för att en farligtgoodsolycka skall inträffa med den planerade nya sträckning av E18 mellan Hjulsta och Kista beräknas minska till cirka en sjundedel. [6].

Riskerna för en farligt gods olycka minskar i ombyggnadsalternativet och ett färre antal boende i området kommer att exponeras för olycksrisken.

3.3.2 Trafiksiffror

Trafikflödet på E18 är idag omfattande. Enligt en trafikprognos som har upprättats i samband med ombyggnaden av E18 Hjulsta – Kista var årsmedeldygnstrafiken år 2005 ca 53 000 fordon per dygn, summerat i båda körriktningar [7]. Utifrån en annan trafikmätning för den aktuella sträckan utgör tunga fordon ca 10 % av den totala trafiken [8].

Trafikmängden på den aktuella sträckan av E18 förväntas öka under de närmaste åren. År 2015 förväntas årsmedeldygnstrafiken ha ökat till ca 63 500 fordon per dygn på den aktuella sträckan.

Det framtida vägprojektet *Förbifart Stockholm* har däremot bedömts leda till en minskning av trafikflödet på E18 i förhållande till prognosen för år 2015. Enligt [7] bedöms årsmedeldygnstrafiken på E18 förbi Rinkeby vara ca 56 700 fordon per dygn år 2030, där hänsyn har tagits till *Förbifart Stockholm*.

3.3.3 Transporter av farligt gods

E18 utgör en s.k. primär transportled för farligt gods [9]. Detta innebär att vägen rekommenderas att användas för transporter av farligt gods och alla typer av gods kan därför transporteras på vägen. Farligt gods är en vara eller ett ämne med sådana kemiska eller fysikaliska egenskaper att de i sig självt eller i kontakt med andra ämnen, t.ex. luft eller vatten, kan orsaka skador på människor, djur, egendom, miljö eller påverka transportmedlets säkra framförande.

Farligt gods delas in i nio olika klasser för ämnen med liknande egenskaper. De olika ämnesklasserna delas i sin tur in i underklasser. I tabell 3.2 anges de olika klasserna med en beskrivning av dess ämnen.

Tabell 3.2. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR.

Klass	Ämne	Beskrivning
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier etc.
2	Gaser	2.1 Brännbara gaser – Gasol, acetylen, biogas etc. 2.2 Icke brännbara, icke giftiga gaser – kväve, argon, syre etc. 2.3 Icke brännbara, giftiga gaser – klor, ammoniak, svaveldioxid etc.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- och eldningsoljor, lösningsmedel etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	5.1 Oxiderande ämnen – väteperoxider, ammoniumnitrater etc. 5.2 Organiska peroxider
6	Giftiga ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, cyanider etc.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Transporteras vanligtvis i små mängder.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut).
9	Magnetiska material och övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.

Hur stora transportmängderna av farligt gods är på Sveriges vägar har kartlagts av f.d. Räddningsverket (numera Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap) vid olika tillfällen, bl.a. under första kvartalet 1994 [10] och sista kvartalet 1998 [11] samt under september månad 2006 [12]. Informationen är inte heltäckande, men ger ändå en indikation på hur situationen ser ut samt hur den har förändrats de senaste åren.

I tabell 3.2 redovisas en uppskattning av transportmängderna av respektive klass på E18 utifrån kartläggningarna från 1998 och 2006. Konservativt uppskattas transportmängderna motsvara de största redovisade transportmängderna av respektive farligt godsklass från de båda kartläggningarna där statistiken har räknats om till årsbasis.

Utifrån en uppskattad medelmängd per transport för respektive farligt godsklass har även antalet transporter beräknats. Med avseende på transporter av explosivämnen (klass 1) har transportmängden samt antalet transporter uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet [13].

Tabell 4.2 Statistik över transporter av farligt gods på E18 sträckan Hjulsta - Kista.

Klass	Godsmängd / år (ton)	Andel av godsmängd	Medelmängd per transport	Antal transporter / år	Andel av transportantal
1	950	0.1%	Se 1	1355	4.8%
2.1	21600	2.5%	25	865	3.1%
2.2	158400	18.6%	25	6335	22.5%
2.3	300	0.0%	25	12	0.04%
3	200000	23.5%	35	5715	20.3%
4	3240	0.4%	25	130	0.5%
5.1	10000	1.2%	25	400	1.4%
5.2	60	0.0%	25	2	0.01%
6	40000	4.7%	25	1600	5.7%
7	-	0.0%	-	-	0.0%
8	278400	32.7%	45	6185	22.0%
9	138000	16.2%	25	5520	19.6%
Totalt	850 950			28 120	

4 Detaljerad riskanalys

De olycksrisker som kommer att studeras i den detaljerade riskanalysen är skadescenarier förknippade med transport av ADR-klass 1-3 samt klass 5 på E18. Den detaljerade analysen omfattar frekvens- och konsekvensberäkningar (se bilaga A respektive bilaga B) för följande scenarier som antas inträffa antingen i tunneln eller i anslutning till någon av tunnelmynnningarna:

- ADR-klass 1 (Explosiva ämnen)
 - Scenario 1 – Explosion vid olycka med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
- ADR-klass 2 (Gaser)
 - Scenario 2a – Jetflamma vid utsläpp och antändning av brännbar gas
 - Scenario 2b – BLEVE vid olycka med transport av brännbar gas
 - Scenario 2c – Fördröjd gasmolnsexplosion vid utsläpp och antändning av brännbar gas
 - Scenario 2d – Utsläpp av giftig gas
- ADR-klass 3 (Brandfarliga vätskor)
 - Scenario 3 – Pölbrand efter utsläpp
- ADR-klass 5 (Oxiderande ämnen och organiska peroxider)
 - Scenario 5 – Explosionsartat brandförlopp efter blandning med bensin eller olja

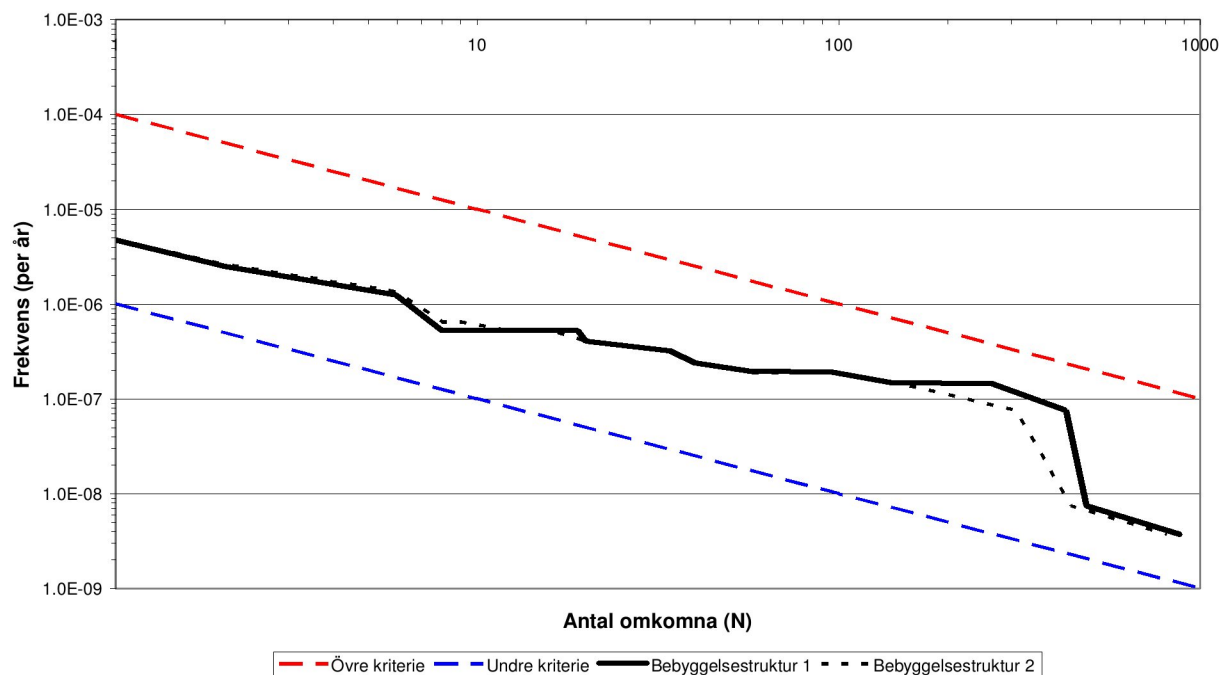
Nedan presenteras resultatet av de beräkningar som genomförts avseende risk för de olycksrisker som enligt den inledande analysen bedömts kunna påverka risknivån för planområdet. Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A (frekvens), B (konsekvens) och C (risk).

1 Utifrån den fördjupade utredningen avseende explosionspåverkan bedöms fördelningen mellan transportmängder vara följande: 85 % av transporterna är mindre än 500 kg, drygt 10 % är transporter med 500-2000 kg och knappt 5 % är större än 2000 kg.

4.1 Sammanställning risknivå

4.1.1 Samhällsrisk

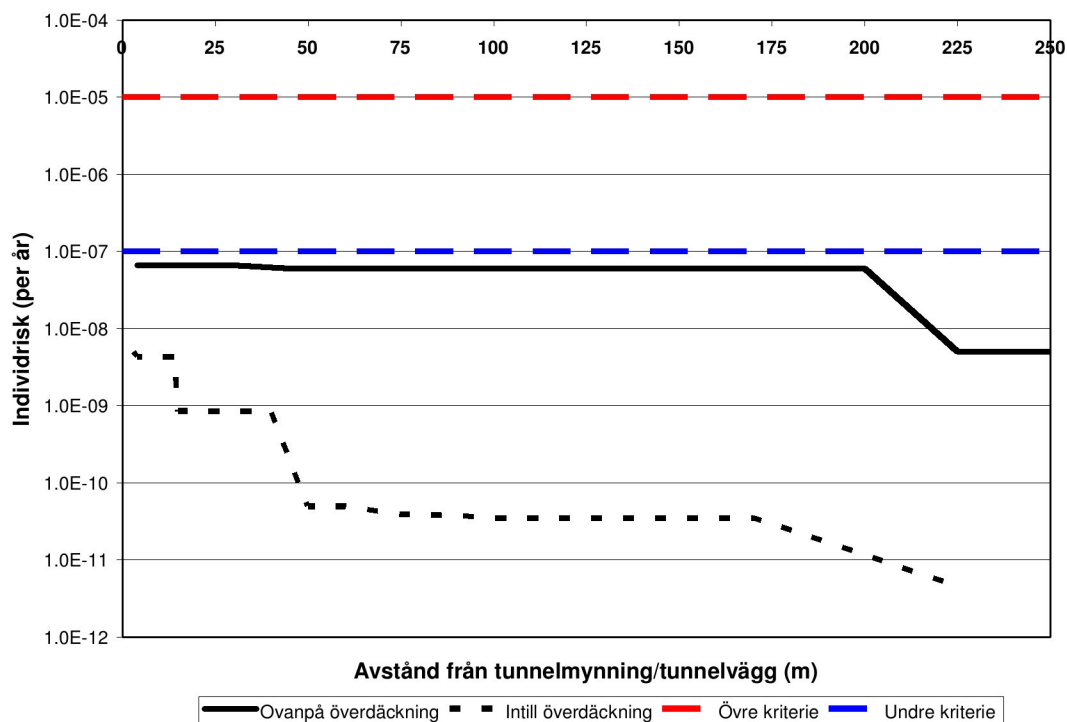
Med avseende på ny bebyggelse har risknivån sammanställts med riskmättet samhällsrisk, vilket redovisas som F/N-kurvor (se figur 4.1). I kurvorna anges frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom den nya bebyggelsen till följd av olycka med farligt gods på E18.



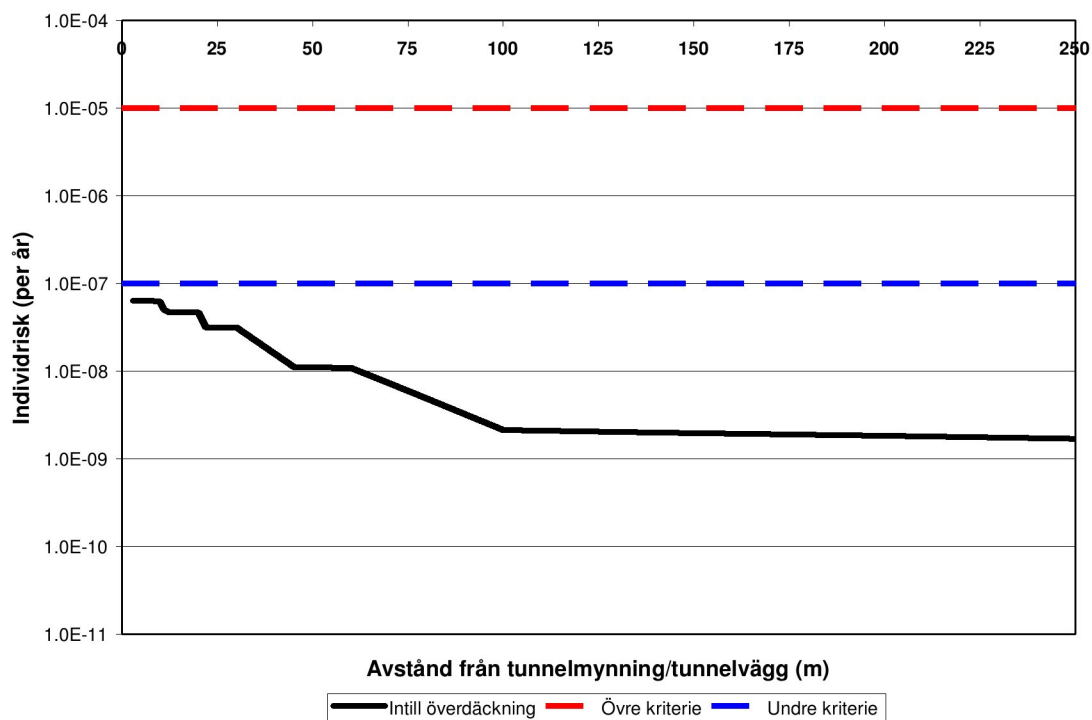
Figur 4.1. F/N-kurva för bebyggelse i anslutning till överdäckning vid Rinkeby på grund av olycksrisker med transport av farligt gods på E18. Bebyggelsestruktur 1 Byggnader på 2 meters avstånd bebyggelsestruktur 2 byggnader på 8 meters avstånd från tunnelväggarna

4.1.2 Individrisk

Individrisken som presenteras nedan (se figur 4.2 och figur 4.3) har beräknats med utgångspunkt från respektive tunnelmynning och tunnelvägg.



Figur 4.2. Individriskprofil utomhus för ytor ovanpå och intill överdäckning av E18 vid Rinkeby på grund av olycksrisker med transport av farligt gods.



Figur 5.3. Individriskprofil inomhus för bebyggelse intill överdäckning av E18 vid Rinkeby på grund av olycksrisker med transport av farligt gods.

4.2 Riskvärdering

Enligt tidigare så kommer de risker som uppskattats kvantitativt i ovanstående avsnitt att jämföras mot det förslag på riskkriterier som MSB har tagit fram (se tabell 2.2). Kriterierna visas även i diagrammen ovan.

4.2.1 Samhällsrisk

Enligt figur 4.1 är riskerna förknippade med transporter av farligt gods på E18 så omfattande att samhällsriskerna inom planområdet intill överdäckning E18 vid Rinkeby hamnar inom det s.k. ALARP-området. Riskreducerande åtgärder skall därför vidtas i så stor utsträckning som möjligt så länge som dess kostnader står i proportion till dess riskreducerande effekt.

4.2.2 Individrisk

Riskerna förknippade med transporter av farligt gods på E18 innebär en individrisknivå som hamnar under ALARP-området både ovanpå och intill överdäckningen. Vid bebyggelse eller annan utformning ovanpå överdäckningen som uppmuntrar till stadigvarande vistelse inom 25 meter från respektive tunneldörr bör dock åtgärder vidtas om dess kostnader står i proportion till dess riskreducerande effekt.

4.3 Hantering av osäkerheter

Som indata i bedömningar och beräkningar erfordras värden på eller information om bland annat utformning, olycksstatistik, väder, vind och hur olika ämnen beter sig med mera. Underlaget har i vissa fall brister och antaganden har varit nödvändiga för att kunna genomföra analysen. I denna analys är bedömningen att det främst är följande beräkningar, antaganden och förutsättningar som är belagda med osäkerheter:

- Uppskattad mängd och antal transporter med farligt gods på E18. Den statistik som finns utgörs av omfattande intervall och baseras på en relativt begränsad tidsperiod.
- Antalet personer som förväntas befinnas sig inom planområdet (persontätheten) samt andelen som förväntas omkomma till följd av olika scenarier.
- Antaganden för frekvensberäkningar.

För att ta hänsyn till de osäkerheter som förenklingar och antaganden innebär har överlag konservativa uppskattningar använts.

Även valet av olycksscenarier har gjorts utifrån konservativa antaganden. De scenarier som behandlas behöver därmed inte vara de mest troliga, men anses vara de som rimligtvis kan ge upphov till mest omfattande konsekvenser.

Sammantaget kan sägas att de uppskattningar och förenklingar som görs vid beräkning av risken med stor sannolikhet ger en överskattning av resultatet. Detta tillvägagångssätt innebär att hänsyn tas till ingående osäkerheter i analysen.

