

Risikanalyis

Veddesta III

Underlag till detaljplan

2020-01-30



Dokumenttyp: Riskanalys
Uppdragsnamn: Veddesta III
Uppdragsnummer: 110816
Datum: 2020-01-30
Status: Underlag till detaljplan
Uppdragsledare: Rosie Kvål
Handläggare: Rosie Kvål
Tel: 08-588 188 84
E-post: rosie.kval@brandskyddslaget.se
Uppdragsgivare: Serneke Projektutveckling AB

Datum	Egenkontroll	Internkontroll	Revidering avser
2017-12-04	RKL	PAN	Inledande riskanalys, första versionen
2018-03-27	RKL	-	Inledande riskanalys, andra versionen
2018-05-14	RKL	EMM	Detaljerad riskanalys, första versionen
2018-05-17	RKL	-	Detaljerad analys, andra versionen
2019-02-12	RKL	PWT	Detaljerad analys, tredje versionen
2019-03-25	RKL	-	Detaljerad analys, fjärde versionen
2020-01-27	RKL	EMM	Detaljerad analys, femte versionen
2020-01-30	RKL	-	Detaljerad analys, sjätte versionen

Aktuell version av analysen har reviderats i förhållande till fjärde versionen. Revideringarna har gjorts utifrån inkomna synpunkter i granskningsyttrandet. Ändrade stycken är markerade i marginalen likt detta stycke.

Sammanfattning

Ett planarbete har påbörjats med syftet att etablera en ny stadsdel i Veddesta, Järfälla kommun. Exploateringen omfattar bostäder, skola, handel, hotell och idrottsanläggningar. Området ligger väster om Mäljarbanan. Närheten till järnvägen innebär att riskerna från denna behöver analyseras i samband med planering av området. Med anledning av detta görs denna riskanalys.

Studerat exploateringsförslag innebär att bebyggelse planeras som minst cirka 25 meter från närmaste spår på Mäljarbanan, vilket innebär att avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd görs. Avståndet till E18 är minst 80 meter, vilket innebär att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd uppfylls.

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

Genomförd analys visar att det främst är olycksrisker kopplade till transporter av farligt gods på Mäljarbanan och E18 som bedöms ha en påverkan på risknivån inom planområdet. Övriga riskkällor i närområdet i form av befintliga industriverksamheter ligger på så stora avstånd att rekommenderade skyddsavstånd efterlevs.

I analysen har en inventering gjorts av trafik och transporter med farligt gods på Mäljarbanan och E18. Den dominerande volymen utgörs av gaser och brännbara vätskor. Utifrån inventeringen har ett antal möjliga olycksscenarioer identifierats. En kvalitativ värdering har sedan gjorts av dessa. Scenarier med bedömt hög risk har sedan studerats vidare i en fördjupad analys där risknivån har beräknats i form av individrisk och samhällsrisik. Beräkningarna visar att risknivån avseende individrisk är acceptabel inom större delen av planområdet. Endast för områden utomhus närmast järnvägen (inom ca 15-20 meter) ligger risknivån inom ALARP. Samhällsrisiken ligger inom ALARP, bidraget från Mäljarbanan är mycket begränsat. För att hantera osäkerheter har en känslighetsanalys gjorts där det generella trafikflödet har dubblats jämfört med prognosåret, andelen farligt gods har femdubblats samt antalet omkomna till följd av olyckor har dubblats. Även med dessa ökningarna fås en risknivå som ligger inom ALARP.

Det studerade planförslaget innebär dock att avsteg görs från de av Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavstånden avseende närheten till Mäljarbanan. Åtgärder som hanterar en eventuell riskökning till följd av avsteget har därför studerats. Nedan redovisas ett förslag på åtgärder för att hantera identifierade risker.

- Ny bebyggelse placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste befintliga spår på Mäljarbanan, mätt från spårmittpunkt.
- Ytor mellan ny bebyggelse och respektive riskkälla ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser eller uteserveringar) bör placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste befintliga spår på Mäljarbanan, mätt från spårmittpunkt.
- Ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se figur 1.1) samt vetter direkt mot Mäljarbanan utan framföriggande bebyggelse ska utföras med följande åtgärder:

- Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Mälarbanan.
- Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Mälarbanan alternativt på byggnadernas tak.
- Mekaniska ventilationssystem till utrymmen för stadigvarande vistelse i publika lokaler ska utföras med central nödavstängningsfunktion (manuell).
- Inom 30 meter från närmaste spårmitt gäller även att
 - Fasader som vetter direkt mot Mälarbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot Mälarbanan ska utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

Observera att ovanstående åtgärder endast utgör förslag och det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i detaljplanen. Åtgärderna ska formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med Plan- och bygglagen (2010:900). Vid formulering av planbestämmelser är det viktigt att funktionen i åtgärden bevakas och får ett juridiskt skydd. Det är lika viktigt att inte låsa fast sig vid en viss teknik eller ett specifikt material eftersom det kan dröja flera år innan planen realiserar.

Med föreslagna åtgärder bedöms risknivån i området vara acceptabel och bebyggelsen bör kunna uppföras utifrån studerat förslag.

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	3
1. INLEDNING	6
1.1 Bakgrund.....	6
1.2 Syfte.....	6
1.3 Omfattning.....	6
1.4 Internkontroll.....	6
1.5 Förutsättningar.....	6
2. ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV OMRÅDET	9
2.1 Områdesbeskrivning.....	9
2.2 Planerad bebyggelse.....	10
3. RISKINVENTERING	12
3.1 Allmänt.....	12
3.2 Identifiering av riskkällor.....	13
3.3 Magnetfält.....	18
4. INLEDANDE RISKANALYS	19
4.1 Metodik.....	19
4.2 Identifiering av olycksrisker.....	19
4.3 Kvalitativ uppskattning av risk.....	19
4.4 Slutsats inledande riskanalys.....	23
5. FÖRDJUPAD RISKANALYS	25
5.1 Metodik.....	25
5.2 Resultat riskberäkningar.....	27
5.3 Värdering av risk.....	32
5.4 Hantering av osäkerheter.....	34
6. FÖRSLAG PÅ SÄKERHETSHÖJANDE ÅTGÄRDER	38
6.1 Allmänt.....	38
6.2 Diskussion kring åtgärder.....	38
6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning.....	43
7. SLUTSATSER	46
8. REFERENSER	47

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Serneke planerar tillsammans med Järfälla kommun att etablera bebyggelse i en ny stadsdel i Veddesta. Exploateringen omfattar bostäder, skola, handel, hotell och idrottsanläggningar. Området ligger väster om Mäljarbanan. Inom 150 meter går även E18 som är en primär transportled för farligt gods och Veddestavägen med förekomst av transporter med farligt gods, vägen är dock inte klassad som en sekundär transportled för farligt gods. Närheten till dessa riskkällor innebär att riskerna från dem behöver analyseras i samband med planering av området. Med anledning av detta görs denna riskanalys.

1.2 Syfte

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

1.3 Omfattning

Analysen omfattar endast plötsliga, oväntade och oplanerade 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 järnvägen och omgivande vägar omfattas inte av analysen. Säkerheten för dessa förutsätts vara utredd på ett tillfredsställande sätt inom ramen för respektive anläggnings planeringsprocess, se bland annat /1/. Detaljplanen omfattar inte några konstruktioner eller andra åtgärder som försämrar trafikantsäkerheten på Mäljarbanan eller E18.

1.4 Internkontroll

Riskanalysen omfattas av Brandskyddslagets kvalitetsledningssystem som innebär att en annan konsult i företaget har genomfört en övergripande granskning av rimligheten i de bedömningar som gjorts och de slutsatser som dragits (internkontroll). Initialer i kolumnen för internkontroll på sidan 2 bekräftar kontrollen.

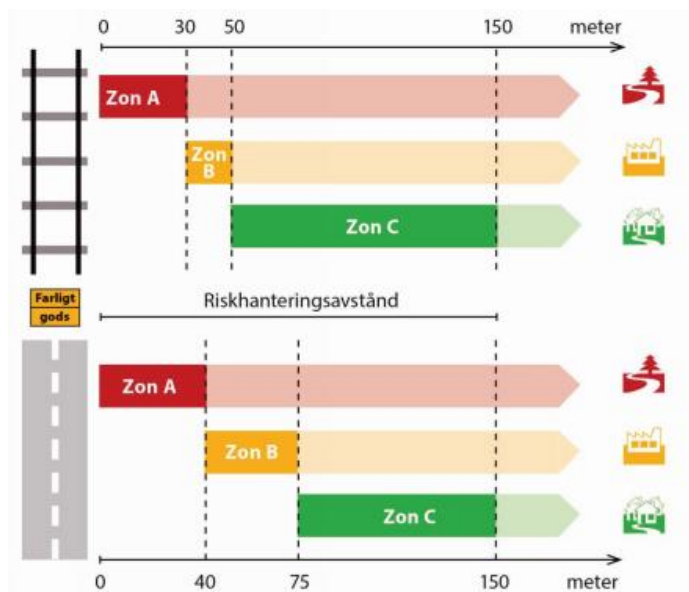
1.5 Förutsättningar

1.5.1 Riskhänsyn vid ny bebyggelse

Ett flertal olika lagar reglerar när riskanalyser skall utföras. Enligt Plan- och bygglagen (2010:900) 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 miljökonsekvensbeskrivning tas fram som redovisar påverkan på bland annat hälsa. Utförande av miljökonsekvensbeskrivning regleras i Miljöbalken (1998:808).

Länsstyrelsen i Stockholms Län har tagit fram riktlinjer för hur risker från transporter med farligt gods på väg och järnväg ska hanteras vid exploatering av ny bebyggelse /2/. Syftet med riktlinjerna är att ge vägledning och underlätta hanteringen av riskfrågor. Länsstyrelsen anser att möjliga risker ska studeras vid exploatering närmare än 150 meter från en riskkälla. I vilken utsträckning och på vilket sätt riskerna ska beaktas beror på hur riskbilden ser ut för det aktuella planförslaget.

I riktlinjerna presenterar Länsstyrelsen riktlinjer för skyddsavstånd till olika verksamheter. Dessa rekommendationer redovisas i figur 1.1.



Rekommenderad markanvändning inom respektive zon

Zon A	Zon B	Zon C
G Drivmedelsförsörjning	E Tekniska anläggningar	B Bostäder
L (obemannad)	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Odling och djurhållning	J Industri	D Vård
T Parkering (ytparkering)	K Kontor	H Detaljhandel
Trafik	N Friluftsliv och camping	O Tillfällig vistelse
	P Parkering (övrig parkering)	R Besöksanläggningar
	Z Verksamheter	S Skola

Figur 1.1. Rekommenderade skyddsavstånd till olika typer av markanvändning /2/.

Avstånden i figuren mäts från närmaste väggkant respektive närmaste spårmitt.

Länsstyrelsen anger i sina riktlinjer generellt att skyddsavstånd är att föredra framför andra skyddsåtgärder. Vid korta avstånd lägger Länsstyrelsen större vikt vid konsekvensen av en olycka än frekvensen av olyckan.

För ny bebyggelse inom redovisade skyddsavstånd behöver en riskutredning göras som undersöker om planförslaget är lämpligt och vilka eventuella skyddsåtgärder som behövs.

Intill primära transportleder för farligt gods (väg och järnväg) rekommenderas ett skyddsavstånd på minst 25 meter. Åtgärder ska normalt vidtas åtminstone inom 30 meter från vägen eller järnvägen.

För ny bebyggelse intill bensinstationer gäller Länsstyrelsens riktlinjer från 2000 /3/. Dessa innebär att 25 meter närmast bensinstationen bör lämnas bebyggelsefritt. Tätt kontorsbebyggelse kan placeras på 25 meters avstånd och sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamhet kan tillåtas på 50 meters avstånd.

1.5.2 Övrig lagstiftning

Förutom ovanstående lagar och riktlinjer förekommer ytterligare ett antal lagar och föreskrifter avseende risk och säkerhet som kan vara relevanta i planärenden. Dessa berör i första hand hantering och rutiner för olika typer av riskkällor som kan vara värda att beakta. Exempelvis så ger Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) ut föreskrifter för hantering av olika brandfarliga och explosiva ämnen.

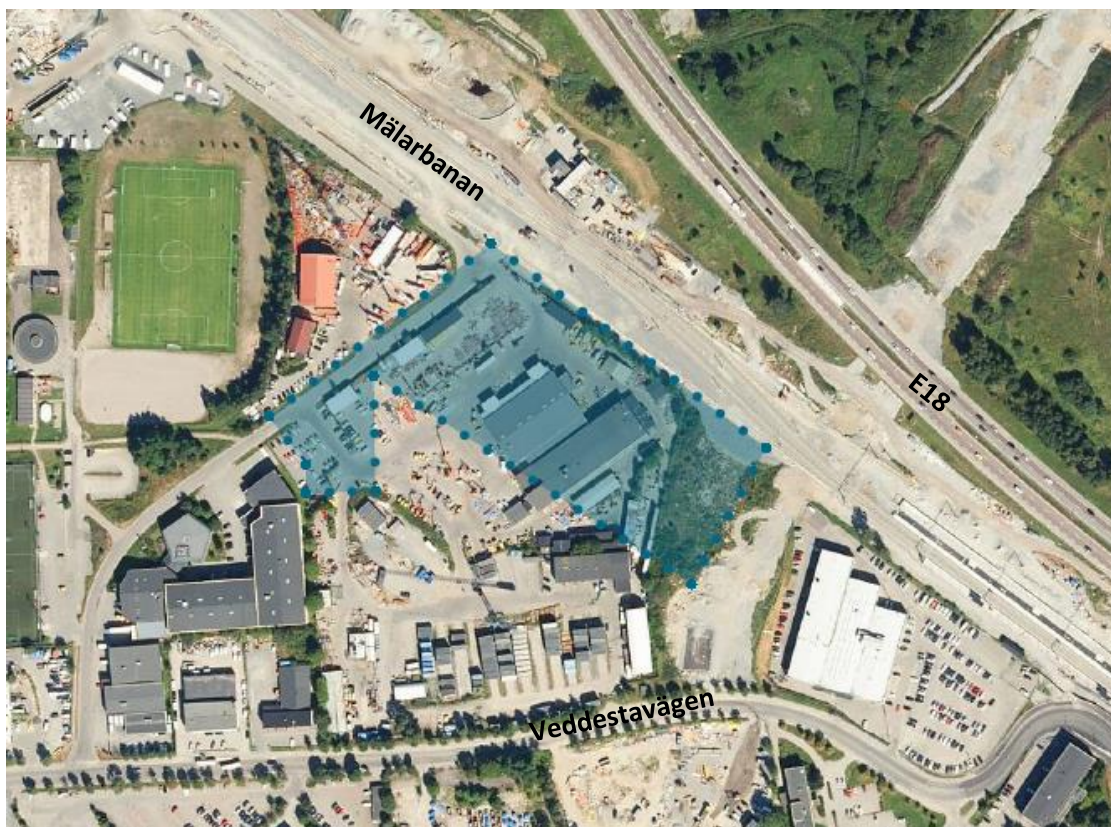
Vidare hanterar Lag (2003:778) om skydd mot olyckor olika verksamheters ansvar för att upprätthålla ett tillfredsställande skydd mot olyckor. En konsekvens av denna lag som kan vara av särskilt intresse i planärenden är om det i anslutning till planområdet finns anläggningar vilka klassas som "farliga verksamheter" enligt kap 2:4 i denna lag. Sådana verksamheter är ålagda att vidta nödvändiga åtgärder för att hindra eller begränsa olyckor och de är även skyldiga att analysera risker och påverkan på närområdet.

2. Översiktlig beskrivning av området

2.1 Områdesbeskrivning

Det aktuella området ligger i Veddesta i Järfälla kommun i norra Stockholm. Området omges av Mälmarbanan i nordost, befintlig bebyggelse i söder och väster och Äggelundavägen i nordväst (se figur 2.1). På andra sidan Äggelundavägen ligger ett stort idrottsområde med bollplaner m.m. E 18 ligger på andra sidan Mälmarbanan, som minst ca 80 meter från planområdet.

Sydost om området ligger Barkarby station.



Figur 2.1. Översikt över omgivningen. Ungefärlig gräns för aktuellt planområde blåmarkerat (OkiDoki, 2018-03-19).

Området är i huvudsak plant med någon enstaka höjd och upptas till stor del av befintlig industriverksamhet som till stor del består av bilhandelsanläggningar.

2.1.1 Omgivande planer

I närområdet pågår ett antal planarbeten. Merparten omfattar ny bebyggelse i form av bostäder, handel eller kontor. En omvandling av närområdet från industriområde till stad pågår.

Ingen av de pågående planarbetena innebär att ytterligare riskkällor tillförs området. Omvandlingen från industriområde till stadsdel innebär att verksamheter som hanterar farliga ämnen i området minskar. Detta kommer att innebära att transporter med farligt gods på Veddestavägen kommer att minska. Exploateringarna innebär också att persontätheten i området ökar vilket innebär att samhällsriskerna kopplade till olyckor på Mälmarbanan ökar.

I figur 2.2 redovisas pågående planarbeten i närområdet.



Figur 2.2. Pågående planer i närområdet.

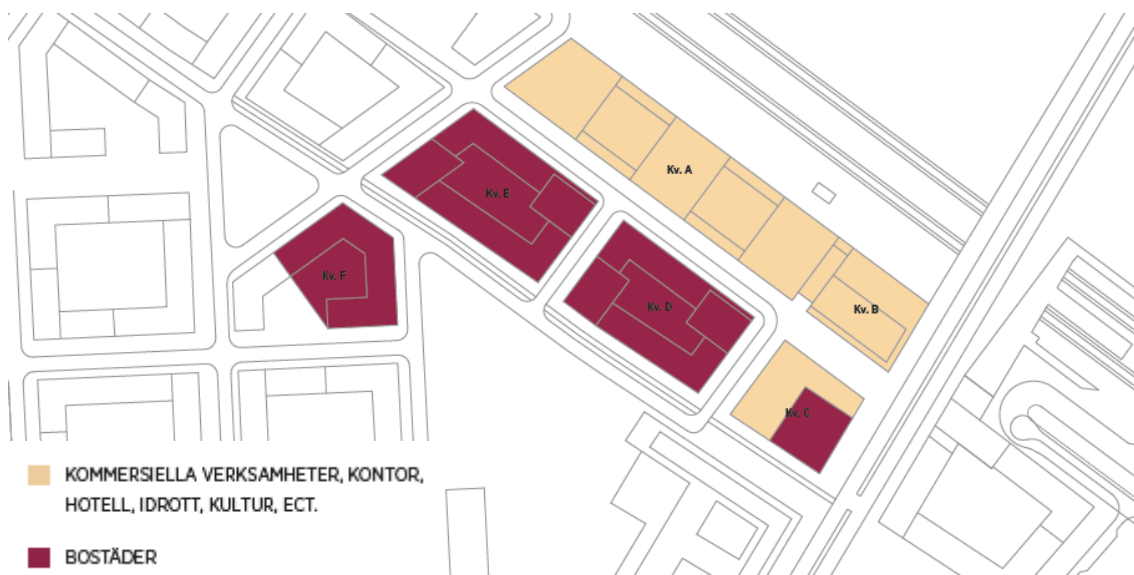
Även på andra sidan Mäljarbanan pågår förändringar i markexploateringen i och med utbyggnaden av Barkarbystaden som i huvudsak omfattar bostäder, skola, handel och arbetsplatser.

2.2 Planerad bebyggelse

Tunnelbanans blå linje planeras att förlängas till Barkarby. Tillsammans med den nya pendeltågsstationen skapas möjligheter att utveckla området väster om järnvägen som idag huvudsakligen upptas av industriverksamheter. Tanken är att Veddesta ska omvandlas till en ny stadsdel med ca 10 000 bostäder. Utvecklingen av området sker i flera etapper.

Det aktuella planområdet omfattar sex kvarter bestående av bostäder i 4-30 våningar, skola, handel, hotell och idrottsverksamhet. Totalt rör det sig om ca 160 000 kvadratmeter byggnadsteknisk area (BTA). Skolan utgörs av en gymnasieskola eller liknande. Det är inte aktuellt med skolgård.

I figur 2.3 redovisas en situationsplan över planerad bebyggelse.



Figur 2.3. Utformning av området (CF Möller 2019-03-04).

Utmed områdets östra gräns håller en ny bro på att uppföras över järnvägen. Denna förbinder Veddesta med övriga Barkarbystaden. I den östra delen kommer även en ny tunnelbaneuppgång göras.

Närmast järnvägen planeras en skidanläggning med tillhörande teknik- och omklädningsutrymmen. Skidanläggningen kommer att vara i flera plan, från källare till ovan mark. Ovanpå skidanläggningen planeras idrott och kontor.

Bakom skidanläggningen planeras tre kvarter, huvudsakligen med bostäder. I den östra delen av området planeras kommersiella lokaler samt ett hotell i 30 våningar och ett bostadshus i 26 våningar.

Det kortaste avståndet mellan bebyggelse och närmaste spårmitt på Mälarbanan är 25 meter. Bostäder planeras som minst ca 75 meter från närmaste spårmitt. Hotellet planeras ca 25 meter från närmaste spårmitt. Ur risksynpunkt är skillnaden mellan hotell och bostäder liten. Personer som vistas i bostadshus hittar bra i byggnaden och i området. Nattetid kan beläggningen förväntas vara full i bostäderna. Hotell har en ojämnare beläggning, vilket innebär en lägre persontäthet under vissa tider, samtidigt har de som vistas i byggnaden sämre kännedom om byggnaden och omgivningen. Det byggnadstekniska brandskyddet är dock bättre i hotell, varje rum utgör en egen brandcell och det finns utrymningslarm. I nya hotell är generellt utrymningsvägarna lätta att hitta och placerade på platser där gästerna kan förväntas hitta dem.

Utmed järnvägen planeras en gång- och cykelväg i plan med kvartersgatan.

3. Riskinventering

3.1 Allmänt

Inledningsvis görs en inventering av riskkällor i anslutning till det studerade området. Riskinventeringen omfattar de riskkällor (transportleder för farligt gods, järnvägar, verksamheter som hanterar farligt gods) som kan innebära plötsliga och oväntade olyckshändelser med konsekvens för det aktuella området. Utifrån gällande riktlinjer (se avsnitt 1.5.1) avgränsas inventeringen till riskkällor inom 150 meter från planområdet.

Riskkällorna beskrivs och förekommande hantering/transport av farliga ämnen kartläggs och redovisas. Inventeringen utgör grunden för den fortsatta analysen.

3.1.1 Farligt gods

Ämnen klassade som farligt gods är det som till stor del kan ge upphov till oväntade och plötsliga olyckshändelser och kunskap om dessa är därför viktigt i en riskanalys.

Farligt gods är en vara eller ett ämne med sådana kemiska eller fysikaliska egenskaper att de i sig själv eller kontakt med andra ämnen, t.ex. luft eller vatten, kan orsaka skada på människor, djur och miljö eller påverka transportmedlets säkra framförande. Farligt gods delas in i klasser (riskkategorier) utefter de egenskaper ämnet har. De olika ämnesklasserna delas i sin tur in i underklasser.

I *Tabell 3.1* redovisas de olika klasserna samt typ av ämnen.

Tabell 3.1. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR/RID.

Klass	Ämne	Beskrivning
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut, fyrverkerier etc.
2	Gaser	2.1. Brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) 2.2. Icke brandfarliga, icke giftiga gaser (kväve, argon etc.) 2.3. Giftiga gaser (klor, ammoniak, svaveldioxid etc.)
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, etanol, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel och industrikemikalier etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Kiseljörn (metallpulver), karbid, vit fosfor etc.
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider, kaliumklorat etc.
6	Giftiga ämnen	Arsenik, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel etc.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Transporteras vanligen i mycket små mängder.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium, kaliumhydroxid (lut) etc.
9	Övriga farliga ämnen	Gödningsämnen, asbest etc.

3.2 Identifiering av riskkällor

I aktuellt projekt har följande riskkällor identifierats:

- Mäljarbanan
- E 18 (primär transportled för farligt gods)
- Veddestavägen (inte klassad som en transportled för farligt gods, däremot förekommer sådana transporter på vägen)

E 18 ligger minst ca 80 meter från planområdet, vilket innebär att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd följs. Vägen kommer dock ändå att studeras eftersom olyckor med stora skadeområden kan komma att påverka risknivån inom planområdet.

Veddestavägen ligger som minst ca 55 meter från planerad bebyggelse inom planområdet. Vägen är inte klassad som en transportled för farligt gods och det finns inga rekommendationer kring skyddsavstånd till oklassade vägar. Vägen kommer dock att studeras i riskinventeringen, se avsnitt 3.2.4.

Närmaste bensinstation ligger ca 500 meter från området. Transporter till dess förväntas inte passera på vägar intill planområdet.

Området består till huvudsak av befintliga industriverksamheter. I och med att området byggs ut kommer dessa på sikt att försvinna. Det kan dock vara möjligt att industriverksamheter inom angränsande områden finns kvar under en period efter det att inflyttning skett av studerat område. En inventering av befintliga verksamheter görs därför som en komplettering till identifierade riskkällor ovan.

3.2.1 Mäljarbanan

Mäljarbanan är den järnvägssträcka som förbinder Stockholm med orterna norr om Mälaren. En utbyggnad av järnvägen från två till fyra spår påbörjades år 2012 och beräknas vara klar tidigast 2028. Den första etappen av utbyggnaden Barkarby-Kallhäll, vilken omfattar sträckan förbi studerat område, avslutades år 2016 /4/.

Järnvägen passerar utmed planområdets nordöstra gräns längs en sträcka på cirka 450 meter. Förbi aktuellt planområde består järnvägen av fyra spår och trafikerar av pendeltåg, persontåg och godståg. Pendeltågen trafikerar de två innersta spåren och övriga tåg de två yttersta /4/.

Under åren 2013-2016 passerade i genomsnitt cirka 204 persontåg och 2 godståg per vardagsmedeldygn /5/.

I tabell 3.2 redovisas trafikprognosen år 2040 /6/.

Tabell 3.2. Trafikprognos Mäljarbanan 2040.

Spår	Tågtyp	Antal tåg per dygn	Hastighet (km/tim)
a och d	Fjärrtåg (X40)	112	200
b och c	Pendeltåg (X60)	284	160
a och d	Godståg	10	100
Totalt	-	406	-

Transporter av farligt gods

Förutom persontåg och vanliga godstransporter förekommer även transporter av farligt gods på Mäljarbanan. Uppgifter över vilka RID-klasser och mängder som transporterades på aktuell sträcka av Mäljarbanan åren 2011-2016 har erhållits från Trafikverket /7/. Värdena är dock konfidentiella och redovisas därför inte i sin helhet i denna rapport. Fullständigt underlag kan dock erhållas av Trafikverket.

Enligt uppgifterna transporteras följande RID-klasser:

- Klass 2 - Gaser
- Klass 3 - Brandfarliga vätskor
- Klass 5.1 - Oxiderande ämnen
- Klass 6.1 - Giftiga ämnen
- Klass 8 - Frätande ämnen
- Klass 9 - Övriga farliga ämnen

Den största godsmängden utgörs av brandfarliga vätskor samt gaser.

En utbyggnad av Mäljarbanan på sträckan Huvudsta-Barkarby pågår fortfarande, vilket möjliggör tätare tågtrafik och fler godstransporter. Hur stor andel av den ökande godstrafiken som kommer att utgöra farligt gods framgår inte av prognoserna. Det är oklart om farligt gods kommer öka i motsvarande takt som den totala godstrafiken. Enligt nationell statistik för tidigare år har den totala transportmängden farligt gods på järnväg i Sverige inte varierat i någon större utsträckning utan transportmängderna har hållits relativt lika under ett längre perspektiv.

3.2.2 E18

E18 förbi planområdet utgör den motorvägssträcka som sträcker sig mellan E4 vid Kista och vidare mot Enköping. Vägen består av två filer i vardera riktningen samt en påfartsfil i södergående riktning. Den skyltade hastigheten på sträckan är 90 km/tim.

Avståndet mellan planområdet och E18 varierar från 80 meter i den södra delen och 120 meter i den norra delen.

Trafikmätningar genomförda 2015 visar ett trafikflöde på ca 69 000 fordon per dygn summerat på båda köriktningarna /8/. Tung trafik utgjorde ca 5 % enligt samma mätning.

För prognosåret 2040 gäller en trafikering som omfattar 125 000 fordon per dygn, 10 % tung trafik och en hastighet på 80 km/tim /6/.

3.2.3 Transporter med farligt gods

E18 utgör en primär transportled för farligt gods vilket innebär att vägen även nyttjas för genomfartstransporter lastade med farligt gods. Det finns ingen aktuell kartläggning över antalet transporter med farligt gods på vägen. De kartläggningar som kan vara aktuella att använda redovisas nedan:

- Trafikanalys, som bl.a. ansvarar för statistik inom området vägtrafik, upprättar årliga statistikrapporter över den totala lastbilstrafiken, inkl. farligt gods, på Sveriges vägar. Utifrån statistik över antal transporter per farligt godsklass under perioden 2012-2017/9/ uppskattas farligt godstransporter i genomsnitt utgöra ca 1,5 % av det totala antalet lastbilstransporter på svenska vägar (om man istället studerar transporterade godsmängder så utgör farligt gods ca 4 % av de totala transporterade godsmängderna). Enligt prognos utgör tung trafik 10 % av den totala trafiken för prognosåret. För den studerade sträckan av E18 så skulle detta motsvara ca 66 500 farligt godstransporter per år på aktuell vägsträcka.
- MSB har genomfört kartläggningar av transporter med farligt gods i Sverige, bl.a. under september månad 2006 då statistik över farligt godstransporter samlades in /10/. Kartläggningen redovisas som intervall över transporterade godsmängder per farligt godsklass. Kartläggningen bedöms vara för gammal för att använda som tillförlitligt underlag för riskhantering. Dock finns information om bland annat fördelning av underklasser som kan vara relevant att beakta.

Den studerade informationen är inte heltäckande, men ger ändå en indikation på hur situationen kan se ut. I tabell 3.3 redovisas en sammanställning av underlaget utifrån nationell statistik utifrån prognosår 2040.

Tabell 3.3. Farligt gods indelat i olika klasser enligt ADR-S med uppskattat antal transporter utifrån nationell statistik år 2040 på aktuell sträcka av E18.

Klass	Ämne	Andel (%)	Antal trp
1	Explosiva ämnen	0,5%	334
2	Gaser	20,8%	13 814
3	Brandfarliga vätskor	50,1%	33 280
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	1,6%	1 032
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	3,4%	2 273
6	Giftiga ämnen	5,5%	3 658
7	Radioaktiva ämnen	0,0%	0
8	Frätande ämnen	13,6%	9 059
9	Övriga farliga ämnen	4,5%	3 000
Totalt			66 450

Framtid

Det är svårt att bedöma den framtida transportsituationen när det gäller farligt gods på E18. Antalet och typen av transporter beror av förändringar i Stockholmsregionen, bland annat Förbifart Stockholm, flytt av Loudden, invigning av Norviks hamn etc. genom att utgå från prognosåret tas ändå höjd för en framtida ökning av antalet transporter.

3.2.4 Veddestavägen

Vägen utgörs av en fil i vardera körriktningen med en skyltad hastighet av 30-50 km/tim i höjd med planområdet.

Vägen är inte klassad som en transportled för farligt gods men sådana transporter kan förekomma på vägen till och från verksamheter i närområdet.

Det kortaste avståndet mellan bebyggelse inom planområdet och Veddestavägen är 55 meter.

I avsnitt 3.2.5 görs en inventering av verksamheter i närområdet. I avsnittet berörs även vilka verksamheter som kan generera transporter med farligt gods på Veddestavägen.

3.2.5 Befintliga industriverksamheter

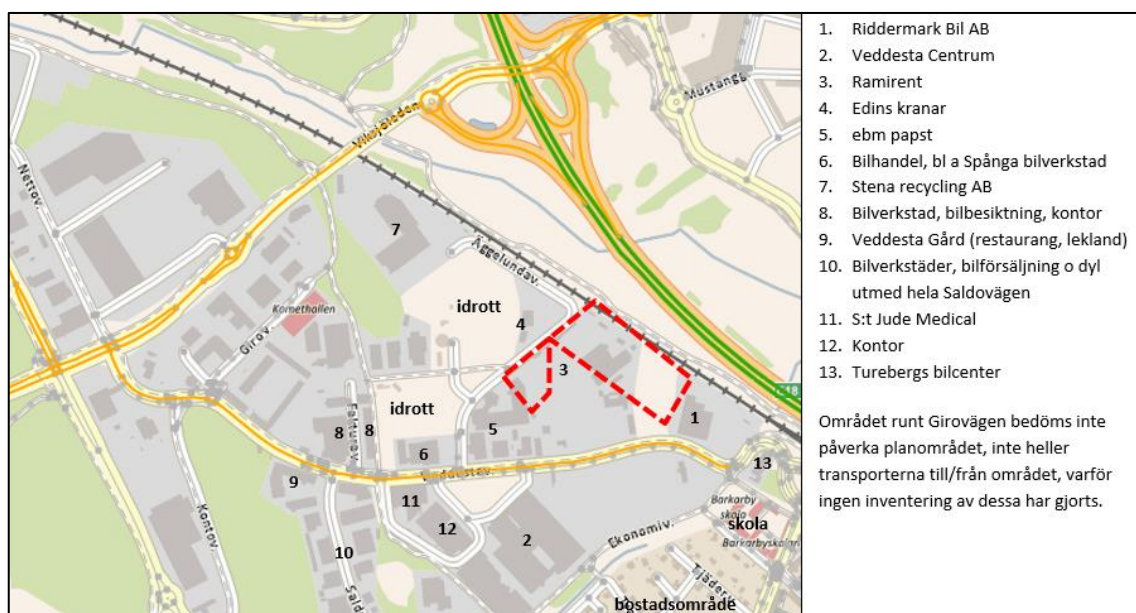
I närområdet finns flertalet mindre industriområden med lättare industri. En översiktlig kartläggning har gjorts av de verksamheter som ligger så nära planområdet att direkt påverkan mot området skulle kunna vara möjlig eller som kan ge upphov till transporter förbi planområdet.

I figur 3.1 redovisas inventerade verksamheter. De består till stor del av bilförsäljning, bilverkstäder, annan lätt industri samt idrott, kontor och centrum. Ingen större verksamhet med mer omfattande hantering av farliga ämnen har identifierats.

Enligt Länsstyrelsens kartläggning av farliga verksamheter mm i området /11/ redovisas Stena Recycling norr om planområdet som miljöfarlig verksamhet och S:t Jude Medical (nr 11 i figur 3.1) som en farlig verksamhet enligt Lagen om skydd mot olyckor. Stena recyclings anläggning omfattar återvinning av icke farligt avfall. Ingen hantering av farligt gods sker. S:t Jude Medical var tidigare klassad som en farlig verksamhet. Verksamheten är dock numera nedlagd och i lokalerna bedrivs skola /12/.

Enligt genomförd kartläggning finns ingen störande industri i närområdet. Endast mindre bilverkstäder och bilförsäljning förekommer inom närområdet. Dessa hanterar sannolikt brandfarlig vara i form av oljor och gaser i mindre förpackningar. I närheten av området finns Edins kranar där det skulle kunna förekomma hantering av brandfarlig vara. Inga cisterner eller någon mer omfattande förvaring har identifierats utomhus. Bedömningen blir därför att merparten av hantering av brandfarlig vara i omgivande verksamheter sker inomhus. Hantering av brandfarlig vara innebär krav på hanteringen utifrån *Lagen om brandfarliga och explosiva varor*, bland annat finns krav avseende avstånd till omgivande verksamheter. Kraven på skyddsavstånd omfattar normalt hantering som sker utomhus.

Utifrån ovanstående är bedömningen att transporter till och från verksamheter i närområdet huvudsakligen består av styckegods i form av oljor, gasflaskor och liknande som används i bilverkstäder. Transporterna till dessa verksamheter passerar dock i huvudsak inte aktuellt planområde på Äggelundavägen. Eventuella transporter till Edins kranar kommer dock att passera planområdet. Det rör sig då om begränsade mängder styckegods



Figur 3.1. Inventering av verksamheter i planområdets närhet.

Transporter med farligt gods på Veddestavägen
 Veddestavägen går genom Veddesta som idag till stor del upptas av mindre industriverksamheter (se figur 3.1). Öster om planområdet ansluter Veddestavägen till Helikoptervägen vid Barkarby pendeltågsstation. Söder om Veddestavägen består markanvändningen i huvudsak av bostäder. Verksamheter som kan tänkas ge upphov till transporter på den del av vägen som passerar planområdet är Riddermarks Bil AB och Turebergs bilcenter (nummer 1 och 13 i figur 3.1). Verksamheter norr och väster om planområdet kör med mycket stor sannolikhet norrut på Veddestavägen eftersom det utgör den kortaste vägen till närmaste rekommenderade transportled för farligt gods samt motorväg.

Aktuella verksamheter får leveranser av gasflaskor (svetsgas, gasol), oljor, spolarvätska etc. i form av styckegods och får sannolikt även enstaka leveranser av diesel och bensin i tankbil för att kunna tanka fordon.

I och med att området byggs ut kommer verksamheter med industrianknytning försvinna från området och ersättas med bostäder, handel, kontor m.m. Det kommer att innebära att antalet transporter med farligt gods på Veddestavägen kommer att minska. Det bedöms inte sannolikt att någon ny industriverksamhet kommer att planeras inom området.

Avståndet till planerad bebyggelse är så stort att en olycka med aktuella transporter av farligt gods i styckegods eller tankbil med brännbar vätska inte kommer att medföra att människor inom planområdet, varken utomhus eller inomhus, omkommer. Riskkällan kommer därför inte att studeras vidare.

3.3 Magnetfält

3.3.1 Förutsättningar

Det finns inga fastställda rikt- eller gränsvärden i Sverige som begränsar lågfrekventa magnetfält över längre tid. Strålskydds-institutet rekommenderar ett gränsvärde under 0,4 μT , Ellagstiftningen liksom miljöbalkens försiktighetsprincip är tillämpliga för elektromagnetiska exponeringar. Det innebär att risker för människors hälsa ska undvikas så långt det kan anses ekonomiskt rimligt. Järfälla kommun har formulerat egna krav avseende elektromagnetiska fält. Dessa anger att årsmedelvärdet för bostäder ska vara högst 0,2 μT .

Enligt Trafikverket /13/ alstras magnetfält på ca 0,1 μT på ett avstånd om 20 meter från järnvägen när inget tåg är i närheten. När ett tåg passerar ökar styrkan på magnetfältet något. Ligger byggnaden längre bort än 20 meter från järnvägens kontaktledning är dock magnetfältet från järnvägen generellt så svagt att störningar på utrustning är ovanliga /13/.

3.3.2 Särskilda åtgärder

Exponeringen av magnetfält beror på hur starka magnetfälten är och hur lång tid magnetfälten från varje tåg ger bidrag samt hur många tåg som passerar. För att reducera årsmedelvärdet måste antingen bidraget för varje tåg minskas eller fältens styrka reduceras.

I järnvägsplanen för utbyggnad av aktuell järnvägssträcka /14/ anges att följande åtgärder skulle vidtagas, vilka också enligt Trafikverket är vidtagna enligt svar till Järfälla kommun:

- Sugtransformatorer minskar de elektromagnetiska fälten genom att placeras med cirka 4 kilometer mellanrum och med driftjordpunkter mellan dessa.
- Matningskablar läggs i anslutning till respektive spår (s-räl).
- Järnvägsanläggningen anpassas för att minska magnetfälten i stationsmiljöerna

Några mätningar av magnetfältens styrka har inte gjorts på platsen efter utbyggnaden. Mälarbanans utbyggnad innebär dock att närmaste spår hamnade ca 20 meter från bostadshus. Genomförda åtgärder bör därför vara tillräckliga även för ny bebyggelse 25 meter eller mer från närmaste spår.

4. Inledande riskanalys

4.1 Metodik

Utifrån riskinventeringen görs en uppställning av möjliga olycksrisker som kan påverka människor inom det studerade området.

För identifierade olycksrisker görs en kvalitativ bedömning (inledande analys) av möjlig konsekvens av respektive händelse. En grov bedömning görs även av sannolikheten för att en olycka ska inträffa. Denna bedömning syftar i huvudsak till att avgöra om händelsen kan inträffa överhuvudtaget, d.v.s. om riskkällan omfattar just de förutsättningar som krävs för att den identifierade olycksrisken ska finnas.

Utifrån de kvalitativa bedömningarna av sannolikhet och konsekvenser görs sedan en sammanvägd bedömning av huruvida identifierade olycksrisker kan påverka risknivån inom aktuellt planområde. För olycksrisker som anses kunna påverka risknivån inom planområdet rekommenderas att en fördjupad (kvantitativ) riskanalys genomförs. Olycksrisker som med hänsyn till små konsekvenser och/eller låg sannolikhet ej anses påverka risknivån inom planområdet bedöms vara acceptabla och bedöms därför ej nödvändiga att studera vidare i en fördjupad analys.

4.2 Identifiering av olycksrisker

Utifrån riskinventeringen är bedömningen att det är följande riskkällor och olycksrisker förknippade med dessa som kan medföra olyckshändelser med möjlig konsekvens för det aktuella planområdet:

Följande olycksrisker bedöms kunna påverka det aktuella planområdet:

1. Olycka vid transport av farligt gods på Mäljarbanan
2. Tågbrand
3. Ursparning
4. Olycka med farligt gods på E18

4.3 Kvalitativ uppskattning av risk

4.3.1 Olycka vid transport av farligt gods på Mäljarbanan och E18

Allmänt

Som tidigare nämnts delas farligt gods in i nio olika klasser utifrån ADR-S/RID-S.

I tabellen nedan görs en övergripande beskrivning av vilka ämnen som tillhör respektive klass och vilka konsekvenser en olycka med respektive ämne kan leda till.

Tabell 4.1. Konsekvensbeskrivning för olycka med respektive ADR/RID-klass.

Klass	Konsekvensbeskrivning
1. Explosiva ämnen	Riskgrupp 1.1: Risk för massexlosion. Konsekvensområden kan vid stora mängder (≥ 2 ton) överstiga 50-200 meter. Begränsade områden vid mängder under 1 ton. Riskgrupp 1.2-1.6: Ingen risk för massexlosion. Risk för splitter och kaststycken. Konsekvenserna normalt begränsade till närområdet.
2. Gaser	Klass 2.1: Brännbar gas: jetflamma, gasmolnsexlosion, BLEVE. Konsekvensområden mellan ca 20-200 meter. Klass 2.2: Icke brännbar, icke giftig gas: Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Klass 2.3: Giftig gas: Giftigt gasmoln. Konsekvensområden över 100-tals meter.
3. Brandfarliga vätskor	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 40 m.
4. Brandfarliga fasta ämnen m.m.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider	Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med konc. > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Skadeområde ca 70 m radie.
6. Giftiga ämnen	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7. Radioaktiva ämnen	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8. Frätande ämnen	Utsläpp av frätande ämne. Konsekvenser begränsade till närområdet.
9. Övriga farliga ämnen	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Utför beskrivningen ovan bedöms det vara ämnen ur följande klasser som kan vara relevanta att beakta vid bedömning av risknivån för det aktuella planområdet:

Mälarbanan

- Klass 1.1. Massexplosiva ämnen
Denna typ av ämnen transporteras enligt uppgift inte på Mälarbanan idag. Ämnesklassen tas dock med i fortsatt analys eftersom vi inte kan säkerställa att det inte kommer transporteras sådana ämnen på aktuell järnvägssträcka i framtiden.
- Klass 2.1. Brännbara gaser
- Klass 2.3. Giftiga gaser
- Klass 3. Brandfarliga vätskor
- Klass 5. Oxiderade ämnen och organiska peroxider

E18

Avståndet till E18 är betydligt större än till Mälarbanan. Med hänsyn till avståndet och beskrivningen i tabell 4.1 bedöms följande scenarier kunna påverka risknivån inom området:

- Klass 1.1. Massexplosiva ämnen
Gäller enbart vissa olyckshändelser.
- Klass 2.1. Brännbara gaser
Gäller enbart vissa olyckshändelser.
- Klass 2.3. Giftiga gaser
Gäller enbart vissa olyckshändelser.

Konsekvenserna av olycka med övriga klasser är begränsade till det absoluta närområdet och bedöms därför inte påverka risknivån inom planområdet.

Nedan redovisas separata bedömningar av de fem farligt godsklasserna som redovisas ovan med avseende på hur de bedöms påverka risknivån inom planområdet:

Klass 1.1 Masseexplosiva ämnen – Mälarbanan och E18

En olycka med transport av vissa typer av explosivämnen kan leda till mycket omfattande explosioner antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten. Konsekvenserna av olyckan är beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. Det finns inga restriktioner för hur stora mängder explosivämne som tillåts på järnväg per godsvagn. Mängden begränsas till banans dimensionerande maxlast per vagnaxel. Det bedöms dock att den maximala transportmängden per vagn sällan överstiger 20-25 ton per vagn. På väg är lastmängden begränsad till 16 ton per fordon.

Vid en olycka kan höga tryck uppnås inom hundratalet meter. Sannolikheten för en olycka bedöms vara låg och det totala bidraget till risknivån i området bedöms vara litet. Scenariot bör ändå studeras vidare i det fortsatta analysarbetet eftersom en olycka kan leda till katastrofala konsekvenser.

Klass 2.1. Brännbara gaser – Mälarbanan och E18

En olycka med brännbar gas innebär att gas läcker ut och antänds (antingen under tryck eller när den spridits bort från utsläppskällan) eller att en gastank utsätts för utvändigt brand vilket hettar upp gasen så att den expanderar snabbt och spränger tanken. Beroende på utsläpps- och antändningsscenario kan konsekvenserna variera.

Brännbara gaser transporteras dock normalt trycksatta (och tryckkondenserade) i tankvagnar och tankbilar, vilket medför att behållarna har högre hållfasthet än vanliga tankar för t.ex. vätsketransporter. Detta ger en begränsad sannolikhet för läckage även vid kraftig påverkan. Då gasen kan spridas bort från olycksplatsen ökar dock sannolikheten för att utsläppet kommer i kontakt med en tändkälla och antänds, samtidigt kan utsläppet förväntas bli mer utspädd.

Sannolikheten för en olycka med brännbar gas bedöms vara låg. Med hänsyn till de omfattande konsekvenserna av ett större gasutsläpp bör dock olycksrisken studeras vidare i en fördjupad riskanalys för att verifiera det låga riskbidraget och för att studera behovet av säkerhetshöjande åtgärder. Vid olyckor på E18 är det enbart några av möjliga scenarier som kan medföra så stort skadeområde att planområdet påverkas.

Klass 2.3. Giftiga gaser - Mälarbanan och E18

Giftig gas behöver inte "aktiveras" genom antändning för att bli farlig. Den är farlig så snart den läcker ut. Beroende på vind och topografi kan gasen spridas långa sträckor och fortfarande ha dödliga koncentrationer. Vid större utsläpp kan människor både inomhus och utomhus skadas eller omkomma på upp till flera hundra meters avstånd från utsläppet.

Det begränsade antalet gastransporter på Mäljarbanan innebär att sannolikheten för ett utsläpp av giftig gas i höjd med planområdet bedöms vara mycket låg. Även om konsekvenserna av ett större gasutsläpp kan bli omfattande bedöms den sammanvägda risknivån inom planområdet vara mycket begränsad. Med hänsyn till de omfattande konsekvenserna av ett större gasutsläpp bör dock olycksrisken studeras vidare i en fördjupad riskanalys för att verifiera det låga riskbidraget och för att avgöra behovet av säkerhetshöjande åtgärder. Vid olyckor på E18 är det enbart några av möjliga scenarier som kan medföra så stort skadeområde att planområdet påverkas.

Klass 3. Brandfarliga vätskor – enbart Mäljarbanan

Brandfarliga vätskor utgör en relativt stor andel av det totala antalet transporter av farligt gods på Mäljarbanan. Ett stort utsläpp av exempelvis bensin kan, om det antänds, innebära att hög värmestrålning drabbar omgivningen och kan orsaka brännskador på oskyddade människor eller brandspridning in i byggnader. Allvarliga konsekvenser kan normalt uppkomma inom maximalt ca 40 meter från olycksplatsen.

Sannolikheten för olycka med transport av brandfarliga vätskor uppskattas vara relativt hög. Avståndet från närmaste spår till planerad bebyggelse är dessutom relativt litet, ca 20 meter, vilket innebär att påverkan på planerad bebyggelse är möjlig vid en olycka. Riskbidraget bedöms vara relativt stort och scenariot bör studeras vidare i en fördjupad analys.

Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider - enbart Mäljarbanan

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider leder normalt inte 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. Blandningen kan till och med innebära ett explosionsartat brandförlopp som liknar en stor massexplosion. Ett scenario som kan inträffa vid utsläpp till följd av en järnvägsolycka är att ämnet blandas med exempelvis smörjolja från tåget.

Sannolikheten för att en olycka med ämnen ur klass 5 ska leda till ett skadescenario som påverkar planområdet bedöms vara mycket låg med hänsyn till det begränsade antalet transporter, samt att det endast är en begränsad andel av ämnena ur klass 5 som kan leda till denna typ av häftiga brand- och explosionsförlopp. I huvudsak är det ej stabiliserade väteperoxider och vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid samt organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms inte kunna leda till explosion. För att stabilisera det oxiderande ämnet blandas ofta en stabilisator, flegmatiseringsmedel, in för att minska reaktionsbenägenheten.

Enligt RID-S /15/ är det inte ens tillåtet att transportera ej stabiliserade väteperoxider eller vattenlösningar med över 60 % väteperoxid på järnväg. Det är inte heller tillåtet att transportera ammoniumnitrat med mer än 0,2 % brännbara ämnen, utom när det utgör beståndsdel i ett ämne eller föremål i klass 1 (explosiva ämnen). Andelen av de oxiderande ämnena på järnvägen som bedöms kunna självantända vid explosion vid kontakt med organiskt material antas därför vara mycket begränsad.

Utifrån ovanstående bedöms den sammanvägda risknivån förknippad med transporter av oxiderande ämnen och organiska peroxider på Mäljarbanan vara mycket begränsad. Med hänsyn till de omfattande konsekvenserna som en olycka kan innebära behöver dock olycksrisken studeras vidare i en fördjupad riskanalys för att verifiera det låga riskbidraget och för att avgöra behovet av säkerhetshöjande åtgärder.

4.3.2 Tågbrand

Konsekvenserna av en tågbrand är bl.a. beroende av vilken tågtyp som brinner. Brand i ett godståg kan bli betydligt mer omfattande än brand i persontåg (utformningen av persontåg följer strikta regler för att reducera risken för omfattande bränder med hänsyn till resenärernas säkerhet).

Skadeområdet vid brand i ett pendeltåg bedöms vara begränsat. Med hänsyn till avståndet mellan järnvägen och planerad bebyggelse bedöms en persontågsbrand ej innebära risk för brandspridning till området. Brand i persontåg bedöms därför ha en mycket begränsad påverkan på risknivån inom programområdet.

Skadeområdet vid brand i godståg bedöms kunna bli mer omfattande. Värmestrålningen bedöms bli hög inom ett relativt stort avstånd och med hänsyn till detta bedöms en brand i godståg kunna innebära brandspridning till planerad bebyggelse. Olycksrisken bör därför studeras i en mer fördjupad riskanalys med avseende på påverkan på risknivån inom programområdet.

4.3.3 Urspårning

Det är relativt vanligt att tåg spårar ur. I de allra flesta fall hoppar dock bara ett hjulpar av rälerna. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan tåget spåra ur och hamna längre från spåret. Det hamnar dock sällan mer än en vagnslängd (ca 25 meter) från spåret.

Urspårning utgör den absolut mest sannolika olyckshändelsen med tågtrafik.

Händelsen bedöms med hänsyn till avståndet kunna innebära påverkan mot risknivån inom planområdet.

Olycksrisken bedöms nödvändig att studeras i en mer fördjupad riskanalys med avseende på påverkan på risknivån inom planområdet.

4.4 Slutsats inledande riskanalys

Utifrån den inledande analysen har det bedömts nödvändigt att genomföra en fördjupad analys av vissa olycksrisker. Av de identifierade riskerna i anslutning till området har följande bedömts vara av sådan omfattning att mer detaljerade analyser bedömts nödvändiga:

- Olycka vid transport av farligt gods på Mäljarbanan:
 - Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp av brännbar vätska (klass 3)
 - Olycka där ämne ur klass 5 blandas med brännbart ämne och orsakar explosionsartat självantändning
- Tågbrand
- Urspårning
- Olycka vid transport av farligt gods på E18
 - Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)

- Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)

I den fortsatta planeringen av området måste hänsyn tas till ovanstående olycksrisker. En fördjupad analys bör göras när utformningen av området är fastlagd. En fördjupad analys bör innehålla beräkning av frekvens och konsekvens som sammanställs i form av risknivå, vilken i sin tur utgör underlag för beslut om säkerhetshöjande åtgärder.

I avsnitt 5 redovisas en preliminär bedömning av behovet av åtgärder. Denna utgör i första hand riktlinjer för fortsatt planering av bebyggelsen.

4.4.1 Hantering av osäkerheter

I den inledande analysen konstateras att det endast är ett fåtal farligt godsklasser som förekommer i sådan omfattning att de bedöms kunna påverka risknivån inom det aktuella planområdet. Riskuppskattningen har dock utförts utifrån kvalitativa bedömningar som i sig omfattar osäkerheter. De identifierade osäkerheterna i underlaget behöver beaktas i en fördjupad riskanalys.

5. Fördjupad riskanalys

5.1 Metodik

De identifierade olyckshändelserna som i den inledande analysen bedöms kunna inträffa samt kan medföra konsekvenser för det aktuella området studeras vidare i en fördjupad, kvantitativ, riskanalys.

5.1.1 Beräkning av frekvens och konsekvenser

I den fördjupade analysen kvantifieras frekvensen för, samt konsekvenserna av, respektive olycksrisk. Vilken metod som används är beroende av riskkällans egenskaper.

Beräkningarna har utgått från trafikflöde idag och för prognosåret 2040. Antal och fördelning av farligt gods utgår från ett genomsnitt från de fem senaste åren av nationell statistik.

Beräkningarna redovisas i sin helhet i bilagorna A och B.

5.1.2 Sammanvägning av risk

Risker avseende personsäkerhet presenteras och värderas i form av individrisk och samhällsrisk:

Individrisk är den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla. Individrisken redovisas som platsspecifik individrisk. Detta görs i form av individriskkonturer som visar frekvensen för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan.

Individrisken beräknas först för obebyggd mark där ingen hänsyn tas till eventuell konsekvensreducerande effekt av exempelvis nivåskillnader, framföriggande bebyggelse (varken befintlig eller planerad) och andra avskärmade barriärer.

Samhällsrisk är det riskmått som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) där den kumulerade frekvenser plottas mot konsekvenser i ett logaritmerat diagram. Frekvenser uttrycks i förväntat antal olyckor per år (år^{-1}) och konsekvenser i antal omkomna, då dessa enheter ger en uppfattning om vilken risk samhället utsätts för till följd av en riskkälla.

Liksom individrisken beräknas samhällsrisk utifrån vissa förutsättningar och antaganden rörande bebyggelsestruktur, byggnadsutformning, topografi etc. Samhällsrisk beräknas för aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse (se omfattning av studerat område i bilaga B). Samhällsrisk beräknas för planerat utförandealternativ (d.v.s. med planerad bebyggelse inom det aktuella området). Eftersom skillnaden är väldigt stor när det gäller persontätheten i området mellan nuläget och planerad exploatering görs inga beräkningar avseende ett eventuellt nollalternativ. Risknivån för ett nollalternativ bedöms vara betydligt lägre än med tänkta exploateringar i området.

5.1.3 Värdering av risk

För att avgöra om de beräknade risknivåerna är acceptabla eller inte så jämförs de mot angivna acceptanskriterier.

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen *Värdering av risk /16/* ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Länsstyrelsen i Stockholms län och som därför används i denna analys, se tabell 5.1.

Tabell 5.1. Förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk.

Riskkriterier	Individrisk	Samhällsrisk för en väg-/järnvägssträcka på 1 km
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 där risker kan anses vara små	10^{-7}	$F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

Enligt tabell 5.1 anges kriterierna i form av en övre och en undre gräns. Risker över den övre gränsen anses som oacceptabla medan risker under den nedre gränsen bedöms som acceptabla.

Området mellan kriterierna benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). I detta område ska man sträva efter att med rimliga medel sänka riskerna, d.v.s. att kostnaderna för åtgärderna ska vara rimliga i förhållande till den riskreducerande effekt som erhålls. För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder bör man därför även beakta begreppet *tolerabel risk*:

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter. De undre av kriteriegränserna nyttjas vanligtvis för bebyggelse där påverkan från externa risker (t.ex. förknippade med transport av farligt gods etc.) ska vara låg. Detta gäller exempelvis för bostäder, hotell och svårutrymda lokaler (sjukhus, skolor och personintensiva lokaler etc.). Jämfört med bostäder bedöms ofta påverkan av externa risker vara något mer tolerabla för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter. Orsaken till detta är främst att dessa typer av verksamheter innebär att personer normalt är vakna, samt att verksamheterna huvudsakligen nyttjas dagtid. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, accepteras normalt en risknivå som överstiger angivna riskkriterier.
2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Risker inom övre delarna av ALARP bör enbart tolereras om det bedöms vara praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. För risker i de lägre delarna av ALARP bör kraven på riskreduktion inte vara lika hårda, men möjliga åtgärder ska dock fortfarande beaktas. I de flesta fall anses risknivån vara acceptabel även om den hamnar inom ALARP-området, förutsatt att de åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttoperspektiv vidtas.
3. Slutligen bör riskvärderingen beakta hur stor påverkan som den aktuella förändringen har på den totala risknivån. Detta avser främst samhällsrisk där det studerade planområdet normalt utgör en mycket liten del. Värderingen av samhällsrisk utgår därför inte enbart från de angivna riskkriterierna utan även från en jämförelse mot risknivån om den planerade ändringen inte genomförs.

5.1.4 Hantering av osäkerheter

Det finns stora osäkerheter när det gäller indata och underlag i den här typen av analyser. För att hantera vissa av dessa osäkerheter görs en känslighetsanalys där indata varieras på olika sätt. Genom känslighetsanalysen skapas en så fullständig bild av risknivån som möjligt.

5.2 Resultat riskberäkningar

5.2.1 Generellt

En olycka har förväntats ske mitt för det aktuella planområdet där persontätheten kan förväntas vara som högst. Vagnar med farligt gods eller vagnar som brinner har förväntats befinna sig inom spårområdet, vilket är praxis i den här typen av riskanalyser. Det är endast för olycksscenarioet urspårning som hänsyn tas till att tåget kan hamna utanför spårområdet. Enligt det statistiska underlaget hamnar 85 % av alla urspårade tåg inom 5 meter från spåret och i princip samtliga urspårade tåg hamnar inom 25 meter. Påverkan på risknivån från att förutsätta att en godsvagn även kan haverera utanför spårområdet kommer med hänsyn till detta att bli mycket begränsad.

Genomförda beräkningar har dessutom förutsatt att alla olyckor med farligt gods sker på det närmaste spåret. Hälften av trafiken går på det bortersta spåret, ytterligare 30 meter från planområdet. Detta har gjorts för att förenkla beräkningarna men innebär en överskattning av risknivån.

Planområdet ligger dessutom i höjd med spårområdet så det föreligger ingen anledning att tro att ett urspårat tåg ska hamna längre från spårområdet än vad statistiken visar.

5.2.2 Individrisk

Beräkning av individrisk

Den platsspecifika individrisken redovisas 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.

Individrisken beräknas som den kumulativa frekvensen för att omkomma på ett specifikt avstånd från respektive riskkälla. Detta innebär att på en punkt t.ex. 100 meter från riskkällan så är individrisken densamma som frekvensen för alla skadescenarier med ett skadeområde ≥ 100 meter.