5 Säkerhetshöjande åtgärder

5.1 Allmänt

Enligt riskvärderingen i avsnitt 4.2 ovan bedöms samhällsriskerna inom planområdet vara så omfattande att riskreducerande åtgärder ska vidtas vid bebyggelse i anslutning till överdäckningen. Åtgärdernas omfattning bör dock diskuteras. Risknivån innebär att åtgärder enbart ska vidtas i den mån som de bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttaperspektiv. Åtgärdernas kostnader ska med andra ord ställas i jämförelse med dess riskreducerande effekt. Att risknivån ligger i den lägre delen av det ALARP-området ska också beaktas.

5.1.1 Diskussion kring rimlighet

För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder bör man beakta begreppet tolerabel risk. Nivån för vad som bedöms vara tolerabel risk bedöms variera något beroende på vilken typ av bebyggelse som planeras. Den undre av ovanstående kriteriegränser för både individrisk och samhällsrisk, nyttjas vanligtvis för bebyggelse där påverkan från externa risker (t.ex. förknippade med transport av farligt gods etc.) på den totala risknivån ska vara låg. Detta gäller normalt för t.ex. bostäder och svårutrymda lokaler (sjukhus, samlingslokaler och skolor etc.). Dock bör man normalt kunna anse att risknivån är acceptabel även för dessa typer av verksamheter om den hamnar inom ALARP, så länge som man vidtar de åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttaperspektiv.

5.2 Möjliga säkerhetshöjande åtgärder

Med anledning av de gällande förutsättningarna för överdäckningarna i Hjulsta-Kista området och den bebyggelsen som planeras närmast betongtunnlarna kan olika åtgärder bidra till en ökad riskhänsyn. Det finns möjligheter att vidta åtgärder i så väl tunneln som i omgivningen. Följande möjliga åtgärder baseras på ett tunneltvärsnitt på 50 m², ingen fyllnad finns på tunneltaket, betongkonstruktionen är 1,0 meter tjock.

- Öka fyllningen ovan tunneltaket till min 1 meter
- Utforma området med ”fria gator” mellan huskropparna för att minska möjligheten till direkt infallande tryck mot fasaderna
- Lokalgata, parkeringar, bollplan, park med planteringar eller liknande ej personintensiva verksamheter är lämpligt att anlägga på tunneltaket
- Inga byggnader med stadigvarande vistelse inom 20 meter från mynningarna – möjligt att anlägga tex parkeringsgarage eller förråd
- Fönster i fasad närmast tunnelmynning (inom 20 meter) ska hålla en kvalitet som minskar risken för skador från glassplitter eller värmestrålning t ex genom att glaset är brandklassat eller laminerat.
- Byggnaderna med stadigvarande vistelse ska utföras med fristående bärande system – tex bostadsbebyggelse
- Byggnader i närhet (inom ca 10 meter) till betongtunnlarna bör ha ett robust stomsystem – tex en rasdämpande byggnad med god sammanhållning och deformbarhet mellan bärande delar (se SR 09 MSB 2009).

- Byggnader ska utföras för att förhindra fortskridande ras tex tvärgående bärande väggar vinkelrätt mot tunneln
- Minsta utrymme mellan bostadsbebyggelses grundläggning och tunnelkonstruktionen bör vara 2 meter
- Utrymme mellan tunnelvägg och närliggande byggnaders vägg under mark bör vara motfyllt
- Utrymmen i direkt anslutning till tunnelväggarna ska ej utformas för personintensiva lokaler eller för stadigvarande vistelse – fördelaktigt med garage, tvättstugor, förråd eller liknande

6 Slutsats

Den aktuella bebyggelsen i anslutning till överdäckningen av E18 vid Rinkeby är i ett utsatt läge främst med hänsyn till olycksrisker förknippade transporter av farligt gods på vägen. På E18 transporteras farligt gods ur samtliga ämnesklasser (radioaktiva ämnen undantagna). Det har identifierats olycksrisker som kan medföra omfattande skador på bebyggelsen både om de inträffar inne i tunneln eller i anslutning till tunnelmynningarna. Det rör sig huvudsakligen om olyckor som leder till en omfattande explosion. Frekvensen för dessa olyckor är dock mycket begränsad.

Riskenivån på, och omkring, överdäckningen bedöms vara så omfattande att den ska reduceras så länge det finns åtgärder vars kostnader står i proportion till dess riskreducerande effekt. Utifrån detta föreslås ett antal åtgärder som ska vidtas vid bebyggelse intill överdäckningen samt planering av ytan ovanpå tunneltaket. Åtgärderna redovisas i sammanfattningen

BILAGA A - FREKVENSBERÄKNINGAR

Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedöms kunna medföra påverkan på personsäkerheten inom den planerade bebyggelsen. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker, vilka alla förknippas med den angränsande transportleden för farligt gods, E18:

- Scenario 1. Explosion vid transport av explosivt ämne
- Scenario 2. Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - 2.1. Utsläpp med direkt antändning (jetflamma)
 - 2.2. Utsläpp med fördröjd antändning (gasmolnsexplosion)
 - 2.3. Långvarig brandpåverkan på oskyddad gastank (BLEVE)
- Scenario 3. Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
- Scenario 4. Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
- Scenario 5. Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

Beräkningarna är utförda utifrån de metoder som anges i Räddningsverkets *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [14] och omfattar beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt godstransport.

Förutsättningar

Trafik E18 – Allmänt

I samband med projekteringen av ombyggnaden av E18 Hjulsta – Kista så har det upprättats en trafikprognos som redovisar de prognostiserade trafiksiffrorna på den aktuella vägsträckan vid olika tidpunkter [7]. Årsmedeldygnstrafiken på E18 förbi Rinkeby respektive Tensta redovisas i tabell A.1 nedan. I tabellen redovisas även prognostiserade trafiksiffror för den nya lokalgatan som planeras utmed E18. I de fortsatta beräkningarna kommer de prognostiserade trafikflödena att användas.

Tabell A.1. Dygnstrafik E18 Hjulsta – Kista år 2005 samt prognostiserade trafiksiffror år 2015 respektive år 2030.

Sträcka	2005	2015	2030 inkl Förbifart Stockholm
E18 Rinkeby	53 000	63 500	56 700
Lokalgata	-	6 900	8 000
E 18 Tensta	48 000	45 500	43 900
Lokalgata	-	14 700	15 000

Transporter med farligt gods

E18 utgör en rekommenderad primär transportled för farligt gods. Information om mängder av respektive farligt godsklass utgår från de kartläggningar som f.d. Räddningsverket (numera MSB) utförde under perioderna oktober-december 1996 respektive under september månad 2006. I tabell A.2 redovisas mängderna av respektive farligt godsklass enligt dessa kartläggningar. Mängderna har grovt räknats om för att gälla årsbasis.

Tabell A.2. Statistik över transporterade mängder av farligt gods på E18 sträckan Hjulsta – Kista.

Klass	Kategori	Transportmängd / år (ton)	
		1 9 9 8 [11]	2 0 0 6 [12]
1	Explosiva ämnen	40-400	0-840
2	Gaser	4 000-20 000	105 600-180 300 *
3	Brandfarliga vätskor	80 000-200 000	1 200-198 000
4	Brandfarliga fasta ämnen	40-400	0-3 240
5.1	Oxiderande ämnen	2 000-10 000	0-5 880
5.2	Organiska peroxider	-	24-60
6	Giftiga ämnen	20 000-40 000	0-1 080
7	Radioaktiva ämnen	-	-
8	Frätande ämnen	4 000-20 000	139 200-278 400
9	Övriga farliga ämnen	40-800	0-138 000
Totalt		110 120-291 600	246 025-805 800

* Klass 2.1: 0-21 600 ton; Klass 2.2: 105 600-158 400 ton; Klass 2.3: 0-300 ton

I tabell A.3 redovisas det uppskattade antalet transporter av respektive farligt godsklass på E18. Antalet utgår konservativt från de största transportmängderna enligt tabell A.1 samt en uppskattad medelmängd per transport. Avseende transporter av explosiva ämnen (klass 1) har antalet transporter uppskattats utifrån underlag från bl.a. Räddningsverket, Polisen i Stockholms län samt transportörer i Stockholmsområdet (se vidare avsnitt Klass 1.).

Tabell A.3. Uppskattat antal transporter med farligt gods per år på E18 sträckan Hjulsta – Kista.

Klass	Kategori	Uppskattat antal transporter	Andel av transporter
1	Explosiva ämnen	1364	4.8%
2.1	Brännbara gaser	864	3.1%
2.2	Ikke brännbara, icke giftiga gaser	6336	22.5%
2.3	Giftiga gaser	12	0.04%
3	Brandfarliga vätskor	5714	20.3%
4	Brandfarliga fasta ämnen	130	0.5%
5.1	Oxiderande ämnen	400	1.4%
5.2	Organiska peroxider	2	0.01%
6	Giftiga ämnen	1600	5.7%
7	Radioaktiva ämnen	-	-
8	Frätande ämnen	6187	22.0%
9	Övriga farliga ämnen	5520	19.6%
Totalt		28119	

Frekvensberäkningar

Trafikolycka E18

E18 kommer efter ombyggnaden att utgöras av en väg med två körfält i respektive körriktning och kommer utformas som en stadsmotorväg med hastighetsbegränsning 70 km/h. På den aktuella sträckan kommer det att finnas varken på- eller avfarter till angränsande vägar.

Den planerade vägutformningen ger en uppskattad olyckskvot på 0,6 trafikolyckor per 106 fordonskilometer, varav andelen singelolyckor är 30 %[14]. Olyckskvoten gäller för en schablonsträcka som både omfattar trafikplatser och raksträckor. Majoriteten av trafikolyckor sker i anslutning till korsningar oavsett om de utgör plankorsningar eller planskilda trafikplatser. Olycksstatistik visar t.ex. att ca 50 % av alla allvarliga fordonsolyckor i Sverige med mer än ett fordon inblandat inträffar i korsningar [15]. Detta trots att korsningar utgör en relativt begränsad andel av det totala vägnätet. Detta innebär även att en stadsmotorväg, som normalt omfattar en högre andel trafikplatser än en motorväg utanför tätort, har en högre schablonolyckskvot trots att hastigheten utanför tätort kan vara betydligt högre. Däremot så är andelen singelolyckor högre på motorvägar utanför tätort högre.

I och med ovanstående resonemang så bedöms det inte vara orimligt att olyckskvoten på den aktuella vägsträckan är lägre än den schablonolyckskvot som anges ovan. Uppskattningsvis så kan den aktuella vägsträckan mer jämföras med en motorväg utanför tätort med avseende på den förväntade olyckskvoten. I beräkningarna kommer det dock ovanstående olyckskvot att antas för att ej undervärdera det förväntade antalet fordonsolyckor.

Frekvensberäkningarna omfattar den sträcka av E18, inom vilken en olycka med farligt gods kan påverka personsäkerheten i den aktuella bebyggelsen i anslutning till överdäckningen av E18 vid Rinkeby. Det bedöms rimligt att i detta skede studera en sträcka på 500 meter, vilket motsvarar överdäckningens längd (ca 300 meter) samt 100 meter av vägen från respektive tunneldmykning.

Det totala trafikarbetet på den aktuella sträckan beräknas utifrån de högsta prognostiserade trafikmängderna enligt tabell A.1 och blir då:

$$63\,500 \text{ (fordon)} \cdot 365 \text{ (dygn)} \cdot 0,5 \text{ (km)} = 11\,588\,750 \text{ fordonskilometer per år}$$

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$O_{\text{Totalt}} = \text{Olyckskvot} \times \text{Totalt trafikarbete} \times 10^{-6} = 0,6 \times 11\,588\,750 \times 10^{-6} = 7,0 \text{ per år}$$

Trafikolycka med farligt gods E18 – totalt

Följande ekvation används för att beräkna frekvensen för antal förväntade fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor:

$$O_{FaGo} = \text{Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor} = O \cdot ((X \cdot Y) + (1 - Y) \cdot (2X - X^2))$$

där

X = Andelen transporter skyltade med farligt gods (antal farligt godstransporter delat med totalt antal fordon)

Y = Andelen singelolyckor på vägdelen (30 % för aktuell vägsträcka)

Frekvensberäkningarna utförs för det uppskattade antalet transporter som redovisas i tabell A.3, d.v.s. sammanlagt 28 119 transporter med farligt gods per år, vilket motsvarar ca 77 transporter per dygn. Frekvensberäkningarna utförs för de högsta prognostiserade trafikmängderna enligt tabell A.1. Detta antagande påverkar inte de fortsatta frekvensberäkningarna för trafikolycka med farligt gods utan dessa värden är endast beroende av det totala antalet farligt godstransporter. En minskat total trafikmängd ger ett mindre värde på O_{Totalt} men samtidigt ett högre värde på X vilket motverkar varandra så att O_{FaGo} blir densamma.

Utifrån det beräknade antalet fordonsolyckor, den uppskattade andelen transporter med farligt gods (X) samt andelen singelolyckor (Y) beräknas förväntat antal trafikolyckor med farligt godstransport. Dock så är det enbart en begränsad andel av de förväntade antalet olyckor som bedöms kunna påverka personsäkerheten inom aktuellt bebyggelseområde. Enligt den inledande analysen i huvudrapporten så är det enbart ämnen ur klasserna 1, 2.1, 2.3, 3 respektive 5 som kan leda till skadescenarier som kan innebära allvarliga personskador i områden i anslutning till en överdäckad väg. I tabell A.4 så har därför den totala olycksfrekvensen delats upp med avseende på de aktuella farligt godsklasserna. Det antas att fördelningen av olycksfrekvensen motsvarar fördelningen av antalet transporter för respektive farligt godsklass, d.v.s. tabell A.3.

Tabell A.4. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass på studerad sträcka av E18 i höjd med överdäckning vid Rinkeby.

Klass	Antal transporter per år	Andel	Frekvens
1	1354	4.8%	6.9E-04
2.1	864	3.1%	4.4E-04
2.2	6336	22.5%	3.2E-03
2.3	12	0.04%	6.1E-06
3	5714	20.3%	2.9E-03
4	130	0.5%	6.6E-05
5.1	400	1.4%	2.0E-04
5.2	2	0.01%	1.2E-06
6	1600	5.7%	8.2E-04
7	-	-	-
8	6187	22.0%	3.2E-03
9	5520	19.6%	2.8E-03
Totalt	28119		1.4E-02

Klass 1. Explosiva ämnen och föremål

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt ADR-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt [16].

Konsekvenserna av en massexplosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. Enligt ADR-S är det tillåtet att transportera massexplosiva ämnen i så stora mängder som 16 ton vid transporter i EX/III-fordon. Hur stor andel av transporterna som faktiskt rymmer så mycket är dock oklart.

Underlaget för frekvensberäkningarna för olycka med explosivämnen redovisas i sin helhet i bilaga D. Uppgifterna som redovisas nedan kommer från en särskild kartläggning som utfördes inom projektet Norra Stationsområdet [13] och utgör underlag för de fortsatta frekvensberäkningarna. Kartläggningen beaktar uppgifter från bl.a. Räddningsverket (numera MSB), Polisen samt transportörer i Stockholms län.

- Enligt uppgifter från Räddningsverket utgörs ca 80-90 % av transporter med explosivämnen av ämnen ur klass 1.1. Klass 1.3 och 1.4 står för ca 5-10 % och övriga klasser transporteras i stort sett inte alls. I de fortsatta beräkningarna antas det konservativt att samtliga transporter rymmer klass 1.1.
- Enligt uppgifter från Räddningsverket utgör enbart 0,5 % av transporterna med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transittransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämare inom länet. Transittransporterna rymmer

troligtvis maximala transportmängder, d.v.s. 16 ton massexplosivämnen per transport. Resterande transporter transporteras till avnämare inom länet och rymmer troligtvis mindre mängder explosivämnen.