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

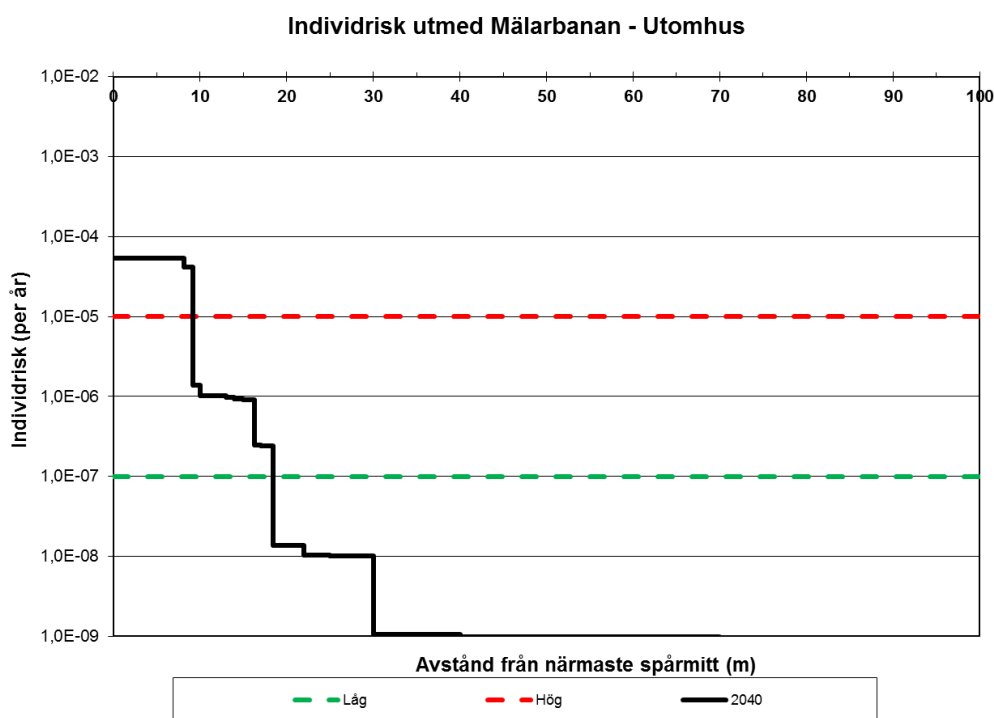
1. De konsekvensberäkningar som redovisas i bilaga B visar att andelen personer inom skadeområdet som bedöms omkomna minskar med avståndet från riskkällan. Detta innebär även att sannolikheten för att den fiktiva personen som studeras vid beräkning av individrisk omkommer också minskar med avståndet för respektive skadescenario. Med avseende på respektive skadescenario reduceras därför individrisken för olika avståndsnivåer enligt konsekvensberäkningarna.
2. De beräknade skadeområdena för olycksscenarierna skiljer sig i förhållande till den järnvägssträcka som studeras (1 000 m). 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 mycket stort skadeområde kan fallet vara 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 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 järnvägssträcka.

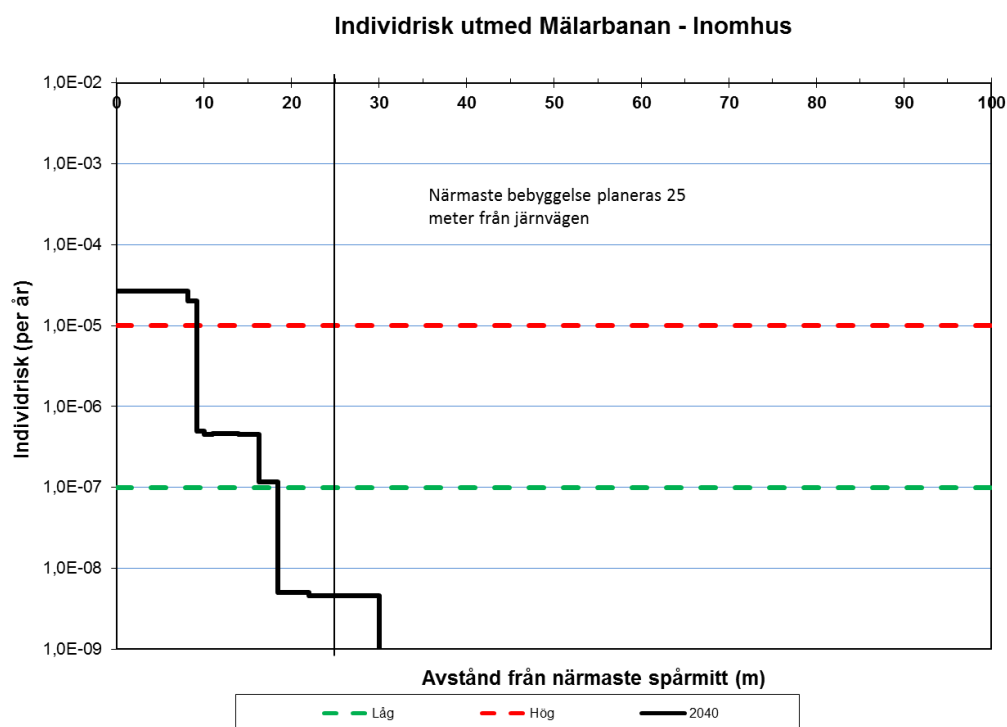
3. För vissa olycksscenarioer förknippade med gaser (både brännbara och giftiga) blir skadeområdet inte cirkulärt. Detta innebär i sin tur att det inte är givet att en person som befinner sig inom det kritiska området omkommer. För dessa scenarier reduceras frekvensen ytterligare med avseende på gasplymens spridningsvinkel.

Resultat

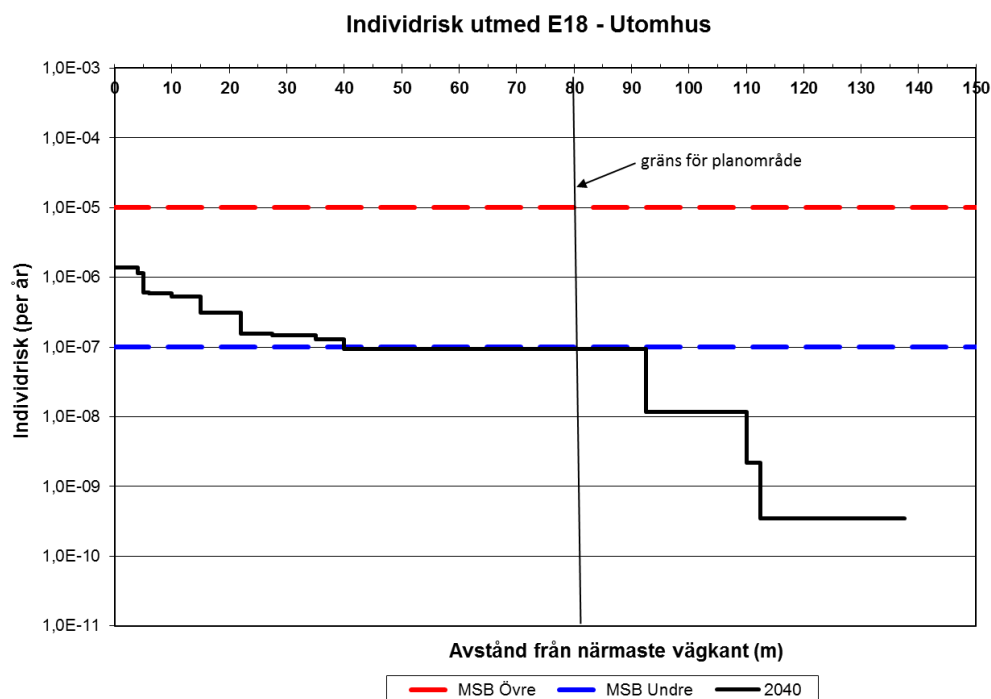
Nedan redovisas den beräknade risknivån inom områden utmed Mäljarbanan och E18. Individrisken presenteras dels för oskyddade personer utomhus (se figur 5.1 och 5.3) och dels för personer inomhus (se figur 5.2 och 5.4). Individrisken redovisas separat för de två riskkällorna samt gemensamt. E18 ligger 40-108 meter från Mäljarbanan. I vald olyckspunkt (se bilaga B) är avståndet ca 65 meter. För avstånd över 65 meter från E18 ska således individrisknivåerna summeras, vilket är gjort i figur 5.5.



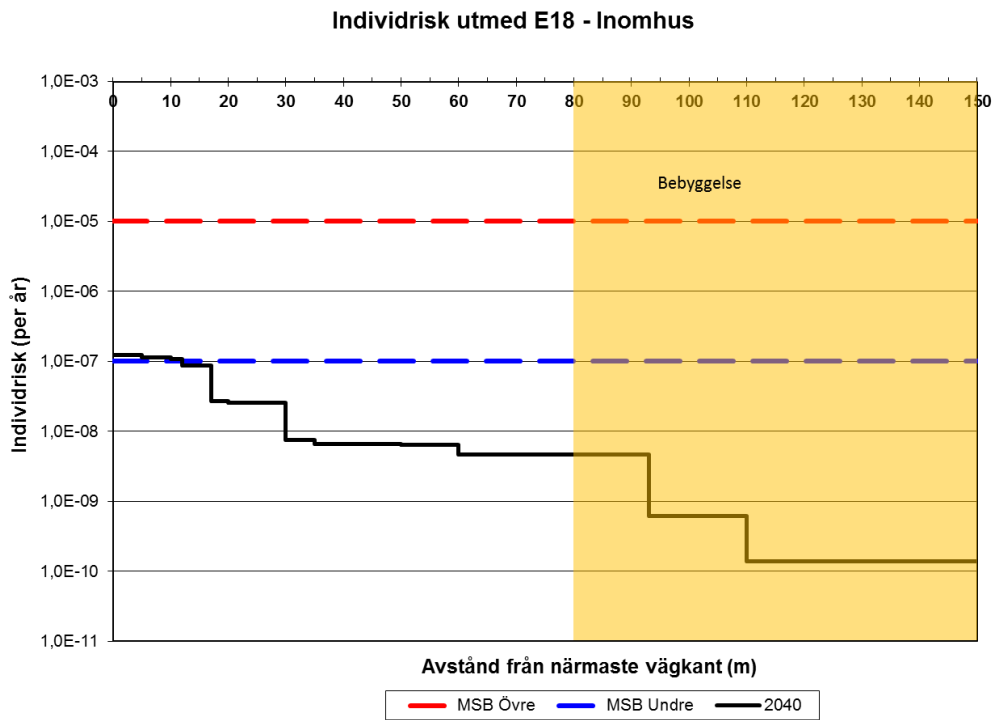
*Figur 5.1. Individrisk utomhus utmed Mäljarbanan.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)*



Figur 5.2. Individrisk inomhus utmed Mäljarbanan.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



Figur 5.3. Individrisk utomhus utmed E18.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)



Figur 5.4. Individrisk inomhus utmed E18.
(Observera att frekvensen redovisas med logaritmisk skala.)

I figur 5.5 redovisas en individriskkontur där individrisken avseende både Mäljarbanan och E18 har summerats.



Figur 5.5. Individriskkontur utifrån beräknade individrisker för Mäljarbanan och E18.

5.2.3 Samhällsrisk

Beräkning av samhällsrisk

Samhällsrisknivån presenteras som en F/N-kurva, vilket anger den kumulativa frekvensen för N, eller fler än N, antal omkomna inom det studerade området till följd av olycka på järnvägen. I bilaga B redovisas omfattningen av det studerade området, vilket omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Samhällsriskens beräknas för planerat utförandealternativ med planerad bebyggelse och markanvändning inom det aktuella området.

Det finns ett flertal olika parametrar som påverkar samhällsriskens, framförallt med avseende på konsekvensernas storlek vid händelse av en olycka. Enligt bilaga B har konsekvensberäkningarna genomförts konservativt med avseende på den nya bebyggelsen:

- Respektive skadescenario antas inträffa där det medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, vilket innebär där avståndet är som kortast mellan järnvägen och bebyggelse inom planområdet. Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden utmed den studerade järnvägssträckan (1 000 meter) bedöms sannolikheten för att de beräknade konsekvenserna skulle uppstå oavsett var på sträckan som olyckan inträffar vara låg.

Vid sammanställningen av samhällsriskens för de studerade riskkällorna antas att dessa konsekvenser kan inträffa oavsett var på respektive järnvägssträcka och vägsträcka som olyckan inträffar. Detta är ett mycket konservativt antagande som säkerställer att risknivån för det aktuella planområdet inte underskattas med hänsyn till kringliggande bebyggelse.

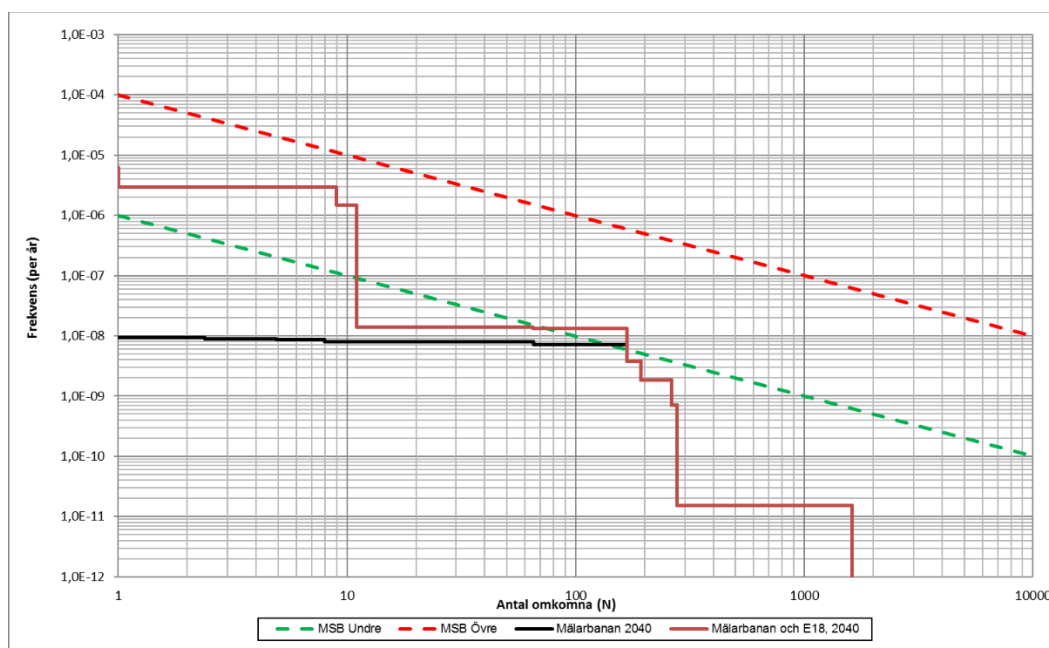
- Skadeområdet för vissa skadescenarier förknippade med gaser samt urspårning blir inte cirkulära. Konsekvensberäkningarna för dessa scenarier har genomförts för förutsättningar som medför så stora konsekvenser som möjligt för det aktuella planområdet, d.v.s. skadeområdet är riktat mot planområdet.

Med hänsyn till bebyggelsestrukturen inom kringliggande områden på motstående sida om de studerade riskkällorna kan konsekvenserna bli annorlunda om olyckan riktas åt motsatt håll. Vid sammanställningen av samhällsriskens för de studerade riskkällorna antas dock att konsekvenserna kan inträffa oavsett åt vilket håll som olyckan riktas.

- Vidare antas respektive skadescenario inträffa då personantalet inom det studerade området är som störst, vilket innebär största möjliga konsekvenser.

Resultat

I figur 5.6 redovisas den beräknade samhällsriskens utmed Mäljarbanan och E18. Samhällsriskens presenteras med ny bebyggelse inom det aktuella planområdet. Beräkningarna har gjorts för en uppskattad framtida trafiksituation 2040 på både järnväg och väg samt med antagen ny bebyggelse inom planområdet och omgivande bebyggelse, även planerad (se avsnitt 2.1.1).



Figur 5.6. F/N-kurva som redovisar samhällsrisknivån för planområdet och dess närmaste omgivning med avseende på olycksrisker förknippade med Mäljarbanan och E18. (Observera att frekvens och konsekvens redovisas med logaritmisk skala.)

5.3 Värdering av risk

Individrisknivån närmast järnvägen (inom ca 15-20 meter) är hög utomhus, vilket beror på risken för urspårning och tågbrand. Risknivån ligger dock inom ALARP. För områden inomhus inom planområdet är risknivån avseende individrisk acceptabel och föranleder i sig inte några krav på säkerhetshöjande åtgärder.

Samhällsrisknivån, om man enbart studerar Mäljarbanan, är acceptabel vilket beror på den låga trafikeringen på sträckan samt att olycka med järnvägsfordon inte är lika sannolika som olyckor med vägfordon. Trafiken på aktuell del av Mäljarbanan är exempelvis hälften jämfört med flödet på Ostkustbanan genom norra Stockholm. Om man i samhällsrisknivån även inkluderar risker kopplade till transporter med farligt gods på E18 fås en högre risknivå, framförallt för 11 eller färre omkomna. Risknivån ligger dock inom ALARP och är inte oacceptabel. De scenarier som bidrar till att risknivån hamnar inom ALARP är olycka som leder till stor gasmolnsexplosion och stort utsläpp av giftig gas på E18. Avståndet mellan E18 och planområdet är som minst 80 meter, vilket innebär att Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd följs. Samtliga personer som uppskattas omkomma till följd av gasmolnsexplosion på E18 vistas dessutom utanför planområdet. Endast en liten andel av uppskattat antal omkomna vid stort läckage av giftig gas på E18 utgör människor inom planområdet, merparten vistas utanför planområdet närmare E18. Den del av risknivån som ligger inom ALARP är således mycket svår att påverka inom ramen för detaljplanen för Veddesta III.

Eftersom den planerade bebyggelsen innebär att avsteg görs från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd med hänsyn till Mäljarbanan behöver åtgärder vidtas även om riskbidraget från Mäljarbanan är lågt.

Förslag på säkerhetshöjande åtgärder redovisas i avsnitt 6.

5.3.1 Olyckor med mycket stora konsekvenser

Vid beräkning av hur många som kan omkomma vid studerade olyckor är det ett scenario som kan medföra att fler än 1 000 personer omkommer (explosion med 25 ton), övriga scenarier innebär färre än 300 omkomna. Sannolikheten för det scenario som beräknats kunna medföra fler än 1 000 omkomna är extremt låg ($8,5 \times 10^{-11}$, dvs. en olycka på ca 11 miljarder år). Det saknas statistiskt underlag och beräkningsmodeller för så stora olyckor och hur de påverkar omgivande bebyggelse. I riskanalyser görs med hänsyn till bristen på kunskap generellt konservativa antaganden för att "ta höjd" för dessa osäkerheter. Exempelvis är det mycket svårt att veta hur stor den dämpande effekten av framförliggande bebyggelse är. Sannolikt är det beräknade skadefallet högt räknat. Exempelvis redovisar en riskanalys för detaljplanen Veddesta I /17/ att antalet omkomna vid olycka med massexplosion är 142 personer (jämfört med 1 611 personer i denna analys). Skillnaden beror bland annat (men inte enbart) av att andelen omkomna i kollapsade byggnadsdelar skiljer sig stort, 17 % mot 80 % i denna analys.

Det saknas allmänt vedertagna eller beslutade acceptanskriterier som hanterar katastrofscenarier med fler än 1 000 omkomna. DNV:s acceptanskriterier för samhällsrisk (se tabell 5.1 samt figur 5.6) redovisar ingen strikt övre gräns avseende konsekvenser utan anger att för händelser i denna del av samhällsriskdiagrammet bör ett kvalitativt resonemang föras kring risknivån. I rapporten så redovisas en förlängning av föreslagna acceptanskriterier med samma lutning. Denna del är dock streckad för att visa på att särskild hänsyn behöver tas vid mycket stora konsekvenser.

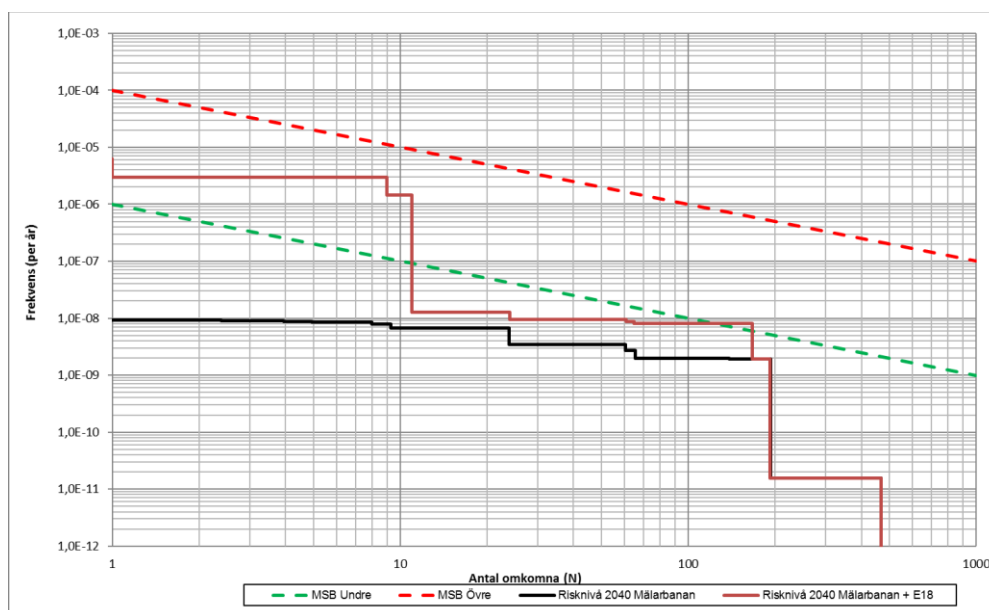
Ett sätt att hantera olyckor med ett mycket stort antal omkomna kan vara att förlänga DNV:s kriterier. Kriterierna är dock inte anpassade för detta och man har i båda fallen valt att lämna diskussionen kring detta till de projekt där frågan uppstår.

Vid beräkning av risknivån görs många antagande, de flesta görs konservativa vilket innebär att risken tenderar att överskattas. Exempelvis antas att en olycka sker där flest antal människor omkommer och det förutsätts att det är "fullt" i samtliga verksamheter. Det innebär att det förutsätts att alla är hemma i sina bostäder samtidigt som det är fullt i kontor och utomhus. Nyttjandegraden för kontor är som högst under kontorstid och nyttjandegraden för bostäder är högst utanför kontorstid varför ett totalt maximalt utnyttjande är ett väldigt konservativt antagande. Exakt hur fördelningen kommer se ut vet vi inte heller, därför väljer vi att göra ett konservativt antagande i beräkningarna.

Med hänsyn till alla antaganden som görs samt att det endast är ett scenario som beräknats kunna medföra över 1 000 omkomna anses en lämplig hantering av acceptanskriterier vara att förlänga DNV:s kriterier med samma lutning.

Den beräknade risknivån ligger långt under de "förlängda" acceptanskriterierna. Några åtgärder till följd av scenariot som kan leda till fler än 1 000 omkomna bedöms därför inte vara nödvändiga. Åtgärder för att hantera ett sådant scenario innebär också mycket omfattande och dyra konstruktionslösningar där hela byggnadens konstruktion behöver anpassas utifrån de stora lasterna.

Som en form av känslighetsanalys har beräkningar genomförts där andelen omkomna minskat samt framförliggande bebyggelse antagits ha en större skyddande effekt. Antalet omkomna för det aktuella scenariot blir då ca 470 personer. Risknivån med denna förändring redovisas i figur 5.7.



Figur 5.7. Beräknad samhällsrisk med justerat skadeutfall för olycka med 25 tons explosivämne.

5.4 Hantering av osäkerheter

Som indata i bedömningar och beräkningar erfordras värden på eller information om bl.a. utformning, olycksstatistik, väder, vind och hur olika ämnen beter sig med mera. Underlaget har i vissa fall varit bristfälligt 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:

- **Frekvensberäkningarna har utförts med schablonmetoder**

Frekvensberäkningarna utgår från modeller som baseras på olyckskvoter och statistik. Beräkningarna för urspårningsfrekvenser utgår från den vägledning som utgör underlag till gällande kravställning för dimensionering av konstruktioner i anslutning till järnvägsspår, se kraven enligt SS-EN 1991-1-7:2006 (Eurokod 1-7) med tillhörande NA.

De olyckskvoter som redovisas utgör genomsnittliga värden för en längre järnvägssträcka. Sannolikheten för bl.a. utsläpp och antändning av utsläpp m.m. utgör genomsnittliga värden baserade på statistik.

Eftersom frekvensberäkningarna görs för relativt långa sträckor (1 km) så innebär aktuella antaganden höga olycksfrekvenser. Uppskattningsvis så innebär aktuella antaganden konservativa värden på olycksfrekvenser.

I bilaga A jämförs de använda olyckskvoterna med statistik över bantrafikskador och bantrafik och det konstateras då att olyckskvoterna ligger i samma härad.

Det finns en annan modell som ofta används för frekvensberäkningar avseende järnvägsolycka: Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen /18/. Denna beräkningsmodell är endast applicerbar på olycka med godståg och utgår från ett flertal olika typer av felfaktorer (rälsbrott, solkurvor, spårlägesfel, vagnfel, växelfel m.m.). Utslaget på den aktuella godstrafiken så kan det konstateras att de använda olyckskvoterna ligger i samma härad även med denna modell. Någon känslighetsanalys utförs inte specifikt för skillnader i olika

beräkningsmetoder utan osäkerheterna kring frekvenser bedöms kunna hanteras i känslighetsanalysen som redovisas nedan.

- **Uppskattad mängd och antal transporter med farligt gods förbi planområdet**

Det statistiska underlaget som används i analysen är behäftat med osäkerheter främst vad gäller antalet transporter av respektive farligt godsklass.

Den totala mängden farligt gods samt fördelningen mellan respektive klass har uppskattats utifrån nationell statistik över en femårsperiod. Orsaken till detta tillvägagångssätt är framförallt att undvika att risknivån värderas utifrån kortsiktiga förutsättningar. De underlag som finns avseende den aktuella järnvägssträckan baseras på korta tidsperioder och kan ge en missvisande bild av trafiksituationen. Att utgå från en nationellt genomsnittlig andel farligt gods på de aktuella sträckorna ger relativt stora transportmängder farligt gods med hänsyn till gällande trafiksiffror.

För att säkerställa att risknivån för området inte underskattas görs en känslighetsanalys avseende förändrattrafikflöde samt andel farligt gods, se vidare avsnitt 5.4.1.

- **Val av olycksscenarioer, konsekvensberäkningar**

Även konsekvensberäkningarna omfattar relativt stora osäkerheter, vilket bl.a. är beroende av bedömningar av skadeområdet samt förväntat antal omkomna för de studerade skadescenarierna.

Generellt så bedöms de skadescenarioer och förutsättningar som studeras inte vara de mest troliga, men anses vara de som rimligtvis kan ge upphov till mest omfattande konsekvenser. Beräkningarna av förväntat antal omkomna utförs med grova antaganden om bl.a. en jämn fördelning av persontätheten inom det aktuella området med utgångspunkt från närmaste bebyggelse respektive närmaste yta som kan uppmuntra till stadigvarande vistelse utomhus. Att avståndet mellan riskkälla och bebyggelse kan variera utmed den studerade sträckan beaktas endast i begränsad utsträckning.

Konsekvenserna av respektive skadescenario har beräknats utifrån förutsättningen att det bedöms inträffa där det gör som mest skada inom det aktuella planområdet.

- **Uppskattat personantal**

Personantalet har uppskattats utifrån planerade volymer inom planområdet. Utgångspunkten har sedan varit att motsvarande persontätheter även gäller för omkringliggande områden eftersom dessa kommer att exploateras med liknande bebyggelse.

För att säkerställa att risknivån för området inte underskattas med hänsyn till ovanstående parametrar görs en känslighetsanalys avseende förändrade konsekvenser av respektive skadescenario, se vidare avsnitt 5.4.1.

För att ta hänsyn till de osäkerheter som förenklingar och antaganden innebär används enligt ovan konservativa uppskattningar, både i frekvens- och konsekvensberäkningarna. Sammantaget kan sägas att de uppskattningar och förenklingar som görs vid beräkning av risken med stor sannolikhet ger en överskattning av risknivån. Utförda antaganden tillsammans med utförd känslighetsanalys innebär att hänsyn tas till ingående osäkerheter i analysen.

5.4.1 Känslighetsanalys

Resultatet av känslighetsanalysen har studerats med avseende på påverkan på samhällsrisik. Känslighetsanalysen beaktar följande olycksscenarioer:

Del 1 - Förändrat transportantal

En av de största osäkerheterna i riskanalysen bedöms ligga i den antagna mängden farligt gods på angränsande riskkällor. Känslighetsanalysen beaktar antalet transporter av respektive farligt godsklass enligt följande:

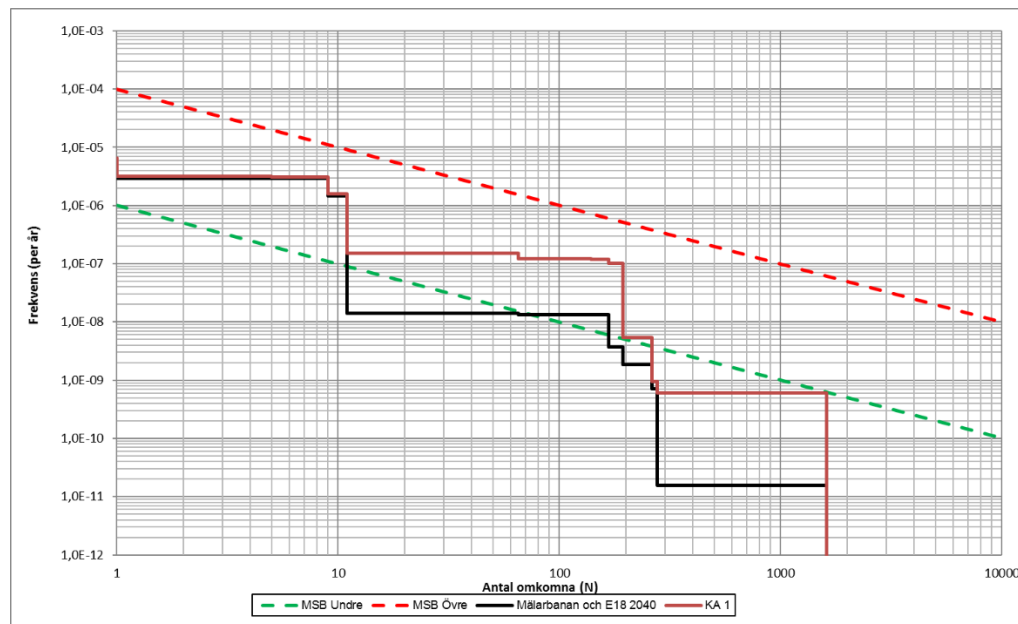
- Det uppskattade antalet farligt godstransporter på Mäljarbanan antas öka med en faktor 5 i förhållande till de dimensionerande transportmängderna (beräkningarna utgår från prognosår 2040). Det innebär att andelen farligt gods antas utgöra 25 % istället för 5 %.
- Antal tågpassager (prognos år 2040) antas öka med en faktor 2, vilket innebär ett trafikflöde motsvarande dagens siffror på Ostkustbanan.