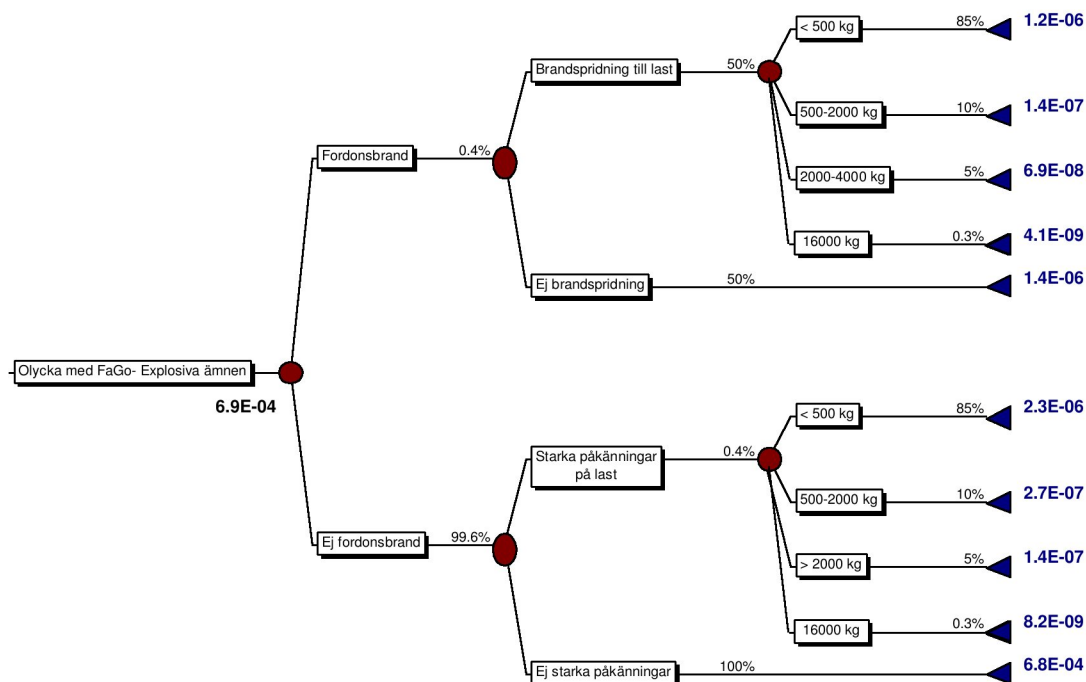
- Utifrån de uppgifter som erhållits i kartläggningen som utförts i projektet Norra Stationsområdet har följande fördelning antagits mellan olika transportmängder på E18:
 - < 500 kg/transport: ca 85 % (ca 1180 transporter per år)
 - 500 – 2 000 kg /transport: ca 10 % (ca 130 transporter per år)
 - 2 000 - 4000 kg / transport: ca 5 % (ca 50 transporter per år)
 - 16 000 kg / transport: ca 0,3 % (ca 4 transporter per år)

En detonation kan uppstå antingen till följd av att starka påkänningar på lasten till följd av själva trafikolyckan eller till följd av en brand som sprids till lasten. Ämnen ur riskgrupp 1.1 får enbart transporteras i fordon som uppfyller krav för s.k. EX/II- eller EX/III-fordon, vilket innebär krav på utförandet av elektronik, bromsar och förebyggande åtgärder mot brandrisker. Detta syftar till att reducera sannolikheten för trafikolycka som kan leda till stora påkänningar eller brandspridning till lasten vid t.ex. en motorbrand. Det finns även regler för förpackning etc., vilket innebär att sannolikheten för att en trafikolycka ska leda till omfattande skador på det transporterade godset p.g.a. påkänningar bedöms vara mycket låg.

Sannolikheten för att fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna uppskattas utifrån statistik över fordonsbränder vid polisrapporterade vägtrafikolyckor [17] samt totalt antal inrapporterade trafikolyckor med personskada för motsvarande tidsperiod [18]. Utifrån detta uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till ca 0,4 %. Krav på utförandet av EX/II- och EX/III-fordon (se ovan) innebär att sannolikheten för brandspridning till det explosiva ämnet bedöms vara låg. Sannolikheten för detonation (och mycket grovt massexplosion) till följd av fordonsbrand som sprider sig till lasten uppskattas grovt till 50 %.

Sannolikheten för detonation (och mycket grovt massexplosion) till följd av stora påkänningar vid trafikolycka uppskattas vara mycket låg. Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Med hänsyn till kraven på transportfordon för explosivämnen som bl.a. avser utformning som innebär att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner så bedöms sannolikheten för att en trafikolycka innebär så omfattande krafter på lasten att det leder till detonation inte vara större än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en trafikolycka, d.v.s. 0,4 %.

Figur A.1 visar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av explosiva ämnen som redovisar de förutsättningar som krävs för att en massexplosion ska antas inträffa.



Figur A.1. Händelsesträd olycka med transport av explosiva ämnen (klass 1).

Klass 2. Gaser

Denna farligt godsklass delas enligt tidigare in i tre underklasser: klass 2.1 brännbara; klass 2.2 icke brännbara, icke giftiga och klass 2.3 giftiga gaser. Det är enbart ämnen ur klass 2.1 och 2.3 som bedöms kunna påverka personsäkerheten i anslutning till överdäckningen vid en olycka på vägen. Den högsta andelen av gastransporterna utgör dock ämnen ur klass 2.2 (ca 88 % av det totala antalet transporter). Brännbara gaser utgör i stort sett resterande gastransporter (ca 12 %), medan giftiga gaser enbart omfattar en mycket begränsad andel (ca 0,2 %), se tabell A.3.

Den aktuella vägutformningen med hastighetsbegränsningen 70 km/h innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 13 % (Index för farligt godsolyckor). Gaser transporteras dock i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket därmed innebär högre tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30, vilket ger en sannolikhet för läckage av gas $13 \cdot 1/30 = 0,4$ % [14]. Det antas grovt att samtliga gastransporter på den aktuella vägsträckan utgörs av tankbilar.

För **brännbara gaser** kan tre scenarier antas uppstå beroende av typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck

- **BLEVE**: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för antändning (direkt och fördröjd). Fördelningen mellan olika utsläppsstorlekar samt efterföljande sannolikheten för antändning anges i tabell A.5 [14].

Tabell A.5. Sannolikhet för olika utsläppsstorlekar och sannolikhet för antändning.

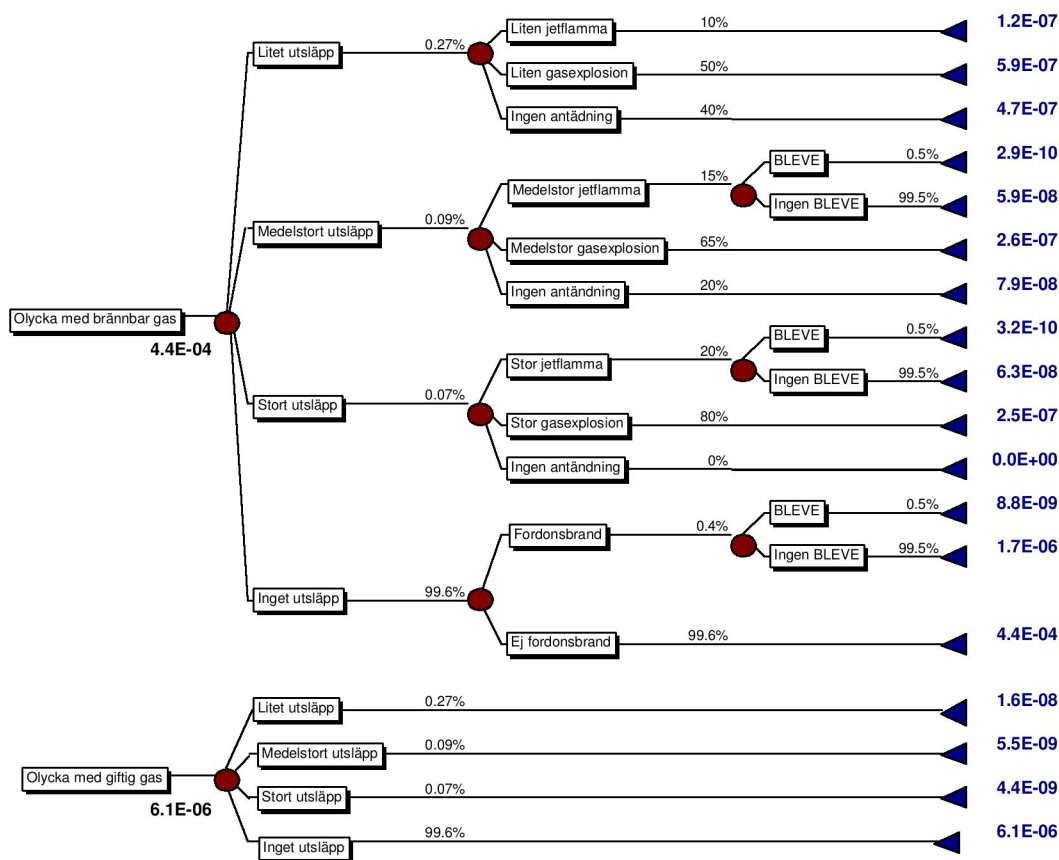
Utsläppsstorlek	Sannolikhet	Antändning		
		Direkt	Fördröjd	Ingen
Litet (0,09 kg/s)	62,5 %	0,1 %	0,5 %	0,4 %
Medelstort (0,9 kg/s)	20,8 %	0,15 %	0,65 %	0,2 %
Stort (17,8 kg/s)	16,7 %	0,2 %	0,8 %	0 %

En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank utan fungerande säkerhetsventil antingen om en medelstor eller stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om trafikolyckan leder till fordonsbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att förhållandena kring något av ovanstående scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms dock vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 0,5 % för respektive scenario.

Vid gasmolnsexplosion samt utsläpp av **giftig gas** kan vindriktning och vindstyrkan påverka konsekvensområdets storlek. I konsekvensberäkningarna som redovisas i bilaga B kommer dock dessa att studeras konservativt, d.v.s. värsta tänkbara vindstyrka, varför denna faktor ej beaktas i frekvensberäkningarna.

För **giftiga gaser** används den fördelning mellan olika utsläppsstorlekar som redovisas i tabell A.6.

I figur A.2 redovisas händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara respektive giftiga gaser.



Figur A.2. Händelseträd olycka med transport av gaser (klass 2).
Över: Brännbar gas (klass 2.1).
Under: Giftig gas (klass 2.3).

Klass 3. Brandfarliga vätskor

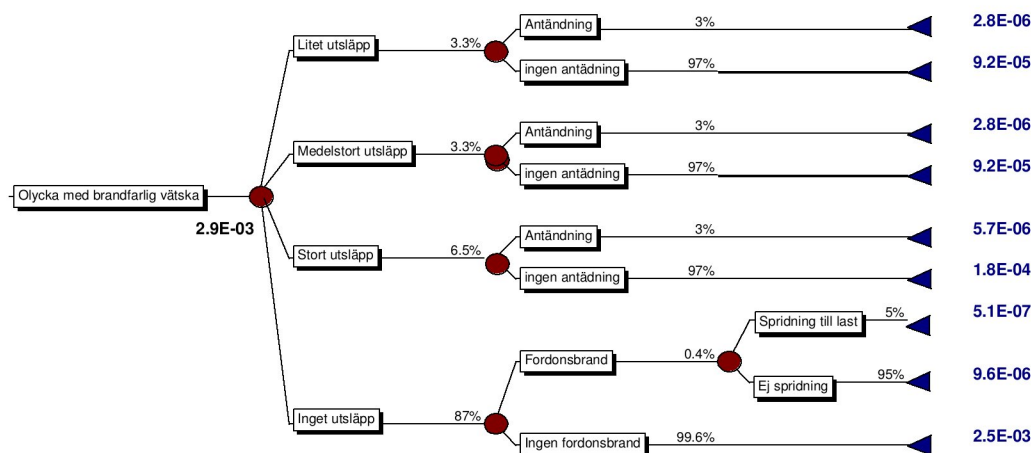
En mycket hög andel av de brandfarliga vätskor som transporteras på E18 uppskattas vara petroleumprodukter, d.v.s. transporter av bensin och diesel till bl.a. bensinstationer. Bensin utgör ca 85 % av petroleumprodukterna som säljs på bensinstationer. I de fortsatta beräkningarna så antas det konservativt att samtliga vätsketransporter rymmer klass 1-vätskor, d.v.s. vätskor med en flampunkt som understiger 21°C, och som därmed kan antändas direkt med relativt begränsad energitillförsel (t.ex. cigarett eller gnistbildning).

Sannolikheten för att en trafikolycka med farligt godstransport inblandad där ämnet transporteras i tunnväggig tank leder till läckage antas enligt ovan vara 13 %. Det uppskattas att en stor andel av transporterna utgörs av tankbil med släp, vilket för tunnväggiga tankar innebär att sannolikhetsfördelningen mellan litet, medelstort och stort utsläpp är 25 %, 25 % respektive 50 % [14]. Sannolikheten för att bensin och liknande vätskor (klass 1-vätskor) antänds vid utsläpp till följd av en trafikolycka kunna antas vara ca 3 % [14] oberoende av utsläppsstorleken.

Omfattande brand kan även uppstå om t.ex. en motorbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Enligt ovan så är sannolikheten för att en

trafikolycka leder till brand i fordon ca 0,4 %. I ADR-S [16] anges krav på fordon som ska användas för transport av brandfarliga vätskor, vilket bl.a. innebär en begränsad sannolikhet för spridning av t.ex. motorbränder till lasten. Sannolikheten för antändning av lasten till följd av fordonsbrand vid trafikolycka uppskattas grovt vara ca 5 %.

I figur A.3 redovisas ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarliga vätskor.



Figur A.3. Händelsetråd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen och organiska peroxider brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända och enbart en begränsad andel kan leda till explosionsartade brandförlopp vid blandning med brännbart material.

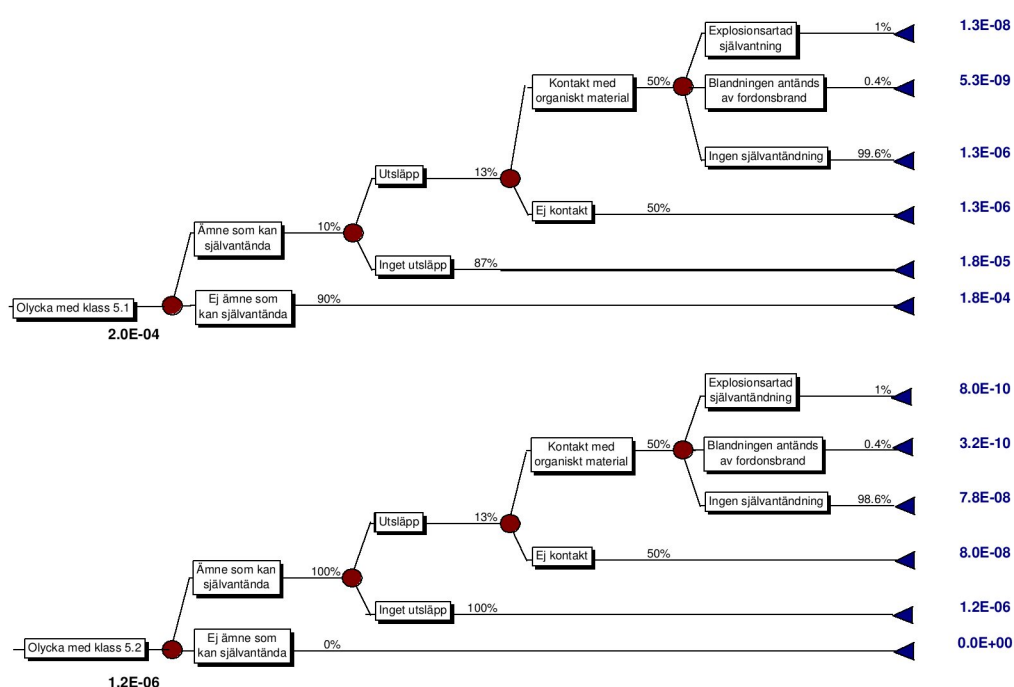
De ämnen inom klass 5 som kan leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp är i huvudsak ammoniumnitrater, ej stabiliserade väteperoxider, vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. T.ex. vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

Antalet transporter av organiska peroxider (klass 5.2) är mycket begränsat på E18. Enligt tabell A.2 utgör mindre än 1 % av transportererna av ämnen ur klass 5 organiska peroxider. Dessutom anges det i ADR-S att det inte är tillåtet att transportera ej stabiliserade (d.v.s. utan flegmatiseringsmedel) väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på väg. Det är inte heller tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % brännbara ämnen (inklusive alla organiska ämnen som kolektivvalent), utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen). Utifrån detta så bedöms andelen av de transporter av ämnen ur klass 5 som sker på E18 som rymmer ämnen som kan självantända explosionsartat vid utsläpp vara mycket begränsad. Det antas grovt att 10 % av antalet transporter med ämnen ur klass 5.1 utgör ämnen som kan självantända

explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Motsvarande för klass 5.2 antas grovt vara 100 %.

Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 13 %. Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med brännbart material bedöms vara relativt hög (antaget 50 %). Ovanstående resonemang kring förbud och stabilisering innebär dock att sannolikheten för ett explosionsartat brandförlopp bedöms vara lägre än 1 %. Detta antagande gäller både för oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Figur A.4 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.



Figur A.4. Händelsetråd olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Över: Oxiderande ämnen (klass 5.1)

Under: Organiska peroxider (klass 5.2)

BILAGA B - KONSEKVENSBERÄKNINGAR

Inledning

I denna bilaga beräknas konsekvenserna av de olycksrisker (skadescenarier) som bedöms kunna medföra påverkan på personsäkerheten inom den planerade bebyggelsen. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker, vilka alla förknippas med den angränsande transportleden för farligt gods, E18:

- Scenario 1. Explosion vid transport av explosivt ämne
- Scenario 2. Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - 2.1. Utsläpp med direkt antändning (jetflamma)
 - 2.2. Utsläpp med fördröjd antändning (gasmolnsexplosion)
 - 2.3. Långvarig brandpåverkan på oskyddad gastank (BLEVE)
- Scenario 3. Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
- Scenario 4. Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
- Scenario 5. Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)

Respektive skadescenario kommer att studeras dels om de inträffar i själva tunneln och dels om de inträffar i anslutning till tunnelmynningarna. Detta görs då konsekvenserna av scenarierna kan variera beroende på var olyckan inträffar.

Konsekvenserna beräknas alternativt bedöms med simuleringsprogram, handberäkningar samt litteraturstudier. Konsekvenserna av olycka med explosiva ämnen som inträffar i tunneln har studerats i en fördjupad utredning, se bilaga D.

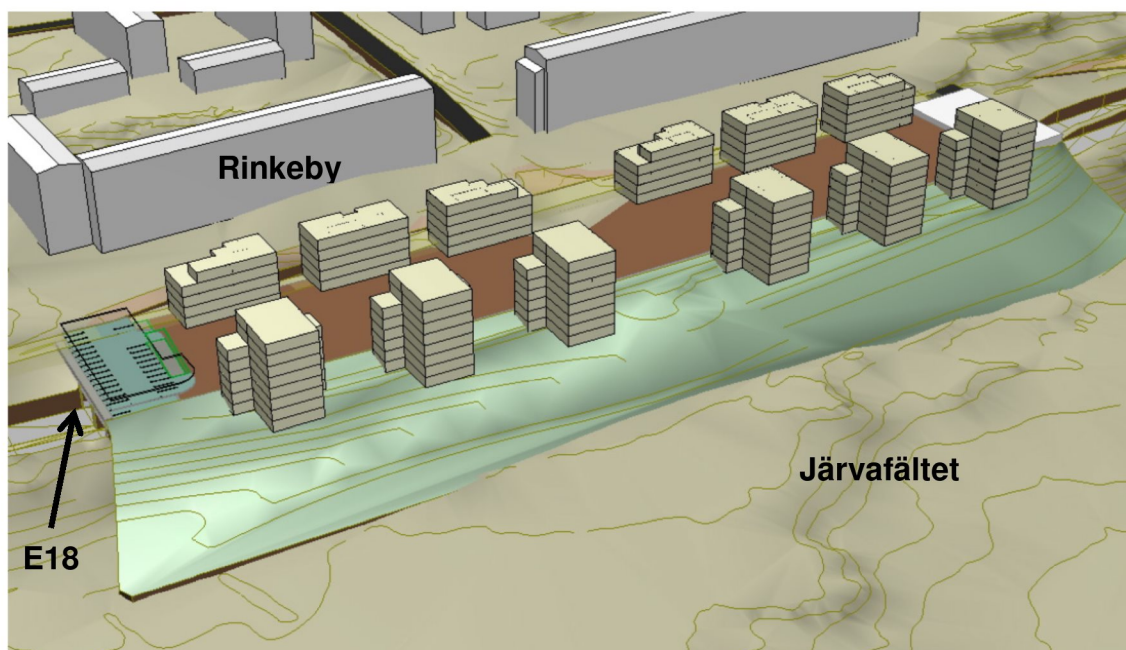
I riskanalysen används riskmått *individrisk* och *samhällsrisk*. För att kunna sammanställa individrisk krävs konsekvensberäkningar som redovisar det avstånd från riskkällan inom vilket personer kan omkomma till följd av respektive olycksrisk. För att kunna sammanställa samhällsrisknivån krävs beräkningar/bedömningar av antalet omkomna till följd av respektive olycksrisk.

Förutsättningar

För att kunna få en uppfattning om hur stora konsekvenserna blir i form av antal omkomna kommer följande förutsättningar och antaganden att gälla i beräkningarna.

Planerad bebyggelse

Den nya bebyggelsen i anslutning till överdäckningen förutsätts utföras enligt perspektivbilden som redovisas i figur B.1.



Figur B.1. Planerad bebyggelse vid överdäckning E18 vid Rinkeby, alternativ 1.

Enligt huvudrapporten studeras två utformningsalternativ för den nya bebyggelsen. Det som skiljer de båda alternativen åt är våningsantalet. Figur B.1 redovisas utformningsalternativ 1, vilket innebär att bostadshusen söder om E18 (mot Rinkeby) utförs i fem våningsplan ovan mark och att husen norr om E18 (mot Järvafältet) utförs i åtta våningsplan ovan mark. Utformningsalternativ 2 innebär att husen söder om E18 utförs i åtta våningsplan medan husen norr om E18 utförs i sex våningsplan ovan mark.

Konsekvensberäkningarna har utgått från följande förutsättningar och antaganden:

Ovanpå överdäckning

- Den enda bebyggelsen som planeras ovanpå överdäckningen utförs av parkeringsgarage i två våningsplan i direkt anslutning till tunnelmynningarna.
- På tunneltaket antas parkmark med gångvägar, mindre bollplan m.m.
- Inom 25 meter från tunnelmynningarna utförs obebyggda utrymmen så att stadigvarande vistelse ej antas förekomma
- Det vertikala avståndet mellan vägbana och överdäckningens marknivå ca 8 meter

I anslutning till överdäckning

- Utmed överdäckningen planeras bostadsbebyggelse i genomsnitt 7 våningar ovan mark. Inom 25 meter från tunnelväggarna är ca 50 % av marken utmed överdäckningen bebyggd. Byggnaderna storlek uppskattas till 25 * 25 meter.
- Avstånd mellan tunnelmynning och bebyggelse ovan mark > 25 meter

- Inom 25 meter från tunnelmynningarna utförs obebyggda utrymmen så att stadigvarande vistelse ej antas förekomma
- Avstånd mellan tunnelvägg och bebyggelse ovan mark:
 - Rasdämpande hus: ca 2 meter
 - Ej rasdämpande hus: ca 8 meter
- 90 % av bebyggelsen utgörs av bostäder och 10 % av butiker och andra, ej personintensiva, verksamheter.
- Sammanlagt ca 350 bostäder.
- Under mark är ca 80 % av ytan inom 25 meter från tunnelväggarna bebyggda. Avstånd mellan tunnelvägg och bebyggelse under mark 0 meter (utan motfyllning).

Persontäthet och personantal

Följande antaganden avseende persontäthet i olika typer av lokaler har använts vid bedömningarna av skadeutfall.

Tabell B.1. Persontätheter som funktion av användningsområde. Uppgifterna för garage baseras på att var 10:de bil brukas av minst en person. Kolumn 3 är erfarenhetsbaserad.

Typ av lokal	Normalt dimensionerande persontäthet (p/m ²)	Tid på dygnet persontätheten bedöms inträffa
Bostad 2 personer i hushållet – statisk 2009	0,025	Dygnet runt inkl. helg
Garage vägg i vägg	0,01 1 person / 10 parkeringsplatser	Dygnet runt inkl. helg
Angöringsytor	0,01	
Butiker / cafe	0,1	Dagtid inkl. helg
Bollplan / lektyr	0,1	Dagtid inkl. helg
Lokalgata	5000 bilar / dygn	

Ovanpå överdäckning

- Uppskattad persontäthet:
 - Parkeringsgarage 0,02 person/m² markyta dagtid
 - Utomhus > 25 meter från tunnelmynning 0,01 person/m² dagtid
- Det sammanlagda genomsnittliga personantalet ovanpå överdäckningen uppskattas grovt till ca 50-100 personer dagtid (varav ca 20 personer inomhus)
- Natttid bedöms personantalet ovanpå överdäckningen vara mycket begränsat.

I anslutning till överdäckning

- Uppskattad persontäthet:
 - Bebyggd yta ovan mark 0,228 person/m² markyta dagtid (i genomsnitt)
 - Bebyggd yta ovan mark 0,025 person/m² och våningsplan² natttid
 - Bebyggd yta under mark samt parkeringsgarage ovan mark (ej personintensiva lokaler) 0,01 person/m² dagtid
 - Utomhus 0,01 person/m² dagtid
- Det sammanlagda personantalet i anslutning till överdäckningen (båda sidor) uppskattas grovt till ca 1 340 personer dagtid (varav ca 1 100 personer inomhus ovan mark och ca 85 personer inomhus under mark)
- Det sammanlagda personantalet i anslutning till överdäckning (båda sidor) uppskattas grovt till ca 800 personer natttid (varav alla inomhus ovan mark³)

Klass 1. Explosiva ämnen

I bilaga A redovisas fyra olika explosionsscenarier utifrån en uppskattning av mängden explosivämne per transport. Det antas grovt att hela lasten exploderar vid detonation. I konsekvensberäkningarna kommer följande scenarier att studeras:

- 500 kg (transporter med < 500 kg/transport)
- 2 000 kg (transporter med 500-2 000 kg /transport)
- 4 000 kg (transport med 2 000-4 000 kg / transport)
- 16 000 kg (transporter med > 2 000 kg /transport)

I tunnel

Konsekvensberäkningarna för explosion i betongtunnel redovisas i sin helhet i bilaga D. Nedan redovisas en sammanställning av resultatet och slutsatserna från denna rapport.

Bedömningen av explosioners skadeverkan på intilliggande byggnader utförs baserat på erfarenhet och beräkningar från FOI [19]. Beräkningarna är gjorda för kast av tunneltak vid impulsbelastning från en explosion, kraterstorlek i mark, skador av luftstötvåg efter sönderbrytning av tunneltak samt markrörelser.

Beräkningarna baseras på en tunnel som utformas som två sammanbyggda tunnelrör utan fyllning ovanpå. Vägg- och taktjocklek vara ca 1000 mm och med ca 0,0008 m²

² Bostäder i t.ex. 7 våningsplan = 0,175 person/m² markyta

³ Personantalet utomhus samt inom bebyggelse under mark och parkeringsgarage bedöms vara mycket begränsat natttid.

verksam armering genom varje tvärsnitt. Tvärsnittsarean är ca 50 m²/tunnelrör. Explosionen förväntas mitt i tvärsnittet av ett tunnelrör – dvs 4 meter från närmaste yttervägg.

I tabell B.2 redovisas de beräknade konsekvensområdena ovanpå respektive i anslutning till överdäckningen. Konsekvensberäkningarna har utgått från de förutsättningar som redovisas i avsnitt B.1.1.

Tabell B.2. Konsekvensområden vid explosion i tunnel.

Laddningsvikt	Konsekvensområde			
	<i>Utomhus Tunneltak + 2 m/sida bebyggelsefritt Övrigt 50% exploatering</i>	<i>Under mark 80% exploatering direkt mot tunnelvägg</i>	<i>Ovan mark Inne i rasdämpande byggnad 2 meter från tunnelvägg</i>	<i>Ovan mark Inne i ej rasdämpande byggnad 8 meter från tunnelvägg</i>
500 kg	-	10*2*0,8 = 16 m ²	-	-
2000 kg	30*17 = 510 m ² + 30*3*0,5 = 45m ² (bara ena sidan) Totalt: 555 m ²	30*10*0,8 = 240 m ² (bara ena sidan)	30*3*0,5 = 45 m ² (totalkollaps) 30*(10+5)*0,5*0,5 = 112 m ² (oreparerbara skador)	30*2*0,5 = 30 m ² (totalkollaps) 30*(10+5)*0,5*0,5 = 112 m ² (oreparerbara skador)
4000 kg	200*21 = 4200 m ² (tunneltak) +200*14*0,5+200*4*0,5 = 1800 m ² Totalt: 6000 m ²	200*15*0,8 = 2400 m ²	200*(14+4)*0,5 = 1800m ² (totalkollaps) 200*(10+20)*0,5*0,5 = 1500 m ² (oreparerbara skador)	200*(5+3)*0,5 = 800m ² (totalkollaps) 200*(20+20)*0,5*0,5 = 2000 m ² (oreparerbara skador)
16 000 kg	300*21 = 6300 m ² (tunneltak) +300*40*0,5+300*23*0,5 = 10200 m ² Totalt: 16500 m ²	300*20*0,8+ 300*10*0,8 = 7200 m ²	300*(13+10)*0,5 = 3450 m ² (totalkollaps) 300*(10+15)*0,5*0,5 = 1875 m ² (oreparerbara skador)	300*(10+10)*0,5 = 3000 m ² (totalkollaps) 300*(15+15)*0,5*0,5 = 2250 m ² (oreparerbara skador)

I det fria

Vid en explosion i det fria kan personer omkomma antingen direkt av explosionens tryckuppbyggnad eller p.g.a. att de befinner sig i en byggnad som rasar.

Människor tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid /20/:

- 1 % omkomna 180 kPa • 90 % omkomna 300 kPa
- 10 % omkomna 210 kPa • 99 % omkomna 350 kPa
- 50 % omkomna 260 kPa

Med hänsyn till den planerade bebyggelsestrukturen på, och omkring överdäckningen så bedöms det inte finnas några oskyddade obebyggda ytor inom planområdet där det förväntas stadigvarande vistelse. Mellan alla sådana ytor och tunnelmynningarna finns det nämligen byggnader eller en kraftig barriär. De skador som kan innebära konsekvenser avseende personer som befinner sig utomhus bedöms motsvara

skadorna om explosionen inträffar i tunneln, d.v.s. att tunneltaket eller ytan intill tunnelväggen rasar. Konsekvensområdena för explosion vid tunnelmynningen kommer därför konservativt att utgå från de beräknade konsekvensområdena för explosion i tunneln.

Byggnader klarar tryck sämre än oskyddade människor och kan vid en omfattande explosion raseras inom ett mycket stort område till följd av att de bärande konstruktionerna slås ut. Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck (P_c) och impuls (I_c). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas [20]:

$$I_c / I_+ + P_c / P_+ \geq 1$$

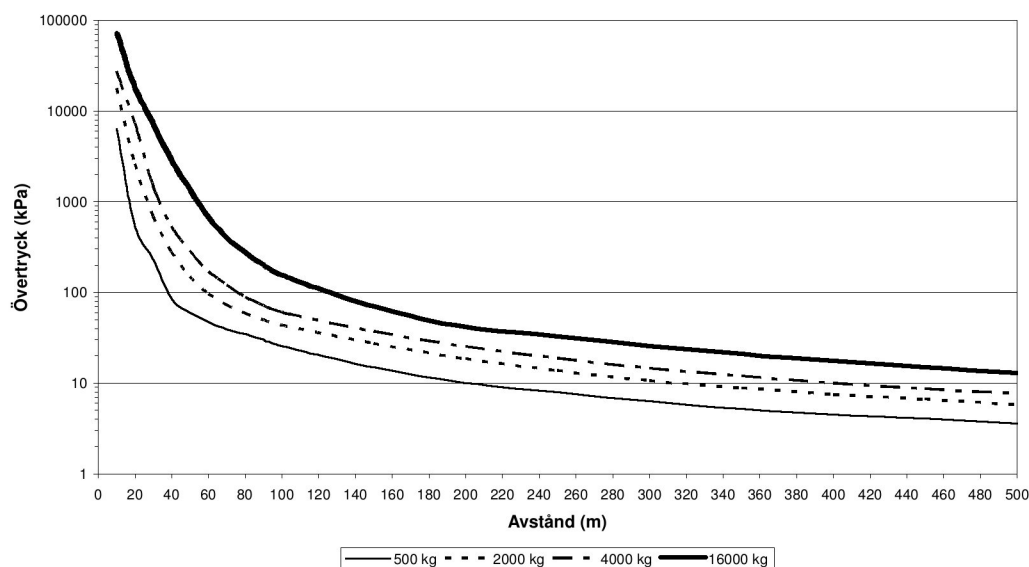
I tabell B.3 anges karaktäristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet [20].

Tabell B.3. Karaktäristiska tryck (P_c) respektive impuls (I_c) för olika byggnadsdelar.

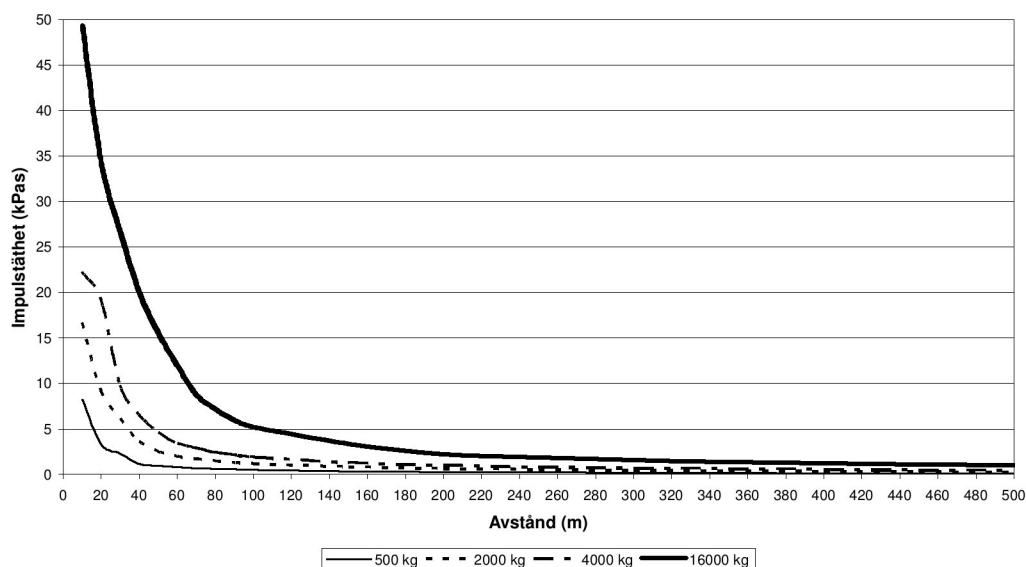
Byggnadsdel	P_c (kPa)	I_c (kPas)
Bärande konstruktioner		
<i>Stomme i platsgjuten betong</i>		
- Bärande ytterväggar av 20 cm betong (och invändiga pelare)	200	2,5
- Bärande tvärvägg och utfackade längsgående ytterväggar	200	2,5
<i>Stomme i monterad betong</i>		
- Pelar/balk-stomme	200	3,1
- Bärande väggar i elementhus	200	3,1
Icke bärande konstruktioner		
- Lätta utfackningsväggar (plåtkassetter) i pelarhus	5	0,5
- Medeltunga utfackningsväggar (regelstomme & fasadtegelskal)	5	1,0

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för respektive explosionsscenario. I figur B.2-B.3 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Beräkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner* [21]. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av $1,8 \cdot X$ kg i fri luft.