Del 2 - Förändrat antal omkomna

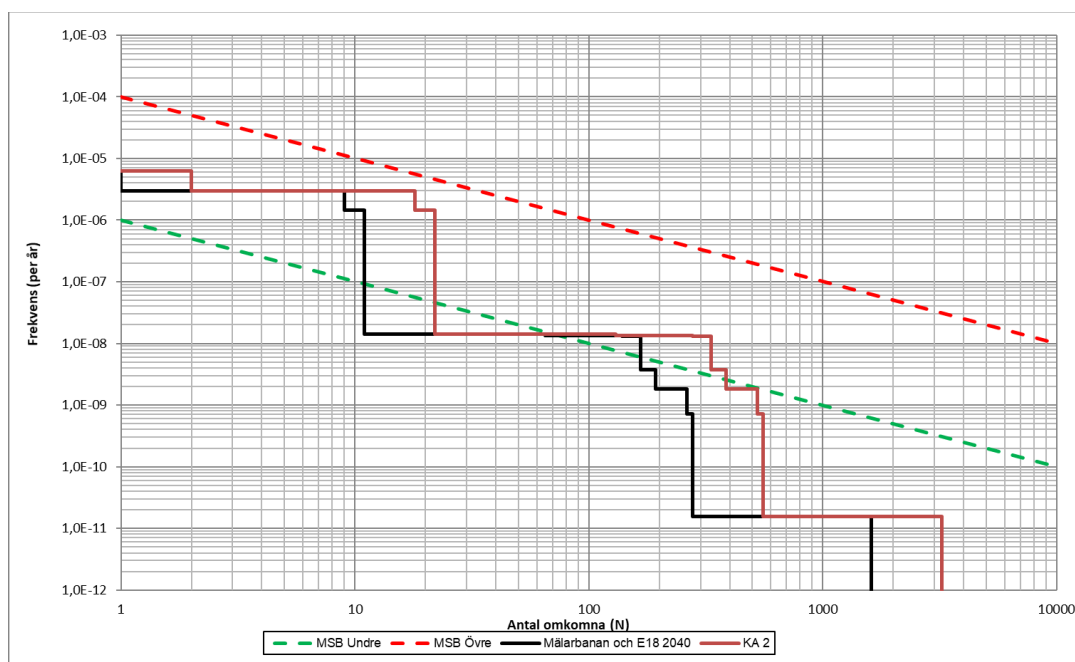
De antaganden som görs avseende förväntat personantal m.m. som används i analysen är behäftat med osäkerheter. Känslighetsanalysen beaktar konsekvenserna av respektive skadescenario enligt följande:

- Beräknade antal omkomna för respektive skadescenario antas öka med en faktor 2 i förhållande till genomförda konsekvensberäkningar i bilaga B.

Resultatet av känslighetsanalysen har studerats med avseende på påverkan på samhällsrisik och redovisas i figur 5.7-5.8.



Figur 5.7. Känslighetsanalys 1- Risknivå med dubbelt så stor andel farligt gods samt ett dubblerat trafikflöde.



Figur 5.8. Känslighetsanalys 2 - Risknivå med dubblerat antal omkomna.

Känslighetsanalysen visar att även vid en stor ökning av antalet farligt godstransporter och ett dubblerat trafikflöde eller en fördubbling av antalet omkomna så hamnar samhällsrisken fortfarande inte på oacceptabla nivåer.

Utifrån ovanstående beskrivning bedöms det inte vara rimligt att ställa ytterligare krav på säkerhetshöjande åtgärder (utöver värderingen av risk som redovisas i avsnitt 5.3).

6. Förslag på säkerhetshöjande åtgärder

6.1 Allmänt

Enligt den fördjupade analysen är risknivån inom planområdet låg. Eftersom bebyggelse planeras inom det av Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavståndet rekommenderas ändå att säkerhetshöjande åtgärder vidtas för att hantera de risker som avsteget kan innebära.

Åtgärdernas omfattning behöver dock diskuteras, då acceptansnivån är beroende av markanvändning samt avstånd till aktuella riskkällor.

6.2 Diskussion kring åtgärder

Med utgångspunkt från ovanstående resonemang så redovisas i nedanstående avsnitt separata bedömningar av rimligheten i att vidta åtgärder med avseende på de olycksrisker som studeras i den fördjupade riskanalysen.

Respektive avsnitt inleds med en generell beskrivning av restriktionerna och åtgärder. I kursiv text redovisas en specifik bedömning för det aktuella området. I avsnitt 6.3 redovisas sedan en sammanställning av vilka restriktioner och åtgärder som rekommenderas för det aktuella projektet. Sammanställningen kommer att redovisas för respektive exploateringsområde.

I nedanstående avsnitt redovisas beskrivningar av möjliga skyddsåtgärder samt separata bedömningar av rimligheten i att vidta respektive åtgärd med avseende på de olycksrisker som studeras i den fördjupade riskanalysen. Respektive avsnitt inleds med en generell beskrivning av restriktionerna och åtgärder. I kursiv text redovisas en specifik bedömning för det aktuella området. I avsnitt 6.3 redovisas sedan en sammanställning av vilka restriktioner och åtgärder som rekommenderas för det aktuella projektet.

6.2.1 Placering av verksamheter

Vid lokalisering i ett utsatt område bör man alltid sträva efter att lokalisera bebyggelsen på ett tillräckligt stort avstånd från eventuella störningskällor. Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd (se 1.5.1) bör användas som riktvärden för placering av verksamheter. I centrala områden där det är ont om mark kan detta dock vara svårt.

Normalt innebär uppfyllande av Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd att ytterligare säkerhetshöjande åtgärder inte behöver vidtas. Vid bebyggelse som inte uppfyller de rekommenderade skyddsavstånden kommer kompletterande byggnadstekniska åtgärder generellt behöva vidtas. Omfattningen av åtgärderna är beroende av hur mycket skyddsavstånden underskrids samt vilka olycksrisker som behöver beaktas. Syftet med åtgärderna är att reducera det "nettotillskott" av oönskade händelser som avsteget medför i förhållande till om riktlinjerna skulle följas, se vidare avsnitt 6.2.2.

Enligt studerat förslag planeras den nya bebyggelsen som närmast ca 25 meter från närmaste spårmitt på Mälarbanan. Bostäder planeras som minst ca 75 meter från närmaste spår. Det innebär att inget avsteg görs från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd på 50 meter till bostäder.

En gymnasieskola eller liknande planeras närmast järnvägen. Ingen skolgård är aktuell. Verksamheten ses inte som svårutrymd enligt Boverkets byggregler. Några särskilda åtgärder avseende skola bedöms inte nödvändiga utöver de byggnadstekniska åtgärder som är erforderliga på detta avstånd.

Inom 25 meter från närmaste järnvägsspår planeras en gång- och cykelväg i nivå med omgivningen. Den planeras dock inte närmare än 10 meter. Gång- och cykelväg utgör inte stadigvarande vistelse. Människor som nyttjar den är i rörelse, vistas kort tid på platsen samt kan snabbt uppfatta faran och sätta sig i säkerhet. Det är också svårt att få ett funktionellt samhälle utan denna typ av ytor i anslutning till kollektivtrafikknutpunkter.

Utifrån samhällsrisikberäkningen dras slutsatsen att planerad exploatering och föreslagna avsteg från Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd har en begränsad påverkan på samhällsrisiknivån inom planområdet. Föreslagen exploatering bör därför kunna accepteras. Det rekommenderas dock att kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas för att hantera den riskökning som avsteget från rekommenderade skyddsavstånd innebär, se avsnitt 5.2.2. Det krävs mycket stora skyddsavstånd för att undvika påverkan vid en olycka.

6.2.2 Utformning av obebyggda ytor

Utformningen av obebyggda områden i anslutning till riskkällor bör göras med hänsyn tagen till den förhöjda risknivån. Detta gäller främst för områden mellan ny bebyggelse och riskkällan. Detta område bör inte utformas så att de uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Obebyggda ytor inom 25 meter från Mäljarbanan ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Med stadigvarande vistelse avses exempelvis lekplatser, utegym m.m. Markparkering samt gång- och cykelvägar är ytor som inte bedöms ge upphov till stadigvarande vistelse och som därför kan placeras inom 25 meter. Dessa verksamheter kan locka vissa människor till platsen, men inte för att uppehålla sig där, de är i rörelse under vistelsen. Persontätheten är dessutom generellt låg. "Ytparkering" och "trafik" är rekommenderad markanvändning i zonen närmst vägen enligt Länsstyrelsen i Stockholms faktablad /1/.

Inga balkonger eller terrasser planeras inom 25 meter. På avstånd över 25 meter är balkonger och terrasser mot järnvägen en acceptabel lösning. Personer som vistas på dessa ytor har generellt nära att sätta sig i säkerhet inomhus, vistelsetiden under ett år är kort, de flesta är pigga och vakna och ytan är överblickbar.

Någon stadigvarande verksamhet planeras heller inte i dagsläget inom 25 meter, men åtgärden behöver säkerställas i detaljplanen.

6.2.3 Byggnadstekniska åtgärder

Enligt ovan innebär föreslagen bebyggelse att de rekommenderade skyddsavstånd som redovisas i avsnitt 1.6.1 underskrids. Den planerade bebyggelsen innebär enligt den fördjupade riskanalysen en något förhöjd risknivå inom de aktuella områdena. För att acceptera avstegen samt för att reducera risknivån behöver kompletterande byggnadstekniska åtgärder vidtas. Nedan redovisas diskussioner kring behovet av åtgärder.

Allmänt om utformning av ny bebyggelse

Utrymningsstrategin för bebyggelse i anslutning till riskkällan kan behöva beakta möjliga externa olyckor. Detta innebär att utrymningsvägar behöver dimensioneras och utformas så att utrymning kan ske tillfredställande även vid en olycka på angränsande riskkällor (järnväg, farligt godsled, farlig verksamhet).

Ovanstående innebär att ny bebyggelse inom planområdet som vetter direkt mot riskkälla ska utformas med åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från respektive riskkälla. Denna utrymningsväg ska utformas så att de boende kan utrymma på egen hand och inte förutsätta utrymning med hjälp av räddningstjänstens höjdfordon (dvs. ej fönsterutrymning).

Det rekommenderas att denna utrymningsväg utgörs av "normal" entré för att på så sätt ta hänsyn till personers benägenhet att utrymma samma väg som de kom in. Om huvudentréer skulle planeras mot riskkällan så är det viktigt att utrymningsvägarna bort från riskkällan är mycket lätta att identifiera och nyttja.

Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.3.

Skydd mot urspårning

För att förhindra att ett urspåret tåg kör in i byggnader eller persontäta områden utomhus kan olika byggnadstekniska åtgärder vidtas som alternativ eller som komplement till skyddsavstånd. Exempelvis kan byggnadens konstruktioner förstärkas så att den klarar påkörning utan att bärande konstruktioner skadas alternativt kan en mur/vägg eller dylikt (minst 1,5-2 meter hög över RÖK¹) uppföras mellan byggnader och spår.

Konstruktioner över, eller i anslutning till, trafikerade järnvägsspår ska dimensioneras utifrån gällande krav enligt SS-EN 1991-1-7:2006 (Eurokod 1-7). Detaljerad vägledning om de bakomliggande kraven i Eurokod finns i *UIC Code 777-2 R – Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /19/*.

Som alternativ eller komplement till byggnadstekniska åtgärder kan åtgärder även vidtas på järnvägen, t.ex. kan de yttersta spåren utföras med urspårningsskydd i form av antingen skyddsräll alternativt förhöjd kantbalk. Urspårningsskydd ska utföras i enlighet med Trafikverkets föreskrifter BVF 586.65 /20/.

De åtgärdsförslag som anges ovan bedöms vara relativt svåra och kostsamma att genomföra. Bebyggelsen planeras dessutom 25 meter eller mer från närmaste spårmitt. Ingen stadigvarande vistelse planeras mellan spår och bebyggelse. Skyddsavståndet ger ett betryggande skydd mot nära samtliga potentiella urspårningsscenarier. Enligt den fördjupade riskbedömningen så har urspårningsscenarier förknippade med Mäljarbanan mycket liten påverkan på risknivån inom planområdet på detta avstånd, även avseende worst case scenario.

Med hänsyn till det begränsade riskbidraget samt föreslagna skyddsavstånd bedöms det inte vara rimligt att ställa krav på ytterligare åtgärder som skyddar mot urspårning vid ny detaljplan.

Skydd mot brand

För att minska sannolikheten att en brand (olycka med brännbar gas, brandfarlig vätska eller tågbrand) sprider sig in i byggnader nära riskkällan innan människor i byggnaden har hunnit utrymma kan fasader som vetter mot riskkällan utföras i material som förhindrar brandspridning in i byggnaden under den tid det tar att utrymma. Som ett riktvärde bör brandspridning begränsas i åtminstone 30 minuter för att säkerställa utrymningen. Hur omfattande kraven behöver vara för att erhålla skydd mot brandspridning är beroende av avståndet mellan byggnad och riskkälla. Nivåskillnader och framförliggande bebyggelse och barriärer behöver också beaktas.

Exempelvis kan väggar utföras i obrännbart material eller med konstruktioner som uppfyller brandteknisk avskiljning avseende täthet och isolering. Krav på att förhindra brandspridning gäller även fönster och glaspartier. Exempelvis kan fönster utföras så att de är intakta och

¹ RÖK = Rälsöverkant

sitter kvar under hela brandförloppet genom att använda brandklassade, härdade eller laminerade glas.

Enligt den fördjupade riskbedömningen har aktuella brandscenarier på Mälarbanan begränsad påverkan på risknivån inom planområdet. Planerat avstånd ger ett betryggande skydd mot olycka med brandfarliga vätskor och begränsar dessutom sannolikheten för brandspridning in i byggnader vid olycka med brännbar gas.

För att ytterligare begränsa risken för brandspridning in i byggnader rekommenderas att ny bebyggelse som vetter direkt mot Mälarbanan utförs med krav på obrännbara fasader alternativt med konstruktioner som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30. Fönster bör utföras i lägst brandteknisk klass EW 30. Åtgärden gäller inom 30 meter från närmaste spårmit.

Det är tillåtet att utföra aktuella fönster öppningsbara. Bedömningen utgår från en sammanvägning av risknivån samt att sannolikheten uppskattas vara låg för att fönster är öppna under längre tid. Det ska observeras att krav på brandklassade fönster enligt BBR generellt innebär att fönstren endast får vara öppningsbara med verktyg, nyckel eller liknande för att möjliggöra underhåll och rengöring. Det är därför väsentligt att det framgår i detaljplan eller i planbeskrivning att aktuella fönster tillåts vara öppningsbara även utan verktyg, nyckel eller liknande. Om detta inte framgår finns risk för att det i byggprocessen uppstår problem om krav på brandklassade fönster formuleras utifrån krav i BBR.

Det föreslås att åtgärden anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.3.

Skydd mot gaser

Beroende på gastyp går det att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta ventilationstekniska åtgärder för att begränsa risken för spridning av brandgaser samt brännbara och giftiga gaser in i byggnader. De åtgärder som ofta föreslås innebär att friskluftsintag placeras mot sidor med bra luftkvalitet och dit det är mindre sannolikt att gasen sprids vid ett eventuellt gasutsläpp på den närliggande riskkällan, t.ex. bort från riskkällan alternativt på tak. Om ventilationssystemet utförs mekaniskt så kan det dessutom utformas så att det på ett enkelt sätt kan stängas av, genom exempelvis central nödavstängning.

För olycka med brännbara gaser går det att reducera konsekvenserna inomhus genom att vidta byggnadstekniska åtgärder som förhindrar brandspridning. För att förhindra att glaspartier och fönsterrutor går sönder till följd av det tryck som en gasmolnsexplosion kan leda till kan dessa exempelvis utföras i trycktåligt glas. Nackdelen med trycktåligt glas är att det inte reducerar infallande värmestrålning mer än ett vanligt fönsterglas. En annan lösning är att utföra glasen så att de klarar 300 grader i 30 minuter och utförs som härdade och/eller laminerade. På så sätt får glasen både ett skydd mot infallande värmestrålning samt klarar visst tryck.

För att förhindra inläckage av gaser i byggnader kan vara att inte göra fönster mot vägen öppningsbara samt att placera gasdetektorer i fasaden mot vägen. Gasdetektorer som placeras i fasaden kan kopplas till ventilationen så att den stängs av vid detektion av gas. Problemet är vilka gaser som ska detekteras. Vissa gaser är tunga och vissa lätta, placeringen av gasdetektorer är därför inte självklar. Gasdetektorer kräver regelbundet underhåll, vilket innebär ytterligare en funktion som ska ingå i byggnadernas drift- och underhållsarbete. Effekten på risknivån av att placera gasdetektorer i fasad är mycket begränsad. Detta i kombination med den kostnad och de osäkerheter i utförande som åtgärden medför innebär att den inte bedöms vara lämplig eller rimlig att genomföra.

Det är osäkert hur stor riskreducerande effekt som de ventilationstekniska åtgärderna innebär. Åtgärderna bedöms dock normalt innebära relativt låga kostnader och inkräftar inte mer än marginellt på byggnadsutformningen. Nackdelen med åtgärderna är att de kan vara svåra att följa upp och att de inte kan regleras helt som planbestämmelser. Det är inte heller självklart vem som ska ha ansvaret för att stänga av ventilationen i verksamheter utan organisation närvarande på plats (t.ex. bostäder).

En gasmolnsexplosion på Mälarsebanan medför inte att risknivån blir oacceptabel eller hamnar inom ALARP. Inga omkomna inom planområdet förväntas heller till följd av gasmolnsexplosion på E18. Det är därför inte motiverat att vidta åtgärder inom planområdet med hänsyn till scenariot.

Med hänsyn till rimligheten i att vidta åtgärder i förhållande till riskbidraget och risknivå samt de planerade verksamheterna inom det studerade området så rekommenderas att åtgärder som skyddar mot gasspridning vid olycka på Mälarsebanan vidtas för ny bebyggelse inom planområdet.

Det rekommenderas att åtgärderna anges som krav i detaljplan, se avsnitt 6.3.

Skydd mot explosion

För explosioner där konsekvenserna kan bli stora på stora avstånd kan effekten mildras genom att byggnaderna konstrueras med hänsyn till höga tryck. Exempelvis kan man dimensionera stommen för en ökad horisontallast samt bygga en rasdämpande stomme. Detta ställer krav på seghet/deformationsförmåga i stommen samt att stommen klarar bortfall av delar av bärningen.

Ytterligare säkerhetshöjande åtgärder är att fönster förses med härdat och laminerat glas alternativt trycktåligt glas. Detta förhindrar att människor innanför fönster skadas till följd av att glas trycks in i byggnaden till följd av tryckvågen.

Ovanstående åtgärdsförslag innebär stor begränsning i byggmetod och materialval samt innebär stora kostnader.

Enligt riskanalysen har olycksrisker med explosiva ämnen samt oxiderande ämnen och organiska peroxider på Mälarsebanan en begränsad påverkan på risknivån inom de studerade områdena. Frekvenserna för en massexplosion och explosionsartade brandförlopp är extremt låga, vilket dels beror på mycket begränsade transportmängder och dels de hårda regler som gäller för transporter av dessa ämnen.

Den riskreducerande effekten av åtgärder som skyddar mot explosioner bedöms vara mycket begränsad. Dessutom bedöms nettotillskottet som de aktuella avstegen från rekommenderade skyddsavstånd innebär vara begränsat eftersom skyddsavstånden i sig har en relativt liten reducerande effekt på större explosionsscenarier.

Med hänsyn till det begränsade riskbidraget bedöms det inte vara rimligt att ställa krav på åtgärder som skyddar mot explosion vid ny detaljplan.

6.3 Förslag till säkerhetshöjande åtgärder – sammanställning

För ny bebyggelse inom planområdet rekommenderas *preliminärt* att följande åtgärder vidtas. Nedan avses avstånd mellan närmaste spårmitt på Mäljarbanan och bebyggelse inom planområdet:

- Ny bebyggelse placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste befintliga spår på Mäljarbanan, mätt från spårmitt.
- Ytor mellan ny bebyggelse och respektive riskkälla ska utformas så att de inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse. Obebyggda ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse (t.ex. lekplatser eller uteserveringar) bör placeras så att avstånden är minst 25 meter till närmaste befintliga spår på Mäljarbanan, mätt från spårmitt. *Gång- och cykelväg anses inte vara stadigvarande vistelse.*
- Ny bebyggelse som inte uppfyller Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd² (se figur 1.1) samt vetter direkt mot Mäljarbanan utan framförliggande bebyggelse ska utföras med följande åtgärder:
 - Från samtliga utrymmen för stadigvarande vistelse ska det finnas åtminstone en utrymningsväg som mynnar bort från Mäljarbanan.
 - Friskluftsintag till utrymmen för stadigvarande vistelse ska placeras mot en trygg sida, d.v.s. bort från Mäljarbanan alternativt på byggnadernas tak.
 - Mekaniska ventilationssystem till utrymmen för stadigvarande vistelse i publika lokaler ska utföras med central nödavstängningsfunktion (manuell).
- Inom 30 meter från närmaste spårmitt gäller även att
 - Fasader som vetter direkt mot Mäljarbanan ska utföras i obrännbart material alternativt med konstruktion som motsvarar lägst brandteknisk klass EI 30.
 - Fönster i fasader som vetter direkt mot Mäljarbanan ska utföras i brandteknisk klass EW 30. Fönster tillåts vara öppningsbara.

Observera att ovanstående åtgärder endast utgör förslag och det är upp till kommunen/projektet att ta beslut om åtgärder. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i detaljplanen. Åtgärderna ska formuleras som planbestämmelser på ett sådant sätt att de är förenliga med Plan- och bygglagen (2010:900). Vid formulering av planbestämmelser är det viktigt att funktionen i åtgärden bevakas och får ett juridiskt skydd. Det är lika viktigt att inte låsa fast sig vid en viss teknik eller ett specifikt material eftersom det kan dröja flera år innan planen realiserar.

² Rekommenderade skyddsavstånd innebär bland annat 30 meter till kontor, 50 meter till bostäder och hotell

6.3.1 Åtgärdernas riskreducerande effekt

De åtgärder som redovisas ovan bedöms ha följande effekt inom planområdet:

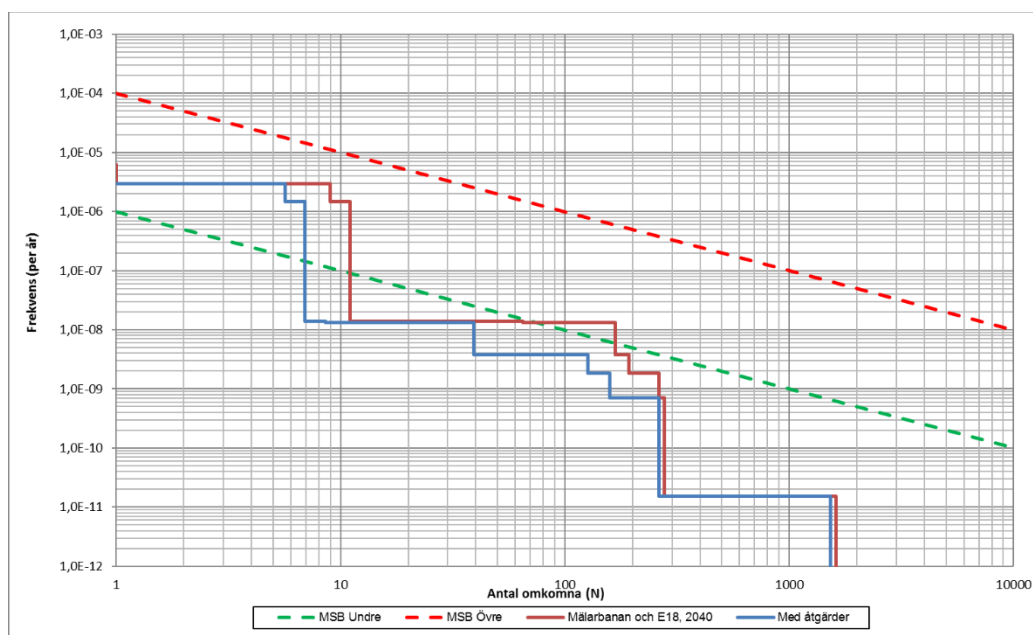
- Begränsning av sannolikheten för att personer utsätts för en förhöjd risknivå under längre tidsperioder genom att tillgodose skyddsavstånd till ny bebyggelse samt områden med stadigvarande vistelse utomhus.
- Begränsning av möjligheten för att oskyddade personer skadas utomhus inom områden med förhöjd risknivå genom att tillgodose skyddsavstånd till områden med stadigvarande vistelse.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av eventuella gasutsläpp genom skyddsavstånd i kombination med ventilationstekniska åtgärder.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av en större utvändig brand genom skyddsavstånd.
- Reducering av konsekvenserna inomhus till följd av urspårning genom skyddsavstånd.
- Ökad möjlighet för personer att utrymma byggnader innan kritiska förhållanden uppstår inomhus till följd av en olycka på angränsande järnväg eller transportled för farligt gods genom att tillgodose utrymningsmöjligheter bort från riskkällan.

I figur 6.1 redovisas en uppskattning av föreslagna åtgärders riskreducerande effekt. Som underlag till beräkningarna har nedanstående grova antagen gjorts avseende den riskreducerande effekten. Dessa har sedan tillämpats på aktuella skadeutfall och risknivån med åtgärder har beräknats utifrån samma metodik som redovisas i bilaga A och B.

- Minskad andel omkomna utomhus till följd av
 - o placering av utrymningsvägar mot en trygg sida – 5 %
- Minskad andel omkomna inomhus till följd av
 - o placering av utrymningsvägar mot trygg sida – 5 %
 - o ventilationstekniska åtgärder (i publika lokaler) – 10 %
 - o fasader och fönster utförda med hänsyn till brandpåverkan – 80 %

Notera att effekten av brandskyddande åtgärder inte är 100 %. Det innebär att höjd tas för att ett eventuellt övertryck från en gasmolnsexplosion kan skada fönster så att skyddet mot värmestrålning försvinner eller försämras.

I tabell B.29 i bilaga B redovisas antalet omkomna med och utan åtgärder. I figur 6.1 redovisas den beräknade risknivån med vidtagna åtgärder. Åtgärdernas effekt har tillämpats på risknivån för prognosåret. Anledningen till att de inte tillämpas på risknivån utifrån känslighetsanalysen är att den utförs med syfte att studera osäkra parametrars påverkan på risknivån och granska robustheten i genomförda beräkningar. Känslighetsanalysen visar inte en framtida risknivå. Utgångspunkten för den framtida risknivån är prognosåret.



Figur 6.1. Samhällsrisik för prognosåret med vidtagna åtgärder.

Med hänsyn till den beräknade risknivån inom studerade områden bedöms de föreslagna åtgärderna ha en tillräcklig god riskreducerande effekt. Genomförda känslighetsanalyser medför inte något behov av ytterligare åtgärder. På andra sidan E18 planeras Barkarbystaden och detaljplanen för Veddesta III kan inte införa riskreducerande åtgärder inom detta område, men det hanteras i planprocessen för Barkarbystaden.

7. Slutsatser

Aktuellt planområde ligger i direkt anslutning till Mälarbanan med förekomst av både person- och godstrafik. Trafiken är dock relativt begränsad. Bebyggelse planeras inom det av Länsstyrelsen rekommenderade skyddsavståndet till järnväg.

Avståndet till E18 är minst 80 meter vilket innebär att rekommenderade skyddsavstånd följs.

Genomförd riskbedömning av identifierade risker förknippade med Mälarbanan och trafiken på E18 visar att samhällsrisken inte innebär en oacceptabel risknivå inom området. Om enbart hänsyn tas till riskbidraget från Mälarbanan är risknivån acceptabel. Av de olycksrisker som till störst del påverkar risknivån inom planområdet är det främst transporter av brännbara och giftiga gaser (klass 2.1) som påverkar risknivån. Olycksrisker förknippade med övriga farligt godstransporter samt urspårning och tågbrand bedöms ha en mycket begränsad påverkan på risknivån. Enligt upprättad känslighetsanalys bedöms en eventuell utökning av antalet tåg och andelen farligt gods inte medföra att risknivån i området blir oacceptabel.

Planerad ny bebyggelse inom planområdet understiger Länsstyrelsens rekommenderade skyddsavstånd till järnväg. Med anledning av detta föreslås att säkerhetshöjande åtgärder vidtas i syfte att reducera "nettotillskottet" av oönskade händelser som avsteget medför.

I avsnitt 6.3 redovisas de åtgärder som rekommenderas vid bebyggelse och vid förändrad markanvändning inom planområdet. För att säkerställa att åtgärderna vidtas krävs att dessa utformas som planbestämmelser i detaljplanen.

8. Referenser

- /1/ Miljökonsekvensbeskrivning Mäljarbanan Barkarby-Kalhäll, Trafikverket, reviderad 2011
- /2/ Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, Länsstyrelsen Stockholm, 2016-04-11
- /3/ Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer, Länsstyrelsen i Stockholms län, Rapport 2000:01
- /4/ Trafikverket, Mäljarbanan, Tomteboda - Kallhäll, hämtat 2017-10-29: <https://www.trafikverket.se/nara-dig/Stockholm/projekt-i-stockholms-lan/Malarbanan-Tomteboda-Kallhall/>.
- /5/ Tågplan Barkarby-Kallhäll 2013-2016, Anders Nilsson, statistiker Trafikverket, erhållet via e-post 2017-10-27.
- /6/ Underlag från projektets bullerkonsult, e-post 2019-02-06
- /7/ Farligt gods Jakobsberg, Anders Nilsson, statistiker Trafikverket, uppgifter erhållna via e-post 2017-10-26.
- /8/ Vägtrafikflödeskartan, årsmedeldygnstrafik 2015, www.trafikverket.se, besökt: 2019-02-06
- /9/ Statistikrapporter från Trafikanalys: Lastbilstrafik 2014 (Rapportnr 2015:21), Lastbilstrafik 2015 (Rapportnr 2016:27), Lastbilstrafik 2016 (Rapportnr 2017:14), Lastbilstrafik 2017 (Rapportnr 2018:13)
- /10/ Kartläggning av farligt godstransporter september 2006, Statens Räddningsverket, 2007 (www.msb.se)
- /11/ Länsstyrelsens webbgis, <http://ext-webbgis.lansstyrelsen.se/stockholm/planeringsunderlag/>, besökt: 2017-11-28
- /12/ S:t Jude Medicals lokaler i Veddesta sålda igen – kan bli skola, stockholmdirekt.se, besökt 2017-11-28
- /13/ Säkerhetsavstånd vid byggande av järnväg, www.trafikverket.se, besökt: 2019-02-10
- /14/ Planbeskrivning järnvägsplan Mäljarbanan Barkarby-Kalhäll, utställningshandling, februari 2011
- /15/ RID-S 2019, Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2018:6
- /16/ Värdering av risk, Statens räddningsverk, Det Norske Veritas, 1997
- /17/ Riskanalys transport av farligt gods, Veddesta etapp I, Norconsult, 2016-04-12
- /18/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001
- /19/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002
- /20/ Föreskrift (BVF 586.65) rörande Banverkets spårteknik – Skyddsräler, regler för anordnande och konstruktiv utformning, Banverket, 1995-10-10

Bilaga A - Frekvensberäkningar

Uppdragsnamn		
Veddesta III		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum
Serneke	110816	2020-01-27
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll
Rosie Kvål	RKL 2020-01-27	PWT 2019-02-12

1. Inledning

I denna bilaga beräknas frekvensen för de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker, vilka alla förknippas med den angränsande järnvägen samt E18:

- Ursparning
- Tågbrand
- Olycka med farligt gods
 - Explosion vid transport av massexplosivt ämne (klass 1.1.)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
 - Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)
- Olycka vid transport av farligt gods på E18
 - Explosion med massexplosiva ämnen (klass 1.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)

2. Indata

2.1 Mälarbanan

2.1.1 Allmänt

Planområdet angränsar mot Mälarbanan längs ca 500 meter. På den aktuella sträckan består järnvägen av fyra spår med genomgående tågtrafik.