För bebyggelse ovanpå och i anslutning till överdäckningen beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.



Figur B.2. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.



Figur B.3. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Bedömningen görs utifrån ekvationen som redovisas ovan. Byggnadsdelarna har delats upp på bärande byggnadsdelar och icke bärande lätta respektive medeltunga byggnadsdelar. De infallande tryck som redovisas i figur B.2 gäller för en punkt (byggnad eller människa) som är helt oskyddad mot riskkällan. Den första byggnaden reducerar med stor sannolikhet det infallande trycket mot bakomliggande byggnader relativt mycket. Det uppskattas grovt att den första byggnaden medför att trycket och impulstätheten mot nästföljande byggnad reduceras med ca 75 % i förhållande till vad som anges i figur B.2 och B.3.

I tabell B.4 redovisas uppskattade konsekvensavstånd för respektive explosionsscenario.

Tabell B.4. Avstånd inom vilka byggnader uppskattas rasa, helt eller delvis, vid en explosion på E18.

Konsekvens	Konsekvensavstånd			
	500 kg	2000 kg	4000 kg	16000 kg
Oskyddad byggnad utan framförliggande bebyggelse				
Hela byggnaden rasar, inkl. bärande konstruktioner	10-20 m	30-40 m	40-50 m	70-80 m
Icke bärande <u>lätta</u> ytterväggar samt vissa icke bärande <u>lätta</u> innerväggar rasar	70-80 m	150-200 m	250-300 m	> 500 m
Icke bärande <u>medeltunga</u> ytterväggar samt vissa icke bärande <u>medeltunga</u> innerväggar rasar	40-50 m	90-100 m	150-200 m	300-350 m
Byggnad som helt, eller delvis är skyddad av framförliggande bebyggelse				
Hela byggnaden rasar, inkl. bärande konstruktioner	< 10 m	10-20 m	20-30 m	40-50 m
Icke bärande <u>lätta</u> ytterväggar samt vissa icke bärande <u>lätta</u> innerväggar rasar	20-30 m	50-60 m	70-80 m	150-200 m
Icke bärande <u>medeltunga</u> ytterväggar samt vissa icke bärande <u>medeltunga</u> innerväggar rasar	10-20 m	30-40 m	50-60 m	100-150 m
Oskyddade personer utomhus	-	555 m ²	-	16500 m ²

Sammanställning antal omkomna

Utifrån ovanstående konsekvensområden har konsekvenserna i form av antalet omkomna beräknats för respektive olycksscenario, se tabell B.5.

Konsekvenserna har beräknats utifrån följande förutsättningar:

- I **kollapsade delar** av bebyggelse förväntas 80% omkomma och i **resterade delar** av huset 15% omkomma (oberoende av explosionslasten)
- **Utomhus** respektive i **lokaler under mark** bedöms andelen omkomna vara beroende av explosionslasten:
 - 500 kg: 10% omkomna
 - 2 000 kg: 25% omkomna
 - 4 000 kg: 50 % omkomna
 - 16 000 kg: 80% omkomna

Konsekvenser i form av antal omkomna till följd av olycka vid transport av klass 1 i tunnel respektive i det fria i anslutning till tunnelmynning.

Scenario	Antal omkomna		
	Olycka i tunnel		Olycka vid tunnelmynning
	Avstånd till byggnad 2 m (rasdämpande konstruktioner)	Avstånd till byggnad 8 m (ej rasdämpande konstruktioner)	
Explosion 500 kg	Dagtid: < 1 Natttid: -	Dagtid: < 1 Natttid: -	Dagtid: 6 Natttid: -
Explosion 2000 kg	Dagtid: 19 Natttid: 12	Dagtid: 16 Natttid: 9	Dagtid: 34 Natttid: 20
Explosion 4000 kg	Dagtid: 425 Natttid: 265	Dagtid: 310 Natttid: 150	Dagtid: 95 Natttid: 40
Explosion 16000 kg	Dagtid: 880 Natttid: 485	Dagtid: 810 Natttid: 440	Dagtid: 265 Natttid: 140

Klass 2.1. Brännbara gaser

För brännbara gaser kommer tre olika scenarier att studeras, som beror på typen av antändning:

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnsexplosion*: fördröjd antändning av gas som hunnit spridas och därmed ej är under tryck
- *BLEVE*: Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion kan uppkomma om tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en utbredd brand under en längre tid.

I tunnel

Oavsett utsläppsstorlek bedöms varken jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE i en tunnel innebära så omfattande skador på tunnelkonstruktionen att tunneltaketplattan går sönder. Skadescenarierna bedöms heller inte leda till skador på grundläggningen intill tunnelväggen. Denna bedömning förutsätter dock att tunnelkonstruktionen är dimensionerad med avseende på dessa skadescenarier för att undvika att tunneln kollapsar vid en omfattande brand eller vid den tryckuppbyggnad som en gasmolnsexplosion eller BLEVE kan innebära.

Där det skulle kunna uppstå skador är i anslutning till tunnelmynningarna om flammor slår ut från tunneln. Enligt tidigare planeras dock ett område inom åtminstone ca 20-25 meter från tunnelmynningarna utgöras av utrymme som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Utifrån detta bedöms det att inget av skadescenarierna skulle innebära att någon person i planområdet skulle omkomma om de inträffar i tunneln.

I det fria

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de skadeområden inom vilka personer kan förväntas omkomma.

Vid beräkningarna har det antagits att den brännbara gasolen transporteras i tankbil som rymmer ca 20-25 ton gas. Det har antagits grovt att samtliga transporter utgörs av tryckkondenserad gasol. I beräkningarna har följande indata angetts i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Lagringstemperatur	15 °C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15 °C
Tankdiameter	2,0 m
Tanklängd	18 m
Tankfyllnadsgrad	80 %
Tankens tomma vikt	50 000 kg
Designtryck	15 bar övertryck
Bristningstryck	4 x designtrycket
Luftryck	760 mmHg
Väder	15 °C, 50 % relativ fuktighet, dag och klart
Omgivning	Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

Skadescenarierna jetflamma respektive gasmolnsexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar [14]:

- Litet utsläpp: 0,09 kg/s
- Medelstort utsläpp: 0,9 kg/s
- Stort utsläpp: 17,8 kg/s

Skadeområdena för jetflamma och gasmolnsexplosion beror utöver utsläppsstorleken, även på om läckaget utgörs av gasfas, vätskefas eller i gasfas nära vätskeytan. I beräkningarna antas det konservativt att utsläppet sker nära vätskeytan då detta leder till de största skadeområdena.

Skadeområdena för gasmolnsexplosion är dessutom beroende av vindstyrkan, där skadeområdet blir större ju lägre vindstyrka. Även här antas det konservativt en relativt låg vindstyrka, ca 3 m/s.

I tabell B.6 redovisas de avstånd, inom vilka personer antas omkomma, för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och gasmolnsexplosion blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Tabell B.5. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brännbar gas.

Scenario	Läckagestorlek	Antändning	Skadedrabbat område
Litet utsläpp (punktering)	0,09 kg/s	Jetflamma	Plym 4 m x 4 m
		Gasmoln	Plym 5 m x 0,2 m
Medelstort utsläpp	0,9 kg/s	Jetflamma	Plym 12 m x 10 m
		Gasmoln	Plym 22 m x 29 m
Stort utsläpp	17,8 kg/s	Jetflamma	Plym 50 m x 44 m
		Gasmoln	Plym 345 m x 215 m
BLEVE			Cirkulärt 140 m radie

Skadeområdena som anges i tabell B.6 gäller en oskyddad person utomhus och anges i form av området där strålningen är så omfattande att det kan leda till 3:e gradens brännskada. Med hänsyn till den planerade bebyggelsestrukturen på, och omkring överdäckningen så bedöms det inte finnas några oskyddade obebyggda ytor inom planområdet där det förväntas stadigvarande vistelse. Mellan alla sådana ytor och tunnelmynningarna finns det nämligen byggnader eller en kraftig barriär.

Sammanställning antal omkomna

Utifrån ovanstående konsekvensområden har konsekvenserna i form av antalet omkomna beräknats för respektive olycksscenario, se tabell B.7.

Sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador är ca 15 % [20]. Utifrån detta görs en grov uppskattning att sannolikheten att omkomma vid 3:e gradens brännskada är ca 50 %. För personer inomhus är sannolikheten att omkomma relativt låg, men uppskattas till 5-10 % inom respektive skadeområde.

Enligt beskrivningen i avsnittet ovan innebär den planerade bebyggelsestrukturen att det inte finns några oskyddade obebyggda ytor inom planområdet. De studerade skadescenarierna bedöms därmed inte innebära några konsekvenser utomhus. De ytor där konsekvenser kan uppstå är inom byggnaderna närmast tunnelmynningarna, d.v.s. parkeringsgaragen.

Tabell B.6. Konsekvenser i form av antal omkomna till följd av olycka vid transport av klass 2.1 i tunnel respektive i det fria i anslutning till tunnelmynning.

Scenario	Antal omkomna		
	Olycka i tunnel		Olycka vid tunnelmynning
	Avstånd till byggnad 2 m (rasdämpande konstruktioner)	Avstånd till byggnad 8 m (ej rasdämpande konstruktioner)	
Liten jetflamma	-	-	-
Medelstor jetflamma	-	-	Dagtid: < 1 Natttid: -
Stor jetflamma	-	-	Dagtid: 2 Natttid: -
Liten gasmolnexplosion	-	-	-
Medelstor gasmolnexplosion	-	-	Dagtid: < 1 Natttid: -
Stor gasmolnexplosion	-	-	Dagtid: 2 Natttid: -
BLEVE	-	-	Dagtid: 2 Natttid: -

Klass 2.3. Giftig gas

I tunnel och i det fria

Utsläppsscenarioer med giftig gas bedöms mycket grovt inte påverkas av att utsläppet inträffar i tunneln eller i det fria. Detta då ett utsläpp i tunneln kan spridas ut i det fria genom tunnelns ventilation och därefter p.g.a. vinden spridas upp mot den planerade bebyggelsen på överdäckningen. Dock uppskattas gasen spädas ut även i tunneln, vilket innebär att det faktiska konsekvensavståndet på överdäckningen bör reduceras med avseende på sträckan från tunnelmynningen till olycksplatsen i tunneln. För utsläppsscenarioer i tunneln antas det mycket grovt att olyckan inträffar i tunnelns mitt, d.v.s. skadeavstånden reduceras med **150 meter** räknat från tunnelmynningen.

Den icke brännbara men giftiga gasen antas bestå av tryckkondenserad ammoniak, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras i större tankar på vägarna i Sverige. Giftigare gaser, som t.ex. klor transporteras normalt i begränsade mängder på väg, medan de större transporterna går på järnväg. Med simuleringsprogrammet **Spridning i Luft 1.2** beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak antas vara dödlig (inomhus och utomhus). En gastankbil antas rymma ca 20 ton ammoniak. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (packningsläckage 0,34 kg/s), mellanstort läckage (brott på rör 10 kg/s) och stort läckage (stor punktering 85 kg/s).

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. **Spridning i Luft 1.2** visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning.

Skadeområdena är beroende av vindstyrkan, där skadeområdet blir större ju lägre vindstyrka. Här antas konservativt en relativt låg vindstyrka, ca 3 m/s. Skadeområdet

inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas att ventilationsintagen är placerade ca 10 meter över vägbanan.

Den indata som använts i **Spridning i Luft 1.2** för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan.

Kemikalie: Ammoniak
Emballage: Lastbil (20 000 kg)
Bebyggelse: Bebyggt
Lagringstemperatur: 15°C
Väder: 15°C, vår, dag och klart

Tabell B.7. Skadedrabbat område för olika scenarier vid olycka med transport av klass 2.3. Procentsatserna avser andel som omkommer inom respektive skadeområde. Angivna skadeavstånd gäller för olycka som inträffar i det fria.

Scenario	Andel omkomna	Skadeavstånd (L*Bmax) [m]	
		Utomhus	Inomhus
Punktering (0,34 kg/s)	100 %	-	-
	50 %	10 x 4	-
	5 %	15 x 10	-
Brott på rör (10 kg/s)	100 %	30 x 20	-
	50 %	60 x 30	-
	5 %	90 x 50	-
Stor punktering (85 kg/s)	100 %	100 x 50	-
	50 %	170 x 100	-
	5 %	225 x 130	45 x 5

Sammanställning antal omkomna

Utifrån ovanstående konsekvensområden har konsekvenserna i form av antalet omkomna beräknats för respektive olycksscenario, se tabell B.9. Beräkningarna utgår från de andelar som redovisas i tabell B.8.

Tabell B.8. Konsekvenser i form av antal omkomna till följd av olycka vid transport av klass 2.3 i tunnel respektive i det fria i anslutning till tunnelmynning.

Scenario	Antal omkomna		
	Olycka i tunnel		Olycka vid tunnelmynning
	Avstånd till byggnad 2 m (rasdämpande konstruktioner)	Avstånd till byggnad 8 m (ej rasdämpande konstruktioner)	
Litet utsläpp giftig gas	-	-	-
Medelstort utsläpp giftig gas	-	-	Dagtid: 8 Natttid: -
Stort utsläpp giftig gas	Dagtid: 12 Natttid: -	Dagtid: 12 Natttid: -	Dagtid: 57 Natttid: < 1

Klass 3. Brandfarlig vätska

För denna farligt godsklass utgörs skadescenarierna av att tanken skadas så allvarligt att vätska läcker ut och sedan antänds. Vid beräkning av konsekvensen av en farligt godsolycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensin.

Uppskattningsvis rymmer en normal tankbil ca 20-30 m³ vätska, men vanligtvis är tanken uppdelad i mindre fack och därför är sannolikheten för att all bensin läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning. Pölens utbredning beror även på vägbanans bredd samt eventuella lågpunkter eller plana ytor.

Ett läckage antas begränsas av vägbanans bredd, vilket bedöms motsvara en pöldiameter på ca 10 meter. Eftersom inte någon av tunnelmynningarna ligger i en lågpunkt bedöms det enbart vara vid ett stort utsläpp som utsläppet kan spridas över hela vägbanan. I övriga fall skapas med stor sannolikhet smalare rännilar.

Konsekvensberäkningar utförs för följande pölbrandscenarier:

- Liten pölbrand: 50 m²
- Medelstor pölbrand: 100 m²
- Stor pölbrand: 300 m²
- Tankbilsbrand: Motsvarande stor pölbrand

I tunnel

Precis som för utsläpp av brännbar gas enligt ovan bedöms inte en pölbrand i tunneln innebära så omfattande skador på tunnelkonstruktionen att tunneltakplattan går sönder. Denna bedömning förutsätter att tunnelkonstruktionen är dimensionerad med avseende på dessa skadescenarier för att undvika att tunneln kollapsar vid en omfattande brand. För att begränsa pölbrandens omfattning utformas normalt tunnlar avloppssystem så att ytan som vätskan kan rinna ut över begränsas.

Där det skulle kunna uppstå skador är i anslutning till tunnelmynningarna om flammor slår ut från tunneln. Enligt tidigare planeras dock ett område inom åtminstone ca 20 meter från tunnelmynningarna utgöras av utrymme som inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Utifrån detta bedöms det att inget av skadescenarierna skulle innebära att någon person i planområdet skulle omkomma om de inträffar i tunneln.

I det fria

Om pölbranden inträffar i anslutning till tunnelmynningen kan flammor slå upp och innebära att den infallande värmestrålningen mot bebyggelse i planområdet blir så omfattande att personer kan skadas allvarligt eller brand kan spridas till byggnader där personer vistas stadigvarande. Nedan genomförs strålningsberäkningar för respektive brandscenario. För respektive scenario antas olyckan inträffa så att pölkanten ligger ungefär i höjd med tunnelmynningen/väggkanten.

Strålningsberäkningarna har genomförts med handberäkningar. Beräkningarna av den värmestrålning som det analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand har genomförts genom beräkningar av följande parametrar:

- brandeffekt
- flammans höjd och temperatur
- synfaktor
- Infallande strålning på olika avstånd från branden

Brandeffekten erhålls genom följande samband [22]:

$$\dot{Q} = \chi \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_c \cdot A_f$$

där

\dot{Q} = utvecklad effekt (kW)

χ = förbränningseffektivitet (i de flesta används värdet 0,7 [22])

\dot{m}'' = förbränningshastighet per ytenhet (kg/m²s)

ΔH_c = förbränningsvärme (MJ/kg)

A_f = brinnande yta (m²)

Ekvationen gäller förutsatt att pölbrandens diameter är relativt stor (>2 m). För bensin gäller följande [22]:

$$\dot{m}'' = 0,055 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$\Delta H_c = 43,7 \text{ MJ/kg}$$

Flamhöjden H_f (m) beräknas med hjälp av följande ekvation [22]:

$$H_f = 0,23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$$

där D är brandens diameter som beräknas ur:

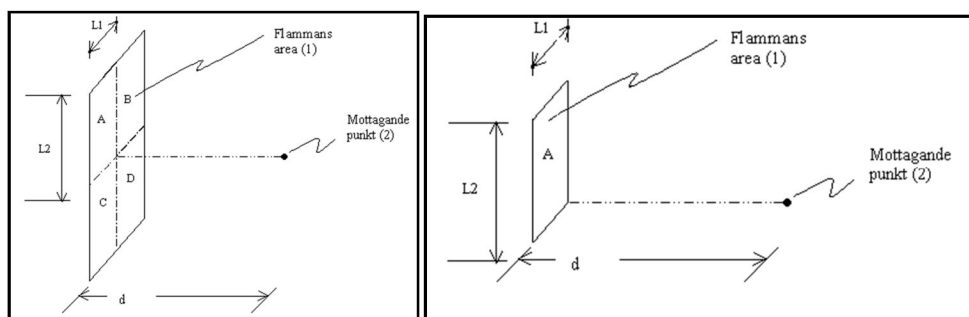
$$D = \sqrt{\frac{4A_f}{\pi}}$$

Flamtemperaturen T_f utgör medeltemperaturen i flamman. Temperaturen i flamspetsen är ca 540°C (813 K) [23]. Vid lägre temperaturer förlorar flamman sin laminära karaktär. Om flammans maximala temperatur bestäms till 1000°C (1273 K) [24] kan medeltemperaturen i flamman bestämmas. Den maximala flamtemperaturen är bland annat beroende av vilket material som brinner och storleken på branden. Medeltemperaturen används i beräkningen av strålningen från flamman och erhålls enligt:

$$T_f = \left(\frac{1273^4 + 813^4}{2} \right)^{1/4} = 1112K$$

Synfaktorn F anger hur stor andel av den emitterade strålningen som når den mottagande punkten eller ytan (se figur B.4). När det finns en barriär mellan flammen och mottagande punkt så behöver man reducera synfaktorn med avseende på detta, vilket är aktuellt i nedanstående beräkningar då parkeringsgarage i anslutning till tunnelmyningarna antas fungera som en skyddande barriär för bakomliggande bebyggelse och områden.

Vid beräkningen av synfaktorn antas att branden är rektangulär så att flammans diameter är lika stor i toppen som i botten. Detta är ett konservativt antagande då branden i själva verket normalt smalnar av väsentligt upptill.



Figur B.4. Synfaktor.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammen och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt [24]:

$$F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$$

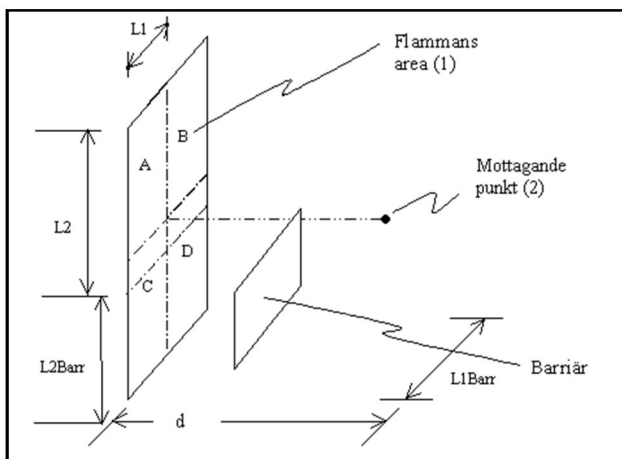
där $F_{A1,2}$ beräknas enligt följande:
$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{\pi d^2} \cdot dA_1$$

där Θ_1 och Θ_2 är infallande vinkel, dvs. 0, och $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas på samma sätt för dess mått där $A_1 = L_1 \cdot L_2$ enligt figur B.4. Följande ekvation används för beräkning av respektive ytas synfaktor [25]:

$$F_{A12} = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{X}{\sqrt{1+X^2}} \tan^{-1} \frac{Y}{\sqrt{1+X^2}} + \frac{Y}{\sqrt{1+Y^2}} \tan^{-1} \frac{X}{\sqrt{1+Y^2}} \right)$$

där $X = \frac{L_1}{d}$ och $Y = \frac{L_2}{d}$ enligt figur B.4.

Då en **skyddande barriär** placeras mellan branden och den mottagande arean minskar synfaktorn och därmed strålningen som når den mottagande arean (se figur B.5).



Figur B.5. Synfaktor med barriär.

För synfaktorn gäller den så kallade additionssatsen vilket innebär att enstaka synfaktorer kan adderas eller subtraheras. Om barriären i figur B.5 projiceras på branden kan således synfaktorn $F_{1,2B}$ mellan flammen och den mottagande arean beräknas som:

$$F_{1,2B} = F_{1,2} - F_{\text{barriär}}$$

Respektive synfaktor beräknas då i enlighet med ovanstående ekvationer där $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas utifrån att:

$$X_C = X_D = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y_C = Y_D = \frac{L_{2C} - L_{2barr}}{d} \quad \text{enligt figur B.5,}$$

då barriären placeras precis framför flammen, d.v.s. avståndet från flamma till mottagande punkt är detsamma som avståndet från barriär till mottagande punkt kan synfaktorn beräknas genom att subtrahera den av barriären täckande flamytan.

Om ytorna A, B, C och D är lika stora betyder det att den mest kritiska punkten på avståndet d från branden studeras.

Den från branden **infallande strålningen** som når omgivningen varierar med flammans temperatur, synfaktorn och den brinnande massans emissivitet.

Emissiviteten, det vill säga materialets förmåga att avge värmeenergi, är beroende av materialets temperatur och egenskaper, särskilt vid ytan. Exempelvis kan sägas att en blankpolerad yta har mycket lägre emissivitet än en mörk skrovlig yta. Den infallande strålningen kan beräknas genom:

$$q_r'' = \epsilon \sigma F T_f^4 \quad \text{där}$$

$$q_r'' = \text{Infallande strålning (kW/m}^2\text{)}$$

ϵ = Emissionstal

σ = Stefan-Boltzmanns konstant ($= 5.67 \times 10^{-11} \text{ kW/m}^2\text{K}^4$)

F = Synfaktor

T_f = Flammans medeltemperatur

Emissionstalet för en flamma varierar med materialets egenskaper och tjockleken på flammen. För stora bränder antas emissionstalet vara 1, vilket är ett konservativt antagande.

Utifrån ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden för tre olika scenarier beräknats (se tabell B.10). De olika scenarierna antas utgöras av friliggande pölbränder med areorna 50, 100 och 300 m².

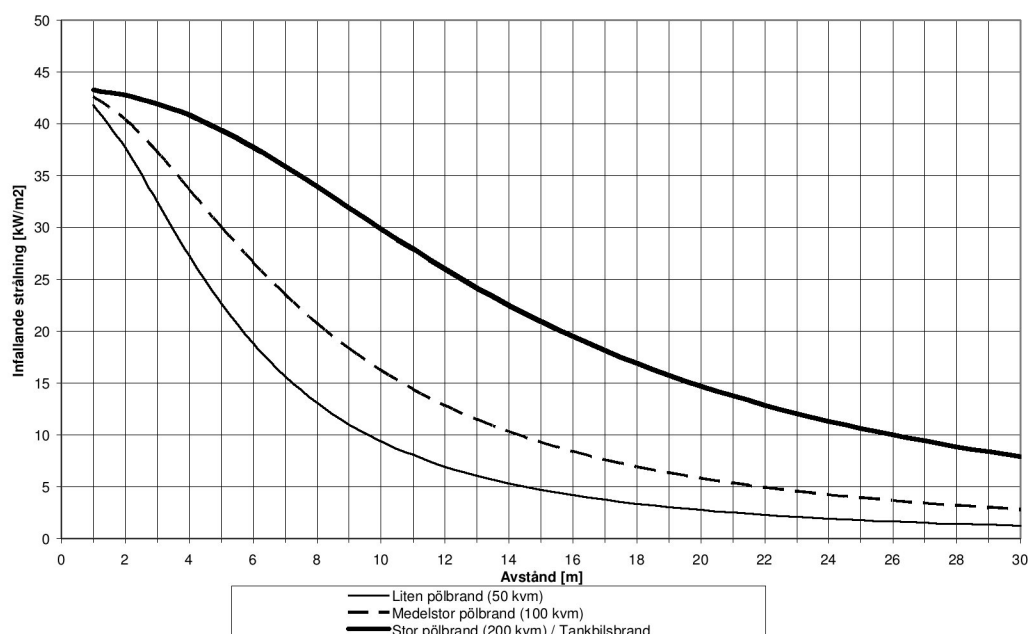
Tabell B.9. Beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd.

Brinnande yta (m ²)	Utvecklad effekt (MW)	Brandens diameter D _r (m)	Flammhöjd H _r (m)
50	84,1	8,0	13,3
100	168,2	11,3	16,8
300	504,7	19,5	24,0

Den vertikala nivåskillnaden mellan vägbana och överdäckningens marknivå är ca 8 meter. E18 utförs dessutom med upphöjda kanter mot kringliggande områden, som fungerar som en avskärmande barriär mot t.ex. ny bebyggelse öster om vägen. Dessa kanter utförs ca 8 meter höga och består av obrännbart material. I tabell B.11 redovisas resultatet av strålningsberäkningarna med en antagen avskärmande barriär på 8 meter mellan flammen och den infallande punkten. I figur B.6 redovisas den infallande strålningen som funktion av avståndet.

Tabell B.10. Beräkning av synfaktor och infallande strålning på halva flammans höjd för olika avstånd från pölbranden förutsatt en 8 meter barriär.

D	50 m ²		100 m ²		300 m ²	
	F _{1,2}	q _r ^{''}	F _{1,2}	q _r ^{''}	F _{1,2}	q _r ^{''}
1	0.48	41.8	0.49	42.6	0.50	43.3
2	0.43	37.7	0.47	40.4	0.49	42.8
3	0.37	32.5	0.43	37.3	0.48	42.0
4	0.31	27.3	0.39	33.7	0.47	40.9
5	0.26	22.7	0.35	30.1	0.45	39.4
6	0.22	18.8	0.31	26.7	0.43	37.7
7	0.18	15.7	0.27	23.5	0.41	35.9
8	0.15	13.1	0.24	20.8	0.39	33.9
9	0.13	11.1	0.21	18.3	0.37	31.9
10	0.11	9.4	0.19	16.2	0.34	29.9
11	0.09	8.1	0.17	14.4	0.32	27.9
12	0.08	7.0	0.15	12.8	0.30	26.0
13	0.07	6.1	0.13	11.5	0.28	24.2
14	0.06	5.4	0.12	10.3	0.26	22.5
15	0.05	4.7	0.11	9.3	0.24	21.0
16	0.05	4.2	0.10	8.4	0.22	19.5
17	0.04	3.8	0.09	7.6	0.21	18.2
18	0.04	3.4	0.08	7.0	0.19	16.9
19	0.04	3.1	0.07	6.4	0.18	15.8
20	0.03	2.8	0.07	5.8	0.17	14.7
25	0.02	1.8	0.05	3.9	0.12	10.7
30	0.01	1.3	0.03	2.8	0.09	8.0



Figur B.6. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbranden på halva flammans höjd med en 8 meter hög avskärmande barriär.

Hur hög värmestrålning en person klarar utan att erhålla skador beror bl.a. på dess varaktighet. Detsamma gäller med avseende på hur hög strålning som krävs för att antända olika byggnadsmaterial. Ju längre strålningspåverkan, ju högre sannolikhet för skada. En person som befinner sig utomhus och upptäcker en större brand försöker med stor sannolikhet sätta sig i säkerhet. Tiden för varseblivning samt beslut och reaktion innebär dock att personen kan utsättas för värmestrålning under en kortare stund innan han/hon reagerar. I tabell B.11 redovisas kritiska strålningsnivåer för oskyddade personer utomhus samt byggnader [20].

Tabell B.11. Sammanställning av skadeområde för respektive brandscenario.

Strålningsnivå	Skadescenario			Konsekvens
	Liten pölbrand	Medelstor pölbrand	Stor pölbrand/ Tankbilsbrand	
10 kW/m ²	9 m	14 m	26 m	1 % utomhus
60 kW/m ²	-	-	-	50 % utomhus
80 kW/m ²	-	-	-	100 % utomhus
15 kW/m ²	7 m	11 m	20 m	ca 5-10 % inomhus

Sammanställning antal omkomna

Utifrån ovanstående konsekvensområden har konsekvenserna i form av antalet omkomna beräknats för respektive olycksscenario, se tabell B.12.

Enligt beskrivningen i avsnittet ovan innebär den planerade bebyggelsestrukturen att det inte finns några oskyddade obebyggda ytor inom planområdet. De studerade skadescenarierna bedöms därmed inte innebära några konsekvenser utomhus. De ytor där konsekvenser kan uppstå är inom byggnaderna närmast tunnelmynningarna, d.v.s. parkeringsgaragen.

Tabell B.12. Konsekvenser i form av antal omkomna till följd av olycka vid transport av klass 2.1 i tunnel respektive i det fria i anslutning till tunnelmynning.

Scenario	Antal omkomna		
	Olycka i tunnel		Olycka vid tunnelmynning
	Avstånd till byggnad 2 m (rasdämpande konstruktioner)	Avstånd till byggnad 8 m (ej rasdämpande konstruktioner)	
Liten pölbrand	-	-	Dagtid: < 1 Natttid: -
Medelstor pölbrand	-	-	Dagtid: < 1 Natttid: -
Stor pölbrand	-	-	Dagtid: 2 Natttid: -
Tankbilsbrand	-	-	Dagtid: 2 Natttid: -

Klass 5. Oxiderande ämnen

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenario som innebär allvarliga personskador. Det finns dock ämnen inom denna farligt godsklass som, om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.), kan leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Explosionen kan då liknas vid en explosion av massexplosiva ämnen.

Konsekvensberäkningarna för detta skadesscenario utgår från de skadekriterier och den beräkningsmetodik som används för olyckor förknippade med klass 1 (se avsnitt B.2).

Vid transport på väg kan ett utsläpp innebära att det oxiderande ämnet blandas med fordonets smörj- och drivmedel (organiskt material). Denna blandning bedöms kunna motsvara ca 4 ton trotyl, d.v.s. se vidare avsnitt B.2.

BILAGA C – RISKBERÄKNINGAR

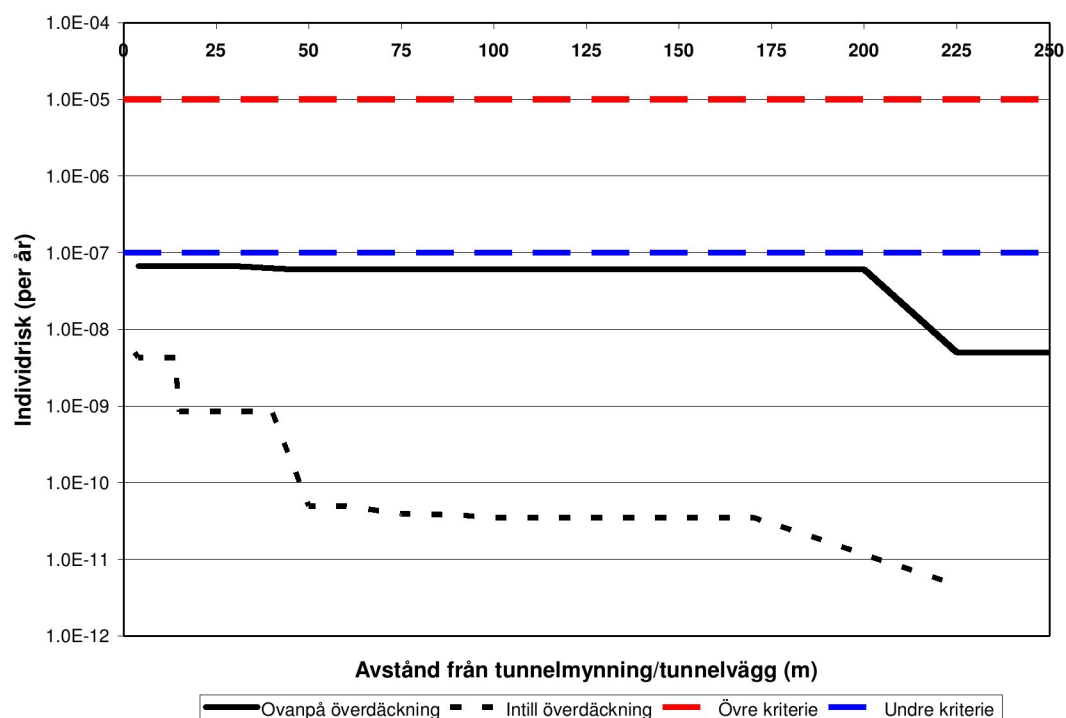
Beräkning av individrisk

För ny bebyggelse inom det aktuella planområdet presenteras risken genom att beräkna den platsspecifika individrisken. Detta görs i form av individriskprofiler som anger den avståndsberoende frekvensen för att en fiktiv person ska omkomma till följd av en negativ exponering från de studerade riskkällorna.