Tillåten hastighet på spåren förutsätts vara maximalt 200 km/h för persontåg och 160 km/tim för godståg. Längs den aktuella sträckan har det identifierats ca 5 växlar mellan spåren. Spåret ligger i nivå med planområdet.

Framtid

En utbyggnad av Mäljarbanan från två till fyra spår pågår. Utmed planområdet är utbyggnaden färdig. När hela utbyggnaden av banan är färdig möjliggörs en ökad kapacitet.

2.1.2 Tågtrafik

På den aktuella järnvägssträckan går persontåg och godståg. I tabell A.1 redovisas antalet tåg /1/ under ett år.

Utifrån schablonmått för vagnantal för olika typer av tågmodeller har det totala antalet vagnar uppskattats. Enligt VTI-rapport 387:2 utgör persontåg i medel 10 vagnar och godståg utgörs av ca 30 vagnar /2/.

Tabell A.1. Sammanställning av antal tåg och vagnar på Mäljarbanan i anslutning till planområdet.

Typ av tåg	År 2040	
	Tåg per dygn	Vagnar per dygn
Persontåg	396	3960
Godståg	10	300
Totalt	406	1260

2.1.3 Transport av farligt gods

Av godståg som går på den aktuella sträckan medför ett antal vagnar som rymmer farligt gods. Normalt finns inga restriktioner kring vilka farligt godsklasser som är tillåtna att transporteras på järnväg.

Frekvensberäkningarna kommer att utgå från nationell statistik eftersom underlaget från Trafikverket är känsligt och inte får redovisas. I den nationella statistiken uppskattas antalet transporter samt fördelningen mellan olika klasser utifrån den genomsnittliga andelen av tung tågtrafik i Sverige som transporterar farligt gods.

Information har hämtats från Trafikanalys som bland annat ansvarar för statistik inom området bantrafik. Utifrån statistik över godsmängd per farligt godsklass under perioden 2012-2016 /3/ uppskattas det totala antalet farlig godsvagnar respektive antalet vagnar med respektive farligt godsklass på den aktuella sträckan. Enligt statistiken för den studerade perioden utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 5,0 % av den totala godsmängden.

Utifrån ovanstående underlag görs en uppskattning av antalet vagnar med farligt gods per år på den aktuella järnvägssträckan fördelat på respektive klass, se tabell A.2.

/1/ Uppgifter från Trafikverket 2017

/2/ Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994

/3/ Bantrafik 2016 (Rapportnr 2017:21), Statistikrapport från Trafikanalys

Fördelningen mellan respektive farligt godsklass utgår från Trafikanalys nationella statistik. Dock görs några mindre justeringar. Anledningen till dessa justeringar är framförallt att den nationella statistiken visar på mycket små transportmängder av klass 1 (explosiva ämnen) under den studerade femårsperioden. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarioer förknippade med explosivämnen så antas det konservativt att klass 1 utgör maximalt 0,1 % av det totala antalet farligt godsvagnar. Fördelningen för övriga farliga godsklasser motsvarar nationell statistik.

Tabell A. 2. Antal godsvagnar med farligt gods per år på aktuell järnvägssträcka år 2040.

Klass	Andel	Antal farligt godsvagnar
		Prognosår 2040
1. Explosiva ämnen och föremål	0,1%*	5
2. Gaser	25,2%	1380
3. Brandfarliga vätskor	38,1%	2082
4. Brandfarliga fasta ämnen	3,5%	192
5. Oxiderande ämnen, organiska peroxider	15,4%	840
6. Giftiga ämnen	2,0%	108
7. Radioaktiva ämnen	0,0%	1
8. Frätande ämnen	15,6%	852
9. Övriga farliga ämnen och föremål	0,2%	13
Totalt		5470

* I statistiken från Trafikanalys är de redovisade mängderna explosivämnen extremt små. Det antas dock att enstaka transport med farligt gods klass 1 kan förekomma.

2.2 E18

2.2.1 Allmänt

E18 passerar utmed planområdet längs ca 500 meter. På den aktuella sträckan består vägen av totalt fem filer varav fyra huvudkörvägar och ett påfartskörväg.

Tillåten hastighet på spåren förutsätts vara 80 km/h för prognosåret.

2.2.2 Trafik

För prognosåret 2040 har en trafikering på 125 000 fordon per dygn förutsatts /4/. Tung trafik utgör 10 % av den totala trafiken.

2.2.3 Transport av farligt gods

E18 utgör en primär transportled för farligt gods. Det finns ingen aktuell kartläggning över dessa transporter på vägen. Som underlag till beräkningarna har därför nationell statistik använts. Enligt den nationella statistiken utgör 1,5 % av samtliga godstransporter av farligt gods.

I tabell A.3 redovisas antalet transporter med farligt gods fördelat på klasser utifrån nationell statistik.

/4/ Information från projektets bullerkonsult, e-post 2019-02-06

Tabell A.3. antal transporter med farligt gods per år på E18 (nationell statistik).

Klass	Ämne	Andel (%)	Antal trp
1	Explosiva ämnen	0,5%	334
2	Gaser	20,8%	13 814
3	Brandfarliga vätskor	50,1%	33 280
4	Brandfarliga fasta ämnen m.m.	1,6%	1 032
5	Oxiderande ämnen och organiska peroxider	3,4%	2 273
6	Giftiga ämnen	5,5%	3 658
7	Radioaktiva ämnen	0,0%	0
8	Frätande ämnen	13,6%	9 059
9	Övriga farliga ämnen	4,5%	3 000
Totalt			66 450

3. Beräkningar järnvägsolycka

I detta avsnitt beräknas frekvensen för järnvägsolycka på den aktuella järnvägssträckan där denna passerar planområdet. Avsnittet behandlar först skadescenariot urspårning, där resultatet sedan nyttjas för frekvensberäkningar för scenarier förknippade med transporter av farligt gods.

Frekvensberäkningarna beräknas för dagens trafiksituation samt för prognosår 2040.

3.1 Urspårning

En urspårning kan medföra att de urspårade järnvägsvagnarna hamnar en bit från spåret. Urspårningen kan då leda till skador inom planområdet även om tåget inte rymmer farligt gods. Huruvida personer i planområdet skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning.

Frekvensen för urspårning beräknas utifrån följande olyckskvoter för urspårning förknippade med tågtyp samt spårutformning enligt uppgifter som redovisas i *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone /5/*:

	<u>Spår utan växlar</u>	<u>Spår med växlar</u>
Persontåg:	$0,25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm	$2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm
Godståg	$2,5 \cdot 10^{-8}$ per tågkm	$25 \cdot 10^{-8}$ per tågkm

/5/ Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2 R), International Union of Railways, 2nd edition September 2002

Ytterligare järnvägsolyckor som kan medföra efterföljande olycksscenarier är kollisioner, antingen mellan spårfordon eller i plankorsningsolyckor. Enligt /6/ bedöms sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje vara så låg att den försvinner i den allmänna osäkerheten. Därför beaktas skadescenariot inte vidare i de fortsatta beräkningarna.

Frekvensen för urspårning har beräknats utifrån indata i avsnitt 2.2 och sammanställs i tabell A.4. Frekvensen beräknas för persontåg respektive godståg på en 1 km järnvägssträcka i anslutning till det aktuella planområdet. Beräkningarna utgår från olyckskvot för spår med växlar.

Tabell A.4. Beräknad frekvens för urspårning på aktuell sträcka med gällande tågtrafik (1 km).

Orsak	Olycksfrekvens (per år)
	Prognosår 2040
Urspårning persontåg	9,0E-04
Urspårning godståg	1,5E-04
Totalt	3,5E-03

Utslaget på den totala tågtrafiken så innebär ovanstående urspårningsfrekvenser en genomsnittlig olyckskvot på ca $3 \cdot 10^{-8}$ per tågkm.

3.1.1 Urspårning i anslutning till bebyggelse

Vid en urspårning så är det troligaste följdscenariot att ett hjulpar hoppar av rälen och tåget förblir upprätt inom några enstaka meter från spåret. Sannolikheten att de urspårade vagnarna lämnar spårområdet är begränsad. Beroende på tågets hastighet och längd, rälsens kvalitet, förekomst av främmande föremål på spåret, omgivningens topografi etc. kan dock tåget spåra ur och hamna utanför spårområdet. Då kan människor utomhus skadas om de står i vägen för tåget. Om tåget kör in i byggnader nära spårområdet kan delar av byggnaden skadas.

Skadeområdet understiger i princip alltid 25-30 meter vinkelrätt ut från spåret (om järnvägen ligger mycket högre än omgivningen kan skadeområdet bli större). Detta skadescenario motsvarar en helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är mycket låg.

De fortsatta frekvensberäkningarna för urspårning och dess påverkan på kringliggande bebyggelse utförs utifrån den metodik som redovisas i UIC Code 777-2 R /5/.

I tabell A.4 ovan redovisas urspårningsfrekvensen för urspårning på en 1 km lång järnvägssträcka i höjd med det aktuella planområdet. Vid beräkning av hur mycket urspårningen påverkar risknivån inom områdena utmed järnvägen och sannolikheten för att ett urspårat tåg kolliderar med intilliggande bebyggelse används först en reducerande faktor som motsvarar den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret. Denna faktor beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället.

/6/ Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001

Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelse per år (F_1) beräknas med följande ekvation:

$$F_1 = F_r \times d \times 10^{-3} \quad \text{där}$$

F_r = urspårningsfrekvens per km och år (se tabell A.3)

d = den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället

$$d_{200 \text{ km/h}} = 200^2/80 = 500 \text{ m}$$

$$d_{160 \text{ km/h}} = 160^2/80 = 320 \text{ m}$$

Sannolikheten för kollision med byggnad kan beräknas som funktion av avståndet från spåret enligt följande ekvation för dubbelspår:

$$P_2 = \left(\left(\frac{b-a}{b} \right)^2 + \left(\frac{b-(a+4,2)}{b} \right)^2 \right) \times 0,25 \times \frac{c}{d}$$

d = den längsta sträcka som den urspårade vagnen kan gå längs med spåret, vilket beräknas som $V^2/80$, där V är tågets hastighet (km/h) vid urspårningstillfället

b = det maximala vinkelräta avståndet (m) från spåret som vagnen kan hamna, vilket beräknas som $V^{0,55}$

$$b_{200 \text{ km/h}} = 200^{0,55} = 18,4 \text{ m}$$

$$b_{160 \text{ km/h}} = 160^{0,55} = 16,3 \text{ m}$$

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmittpunkt och byggnad

c = det, längs spåret, parallella avståndet inom vilket byggnad löper risk att träffas av urspårad vagn på ett avstånd a , vilket beräknas med ekvationen:

$$c = \frac{d}{b} \times (b-a) \quad \text{om } b > a. \quad \text{Är } b < a \text{ blir } c = 0.$$

Sannolikheten för byggnadskollaps till följd av kollision beräknas vidare med följande ekvation:

$$P_3 = \left(1 - \frac{2}{3} \times \frac{t \times (2b - 2a - t)}{(b-a)^2} \right) \times \alpha \quad \text{för } b - t - a > 0 \quad \text{där}$$

t = det vinkelräta avståndet (m) från spåret där den urspårade vagnens hastighet sjunkit under 60 km/h, vilket beräknas med ekvationen:

$$t = \frac{a \times d'}{d - d'}$$

a = se ovan

d' = det, längs spåret, längsta avståndet som den urspårade vagnen kan gå, där hastigheten fortfarande överstiger eller är lika med 60 km/h. Antaget 45 m/5/.

α = sannolikheten för ras beroende av konstruktionens robusthet. $\alpha = 1$ innebär att alla kollisioner där hastigheten överstiger 60 km/h leder till ras.

Utformningen av spårområdet utmed planområdet, innebär att sannolikheten för skador inom området till följd av en urspårning begränsas. Bredden på spårområdet, hastighetsgräns på sträckan, samt utformningen av ytan mellan järnvägen och planområdet innebär att det endast är urspårning på de två västra spåren som kan påverka risknivån inom planområdet.

Frekvensen för urspårning i anslutning till bebyggelse som kan påverka planområdet beräknas nedan. Beräkningarna utgår från urspårningsfrekvenser enligt tabell A.3.

$$F_{1, \text{persontåg}} = 4,7 \cdot 10^{-4} / 8,7 \cdot 10^{-4} \text{ per år (idag/2040)}$$

$$F_{1, \text{godståg}} = 2,9 \cdot 10^{-5} / 4,4 \cdot 10^{-5} \text{ per år}$$

I tabell A.5 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på urspårning på den aktuella järnvägssträckan.

Tabell A.5. Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för urspårningsscenarioer på aktuell järnvägssträcka.

a (m)	Persontåg				Godståg			
	P ₂ *	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)	P ₂ *	P ₃	Frekvens kollision (F1 x P2)	Frekvens byggnadskollaps (F1 x P2 x P3)
			År 2040	År 2040			År 2040	År 2040
0	39,9%	100,0%	3,6E-04	3,6E-04	50,00%	100,0%	5,7E-05	5,7E-05
1	33,3%	99,2%	3,0E-04	3,0E-04	41,35%	98,6%	4,6E-05	4,5E-05
2	27,5%	98,4%	2,5E-04	2,4E-04	33,76%	97,0%	3,7E-05	3,6E-05
3	22,4%	97,5%	2,0E-04	2,0E-04	27,17%	95,2%	2,9E-05	2,8E-05
4	18,0%	96,4%	1,6E-04	1,6E-04	21,49%	93,1%	2,2E-05	2,1E-05
5	14,2%	95,2%	1,3E-04	1,2E-04	16,66%	90,7%	1,7E-05	1,5E-05
6	11,0%	93,8%	1,0E-04	9,3E-05	12,62%	87,9%	1,2E-05	1,1E-05
7	8,4%	92,2%	7,5E-05	7,0E-05	9,29%	84,6%	8,8E-06	7,5E-06
8	6,1%	90,3%	5,6E-05	5,0E-05	6,60%	80,6%	6,0E-06	4,8E-06
9	4,4%	88,0%	4,0E-05	3,5E-05	4,49%	75,8%	3,9E-06	2,9E-06
10	3,0%	85,3%	2,7E-05	2,3E-05	2,89%	69,9%	2,3E-06	1,6E-06
11	1,9%	81,9%	1,8E-05	1,4E-05	1,72%	62,4%	1,3E-06	8,2E-07
12	1,2%	77,7%	1,1E-05	8,4E-06	0,92%	53,0%	6,7E-07	3,6E-07
13	0,7%	72,2%	6,1E-06	4,4E-06	0,42%	41,8%	3,3E-07	1,4E-07
14	0,3%	64,9%	3,1E-06	2,0E-06	0,14%	33,3%	1,7E-07	5,8E-08
15	0,2%	54,8%	1,5E-06	8,4E-07	0,03%	0,0%	1,1E-07	0,0E+00
16	0,1%	41,5%	7,9E-07	3,3E-07	0,00%	0,0%	3,9E-08	0,0E+00
17	0,1%	35,4%	5,0E-07	1,8E-07	0,00%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
18	0,0%	0,0%	2,2E-07	0,0E+00	0,00%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
19	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00	0,00%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00
20	0,0%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00	0,00%	0,0%	0,0E+00	0,0E+00

* Eftersom persontåg trafikerar samtliga spår beräknas P₂ för persontåg enligt ekvationen för dubbelspår.

3.2 Tågbrand

I underredet till en järnvägsvagn sitter ett flertal olika komponenter och system som kan orsaka rökutveckling eller brand. Orsakerna till bränder i tåg är bland annat tekniska fel som t.ex. el-, motor- eller bromsfel. Tågbränder kan också starta inne i järnvägsvagnen, till följd av t.ex. elfel. Inne i vagnen kan även anlagda bränder vara en möjlig brandorsak.

Sannolikheten för en tågbrand (oavsett omfattning) bedöms vara relativt hög. Om man studerar det totala antalet inrapporterade tågbränder så är den genomsnittliga olyckskvoten troligtvis högre än t.ex. en urspårning. Enligt statistik från Trafikverket var den genomsnittliga olyckskvoten för brand i järnvägsfordon mellan 1997-2006 ca 1,1 per 10 miljoner tågkilometer (kvoten varierar mellan 0,6-1,6 per 10 miljoner tågkm under de studerade åren), d.v.s. $1,1 \cdot 10^{-7}$ per tågkm /7/. Detta kan jämföras med olyckskvoterna för urspårning som redovisas i avsnitt 3.1.

I förhållande till olyckskvoterna för urspårning bedöms dock persontåg ha en betydligt högre inverkan i olyckskvoten för tågbrand. Dessutom ska det beaktas att det är en mycket begränsad andel av tågbränderna som blir så omfattande att de riskerar att påverka kringliggande områden. Olyckskvoten ovan bygger på alla anmälda tågbränder, vilket även inkluderar rökutveckling. Givet "brand" enligt dessa förutsättningar bedöms sannolikheten för en utvecklad brand som sprids till lasten vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 10 %. Sannolikheten för att förhållandena är sådana att branden leder till en mycket omfattande godsbrand bedöms vara ännu lägre, uppskattningsvis lägre än 1 %.

I tabell A.6 redovisas resultaten av sannolikhetsberäkningar med avseende på tågbrand på den aktuella järnvägssträckan. Frekvensberäkningarna omfattar endast tågbrand på genomgående spår. Spårområdet bredd innebär att en tågbrand på överlämningsbangården inte kan påverka risknivån öster om järnvägen.

Tabell A.6 Resultat av frekvens- och sannolikhetsberäkningar för brand i godståg på aktuell järnvägssträcka.

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2040
Brand i godståg	4,1E-04
Liten tågbrand (inkl. rökutveckling)	3,7E-04
Stor tågbrand (spridning till gods)	4,1E-05
Mycket stor tågbrand	4,1E-06

3.3 Järnvägsolycka med farligt gods

Olycksfrekvensen för järnvägsolycka med farligt gods beräknas utifrån samma metodik som redovisas i avsnitt 3.1. Frekvensberäkningarna för olycka med godståg innefattar även farligt godsvagnar. Sannolikheten för att en farligt godsvagn ingår i det olycksdrabbade tåget och påverkas av olyckan beräknas utifrån andelen farligt godsvagnar i förhållande till det totala antalet godsvagnar (X).

Enligt avsnitt 2.3 utgör farligt godstransporter i genomsnitt ca 5,0 % av den totala godstrafiken. Vid en urspårning spårar i genomsnitt 3,5 vagnar ur /8/. Sannolikheten för att en farligt godsvagn spårar ur beräknas utifrån följande ekvation:

/7/ Statistik över olyckor på statens spåranläggningar år 2006, Banverket 2006

/8/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

$$P = 1 - (1-X)^{3,5} = 1 - (1-0,05)^{3,5} = 16 \%$$

I tabell A.7 redovisas den förväntade frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods. Vid frekvensberäkningen antas det att sannolikheten för järnvägsolycka med farligt gods godsvagn är oberoende av vilken last som ryms i vagnarna, d.v.s. fördelningen av olyckor mellan de olika farligt godsklasserna är direkt kopplad till andelen av respektive klass.

Frekvensberäkningarna utförs för genomgående trafik på Ostkustbanan respektive trafik till/från kombiterminalen på överlämningsbangården.

Tabell A.7. Beräknad olycksfrekvens per farligt godsklass på studerad järnvägssträcka.

Scenario	Andel	Järnvägsolycka med fago-vagn (per år)
		Prognosår 2040
klass 1	0,10%	1,5E-07
Klass 2	25,2%	3,8E-05
klass 3	38,1%	5,7E-05
klass 4	3,5%	5,3E-06
klass 5	15,4%	2,3E-05
klass 6	2,0%	3,0E-06
klass 7	0,0%	1,7E-08
klass 8	15,6%	2,3E-05
klass 9	0,2%	3,7E-07
Totalt		1,5E-04

3.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Explosiva ämnen och föremål är uppdelad i flera olika undergrupper (riskgrupper) utifrån risk för bl.a. brand, massexplosion, splitter och kaststycken. Enligt RID-S är det enbart ämnen ur klass 1.1 som innebär risk för massexplosion som påverkar så gott som hela lasten praktiskt taget samtidigt /9/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

Konsekvenserna av en massexplosion är kraftigt beroende av mängden som exploderar, vilket i sin tur beror av hur mycket explosivämne som transporteras. I RID-S anges ingen gräns för hur stora transportmängder massexplosiva ämnen som tillåts på järnväg. Som maxgräns brukar dock ansättas 25 ton massexplosivt ämne per godsvagn. Hur stor andel av transportererna som rymmer så stora mängder är dock oklart.

/9/ RID-S 2017 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg, MSBFS 2016:9, 2017

Enligt avsnitt 2.1.3 så transporteras mycket begränsade mängder explosiva ämnen på järnvägar i Sverige. Under den senaste 5 årsperioden redovisas sammanlagda mängder på enstaka ton. I den kartläggning som MSB (tidigare Räddningsverket) genomförde under september 2006 /10/ redovisades transportmängderna explosivämnen i kg, medan övriga farligt godsklasser redovisades i ton.

Det bör dock noteras att transporter av explosiva ämnen normalt inte skyltas, vilket innebär att det inte går att få tillförlitliga uppgifter om dessa transporter. För att inte underskatta riskbidraget från olycksscenarier förknippade med explosivämnen på aktuella järnvägssträckor så antas det konservativt att det förekommer vissa transporter av explosivämnen. Antagandet utgår från tidigare lokala kartläggningar som pekar på att det kan förekomma transporter av explosivämnen. Fördelningen mellan olika transportmängder har uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet /11/. Denna kartläggning beaktar uppgifter från bl.a. MSB, Polisen samt transportörer i Stockholms län.

- Enligt uppgifter från MSB 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 MSB utgör enbart 0,5 % av transporter med klass 1.1 i Stockholmsregionen s.k. transittransporter (genomfart) medan resterande transporter till avnämare inom länet.

Utifrån de uppgifter som erhållits i kartläggningen antas följande fördelning mellan olika transportmängder på respektive järnvägssträcka:

- < 700 kg/vagn: ca 90 %
- 700 – 2 000 kg/vagn: ca 3,3 %
- 2 000 – 4 000 kg/vagn: ca 3,3 %
- > 4000 kg/vagn: ca 3,3 %

Vid en olycka med transport av ämnen ur riskgrupp 1.1. kan en massexplosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av brand som sprids till lasten:

/10/ Kartläggning av farligt gods på järnväg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 (www.msb.se)

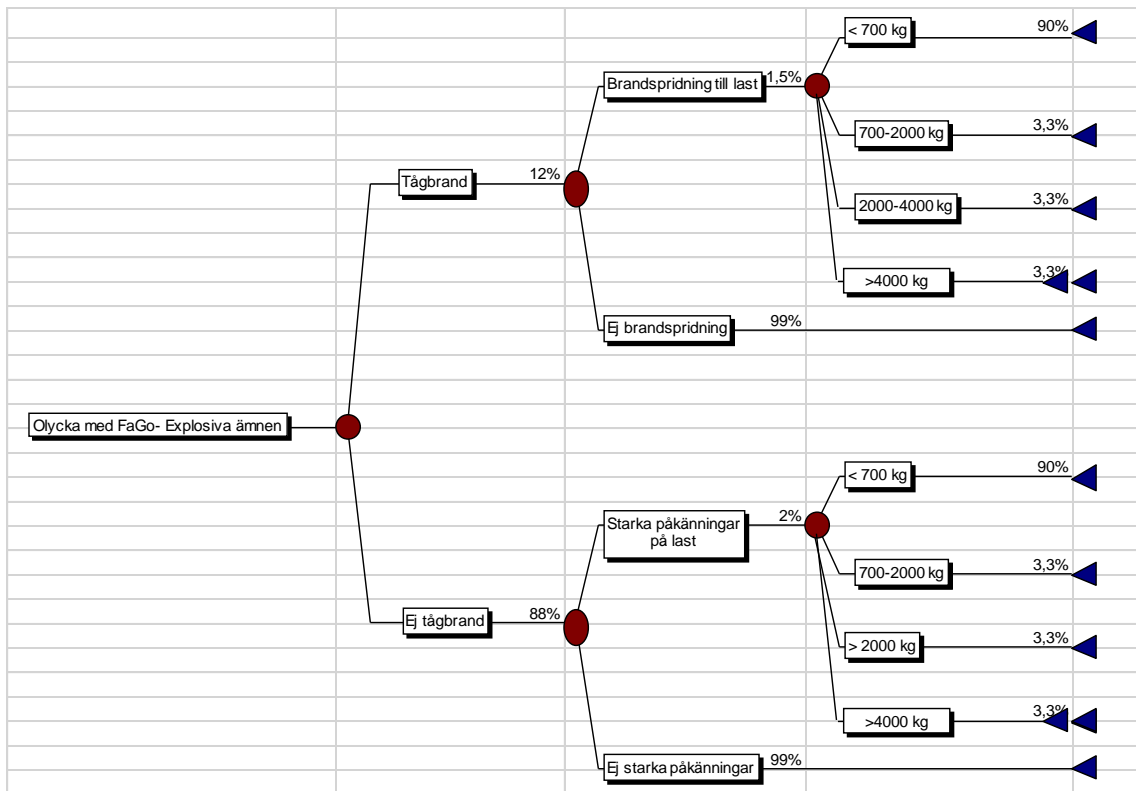
/11/ E4/E20 Tomtebodavägen – Haga Södra (Gemensamt) – Riskbedömning detaljplan för Vasastaden 1:16 m.m. och Arbetsplan E 4/E 20 Tomtebodavägen – Haga Södra, Vägverket & Exploateringskontoret, 2009-10-05 (Samrådshandling)

- Det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen skall förpackas och hanteras vid transport /9/. Utifrån detta bedöms det vara mycket låg sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar. Sannolikheten för stora påkänningar är dessutom beroende av utformningen av området utmed järnvägen. Det finns idag ingen känd forskning kring hur stor kraft som behövs för att initiera detonation av det fraktade godset vid en trafikolycka. Sannolikheten för uppkomst av våldsamt kollision som kan föranleda lasten att detonera till följd av starka påkänningar i samband med en urspårning bedöms som mycket låg. Mot bakgrund av den ringa information som finns tillgänglig utgår beräkningarna konservativt från att sannolikheten för detonation givet starka påkänningar är lika stor som för att en brand sprider sig till lasten i samband med urspårningsolycka.
- Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 2.3 och 3.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med explosiva ämnen:

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2040
Tågbrand i godståg (se tabell A.6)	4,1E-04
Tågbrand i vagn med farligt gods (5,0% av godstrafik)	2,1E-05
Tågbrand i vagn med explosivämnen (0,1% av farligt gods)	2,1E-08

Skada på tank bedöms uppstå i 30 % av fallen (se vidare avsnitt 3.3.3) medan omfattande brand bedöms uppstå i 5 % av fallen. Brandspridning till last givet denna situation ansätts till 1. Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspårningsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till 1,5 % (30 % x 5 %).

Figur A.1 redovisar 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. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.8. Den totala frekvensen för olycka med explosiva ämnen utgörs av frekvensen för järnvägsolycka med explosivämnen enligt tabell A.6 + frekvensen för tågbrand i vagn med explosiva ämnen, se ovan. Sannolikheten för tågbrand utgår från förhållandet mellan dessa två delfrekvenser.



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

Tabell A.8. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2040
Järnvägsolycka med klass 1	1,7E-07
Urspårning	1,5E-07
Tågbrand	2,1E-08
Explosion med klass 1.1 (massexplosiva ämnen)	
< 700 kg	2,1E-09
- P.g.a. starka påkänningar	1,8E-09
- P.g.a. tågbrand	2,8E-10
700-2000 kg	8,4E-11
- P.g.a. starka påkänningar	7,4E-11
- P.g.a. tågbrand	1,0E-11
2000-4000 kg	8,4E-11
- P.g.a. starka påkänningar	7,4E-11
- P.g.a. tågbrand	1,0E-11
> 4000 kg	8,5E-11
- P.g.a. starka påkänningar	7,5E-11
- P.g.a. tågbrand	1,0E-11

3.3.2 Klass 2. Gaser

Gaser (klass 2) delas in i följande undergrupper:

- brännbara gaser (klass 2.1)
- icke giftiga och icke brännbara gaser (klass 2.2)
- giftiga icke brännbara gaser (klass 2.3)

Studerad statistik från Trafikanalys /3/ redovisar ej fördelningen mellan undergrupperna. I MSB:s kartläggning från september månad 2006 redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /10/. Enligt denna kartläggning förekommer dock inga transporter ur klass 2 på den aktuella järnvägssträckan. Underlaget från Trafikverket visar inte heller någon fördelning mellan underklasserna 2.1, 2.2 och 2.3. På Ostkustbanans sträckning norr om Stockholm visar underlaget från 2006 (MSB) en fördelning på 98 % brännbara gaser (klass 2.1), 2 % icke giftiga och icke brännbara gaser (2.2) och 0 % giftiga gaser (2.3). Sett till ett generellt genomsnitt på samtliga järnvägar visar kartläggningen att fördelningen mellan undergrupperna är ca 73 % brännbara gaser, 25 % icke giftiga och icke brännbara gaser respektive 2 % giftiga gaser. I beräkningar tas utgångspunkt i den mer generella statistiken.

Gaser ur klass 2.2 utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser i riskanalysen.

Sannolikheten för läckage av farligt gods till följd av järnvägsolycka varierar beroende på om godset transporteras i en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för utsläpp är mycket låg. Generellt gäller att tjockväggiga tankar har en sannolikhet för läckage som är 1/30 av den för tunnväggiga tankar /8/. I /8/ anges en fördelning mellan litet, medelstort respektive stort utsläpp för tunnväggiga respektive tjockväggiga järnvägstankar. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 %.