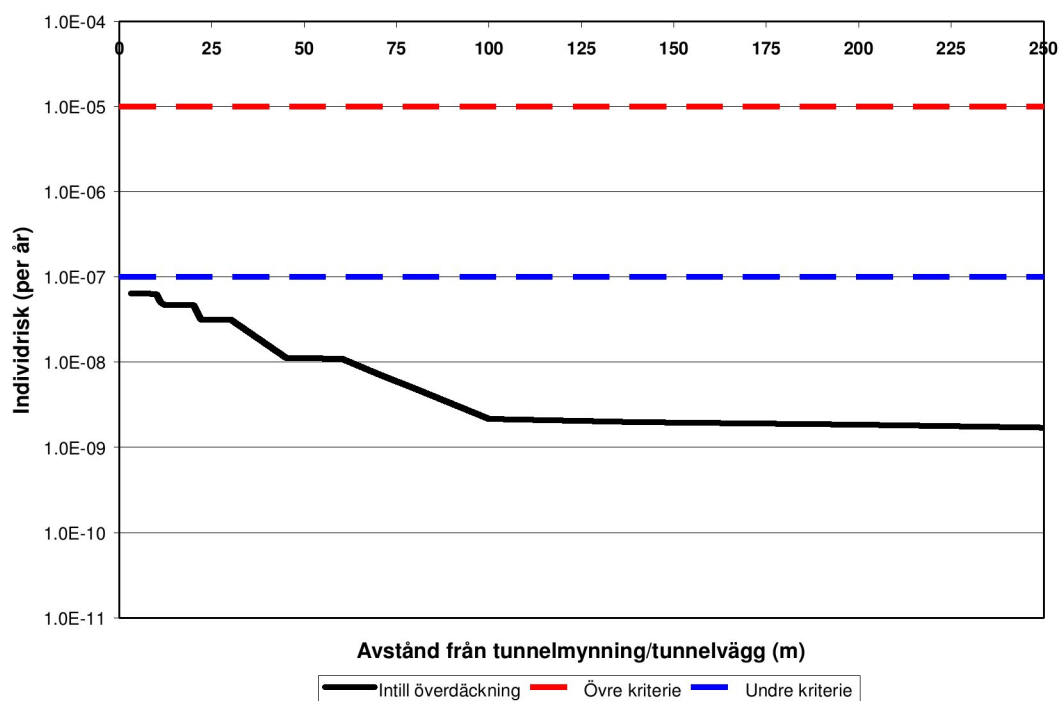
Vid redovisning av individrisken är det ett par faktorer som behöver beaktas, dels var en olycka antas inträffa och dels skadeområdets utbredning:

1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.
2. De beräknade skadeområden för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den vägsträcka som studeras (totalt 500 m varav 300 tunnel). Detta innebär att det inte är givet att en person som befinner sig inom kritiskt område i planområdet omkommer om en olycka inträffar på den aktuella sträckan. För skadescenarier med stort skadeområde är fallet det motsatta, d.v.s. personer inom planområdet kan omkomma även om olyckan inträffar utanför den studerade sträckan. För att ta hänsyn till detta reduceras alternativt ökas frekvensen beroende på skadeområdets utbredning. Grovt antas att ett scenario kan påverka en så stor andel av den studerade sträckan som scenariots skadeområde i båda riktningar utgör. Exempelvis innebär detta för ett olycksscenario med beräknat skadeområde ca 100 meter att frekvensen multipliceras med 0,2 för en 1 km lång vägsträcka.
3. För vissa olycksscenarier förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir dessutom inte skadeområdet cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens spridningsvinkel.
4. För ytorna ovanpå överdäckningen har individrisken beräknats med utgångspunkt från respektive tunnelmynning.
5. För bebyggelse kring överdäckningen så har individrisken beräknats med utgångspunkt från närmaste väggkant.

I figur C.1 och C.2 redovisas den avståndsberoende individrisken utomhus respektive inomhus för planområdet i förhållande till E18. Individrisken utomhus redovisas för ytor ovanpå respektive intill överdäckningen. Individrisken inomhus redovisas endast för bebyggelse intill överdäckningen.



Figur C.1. Individriskprofiler för person utomhus som en funktion av avståndet till E18. Avståndet utgår från närmaste tunnelmynning.



Figur C.2. Individriskprofiler för person utomhus som en funktion av avståndet till E18. Avståndet utgår från närmaste tunnelmynning.

Beräkning av samhällsrisk

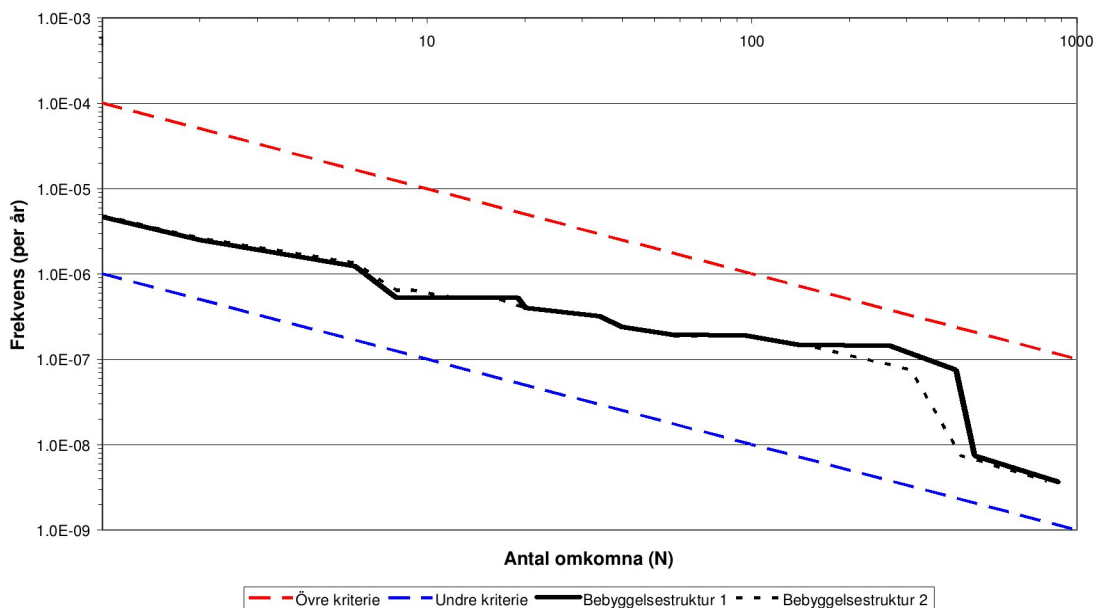
Samhällsrisk har beräknats för den nya bebyggelsen inom planområdet.

Samhällsrisknivån presenteras som en F/N-kurva, vilket anger frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom det aktuella området till följd av olycka på E18.

Precis som för individrisk så är det även vid redovisning av samhällsrisk ett par faktorer som behöver beaktas:

1. Den planerade bebyggelsen innebär att persontätheten inom planområdet kan komma att variera under dygnet beroende på verksamheterna inom området. I bilaga B har konsekvenserna av respektive skadescenario studerats med hänsyn till att de inträffar dagtid respektive nattetid. Fördelningen mellan de olika delscenarierna har antagits till 50-50.
2. Enligt tidigare så blir skadeområdet för vissa av scenarierna förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) inte cirkulära. Utifrån den planerade bebyggelsens placering så reduceras frekvensen med avseende på inom hur stor sektor som utsläppet behöver riktas för att konsekvenserna ska uppnås. Då bebyggelse planeras på båda sidor om E18 så reduceras frekvensen för gasmoln till ca 50 % eftersom scenariot enbart leder till beräknade konsekvenser om vinden är riktad mot norr eller söder.
3. I konsekvensberäkningarna studeras två olika bebyggelsealternativ med avseende på avståndet mellan ny bebyggelse och tunnelväggen. Utformningen påverkar huvudsakligen konsekvenserna av olycka med explosivämnen och oxiderande ämnen. I F/N-kurvan redovisas två kurvor med hänsyn till dessa utformningsalternativ.

I figur C.3 redovisas den beräknade samhällsrisk inom planområdet med avseende på olycksrisker förknippade med transporter av farligt gods på E18.



Figur C.3. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för ny bebyggelse inom det aktuella planområdet med avseende på olycksrisker förknippade med trafiken på E18.

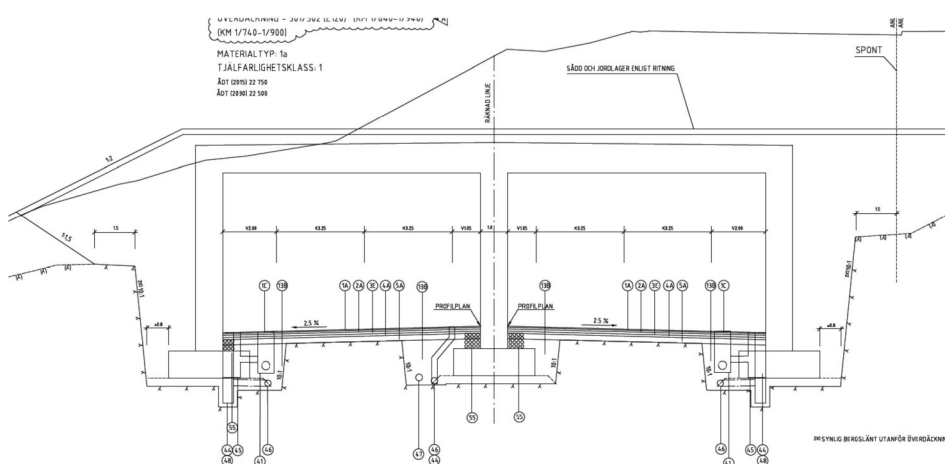
BILAGA D – KONSEKVENSBERÄKNINGAR KLASS 1 OCH KLASS 5

Förutsättningar

Planerad bebyggelse

Stockholm Stad planerar att bygga bostäder i direkt närhet till överdäckningarna, detaljer kring utformningen är inte färdigställda och berörs av resultaten från denna analys. I bedömningarna har därför vissa antagande tagits vilka är att bebyggelsen utgörs av flerbostadshus i 5-7 våningar.

I bottenplanen antas inrymma lokaler med vad som bedöms ha låg persontäthet tex parkeringsgarage/ teknikutrymmen eller möjligen butiker för mindre verksamheter. Ovanpå ena överdäckningen finns idag planer på att förlägga lokalgatan som försörjer området och vid den andra kommer en parallell tunnel att anläggas för lokaltrafiken.



Figur D.1. Principsektion genom bebyggelsen och tunneln (TrV)

Tunnelkonstruktion

Tunnelkonstruktionen dimensioneras enl Tunnel 04 och med en utrymningsväg i mittväggen. Tunneln är grundlagd på direkt på berg. Vägg- och taktjocklek är ca 1000 mm med ca 0,0008 m² verksam armering genom varje tvärsnitt. Tvärsnittsarean är ca 50 m²/tunnelrör.

Fördelning farligt gods klass 1

Klassen är uppdelad i flera olika klasser för att ta hänsyn till vilka explosiver som verkligen kan bidra till massexplosion, klass 1.1-3 resp 1.4. Där grupp 1.4 innebär ämnen och föremål med endast obetydlig explosionsrisk i händelse av antändning eller initiering under transport. Verkningarna är i stort sett begränsade till kollit och det kan inte förväntas splittra av betydande storlek och utbredning.

I Sverige förbrukas ca 60 000 ton explosivämnen varav ca 5 000 ton patronerat ADR klass 1.1.

Uppgifter från SRV anger att:

- 0,5 % av transportererna i Stockholmsregionen är transitttransporter (troligen i 16 ton's bilar) medan
- 99,5 % transporteras till avnämare i länet

Dessa uppgifter stämmer väl med uppgifter från polisen i Stockholm som i sin tillståndsgivning har följande uppgifter [13]:

- 50 % avser tillstånd < 60 kg
- 35 % avser tillstånd för 60-500 kg (vanligen mellan 200-300 kg)
- 15 % avser tillstånd för 500-1000 kg och
- < 1 % avser tillstånd > 1000 kg

Följande text utgör information från rundringning till transportörer i Stockholmsområdet gjord av fd Vägverket våren 2009 i samband med utredningar kring överdäckning av Norra Stationsområdet. Polisens och SRV's uppgifter stämmer också väl med uppgifter från fyra betydande transportörer i länet, Frölanders (Länna/Södertörn), Fröjd (Upplands Bro), Orica (Upplands Väsby) och NORAB (Västerhaninge).

- En transportör anger att över 90 % av transportererna är under 1000 kg och att man sällan transporterar mer än 2 ton och att det från dem går i snitt 700 kg per transport i Norra Stationssnittet
- Transportör nr 2 har en liknande transportstruktur
- Transportör nr 3 kör ut en till två bilar om dagen varav max en bil passerar Norra Stationssnittet. De kör ut med antingen en 1-tonsbil eller en 5-tonsbil.
- Transportör nr 4 kör ut 150 kg resp 1000 kg bilar, vanligen några hundra kg per Transport

Enligt mätningar från SRV vid 2 olika tillfällen [11, 12] så passerar någonstans mellan 0-840 ton explosiver/år. Fördelningen av storleken på godstransportererna bedöms vara lika i detta aktuella snitt på E18 som på E4/E20.

Med utgångspunkt från ovan angiva information gör bedöms fördelningen då bli att 85% av transportererna är mindre än 500 kg, drygt 10% är transporter mellan 500-2000kg och knappt 5% större än 2000 kg. En mycket begränsad andel rymmer maximala transportmängder, 16 ton. Den totala transportantalet uppnår ca 1400 transporter/år – dvs knappt 4 transporter/dag med olika mängder. Läger vi ihop godsmängden av dessa transporter blir det ca 950 ton/år vilket är konservativt.

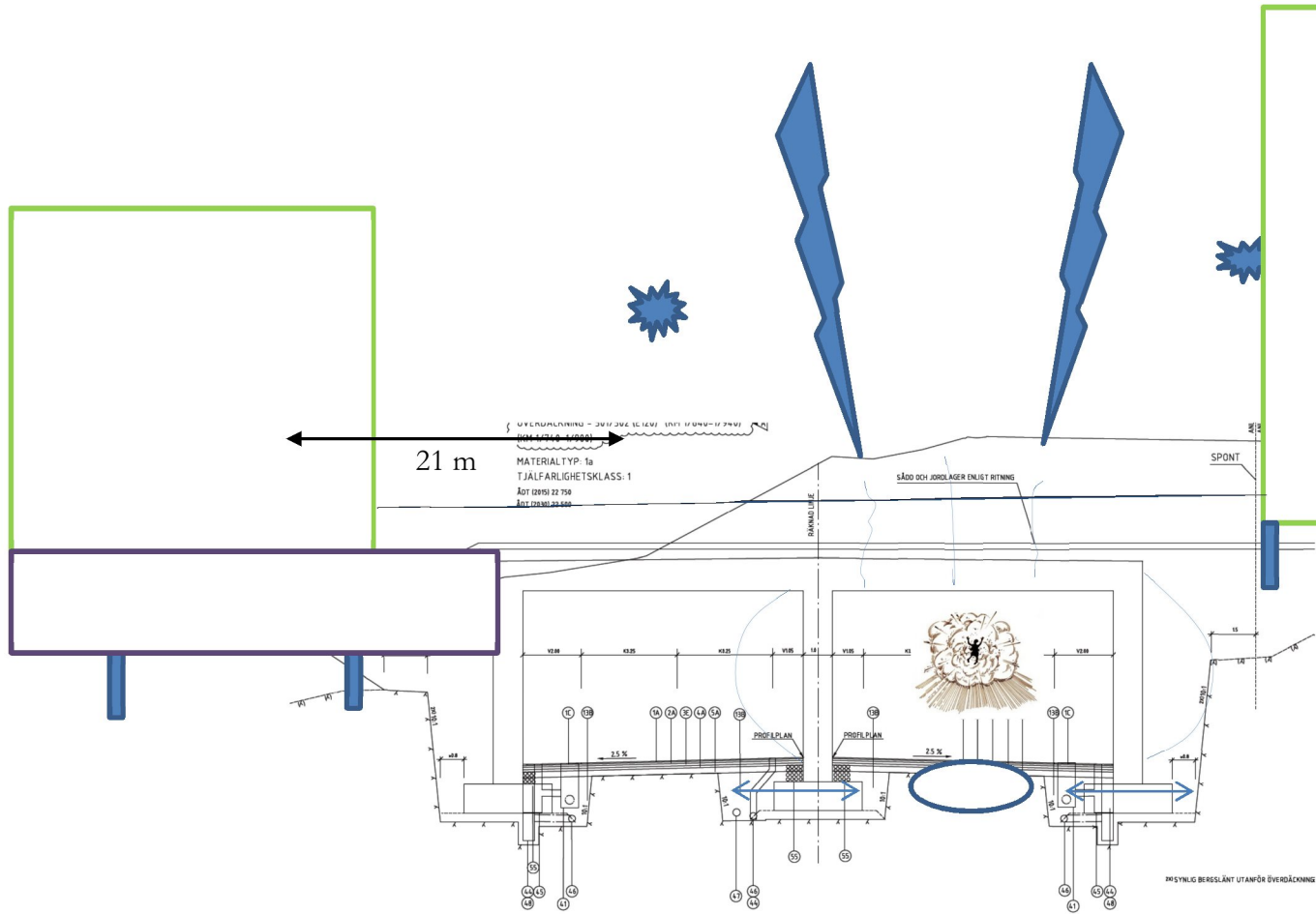
Mängd	Antal transporter / år
Max 500 kg	1180 (bedömt innehåll 500 kg)
500-2000 kg	130 (bedömt innehåll 2 000 kg)
2000-4000 kg	50 (bedömt innehåll 4 000 kg)
< 2000 kg	4 (bedömt innehåll 16 000 kg)

Transporterna från fabrik till distributionsdepåerna sker via Södertälje till Södertörn och norrifrån till depåerna i norra Stockholm. En stor användare av explosiver är olika byggprojekt. Patronerade sprängämnen används fortfarande men användningen av pumpbara emulsionssprängämnen har ökat. Emulsion pumpas från tankbilar direkt i borrhålen och komponenterna görs till sprängämne först i samband med laddningen. Laddningsprocessen blir säkrare, mer rationell och säkrare för både yttre och inre miljö. Spillet kan minskas, men kvarstående sprängmedelsrester är fortfarande desamma som för andra sprängämnen.