Observera att det i /8/ redovisas en *not* att de sannolikheter som är angivna för tjockväggiga tankar främst har angetts för att markera att sannolikheten för utsläpp är mycket nära 0. Med hänsyn till detta kommer utsläppsfördelningen att utgå från ovanstående uppgifter om en generell reducering av sannolikheten för utsläpp från tjockväggiga tankar i förhållande till tunnväggiga tankar. För tjockväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp då 1 %.

Givet läckage antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /8/:

- | | |
|-----------------------|--------|
| • Litet läckage: | 62,5 % |
| • Medelstort läckage: | 20,8 % |
| • Stort läckage: | 16,7 % |

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

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

- *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE)*: gasexplosion där hela en tank utan fungerande säkerhetsventil utsätts för en brand under en längre tid vilket hettar upp den kondenserade gasen så att den kokar upp och expanderar tills tanken exploderar.

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp på järnväg finns fördelningsstatistik /12/:

	Litet	Medelstort	Stort
• omedelbar antändning: (jetflamma)	10 %	15 %	20 %
• fördröjd antändning: (gasmolnsexplosion)	0 %	25 %	50 %
• ingen antändning:	90 %	60 %	30 %

En **BLEVE** antas kunna uppstå i en oskadad tankvagn utan fungerande säkerhetsventil antingen om en stor jetflamma från intilliggande skadad tank är riktad direkt mot tanken eller om järnvägsolyckan leder till tågbrand som är så omfattande att större delar av den oskadade tanken påverkas under en längre tid. Sannolikheten för att förhållandena kring något av dessa scenarier är sådana att en BLEVE uppstår bedöms vara mycket låg, uppskattningsvis mindre än 1 % för respektive scenario. Sannolikheten för BLEVE till följd av tågbrand antas vara mindre än hälften av sannolikheten för mycket stor godsbrand vid brand i "vanlig godsvagn" enligt avsnitt 3.2. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning.

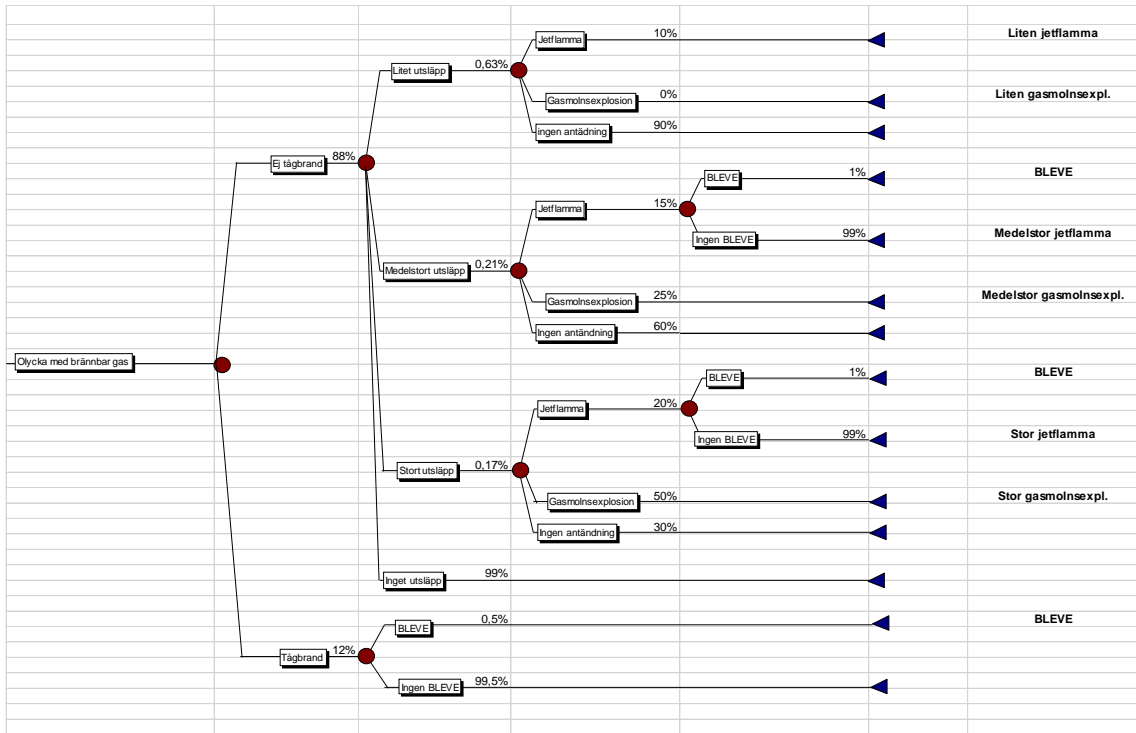
Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 2.3 och 3.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med brännbara gaser:

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2040
Tågbrand i godståg (se tabell A.6)	4,1E-04
Tågbrand i vagn med farligt gods (5,0% av godstrafik)	2,1E-05
Tågbrand i vagn med brännbar gas (25% x75% av farligt gods)	3,8E-06

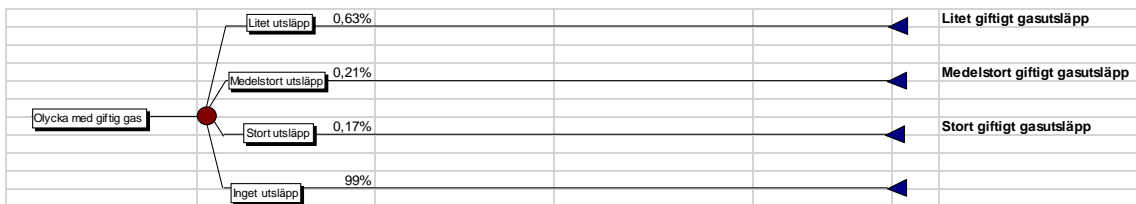
För **giftiga gaser** studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet utsläpp respektive stort utsläpp.

Figur A.2 och figur A.3 redovisar händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brännbara respektive giftiga gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.9.

/12/ Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993



Figur A.2. Händelsetråd olycka med transport av brännbar gas (klass 2.1).



Figur A.3. Händelsetråd olycka med transport av giftig gas (klass 2.3).

Tabell A.9. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser.

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2040
Järnvägsolycka med klass 2.1 (75% av klass 2)	3,1E-05
Urspårning	2,8E-05
Tågbrand	3,8E-06
Liten jetflamma	1,7E-08
Liten gasmolnsexplosion	0,0E+00
Medelstor jetflamma	8,5E-09
Medelstor gasmolnsexplosion	1,4E-08
Stor jetflamma	8,5E-09
Stor gasmolnsexplosion	1,4E-08
BLEVE	1,9E-08
-pga jetflamma	1,8E-10

-pga brand i godsvagn	1,9E-08
Järnvägsolycka med klass 2.3 (5% av klass 2)	7,6E-07
Litet utsläpp giftig gas	4,7E-09
Medelstort utsläpp giftig gas	1,6E-09
Stort utsläpp giftig gas	1,3E-09

3.3.3 Klass 3. Brandfarliga vätskor

Brandfarliga vätskor (klass 3) transporteras normalt i tunnväggiga tankar. Detta medför en högre sannolikhet för läckage till följd av en järnvägsolycka jämfört med vid en olycka med gastransporter som transporteras i tjockväggiga vagnar, se avsnitt 3.3.2. *Klass 2. Gaser* ovan. För tunnväggiga tankar är den sammanlagda sannolikheten för utsläpp 30 % /8/.

Givet läckage antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /8/:

- Litet läckage: 62,5 %
- Medelstort läckage: 20,8 %
- Stort läckage: 16,7 %

Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för antändning. För utsläpp på järnväg finns fördelningsstatistik /12/:

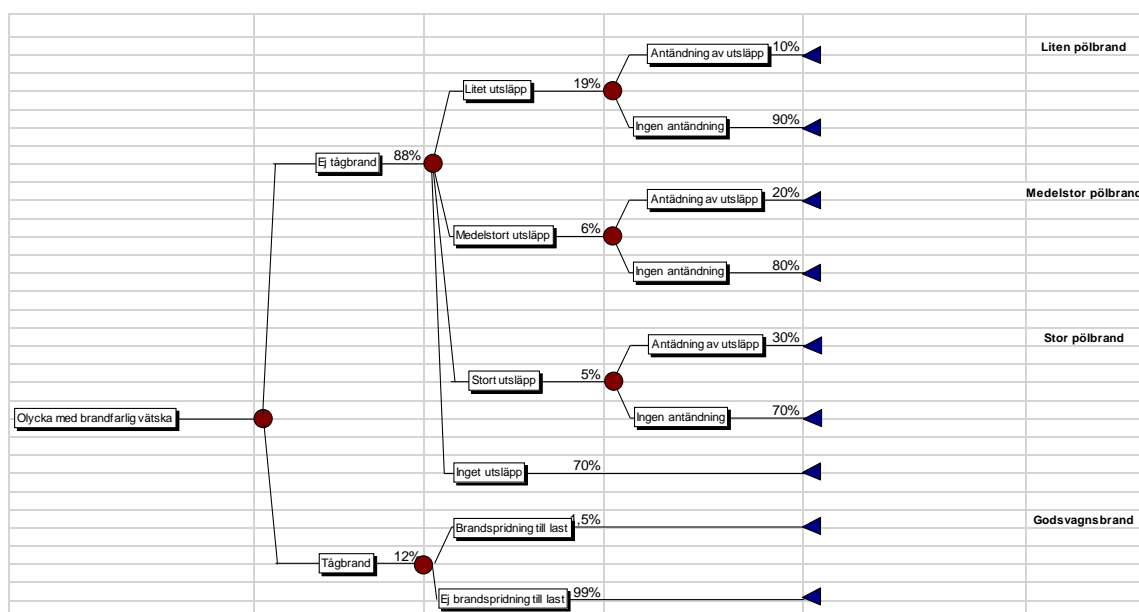
- Litet läckage: 10 %
- Medelstort läckage: 20 %
- Stort läckage: 30 %

Omfattande brand kan även uppstå om en tågbrand sprider sig till lasten vid en olycka med brandfarliga vätskor. Utifrån underlaget som redovisas i avsnitt 2.3 och 3.2 uppskattas frekvensen för en tågbrand i en godsvagn med brandfarliga vätskor:

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2040
Tågbrand i godståg (se tabell A.6)	4,1E-04
Tågbrand i vagn med farligt gods (5,0% av godstrafik)	2,1E-05
Tågbrand i vagn med brandfarlig vätska (38,1% av farligt gods)	7,8E-06

Skada på tank bedöms uppstå i 30 % av fallen (se vidare avsnitt 3.3.3) medan omfattande brand bedöms uppstå i 5 % av fallen. Brandspridning till last givet denna situation ansätts till 1. Sannolikheten för att brand uppstår i samband med en urspåringsolycka som föranleder att vagnen skadas så att branden sprider sig till lasten bedöms då till 1,5 % (30 % x 5 %).

Figur A.4 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av brandfarlig vätska. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.10.



Figur A.4. Händelseträd olycka med transport av brandfarlig vätska (klass 3).

Tabell A.10. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av brandfarlig vätska.

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2040
Järnvägsolycka med klass 3	6,5E-05
Urspårning	5,7E-05
Tågbrand	7,8E-06
Liten pölbrand	1,1E-06
Medelstor pölbrand	7,1E-07
Stor pölbrand	8,6E-07
Godsvagnsbrand	1,2E-07

3.3.4 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen (klass 5.1) och organiska peroxider (klass 5.2) brukar vanligtvis inte leda till personskador. Vissa ämnen kan dock vid brand, efter förorening med brännbart material (t ex bensin), föranleda kraftiga explosionsförlopp.

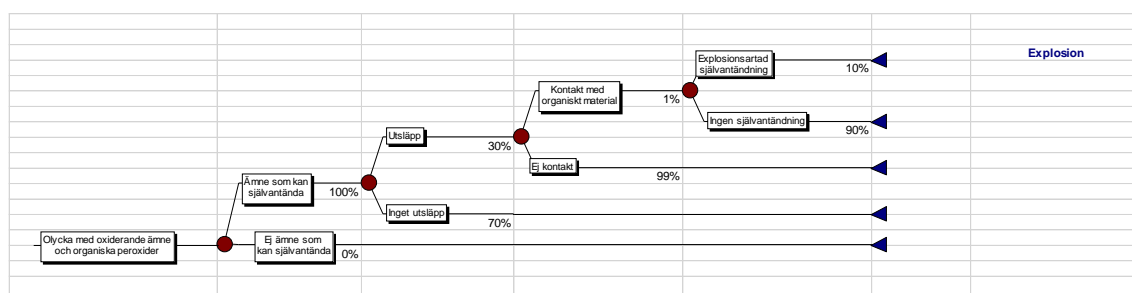
En stor del av den transporterade mängden klass 5 – varor som är förknippade med explosionspotential efter förorening är ammoniumnitrat, som utgör ett fast oxiderande ämne (nyttjas vid framställning av sprängämne/emulsionsmatris samt konstgödsel). I utredningen ansätts samtliga klass 5 – varor utgöras av ammoniumnitrat.

I de allmänna råden till Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 1995:6) om hantering av ammoniumnitrat tydliggörs följande:

Ammoniumnitrat kan under vissa omständigheter detonera men ett brandförlopp tillsammans med brännbara material ligger närmare till hands. Där man med någorlunda säkerhet kunnat fastställa detonationsorsak har förorening, temperaturökning och inneslutning samverkat. Nämnade faktorer har inte var för sig, vid försök, kunnat åstadkomma detonation.

Oxiderande ämnen och organiska peroxider transporteras i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är enligt tidigare ca 30 %. Sannolikheten att det utläckta ämnet ska förorenas med brännbart material bedöms som låg, 1 % (i princip krävs att en tank med brännbar vätska skadas i närheten för att risk för omfattande förorening och blandning föreligger). Sannolikheten för ett explosionsartat brandförlopp givet förorening och blandning bedöms till 10 %.

Figur A.5 redovisar ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider. Frekvensen för olika utsläppsscenarier har beräknats för respektive indata och redovisas i tabell A.11.



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

Tabell A.11. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Frekvens (per år)
	Prognosår 2040
Järnvägsolycka med klass 5	2,3E-05
Explosionsartat brandförlopp vid självantändning	6,9E-09

4. Beräkningar E18

4.1 Sammanställning

I tabell A.12 redovisas beräknade frekvenser för olycka med farligt gods på E18. Observera att även olyckor som inte innebär möjlig skada på planområdet redovisas i tabellen.

Tabell A.12. Beräknade olycksfrekvenser per år på studerad vägsträcka.

Scenario	Olycka med farligt gods (per år)	
	Andel	År 2040
klass 1	0,5%	3,4E-04
Klass 2	20,8%	1,4E-02
klass 3	50,1%	3,4E-02
klass 4	1,6%	1,1E-03
klass 5	3,4%	2,3E-03
klass 6	5,5%	3,7E-03
klass 7	0,0%	0,0E+00
klass 8	13,6%	9,2E-03
klass 9	4,5%	3,1E-03
Totalt		6,8E-02

4.2 Klass 1. Explosiva ämnen

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 /13/. Med avseende på olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom det aktuella planområdet bedöms det enbart vara en explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 som är aktuella att studera.

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 rymmer maxmängd är dock oklart.

Transportmängden och antalet transporter av massexplosiva ämnen har uppskattats utifrån en separat utredning som upprättades inom projektet med överdäckningen av Norra Stationsområdet /14/. Denna kartläggning beaktar uppgifter från bl.a. Räddningsverket (numera MSB), Polisen samt transportörer i Stockholms län.

- Enligt uppgifter från MSB 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 MSB 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

/13/ ADR-S 2019 – Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng, MSBFS 2018:5

/14/ Samrådsunderlag avseende omledningsvägnät för explosiva ADR-S transporter – Intunnling av Norra Station, WSP, 2008-11-14

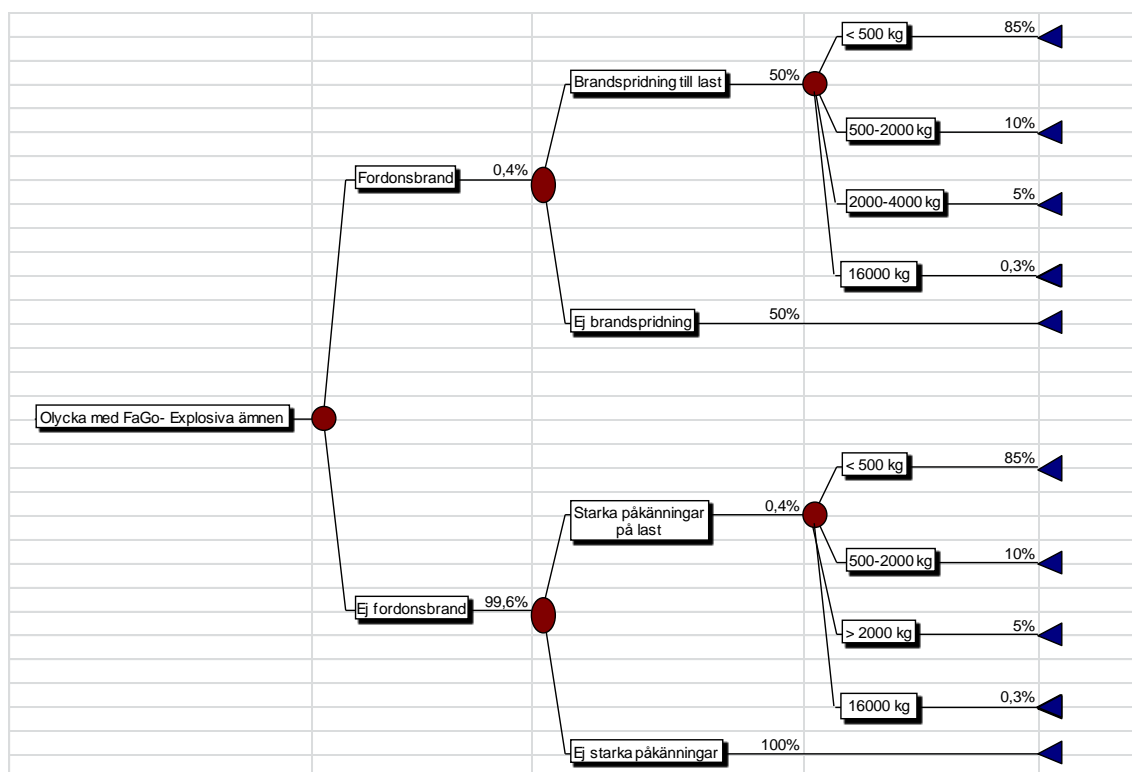
transporter transporteras till avnämare inom länet och rymmer troligtvis mindre mängder explosivämnen.

- 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 1 200 transporter per år)
 - 500 – 2 000 kg /transport: ca 10 % (ca 150 transporter per år)
 - > 2 000 kg / transport: ca 5 % (ca 4 transporter per år)
 - 16 000 kg / transport: ca 0,3 % (ca 4 transporter per år)

Vid en olycka med transport av ämnen ur riskgrupp 1.1. kan en massexplosion uppstå antingen till följd av stora påkänningar eller till följd av 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/13/. Det finns även regler för förpackning etc. Detta bedöms medföra en mycket låg sannolikhet för detonation:

- Sannolikheten för att fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna uppskattas enligt tidigare till ca 0,4 % (se avsnitt 1.1.2). Krav på utförandet av EX/II- och EX/III-fordon 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 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 massexplosivämnen 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 %.

I figur A.6 redovisas 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.6. Händelseträd olycka med transport av explosiva ämnen (klass 1).

4.3 Klass 2. Gaser

Gaser (klass 2) delas in i tre undergrupper:

- brännbara gaser (klass 2.1)
- icke giftiga och icke brännbara gaser (klass 2.2)
- giftiga icke brännbara gaser (klass 2.3).

Gaser ur klass 2.2 utgör sådana gaser som normalt inte orsakar personskador vid utsläpp mer än i det direkta närområdet. Därför beaktas inte transporter av dessa gaser i riskanalysen.

Den nationella statistiken från Trafikanalys redovisar inte fördelningen mellan undergrupperna. I MSB:s kartläggning från år 2006 redovisas däremot klass 2 uppdelad i de tre undergrupperna /15/. Enligt denna kartläggning består den allra största andelen av gastransportererna på bl.a. E18 av klass 2.2, ca 83 %. Klass 2.1 utgör ca 17 % av gastransportererna. En mycket liten andel, < 1 %, utgör klass 2.3. Denna fördelning gäller relativt generellt för vägar i Stockholmsregionen.

/15/ Kartläggning av farligt gods på väg under september månad 2006, Räddningsverket 2007 (www.msb.se)

Det antas grovt att samtliga gastransporter på den aktuella vägsträckan utgörs av tankbilar. Aktuell vägstandard och hastighetsbegränsning innebär att sannolikheten för läckage till följd av en trafikolycka med farligt godstransport antas vara 13 % (Index för farligt godsolyckor) /8/. Gaser transporteras dock i regel under tryck i tankar med större tjocklek, vilket innebär högre tålighet. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset då sänks till 1/30 /8/. Sannolikheten för läckage av gas blir då $XX \% \cdot 1/30 = 0,43 \%$.

Givet läckage antas fördelningen mellan olika läckagestorlekar till följande i enlighet med /8/:

- Litet läckage: 62,5 %
- Medelstort läckage: 20,8 %
- Stort läckage: 16,7 %

För **brännbara gaser** kan tre scenarier antas uppstå beroende 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.

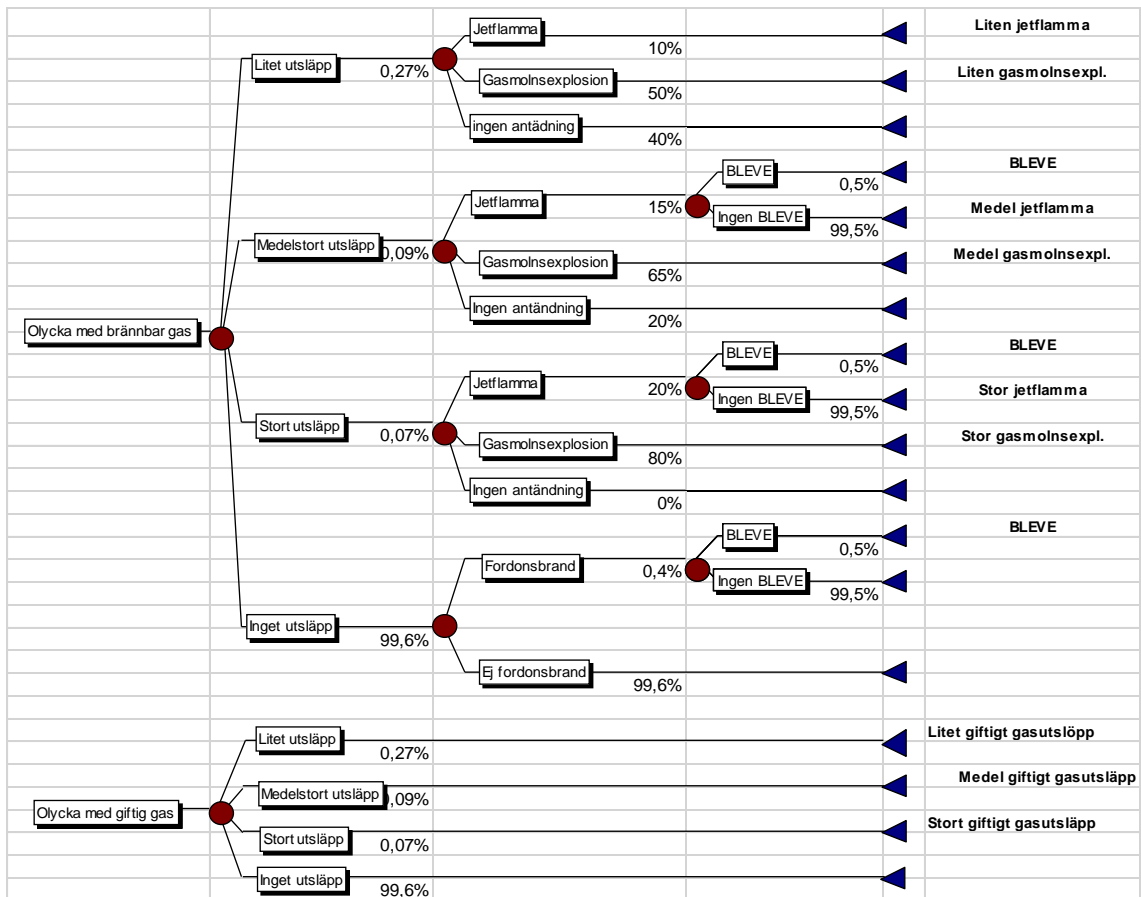
Beroende på utsläppsstorleken varierar sannolikheten för direkt respektive fördröjd antändning. För utsläpp vid trafikolycka finns fördelningsstatistik /12/:

	Litet utsläpp	Medelstort utsläpp	Stort utsläpp
• omedelbar antändning (jetflamma):	10 %	15 %	20 %
• fördröjd antändning (gasmolnsexplosion):	50 %	65 %	80 %
• ingen antändning:	40 %	20 %	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.

För **giftiga gaser** studeras följande scenarier beroende av läckagestorlek: litet, medelstort och stort.

I figur A.7 redovisas ett händelsetråd över följdscenarier vid en olycka med transport av gaser. Beräkningsresultaten redovisas i tabell A.13.



Figur A.7. Händelseträd olycka med transport av gas (klass 2).

Överst: Klass 2.1. Brännbar gas

Underst: Klass 2.3. Giftig gas

Tabell A. 3. Beräknade frekvenser för skadescenarier vid transport av gaser.

Scenario	Frekvens (per år)
	År 2040
Trafikolycka med gas	1,4E-02
Olycka med klass 2.1	2,4E-03
Liten jetflamma	6,5E-07
Liten gasmolnsexplosion	3,2E-06
Medelstor jetflamma	3,2E-07
Medelstor gasmolnsexplosion	1,4E-06
Stor jetflamma	3,4E-07
Stor gasmolnsexplosion	1,4E-06
BLEVE	
- P.g.a. jetflamma riktad mot oskadad tank	3,4E-09
- P.g.a. fordonsbrand under oskadad tank	4,8E-08
- Totalt	5,1E-08
Olycka med klass 2.3	2,8E-06
Litet utsläpp giftig gas	7,6E-09
Medelstort utsläpp giftig gas	2,5E-09
Stort utsläpp giftig gas	2,0E-09

5. Känslighetsanalys – del 1

Del 1 av känslighetsanalysen omfattar en ökning av både trafikflödet och andelen farligt gods. Trafikflödet har antagits dubblerats jämfört med prognosåret 2040. Andelen farligt gods har antagits öka fem gånger från 5 till 25 %.

Beräkningar har i övrigt genomförts utifrån samma metod som redovisas i denna bilaga.

Känslighetsanalysen har enbart genomförts avseende Mälarbanan.

Bilaga B - Konsekvensberäkningar

Uppdragsnamn		
Veddesta III		
Uppdragsgivare	Uppdragsnummer	Datum
Serneke	110816	2020-01-27
Handläggare	Egenkontroll	Internkontroll
Rosie Kvål	RKL 2020-01-27	EMM 2019-02-12

1. Inledning

I denna bilaga beräknas konsekvenserna av de olycksrisker (skadescenarier) som bedömts kunna påverka risknivån för ny bebyggelse inom planområdet. Beräkningarna beaktar följande olycksrisker, vilka alla förknippas med den angränsande järnvägen samt E18:

- Ursårning
- Tågbrand
- Olycka med farligt gods
 - Explosion vid transport av massexplösivt ämne (klass 1.1.)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)
 - Utsläpp och antändning av brandfarlig vätska (klass 3)
 - Explosionsartat brandförlopp vid utsläpp av oxiderande ämne (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2)
- Olycka vid transport av farligt gods på E18
 - Explosion med massexplösiva ämnen (klass 1.1)
 - Utsläpp och antändning av brännbar gas (klass 2.1)
 - Utsläpp av giftig gas (klass 2.3)

Konsekvenserna för skadescenarierna beräknas alternativt bedöms med simuleringsprogram, handberäkningar samt litteraturstudier.

I riskanalysen används riskmått *individrisk* och *samhällsrisk*. Med hänsyn till detta består konsekvensberäkningarna av beräkning av skadeavstånd/-område respektive beräkning/bedömning av antal omkomna till följd av respektive olycksrisk.

2. Beräkning av skadeavstånd/-områden

2.1 Urspårning

2.1.1 Metodik

I bilaga A redovisas beräkningar av urspårningsfrekvens samt sannolikheten för att en järnvägsvagn kolliderar med kringliggande bebyggelse med sådan kraft att byggnaden rasar. Skadefrekvensen reduceras som funktion av avståndet från järnvägen och är beroende av tågets hastighet vid urspårningstillfället.

Skadeområdet vid en urspårning understiger i princip alltid 25-30 meter vinkelrätt ut från spåret. Detta skadescenario motsvarar en helt snedställd tågagn. Sannolikheten för detta värsta tänkbara scenario är extremt låg, se bilaga A.

Med hänsyn till gällande hastighetsbegränsningar på den aktuella järnvägssträckan (persontåg: 200 km/h och godståg: 160 km/h) beräknas det maximala vinkelräta avståndet från spåret som vagnen kan hamna ca 18 meter vid urspårning med persontåg och ca 16 meter vid urspårning med godståg. Med hänsyn till tågens höga hastigheter vid urspårningstillfället så beräknas byggnader kunna rasera inom dessa avstånd.

De ekvationer som används för beräkning av sannolikhet och frekvens som funktion av avståndet från järnvägen i bilaga A gäller för en obebyggd omgivning som ligger ungefär i samma nivå som järnvägen. Utmed den aktuella sträckan går järnvägen ungefär i nivå med omgivningen.

Konsekvensberäkningarna kommer att omfatta nedanstående skadescenarier. Beräkningarna kommer att omfatta två dimensionerande scenarier med skadeavstånd som motsvarar de beräkningar som redovisas i bilaga A. För att inte underskatta konsekvenserna av det aktuella skadescenariot studeras dessutom ett worst case scenario med skadeavstånd som motsvarar de maximala skadeavstånd som uppmätts vid urspårning. Det antas mycket konservativt att skadeavståndet för worst case scenario är oberoende av hastighetsbegränsningen. Sannolikheten för worst case scenario antas utgöra en mycket låg andel av den sammanlagda frekvensen för dimensionerande scenario.

- Urspårning persontåg (hastighetsbegränsning 200 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd <9 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 9-18 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)
- Urspårning godståg (hastighetsbegränsning 160 km/h)
 - Dimensionerande scenario, medel: skadeavstånd < 8 meter
 - Dimensionerande scenario, max: skadeavstånd 8-16 meter
 - Worst case scenario: skadeavstånd 30 meter (1 % av frekvens för dim. scenario, max)

2.1.2 Bedömningskriterier

Det antas mycket grovt att personer utomhus omkommer om de vistas inom det avstånd från järnvägsspåret som den urspårade vagnen hamnar.

Sannolikheten för att omkomma till följd av byggnadskollaps eller att av byggnadsdelar rasar bedöms däremot vara beroende av byggnadens våningsantal. Desto lägre våningsantal desto lägre sannolikhet att omkomma. För personer som vistas inomhus antas det grovt att 50 % omkommer av de som vistas i byggnader med fasad inom det avstånd från järnvägen som den urspårade vagnen hamnar.

2.1.3 Resultat

I tabell B.1 redovisas de maximala skadeavstånden för respektive skadescenario. Enligt bilaga A är sannolikheten för dimensionerande scenario, max givet en urspårning mycket låg. Enligt ovan uppskattas sannolikheten för worst case scenario givet en urspårning som en mycket låg andel av dimensionerande scenario, max 1 % av frekvens för dimensionerande scenario.

Tabell B.1. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid urspårning.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeområde (meter)	
		bredd (utmed riskkälla)	längd (vinkelrätt riskkälla)
Urspårning persontåg, dim.scenario min			
Inomhus	50%	500	9
Utomhus	100%	500	9
Urspårning persontåg, dim.scenario max			
Inomhus	50%	500	18
Utomhus	100%	500	18
Urspårning persontåg, worst case scenario			
Inomhus	50%	500	30
Utomhus	100%	500	30
Urspårning godståg, dim.scenario min			
Inomhus	50%	125	6
Utomhus	100%	125	6
Urspårning godståg, dim.scenario max			
Inomhus	50%	125	12
Utomhus	100%	125	12
Urspårning godståg, worst case scenario			
Inomhus	50%	125	30
Utomhus	100%	125	30

2.2 Tågbrand

2.2.1 Metodik

Konsekvenserna av en tågbrand med avseende på påverkan på kringliggande bebyggelse m.m. är beroende av tågtyp och brandens omfattning. I bilaga A redovisas beräkningar för tre olika skadescenarier, varav två (Stor tågbrand respektive Mycket stor tågbrand) bedöms vara så omfattande att de innebär skadeområden som överskrider närområdet.

En brand i godståg kan innebära brandeffekter som uppnår över 100 MW. Stor godsbrand uppskattas motsvara ca 100 MW och en mycket stor godsbrand uppskattas kunna motsvara ca 200 MW.

Beräkningarna av den infallande värmestrålning som det analyserade området utsätts för i händelse av olycka med påföljande brand genomförs med handberäkningar enligt beskrivningen nedan (metoden motsvarar den som används för strålningsberäkningar för pölbränder, se även avsnitt 2.3.4):

Brandeffekt (Q) – Brandeffekten beräknas utifrån pölarean och ansätts till att 1 MW genereras per kvadratmeter pölarea /1/.

Flamhöjd (H_f) – Flamhöjden (m) kan beräknas som funktion av brandeffekten och pöldiametern (D) enligt följande ekvation /2/: $H_f = 0.23 \cdot \dot{Q}^{2/5} - 1,02D$

Ovanstående förhållande mellan brandeffekt och pölarea innebär att flamhöjden grovt kan uppskattas till $H_f = D / 1$.

Utfallande strålning (I₀) – Den utfallande strålningen (kW/m²) är beroende av pölbrandens diameter. Upp till en viss pölstorlek ökar strålningen från flammans, men efter en viss nivå minskar effektiviteten i förbränningen med påföljd att rökutvecklingen tilltar och temperaturen i flamzonen sjunker. En del av värmestrålningen absorberas därmed i omgivande rök, vilket innebär att den utfallande strålningen sjunker med ökande värde på pölbrandens storlek. Den utfallande strålningen kan beräknas med följande ekvation /3/:

$$I_0 = 58 \cdot 10^{-0,00823 \cdot D}$$

Synfaktor (F) – Synfaktorn (–) anger hur stor andel av den utfallande strålningen som når en mottagande punkt eller yta (se figur B.1). 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.

Synfaktorn $F_{1,2}$ mellan flammans och den mottagande punkten är en geometrisk konstruktion som beräknas enligt /4/: $F_{1,2} = F_{A1,2} + F_{B1,2} + F_{C1,2} + F_{D1,2}$

där $F_{A1,2}$, $F_{B1,2}$, $F_{C1,2}$ och $F_{D1,2}$ beräknas enligt följande:

$$F_{A1,2} = \int_0^{A_1} \frac{\cos \Theta_1 \cos \Theta_2}{\pi d^2} \cdot dA_1 \quad \text{där}$$

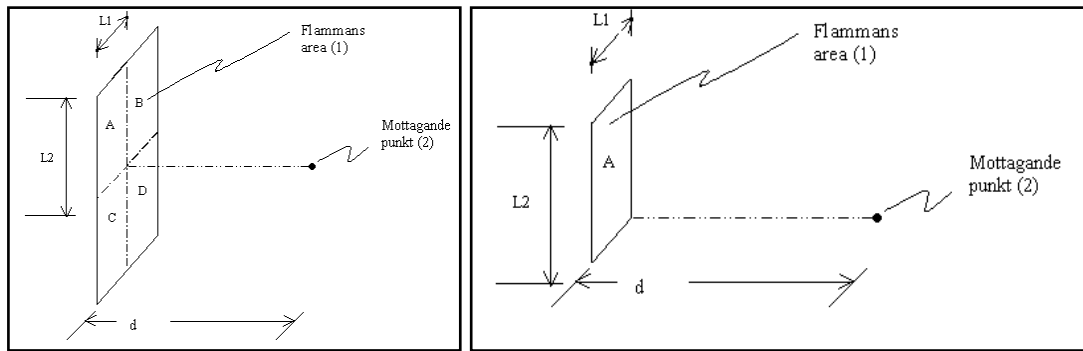
$\theta_1 = \theta_2 =$ infallande vinkel (d.v.s. 0) och $A_1 = L_1 \times L_2$ enligt figur B.1.

/1/ Brandskyddshandboken, Rapport 3134, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lund, 2005

/2/ Enclosure Fire Dynamics, Karlsson & Quintiere, 2000

/3/ Radiation from large pool fires, Journal of Fire Protection Engineering, 1 (4), pp 141-150, Shokri & Beyler, 1989

/4/ An Introduction to Fire Dynamics – second edition, Drysdale, University of Edinburgh, UK 1999



Figur B.1. Synfaktor.

Ovanstående ekvation kan omvandlas till följande ekvation för beräkning av respektive ytas (A, B, C och D) synfaktor /5/:

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

$$X = \frac{L_1}{d} \quad \text{och} \quad Y = \frac{L_2}{d} \quad \text{enligt figur B.1.}$$

Infallande strålning (I) – Den från branden infallande värmestrålningen (kW/m^2) som når omgivningen minskar med avståndet från branden och beräknas genom: $I = F \times I_0$

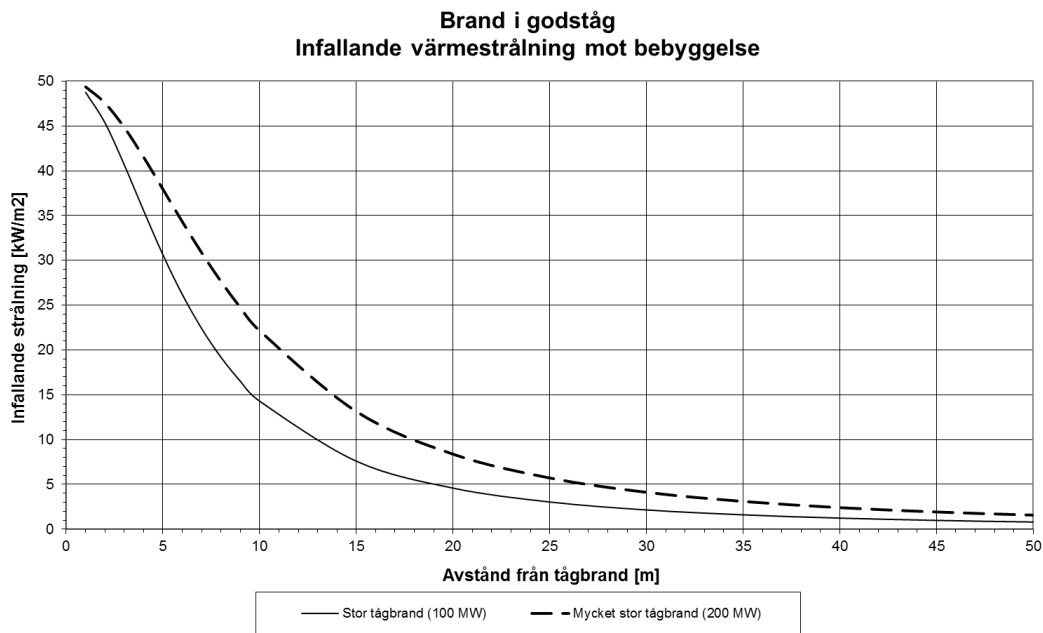
Med hjälp av ovanstående samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flamhöjden för de olika scenarierna (se tabell B.2).

Tabell B.2. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flamhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A_f (m^2)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flamhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_0 (kW/m^2)
Stor tågbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Mycket stor tågbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.2. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. Enligt tabell B.2 sjunker den utfallande strålningen med brandens storlek. Detta beror på att ekvationen beaktar att sotproduktionen ökar vid större bränder. Soten och röken döljer själva flammen och absorberar en avsevärd del av strålningen, vilket i sin tur minskar den utfallande värmestrålningen. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.

/5/ Thermal Radiation Heat Transfer, 3rd ed., Seigel & Howell, USA 1992



Figur B.2. Infallande strålning som funktion av avståndet från brand i godståg.

Bedömningskriterier

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.

I tabell B.3 redovisas exempel på strålningsnivåer och vilka skador dessa kan medföra avseende personskada respektive brandspridning.

Tabell B.3. Effekter av olika strålningsnivåer /1,6/.

Konsekvens	Strålningsintensitet [kW m ⁻²]
Ingen smärta vid långa varig bestrålning av bar hud	< 1
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 1 minut	
- 100 % sannolikhet	19
- 50 % sannolikhet	7.5
Ingen smärta vid bestrålning av bar hud under 1 minut	< 2,5
2:a gradens brännskada vid bestrålning under 20 sekunder	
- 100 % sannolikhet	43
- 50 % sannolikhet	17
Outhärdlig smärta vid bestrålning av bar hud under 2	20
Antändning av lättantändliga material, t.ex. gardiner	
med sticklåga	10
vid långvarig bestrålning	20
Antändning av obehandlat trä	

/6/ Våda utsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, september 1997

med sticklåga eller vid bestrålning under 5 minuter	15
vid långvarig bestrålning	30

Sannolikheten för att personer som befinner sig **inomhus** omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Den kritiska värmestrålningen ansätts till 15 kW/m² om inga byggnadstekniska åtgärder beaktas, vilket motsvarar det kriterium som anges i BBRAD 3 /7/ avseende brandspridning mellan byggnader. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändig brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område kring tågbranden där strålningsnivån överstiger 15 kW/m² omkommer.

En oskyddad person **utomhus** som 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 hen reagerar. Sannolikheten för att oskyddade personer utomhus omkommer bedöms utifrån tabell B.5. Nedan redovisas uppskattad andel omkomna beroende på strålningsnivå för personer som befinner sig utomhus:

- 10 kW/m²: < 5 % sannolikhet att omkomma
- 15-20 kW/m²: 50 % sannolikhet att omkomma
- > 40 kW/m²: 100 % sannolikhet att omkomma

2.2.2 Resultat

I tabell B.4 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.4. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid tågbrand.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Stor tågbrand (100 MW)	5% inomhus	10
	100% utomhus	4
	50% utomhus	10
	5% utomhus	13
Mycket stor tågbrand (200 MW)	5% inomhus	14
	100% utomhus	5
	50% utomhus	14
	5% utomhus	17

/7/ BBRAD 3 – Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd, BFS 2013:12; Boverket 2013

2.3 Järnvägsolycka med farligt gods

2.3.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Metodik

Enligt bilaga A begränsas den detaljerade riskanalysen till att studera explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 då det endast bedöms vara dessa olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom kringliggande områden utmed järnvägen.

Utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A kommer konsekvensberäkningarna att omfatta följande skadescenarier avseende olycka på järnväg:

- 700 kg (transporter med < 700 kg)
- 2000 kg (transporter med 700-2 000 kg)
- 4000 kg (transporter med 2000-4000 kg)
- 25000 kg (transporter vid >4000 kg)

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /8/*. 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:

$$I_C / I_+ + P_C / P_+ \geq 1$$

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I figur B.3 och figur B.4 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. 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.

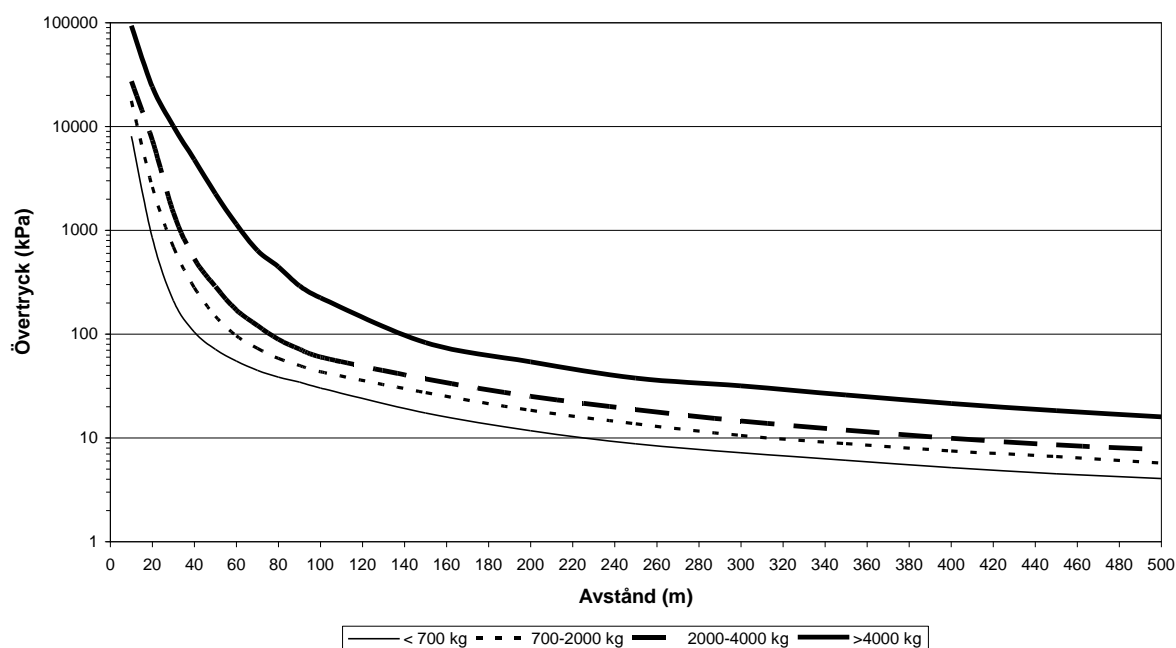
För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

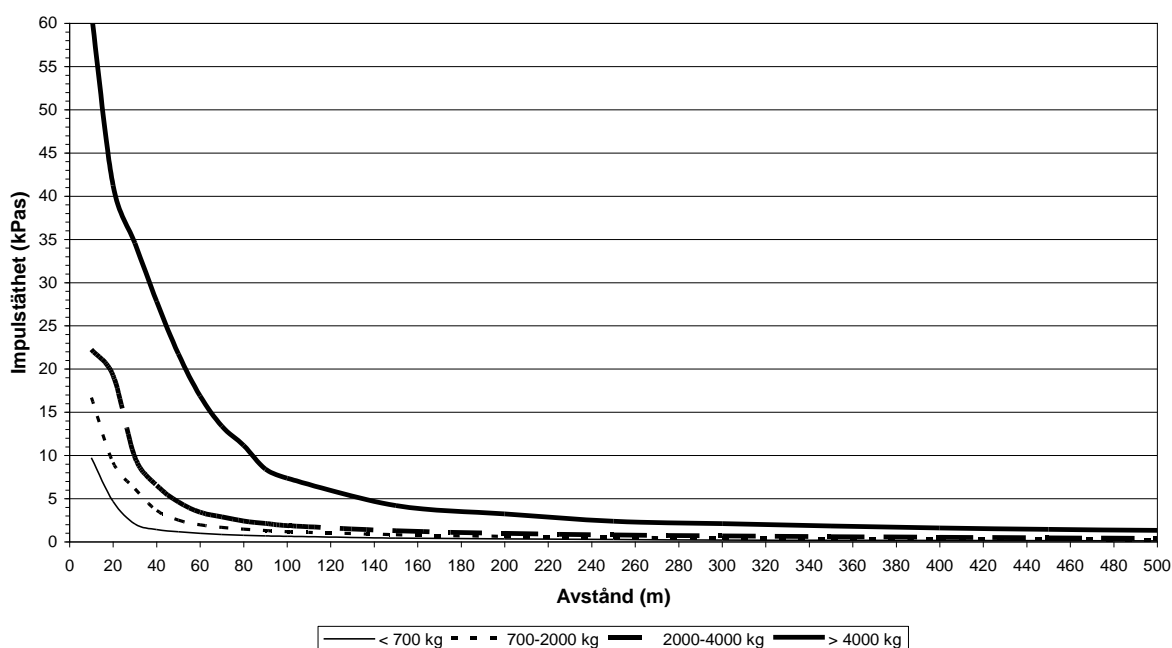
Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /8/:

$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$

/8/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)



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



Figur B.4. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_+) och impulstäthet (I_+) i förhållande till byggnadsdelarnas karakteristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt 2.3.1. I tabell B.5 anges karakteristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /8/.

Tabell B.5. Karakteristiska 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 tvärväggar 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

Sannolikheten för att omkomma inomhus är beroende av antalet våningsplan i byggnaden och ökar med ökande våningsantal. I konsekvensberäkningarna kommer det uppskattas grovt att ca 80 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt antas ca 15 % omkomma.

Utomhus: En människa 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 /6/:

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

Sannolikheten för att omkomma utomhus bedöms vara beroende av explosionslastens storlek. För de beräknade skadeavstånden som redovisas ovan uppskattas innebära följande sannolikhet för att omkomma:

- < 700 kg: 10 % • 2 000-4 000 kg: 50 %
- 700-2 000 kg: 25 % • > 4 000 kg: 100 %

Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I tabell B.6 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Tabell B.6. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadesscenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
< 700 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	10
	15 % <i>inomhus</i>	30
	10 % <i>utomhus</i>	20
700–2 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	20
	15 % <i>inomhus</i>	60
	25 % <i>utomhus</i>	30
2 000–4 000 kg massexplosion	100 % <i>inomhus</i>	30
	15 % <i>inomhus</i>	80
	50 % <i>utomhus</i>	40
> 4 000 kg massexplosion (25 000 kg)	100 % <i>inomhus</i>	50
	15 % <i>inomhus</i>	200
	100 % <i>utomhus</i>	70

2.3.2 Klass 2.1 Brännbara Gaser

Metodik

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

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnexplosion*: 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.

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för järnvägsvagn (ca 40 ton gas). Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B.7 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.7. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Järnvägsvagn
Lagringstemperatur	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	2,5 m
Tanklängd	19 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 /9/:

- Litet utsläpp: 0,09 kg/s
- Medelstort utsläpp: 0,9 kg/s
- Stort utsläpp: 11,7 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.

Bedömningskriterier

Sannolikheten för att omkomma är bl.a. beroende av den infallande värmestrålningen. 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.

Utomhus: I tabell B.8 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /6/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 %.

Inomhus: Sannolikheten för att personer som befinner sig inomhus omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Det uppskattas grovt att skadeområdet för brandspridning till byggnad för de studerade scenarierna motsvarar skadeområdet där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a gradens brännskada. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändigt brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område där värmestrålningen kan leda till 2:a gradens brännskada omkommer.

/9/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Resultat

I tabell B.8 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

objekt och avskärmningar som kan reducera jetflammans längd, spridningen av gasmoln respektive BLEVE m.m. vilket i sin tur reducerar skadeavstånden.

Vid tät bebyggelsestruktur så reducerar byggnaderna skadeavståndet och påverkan på bakomliggande byggnader relativt mycket. Planerad bebyggelse enligt avsnitt 2 bedöms reducera skadeavståndet (längden) för respektive scenario med åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Gasol**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framförliggande skyddande bebyggelse. För skadescenarier med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs ingen reducering.

Tabell B.8. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten jetflamma	5 % inomhus	6	5	6	5
	50 % utomhus	6	5	6	5
Liten gasmolnexplosion	5 % inomhus	2	5	2	5
	50 % utomhus	2	5	2	5
Medelstor jetflamma	5 % inomhus	15	15	15	15
	50 % utomhus	15	15	15	15
Medelstor gasmolnexplosion	5 % inomhus	50	70	50	35
	50 % utomhus	50	70	50	35
Stor jetflamma	5 % inomhus	50	45	50	30
	50 % utomhus	50	45	50	30
Stor gasmolnexplosion	5 % inomhus	165	145	165	75
	50 % utomhus	165	145	165	75
BLEVE	5 % inomhus	530	265	530	135
	50 % utomhus	530	265	530	135

2.3.3 Klass 2.3 Giftiga Gaser

Metodik

Den icke brännbara men giftiga gasen antas bestå av **tryckkondenserad klor**, som är en av de giftigaste gaserna som transporteras i större tankar på järnväg i Sverige.

Med simuleringsprogrammet **Spridning i Luft 1.2** beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak respektive svaveldioxid antas vara dödlig (inomhus och utomhus). Utsläppssimuleringarna har utförts för järnvägsvagn rymmandes ca **65 ton klor**. I tabell B.9 redovisas den indata som anges i **Spridning i Luft 1.2** med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

Tabell B.9. Indata till **Spridning i Luft 1.2** för simulering av skadeområden vid utsläpp av giftig gas.

Faktor	Järnvägsvagn
Kemikalie	Klor
Emballage	Järnvägsvagn (65 ton)
Bebyggelse	Tät skog/ stad ($\rho = 1,0$)
Lagringstemperatur	15°C
Väder	15°C, vår, dag och klart

Följande, i **Spridning i Luft 1.2** fördefinierade, utsläppsscenarioer har simulerats för utsläpp av giftig gas:

- Litet utsläpp (packningsläckage): 0,45 kg/s
- Stort utsläpp (stor punktering): 112 kg/s

Gasernas spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. **Spridning i Luft 1.2** genererar 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 för ett utsläpp av giftig gas blir större ju lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas att ventilationsintagen är placerade ca 3 meter över vägen.

Bedömningskriterier

Vid simulering av gasutsläpp med **Spridning i Luft 1.2** erhålls spridningskurvor samt uppskattningar på hur stor andel av befolkningen i området som förväntas omkomma beroende på avståndet till utsläppskällan. Andelen avtar med avståndet både i längd samt vinkelrätt mot utsläppets riktning.

Resultat

I tabell B.10 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Enligt ovan utgår beräkningarna i **Spridning i Luft 1.2** från bebyggelse med avseende på ytråheten (d.v.s. möjligheten för gasmolnet att spridas). Beräkningarna avser relativt fri spridning av gas som inte tar någon hänsyn till framföriggande objekt och avskärmningar som kan reducera spridningen av gasmoln vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. Föreslagen bebyggelsestruktur med en kraftig förtätning av bebyggelsen i direkt anslutning till riskkällan bedöms ha en avskärmande effekt som reducerar skadeavståndet (längden) för respektive scenario, åtminstone 50 % i förhållande till vad som redovisas i **Spridning i Luft 1.2**. I tabellen redovisas därför även skadeavstånden vid framföriggande skyddande bebyggelse. För skadescenarioer med mindre skadeavstånd än avståndet till planerad bebyggelse görs inget reducering.

Tabell B.10. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)							
		Oskyddad bebyggelse				Skyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	2	5	0	0	2	5
	50%	0	0	6	10	0	0	6	10
	5%	0	0	10	20	0	0	10	20
Medelstort utsläpp	100%	0	0	20	30	0	0	20	30
	50%	10	20	30	60	10	20	30	30
	5%	20	35	50	90	20	35	50	45
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	10	10	100	160	10	30	100	80
	50%	25	55	130	225	25	30	130	112,5
	5%	40	100	150	275	40	45	150	137,5

2.3.4 Klass 3. Brandfarliga vätskor

Metodik

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. Beroende på utsläppstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning.

Utformningen av spårområdet med makadam och dränering innebär att spridningen av ett vätskeutsläpp på järnväg bedöms bli relativt begränsat, även vid ett stort utsläpp, eftersom underlagets genomsläpplighet är god. I försök har det även påvisats att pölens utbredning är kraftigt beroende av underlagets utformning och lutningar /10/. Det krävs relativt små lutningar för att vätskan ska forma rännilar eller ansamlingar i lågpunkter m.m.

Med avseende på pölbrand antas det grovt att pölen har cirkulär utbredning, vilket ger en högre strålningsnivå. Utifrån ovanstående beskrivning bedöms dock även ett stort utsläpp medföra en pöldiameter som överstiger 15-20 meter. Scenariot godsvagnsbrand kommer att studeras utifrån motsvarande metodik, men i detta fall tas ingen hänsyn till pölens utbredning.

Konsekvensberäkningar utförs för följande skadescenarier:

- Liten pölbrand: 50 m²
- Medelstor pölbrand 100 m²
- Stor pölbrand: 200 m²
- Godsvagnsbrand: Max brandeffekt ca 300 MW
(effekten motsvarar det värde som anges i /11/ för tankbilsbrand, vilket härstammar från en bedömning som baseras på den högsta brandeffekt som uppmätts vid eldning av gods i tunnel)

/10/ Konsekvenser vid tankbilsolycka med bensin i Stockholms innerstad, Stockholms brandförsvär, 1998

/11/ Fire and Smoke Control in Road Tunnels, PIARC Committee of Road Tunnels, 1999

Beräkningsmetodikerna följer den som redovisas i avsnitt 2.2.

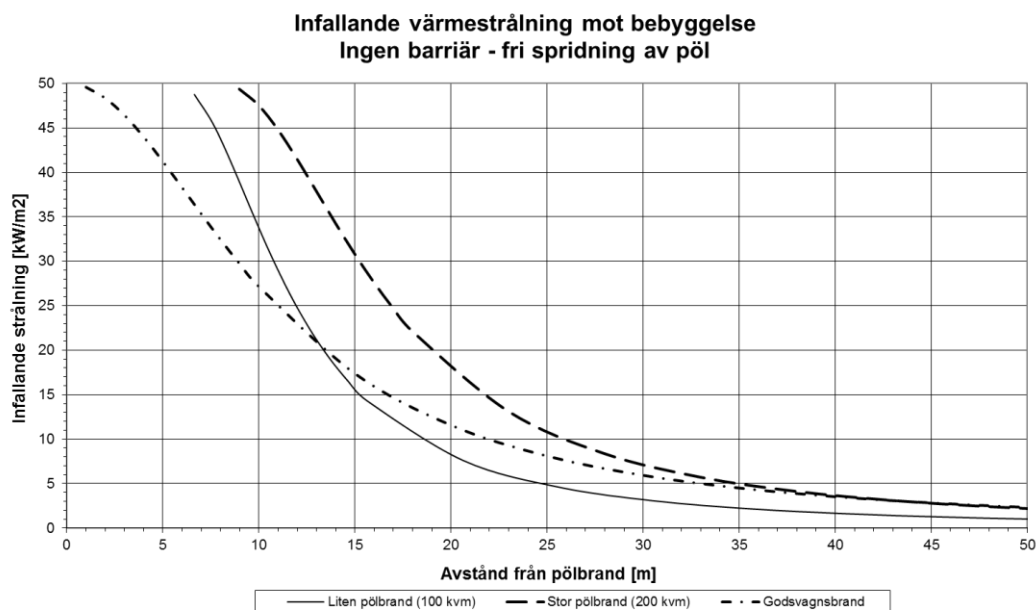
Med hjälp av gällande samband och förutsättningar har brandeffekten, brandens diameter och flammhöjden beräknats för de två skadescenarierna (se tabell B.11).

Tabell B.11. Tabell med beräknade värden på effektutveckling, brandens diameter och flammhöjd samt utfallande värmestrålning.

Scenario	Brinnande yta A_f (m ²)	Utvecklad effekt Q (kW)	Brandens diameter D_f (m)	Flammhöjd H_f (m)	Utfallande strålning I_0 (kW/m ²)
Olycka på järnväg					
Liten pölbrand	50	50 000	8,0	8,0	49,8
Medelstor pölbrand	100	100 000	11,3	11,3	46,8
Stor pölbrand	200	200 000	16,0	16,0	42,8
Godsvagnsbrand	300	300 000	19,5	19,5	40,0

Beräkningarna av den infallande strålningen redovisas i figur B.5. Strålningen har beräknats på halva flammans höjd. I diagrammen beaktas även pölarnas radie (ej för tankbilsbrand), vilket beror på att pölen kan spridas mot det studerade området.

Enligt tabell B.11 sjunker den utfallande strålningen med pölbrandens storlek. För att inte underskatta den infallande värmestrålningen så kommer de fortsatta strålningsberäkningarna att utgå från ett konservativt värde på den utfallande strålningen på 50 kW/m² för samtliga brandscenarier.



Figur B.5. Infallande strålning som funktion av avståndet från pölbrand respektive godsvagnsbrand.

Bedömningskriterier

Se avsnitt 2.2.

Resultat

I tabell B.12 redovisas beräknade skadeavstånd för respektive skadescenario.

Tabell B.12. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brandfarliga vätskor.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Liten pölbrand (500 MW)	5% inomhus	11
	100% utomhus	7
	50% utomhus	11
	5% utomhus	13
Medelstor pölbrand (100 MW)	5% inomhus	15
	100% utomhus	9
	50% utomhus	15
	5% utomhus	18
Stor pölbrand (200 MW)	5% inomhus	22
	100% utomhus	13
	50% utomhus	22
	5% utomhus	25
Godsvagnsbrand (300 MW)	5% inomhus	17
	100% utomhus	7
	50% utomhus	17
	5% utomhus	22

2.3.5 Klass 5. Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Metodik

En olycka med utsläpp av oxiderande ämnen eller organiska peroxider ska normalt inte leda till något följdscenari 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.