Konsekvensbedömning

Bedömningen av explosioners skadeverkan på intilliggande byggnader utförs baserat på erfarenhet och beräkningar från FOI [19]. Beräkningarna är gjorda för kast av tunneltak vid impulsbelastning från en explosion, kraterstorlek i mark, skador av luftstöt våg efter sönderbrytning av tunneltak samt markrörelser.

Beräkningarna baseras på en tunnel som utformas som två sammanbyggda tunnelrör utan fyllning ovanpå. Vägg- och taktjocklek vara ca 1000 mm och med ca 0,0008 m² verksam armering genom varje tvärsnitt. Tvärsnittsarean är ca 50 m²/tunnelrör. Explosionen förväntas mitt i tvärsnittet av ett tunnelrör – dvs 4 meter från närmaste yttervägg.



Skadeområden

I tabellen nedan redovisas förväntad skadebild:

Laddnings storlek	Förväntad skadebild vid explosionsplatsen med utförande på normala byggnader
30kg	Ingen påverkan på bebyggelsen, mindre lokala skador på i tunneln
500 kg	Tunneltakplattan bryts inte sönder. Lokala skador på utrymmen intill tunnelväggen utan motfyllning. Mindre lokala skador på grundläggningen pga stora vibrationer /markskakningar närmare än ca 2 meter från tunnelytterväggarnas grundläggning.
2 000 kg	Upp mot 10 meter av tunneltakplattan bryts sönder, och material kastas iväg upp i luften – kashöjder uppåt 40 m. Skador på ytterväggar av kringflygande material. Stora lokala skador på utrymmen intill tunnelväggen med tryckinläckning i intilliggande utrymmen utan motfyllning. Möjligen med skador på bjälklag och påverkan på grundläggningen från stora vibrationer/markskakning inom 4 meter från tunnelns grundläggning.
16 ton	Tunneltakplattan bryts sönder och kastas iväg (möjligen längs hela tunneln) – säkert kast av material över hundra meter upp i luften. Stora skador på flera ytterväggar – möjligen totalkollaps av enskild byggnad i närheten pga vibrationer, kraterskador och tryckinläckning. Tryckskador på fönster och ytterväggar på flera hundra meter.

Följande tabell visar bedömt konsekvensområde av förväntad skadebild i byggnader vid beräkning av antalet omkomna. Med kollaps avses att byggnadsdelen rasar och inom området som bedöms med oreparerbara skador är det stor förödelse men bärande stommen är fortfarande intakt och har inte rasat. Avståndet för kollaps utgår från yttervägg mot betongtunneln och in i byggnaden. Avståndet för oreparerbara skador läggs till från den rasade delen och vidare in i byggnaden. Dessa avstånd kan vara mycket konservativa för laddningsvikt 4000 kg resp 16 000 kg.

Laddning svikt (kg)	Rasdämpande hus 2 meter från tunnelvägg		Ej rasdämpande hus 8 meter från tunnelvägg	
	Kollaps (m)	Oreparerbart (m)	Kollaps (m)	Oreparerbart (m)
500	-	-	-	-
2 000	3 ena sidan	30 m ena sidan 12 m andra sidan	2 ena sidan	20 ena sidan 10 andra sidan
4 000	10 ena sidan 5 andra sidan	45 ena sidan 30 andra sidan	5 ena sidan 3 andra sidan	90 ena sidan 80 andra sidan
16 000	13 ena sidan 10 andra sidan	100 ena sidan 90 andra sidan	10 meter båda sidor	150 ena sidan 140 andra sidan

För avstånden utomhus i det fria respektive i lokaler under mark som påverkar människor av såväl direkt infallande tryck som splitter, rasmassor mm har följande

avstånd använts. Värdena baseras på FOI's bedömningar om hur högt tunneltakplattan flyger upp i luften tillsammans med det rena trycket. Beräkningarna har utgått ifrån att i båda fallen finns det lokaler under mark direkt mot betongtunnelvägg på ena sidan.

Laddningsvikt (kg)	Utomhus i det fria (m från detonationspunkt)	Inne i lokaler under mark (m från betongtunnelvägg)
500	-	2
2 000	20	10
4 000	38	15
16 000	58	20

Följande tabell visar bedömt konsekvensområde av förväntad skadebild enl ovan

Laddning svikt	Konsekvensområde			
	<i>Utomhus Tunneltak + 2 m/sida bebyggelsefritt Övrigt 50% exploatering</i>	<i>Under mark 80% exploatering direkt mot tunnelvägg</i>	<i>Ovan mark Inne i rasdämpande byggnad 2 meter från tunnelvägg</i>	<i>Ovan mark Inne i ej rasdämpande byggnad 8 meter från tunnelvägg</i>
500 kg		10*2*0,8 16 m2	-	-
2000 kg	30*17 510 m2 +30*3*0,5 (bara ena sidan) 45m2 Tot: 555 m2	30*10*0,8 240 m2 (bara ena sidan)	30*3*0,5 45 m2 totalkollaps 30*(10+5)*0,5*0,5= 112 m2 oreparerbara skador	30*2*0,5 30 m2 totalkollaps 30*(10+5)*0,5*0,5= 112 m2 oreparerbara skador
4 000 kg	200x21 4200 m2 +200x14x0,5+200*4*0,5 1800 m2 Tot: 6000 m2	200*15*0,8 2400 m2	200*(14+4)*0,5 1800m2 totalkollaps 200*(10+20)*0,5*0,5 1500 m2 oreparerbara skador	200*(5+3)*0,5+ 800m2 totalkollaps 200*(20+20)*0,5*0,5 2000 m2 oreparerbara skador
16 000 kg	300*21 6300 m2 tunneltak +300*40*0,5+30*23*0,5 10200m2 Tot: 16500 m2	300*20*0,8+ 300*10*0,8 7200 m2	300*(13+10)*0,5+ 3450 m2 totalkollaps 300*(10+15)*0,5*0,5 1875 m2 oreparerbara skador	300*(10+10)*0,5 3000 m2 totalkollaps 300*(15+15)*0,5*0,5 2250 m2 oreparerbara skador

Det är svårt att dra några konkreta slutsatser kring transporter av explosivämnen och annat farligt gods som kan ge upphov till explosioner. Inneslutna explosioner och explosioner i tunnlar ger dock större skador i närområdet än i det fria pga tryckupbyggnaden och fokuseringen kring mynningen.

Bedömningarna bygger på ett resonemang huruvida skadorna på bebyggelsen kan uppkomma på delen över mark på grund av lufttryck från en explosion och från flygande material, betong samt markmaterial, mot fasader vända mot tunneln och dels på delen under mark dvs. grundkonstruktioner och ev. lokaler under mark.

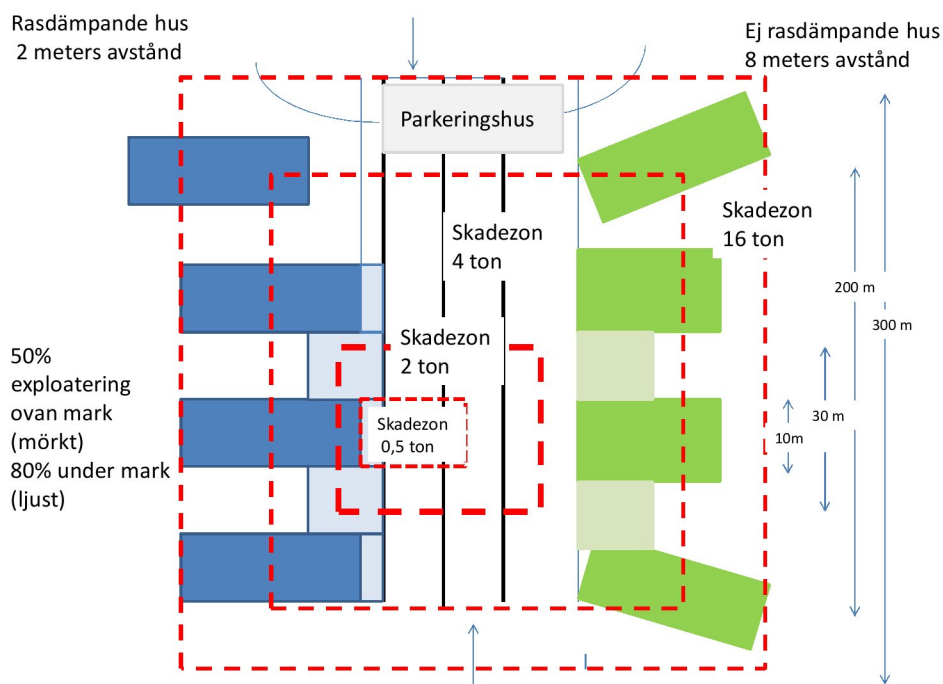
Förväntat skadeutfall beroende på kringflygande material är mycket osäker. Trycket som sliter sönder tunneltakplattan bedöms komma rakt under i från då det är ett mycket snabbt förlopp. Men då olika komponenter påverkar detta, resulterar det sannolikt i någon kastparabel.

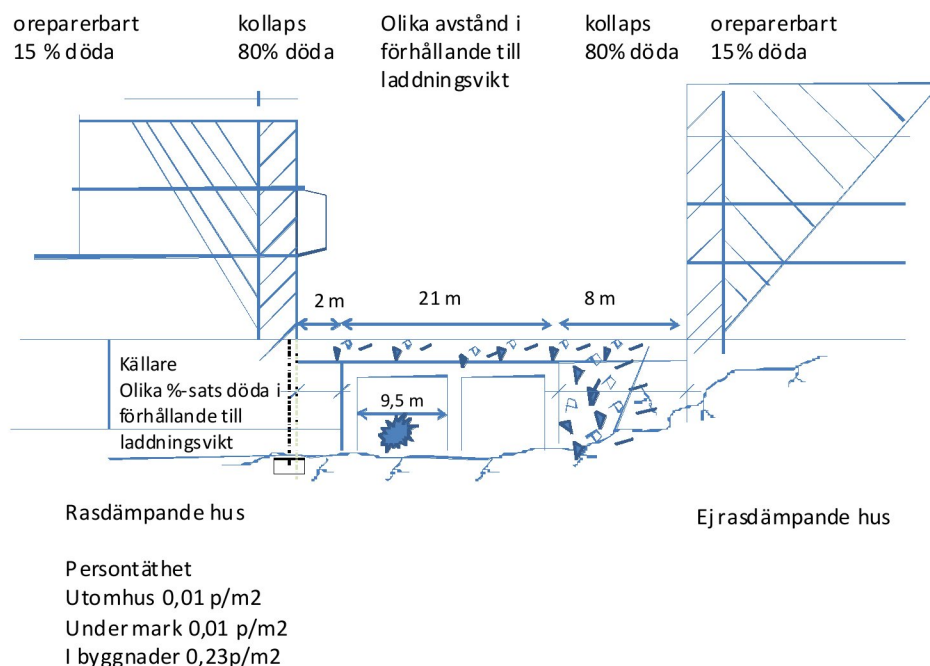
Beräkning av antal omkomna

I dagsläget är inte fastlagt hur utformning av bebyggelsen kommer att bli. Följande förutsättningar gäller för bedömning av risken:

- I kollapsade delar av bebyggelse förväntas 80% omkomma och i resterade del av huset 15% omkomma – detta innefattar såväl pga ras, fönsterkross som kast av material och tryckvåg
- Utomhus resp i lokaler under mark bedöms 10% omkomma för 0,5 ton, 25 % omkomma för 2 ton, 50% omkomna för 4 ton och 80% för 16 ton
- Alla olyckor med klass 5 bedöms ge konsekvens i samma omfattning som explosion av 4 ton TNT [14]., detta bedöms som konservativt

Nedan redovisas principbilder över hur skadeområdena drabbar bebyggelsen





Refererade beräkningar är utförda av FOI [19]. Nedanstående tabell är en bedömning av konsekvens och frekvens för explosioner till följd av farligt godsolycka i en betongtunnelkonstruktion enligt givna förutsättningar.

Laddnings vikt	Bedömt skadeutfall personer i byggnaderna (utan speciella åtgärder)	Uppskattning av olycksfrekvens
30kg	Inga personskador i byggnaderna	Osannolik
500kg	Inga personskador i lokaler ovan marknivå. Sannolikt inga skador på personer i det fria. Enstaka skadade i lokaler utan motfyllning under marknivå pga skakningar, betongbitar som släpper från tunnelväggen och nedfallande föremål/kortslutningar i elsystem etc.	Osannolikt
2000kg	Flera skadade eventuellt dödsfall. Främst utomhus men även i byggnader inom 2 meter från tunnelkonstruktionen pga såväl kringflygande material som mindre lokala ras och fönsterkross.	Högst osannolikt
16000kg	Flera skadade stort antal dödsfall. Främst utomhus men även i flera byggnader inom 10 meter från tunnelkonstruktionen pga såväl kringflygande material som lokala ras, stora sättningar och fönsterkross.	Försumbart

Det är viktigt att framhålla att om ADR-regelverket följs är transport av farligt gods en säker transport. Att en kraftig explosion sker till följd av en farligt godsolycka är väldigt osannolikt [26].

Som jämförelse av inträffade händelser utomhus i världen kan nämnas.

Händelse	Uppskattad Laddningsvikt	Skadeutfall
Bilbomb utanför USA:s ambassad i Beirut 1983	ca 250 kg TNT	Trasiga glastrutor 1,5 km Raserade tunga väggar inom 15 meter – ras i 8 våningar Initiering av brand Splitter Ca 50 döda och 150 skadade
Bilbomb utanför USA:s ambassad i Nairobi 1996	Ca 1000 kg TNT	Trasiga glastrutor 500 m Omfattande glaskross 200 m Äldre 6-våningars hus på 5 meters avstånd rasade 22 vån kontorshus på ca 15 meters avstånd begränsade väggsador 5 vån ambassadhus på ca 12 m mindre väggsador Ca 250 döda 5000 skadade
Terroristdåd bilbomb kör in i byggnad i Oklahoma	Ca 2000 kg ANFO ammoniumnitrat korn (energin per kilo är ca hälften mot tex dynamex)	167 döda ca 800 skadade 87 % av människorna i den del av byggnaden som kollapsade dog - 5% av människor i ej rasad del dog

Referenser

- 1 Underlag för riskanalys, bebyggelse vid överdäckning E18 Rinkeby, White, 2011-05-02
- 2 Överdäckning av E18 vid Rinkeby och Tensta – Riskanalys över farligt godsolyckor, Tyréns, 2003-02-04
- 3 Värdering av risk, Räddningsverket Karlstad, 1997
- 4 Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 2000:01
- 5 Tunnel 2004 – Vägverkets allmänna tekniska beskrivning för nybyggande och förbättring av tunnlar, Vägverket, Publikation 2004:124
- 6 Riskanalys över farligt gods på väg – Utbyggnad E18 Hjulsta – Kista, Vägverket Region Stockholm, 2003
- 7 E18 Hjulsta-Kista – Trafikprognoser U1 och U2 (dokumentnummer: OT141101), Vägverket, 2010-03-08
- 8 Årsmedelsdygnstrafik från stickprov och helårsmätning, i form av tabeller, med hjälp av klickbar karta, Statistik från Trafikverkets hemsida – www.trafikverket.se, 2011-05-03
- 9 Väginformation 2006 – Stockholms län AB), Vägverket, 2006
- 10 Kartläggning av vägtransporter med farligt gods i Sverige under första kvartalet 1994, Statens räddningsverk, 1995 (www.msb.se)
- 11 Kartläggning av vägtransporter med farligt gods i Sverige under fjärde kvartalet 1998, Statens räddningsverk, 1998, (www.msb.se)
- 12 Kartläggning av vägtransporter med farligt gods i Sverige under september 2006, Statens räddningsverk, 2007 (www.srv.se)
- 13 Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunnling av Norra Station, WSP, 2008-11-14
- 14 Farligt gods – Riskbedömning vid transport, Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg, Räddningsverket 1996
- 15 Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005
- 16 ADR-S – Statens räddningsverks föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, SRVFS 2006:7, Räddningsverket, 2006
- 17 Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS), uppgifter erhållna av Arne Land, Statens Väg- och Transportforskningsinstitut 2003-05-27

- 18 Vägtrafikskador 2004, Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), Rapport 2005:14, 2005
- 19 Överdäckning E18 – skador på omgivningen vid detonation i tunnel FOI Memo Draft 2011-03-25
- 20 Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, September 1997
- 21 Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)
- 22 Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000
- 23 Fire safety of bare external structural steel, Law & O'Brien, Constrado, 1981
- 24 An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999
- 25 Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992
- 26 Presentationsmaterial "Hot och skydd mot explosioner och vapen" Januari 2004 FOI/TNO