I den riskanalys som togs fram för fördjupad översiktsplan för Göteborg 1996 /12/ angavs att den explosiva blandning som kan bildas vid ett utsläpp på järnväg motsvarar en explosiv blandning med 25 ton trotyl. Detta scenario utgår dock från antagandet att vagnen med oxiderande ämnen kolliderar med en vagn med brandfarlig vätska (klass 3) som blandas med utsläppet. Skadescenariot bedöms vara mycket konservativt för de förutsättningar som anges för frekvensberäkningarna (hänsyn tas t.ex. inte till att det skadedrabbade tåget transporterar både klass 5 och klass 3 eller att utsläpp sker från både en vagn med klass 5 och en vagn med klass 3).

/12/ Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, 1996

Med hänsyn till de förutsättningar som anges för frekvensberäkningarna antas ett mer trovärdigt skadescenario innebära att det oxiderande ämnet blandas med exempelvis tågets smörjmedel. Detta scenario bedöms kunna motsvara det, i /12/, dimensionerande scenario för olycka med oxiderande ämnen på väg, ca 3 ton trotyl. För att inte underskatta konsekvenserna av det aktuella skadescenariot kommer konsekvensberäkningarna att utgå från de beräkningar som redovisas i avsnitt 2.3.1 avseende explosion med **4 ton trotyl**. I de fortsatta riskberäkningarna kommer dessutom det värsta tänkbara scenariot att beaktas (d.v.s. motsvarande explosion med 25 ton trotyl enligt ovan) för 1 % av den sammanlagda frekvensen för det aktuella skadescenariot (explosionsartat brandförlopp vid självantändning).

Bedömningskriterier

Se *avsnitt 2.3.1*.

Resultat

I tabell B.13 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario med ämne ur klass 5. Enligt avsnitt 2.3.1 förväntas framförliggande objekt och avskärningar reducera det infallande trycket vilket i sin tur reducerar skadeavstånden. I tabellerna nedan redovisas efter beaktande av den avskärmande effekten för respektive scenario.

Tabell B.13. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplosion)	100 % <i>inomhus</i>	30
	15 % <i>inomhus</i>	80
	50 % <i>utomhus</i>	40
Worst case scenario (motsvarar > 4 000 kg (25 000 kg) massexplosion)	100 % <i>inomhus</i>	50
	15 % <i>inomhus</i>	200
	100 % <i>utomhus</i>	70

2.4 Vägolycka med farligt gods

2.4.1 Klass 1. Explosiva ämnen

Metodik

Enligt bilaga A begränsas den detaljerade riskanalysen till att studera explosion med ämnen ur riskgrupp 1.1 då det endast bedöms vara dessa olycksrisker som kan påverka personsäkerheten inom utredningsområdet. Konsekvensberäkningarna omfattar fyra skadescenarier utifrån den uppdelning som redovisas i bilaga A:

500 kg (transporter med < 500 kg)

2000 kg (transporter med 500-2000 kg)

4000 kg (transporter med > 2000 kg)

16000 kg (transporter med 16000 kg)

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner /13/*. 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:

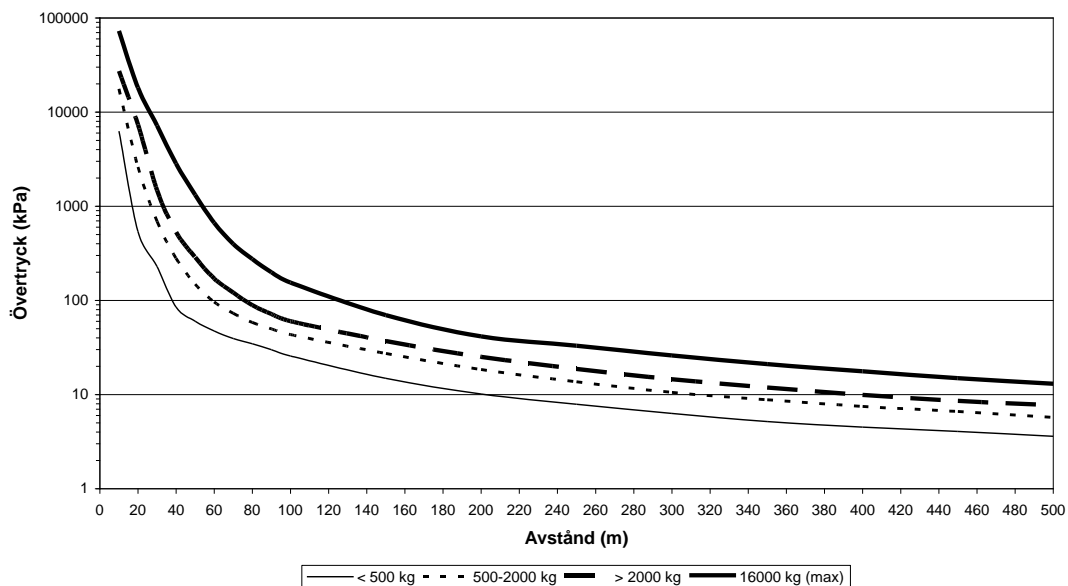
$$I_C / I_+ + P_C / P_+ \geq 1$$

Konsekvensberäkningarna utgår från beräkningar av maximalt övertryck (P_+), impulstäthet (I_+) samt varaktighet (t_+) för de studerade explosionsscenarierna. I figur B.6 och B.7 redovisas beräkningar avseende tryck respektive impulstäthet som en funktion av avståndet från explosionen. Respektive explosionsscenario förutsätts inträffa på eller nära marken, vilket för en detonation av X kg motsvarar en detonation av 1,8·X kg i fri luft. För byggnader beaktas tryck och impulstäthet som har beräknats med avseende på ett vinkelrätt tryckinfall. Det reflekterande trycket innebär högre infallande tryck och impulstäthet.

Då människor är relativt små bedöms inget reflekterande tryck uppstå vilket innebär att man vid bedömning av skadeområdet för konsekvenser utomhus studerar strykande tryck (180°).

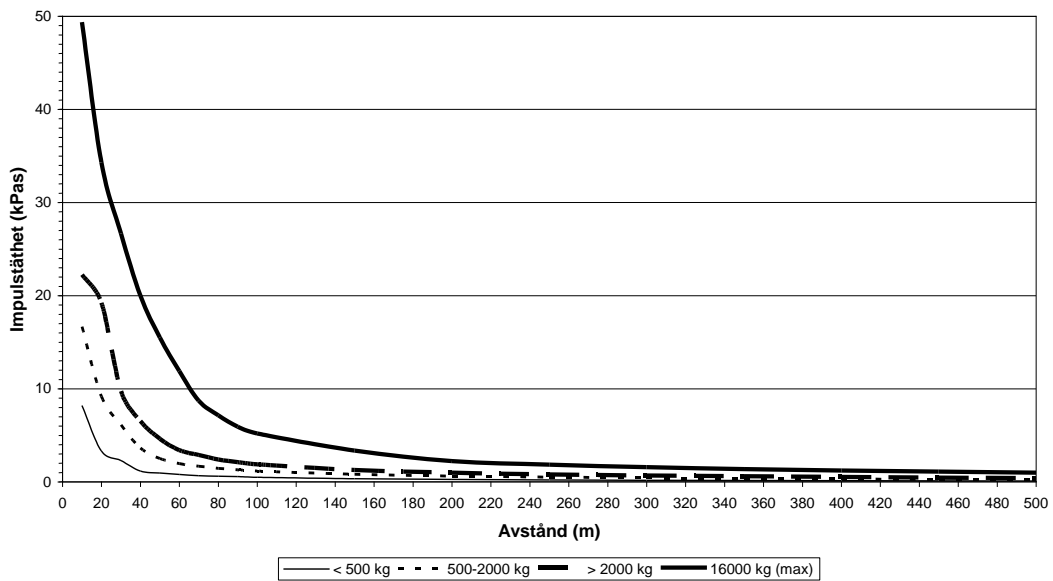
Explosionens varaktighet t_+ beräknas grovt enligt följande ekvation och blir samma oavsett infallande vinkel /8/:

$$t_+ = \frac{2 \times I_+}{P_+}$$



Figur B.6. Max övertryck som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

/13/ Konsekvenser vid explosioner – kompendium framtaget i samband med FOAs kurs explosivämneskunskap, FOA, Rickard Forsén 1999-09-03 (Bearbetat av Stefan Olsson 2001-09-16)



Figur B.7. Impulstäthet som funktion av avståndet från explosion vid detonation av trotyl på eller nära mark vid vinkelrätt infall.

2.4.2 Bedömningskriterier

Inomhus: Enligt ovan beror konsekvenserna inomhus på explosionens maximala övertryck (P_c) och impulstäthet (I_c) i förhållande till byggnadsdelarnas karakteristiska tryck (P_c) och impuls (I_c), se ekvationen i avsnitt 2.4.1. I tabell B.14 anges karakteristiska tryck (P_c) respektive impulstäthet (I_c) för olika byggnadsdelar beroende på byggnadsstrategi och bärighet /8/.

Tabell B.14. Karakteristiska 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 tvärväggar 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

De infallande tryck som redovisas i figur B.7 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.6 och B.7. Detta beaktas i de fortsatta konsekvensberäkningarna avseende skadeområden och uppskattat antal omkomna.

Sannolikheten för att omkomma inomhus är beroende av antalet våningsplan i byggnaden och ökar med ökande våningsantal. I konsekvensberäkningarna kommer det uppskattas grovt att ca 80 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt antas ca 15 % omkomma.

Utomhus: En människa 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 /6/:

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

Sannolikheten för att omkomma utomhus bedöms vara beroende av explosionslastens storlek. För de beräknade skadeavstånden som redovisas i avsnitt 2.4.1 uppskattas innebära följande sannolikhet för att omkomma:

- < 500 kg: 10 % • > 2 000 kg: 50 %
- 500-2 000 kg: 25 % • 16 000 kg: 100 %

Resultat

Utifrån beräkningarna av övertryck, impulstäthet och varaktighet bedöms huruvida olika byggnadsdelar rasar eller ej, som funktion av avståndet. Denna bedömning har resulterat i skadeavstånd för respektive skadescenario. I tabell B.15 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario.

Tabell B.15. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av explosiva ämnen.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)	
		Oskyddad bebyggelse	Skyddad bebyggelse
< 500 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	20	10
	15 % <u>inomhus</u>	70	30
	10 % <u>utomhus</u>	20	10
500–2 000 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	40	20
	15 % <u>inomhus</u>	200	60
	25 % <u>utomhus</u>	30	20
2 000-4 000 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	50	30
	15 % <u>inomhus</u>	200	80
	50 % <u>utomhus</u>	50	40
> 4 000 kg massexplosion	80 % <u>inomhus</u>	80	50
	15 % <u>inomhus</u>	300	150
	100 % <u>utomhus</u>	70	50

2.4.3 Klass 2.1 Brännbara Gaser

Metodik

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

- *Jetflamma*: omedelbar antändning av läckande gas under tryck
- *Gasmolnexplosion*: 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.

För ovanstående skadescenarier har utsläppssimuleringar gjorts med simuleringsprogrammet **Gasol** för att avgöra storleken på de områden inom vilka personer kan förväntas omkomma. Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil med ca 25 ton tryckkondenserad gas. Det antas grovt att samtliga transporter innehåller tryckkondenserad gasol. I tabell B.16 redovisas den indata som anges i **Gasol** med avseende på tankutformning, väder etc.

Tabell B.16. Indata till Gasol för simulering av skadeområden vid jetflamma och gasmoln.

Faktor	Gasolflaska
Lagringstemperatur	15°C
Lagringstryck	7 bar övertryck vid 15°C
Tankdiameter	0,3 m
Tanklängd	0,5 m
Tankfyllnadsgrad	80 %
Tankens tomma vikt	10 kg
Designtryck	10 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 gasmolnexplosion har simulerats för följande utsläppsstorlekar /14/:

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

/14/ Farligt gods – riskbedömning vid transport, Räddningsverket Karlstad, 1996

Skadeområdena för jetflamma och gasmolnexplosion 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 gasmolnexplosion 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.

Bedömningskriterier

Sannolikheten för att omkomma är bl.a. beroende av den infallande värmestrålningen. 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.

Utomhus: I tabell B.6 redovisas skadeområden där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a-3:e gradens brännskada. Enligt /6/ är sannolikheten att omkomma vid 2:a gradens brännskador ca 15 %. Det uppskattas grovt att motsvarande för de som får 2a-3:e gradens brännskada är ca 50 %.

Inomhus: Sannolikheten för att personer som befinner sig inomhus omkommer bedöms utifrån den strålningsnivå som uppskattas vara kritisk med avseende på brandspridning in i byggnaden. Det uppskattas grovt att skadeområdet för brandspridning till byggnad för de studerade scenarierna motsvarar skadeområdet där värmestrålningen är så omfattande att det kan leda till 2:a gradens brännskada. Dock bedöms det inte vara troligt att samtliga personer som befinner sig i en utsatt byggnad omkommer till följd av att en utvändig brand sprids in i byggnaden. Mycket grovt uppskattas det att 5-10 % av de personer som befinner sig inomhus inom det område där värmestrålningen kan leda till 2:a gradens brännskada omkommer.

Resultat

I tabell B.17 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat, varför dess bredder även presenteras.

Tabell B. 1. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av brännbara gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)			
		Oskyddad bebyggelse		Skyddad bebyggelse	
		bredd	längd	bredd	längd
Liten jetflamma	5 % inomhus	6	5	6	2,5
	50 % utomhus				
Liten gasmolnsexplosion	5 % inomhus	2	5	2	2,5
	50 % utomhus				
Medelstor jetflamma	5 % inomhus	15	15	15	7,5
	50 % utomhus				
Medelstor gasmolnsexplosion	5 % inomhus	50	70	50	35
	50 % utomhus				
Stor jetflamma	5 % inomhus	60	55	60	27,5
	50 % utomhus				
Stor gasmolnsexplosion	5 % inomhus	215	185	215	92,5
	50 % utomhus				
BLEVE	5 % inomhus	440	220	440	110
	50 % utomhus				

2.4.4 Klass 2.3 Giftiga Gaser

Metodik

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 transporterarna går på järnväg. Beräkningar har även utförts för **svaveldioxid** som förväntas bli allt vanligare vid farligt godstransporter på väg.

Med simuleringsprogrammet **Spridning i Luft 1.2** beräknas storleken på det område där koncentrationen ammoniak respektive svaveldioxid antas vara dödlig (inomhus och utomhus). Utsläppssimuleringarna har utförts för tankbil rymmandes ca **24 ton ammoniak** respektive **24 ton svaveldioxid**. I tabell B.18 redovisas den indata som anges i **Spridning i Luft 1.2** med avseende på tankutformning, omgivningsstruktur och väder etc.

Tabell B.18. Indata till **Spridning i Luft 1.2** för simulering av skadeområden vid utsläpp av giftig gas.

Faktor	Tankbil	
	Ammoniak	Svaveldioxid
Emballege	Tankbil (24 ton)	Tankbil (24 ton)
Bebyggelse	Tät skog/ stad ($\rho = 1,0$)	Tät skog/ stad ($\rho = 1,0$)
Lagringstemperatur	15°C	15°C
Väder	15°C, vår, dag och klart	15°C, vår, dag och klart

Följande, i **Spridning i Luft 1.2** fördefinierade, utsläppsscenarioer har simulerats för utsläpp av giftig gas:

	Ammoniak	Svaveldioxid
• Litet utsläpp (packningsläckage):	0,34 kg/s	0,27 kg/s
• Medelstort utsläpp (brott på rör):	10 kg/s	4,6 kg/s
• Stort utsläpp (stor punktering):	85 kg/s	67 kg/s

Gasernas spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. **Spridning i Luft 1.2** genererar 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 för ett utsläpp av giftig gas blir större ju lägre vindstyrkan är. I simuleringarna antas därför vindstyrkan vara relativt låg, ca 3 m/s.

Skadeområdet inomhus är dessutom beroende av på vilken nivå som ventilationsintag är placerade. Det antas att ventilationsintagen är placerade ca 3 meter över vägen.

Bedömningskriterier

Vid simulering av gasutsläpp med **Spridning i Luft 1.2** erhålls spridningskurvor samt uppskattningar på hur stor andel av befolkningen i området som förväntas omkomma beroende på avståndet till utsläppskällan. Andelen avtar med avståndet både i längd samt vinkelrätt mot utsläppets riktning.

Resultat

I tabell B.18 redovisas skadeavstånden för respektive skadescenario. Skadeavstånden utgör en sammanvägning av respektive skadescenario med ammoniak respektive svaveldioxid, där avstånden som redovisas utgör de största enligt simuleringarna.

Tabell B.18. Beräknade konsekvenser – skadeområden, för skadescenarier vid transport av giftiga gaser.

Skadescenario	Sannolikhet att omkomma	Skadeavstånd (meter)							
		Oskyddad bebyggelse				Skyddad bebyggelse			
		Inomhus		Utomhus		Inomhus		Utomhus	
		bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd	bredd	längd
Litet utsläpp (packningsläckage)	100%	0	0	2	5	0	0	2	2,5
	50%	0	0	6	10	0	0	6	5
	5%	0	0	10	20	0	0	10	10
Medelstort utsläpp (brott på rör)	100%	0	0	20	30	0	0	20	15
	50%	10	20	30	60	10	10	30	30
	5%	20	35	50	90	20	17,5	50	45
Stort utsläpp (stor punktering)	100%	10	10	100	160	10	5	100	80
	50%	25	55	130	225	25	27,5	130	112,5
	5%	40	100	150	275	40	50	150	137,5

3. Beräkning av antal omkomna

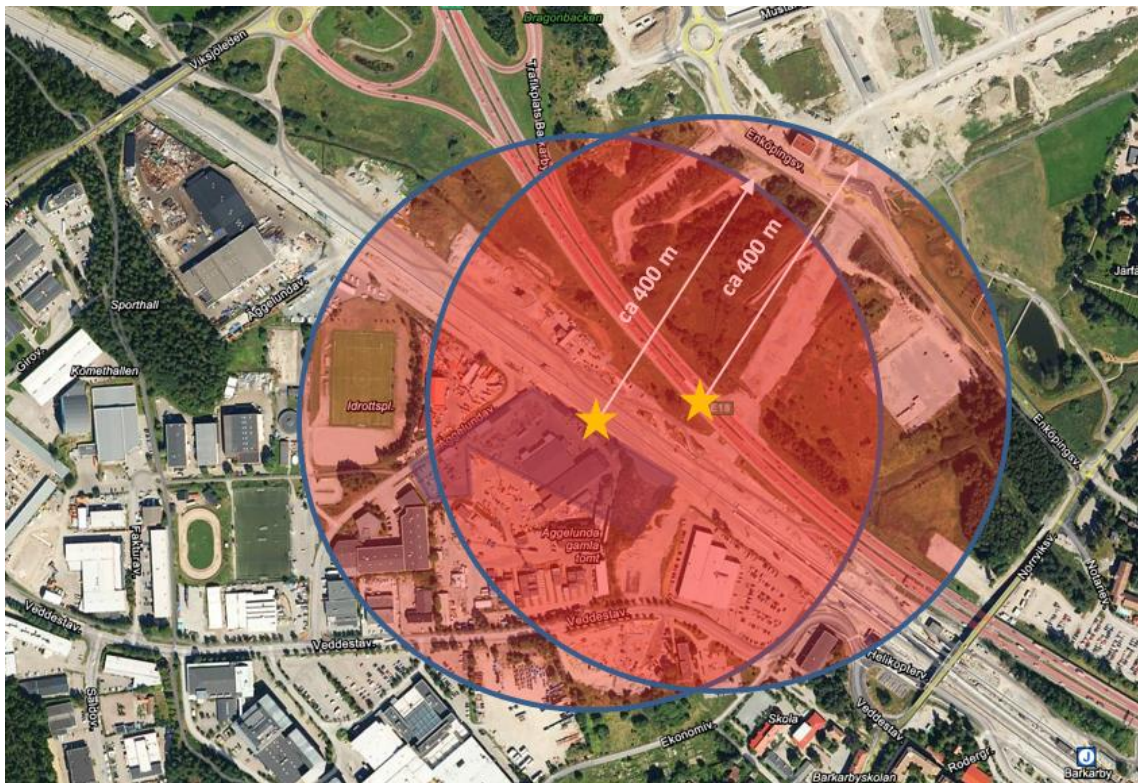
3.1 Förutsättningar

För att kunna få en uppfattning om hur stora konsekvenserna blir för respektive skadescenario kommer följande förutsättningar och antaganden att gälla i beräkningarna:

- Det område som kommer att studeras omfattar både aktuellt planområde samt omgivande bebyggelse. Konsekvenserna kommer att beräknas för det planerade utförandealternativet (med planerad ny bebyggelse). Figur B.8 visar det aktuella området som studeras i denna riskanalys samt dess närmaste omgivning.
- Frekvensberäkningarna i bilaga A omfattar en 1 km lång sträcka, men konsekvensberäkningarna avgränsas till att studera respektive olycksscenario där det innebär så stora konsekvenser som möjligt för det studerade planområdet, vilket innebär mitt för de planerade byggnaderna.

Figur B.8 utgör en översigtsbild som visar det studerade området. Markering i figuren visar tänkt placering av olyckan. Plats för olycka på Mäljarbanan har valts där konsekvenserna bedöms bli mest omfattande. Det innebär att olyckan placerats framför det område med högst persontäthet inom planområdet. I beräkningarna tas ingen hänsyn till utrymningstid av olika verksamheter, människor inom skadeområdet förutsätts antingen omkomma direkt eller inte omkomma. Persontätheten i kombination med avståndet till riskkällan utgör därför de viktigaste faktorerna när det gäller konsekvenser och inte specifika verksamheters övriga egenskaper. Hotell har, jämfört med t ex bostäder, bättre förutsättningar för utrymning och hotellets närhet till Mäljarbanan innebär inte att risknivån ökar jämfört med om kontor eller bostäder placeras i samma läge.

Placeringen av olycksplats på E18 är gjord där avståndet till planområdet är som minst (minst 80 meter).



Figur B.8. Aktuellt planområde inklusive omgivningen. Plats för eventuell olycka på Mäljarbanan respektive E18 är markerade med en stjärna.

Konsekvensberäkningarna utgår från planerad exploatering i enlighet med beskrivning i huvudrapporten, planerad exploatering inom angränsande områden samt befintlig bebyggelse.

3.1.1 Befintliga förhållanden inom planområdet

Inom planområdet finns idag bland annat lättare industriverksamheter med uppskattningsvis låg persontäthet. Området tas till stor del upp av asfalterade ytor för parkering. Persontätheten inom planområdet idag bedöms vara låg.

3.1.2 Planerad bebyggelse inom studerat område

Inom planområdet, närmast Mälarbanan, planeras en skidanläggning med kommersiella verksamheter och hotell. Ovanpå anläggningen planeras även två bostadshus i 16 respektive 26 våningar. Innanför skidanläggningen planeras tre kvarter med bostäder ett kvarter med kommersiell verksamhet, idrott och hotell. Totalt rör det sig om ca 160 000 kvadratmeter byggnadsteknisk area (BTA) inom planområdet.

Det kortaste avståndet mellan bebyggelse och närmaste spårmitt på Mälarbanan är 25 meter. Bostäder planeras som minst ca 35 meter från närmaste spårmitt.

Vid uppskattningen av genomsnittlig personbelastning inom planområdet kommer följande persontätheter (och personantal) att användas:

- Bostäder/hotell: 0,033 personer per kvm
- Kontor: 0,05 personer per kvm
- Skidanläggning: 0,03 personer per kvm
- Butikslokaler och verksamheter: 0,1 personer per kvm
- Parkering: 0,01 personer per kvm
- Utomhus: 0,005 personer per kvm

I tabell B.19 redovisas uppskattade volymer per kvarter och verksamhet samt persontätheter inom planområdet. Underlaget kommer från projektet /15/ och omfattar även ytor under mark (parkering, centrum och skidanläggning).

Tabell B.19. Indata kring antalet personer inom planområdet.

	Area	Persontäthet	Antal personer
Kvarter A			
Skidanläggning	8 324	0,03	250
Kommersiella lokaler/kontor	27 940	0,1/0,05	1397/461 (50/50%)
Bostäder	10 162	0,033	3 635
<i>Bostäder är ej längre aktuellt inom kvarter A, beräkningarna har ej justerats med hänsyn till detta. Påverkan på risknivån är dock begränsad</i>			
Kvarter B			
Centrumverksamhet/hotell	28 863	0,1/0,033	722/714 (25/75%)
Skidanläggning (under mark)	342	0,03	10
Kvarter C			
Centrumverksamhet/hotell	12 468	0,1/0,033	623/206 (50/50%)
Bostäder	7 140	0,033	236
Kvarter D			
Centrumverksamhet/hotell	500	0,1/0,033	50 (100/0%)
Bostäder	19 125	0,033	631
Skidanläggning	3 135	0,03	94
Parkering (under mark)	5114	0,01	51

Forts. tabell B.19

	Area	Persontäthet	Antal personer
Kvarter E			
Centrumverksamhet/hotell	500	0,1/0,033	50 (100/0%)
Bostäder	18 230	0,033	602
Skidanläggning (under mark)	4 000	0,03	120
Parkering (under mark)	330	0,01	3
Kvarter F			
Centrumverksamhet/hotell	500	0,1/0,033	50 (100/0%)
Bostäder	6 980	0,033	230
Totalt			10 135

Personantalet inom planområdet förväntas variera relativt mycket under dygnet. Kontor, idrott samt butikslokaler och verksamheter innebär huvudsakligen beläggning dagtid. Persontätheten i kommersiella lokaler bedöms också innebära en relativt hög beläggning, vilken framförallt uppstår i samband med helger. Bostadsbebyggelse och hotell innebär beläggning dygnet runt, men maximala personantal uppnås huvudsakligen nattetid. Utifrån beskrivningen ovan antas det grovt att det genomsnittliga personantalet över dygnet är ca 6 000 personer.

Planområdets totala area är ca 25 500 kvadratmeter varav byggnader upptar ca 50 % av ytan. Det ger en persontäthet per kvadratmeter markyta inomhus på 0,47 personer.

3.1.3 Kringliggande bebyggelse

Ett område med ca 400 meters radie kring vald olycksplats studeras, vilket motsvarar det maximala skadeområdet för aktuella skadescenarier, se markering i figur B.8.

Bebyggelsestrukturen kring själva planområdet är relativt varierande.

Sydväst om Mälarbanan och E18

Kring planområdet planeras nya bostadsområden av liknande karaktär som planområdet. Persontätheten uppskattas därför vara densamma, vilket innebär:

- 0,005 personer per kvm utomhus
- 0,47 personer per kvm markyta byggnad (byggnader upptar 50 % av markytan)

Nordost om Mälarbanan och E18

På andra sidan Mälarbanan planeras omfattande ny bebyggelse i Barkarbystaden (se figur B.9). Bebyggelsen planeras dock på andra sidan E18 vilket innebär att minsta avstånd till Mälarbanan blir ca 90 meter eller mer.



Figur B.9. Struktur Barkarbystaden samt bebyggelse söder om Mäljarbanan inklusive aktuellt planområde (gulmarkerat).

Persontätheten förutsätts vara densamma som planområdet och områden sydväst om Mäljarbanan.

3.2 Resultat

I tabell B.19 redovisas uppskattat antal omkomna (utifrån förutsättningarna i avsnitt 3.1) inom det studerade exploateringsområdet.

Tabell B.29. Beräknade konsekvenser – antal omkomna till följd av olycka på Mäljarbanan och E18.

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			
	Utan åtgärder			Med åtgärder
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Totalt
1. Urspärning				
Urspärning persontåg, dim.scenario	0	0	0	0
Urspärning persontåg, worst case scenario	262	0	262	262
Urspärning godståg, dim.scenario	0	0	0	0
Urspärning godståg, worst case scenario	167	0	167	167
2. Brand i godståg				
Stor tågbrand	0	0	0	0
Mycket stor tågbrand	0	0	0	0

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			
	Utan åtgärder			Med åtgärder
	Inomhus	Utomhus	Totalt	Totalt
3. Olycka vid transport av farligt gods på Mäljarbanan				
Klass 1.1 Massexplösiva ämnen				
< 700 kg	5	0	5	5
700-2000 kg massexplösion	113	0	113	107
2000-4000 kg massexplösion	276	1	277	264
> 4000 kg massexplösion	1603	8	1611	1530
Klass 2.1 Brännbar gas				
Liten jetflamma	0	0	0	0
Liten gasmolnsexplösion	0	0	0	0
Medelstor jetflamma	0	0	0	0
Medelstor gasmolnsexplösion	7	1	8	2
Stor jetflamma	2	0	2	0
Stor gasmolnsexplösion	50	15	65	30
BLEVE	180	13	193	40
Klass 2.3 Giftig gas				
Litet utsläpp	0	0	0	0
Medelstort utsläpp	3	1	4	4
Stort utsläpp	115	24	139	126
Klass 3 Brandfarlig vätska				
Liten pölbrand	0	0	0	0
Medelstor pölbrand	0	0	0	0
Stor pölbrand	0	0	0	0
Godsvagnsbrand	0	0	0	0
Klass 5 Oxiderande ämnen och organiska peroxider				
Dimensionerande scenario (motsvarar 2 000-4 000 kg massexplösion)	276	1	277	263
Worst case scenario (motsvarar 25 000 kg massexplösion)	1603	8	1611	1530
3. Olycka vid transport av farligt gods på E18				
Klass 1.1 Massexplösiva ämnen				
< 500 kg	0	0	0	0
500-2000 kg massexplösion	0	0	0	0

Skadescenario	Uppskattat antal omkomna			
	Utan åtgärder			Med åtgärder
	<i>Inomhus</i>	<i>Utomhus</i>	<i>Totalt</i>	<i>Totalt</i>
2000-4000 kg massexplosion	0	1	1	1
16000 kg massexplosion	164	3	167	159
Klass 2.1 Brännbar gas				
Liten jetflamma	0	0	0	0
Liten gasmolnsexplosion	0	0	0	0
Medelstor jetflamma	0	0	0	0
Medelstor gasmolnsexplosion	0	1	1	1
Stor jetflamma	0	0	0	0
Stor gasmolnsexplosion	0	9	9	9
BLEVE	1	8	9	7
Klass 2.3 Giftig gas				
Litet utsläpp	0	0	0	0
Medelstort utsläpp	0	0	0	0
Stort utsläpp	0	11	11	10

4. Känslighetsanalys – del 2

En känslighetsanalys har genomförts avseende antalet omkomna där antalet har dubblerats jämfört med ovan redovisade beräkningar. I övrigt har samma beräkningsmetod använts.